

## สรุป

ไม้ดินเปิดที่นำมาทดลองในการวิจัยครั้งนี้ เนื้อไม้ส่วนใหญ่เป็นเนื้อไม่วัยหนุ่ม เมื่อศึกษาความหนาแน่นของเนื้อไม้ สมบัติของเส้นใย อัตราส่วนของชนิดเซลล์ และองค์ประกอบความแปรปรวนพบว่า มีความผันแปรค่อนข้างมากทั้งในส่วนของคุณสมบัติของเนื้อไม้ ไม้ต่างต้นที่อายุเดียวกัน หรือตำแหน่งจากใจไม้ไปเปลือกไม้ภายในต้นเดียวกัน และลักษณะของตัวแปรทุกตัวก็มีความสัมพันธ์ระหว่างกันมากหรือน้อย เพียงใด ดังแสดงในตารางที่ 16 โดยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. อิทธิพลของอายุเนื้อไม้ มีผลต่อความหนาของผนังเส้นใยและอัตราส่วนของเรย์พารินโคมาของไม้ดินเปิด เมื่ออายุเนื้อไม้เพิ่มขึ้นจะทำให้ผนังของเส้นใยและอัตราส่วนของเรย์พารินโคมาเพิ่มขึ้นตามไปด้วยจากใจไม้ไปยังเปลือกไม้

2. อิทธิพลของไม้ต่างต้นที่อายุเดียวกัน มีผลต่อความกว้างของเส้นใย ความกว้างของลูเมน อัตราส่วนของเส้นใย และอัตราส่วนของพารินโคมาตามยาวของไม้ดินเปิด

3. อิทธิพลของตำแหน่งจากใจไม้ไปยังเปลือกไม้ภายในต้นเดียวกัน มีผลต่อความยาวของเส้นใย ความหนาของผนังเส้นใย อัตราส่วนของเส้นใย อัตราส่วนของเวสเซล อัตราส่วนของเรย์พารินโคมาและอัตราส่วนของพารินโคมาตามยาวของไม้ดินเปิด โดยเมื่อห่างจากใจไม้ออกไปจะผลทำให้ความยาวของเส้นใย ความหนาของผนังเส้นใย อัตราส่วนของเส้นใย อัตราส่วนของเวสเซล อัตราส่วนของเรย์พารินโคมาและอัตราส่วนของพารินโคมาตามยาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4. เมื่อพิจารณาค่าความเหมาะสมของเส้นใย สรุปได้ว่า เส้นใยของไม้ดินเปิดมีความเหมาะสมในการผลิตเยื่อกระดาษ ไม้ดินเปิดที่อายุต่าง ๆ มีค่า Runkel ratio น้อยกว่า 1 แสดงว่าเส้นใยของไม้ดินเปิดมีความเหมาะสมในการผลิตเยื่อกระดาษ มีค่า Flexibility coefficient มากกว่า 0.5 แสดงว่า เส้นใยของไม้ดินเปิด จะให้เยื่อกระดาษที่มีความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อแรงดันทะลุ และ ความทนทานต่อการหักพับสูง มีค่า Slenderness ratio น้อยกว่า 75 แสดงว่า เส้นใยของไม้ดินเปิด จะให้เยื่อกระดาษที่มีความต้านทานต่อแรงฉีกขาดต่ำ

5. ความกว้างของลูเมน และความกว้างของเส้นใยมีความสัมพันธ์กันมาก โดยมีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงบวกต่อกัน ในขณะที่อัตราส่วนของเวสเซลมีความสัมพันธ์แบบเชิงบวกกับความหนาของผนังเส้นใย และเชิงลบกับอัตราส่วนของเส้นใย ส่วนอัตราส่วนของเรย์พารินโคมา มีความสัมพันธ์แบบเชิงลบกับความกว้างของเส้นใย ความกว้างของลูเมน และอัตราส่วนของเส้นใย

6. ไม้ที่นำมาใช้ทดลองในการวิจัยครั้งนี้ โดยธรรมชาติของไม้เองมีความผันแปรในอายุของเนื้อไม้ ต้นไม้ในชั้นอายุเดียวกัน และตำแหน่งจากใจไม้ไปเปลือกไม้ในต้นเดียวกันและในอายุเดียวกันค่อนข้างสูง

## ข้อเสนอแนะ

การปลูกไม้ดินเปิดเพื่อทำเป็นสวนป่าในปัจจุบันยังมีน้อยมาก เนื่องจากยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับการนำไม้ดินเปิดไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อย่างจริงจัง เพื่อที่จะให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน ดังนั้นต้องอาศัยปัจจัยหลายปัจจัยร่วมกัน เช่น เริ่มต้นจากการศึกษาการจัดการปลูกสร้างสวนป่าโดยการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่ดี ควบคู่ไปกับการบำรุงรักษาดินไม้ เพื่อให้ได้ไม้ดินเปิดที่มีคุณภาพของเนื้อไม้สูง และมีความผันแปรน้อย มีการเจริญเติบโตที่ดี และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด ควรจะมีการศึกษาวิจัยรอบคอบถี่ถ้วน ระบุปลูกที่เหมาะสม การตัดสาขาขยายระยะไม้ ตลอดจนสถานที่ปลูก

อย่างไรก็ตาม การที่ไม้ดินเปิดเป็นไม้ที่มีความแข็งแรงต่ำ เนื้อไม้มีน้ำหนักเบา และมีความมีทนทานต่อแมลงและเห็ดราต่ำ อีกทั้งลำต้นมีรูปทรงเป็นชั้น ๆ คล้ายร่มฉัตร จึงนิยมปลูกไม้ดินเปิดเป็นไม้ประดับและตกแต่งในสถานที่ต่าง ๆ นอกจากนี้เนื้อไม้ดินเปิดจะใช้ทำคานสอดดำและก้านไม้ขีดได้ดีแล้ว เนื้อไม้ยังสามารถนำไปใช้งานในด้านอื่น ๆ ได้อีก เช่น ทำเป็นสิ่งของตกแต่งภายใน และทำเป็นแผ่นไม้บาง แผ่นไม้อัด แผ่นไม้ประกบ และแผ่นไม้อัดโค้งได้ดีอีกด้วย ซึ่งมีแนวโน้มที่จะนำเนื้อไม้ดินเปิดไปใช้อุตสาหกรรมไม้ประเภทต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ไม้ดินเปิดยังมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษได้เช่นกัน เนื่องจากมีความหนาแน่นของเนื้อไม้ค่อนข้างต่ำ และผนังของเส้นใยที่บางน่าจะทำเป็นกระดาษพิมพ์เขียน หรือกระดาษหนังสือพิมพ์ได้ ดังนั้นจึงควรมีการทดลองผลิตเยื่อกระดาษตามกรรมวิธีมาตรฐาน คือ วิธีkraft ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ใช้กันมากที่สุดในโลก หรือกรรมวิธีอื่นที่เหมาะสม เพื่อศึกษาสมบัติความแข็งแรงของเยื่อกระดาษที่ได้ โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับความหนาแน่นของเนื้อไม้ สมบัติของเส้นใย และอัตราส่วนของชนิดเซลล์ ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไม้ดินเปิดไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ต่อไปในอนาคต

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กิต สุวรรณสุทธิ. 2527. ไม้และของป่าบางชนิดที่พบในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ ฯ.
- ทัศนีย์ รัตวานิช, เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์, วิจิต สนธิวิช และ รัตนา หม่อมณี. 2538. การผลิตเยื่อซัลเฟตไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส จากจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดสกลนคร, น. 103-109. ใน รายงานการประชุมป่าไม้แห่งชาติ ประจำปี 2538 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- ธวัชชัย สันติสุข. 2518. วงศ์ไม้ดินเปิด (Apocynaceae), น. 38-41. ใน เต็ม สมิตินันท์ (บรรณาธิการ). ไม้มีค่าทางเศรษฐกิจของไทย ตอนที่ 2.
- รุ่งฤดี พลเชียงสา. ม.ป.ป. ลักษณะทางกายวิภาคของเนื้อไม้ดินเปิด. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้, คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรรณม อุณจิตติชัย, ชีระ วิณิน, วิวัฒน์ อรรถพานุรักษ์, อรุณี วิณิน, ทรงกลด จารุสมบัติ และ สุเทพ กลั่นรักษา. 2546. คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้พญาสัตบรรณ. สำนักงานวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ ฯ.
- วิรัช ชื่นวาริน และ ดำรง ศรีอรัญ. 2517. ลักษณะโครงสร้างของเนื้อไม้ที่สำคัญในชุดคาลิซโฟลารี อินเฟอรี, เฮตเตอโรเมอร์, ไบคาเปลาติ, ไมเซมโบรซี, ฮาฟเบลล์ และ ยูปี เซกซวลล์. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 29. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. 2544. ดินเปิด. *Alstonia scholaris* R. Br.. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, กรมป่าไม้.
- สาวิตรี พัดโนภาส. 2538. ผลกระทบของค่าซัลไฟด์ต่อสมบัติเคมีของเยื่อซัลเฟตจากไม้ยูคาลิปตัส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.

สุพิชญ์ ภาสบุตร. 2530. **กายวิภาคและปฐุจน์เนื้อไม้**. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.

Barnett, J. R. and G. Jeronimidis. 2003. **Wood quality and its biological basis**. CRC Press.

Biermann, C. J. 1993. **Essential of Pulping and Papermaking**. ACADEMIC PRESS, Inc., California.

Bowyer, J. L., R. Shmulsky and J. G. Haygreen. 2003. **Forest Products and Wood Science an Introduction**. 4<sup>th</sup> ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.

Casey, J.P. 1960. **Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology**. 2<sup>nd</sup> ed. Interscience Publishers, Inc., New York.

Casey, J.P. 1980. **Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology**. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Clark, J. A. 1978. **Pulp Technology and Treatment for Paper**. 2<sup>nd</sup> ed. Miller Freeman Publication, Inc., San Francisco.

Dean, G. H. 1995. Objectives for wood fiber quality and uniformity, pp. 5-9. *In* **CRC for Temperate Hardwood Forestry**.

Ezell, A. W. 1979. Variation of cellular proportions in sweetgum and relation to other wood properties. **Wood and Fiber** 11(2) : 136-143.

Hakkila, P. 1999. **Forest Resources and Sustainable Management**. Gummerus Printing, Helsinki.

Higham, R. A. 1968. **Handbook of Papermaking the Technology of Pulp, Paper and Board Manufacture**. Business Books Limited, London.

- Hiller, C.H. 1964. Correlation of fibril angle with wall thickness of tracheids in summerwood of slash and loblolly Pine. **Tappi** 47(2): 125-128.
- Horn, R. A. and V. C. Setterholm. 1990. Fiber morphology and new Crops, pp. 270-275. *In* J. Janick and J. E. Simon. **Advances in New Crops**. Timber Press, Portland.
- Kroll, R. E., D.C Ritter., R.O. Gertjejansen and K.C. Au. 1992. Anatomical and Physical Properties of Balsam Poplar (*Populus balsamifera*L.) in Minnesota. **Wood and Fiber Science** 24(1): 13-24.
- Little, K. M., J. V. Staden and G.P.Y. Clarke. 2003. The relationship between vegetation management and the wood and pulping properties of a Eucalyptus hybrid clone. **Ann. For. Sci** 60 : 673-680.
- Malan, F. S and A. L. Arbuthnot. 1995. The interrelationships between density and fiber properties of south african grown *Eucalyptus grandis*. IUFRO, **Hobart** : 116-120.
- McIntosh, D. C. 1970. Fiber structure and properties, pp. 37-46. *In* K. W. Britt. **Handbook of Pulp and Paper Technology**. 2<sup>nd</sup> ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Ohshima, J., S. Yokota., N. Yoshizawa and T. Ona. 2004. Within-tree variation of vessel morphology and frequency, and representative heights for estimating whole-tree values in *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globulus*. **Appita J.** 57(1): 64-69.
- Ona, T., T. Sonoda., K. Ito., M. Shibata., Y. Tamai., Y. Kojima., J. Ohshima., S. Yokota and N. Yoshizawa. 2001. Investigation of relationships between cell and pulp properties in Eucalyptus by examination of within-tree property variations. **Wood Science and Technology** 35(3) : 229-243.

- Panshin, A.J., and C. DeZeeuw., and H.P. Brown. 1964. **Textbook of Wood Technology**. Vol. 1. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Pisuttipished, S., E. Retulainen., R. Malinen., H. Kolehmainen., M. Ruhanen and S. Siripattanadilok. 2003. Effect of harvesting age on the quality of *Eucalyptus camaldulensis* bleached kraft pulp. **Appita J.** 56(5) : 385-390.
- Smook. G. A. 1997. **Handbook for Pulp and Paper Technology**, 2<sup>nd</sup> ed. Angus Wide Publication Inc., Vancouver.
- Stephenson, J.N. 1950. **Pulp and Paper Manufacture**. Vol.1. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 1994. Basic density and moisture content of pulpwood. T 258 om-94, , Atlanta.
- Taylor, F.W. 1975. Wood properties difference between two stands of sycamore and black willow. **Wood and Fiber** 7(3): 187-191.
- Taylor, F.W. and T.E. Wooten. 1973. Wood properties variation of Mississippi Delta hardwood. **Wood and Fiber** 5(1): 2-13.
- Tsoumis, G. 1991. **Science and Technology of Wood Structure, Properties, Utilization**. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Wimmer, R., G. M. Downes., R. Evans., G. Rasmussen and J. French. 2002. Direct effects of wood characteristics on pulp and handsheet properties of *Eucalyptus globulus*. **Holzforschung** 56(3) : 244-252.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้

| Source                       | Df | SS       | MS       | F-value | Pr>F |
|------------------------------|----|----------|----------|---------|------|
| Age                          | 2  | 95575.20 | 47787.60 | 8.07    | 0.06 |
| Tree/Age                     | 3  | 17768.40 | 5922.80  | 3.47    | 0.03 |
| Position/Age/Tree            | 30 | 51173.58 | 1705.79  | 8.59    | 0.00 |
| Sample/<br>Position/Age/Tree | 36 | 7152.78  | 198.69   |         |      |
| C.V.=4.02%                   |    |          |          |         |      |

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความยาวของเส้นใย

| Source                       | Df | SS   | MS    | F-value | Pr>F |
|------------------------------|----|------|-------|---------|------|
| Age                          | 2  | 0.05 | 0.023 | 0.72    | 0.56 |
| Tree/Age                     | 3  | 0.10 | 0.032 | 0.38    | 0.77 |
| Position/Age/Tree            | 30 | 2.49 | 0.083 | 37.73   | 0.00 |
| Sample/<br>Position/Age/Tree | 36 | 0.08 | 0.002 |         |      |
| C.V.=3.64%                   |    |      |       |         |      |

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความกว้างของเส้นใย

| Source                       | Df | SS     | MS    | F-value | Pr>F |
|------------------------------|----|--------|-------|---------|------|
| Age                          | 2  | 15.55  | 7.77  | 0.26    | 0.79 |
| Tree/Age                     | 3  | 90.38  | 30.13 | 8.88    | 0.00 |
| Position/Age/Tree            | 30 | 101.72 | 3.39  | 1.14    | 0.35 |
| Sample/<br>Position/Age/Tree | 36 | 106.70 | 2.96  |         |      |
| C.V.=5.72%                   |    |        |       |         |      |

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความกว้างของลูเมน

| Source                       | Df | SS     | MS    | F-value | Pr>F |
|------------------------------|----|--------|-------|---------|------|
| Age                          | 2  | 80.75  | 40.38 | 1.37    | 0.38 |
| Tree/Age                     | 3  | 88.43  | 29.48 | 6.31    | 0.00 |
| Position/Age/Tree            | 30 | 140.13 | 4.67  | 1.50    | 0.12 |
| Sample/<br>Position/Age/Tree | 36 | 111.80 | 3.11  |         |      |
| C.V.= 6.91%                  |    |        |       |         |      |

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนาของผนังเส้นใย

| Source                       | Df | SS   | MS   | F-value | Pr>F  |
|------------------------------|----|------|------|---------|-------|
| Age                          | 2  | 6.91 | 3.46 | 35.65   | 0.008 |
| Tree/Age                     | 3  | 0.29 | 0.10 | 0.50    | 0.69  |
| Position/Age/Tree            | 30 | 5.86 | 0.20 | 8.36    | 0.00  |
| Sample/<br>Position/Age/Tree | 36 | 0.84 | 0.02 |         |       |
| C.V. =6.65%                  |    |      |      |         |       |

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราส่วนของเส้นใย

| Source                       | Df | SS      | MS     | F-value | Pr>F |
|------------------------------|----|---------|--------|---------|------|
| Age                          | 2  | 547.38  | 273.69 | 0.50    | 0.65 |
| Tree/Age                     | 3  | 1655.83 | 551.94 | 8.52    | 0.00 |
| Position/Age/Tree            | 30 | 1943.16 | 64.77  | 4.22    | 0.00 |
| Sample/<br>Position/Age/Tree | 36 | 552.19  | 15.34  |         |      |
| C.V. = 7.80%                 |    |         |        |         |      |

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราส่วนของเวสเซล

| Source                       | Df | SS     | MS    | F-value | Pr>F |
|------------------------------|----|--------|-------|---------|------|
| Age                          | 2  | 28.82  | 14.41 | 1.80    | 0.31 |
| Tree/Age                     | 3  | 24.04  | 8.01  | 0.44    | 0.73 |
| Position/Age/Tree            | 30 | 549.82 | 18.33 | 4.44    | 0.00 |
| Sample/<br>Position/Age/Tree | 36 | 148.55 | 4.13  |         |      |
| C.V. =21.36%                 |    |        |       |         |      |

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราส่วนของเรย์พาร์นโคมา

| Source                       | Df | SS     | MS     | F-value | Pr>F |
|------------------------------|----|--------|--------|---------|------|
| Age                          | 2  | 872.10 | 436.05 | 11.81   | 0.04 |
| Tree/Age                     | 3  | 110.75 | 36.92  | 2.57    | 0.07 |
| Position/Age/Tree            | 30 | 430.28 | 14.34  | 3.01    | 0.00 |
| Sample/<br>Position/Age/Tree | 36 | 171.47 | 4.76   |         |      |
| C.V. =9.06%                  |    |        |        |         |      |

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราส่วนของพาเรนไคมาตามยาว

| Source                       | Df | SS      | MS     | F-value | Pr>F |
|------------------------------|----|---------|--------|---------|------|
| Age                          | 2  | 116.84  | 58.42  | 0.16    | 0.86 |
| Tree/Age                     | 3  | 1130.88 | 376.96 | 10.59   | 0.00 |
| Position/Age/Tree            | 30 | 1068.06 | 35.60  | 6.49    | 0.00 |
| Sample/<br>Position/Age/Tree | 36 | 197.62  | 5.49   |         |      |
| C.V.=14.40%                  |    |         |        |         |      |