

คุณสมบัติทางเคมีและเชิงกลของไม้ยางพารา
Chemical and Mechanical Properties in *Hevea brasiliensis*

จิตาภรณ์ ภูมิไชย์ ^{1/} กฤษดา สังข์สิงห์ ^{2/} จิรวัดน์ รียาพันธ์ ^{3/} เฉลิมพล ภูมิไชย์ ^{3/}
Thitaporn Phumichai ^{1/} Krissada Sungsing ^{2/} Jirawat Riyapan ^{3/} Chalernpol Phumichai ^{3/}

ABSTRACT

Para wood is economically important for furniture industry in Thailand. The quality of wood depends on the chemical and mechanical properties. This study aims to investigate the influence of genetics to wood properties which can be employed to future breeding program. The rubber samples were selected from small scale clone trial aged thirteen years at Suratthani Agricultural Research and Development Center. The experimental design was completely randomized design including twenty treatments with eight replications. The results showed that the chemical composition and mechanical properties of each wood clone were significantly different. The most suitable clone for using in the wood industry was RRI-CH-35-1403 due mainly to the high alpha cellulose and low solubility in 1% NaOH, indicating to good wood strength and mold resistant. Moreover, RRIM600 clone showed the most proper mechanical for the furniture industry.

Key words: *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., wood properties, wood product, chemical property, mechanical properties

^{1/} สถาบันวิจัยยาง 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

^{1/} Rubber Research Institute 50 Paholyothin Rd. Ladyoa Jatujak Bangkok 10900

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุราษฎร์ธานี ต.คันทลี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี 84170

^{2/} Suratthani Agricultural Research and Development Centre, Kantulee Thachana Suratthani 84170

^{3/} มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

^{3/} Kasetsart University 50 Paholyothin Rd. Ladyoa Jatujak Bangkok 10900

บทคัดย่อ

ไม้ยางพารามีความสำคัญในทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์คุณภาพของเนื้อไม้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงกล การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างพันธูกรรมกับคุณสมบัติไม้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ยางเพื่อเนื้อไม้ โดยไม้ยางพาราที่คัดเลือกมาศึกษาจากแปลงเปรียบเทียบพันธุ์ยางพาราขั้นต้นที่มีอายุ 13 ปี ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุราษฎร์ธานี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ประกอบด้วย จำนวน 8 ซ้ำ 20 กรรมวิธี (สายพันธุ์) พบว่าองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางกายภาพของไม้ยางพารา มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ยางอย่างมีนัยสำคัญสามารถที่จะเลือกลักษณะที่ต้องการในแต่ละสายพันธุ์นำไปใช้เป็นแม่-พ่อพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ยางให้มีคุณภาพเนื้อไม้เหมาะสมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ของไม้ยางพารา สายพันธุ์ที่มีคุณภาพเนื้อไม้และมีคุณสมบัติทางเคมีที่ดีได้แก่ สายพันธุ์ RRI-CH-35-1403 เนื่องจากมีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงสุด และมีคุณสมบัติการละลายในด่างต่ำ ทำให้เนื้อไม้มีความแข็งแรง และพันธุ์ RRIM 600 เป็นพันธุ์ที่มีความแข็งแรงเชิงกลสูงสุดเหมาะสมในการนำไม้มาใช้เพื่อผลิตเฟอร์นิเจอร์

คำหลัก: ยางพารา คุณภาพเนื้อไม้ ผลผลิตไม้ คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงกล

คำนำ

ในปัจจุบันความต้องการใช้ไม้ยางพาราทั้งในด้านเป็นวัตถุดิบในการแปรรูป หรือความต้องการใช้เนื้อไม้โดยตรงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่ไม้ยางพาราเป็นเพียงผลพลอยได้ที่สำคัญจากการตัดโค่นต้นยางเก่าที่หมดหน้ากรีตหรือผลผลิตน้ำยางลดลงเพื่อปลูกทดแทนต้นยางใหม่ ไม้ยางพาราสามารถนำมาพัฒนาให้เกิดมูลค่าเพิ่มและใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดได้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ เฟอร์นิเจอร์ ผลิตภัณฑ์ไม้ ไม้แผ่น เชื้อเพลิง และเยื่อกระดาษ เป็นต้น การค้นคว้าและวิจัยหาพันธุ์ไม้ยางพาราที่มีคุณสมบัติไม้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานด้านอุตสาหกรรม มีความสำคัญเพื่อลดค่าใช้จ่ายและสารเคมีในการรักษาคุณภาพไม้ ให้สามารถใช้งานได้นานและมีความแข็งแรง ดังนั้นการศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆ ของไม้ยางพาราโดยเฉพาะคุณสมบัติทางเคมีและเชิงกลของไม้จึงมีความจำเป็น เนื่องจากคุณภาพของไม้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี ค่าความแข็งแรงเชิงกล และปัจจัยอื่น ๆ ของไม้ (Zobel and Van Buijtenen, 1989) ไม่มีสัดส่วนการกระจายตัวขององค์ประกอบหลักทางเคมีได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารแทรกในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความแตกต่างของสายพันธุ์ ระดับความสูง อายุ ชนิดไม้ และสภาพแวดล้อม (Fengel and Wegener, 2003 และ Rowell, 2005) โดยทั่วไปไม้มีองค์ประกอบหลักทางเคมีได้แก่ เซลลูโลสประมาณ 43-47% ลิกนิน 16-24% เฮมิเซลลูโลส 25-35% และสารแทรกในเนื้อไม้ 2-8% (Smook, 1992)

องค์ประกอบทางเคมีของไม้มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงในเนื้อไม้ เนื่องจากการพิจารณาอิทธิพลความแปรปรวนขององค์ประกอบทางเคมีต่อความแข็งแรงของเนื้อไม้อยู่ภายใต้ส่วนของผนังเซลล์ (Wise and Jahn, 1952) คุณสมบัติทางเคมีของไม้เป็นคุณสมบัติหนึ่งที่มีประโยชน์ในการออกแบบการใช้ประโยชน์ของไม้แต่ละชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ในเนื้อไม้ (ไตรรัตน์ และ นิคม, 2553)

เซลลูโลสซึ่งมีหน้าที่สร้างความแข็งแรงให้แก่เนื้อไม้ และมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติเชิงกลของไม้ กล่าวคือ ไม้ที่มีสัดส่วนองค์ประกอบของเซลลูโลสสูงส่งผลให้มีค่าความแข็งแรงเชิงกลสูงด้วยเช่นกัน และมีผลต่อแรงดึง (tensile stress) ทำให้โครงสร้างของไมโครไฟบริลมีแรงต้านการดึงสูงสุดในการทำให้ไม้เสียรูป (Genet *et al.*, 2005; Sjostrom, 1993) นอกจากนี้รายงานของ Reghu (2011) เกี่ยวกับปริมาณของลิกนินในยางพาราพบว่า ยางพาราพันธุ์ป่า (wild Hevea germplasm) ประกอบด้วยลิกนินประมาณ 19.28-24.75% ขณะที่พันธุ์ปลูก (Wickham clones) ประกอบด้วยลิกนินประมาณ 20-23% เนื่องจากลิกนินเป็นสารประกอบพีนอลิกจึงมีส่วนช่วยในการป้องกันคุณภาพเนื้อไม้และมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติเชิงกลของไม้อีกด้วย Zaki *et al.* (2012) ศึกษาพันธุ์ยางพาราเพื่อน้ำยางและเนื้อไม้สองพันธุ์ ได้แก่ RRIM 2009 และ RRIM 2024 พบว่าความแปรปรวนของไฮโดรเซลลูโลสและแอลฟาเซลลูโลสมีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ทั้งสอง

พันธุ์ RRIM 2009 มีไฮโดรเซลลูโลส 58.93% และแอลฟาเซลลูโลส 39.75% ในขณะที่พันธุ์ RRIM 2024 มีไฮโดรเซลลูโลส 60.56% และแอลฟาเซลลูโลส 43.02% การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า ที่ระดับความสูง 1.3 ม. หรือระดับโคนของลำต้นมีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงสุด ไม้ยางพารามีความแตกต่างกันของคุณสมบัติเชิงกลขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความสูง และอายุ เช่น พันธุ์ RRIM 600 มีความแข็งแรงจากการดึงในเชิงกลลดลง เมื่ออายุของไม้เพิ่มมากขึ้น และที่ระดับความสูงด้านล่างของลำต้น (1.3 ม.) มีแรงจากการดึงสูงกว่าระดับปลายยอดหรือด้านบนของลำต้น (6.0 ม.) (Lim *et al.*, 2003) นอกจากนี้ Naji *et al.* (2012) รายงานว่าความยาวของเส้นใยในไม้ยางพาราเป็นลักษณะที่มีความสำคัญด้านสัณฐานวิทยา และมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงเชิงกลที่แตกต่างกันของการหดตัวทางด้านความยาวของไม้

การปรับปรุงพันธุ์ยางพาราในปัจจุบันจะเน้นการคัดเลือกพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดีและมีผลผลิตสูง ซึ่งพันธุ์แนะนำในปัจจุบันที่เป็นพันธุ์เพื่อเนื้อไม้ หรือน้ำยางและเนื้อไม้ จะคัดเลือกจากการเจริญเติบโต และปริมาตรไม้ (สถาบันวิจัยยาง 2554) แต่เนื่องจากคุณภาพของไม้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี และค่าความแข็งแรงเชิงกล ดังนั้นการนำคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติเชิงกลมาใช้เป็นดัชนีในการพัฒนาพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะเหมาะสมกับอุตสาหกรรมไม้ยางพาราจึงมีความสำคัญต่อการคัดเลือกพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ยางพารา

ให้ตรงกับความต้องการของอุตสาหกรรมเพื่อการแปรรูปต่าง ๆ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและเชิงกลของไม้ยางพาราพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ยางเพื่อเนื้อไม้ หรือน้ำยางและเนื้อไม้ และใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกแม่-พ่อพันธุ์ สำหรับการผสมพันธุ์ยางเพื่อให้ได้สายพันธุ์ยางพาราที่มีคุณภาพไม้ตามความต้องการใช้ในอุตสาหกรรมไม้ยางพารา

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พืชทดลอง และแผนการทดลอง

ยางพาราอายุ 13 ปี จากแปลงทดลองเปรียบเทียบพันธุ์ยางพาราขั้นต้น ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีพันธุ์กรรมที่แตกต่างกันจำนวน 20 สายพันธุ์ประกอบด้วยพันธุ์การค้า 6 พันธุ์ ได้แก่ BPM 24, PB 260, RRIT 251, RRIT 408 (RRI-CH-35-1396), RRIM 600 และ ฉะเชิงเทรา 50 หรือ RRIT 402 (OP-CH-35-2010)(สถาบันวิจัยยาง, 2554) และลูกผสม 14 สายพันธุ์ ได้แก่ RRI-CH-35-59, RRI-CH-35-470, RRI-CH-35-499, RRI-CH-35-544, RRI-CH-35-650, RRI-CH-35-775, RRI-CH-35-787, RRI-CH-35-1397, RRI-CH-35-1403, RRI-CH-35-1461, RRI-CH-35-1757, OP-CH-35-2086, OP-CH-35-1886 และ OP-CH-35-2019 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD)การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีประกอบด้วย 20 กรรมวิธี (สายพันธุ์) ๆ ละ 2 ซ้ำ การ

วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกล ประกอบด้วย 20 กรรมวิธี ๆ ละ 8 ซ้ำ

บันทึกข้อมูลผลผลิต และการเจริญเติบโตของยางพาราทุกสายพันธุ์ก่อนการทดลอง

2. การเตรียมตัวอย่างไม้ยางพารา

วัดระดับความสูงลำต้นยางพาราเหนือพื้นดินที่ 1.3 ม. ซึ่งเป็นมาตรฐานการวัดความสูงเทียมอก (diameter breast height หรือ DBH) ของกรมป่าไม้ และ 6.0 ม. ทำการโค่นต้นยาง ตัดต้นยางพาราความยาวท่อนละ 100 ซม. ระดับละ 1 ท่อน โดยวัดจากกึ่งกลางของระดับความสูงที่วัดไว้ก่อนโค่นทั้งสองระดับ ไปด้านบน 50 ซม. และด้านล่าง 50 ซม. จากนั้นนำท่อนไม้ที่มีความยาว 100 ซม. ตัดแบ่งไม้ออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกตัดขนาด 20 ซม. วัดจากจุดกึ่งกลางข้างละ 10 ซม. จำนวน 1 ท่อน อีก 2 ส่วนจะเป็นขนาดความยาวท่อนละ 40 ซม. ด้านบนและด้านล่างของท่อนไม้ นำชิ้นไม้ขนาด 20 ซม. ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และชิ้นไม้ขนาด 40 ซม. ไปวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกล

นำชิ้นไม้ขนาด 20 ซม. หั่นเป็นแว่น ๆ และสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้มีขนาดเท่ากับไม้จิ้มฟัน แล้วทำให้ไม้อยู่ในสภาพที่แห้งโดยการผึ่งแดดไว้ประมาณ 2-3 วัน นำตัวอย่างไม้แห้งไปบด และร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียด 40 เมช จะตกค้างบนตะแกรงที่มีความละเอียด 60 เมช นำผงไม้ที่ผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้

นำชิ้นไม้ขนาด 40 ซม. ทั้ง 2 ท่อน ตัด

ไม้ตามหน้าตัดของลำต้นแบบสุ่มให้มีการกระจายทั่วลำต้น ตัดแต่งไม้ยาวพาราทั้ง 4 ด้านให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ตามตำแหน่งและขนาดดังแสดงใน Figure 1 และ Table 1 ในแต่ละท่อนจะมีชิ้นไม้ที่ตัดออกมาตามหน้าตัดของลำต้นจำนวน 14 ชิ้น

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

แบ่งผงไม้ที่ร่อนผ่านตะแกรง 40 เมช ออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกนำไปสกัดปริมาณสารแทรกที่ละลายในเอทานอล-เบนซีนตามมาตรฐาน TAPPI T 264 om-88 (1988) ส่วนที่สองนำไปเผาเพื่อวิเคราะห์เถ้าตามมาตรฐาน TAPPI T 211 om-93 (1993) และส่วนที่สามนำไปวิเคราะห์ปริมาณการละลายในด่างเข้มข้น 1% (1% NaOH) ตามมาตรฐาน TAPPI T 212 om-98 (1998)

นำผงไม้ที่ปราศจากสารแทรกมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ดังนี้ วิเคราะห์ปริมาณลิกนินตามมาตรฐาน TAPPI T 222 om-98 (1998) กำจัดลิกนินออกโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaClO_2) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเซลลูโลส (ไฮโดรเซลลูโลส = แอลฟาเซลลูโลส + เฮมิเซลลูโลส) โดยใช้วิธีของ Browning (1967) และกำจัดเฮมิเซลลูโลสเพื่อวิเคราะห์แอลฟาเซลลูโลสตามมาตรฐาน TAPPI T 203 om-88 (1988) ปริมาณเฮมิเซลลูโลส = ปริมาณไฮโดรเซลลูโลส - ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (Rowell, 2005)

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกล

1. นำชิ้นไม้จำนวน 14 ชิ้นที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ไปทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบไม้ของ ASTM (1980)

Table 1 Details of the mechanical testing of *Hevea brasiliensis* muell. wood samples

Sample	Wood properties	Replications	Dimensions (cm ³)
A	MOR and MOE	8	2 x 2 x 30
B	Compression //	8	2 x 2 x 6
C	Shear //	8	2 x 2 x 2
D	Compression	8	2 x 2 x 6
E	Tension _ _	8	2 x 2 x 7
F	Hardness	8	5 x 5 x 5
G	Cleavage	8	2 x 2 x 4.5

MOR = modulus of rupture; MOE = modulus of elasticity; // = parallel to grain; _|_ = perpendicular to grain;

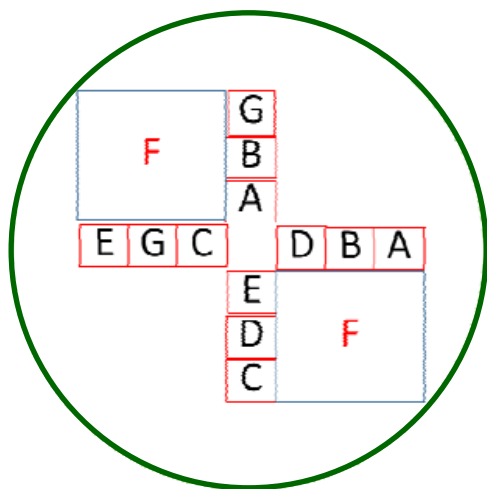


Figure 1 Diagram showing the distribution of wood samples in the cross section of a representative example of 40 cm logs for testing mechanical properties (details of mechanical testing are described in Table 1)

2. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของยางพาราประกอบด้วย แรงดัดสถิตย์ (โมดูลัสการแตกหัก และโมดูลัสความยืดหยุ่น) แรงอัดขนาน เส้นยืน แรงอัดตั้งฉากเส้นยืน แรงดึงตั้งฉากเส้นยืน แรงเฉือนขนานเส้นยืน ความแข็ง และการฉีกเป็นต้น การตัดชิ้นตัวอย่างไม้จะมีความเฉพาะของแต่ละค่าการทดสอบดังแสดงใน Table 1

5. การวิเคราะห์ผลในทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) อิทธิพลของสายพันธุ์ต่อคุณสมบัติทางเคมีและเชิงกลของยางพารา 20 สายพันธุ์ ทั้งนี้ ถ้าผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและเชิงกลของยางพารามีความสำคัญทางสถิติ แสดงว่า อิทธิพลของสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่าง

น้อยหนึ่งคู่ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ต้องการหาสายพันธุ์ที่ให้ผลดีที่สุด เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์โดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

ด้านการเจริญเติบโต และผลผลิตยางของสายพันธุ์ยางทั้ง 20 สายพันธุ์ ก่อนนำตัวอย่างมาทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ รายละเอียดแสดงใน Table 2

2. คุณสมบัติทางเคมีของยางพารา

คุณสมบัติทางเคมีของยางพาราทั้ง 20 สายพันธุ์พบว่า ปริมาณเถ้า สารแทรกที่ละลายในเอทานอล-เบนซีน ลิกนิน โซลโอเซลลูโลส แอลฟาเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และปริมาณการละลายในด่าง (1% NaOH) มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ยางพาราอย่างมีนัยสำคัญพันธุ์ PB 260 มีปริมาณเถ้าสูงสุด 1.96% รองลงมาคือสายพันธุ์ RRI-CH-35-470 มีปริมาณ 1.66% และต่ำที่สุดในพันธุ์ BPM 24 มีปริมาณ 0.46% ปริมาณสารแทรกที่ละลายในเอทานอล-เบนซีน สายพันธุ์ RRI-CH-35-787 มีปริมาณสูงสุด (6.28%) และต่ำที่สุดในสายพันธุ์ RRI-CH-35-1396 (1.13%) (Table 3) ปริมาณสารแทรกในไม้บ่งบอกถึงความคงทนและสีเฉพาะตัวของไม้ สารประกอบเหล่านี้จะทำให้พืชแต่ละชนิดมีสี กลิ่น รส และความแข็งที่แตกต่างกันออกไปสายพันธุ์ RRI-CH-35-787 มีปริมาณสาร

Table 2 Yield and girth of 20 rubber (*Hevea brasiliensis*) trees

Clones	Genealogy	Yield average (3 years tapping) g/t/t	Girth (age)		
			6 years	7 years	8 years
BPM24		52.44	52.07	53.71	56
RRI-CH-35-59	31-45XRRIM600	20.24	51.32	52.5	55.17
RRIT251	-	47.02	54.33	55.74	60.38
PB260	PB5/51XPB49	29.97	50.73	53.35	55.53
RRI-CH-35-470	93-114XRRIM600	15.05	48.4	50.31	52.43
RRI-CH-35-499	93-114XRRIC101	19.32	55.95	58.03	61.68
RRI-CH-35-544	93-114XRRIC110	21.29	66.55	70.77	78.08
RRIM600	TJIR-1XPB86	28.27	57.04	59.84	63.26
RRI-CH-35-650	RRIC100XHAIKEN1	17.62	61.75	64.92	69.33
RRI-CH-35-775	RRIM600XRRIC7	27.94	54.05	57.6	62.09
RRI-CH-35-787	RRIM600XRRIC7	16.6	48.44	50.35	52.18
RRI-CH-35-1396	PB5/51XRRIC101	42.64	53.8	54.02	55.68
RRI-CH-35-1397	PB5/51XRRIC101	21.72	54.23	57.95	59.69
RRI-CH-35-1403	PB5/51XRRIC101	42.41	51.61	53.9	56.18
RRI-CH-35-1461	PB5/51XRRIC100	33.23	55.83	59.27	61.75
RRI-CH-35-1757	RRII203XRRII118	18.29	52.24	56.69	58.85
OP-CH-35-1886	HAIKEN1 ill.	27.54	46.32	47.52	48.77
OP-CH-35-2010	RRIC110 ill.	35.96	67.43	66.83	70.39
OP-CH-35-2019	RRIC110 ill.	23.02	66.35	70.43	75.35
OP-CH-35-2086	PB5/51 ill.	29.46	55.57	58.7	62.5

Source : Surattthani Agricultural Research and Development Centre

แทรกที่ละลายในเอทานอล-เบนซิน สูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ ดังนั้นสายพันธุ์ดังกล่าวน่าจะมีการผูกครองของไม้ช้ากว่าพันธุ์อื่น ๆ เนื่องจากสารแทรกมีสารที่มีหน้าที่ทำลายแบคทีเรีย เห็ด และราต่าง ๆ ช่วยทำให้เกิดความคงทนมากขึ้น (Feng and Wegener, 2003) ปริมาณสารแทรกในเนื้อไม้มีปัจจัยหลักขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของพันธุ์ ถ้าพันธุ์มีพื้นฐานทางพันธุกรรมแตกต่างกัน ปริมาณสารแทรกย่อมแตกต่างกันด้วย

(Zobel and Van Buijtenen, 1989)

ปริมาณลิกนิน พบสูงสุดในสายพันธุ์ RRI-CH-35-787 คือ 30.71% และต่ำสุดในสายพันธุ์ OP-CH-35-2010 คือ 18.75% ปริมาณไฮโดรเซลลูโลสของสายพันธุ์ OP-CH-35-1886 และ OP-CH-35-2010 มีปริมาณสูงที่สุดเท่ากัน คือ 81.68% และต่ำสุดในสายพันธุ์ RRI-CH-35-787 (69.55%) ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส ของสายพันธุ์ RRI-CH-35-1757 มีค่า

Table 3 Chemical composition properties of wood from 20 rubber (*Hevea brasiliensis*) trees

Clones	Chemical composition (% by O.D. weight of raw material)						
	Ash	Ethanol-benzene	Lignin	Holo cellulose	Alpha- cellulose	Hemi celluloses	1% NaOH
		solubility					
BPM 24	0.46 k	5.43 b	27.67 bc	72.90 k	36.74 k	36.16 d	23.89 d
RRI-CH-35-59	0.67 j	2.89 d	22.18 fg	78.44 d	44.11 cd	34.34 f	25.71 b
RRIT 251	0.83 h	2.81 d	23.19 f	77.50 f	43.29 e	34.22 f	22.68 e
PB 260	1.96 a	5.72 b	28.28 b	74.64 ij	41.03 hi	33.61 g	18.91 j
RRI-CH-35-470	1.66 b	3.07 d	25.51 e	78.12 d	40.26 j	37.86 c	24.76 c
RRI-CH-35-499	1.44 d	2.71 de	26.61 h	75.12 i	42.79 ef	32.33 g	20.35 h
RRI-CH-35-544	1.08 ef	5.81 b	23.35 f	80.17 b	44.97 b	35.20 e	21.09 fg
RRIM 600	0.99 fg	2.58 de	22.73 f	77.45 f	43.32 e	34.13 f	22.28 e
RRI-CH-35-650	1.04 f	3.22 d	22.93 f	76.25 g	42.92 ef	33.33 g	24.78 c
RRI-CH-35-775	1.12 e	3.20 d	20.61 hi	79.74 b	44.42 c	35.32 e	19.17 ij
RRI-CH-35-787	1.44 d	6.28 a	30.71 a	69.55 l	36.82 k	32.73 h	21.33 f
RRI-CH-35-1396	1.16 e	1.13 g	26.21 d	74.98 i	42.95 e	32.03 i	19.66 i
RRI-CH-35-1397	1.07 ef	2.91 d	21.30 h	79.24 c	44.98 b	34.26 f	21.63 f
RRI-CH-35-1403	1.46 d	2.97 d	22.06 g	78.12 d	42.42 efg	35.70 e	17.73 k
RRI-CH-35-1461	0.75 i	4.80 c	27.59 c	74.22 j	41.53 h	32.68 h	18.83 j
RRI-CH-35-1757	0.71 ij	2.36 e	21.40 h	78.24 d	45.54 a	32.70 h	20.59 h
OP-CH-35-1886	0.85 h	4.52 c	20.16 i	81.68 a	41.25 h	40.43 a	19.39 i
OP-CH-35-2010	1.15 e	2.86 d	18.75 j	81.68 a	42.50 efg	39.19 b	19.09 ij
OP-CH-35-2019	1.57 c	2.23 def	28.42 b	75.57 h	40.42 j	35.14 e	35.14 a
OP-CH-35-2086	0.78 hi	2.65 de	21.01 h	77.99 de	44.51 c	33.48 g	25.47 b
Means	1.11	3.51	24.03	77.08	42.34	34.74	22.12
CV (%)	2.3	6.7	1.3	0.3	0.4	0.4	1.0

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

สูงสุดคือ 45.54% และต่ำสุดในสายพันธุ์ BPM 24 และ RRI-CH-35-787 คือ 36.74% และ 36.82% ตามลำดับ ขณะที่เฮมิเซลลูโลส ของสายพันธุ์ OP-CH-35-1886 มีปริมาณสูงสุด 40.43% รองลงมาคือสายพันธุ์ OP-CH-35-2010 มีปริมาณ 39.19% และต่ำสุดในสายพันธุ์ RRI-CH-35-1396 คือ 32.03% (Table 3) เนื่องจากปริมาณลิกนินและเซลลูโลสเป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโต และช่วยในการรักษา

หรือปกป้องเนื้อไม้ให้ยังคงสภาพความแข็งแรงของลำต้น เซลลูโลสมีโครงสร้างเป็นเส้นใยและให้ความแข็งแรง ในทำนองเดียวกันลิกนินก็ทำหน้าที่เป็นสารยึดและประสานเซลล์ให้รวมกันเป็นเนื้อเยื่อไม้ (Hu *et al.*, 1999) ดังนั้นสายพันธุ์ลูกผสม RRI-CH-35-787 มีปริมาณลิกนินสูงสุดและสายพันธุ์ RRI-CH-35-1757 มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงสุด สายพันธุ์ดังกล่าวจึงมีแนวโน้มในการเจริญเติบโตดีและให้ความ

แข็งแรงสูง

ปริมาณการละลายในต่าง (1% NaOH) สายพันธุ์ OP-CH-35-2019 มีปริมาณการละลายในต่างสูงสุด 35.14% และปริมาณต่ำสุดในสายพันธุ์ RRI-CH-35-1403 17.73% (Table 3) ปริมาณการละลายในต่างเป็นวิธีการตรวจสอบการฟูเปื่อยของไม้ต่อเชื้อเห็ด รา และแบคทีเรีย ถ้าการละลายในต่างมีปริมาณสูงแสดงให้เห็นว่าไม้มีความคงทนต่อเชื้อเห็ดราต่ำ (TAPPI T212 om-98, 1998) ดังนั้นสายพันธุ์ RRI-CH-35-1403 จึงน่าจะมีระดับการทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราหรือการเสื่อมสภาพโดยความร้อน แสง และการออกซิเดชันสูงสุด

การเปรียบเทียบข้อมูลการเจริญเติบโตกับข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของยางพารา 20 สายพันธุ์ พบว่าคุณสมบัติเคมีบางลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต เช่น ปริมาณเซลลูโลสมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต (girth) โดยสายพันธุ์ RRI-CH-35-544 และสายพันธุ์ OP-CH-35-2010 มีปริมาณเซลลูโลสค่อนข้างสูง (Table 3) มีการเจริญเติบโตดีโดยวัดจากเส้นรอบลำต้นที่อายุ 8 ปี มีเส้นรอบลำต้น 78.08 ซม. และ 70.39 ซม. ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งสามารถนำปริมาณเซลลูโลสมาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการคัดเลือกต้นที่มีการเจริญเติบโตดีได้นอกจากนี้เมื่อนำผลของคุณภาพทางเคมีมาพิจารณาควบคู่กับผลผลิตน้ำยาง พบว่าสายพันธุ์ RRI-CH-35-1403 มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูง มีคุณสมบัติการละลายในต่างต่ำ และให้ผลผลิตสูง ซึ่งเหมาะสมในการคัดเลือกพันธุ์มาใช้

เนื่องจากเนื้อไม้มีความแข็งแรง มีการเจริญเติบโตค่อนข้างดี และให้ผลผลิตสูง

คุณสมบัติเชิงกลของยางพารา

การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของไม้ยางพาราทั้ง 20 สายพันธุ์ พบว่าปริมาณความชื้นและความถ่วงจำเพาะมีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ สายพันธุ์ RRI-CH-35-787 มีปริมาณความชื้นสูงสุด 12.8% และปริมาณความชื้นต่ำในพันธุ์ RRIM 600 คือ 8.58% (Table 4) สำหรับความถ่วงจำเพาะ สายพันธุ์ BPM 24 และ RRI-CH-35-1396 มีความถ่วงจำเพาะสูงเท่ากันคือ 0.67 และสายพันธุ์ RRI-CH-35-650 และ RRI-CH-35-1757 ความถ่วงจำเพาะต่ำคือ 0.48 (Table 4) จากรายงานของ Matan and Kyokong (2003) ศึกษาปริมาณความชื้นของไม้พบว่า การหดตัวและการพองตัวของไม้มีปัจจัยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในขณะนั้น ไม้จะพองตัวและหดตัวเมื่อเนื้อไม้สูญเสียความชื้นในผนังเซลล์ ดังนั้นเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นในระดับที่ต่ำกว่าจุดหด ไม้จะพองตัวทำให้ความแข็งแรงลดลง และง่ายต่อการเข้าทำลายของมอดเห็ดรา ตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมมีข้อกำหนดคือ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้ยางพาราแปรรูปที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะต้องมีปริมาณความชื้นในไม้ไม่เกินร้อยละ 12 ในการนำไม้ไปทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนั้นไม้ยางพาราที่ศึกษาส่วนใหญ่สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามที่มาตรฐานกำหนดยกเว้นสายพันธุ์ RRI-CH-35-470, RRI-CH-35-787, RRI-CH-35-

Table 4 Moisture content and specific gravity of 20 rubber (*Hevea brasiliensis*) trees

Clones	Moisture content (%)	Specific gravity
BPM 24	11.15 bc	0.67 a
RRI-CH-35-59	9.40 e	0.52 ab
RRIT 251	8.80 e	0.53 ab
PB 260	10.43 bcd	0.53 ab
RRI-CH-35-470	11.98 ab	0.59 a
RRI-CH-35-499	10.93 ab	0.58 ab
RRI-CH-35-544	11.35 b	0.60 a
RRIM 600	8.58 ef	0.61 a
RRI-CH-35-650	8.70 ef	0.48 abc
RRI-CH-35-775	10.36 bcd	0.57 ab
RRI-CH-35-787	12.80 a	0.57 ab
RRI-CH-35-1396	10.72 bc	0.67 a
RRI-CH-35-1397	8.80 e	0.50 b
RRI-CH-35-1403	12.19 a	0.58 ab
RRI-CH-35-1461	11.93 ab	0.62 a
RRI-CH-35-1757	8.65 ef	0.48 abc
OP-CH-35-1886	10.04 d	0.53 ab
OP-CH-35-2010	11.12 bc	0.58 ab
OP-CH-35-2019	11.40 b	0.56 ab
OP-CH-35-2086	8.80 e	0.57 ab
Means	10.40	0.56
CV (%)	2.90	7.30

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

1403, RRI-CH-35-1461 และ OP-CH-35-2019

โมดูลัสการแตกหัก โมดูลัสความยืดหยุ่น แรงอัดตั้งฉากเส้นแรงเฉือนขนานเส้นแรงดึงตั้งฉากเส้น ความแข็ง การฉีกของไม้และแรงอัดขนานเส้นมีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ ค่าความแข็งแรงของโมดูลัสการแตกหักมีค่าสูงในสายพันธุ์ RRIM

600 (110.39 MPa) และมีค่าต่ำในสายพันธุ์ OP-CH-35-2019 (63.15 MPa) โมดูลัสความยืดหยุ่นมีค่าสูง ในสายพันธุ์ OP-CH-35-2086 (10,384.20 MPa) และมีค่าต่ำในสายพันธุ์ OP-CH-35-2019 (6,129.26 MPa) (Table 5) ยางพารา 20 สายพันธุ์ มีค่าโมดูลัสการแตกหัก และโมดูลัสความยืดหยุ่นแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าเกิดจากอิทธิพลของสายพันธุ์ที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน Das *et al.* (2012) ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไฟพบว่า ความแปรปรวนของสายพันธุ์มีอิทธิพลต่อโมดูลัสการแตกหัก กล่าวคือ ถ้าสายพันธุ์มีความแปรปรวนมากจะส่งผลให้โมดูลัสการแตกหักมีค่าแตกต่างกัน โมดูลัสการแตกหักและโมดูลัสความยืดหยุ่นคือแรงในการดัดสัณฐานหรือการโค้งตัวก่อนที่ไม้จะเสียรูป ไม้ตะเคียนและไม้สักป่า ซึ่งเป็นไม้ที่มีความแข็งแรงสูงและนิยมนำมาใช้ประโยชน์ มีค่าโมดูลัสการแตกหัก 115 และ 100 MPa ตามลำดับ และมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 11,790 และ 10,190 MPa ตามลำดับ (กรมป่าไม้, 2548) ผลจากการทดลองพบว่าพันธุ์ RRIM 600 และ OP-CH-35-2086 มีค่าโมดูลัสการแตกหัก และโมดูลัสความยืดหยุ่นสูงสุด และมีค่าใกล้เคียงกับไม้เนื้อแข็งทั้ง 2 ชนิด ดังนั้น RRIM 600 และ OP-CH-35-2086 จึงน่าจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านความแข็งแรงและการโค้งขององค์อาคารที่รับน้ำหนักตั้งฉากกับแกนได้

แรงอัดขนานเส้น (compression parallel to grain) มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เช่น สายพันธุ์ BPM 24, RRI-CH-35-59,

Table 5 Mechanical properties of 20 rubber (*Hevea brasiliensis*) trees

Clones	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Compression parallel to grain (MPa)	Compression perpendicular to grain (MPa)	Shear parallel to grain (MPa)	Tension perpendicular to grain (MPa)	Hardness (N)	Cleavage (N)
BPM 24	84.73 abc	6833.88 b	49.18 a	29.66 a	18.84 a	2.47 a	7737.69 a	0.81 a
RRI-CH-35-59	99.82 a	9924.51 a	49.16 a	17.81 b	18.60 a	1.20 ab	6048.25 ab	0.65 ab
RRI-CH-35-251	105.40 a	9579.78 a	49.22 a	15.92 b	18.31 ab	1.69 ab	7062.50 a	0.64 ab
PB 260	76.96 c	7235.05 b	40.85 ab	18.81 ab	16.27 b	1.68 ab	4357.46 c	0.52 ab
RRI-CH-35-470	78.85 c	7466.32 b	42.89 ab	25.19 a	15.85 abc	2.05 a	6101.34 ab	0.61 ab
RRI-CH-35-499	77.78 c	7382.68 b	41.41 ab	26.57 a	16.72 ab	2.33 a	6542.70 ab	0.66 ab
RRI-CH-35-544	69.40 cd	7587.30 b	39.97 ab	19.71 ab	16.84 ab	2.16 a	4654.99 bc	0.53 ab
RRI-CH-35-600	110.39 a	10458.00 a	51.51 a	18.02 b	20.65 a	0.26 c	7161.50 a	0.91 a
RRI-CH-35-650	81.77 c	8233.47 ab	41.36 ab	11.18 bc	18.30 ab	1.64 ab	5806.75 b	0.92 a
RRI-CH-35-775	94.32 ab	9283.14 a	54.68 a	24.55 a	15.57 abc	2.37 a	6372.20 ab	0.66 ab
RRI-CH-35-787	77.05 c	6805.18 b	40.78 ab	19.34 ab	14.67 abc	2.08 a	4730.88 bc	0.44 ab
RRI-CH-35-1396	94.28 ab	7731.29 b	48.41 a	30.24 a	18.66 a	1.64 ab	6264.48 ab	0.68 a
RRI-CH-35-1397	98.00 ab	9675.05 a	45.44 a	14.98 abc	18.05 ab	2.02 a	6050.00 ab	0.91 a
RRI-CH-35-1403	79.22 c	8040.69 ab	40.77 ab	19.29 ab	13.74 c	2.46 a	5499.12 b	0.68 a
RRI-CH-35-1461	74.09 c	7987.09 ab	40.61 ab	22.47 ab	15.85 abc	2.69 a	5983.07 ab	0.57 ab
RRI-CH-35-1757	106.33 a	9741.62 a	36.37 ab	8.52 bcd	18.97 a	1.66 ab	6404.87 ab	0.52 ab
OP-CH-35-1886	75.80 c	6887.08 b	46.59 a	21.84 ab	17.75 ab	1.85 a	5322.53 abc	0.48 ab
OP-CH-35-2010	82.82 abc	8098.45 ab	41.96 ab	24.39 a	15.22 abc	2.18 a	5298.22 abc	0.63 ab
OP-CH-35-2019	63.15 cd	6129.26 bc	38.99 ab	19.08 ab	17.35 ab	2.33 a	5787.27 b	0.35 abc
OP-CH-35-2086	109.67 a	10384.20 a	46.80 a	10.87 bc	19.45 a	1.81 a	7152.50 a	0.70 a
Means	86.99	8273.20	44.35	19.92	17.28	1.93	6016.92	0.64
CV (%)	9.4	12.3	14.8	21.1	9.4	33.1	12.8	27.4

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

RRIT 251, RRIM 600 และ RRI-CH-35-775 มีค่าแรงอัดขนานเสี้ยนสูงแต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับ สายพันธุ์ PB 260, RRI-CH-35-470, RRI-CH-35-499, RRI-CH-35-544 และ RRI-CH-35-787 เป็นต้น (Table 5) ถึงแม้ว่าจะอยู่ต่างกลุ่ม กันก็ตาม

แรงอัดตั้งฉากเสี้ยน (compression perpendicular to grain) มีค่าสูงในสายพันธุ์ RRI-CH-35-1396 คือ 30.24 MPa และมีค่าต่ำ ในสายพันธุ์ RRI-CH-35-1757 คือ 8.52 MPa แรงอัดขนานเสี้ยนของยางพารา 20 สายพันธุ์ ส่วนใหญ่ มีค่ามากกว่าไม้ยูคาลิปตัส (36.1 MPa) และยางพารา (46.9 MPa) (กรมป่าไม้, 2548) ค่าแรงอัดขนานเสี้ยนมีประโยชน์ เพราะ อาคารไม้แทบทุกชนิดจะต้องมีบางส่วน ของ โครงสร้างที่รับแรงอัดชนิดนี้ เช่น เสา (column) คร่าวฝา (stud) โครงถัก (truss) เสาเข็ม (pile)

แรงเฉือนขนานเสี้ยน (shear parallel to grain) มีค่าสูงในสายพันธุ์ RRIM 600 คือ 20.65 MPa และมีค่าต่ำในสายพันธุ์ RRI-CH-35-1403 คือ 13.74 MPa ถ้าความเค้นเฉือน ขนานเสี้ยนของไม้มีค่าต่ำจะเป็นจุดอ่อนของไม้ การออกแบบโครงสร้างไม้จึงต้องตรวจสอบ ความเค้นชนิดนี้

แรงดึงตั้งฉากเสี้ยน (tension perpendicular to grain) มีค่าสูงในสายพันธุ์ RRI-CH-35-1461 (2.69 MPa) และมีค่าต่ำที่สุดในพันธุ์ RRIM 600 (0.26 MPa) ผลจากการทดสอบการ ดึงทั้งขนานและตั้งฉากเสี้ยนมีประโยชน์ต่อการ ออกแบบโครงสร้างไม้ ตัวเลขแรงดึงขนานเสี้ยน

นำไปใช้ออกแบบโครงสร้าง คานไม้ประกับ แผ่น ผิวบางรับความเค้น

ความแข็งในเชิงกล (hardness) ของไม้ ยางพารา มีค่าสูงในพันธุ์ BPM 24 คือ 7737.69 N และมีค่าต่ำในพันธุ์ PB 260 คือ 4357.46 N

การฉีก (cleavage) ของไม้ยางพารามี ค่าการฉีกของไม้สูงในสายพันธุ์ RRI-CH-35-650 คือ 0.92 N สำหรับสายพันธุ์ที่มีค่าการฉีก ของไม้ต่ำ ได้แก่ สายพันธุ์ OP-CH-35-2019 คือ 0.35 N (Table 5) การทดสอบความแข็งมี ประโยชน์ในการเลือกไม้ไปใช้งานที่ต้องทนต่อ การขีดข่วนเสียดสีเป็นประจำ เช่น พื้นไม้ปาร์เก้ อุปกรณ์กีฬา ลังใส่ปลา และเครื่องเรือน เป็นต้น (ISO 3350, 1964)

สรุปผลการทดลอง

1. คุณสมบัติไม้ยางพาราทั้งทางเคมี และเชิงกล สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูล และเป็น ดัชนีในการคัดเลือกพันธุ์ยางพาราเพื่อเนื้อไม้ได้ เพราะคุณสมบัติไม้ทั้งทางเคมีและเชิงกลมีความ แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ยางพาราเพราะคุณสมบัติไม้ ควบคุมด้วยลักษณะทางพันธุกรรม

2. ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีและเชิงกล ของสายพันธุ์ยางพารา 20 สายพันธุ์สามารถนำ มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือก แม่ – พ่อ พันธุ์ ที่มีคุณสมบัติไม้ที่ดีตามลักษณะที่ต้องการ นำไปผสมพันธุ์กับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง เพื่อสร้าง ลูกผสมสายพันธุ์ยางที่มีคุณสมบัติไม้ที่ดีและมี ผลผลิตสูง และนำไปคัดเลือกเพื่อพัฒนาพันธุ์ยาง เพื่อเนื้อไม้ และน้ำยางต่อไป

3. สายพันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะให้คุณภาพเนื้อไม้และมีความสมบัติทางเคมีที่ดีที่ควรคัดเลือก ได้แก่ สายพันธุ์ RRI-CH-35-1403 เนื่องจากมีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูง และมีความสมบัติการละลายในด่างต่ำ ขณะที่พันธุ์ RRIM 600 เป็นพันธุ์ที่มีความแข็งแรงเชิงกลสูงสุดเหมาะสมในการนำไม้มาใช้เพื่อผลิตเฟอร์นิเจอร์

4. ข้อมูลในการศึกษามีประโยชน์ต่องานอุตสาหกรรมไม้บางพารา เช่น การผลิตเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแปรรูปไม้บางพารา สามารถใช้ไม้บางพาราทดแทนไม้เศรษฐกิจอื่น ๆ และช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางสาวจุริภรณ์ ศรีใหม่ สำหรับการเตรียมตัวอย่างไม้และการวิเคราะห์ผลเชิงกลและเชิงเคมี ดร.สุธีรา วิทยากาญจน์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความรู้ทางด้านการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของไม้ เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลเชิงเคมี หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่ให้ความรู้ทางด้านการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงกลของไม้ เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลเชิงกล เจ้าหน้าที่ทุกท่านของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุราษฎร์ธานี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ รวมทั้งการอำนวยความสะดวกในการเตรียมตัวอย่างไม้

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2548. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3 กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, กรุงเทพฯ. 144 หน้า
- ไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ และ นิคม แหยมลัก. 2553. คุณสมบัติทางเคมีของไม้ตะกูด. วารสารวนศาสตร์ 29 (2): 64-72.
- สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2554. คำแนะนำพันธุ์ยางปี 2554. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 49 หน้า
- ASTM. 1980. *Annual Book of ASTM Standards*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa., U.S.A. pp 7.
- Browning, B.L. 1967. *Methods of Wood Chemistry*. Interscience, Publishers, Wiley, New York. pp 498.
- Das, A.K., m. Billha, Md.I Shams and Md. O. Hannan. 2012. Physical and mechanical properties of prOP-CH-35-erties of bamboo wastage cement bonded board. *J Indian Acad Wood Sci* 9 (2): 170-175.
- Fengel, D. and G. Wegener. 2003. *Wood Chemistry, Ultrastructure and Reactions*. Walter de Gruyter, Berlin, Germany. pp. 613.
- Genet, M., A. Stokes, F. Salin, S.B.

- mickovski, T. Fourcaud, J.F. Dumail and R. Van Beek. 2005. The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots. *Plant Soil* 278: 1-9.
- Hu, W-J., S.A. Harding, J. Lung, J.L. POP-CH-35-ko, J. Ralph. D.D. Stokke, C-J. Tsai and V.L. Chiang. 1999. Repression of lignin biosynthesis promotes cellulose accumulation and growth in transgenic trees. *Nature Biotechnology* 17: 808-812.
- ISO. 1964. ISO 3787, ISO 3345 and ISO 3350. International Organization for Standardization, Switzerland.
- Lim, S.C., K.S. Gan and K.T. Choo. 2003. The characteristics, properties and uses of plantation timbers-rubberwood and *Acacia mangium*. Timber Technol. Centre 26: 1-11.
- Matan, N. and B. Kyokong. 2003. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of juvenile rubberwood (*Hevea brasiliensis* muell. Arg.). Songklanakarin *J. Sci. Technol.* 25: 327-340.
- Naji, H.R., M.H. Sahri, T. Nobuchi and E.S. Bakar. 2012. Clonal and planting density effects on some properties of rubber wood (*Hevea brasiliensis* muell. Arg.). *BioResources* 7(1):189-202.
- Reghu, C.P. 2011. Analysis of wood in *Hevea brasiliensis*: estimation and quantification of lignin bio-polymer and cell wall phenolics, pp. 1-7. In *IRRDB, International Rubber Conference*. 15-16 December 2011, Chiang Mai, Thailand.
- Rowell, R.M. 2005. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Taylor and Francis, New York. pp. 703.
- Sjostrom, E. 1993. *Wood Chemistry Fundamentals and Applications*. 2nded. Academic Press Inc., San Diego. pp. 223.
- Smook, G.A. 1992. *Handbook for Pulp and Paper Technologists*. 2nded. Angus Wilde Publication, Inc., Canada. pp. 754.
- Stern, K.R. 1994. *Introductory Plant Biology*. Wm. C. Brown Communications, Inc., America. pp. 520
- TAPPI Standard T203 om-88. 1988. *Alpha-, Beta- and Gamma-Cellulose in Pulp*. The Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Press, Atlanta, Georgia,

- U.S.A. pp. 1-5.
- TAPPI Standard T264 om-88. 1988. *Preparation of Wood for Chemical Analysis*. The Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Press, Atlanta, Georgia, U.S.A.
- TAPPI Standard T211 om-93. 1993. *Ash in Wood, Pulp, Paper and Paperboard: Combustion at 525 C*. The Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Press, Atlanta, Georgia, U.S.A. pp. 1-5.
- TAPPI Standard T212 om-98. 1998. *One Percent Sodium Hydroxide Solubility of Wood and Pulp*. The Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Press, Atlanta, Georgia, U.S.A. pp. 1-4.
- TAPPI Standard T222 om-98. 1998. *Acid-Insoluble Lignin in Wood and Pulp*. The Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Press, Atlanta, Georgia, U.S.A. pp. 1-14.
- Wise, L.E. and E.C. Jahn. 1952. *Wood Chemistry*. Reinhold Publishing. CrOP-CH-35-, New York.pp. 590-617
- Zaki, J.A., S. Muhammed, A. Shafie and W.R.W. Daud. 2012. Chemical prOP-CH-35-erties of juvenile latex timber clone rubberwood trees. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 16 (3): 228-234.
- Zobel, B.J. and J.P. Van Buijtenen. 1989. *Wood Variation Its Causes and Control*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.pp. 363.