การเพิ่มมูลค่าไม้สวนป่าเป็นไม้ประสานอาบน้ำยา

VALUE ADDED ON LAMINATED PRESERVATIVE WOOD FROM PLANTATION

บุญส่ง สมเพาะ — BOUNSONG SOMPOH[1]
สุชาติ ไทยเพ็ชร์ — SUCHART THAIPETCH[2]
ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์ — SAKPICHIT JULLALLERK[2]
วรัญญู ราษฎร์เจริญ — WARANYU RATCHAROEN[1]
ทินกร พิริยโยธา — TINNAKORN PIRIYAYOTHA[1]
เทียนชัย ศรีจรูญ — TIENCHAI SRICHAROON[1]
บางรักษ์ เชษฐสิงห์ — BANGRAK CHEDTHASING[3]

บทคัดย่อ

การเพิ่มมูลค่าไม้สวนป่าเป็นไม้ประสานอาบน้ำยา ได้ดำเนินการในปี พ.ศ. 2548-2552 โดยศึกษาคุณสมบัติของไม้ประกับกับโครงสร้างจากไม้สัก ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ไม้กระถินเทพา ไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสสายพันธุ์ T5 ไม้สะเดา ไม้สนทะเล และไม้สนประดิพัทธ์ อย่างละ 4 ชุด คือ มีความกว้าง หนา และยาว ขนาด 10x10x400 ซม. โดยให้แรงด้านสัน (A) ขนาด 10x10x400 ซม. โดยให้แรงด้านแบน (B) ขนาด 5x20x400 ซม. (C) และขนาด 5x10x200 ซม. (D) เทียบกันภายในกลุ่ม และเทียบกับไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิชนิดเดียวกัน คือ ขนาด 2x2x30 ซม. (E) เพื่อหาแนวทางการเพิ่มมูลค่าไม้ต่อไป

ผลการศึกษาปรากฏว่า กลุ่มไม้ประกับโครงสร้าง (ชุด A B C และ D) มักมีค่ามอดุลัสแตกร้าว และค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปต่ำกว่าไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ (ชุด E) แต่กลุ่มไม้ประกับโครงสร้าง มักมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ

คำหลัก : ไม้ประกับโครงสร้าง สัก ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส กระถินเทพา สายพันธุ์ T5 สะเดา สนทะเล สนประดิพัทธ์ คุณสมบัติ การเพิ่มมูลค่า

---

[1] นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพมหานคร

[2] ข้าราชการบำนาญ กรมป่าไม้

[3] นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพมหานคร

ABSTRACT

Value added on laminated preservative wood from plantation was conducted in 2005-2009. The properties of glued-laminated timber on various size from Tectona grandis L., *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Clone no. T5 *Acacia mangium* Willd. *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Müell. Arg. *Azadirachta indica* A. Juss. *Casuarina equisetifalia* J. R. & C. Forst. *Casuarina junghuhniana* Miq. were studied. Four size of them were 10x10x400 cm. (edgewise tested) (A), 10x10x400 cm. (flatwise tested) (B), 5x20x400 cm. (C) 5x20x400 cm. (D) were prepare to small-clear specimens 2x2x30 cm. size (E) for value added guideline studied.

The result revealed that modulus of rupture (MOR) and stress at propational limit (r) of glulam group (A, B, C and D) always less than small clear specimens samples (E). Althought their modulus of elasticity (MOE) always greater than small clear specimens samples.

Keywords : Glue laminated timber, *Tectona grandis, Eucalyptus camaldulensis, Acacia mangium, Hevea brasiliensis, Azadirachta, Casuarina equisetifolia, Casuarina junghuhniana*, value added

คำนำ

เมื่อรัฐบาลไทยได้ประกาศยกเลิกการสัมปทานป่าบกทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2532 ทำให้เกิดการขาดแคลนไม้ภายในประเทศ จึงมีการนำไม้เข้าจากต่างประเทศมาบริโภคปีละกว่า 4 ล้านลูกบาศก์เมตร แต่ในปัจจุบันเกิดกระแสการต่อต้านการนำไม้จากป่าธรรมชาติหรือป่าที่ไม่ได้รับการจัดการอย่างยั่งยืนมาใช้ประโยชน์ รัฐบาลจึงส่งเสริมการปลูกป่าเศรษฐกิจทั่วประเทศ เพื่อนำไม้จากสวนป่ามาทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติ แต่ไม้สวนป่ามักมีลักษณะของไม้อายุน้อย (juvenile tree) คือ มีกระพี้มากและมีแก่นน้อย จึงมีความสามารถในการรับแรงลักษณะโครงสร้างต่ำ ดังนั้น การนำไม้ขนาดเล็กจากสวนป่ามาผ่านการคัดชิ้นไม้ที่มีคุณภาพ อัดกับกาวที่มีคุณภาพ ที่สามารถใช้ได้ทั้งภายในและภายนอก ใช้ติดหรือเชื่อมไม้ขนาดเล็ก เพื่อประกอบเป็นไม้ประกับโครงสร้าง (glue laminate timber or glulam) เพื่อใช้ประกอบเป็นส่วนของโครงสร้างอาคารในส่วนต่างๆ จึงเป็นแนวทางเพื่อที่จะนำไม้จากสวนป่าที่มีขนาดเล็กหรืออายุน้อยมาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า

ไม้ประกับโครงสร้าง หมายถึง แผ่นไม้ตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไป ถูกนำมาติดประสานกัน เรียงตามแนวเสี้ยนขนานกับแกนของไม้ประกับที่ประกอบกัน ซึ่งการประกับขึ้นอยู่กับชนิด จำนวน ขนาด รูปร่าง และความหนาของแผ่นไม้ ซึ่งโดยทั่วไปที่นำมาประกบมักมีความหนาไม่เกิน 2 นิ้ว (USDA, 1974) ไม้ประกับถูกนำมาใช้ครั้งแรกที่ยุโรปในปี ค.ศ. 1890 ต่อมาได้แพร่ขยายไปทั่วโลก Hirizoglu (2004) ได้สรุปข้อดีของการใช้ไม้ประกับโครงสร้างไว้

5 ประการ คือ สามารถครอบคลุมตำหนิในแผ่นไม้แต่ละชิ้นได้ สามารถนำไม้ขนาดเล็กมาใช้เป็นไม้ประกับโครงสร้างขนาดใหญ่ได้ สามารถทนทานต่อความร้อนและไฟมากกว่าโครงสร้างเหล็กในขนาดเดียวกันได้ สามารถใช้ไม้ที่มีความแข็งแรงต่ำมาประกับในวัสดุที่มีความแข็งแรงได้ และสามารถปฏิบัติ (treated) ต่อไม้แต่ละชิ้น เพื่อป้องกันการผุ (decay) ได้ ไม้ที่นิยมนำมาทำเป็นไม้ประกับโครงสร้างมักจะเป็นไม้ที่มาจากสวนป่า ซึ่งในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาไม้ประกับโครงสร้างจากไม้สวนป่า คือ สัก (*Tectona grandis* L.F.) ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) กระถินเทพา (*Acacia mangium* Willd.) ยางพารา (*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Müell. Arg.) ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สายพันธุ์ T5 (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Clone no. T5) สะเดา (*Azadirachta indica* A. Juss.) สนทะเล (*Casuarina equisetifalia* J. R. & C. Forst.) และสนประดิพัทธ์ (*Casuarina junghuhniana* Miq.)

สักอยู่ในวงศ์ LABIATEA มักขึ้นเป็นหมู่ในป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือ บางส่วนของภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นไม้ขนาดใหญ่อาจสูงกว่า 20 เมตร มักผลัดใบในฤดูร้อน ลำต้นเปลาตรง สูงชะลูด โคนต้นเป็นพูพอนต่ำๆ เปลือกสีน้ำตาลปนเทา มีใบเดี่ยวขนาดใหญ่ ดอกขนาดเล็กสีขาวนวล ออกเป็นช่อใหญ่ตามปลายกิ่ง ผลมีขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร เปลือกแข็งภายในมีเมล็ด 1-2 เมล็ด สำหรับเนื้อไม้เป็นสีเหลืองทองหรือน้ำตาล เสี้ยนตรง เนื้อหยาบ ปลวกมอดมักไม่ทำลาย เนื่องจากมีสารพวกเทคโตควินินอยู่ สามารถเลื่อยผ่าไสกบตบแต่งและชักเงาได้ง่าย สามารถผึ่งและอบให้แห้งด้วยกระแสอากาศได้ง่าย แห้งเร็ว มีความทนทานตามธรรมชาติสูง คือ ประมาณ 11-18 ปี สุชาติและคณะ (2547) ได้สรุปคุณสมบัติของไม้สักไว้ว่า ไม้สักมีค่าความแน่นที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 642-650 กก/ม^3 มีความถ่วงจำเพาะ 0.83 การหดตัวด้านรัศมี 1.08-2.52 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวด้านสัมผัส 3.05-6.36 เปอร์เซ็นต์ ค่ากลสมบัติใน

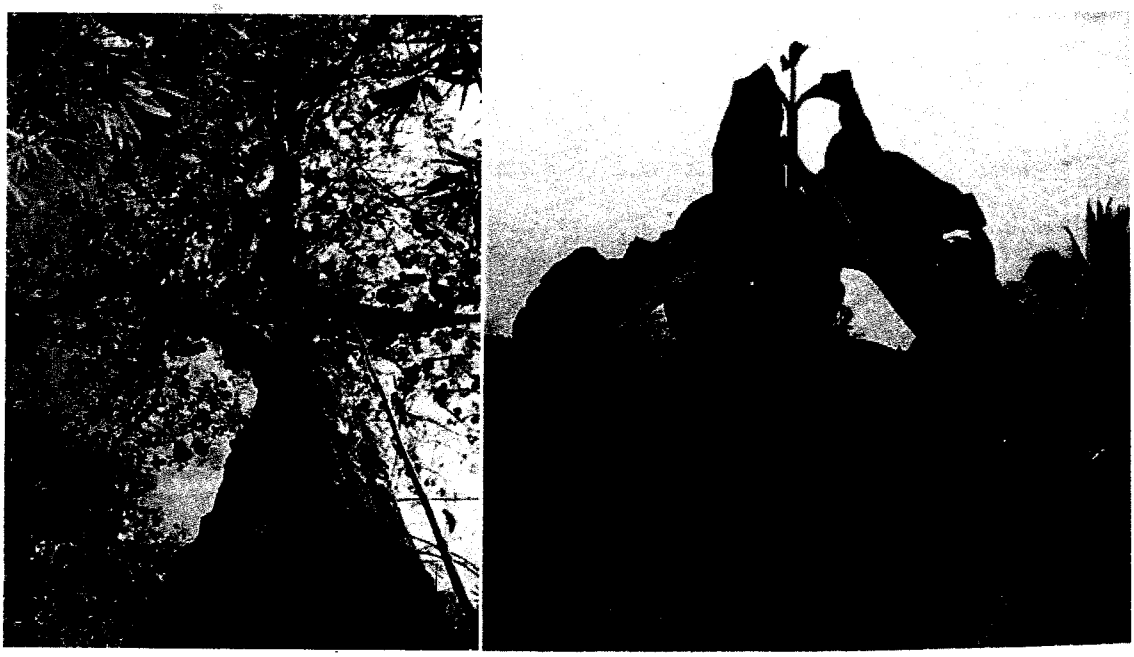

Figure1 *Tectona grandis* L.F.

สภาวะแห้ง คือ ค่ามอดุลัสแตกร้าว (modulus of rupture) มอดุลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) แรงอัดขนานเสี้ยน (compression parallel to grain) และแรงเฉือน (shearing) เท่ากับ 100 1,039 49 และ 14.6 เมกะปาสคาล ตามลำดับ และมีค่าความแข็ง (hardness) 4,864 นิวตัน จึงจัดได้ว่าไม้สักที่มีอายุมาก เป็นไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานกรมป่าไม้ (ณรงค์ และคณะ, 2528)

ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส อยู่ในวงศ์ MYRTACEAE มีชื่อทางการค้า คือ Eucalyptus หรือ Ironbark มีถิ่นกำเนิดในออสเตรเลีย นำมาปลูกในประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ในดินแดนแทบทุกประเภท ตั้งแต่ที่ริมน้ำ ที่ราบน้ำท่วมถึง กระทั่งดินที่เป็นทราย ที่มีความแห้งแล้ง หรือที่มีปริมาณฝนน้อยกว่า 650 มม./ปี (www.geocities.com) ทั้งดินเค็ม ดินเปรี้ยว แต่ไม่ทนทานต่อดินที่มีหินปูนสูง ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสเป็นไม้โตเร็ว มีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ อาจสูงถึง 24-26 เมตร มีลักษณะเปลาตรง สูง มีกิ่งก้านน้อย เปลือกเรียบเป็นมัน ใบเป็นรูปใบหอก เป็นคู่ตรงข้ามสลับกัน ออกดอกได้ตลอดปี ผลเมื่อแก่จะแตกออก เมล็ดขนาดเล็กมาก อาจมีเมล็ด 100,000-200,000 เมล็ด/กก. เนื้อไม้เป็นสีน้ำตาลแดง เนื้อละเอียดเป็นมัน แข็ง เสี้ยนสน บางครั้งบิดไปตามลำต้น ทำให้มักปริแตกง่ายหลังจากการตัดฟันลง ศักดิ์พิชิตและคณะ (2550) รายงานว่า ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสอายุ 10 ปี จากภาคตะวันออกที่สภาวะความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแน่น 1,012 กก./ม^3 การหดตัวตามแนวรัศมี ตามแนวสัมผัส และด้านยาวตามแนวเสี้ยน เท่ากับ 6.42 9.20 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าความชื้นที่จุดหมาด 27 เปอร์เซ็นต์ ความถ่วงจำเพาะ 0.90 ส่วนค่ากลสมบัติ คือ ค่ามอดุลัสแตกร้าว มอดุลัสยืดหยุ่น แรงอัดขนานเสี้ยน และแรงเฉือน เท่ากับ 103 10,540 59 และ 13 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ความเหนียว 12.7 กก.-ม. และความแข็ง 4,630 นิวตัน จึงจัดได้ว่าไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสที่มีอายุมาก เป็นไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานกรมป่าไม้ (ณรงค์ และคณะ, 2528) ไม้ชนิดนี้มีการปลูกสร้างสวนป่าอย่างแพร่หลายมาก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก จึงมีปริมาณสูงพอเพียงในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆได้

Figure 2 *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.

ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส สายพันธุ์ T5 เป็นสายพันธุ์ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้ว เพื่อกล้ากิ่งปักชำที่เรียกว่า "ยูคาลิปตัสไร้รากแก้ว" โดยมาจากหลักการขยายพันธุ์พืชโดยวิธีการไม่อาศัยเพศ (asexual propagation) ที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากต้นแม่พันธุ์ไปสู่กิ่งพันธุ์ต้นใหม่อย่างไม่มีการผิดเพี้ยน โดยยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสต้นแรกจากเหมืองแร่ร้างในอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ได้รับการคัดเลือกมาเป็นต้นแม่พันธุ์ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส สายพันธุ์ T5 และต่อมาไม้สายพันธุ์นี้เป็นที่รู้จักและมีการปลูกกันมากขึ้น

กระถินเทพาอยู่ในวงศ์ LEGUMINOSAE วงศ์ย่อย MIMOSOIDEAE มีถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติในรัฐควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งมีสภาพใกล้เคียงกับป่าดิบชื้น ถูกนำไปปลูกในรัฐซาบาห์ ประเทศมาเลเซีย เมื่อปี พ.ศ. 2509 ไม้ชนิดนี้มีการเจริญเติบโตดีมากในการทดลองปลูกเป็นสวนป่า ไม้กระถินเทพา มีความสูงถึง 30 ม. และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 40 ซม. ซาบาห์เป็นเขตพื้นที่เดียวที่มีการปลูกสร้างสวนป่าไม้กระถินเทพาอย่างจริงจัง แต่ประเทศอื่นๆ ก็ได้นำไม้ชนิดนี้ไปทดลองปลูกแล้วเช่นกัน คือ ปาปัวนิวกินี เมื่อปี พ.ศ. 2512 เนปาล ปี พ.ศ. 2519 ฟิลิปปินส์ ปี พ.ศ. 2523 อินโดนีเซีย ปี พ.ศ. 2523-2524 และไทย ปี พ.ศ. 2523 จากการรายงานความสำเร็จของการทดลองปลูกไม้ชนิดนี้ในหลายประเทศสรุปได้ว่า ไม้กระถินเทพาจะกลายเป็นไม้ที่มีความสำคัญมากในภูมิภาคเขตร้อน กระถินเทพาขึ้นได้ดีที่มีสภาพเป็นกรดมาก (pH 4.2) เป็นไม้ที่มีลักษณะลำต้นตรงและไม่ค่อยแตกกิ่งแขนงกล่าวคือ มีช่วงของลำต้นที่ปราศจากกิ่งก้านเกือบครึ่งหนึ่งของความสูงทั้งหมด เนื่องจากกระถินเทพาสามารถลิดกิ่งได้เองตามธรรมชาติโดยกิ่งส่วนล่างจะทยอยแห้งตายไปตั้งแต่อายุยังน้อย ทรงพุ่มจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม เมื่ออายุมากลำต้นจะมีเปลือกแข็งหนา ขรุขระและแตกเป็นร่องตามยาว กระถินเทพาที่เพิ่งงอกจากเมล็ดใหม่ๆ มีใบแบบใบผสม ซึ่งเป็นใบแท้ ใบอ่อนมีลักษณะคล้ายใบของต้นกระถินและพืชชนิดอื่นๆ ในวงศ์ย่อย MIMOSOIDEAE อย่างไรก็ตามหลังจากงอกแล้ว ภายในไม่กี่อาทิตย์ต้นกระถินเทพาจะไม่มีใบแท้อีก แต่จะมีใบเทียม (phyllode) ขึ้นแทนคล้ายกับกระถินณรงค์ ใบเทียมนี้มีลักษณะเป็นใบเดี่ยวมีเส้นใบขนานกันและอาจมีขนาดโตถึง 25 x 10 ซม. ลักษณะของใบเทียมนี้ทำให้กระถินเทพาดูแตกต่างจากไม้ชนิดอื่นในวงศ์ย่อยเดียวกัน รวมทั้ง Acacia ชนิดอื่นๆ ด้วย ช่อดอกเป็นช่อเชิงลด (spike) ยาวประมาณ 10 ซม. ประกอบด้วยดอกเล็กๆ เป็นจำนวนมาก มีสีขาวจนถึงสีครีม การผสมของเกสรนั้นเข้าใจว่าจะผสมแบบข้ามต้น แต่การผสมเกสรแบบภายในต้นเดียวกันก็เป็นไปได้เช่นกัน เมล็ดมีการเรียงตัวไปตามยาวของฝัก ฝักแก่สีน้ำตาลดำและบิดงอ ขยุ้มเป็นกระจุก เนื้อไม้กระถินเทพาจะมี

Figure 3 *Acacia mangium* Willd.

กระพี้สีเหลืองอ่อนแก่นสีน้ำตาล มีเสี้ยนตรงด้านสัมผัสและเสี้ยนสนเล็กน้อย มีความแน่น 510-600 กก./ม^3 การหดตัวตามแนวรัศมีและตามแนวสัมผัสเท่ากับ 1.30-1.65 และ 3.05-3.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่ากลสมบัติ คือ ค่ามอดุลัสแตกร้าว มอดุลัสยืดหยุ่น แรงอัดขนานเสี้ยน และแรงเฉือน เท่ากับ 107 10,022 57 และ 15.6 เมกะปาสคาล ตามลำดับ มีความแข็ง 6,247 นิวตัน คุณสมบัติการใช้งาน คือ การเลื่อยค่อนข้างยาก การไส การเจาะ การกลึง การยึดเหนี่ยวตะปู และการขัดเงาปานกลาง ยังไม่ทราบความทนทานตามธรรมชาติที่แน่นอน (สุชาติและคณะ, 2547) เนื้อไม้เมื่อนำไปใช้ก่อสร้างมีความแข็งแรงทนทานดีปานกลางสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ทำเครื่องเรือน วงกบประตู หน้าต่าง ปอกเป็นวีเนียร์เป็นไม้แบบก่อสร้าง ใช้เป็นไม้ฟืนได้ดีเพราะมีความแน่นและความร้อนสูง เป็นวัตถุดิบสำหรับทำเยื่อกระดาษคุณภาพดี เหมาะสำหรับใช้บริเวณที่เนื้อไม้ไม่สัมผัสกับพื้นดินโดยตรง และพื้นที่ที่มีการถ่ายเทอากาศดี

ยางพาราอยู่ในวงศ์ EUPHORBIACEAE นิยมเรียกว่า นิยมใช้ว่า rubberwood หรือ parawood มีต้นกำเนิดจากป่าในแถบลุ่มน้ำแอมาซอน ทวีปอเมริกาใต้ โดยมีการค้นพบครั้งแรกราว พ.ศ. 2382 ต่อมาได้มีการขยายและปลูกกันอย่างแพร่หลายในที่อื่นๆ เช่น เกาะชวา (อินโดนีเซีย) และคาบสมุทรมลายู (มาเลเซียและภาคใต้ของไทย) ในปัจจุบันบริเวณคาบสมุทรมลายูได้เป็นแหล่งไม้ยางพาราที่สำคัญของโลก นอกจากนี้ยังได้มีการปลูกในบางประเทศของแอฟริกาอีกด้วย การปลูกยางพาราในประเทศไทยเริ่มขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2442-2444 ที่จังหวัดตรัง โดยพระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) ต่อมาได้แพร่หลายไปทั่วพื้นที่ภาคใต้ภาคตะวันออก และประมาณ 7-8 ปี ที่ผ่านมาได้มีการปลูกบ้างแล้วในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วัตถุประสงค์หลักของการปลูกยางพาราเพื่อกรีดน้ำยางไปทำยางแผ่นเพื่อจำหน่าย เมื่อต้นยางอายุมากขึ้นทำให้น้ำยางน้อยลงจึงทำการตัดโค่นเพื่อจำหน่าย ลักษณะของต้นยางพารานั้นมีลักษณะเป็นต้นไม้ที่สูงชะลูดสูงมากกว่า 30 เมตร ตัวยางมีสีขาวหรือสีเหลือง โดยถูกเก็บอยู่ภายใต้เปลือกไม้ โดยท่อลำเลียงจะวางตัว 30 องศากับแนวระดับ วนเป็นวงเกลียวรอบต้นไม้ โดยจะเริ่มกรีดยางเมื่อต้นยางมีอายุได้ประมาณ 5-6 ปี เปลือกสีเทาดำ มองทางด้านหน้าตัดจะเห็นท่อน้ำยาง (latex vessel) ต่อกันเป็นวงตามแนวด้านสัมผัส เนื้อไม้มีสีขาวอมเหลือง

Figure 4 *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Müell. Arg.

เมื่อสด และจะมีสีขาวจางเมื่อแห้ง เนื้อละเอียดปานกลาง เสี้ยนสน แข็งเหนียว บิดตัวง่าย มีความแน่น 700 กก./ม.^{3} การหดตัวตามแนวรัศมีและตามแนวสัมผัส เท่ากับ 2.95 และ 5.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่ากลสมบัติ คือ ค่ามอดุลัสแตกร้าว มอดุลัสยืดหยุ่น แรงอัดขนานเสี้ยน และแรงเฉือน เท่ากับ 95 9,414 46 และ 15.8 เมกะปาสคาลตามลำดับ มีความแข็ง 5,276 นิวตัน คุณสมบัติการใช้งาน คือ การเลื่อย การไส การเจาะ และการกลึงปานกลาง การยึดเหนี่ยวตะปูดี และการขัดเงาง่าย มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ คือ น้อยกว่า 2 ปี จึงจัดได้ว่ายางพาราเป็นไม้เนื้อแข็งคุณภาพปานกลางตามมาตรฐานกรมป่าไม้ (สุชาติและคณะ, 2547)

สะเดาอยู่ในวงศ์ MELIACEAE มีชื่อทางการค้าว่า Neem tree เป็นไม้ยืนต้น สูง 12-15 เมตร ทุกส่วนมีรสขม ยอดอ่อนที่แตกใหม่ มีสีน้ำตาลแดง เปลือกต้นสีเทาแตกเป็นร่อง ใบประกอบแบบขนนก เรียงสลับ ใบย่อยรูปใบหอก กว้าง 3-4 ซม. ยาว 4-8 ซม. ขอบใบหยักฟันเลื่อยฐานใบไม่เท่ากัน ดอกช่อ ออกที่ปลายกิ่งมีกลิ่นหอม กลีบดอกสีขาว ผลสด รูปกระสวย มี 1 เมล็ด สีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อสุก ส่วนใบอ่อนและดอกใช้ประกอบอาหารได้ เมล็ดสะเดาสามารถสกัดทำน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นโดยให้น้ำมันประมาณร้อยละ 40 น้ำมันนี้สามารถใช้ทำสบู่ ผสมยารักษาโรคและเครื่องสำอาง เนื้อหุ้มเมล็ดที่เน่าเปื่อยให้ก๊าซมีเทนสูง และเศษเหลือของเมล็ดหลังจากคั้นเอาน้ำมันไปแล้วใช้เป็นปุ๋ยได้อย่างดี เพราะมีธาตุอาหารมาก สารสกัดจากเมล็ดและใบมีผลในการยับยั้งการลอกคราบของแมลง ยับยั้งการวางไข่และไล่แมลง ใช้ได้ดีกับหนอนกระทู้หอม หนอนเจาะยอดกะหล่ำ หนอนกระทู้ผัก หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนเจาะดอกมะลิ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจั๊กจั่น และเพลี้ยไก่แจ้ สำหรับเพลี้ยไฟและไรแดงได้ผลปานกลาง ก้านใบและรากของสะเดามีสรรพคุณแก้ไข้ เปลือกต้นมีสรรพคุณแก้ท้องเสีย แก้ไข้ เมล็ดมีสรรพคุณฆ่าเชื้อ ผลมีสรรพคุณแก้โรคหัวใจ แก้บวม เป็นยาระบาย แก้ริดสีดวง น้ำมันจากเมล็ดมีสรรพคุณแก้โรคผิวหนัง มีรายงานวิจัยพบว่า เมล็ดมีสารประกอบ azadirachtin salannim nimbin และ 6-desacetylnimbin ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าแมลงศัตรูพืช สารสกัดจากเปลือกต้นมีฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งกรดและป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร สารสกัดจากใบมีฤทธิ์ต่อต้านเชื้อรา ป้องกันการเกิดพิษที่ตับ ป้องกันการเกิดมะเร็ง

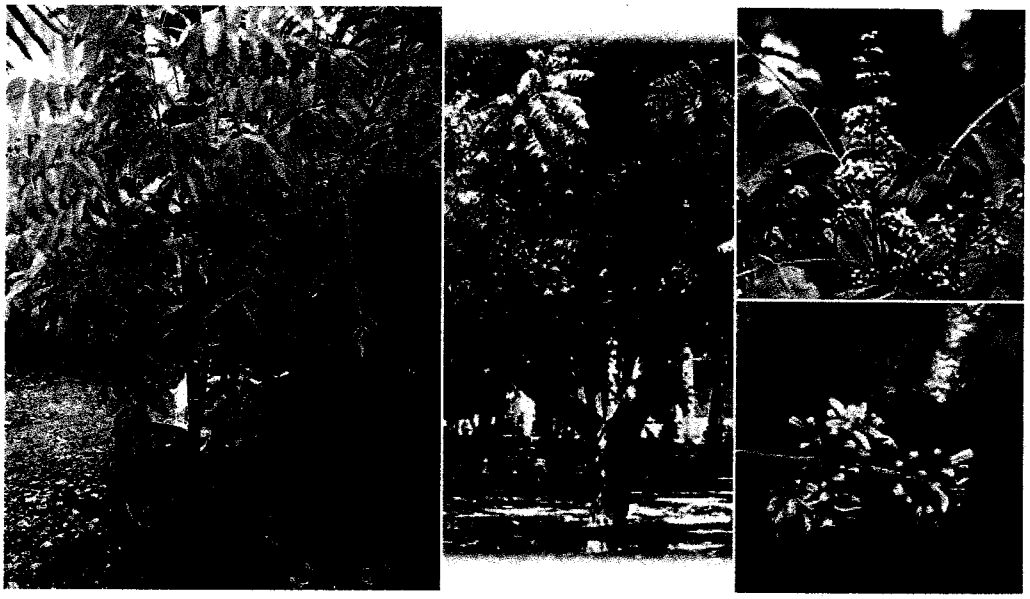

Figure 5 *Azadirachta indica* A. Juss.

ฆ่าตัวอสุจิ สุชาติและคณะ (2547) สรุปว่า สะเดามีเนื้อไม้สีแดงเข้มปนน้ำตาล เสี้ยนค่อนข้างสนเป็นริ้วแคบๆ เนื้อค่อนข้างหยาบ แข็ง มีความแน่น 811-815 กก./ม.^{3} การหดตัวตามแนวรัศมี และตามแนวสัมผัส เท่ากับ 1.88-2.79 และ 4.28-9.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่ากลสมบัติ คือ ค่ามอดุลัสแตกร้าว มอดุลัสยืดหยุ่น แรงอัดขนานเสี้ยน และแรงเฉือน เท่ากับ 147 12, 238 81 และ 26 เมกะปาสคาล ตามลำดับ มีความแข็ง 7,316 นิวตัน คุณสมบัติการใช้งาน คือ การเลื่อย การไส การเจาะ การกลึง การยึดเหนี่ยวตะปู และการขัดเงาปานกลาง มีความทนทานตามธรรมชาติสูง คือ 6 ปี จึงจัดได้ว่าไม้สะเดาเป็นไม้เนื้อแข็งคุณภาพปานกลางตามมาตรฐานกรมป่าไม้

สนทะเลอยู่ในวงศ์ CASUARINACEAE ชื่อทางการค้าเรียกได้หลายอย่างว่า Common Ironwood, She Oak Beefwood Queensland Swamp Oak สนทะเลเป็นไม้พื้นเมืองของไทย มักขึ้นเป็นหมู่ตามชายฝั่งทะเลที่เป็นดินทรายหรือทราย ตามชายทะเลทั่วไป เช่น ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระนอง พังงา ภูเก็ต ตรัง สงขลา กระบี่ และตามเกาะต่างๆ สามารถเจริญงอกงามดีตั้งแต่ที่ระดับน้ำทะเลไปจนถึงพื้นที่ที่มีความสูงถึง 1,500 เมตร จากระดับน้ำทะเล ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 700-2,000 มิลลิเมตร/ปี สนทะเลเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ความสูงเฉลี่ยประมาณ 10-25 เมตร แต่บางต้นอาจมีความสูงถึง 50 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 80 เซนติเมตร ลำต้นเปลา ตรง ใบมีลักษณะเป็นเกล็ด (scale leaf) เล็กละเอียด สีขาวๆ เขียวๆ ออกตามข้อของกิ่งย่อย มีข้อละ 7 ใบ เรียงกันเป็นช่อวงกลม (whorled) ลักษณะคล้ายหนามแหลมๆ รูปสามเหลี่ยมและส่วนของกิ่งย่อยสีเขียวเป็นเส้นแหลมๆ ดอกมีขนาดเล็ก ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียแยกกันอยู่คนละดอกกัน จัดเรียงตัวเป็นรูปช่อยาวเรียวๆ (silender spikes) ดอกเพศผู้เป็นรูปกระบองเรียวๆ ยาวประมาณ 1-3 เซนติเมตร ดอกเพศเมียสีน้ำตาลแดง ลักษณะเป็นรูปลูกตุ้มเล็กๆ ออกตามกิ่งและง่ามกิ่ง ผลมีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นรูปกลม (cone) เปลือกแข็ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.75 นิ้ว แต่ละผลประกอบด้วยผลย่อย (แบบ achene) ผลอ่อนมีสีเขียวนวล แก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปกลมรีๆ มีปีกหรือครีบบางๆ ที่ปลายเมล็ด (winged achenes) เมล็ดมีน้ำหนักเบาขนาดเล็กมาก ลมสามารถพัดพาให้ลอยไปไกลๆ ได้ เนื้อไม้เป็นสีแดงแกมน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม เสี้ยนตรง เนื้อหยาบปานกลาง เลื่อยผ่าตกแต่งไม่ยาก แข็ง ผึ่งยาก ใช้ในร่มทนทานพอควร ความแน่นประมาณ 880 กก./ม.^{3} ความทนทานตามธรรมชาติตั้งแต่ 2-8 ปี เฉลี่ยประมาณ 4.9 ปี อาบน้ำยาไม้ได้ค่อนข้างยาก (ชั้นที่ 3)

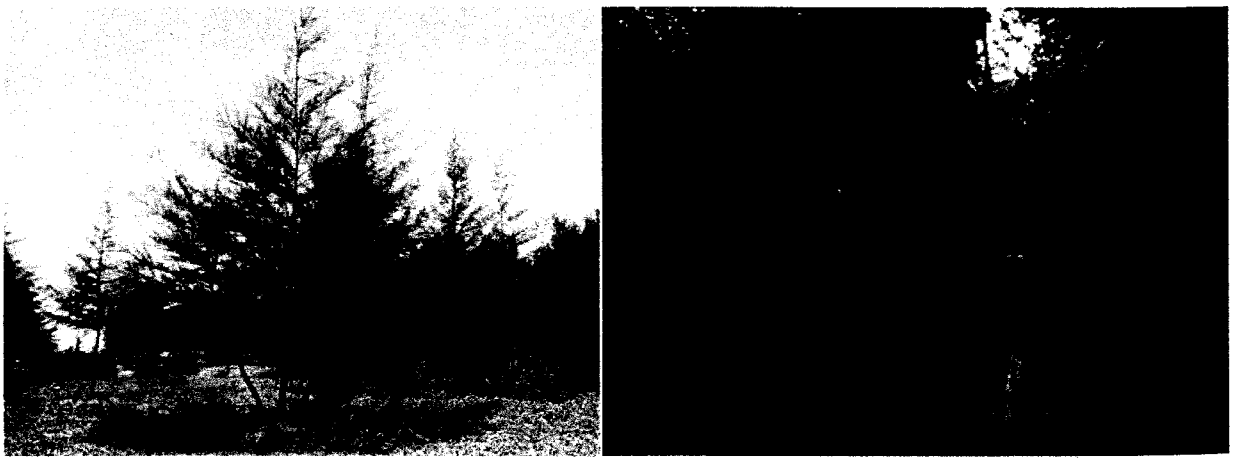

Figure 6 *Casuarina equisetifolia* J. R. & C. Forst.

สนประดิพัทธ์ หรือที่เรียกกันว่า Iron Wood Horsetail อยู่ในวงศ์ CASUARINACEAE มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง มีความสูงประมาณ 10-20 เมตร ไม่ผลัดใบ ชอบขึ้นในดินทรายใกล้ทะเลจนถึงภูเขาสูงถึง 3,100 เมตรจากระดับน้ำทะเล สามารถเจริญเติบโตได้ในดินทรายจนถึงดินเหนียว ซึ่งมีความเป็นกรดสูงจนถึงด่างอ่อนๆ (pH 2-8) ลำต้นมีลักษณะเปลาตรง เรือนยอดรูปกรวยแหลม เปลือกสีน้ำตาลปนดำ แตกเป็นร่องตื้นๆ ลอกเป็นแผ่นเล็กๆห้อยตามลำต้น กิ่งขนาดเล็กทำมุมแหลมกับลำต้นและแตกกิ่งเป็นระเบียบ กิ่งย่อยสีเขียวเรียงกันเล็กมากคล้ายรูปเข็มหรือเส้นลวดต่อกันเป็นปล้องๆ แต่ละกิ่งยาว 10-20 เซนติเมตร ใบเป็นใบเดี่ยว มี 9-10 ใบ มีการจัดเรียงตัวเป็นช่อ รูปร่างคล้ายๆ เกล็ด ใบสีเขียว ปลายใบสีเหลือง ใบสามารถถอดเป็นปล้องได้ ดอกเป็นดอกแยกต้น (dioecious) โดยมีต้นดอกเพศผู้และต้นดอกเพศเมีย ช่อดอกมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ยาวประมาณ 3- 8 เซนติเมตร ผลอยู่ในกลีบประดับย่อย ผิวแข็งเรียงอัดกันเป็นก้อนกลมๆ เมล็ดมีลักษณะกลมเล็ก (นันทวัน และอรนุช, 2542) สุชาติและคณะ (2547) สรุปว่า สนประดิพัทธ์มีเนื้อไม้สีน้ำตาลอ่อนแกมแดง มีเสี้ยนสน เนื้อหยาบ แข็ง มีความแข็งแรงพอสมควร การเลื่อย การไส การเจาะ และการกลึงค่อนข้างยาก การยึดเหนี่ยวตะปูดี และการขัดเงาปานกลาง มีความทนทานตามธรรมชาติ 4-6 ปี มีความแน่น 790 กก./ม.^{3} การหดตัวตามแนวรัศมีและตามแนวสัมผัส เท่ากับ 5.40 และ 10.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่ากลสมบัติ คือ ค่ามอดุลัสแตกร้าว มอดุลัสยืดหยุ่น แรงอัดขนานเสี้ยน และแรงเฉือน เท่ากับ 149 15,494 63 และ 17.1 เมกะปาสคาล ตามลำดับ มีความแข็ง 8,483 นิวตัน จึงจัดได้ว่าไม้สนประดิพัทธ์เป็นไม้เนื้อแข็งคุณภาพปานกลางตามมาตรฐานกรมป่าไม้ (ณรงค์ และคณะ, 2527) การนำมาใช้ประโยชน์ใช้ได้หลายอย่าง เช่น เสาโป๊ะ เสากระโดงเรือ ไม้ค้ำยันในการก่อสร้าง ทำฟืนและถ่าน ซึ่งจะให้ความร้อนสูงพอๆ กับไม้โกงกางและไม่แตกประทุเช่นเดียวกัน ถ้าเป็นไม้ขนาดใหญ่ทำเป็นไม้กระดานและไม้ฝาได้ นอกจากนี้ยังเลื่อยแปรรูปเป็นไม้แปรรูปขนาดเล็ก ทำเฟอร์นิเจอร์ ปาร์เก้ และทำไม้ฝืน นิยมปลูกเป็นไม้ประดับทั่วไป ปลูกเป็นแนวกันลม หรือปลูกเป็นแถวเป็นแนวตามถนน บางทีอาจจะตัดแต่งให้เป็นรูปต่างๆ เพื่อให้เข้ากับสถานที่นั้นๆ

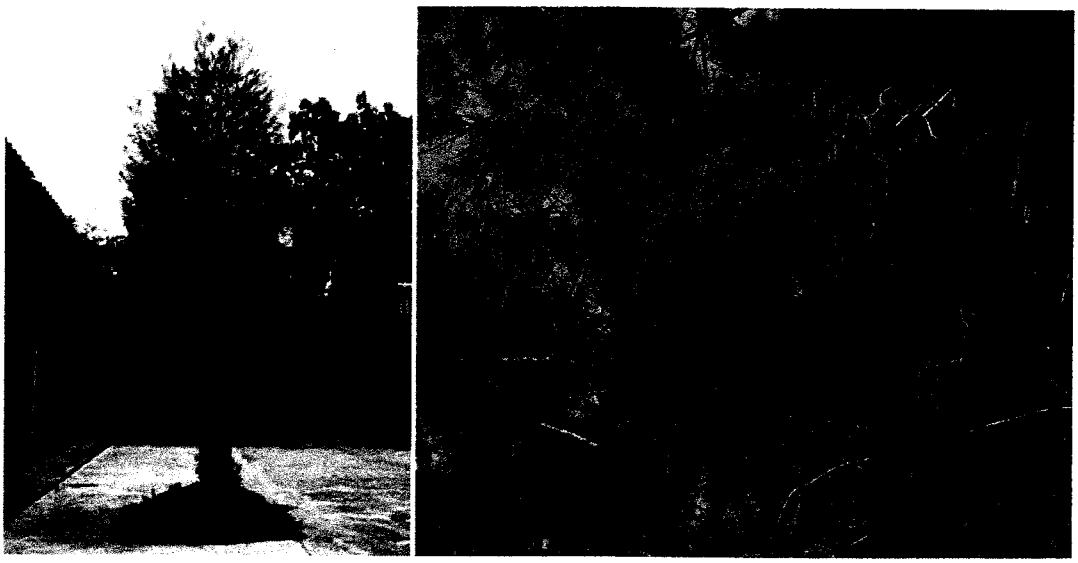

Figure 7 *Casuarina junghuhniana* Miq.

วิธีการศึกษา

1. อุปกรณ์ในการศึกษา

เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testomatric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน ของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และเครื่องทดสอบ GINIUS OLSEN model AD RECORDER ขนาด 200 ตัน ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีวัสดุสำหรับผลิตไม้ประกับโครงสร้าง คือ กาว resorcinol ตัวจับไม้ (clamp) เครื่องอัดน้ำยา Copper Chrome Boron

2. การเก็บตัวอย่าง

1. ไม้สัก อายุ 21 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 25 เซนติเมตร จากสวนป่าภูสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดเลย

2. ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส และยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส สายพันธุ์ T5 อายุ 20 ปี และ 8 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 25 และ 15 เซนติเมตรตามลำดับ จากสวนป่ามัญจาคีรี อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

3. ไม้กระถินเทพา อายุ 22 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 28 เซนติเมตร จากสวนป่าลาดกระทิง อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา

4. ไม้ยางพารา อายุประมาณ 15 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 25 เซนติเมตร จากสวนป่าเอกชน ในอำเภอแกลง จังหวัดระยอง

5. ไม้สะเดา อายุประมาณ 10 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 20 เซนติเมตร จากสวนป่าเอกชน ในอำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ

6. ไม้สนทะเล อายุประมาณ 27 ปี เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 22 เซนติเมตร จากสวนป่าคลองท่อม อำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่

7. ไม้สนประดิพัทธ์ อายุประมาณ 17 ปี เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 25 เซนติเมตร จากสวนป่าเอกชน ในอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี

นำมาเก็บไว้ที่ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดขอนแก่น และศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดราชบุรี จนมีความชื้นเท่ากับบรรยากาศ จากนั้นจึงทำการแปรรูปให้ได้ขนาดความกว้าง 10 หรือ 5 เซนติเมตร หนา 2.5 เซนติเมตร ความยาวตามขนาดที่จะใช้หรือให้มีความยาวมากที่สุด โดยพยายามเลื่อยตามแนวรัศมีและหลีกเลี่ยงตำหนิต่างๆ เช่น ตา รู ฯลฯ ให้มากที่สุด เมื่อได้จำนวนที่มากตามต้องการจึงทำการขนย้ายไปยังศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่าจังหวัดราชบุรี เพื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปทำเป็นไม้ประกับโครงสร้างขนาดต่างๆ ต่อไป

3. การอาบน้ำยาไม้

การอาบน้ำยาไม้นั้น เริ่มต้นโดยใช้น้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ Copper Chrome Boron (CCB) 5% ให้มีปริมาณน้ำยาในเนื้อไม้ 8 กก./ม.^{3} ตามมาตรฐานปริมาณน้ำยาที่กำหนดให้มีในเนื้อไม้ตามลักษณะการใช้งานแบบกลางแจ้งไม่สัมผัสดินของเกลือเคมีละลายน้ำ ทำสูญญากาศครั้งแรก -70 cmHg นาน 30 นาที อัดความดันที่ระดับ 200 PSI 150 นาทีและทำการสูญญากาศครั้งหลัง -70 cmHg นาน 30 นาที

4. การผลิตไม้ประกับโครงสร้าง

แปรรูปไม้ให้มีความหนา 2.5 เซนติเมตร และนำมาอาบน้ำยาตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว จึงทำเป็นไม้ประกับโครงสร้าง โดยกาว Resorcinal ที่ใช้นั้นมีคุณสมบัติคือ การแข็งตัวที่อุณหภูมิ 70 ˚F ระยะเวลาต่ำสุด 10 ชั่วโมง มีอายุของการเก็บรักษากาวไม่น้อยกว่า 10 เดือน ในสภาวะปิด ที่อุณหภูมิ 70 ˚F หรือต่ำกว่า และอายุของการผสมกาวนั้นอยู่ที่ 3-4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70 ˚F ระยะเวลา 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 90 ˚F การผลิตไม้ประกับโครงสร้าง มี 3 ขนาด คือ ขนาด 10x10x400 ซม. (ใช้ไม้ประกบกัน 4 ชั้น) ขนาด 5x20x400 ซม. (ใช้ไม้ประกบกัน 8 ชั้น) และขนาด 5x10x200 ซม. (ใช้ไม้ประกบกัน 4 ชั้น) โดยใช้กาว resorcinol เป็นตัวเชื่อมติดไม้เข้าด้วยกัน โดยในครั้งนี้ใช้อัตราส่วนของตัวเร่ง (powder catalyst) กับกาวน้ำ (liquid resin) ในอัตราส่วน 1:4 นั่นคือในการผลิตไม้ประกับโครงสร้างขนาด 10x10x400 ซม. 5x20x400 ซม. และ 5x10x200 ซม. ในแต่ละชิ้นใช้อัตราส่วนของกาวน้ำกับตัวเร่ง เท่ากับ 150:600 175:700 และ 75:300 กรัม ตามลำดับ โดยขั้นตอนการผลิตไม้ประกับโครงสร้างนั้น ทำโดยนำไม้ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปและอาบน้ำยาแล้วมาวางไว้ในระนาบเดียวกัน นำกาว resorcinol ที่ผสมแล้วทาลงบนแผ่นไม้ด้านที่จะมาประกบกับอีกแผ่นหนึ่งให้ทั่ว แล้วนำแผ่นไม้วางทับลงไปครบทุกแผ่น นำตัวจับไม้มาจับไม้ในแต่ละช่วงเพื่อให้แผ่นไม้แนบสนิทกัน ไม่บิดขณะทำการอัดใช้แรงกดไม้ประมาณ 20 ปอนด์/นิ้ว^2 หรือ 1.40 กก./ซม.^{2} จากนั้นการทำอัดทิ้งไว้จนกว่ากาวจะแห้ง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จึงคลายแผ่นอัดออกเพื่อผลิตไม้ประกับชิ้นต่อไป โดยในการผลิตไม้ประกับครั้งนี้ใช้ปริมาณกาว resorcinol ประมาณ 300-320 กรัม/ม.^{2} ต่อชิ้น

5. การทดสอบคุณสมบัติไม้

1. ทำการทดสอบแรงดัดสถิตย์ (static bending strength) ตามมาตรฐาน ASTM Designation: D 5456-980 ซึ่งเป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์ไม้ประกับโครงสร้าง (structural composite lumber products) ซึ่งอ้างตามมาตรฐาน ASTM D 198-98 การทดสอบได้ในลักษณะไม้โครงสร้าง (static test of lumber in structural size) โดยใช้เครื่องทดสอบ GINIUS OLSEN model AD RECORDER ขนาด 200 ตัน สำหรับไม้ประกับโครงสร้างขนาด 10x10x400 ซม. โดยให้แรงกดด้านสัน (A) และด้านแบน (B) จำนวนอย่างละ 10 ตัวอย่าง และขนาด 5x20x400 ซม. (C) จำนวน 20 ตัวอย่าง และเครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MIOC 500 ขนาด 30 ตัน สำหรับไม้ประกับโครงสร้างขนาด 5x10x200 ซม. (D) จำนวน 30 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีการทดสอบแบบให้น้ำหนักทั้ง 4 จุด (four point loading)

การทดสอบใช้ระยะห่างด้านรับน้ำหนัก (major span) และระยะห่างที่กดน้ำหนัก (minor span) 180 และ 60 ซม. ตามลำดับ ในชุดตัวอย่าง D และระยะเท่ากับ 360 และ 120 ซม. ตามลำดับ ในชุดตัวอย่าง A B และ C โดยใช้ความเร็วน้ำหนักกดเฉลี่ย 0.254 ซม./นาที จะได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับการเสียรูป บันทึกการเสียรูปโดยการอ่าน dial guage จนกระทั่งได้น้ำหนักสูงสุด จะสามารถหาค่ามอดุลัสแตกร้าว ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูป และมอดุลัสยืดหยุ่น บันทึกการเสียรูปของตัวอย่างไม้แต่ละชิ้นหาค่าแรงดัดสถิตย์ของไม้ตัวอย่างปราศจากตำหนิ (small clear specimens) โดยเก็บตัวอย่างไม้จากไม้ประกับโครงสร้างที่ทดสอบแล้ว มาแปรรูปเป็นไม้ตัวอย่างขนาด 2x2x30 ซม. (E) จำนวน 12 ตัวอย่าง มาทำการทดสอบกับเครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO ขนาด 30 ตัน โดยวางตัวอย่างไม้บนหมอนรองห่างกัน 28 ซม. ให้น้ำหนักตรงจุดกึ่งกลางของตัวอย่างไม้ ใช้ความเร็วเพิ่มน้ำหนักกดเฉลี่ย 0.254 ซม./นาที จะได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับการเสียรูป นำไปหาค่ามอดุลัสแตกร้าว ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูป และมอดุลัสยืดหยุ่น บันทึกรูปแบบการเสียรูปของตัวอย่างไม้แต่ละชิ้น

2. หาค่าความแน่น (density) นำไม้ที่ผ่านการทดสอบแล้ว มาเก็บตัวอย่างขนาด 2x2x2 ซม. มาชั่งน้ำหนักและวัดขนาดแต่ละด้านเพื่อหาความแน่น

3. หาค่าความชื้น (moisture content) นำไม้ตัวอย่างเดียวกับข้อ 2 มาชั่งน้ำหนักขณะทดสอบ นำไปอบในตู้อบโดยใช้อุณหภูมิ 103 ± 2 ซ. ในน้ำหนักคงที่ นำไปหาความชื้น

4. หาค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

5. เปรียบเทียบค่าทางสถิติของค่าตัวเลขที่ได้แต่ละค่า โดยใช้วิธีทดสอบการเท่ากันของสองค่าเฉลี่ยเทียบกันในค่าคุณสมบัติแต่ละค่าของไม้ตัวอย่างต่างๆ เทียบแต่ละคู่ในไม้ตัวอย่างชนิดเดียวกัน

Figure 8 Samples surveys, selection and preparation for structural glulam.

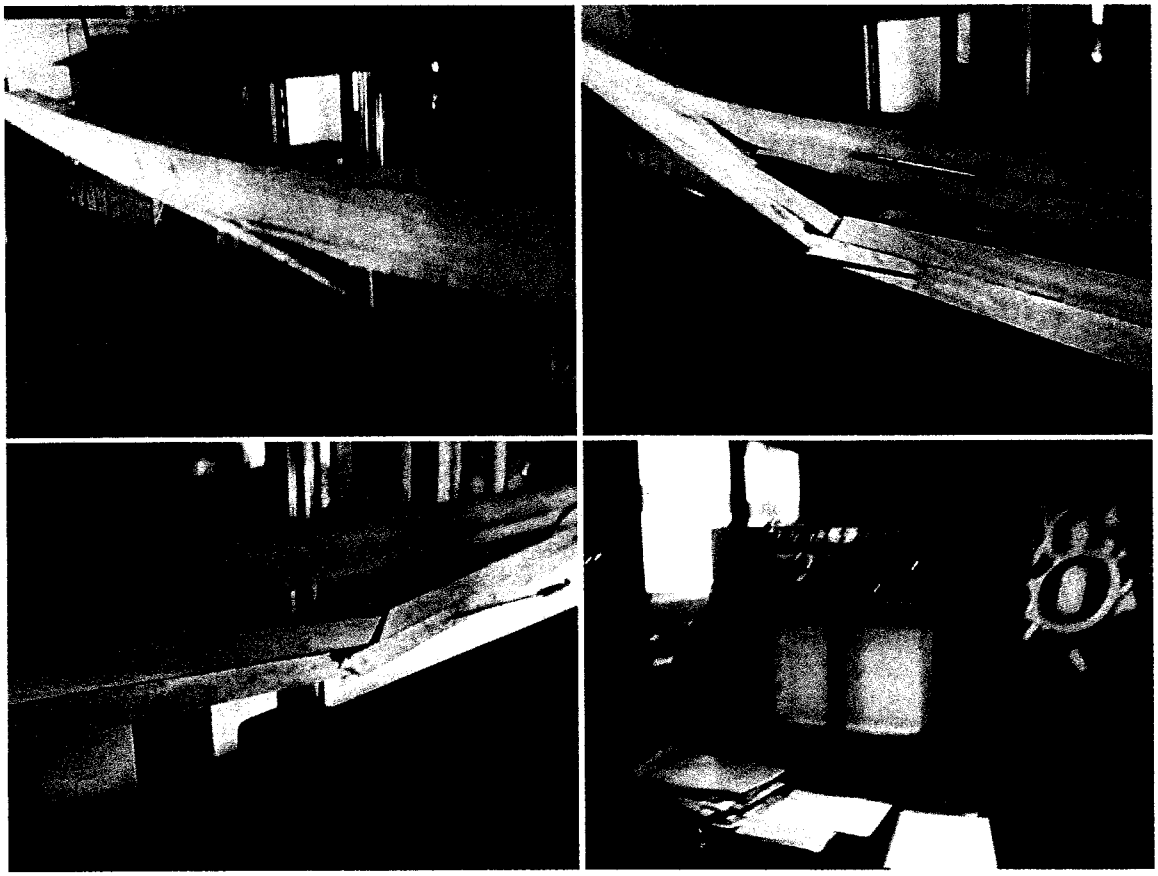

Figure 9 Samples testing by 200-tons GINIUS OLSEN model AD RECORDER at Faculty of Engineering, Kasetsart university.

Figure 10 Samples testing by 30-tons Testometric MICO 500 testing machine at Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department.

ผลการศึกษา

การศึกษาโครงการวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าไม้สวนป่าเป็นไม้ประสานอาบน้ำยาจากไม้สวนป่า 8 ชนิด ดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งเป็นไม้ประกับโครงสร้างขนาดกว้าง หนา และยาว 10x10x400 ซม. โดยให้แรงด้านสัน (edgewise) (A) ขนาด 10x10x400 ซม. โดยการให้แรงด้านแบน (flatwise) (B) ขนาด 5x20x400 ซม. (C) ขนาด 5x10x200 ซม. (D) เทียบกันภายในกลุ่ม และเทียบกับตัวอย่างไม้ตามาตรฐานอังกฤษ คือ ขนาด 2x2x30 ซม. (E) ได้ผลการศึกษา ดังนี้ (Table 1-16)

1. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้สัก

1. **มอดุลัสแตกร้าว** (Modulus of rupture : MOR) ของไม้ตัวอย่าง ชุด A B C D และ E เท่ากับ 79.3 80.0 60.2 88.5 และ 103 เมกะปาสคาล หรือ 808 816 614 902 และ 1,005 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าของตัวอย่างแต่ละชุดแล้ว ปรากฏว่า ชุด A B และ D พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเทียบคู่อื่นๆ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและมีนัยสำคัญยิ่ง ค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้างจะมีค่าประมาณ 60-85 เปอร์เซ็นต์ ของค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ (E) ส่วนการเสียรูปของตัวอย่างทั้ง 5 ชุด จะเป็นการเสียรูปธรรมดา (simple tension) และแบบหักตามเสี้ยน (cross grain tension) ซึ่งตัวอย่างไม้จะตกตามแนวเสี้ยนมากกว่าตามแนวกาว

2. **ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูป** (Stress at proportional limit) ของไม้ตัวอย่าง ชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 48.9 59.3 37.9 62.2 และ 75.2 เมกะปาสคาล หรือ 498 605 386 632 และ 767 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเทียบค่ากันแล้วพบว่า การจับคู่ต่างๆ ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อหาอัตราส่วนของความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าว (MOR) ของไม้ตัวอย่างทั้ง 5 ชุด พบว่า อัตราส่วนของ r มีค่าประมาณ 60-85 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าไม้ประกับโครงสร้างมีช่วงการยืดหยุ่น (elastic range) ที่มีค่าสูง

3. **มอดุลัสยืดหยุ่น** (Modulus of elasticity : MOE) ของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 15,000 15,300 15,300 14,400 และ 13,900 เมกะปาสคาล หรือ 155,000 155,700 156,100 146,300 และ 141,800 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้ของตัวอย่างชุด A B และ C พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันภายในกลุ่ม ส่วนการเทียบค่าในคู่อื่นๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ไม้ประกับโครงสร้าง คือ ชุด A B C และ D มีอัตราส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่อมอดุลัสแตกร้าว (MOE/MOR) ประมาณ 160-200 และไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ (E) มีค่าดังกล่าวประมาณ 130

4. **ความแน่น** ของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 617, 590, 581, 643 และ 602 กก/ซม.^{3} ตามลำดับ

5. **ความถ่วงจำเพาะ** ของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 0.56 0.55 0.55 0.57 และ 0.54 ตามลำดับ

6. **ความชื้นขณะทดสอบ** ของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 12.1 12.0 11.0 11.4 และ 11.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 1. The properties of glue-laminated timber and small clear specimens from *Tectona grandis* L.

Type and size	Specific gravity	Density at test (kg/m^3)	% MC at test	Strength (Mpa)		MOE (Mpa)
				MOR	r	
Glulam 10x10x400 cm (edgewise) (A)	0.56	617	12.1	79.3	48.9	15,000
Glulam 10x10x400 cm (flatwise) (B)	0.55	590	12.0	80.0	59.3	15,300
Glulam 5x20x400 cm (C)	0.55	581	11.0	60.2	37.9	15,300
Glulam 5x10x200 cm (D)	0.57	643	11.4	88.5	62.2	14,400
small clear specimens 5x5x100 cm (E)	0.54	602	11.7	103	75.2	13,900

Table 2. Mean comparison between groups of *Tectona grandis* L. glue-laminated timber and small clear specimens.

Comparison	MOR	r	MOE
A-B	ns	ns	ns
A-C	**	ns	ns
A-D	ns	*	**
A-E	**	**	**
B-C	**	**	ns
B-D	ns	ns	**
B-E	**	**	**
C-D	**	**	**
C-E	**	**	**
D-E	*	*	**

Remarks: (A) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (edgewisetest) (B) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (flatwise test) (C) = 5x20x400 cm. size of glue-laminated timber (D) = 5x10x200 cm. size of glue-laminated timber (E) = 2x2x30 cm. size of small clear specimen (ns) = non-significant (*) = significant (**) = highly significant

2. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส

1. มอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 61.6 63.8 67.7 68.0 และ 106 เมกะปาสคาล หรือ 628 650 690 693 และ 1,080 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติของค่ามอดุลัสแตกร้าวของแต่ละชุด พบว่า ชุด A B C และ D เทียบแต่ละคู่แล้วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนชุด E จะมีความแตกต่างกันทางสถิติจากชุดอื่นๆ ค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้างจะมีค่าประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ปราศจากตำหนิ การเสียรูปของไม้ประกับโครงสร้างของยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสแบบธรรมดาและแบบตามแนวเสี้ยน เช่นเดียวกับไม้ประกับโครงสร้างจากไม้สัก แต่มีการแตกตามแนวกาวมากกว่า ซึ่งแรงดังกล่าวเป็นแรงเฉือน (shearing) ที่เกิดตอนปลายของตัวอย่างไม้ที่ทำการทดสอบ

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปของไม้ตัวอย่าง ชุด A B C D และ E เท่ากับ 52.2 46.8 47.8 51.5 และ 59.8 เมกะปาสคาล หรือ 532 477 487 525 และ 610 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ ไม้ตัวอย่างชุดส่วนใหญ่ จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับไม้ตัวอย่างชุดอื่น ค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปต่อค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้าง (ชุด A B C และ D) มีค่าประมาณ 70-85 เปอร์เซ็นต์ และค่าดังกล่าวกำลังของไม้ปราศจากตำหนิ (E) มีค่าประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์

3. มอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ตัวอย่าง ชุด A B C D และ E มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่น 15,400 16,600, 16,500 14,800 และ 12,800 เมกะปาสคาล หรือ 157,100 168,800 167,800 151,000 และ 130,300 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ ไม้ตัวอย่างชุด A B และ C เมื่อจับคู่กันแล้วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่า MOE ต่อ MOR และตัวอย่างชุด A B C และ D มีค่าประมาณ 220-260 และของไม้ตัวอย่างชุด E ประมาณ 120

4. ความแน่นไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าความแน่น เท่ากับ 1,055 1,059 1,080 1,051 และ 1,033 กก/ซม.^{3} ตามลำดับ

5. ความถ่วงจำเพาะไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 0.92 0.92 0.91 0.90 และ 0.88 ตามลำดับ

6. ความชื้นขณะทำการทดสอบของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 14.4 14.3 13.9 13.7 และ 14.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 3. The properties of glue-laminated timber and small clear specimens from *Eucalyptus calmadulensis* Dehn.

Type and size	Specific gravity	Density at test (kg/m^3)	% MC at test	Strength (Mpa)		MOE (Mpa)
				MOR	r	
Glulam 10x10x400 cm (edgewise) (A)	0.92	1,055	14.4	61.6	52.2	15,400
Glulam 10x10x400 cm (flatwise) (B)	0.92	1,059	14.3	63.8	46.8	16,600
Glulam 5x20x400 cm (C)	0.91	1,080	13.9	67.7	47.8	16,500
Glulam 5x10x200 cm (D)	0.90	1,051	13.7	68.0	51.5	14,800
small clear specimens 5x5x100 cm (E)	0.88	1,033	14.2	106	59.8	12,800

Table 4. Mean comparison between groups of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. glue-laminated timber and small clear specimens.

Comparison	MOR	r	MOE
A-B	ns	ns	ns
A-C	ns	ns	ns
A-D	ns	ns	ns
A-E	**	ns	*
B-C	ns	ns	ns
B-D	ns	ns	*
B-E	**	*	*
C-D	ns	ns	*
C-E	**	ns	**
D-E	**	ns	**

Remarks: (A) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (edgewisetest) (B) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (flatwise test) (C) = 5x20x400 cm. size of glue-laminated timber (D) = 5x10x200 cm. size of glue-laminated timber (E) = 2x2x30 cm. size of small clear specimen (ns) = non-significant (*) = significant (**) = highly significant

3. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้กระถินเทพา

1 .มอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่าง ชุด A B C D และ E เท่ากับ 75.1 71.9 50.7 81.4 และ 98.5 เมกะปาสคาล หรือ 766 733 517 830 และ 1,005 กก/ซม.2 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าของตัวอย่างแต่ละชุดแล้วปรากฏว่า ชุด A B และ D ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเทียบคู่อื่นๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและมีนัยสำคัญยิ่ง ค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้างจะมีค่าประมาณ 50-80 เปอร์เซ็นต์ของค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ (E) ส่วนการเสียรูปของตัวอย่างทั้ง 5 ชุด จะเป็นการเสียรูปธรรมดา และแบบหักตามเสี้ยน ซึ่งมักจะแตกตามแนวเสี้ยนมากกว่าตามแนวกาว

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปของไม้ตัวอย่าง ชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 56.8 58.0 38.5 44.8 และ 55.0 เมกะปาสคาล หรือ 579 591 393 457 และ 561 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเทียบค่ากันแล้ว พบว่า ชุด A B และ E เทียบจับคู่กันภายในกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนคู่อื่นๆ มักจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและนัยสำคัญยิ่ง เมื่อหาอัตราส่วนของความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าว (MOR) ของไม้ตัวอย่างชุด A B C และ D ซึ่งเป็นไม้ประกับโครงสร้าง อัตราส่วนของ r มีค่าประมาณ 55-80 เปอร์เซ็นต์ ของค่า MOR ส่วนไม้ตัวอย่าง E ซึ่งเป็นตัวอย่างไม้ที่ปราศจากตำหนิมีค่าดังกล่าวประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าไม้ประกับโครงสร้างมีช่วงการยืดหยุ่นที่มีค่าค่อนข้างสูง

3. มอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 16,700 16,100 17,100 11,600 และ 11,100 เมกะปาสคาล หรือ 170,000 163,700 174,600 118,500 และ 113,300 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างชุด A B และ C จะมีค่า MOE ที่มีความแตกต่างทางสถิติจากชุด D และ E ไม้ประกับโครงสร้างมีชิ้นไม้ประกบกัน 4 ชั้น คือ ชุด A B D มีอัตราส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่อมอดุลัสแตกร้าว (MOE/MOR) ประมาณ 140-220 ไม้ประกับโครงสร้างมีชิ้นไม้ประกบกัน 8 ชั้น (C) มีค่าดังกล่าวประมาณ 340 และไม้ตัวอย่างปราศจากตำหนิ (E) มีค่าดังกล่าวประมาณ 110

4. ความแน่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 765 752 758 750 และ 683 กก/ซม.^{3} ตามลำดับ

5. ความถ่วงจำเพาะของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 0.66 0.65 0.65 0.65 และ 0.57 ตามลำดับ

6. ความชื้นขณะทดสอบของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 15.2 15.5 15.8 15.2 และ 16.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 5. The properties of glue-laminated timber and small clear specimens from *Acacia mangium* Willd.

Type and size	Specific gravity	Density at test (kg/m^3)	% MC at test	Strength (Mpa)		MOE (Mpa)
				MOR	r	
Glulam 10x10x400 cm (edgewise) (A)	0.66	765	15.2	75.1	56.8	16,700
Glulam 10x10x400 cm (flatwise) (B)	0.65	752	15.5	71.9	58.0	16,100
Glulam 5x20x400 cm (C)	0.65	758	15.8	50.7	38.5	17,100
Glulam 5x10x200 cm (D)	0.65	750	15.2	81.4	44.8	11,700
small clear specimens 5x5x100 cm (E)	0.57	683	16.0	98.5	55.0	11,100

Table 6. Mean comparison between groups of *Acacia mangium* Willd. glue-laminated timber and small clear specimens.

Comparison	MOR	r	MOE
A-B	ns	ns	ns
A-C	**	**	ns
A-D	ns	**	**
A-E	**	ns	**
B-C	**	**	ns
B-D	ns	**	**
B-E	**	ns	**
C-D	**	ns	**
C-E	**	**	**
D-E	**	ns	ns

Remarks: (A) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (edgewisetest) (B) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (flatwise test) (C) = 5x20x400 cm. size of glue-laminated timber (D) = 5x10x200 cm. size of glue-laminated timber (E) = 2x2x30 cm. size of small clear specimen (ns) = non-significant (*) = significant (**) = highly significant

4. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้ยางพารา

1. มอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 41.3, 24.5, 33.5, 30.8 และ 64.8 เมกะปาสคาล หรือ 421 250 342 314 และ 661 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าของตัวอย่างแต่ละชุดแล้วปรากฏว่ามีเพียงชุด C และ D ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเทียบคู่อื่นๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและมีนัยสำคัญยิ่ง ค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้างจะมีค่าประมาณ 40-65 เปอร์เซ็นต์ของค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ (E) ส่วนการเสียรูปของตัวอย่างทั้ง 5 ชุด จะเป็นการเสียรูปธรรมดา ซึ่งตัวอย่างไม้จะแตกตามรอยต่อกาวมากกว่าตามแนวเสี้ยน

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 21.8 13.4 16.9 20.1 และ 42.5 เมกะปาสคาล หรือ 222 137 172 205 และ 438 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเทียบค่ากันแล้ว พบว่า ชุด E มีความแตกต่างกันจากชุดอื่นๆ อย่างชัดเจน เมื่อหาอัตราส่วนของความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าว (MOR) ของไม้ตัวอย่างทุกชุด อัตราส่วนของ r มีค่าประมาณ 40-65 เปอร์เซ็นต์ ของค่า MOR จะเห็นว่าไม้ตัวอย่างมีช่วงการยืดหยุ่นที่มีค่าค่อนข้างสูง

3. มอดุลัสยืดหยุ่น ของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 12,700 12,800 12,300 10,000 และ 8,200 เมกะปาสคาล หรือ 129,900 130,300 125,000 101,800 และ 83,600 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ ไม้ประกับโครงสร้าง คือ ชุด A B C และ D มีอัตราส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่อมอดุลัสแตกร้าว (MOE/MOR) ประมาณ 300-500 และไม้ตัวอย่างปราศจากตำหนิ (E) มีค่าดังกล่าวประมาณ 120 ค่า MOE ของตัวอย่างชุด A B และ C จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจากชุด D และ E

4. ความแน่น ของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 693 677 648 663 และ 577 กก/ซม.^{3} ตามลำดับ

5. ความถ่วงจำเพาะ ของไม้ตัวอย่างชุดA B C D และ E เท่ากับ 0.59 0.57 0.56 0.57 และ 0.49 ตามลำดับ

6. ความชื้นขณะทดสอบ ของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 17.5 17.2 16.0 16.8 และ 16.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 7. The properties of glue-laminated timber and small clear specimens from *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Müell. Arg.

Type and size	Specific gravity	Density at test (kg/m^3)	% MC at test	Strength (Mpa)		MOE (Mpa)
				MOR	r	
Glulam 10x10x400 cm (edgewise) (A)	0.59	693	17.5	41.3	21.8	12,700
Glulam 10x10x400 cm (flatwise) (B)	0.57	677	17.2	24.5	13.4	12,800
Glulam 5x20x400 cm (C)	0.56	648	16.0	33.5	16.9	12,300
Glulam 5x10x200 cm (D)	0.57	663	16.8	30.8	20.1	10,000
small clear specimens 5x5x100 cm (E)	0.49	577	16.6	64.8	42.5	8,200

Table 8. Mean comparison between groups of *H. brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Müell. Arg.Glue-laminated timber and small clear specimens.

Comparison	MOR	r	MOE
A-B	**	**	ns
A-C	**	**	ns
A-D	**	ns	**
A-E	**	**	**
B-C	**	ns	ns
B-D	**	**	**
B-E	**	**	**
C-D	ns	ns	**
C-E	**	**	**
D-E	**	**	*

Remarks: (A) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (edgewisetest) (B) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (flatwise test) (C) = 5x20x400 cm. size of glue-laminated timber (D) = 5x10x200 cm. size of glue-laminated timber (E) = 2x2x30 cm. size of small clear specimen (ns) = non-significant (*) = significant (**) = highly significant

5. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ T5

1. มอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 41.1 46.6 36.9 30.8 และ 82.7 เมกะปาสคาล หรือ 419 475 376 314 และ 844 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าของตัวอย่างแต่ละชุดแล้วปรากฏว่า ชุด E มีความแตกต่างจากชุดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญและมีนัยสำคัญยิ่ง ค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้างจะมีค่าประมาณ 40-55 เปอร์เซ็นต์ของค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ (E)

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 22.5 23.3 20.5 17.9 และ 51.6 เมกะปาสคาล หรือ 230 237 209 182 และ 526 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเทียบค่ากันแล้ว พบว่า ชุด E มีความแตกต่างจากชุดอื่นๆ เมื่อหาอัตราส่วนของความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่าง พบว่า มีอัตราส่วนของ r มีค่าประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ของค่า MOR จะเห็นว่าไม้ตัวอย่างมีช่วงการยืดหยุ่น

3. มอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 14,600 12,600 14,400 10,300 และ 8,900 เมกะปาสคาล หรือ 148,600 128,900 146,400 105,400 และ 90,500 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ การจับคู่ A-C, B-D และ D-E เท่านั้น ที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการจับคู่แบบอื่นๆ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและมีนัยสำคัญยิ่ง ไม้ประกับโครงสร้างคือ ชุด A B C และ D มีอัตราส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่อมอดุลัสแตกร้าว (MOE/MOR) ประมาณ 270-390 และไม้ตัวอย่างปราศจากตำหนิ (E) มีค่าดังกล่าวประมาณ 100

4. ความแน่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 791 808 763 842 และ 965 กก/ซม.^{3} ตามลำดับ

5. ความถ่วงจำเพาะของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 0.71 0.72 0.68 0.75 และ 0.85 ตามลำดับ

6. ความชื้นขณะทดสอบของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 11.8 12.1 12.5 12.7 และ 12.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 9. The properties of glue-laminated timber and small clear specimens from *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Clone no. T5

Type and size	Specific gravity	Density at test (kg/m^3)	% MC at test	Strength (Mpa)		MOE (Mpa)
				MOR	r	
Glulam 10x10x400 cm (edgewise) (A)	0.71	791	11.8	41.1	22.5	14,600
Glulam 10x10x400 cm (flatwise) (B)	0.72	808	12.1	46.6	23.3	12,600
Glulam 5x20x400 cm (C)	0.68	763	12.5	36.9	20.5	14,400
Glulam 5x10x200 cm (D)	0.75	842	12.7	30.8	17.9	10,300
small clear specimens 5x5x100 cm (E)	0.85	965	12.9	82.7	51.6	8,900

Table 10. Mean comparison between groups of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Clone no. T5 glue-laminated timber and small clear specimens.

Comparison	MOR	r	MOE
A-B	ns	ns	*
A-C	ns	ns	ns
A-D	*	ns	**
A-E	**	**	**
B-C	ns	ns	*
B-D	ns	ns	ns
B-E	*	**	**
C-D	ns	ns	**
C-E	**	**	**
D-E	**	**	ns

Remarks: (A) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (edgewisetest) (B) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (flatwise test) (C) = 5x20x400 cm. size of glue-laminated timber (D) = 5x10x200 cm. size of glue-laminated timber (E) = 2x2x30 cm. size of small clear specimen (ns) = non-significant (*) = significant (**) = highly significant

6. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้สะเดา

1. มอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 87.3 74.0 38.9 60.2 และ 107 เมกะปาสคาล หรือ 890 754 397 614 และ 1,087 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าของตัวอย่าง แต่ละชุดแล้วปรากฏว่า มีเพียงชุด B และ D เท่านั้นที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเทียบคู่อื่นๆ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและนัยสำคัญยิ่ง ค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้างจะมีค่าประมาณ 35-85 เปอร์เซ็นต์ของค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ (E) ส่วนการเสียรูปของตัวอย่างทั้ง 5 ชุดจะเป็นการเสียรูปธรรมดา ซึ่งตัวอย่างไม้จะแตกตามแนวเสี้ยนมากกว่าตามแนวรอยต่อของกาว

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 49.4 44.9 28.1 37.5 และ 61.9 เมกะปาสคาล หรือ 504 458 287 382 และ 631 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเทียบค่ากันแล้ว พบว่า ส่วนใหญ่มักจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและนัยสำคัญยิ่ง เมื่อหาอัตราส่วนของความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าว (MOR) ของไม้ตัวอย่าง อัตราส่วนของ r มีค่าประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของค่า MOR จะเห็นว่าไม้ตัวอย่างแต่ละชุดมีช่วงการยืดหยุ่นที่มีค่าค่อนข้างสูง

3. มอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 17,700 16,400 17,500 13,200 และ 11,700 เมกะปาสคาล หรือ 180,500 167,300 178,500 134,600 และ 119,300 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ แนวโน้มความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกับไม้ยางพารา ไม้ประกับโครงสร้างมีชิ้นไม้ 4 ชั้นประกบกันคือ ชุด A B และ D มีอัตราส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่อมอดุลัสแตกร้าว (MOE/MOR) ประมาณ 200 ไม้ประกับโครงสร้างมีชิ้นไม้ 8 ชั้นประกบกัน (C) มีค่าดังกล่าวประมาณ 400 และไม้ตัวอย่างปราศจากตำหนิมีค่าดังกล่าวประมาณ 110

4. ความแน่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 811 845 835 876 และ 863 กก/ซม.^{3} ตามลำดับ

5. ความถ่วงจำเพาะของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 0.72 0.74 0.74 0.77 และ 0.76 ตามลำดับ

6. ความชื้นขณะทดสอบของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 12.5 13.5 12.8 13.2 และ 14.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 11. The properties of glue-laminated timber and small clear specimens from *Azadirachta indica* A. Juss.

Type and size	Specific gravity	Density at test (kg/m^3)	% MC at test	Strength (Mpa)		MOE (Mpa)
				MOR	r	
Glulam 10x10x400 cm (edgewise) (A)	0.72	811	12.5	87.3	49.4	17,700
Glulam 10x10x400 cm (flatwise) (B)	0.74	845	13.5	74.0	44.9	16,400
Glulam 5x20x400 cm (C)	0.74	835	12.8	38.9	28.1	17,500
Glulam 5x10x200 cm (D)	0.77	876	13.2	60.2	37.5	13,200
small clear specimens 5x5x100 cm (E)	0.76	863	14.0	107	61.9	11,700

Table 12. Mean comparison between groups of *Azadirachta indica* A. Juss. glue-laminated timber and small clear specimens.

Comparison	MOR	r	MOE
A-B	**	ns	ns
A-C	**	**	ns
A-D	*	*	**
A-E	**	*	**
B-C	**	**	ns
B-D	**	ns	*
B-E	**	**	**
C-D	**	*	**
C-E	**	**	**
D-E	**	**	ns

Remarks: (A) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (edgewisetest) (B) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (flatwise test) (C) = 5x20x400 cm. size of glue-laminated timber (D) = 5x10x200 cm. size of glue-laminated timber (E) = 2x2x30 cm. size of small clear specimen (ns) = non-significant (*) = significant (**) = highly significant

7. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้สนทะเล

1. มอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 136 119 105 62.2 และ 127 เมกะปาสคาล หรือ 1,388 1,209 1,066 634 และ 1,299 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าของตัวอย่างแต่ละชุดแล้วปรากฏว่าชุด D มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและนัยสำคัญยิ่งจากชุดอื่นๆ ค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้าง (ยกเว้นชุด D) จะมีค่าใกล้เคียงกับค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ (E) ส่วนการเสียรูปของตัวอย่างทั้ง 5 ชุดจะเป็นการเสียรูปธรรมดา

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปของไม้ตัวอย่าง ชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 101 97.4 63.8 43.9 และ 75.6 เมกะปาสคาล หรือ 1,030 993 651 448 และ 771 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ พบว่า ชุด A เทียบกับ B และ C เทียบกับ E มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนคู่อื่นๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและนัยสำคัญยิ่ง เมื่อหาอัตราส่วนของความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าว (MOR) ของไม้ตัวอย่างมีค่าอัตราส่วนของ r ประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ของค่า MOR จะเห็นว่าไม้ตัวอย่างถือว่ามีช่วงการยืดหยุ่นที่ค่อนข้างสูง

3. มอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 34,900 30,500 33,200 20,000 และ 14,400 เมกะปาสคาล หรือ 355,700 311,000 338,100 203,600 และ146,400 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ ไม้ตัวอย่างชุด A B และ C จับคู่เทียบภายในกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการจับคู่แบบอื่นๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ไม้ประกับโครงสร้างคือ ชุด A B C และ D มีอัตราส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่อมอดุลัสแตกร้าว (MOE/MOR) ประมาณ 250-320 ในขณะที่ไม้ตัวอย่างปราศจากตำหนิ (E) มีค่าดังกล่าวประมาณ 110

4. ความแน่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 1,057 1,002 1,027 1,014 และ 1,029 กก/ซม.^{3} ตามลำดับ

5. ความถ่วงจำเพาะของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 0.92 0.88 0.90 0.91 และ0.91 ตามลำดับ

6. ความชื้นขณะทดสอบของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 14.3 14.2 13.5 14.0 และ 13.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 13. The properties of glue-laminated timber and small clear specimens from *Casuarina equisetifolia* J. R.&C. Forst.

Type and size	Specific gravity	Density at test (kg/m^3)	% MC at test	Strength (Mpa)		MOE (Mpa)
				MOR	r	
Glulam 10x10x400 cm (edgewise) (A)	0.92	1,057	14.3	136	101	34,900
Glulam 10x10x400 cm (flatwise) (B)	0.88	1,002	14.2	119	97.4	30,500
Glulam 5x20x400 cm (C)	0.90	1,027	13.5	105	63.9	33,200
Glulam 5x10x200 cm (D)	0.91	1,014	14.0	62.2	43.9	20,000
small clear specimens 5x5x100 cm (E)	0.91	1,029	13.4	127	75.6	14,400

Table 14. Mean comparison between groups of *Casuarina equisetifolia* J. R.&C. Forst. glue-laminated timber and small clear specimens.

Comparison	MOR	r	MOE
A-B	ns	ns	ns
A-C	**	**	ns
A-D	**	**	**
A-E	ns	*	**
B-C	ns	**	ns
B-D	**	**	**
B-E	ns	**	**
C-D	**	**	**
C-E	**	**	**
D-E	**	**	**

Remarks: (A) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (edgewisetest) (B) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (flatwise test) (C) = 5x20x400 cm. size of glue-laminated timber (D) = 5x10x200 cm. size of glue-laminated timber (E) = 2x2x30 cm. size of small clear specimen (ns) = non-significant (*) = significant (**) = highly significant

8. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้สนประดิพัทธ์

1. มอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 109 118 62.9 80.6 และ 143 เมกะปาสคาล หรือ 1,114 1,119 642 822 และ 1,455 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าของตัวอย่างแต่ละชุดแล้วปรากฏว่า มีเพียงชุด A และ B เท่านั้นที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเทียบคู่อื่นๆ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและมีนัยสำคัญยิ่ง ค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้างจะมีค่าประมาณ 45-80 เปอร์เซ็นต์ของค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างขนาดเล็กปราศจากตำหนิ ส่วนการเสียรูปของไม้ตัวอย่างส่วนใหญ่จะเป็นการเสียรูปธรรมดา

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปของไม้ตัวอย่าง ชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 90.9 53.9 35.5 49.6 และ 75.0 เมกะปาสคาล หรือ 927 550 362 508 และ 765 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเทียบค่ากันแล้ว พบว่า ชุด B และ D มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนคู่อื่นๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและนัยสำคัญยิ่ง เมื่อหาอัตราส่วนของความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ตัวอย่างชุด A มีอัตราส่วนของ r มีค่าประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของค่า MOR ส่วนไม้ตัวอย่างชุดอื่นๆ มีค่าดังกล่าวประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์

3. มอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E มีค่าเท่ากับ 39,300 48,800 23,900 20,000 และ 14,700 เมกะปาสคาล หรือ 400,900 497,900 243,600 203,900 และ 149,300 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อเทียบค่ากันทางสถิติแล้วมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทุกคู่ ไม้ประกับโครงสร้างคือ ชุด A B C และ D มีอัตราส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่อมอดุลัสแตกร้าว (MOE/MOR) ประมาณ 250-400 และค่าดังกล่าวของไม้ตัวอย่างปราศจากตำหนิ (E) มีค่าดังกล่าวประมาณ 100

4. ความแน่นของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 953 951 963 1,023 และ 1,038 กก/ซม.^{3} ตามลำดับ

5. ความถ่วงจำเพาะของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 0.85 0.85 0.86 0.90 และ 0.92 ตามลำดับ

6. ความชื้นขณะทดสอบของไม้ตัวอย่างชุด A B C D และ E เท่ากับ 12.6 12.0 11.5 13.3 และ 13.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 15. The properties of glue-laminated timber and small clear specimens from *Casuarina junghuhniana* Miq.

Type and size	Specific gravity	Density at test (kg/m^3)	% MC at test	Strength (Mpa)		MOE (Mpa)
				MOR	r	
Glulam 10x10x400 cm (edgewise) (A)	0.85	953	12.6	109	90.9	39,300
Glulam 10x10x400 cm (flatwise) (B)	0.85	951	12.0	118	53.9	48,800
Glulam 5x20x400 cm (C)	0.86	963	11.5	62.9	35.5	23,900
Glulam 5x10x200 cm (D)	0.90	1,023	13.3	80.6	49.6	20,000
small clear specimens 5x5x100 cm (E)	0.92	1,038	13.0	143	75.0	14,700

Table 16. Mean comparison between groups of *Casuarina junghuhniana* Miq. glue-laminated timber and small clear specimens.

Comparison	MOR	r	MOE
A-B	ns	**	**
A-C	**	**	**
A-D	**	**	**
A-E	**	*	**
B-C	**	*	**
B-D	**	ns	**
B-E	*	*	**
C-D	**	**	**
C-E	**	**	**
D-E	**	**	**

Remarks: (A) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (edgewisetest) (B) = 10x10x400 cm. size of glue-laminated timber (flatwise test) (C) = 5x20x400 cm. size of glue-laminated timber (D) = 5x10x200 cm. size of glue-laminated timber (E) = 2x2x30 cm. size of small clear specimen (ns) = non-significant (*) = significant (**) = highly significant

ค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้ประกับโครงสร้างเทียบกับไม้ตัวอย่างปราศจากตำหนิของไม้ตัวอย่าง ส่วนใหญ่มีค่าประมาณ 40-80 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไม้ที่ได้นำมาทำเป็นไม้ประกับโครงสร้างไม่สามารถหลีกเลี่ยงตำหนิ เช่น ตา เสี้ยนทแยง และจุดอ่อนต่างๆ ของไม้ เช่น กระพี้ ส่วนปลายของลำต้น ฯลฯ ได้มากนัก นอกจากนี้การมีรอยต่อ (joint) ในชิ้นไม้ประกับตามชั้นของไม้ที่ประกบกันอาจจะแตกต่างกัน ความไม่สม่ำเสมอของกาวที่ทาบนผิวไม้ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ความแข็งแรงของไม้ประกับโครงสร้างตัวอย่างลดลง

ค่าความเค้นที่ขีดจำกัดของไม้ประกับโครงสร้างจากไม้ตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบค่ามอดุลัสแตกร้าวอยู่ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าดังกล่าวของไม้ปราศจากตำหนิประมาณ 50-55 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าไม้ประกับโครงสร้างมีช่วงการยืดหยุ่นที่ยาวกว่าไม้ปราศจากตำหนิ ซึ่งการอัดกาวประกบชั้นต่างๆ ทำให้ไม้ดังกล่าวเป็นวัสดุมีค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปใกล้เคียงค่ามอดุลัสแตกร้าว ซึ่งเป็นลักษณะของวัสดุที่เปราะ มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวัสดุวิศวกรรมอื่นๆ เช่น คอนกรีต

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่อค่ามอดุลัสแตกร้าว (MOE/MOR) ซึ่งโดยปกติไม้ทั่วไปจะมีค่าประมาณ 100 แต่ไม้ประกับโครงสร้างประกบกัน 4 ชั้น คือ A B และ D และประกบกัน 8 ชั้น คือ C มีค่าดังกล่าวประมาณ 50-350 และ 250-450 ตามลำดับ การที่ไม้ประกับโครงสร้างมีค่าดังกล่าวสูงมากๆ แสดงถึงความต้านทานการเสียรูปหรือความแข็งตึงที่สูง อาจจะเป็นการที่กาวเข้าไปแทรกในเนื้อไม้และการอัดประสานกันเป็นไม้ประกับทำให้โครงสร้างไม้เปลี่ยนไปจากเดิมเป็นไม้ประกอบ (composite wood) ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวัสดุทางวิศวกรรมอื่นๆ มากขึ้น จะทำให้วัสดุมีความดื้อหรือความแรงตึงที่สูง ส่วนไม้ประกับโครงสร้างประกบกัน 8 ชั้นมีค่าดังกล่าวสูงกว่าไม้ประกับโครงสร้างประกบกัน 4 ชั้น

ค่ามอดุลัสแตกร้าวในไม้ตัวอย่างชุดต่างๆ พบว่า ไม้ประกับโครงสร้างมักมีค่าดังกล่าวประมาณ 40-80 เปอร์เซ็นต์ของไม้ปราศจากตำหนิ ซึ่งถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง อันมีสาเหตุมาจากการที่ไม้ประกับโครงสร้างไม่สามารถหลีกเลี่ยงตำหนิ และจุดอ่อนต่างๆ ของไม้ได้ การที่ไม้แต่ละชั้นอาจจะมีความชื้นไม่เท่ากัน การเกิดรอยต่อภายในไม้แต่ละชิ้นเหล่านี้ล้วนมีสาเหตุที่ทำให้ไม้ประกับมีค่าความแข็งแรงต่ำลง

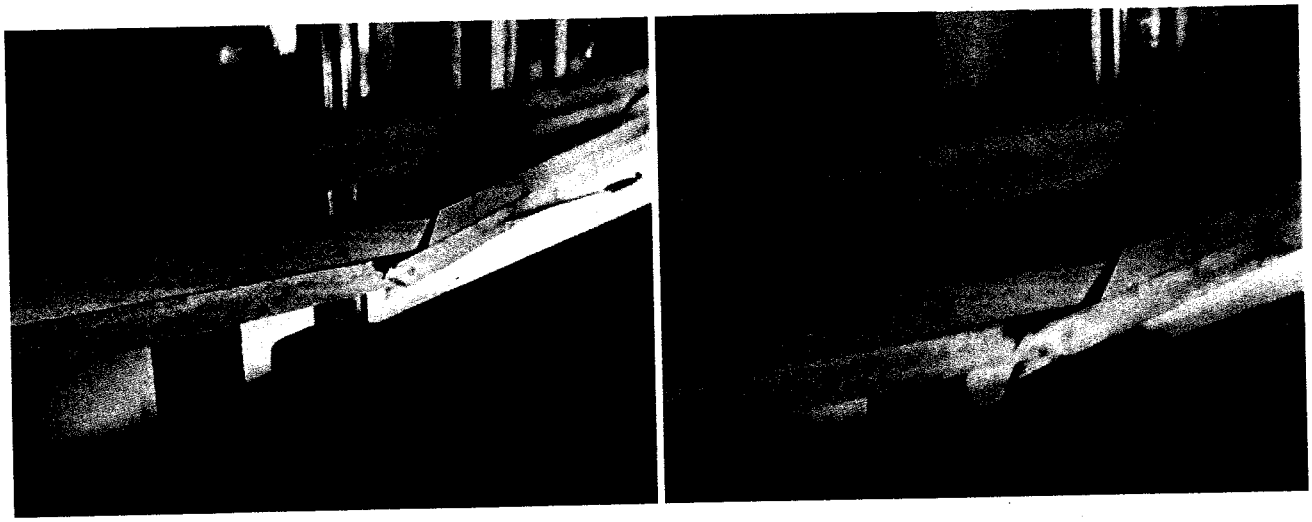

Figure 11 Fraction of samples during mechanical properties testing.

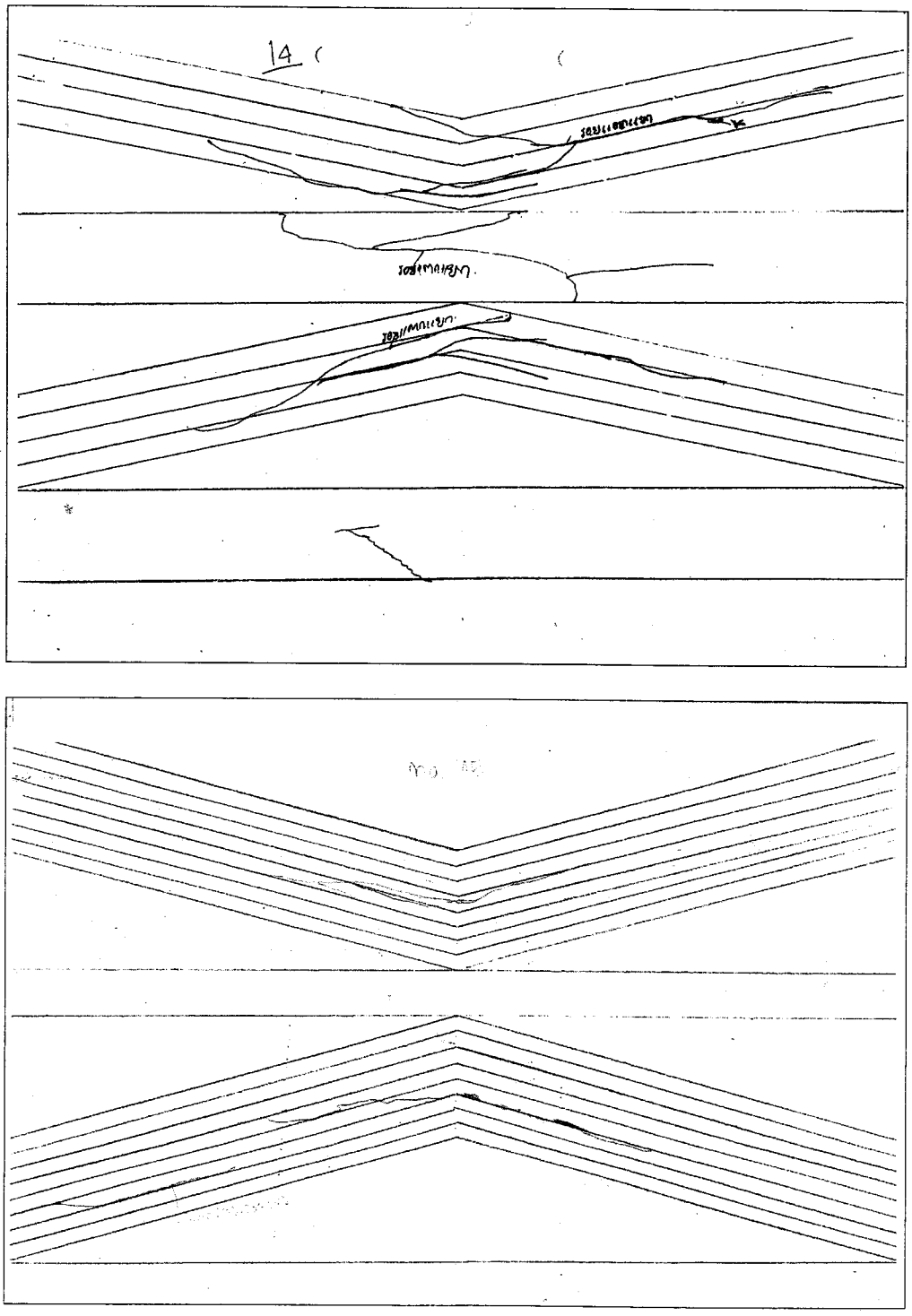

Figure 12 Deflection of samples on A B and C. all are cross grain tension.

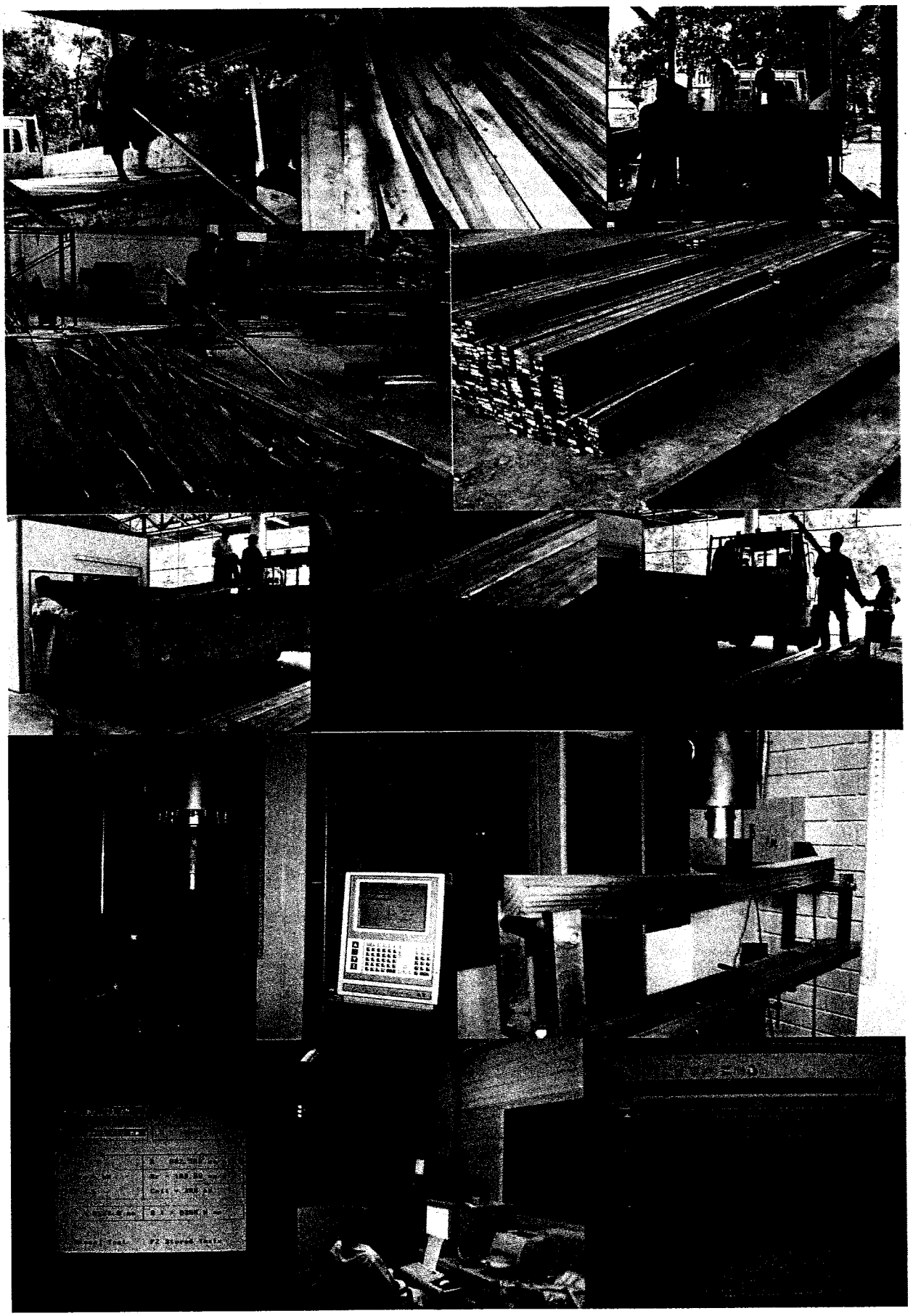

Figure 13 The conductions under the project.

สรุปผล

จากการทดสอบหาคุณสมบัติของไม้ประกับโครงสร้างจากไม้สักและไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส พบว่ามีความแข็งแรง (มอดุลัสแตกร้าว) ที่ต่ำกว่าไม้ปราศจากตำหนิของไม้ชนิดเดียวกัน แต่มีค่าความแข็งตึงที่สูงกว่ามาก นั่นคือ ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้สักและไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส มีค่าความแข็งแรงประมาณ 60-80 และ 40-70 เมกะปาสคาล ตามลำดับ และไม้ปราศจากตำหนิจากไม้ชนิดเดียวกันมีความแข็งแรงประมาณ 100 เมกะปาสคาล ส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ประกับโครงสร้างจากไม้สักและไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสขนาดยาว 4 เมตร มีค่าประมาณ 15,000 และ 16,000 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ไม้ประกับโครงสร้างขนาดสั้น (ยาว 2 เมตร) มีค่าประมาณ 34,000 และ 35,000 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ในขณะที่ค่าดังกล่าวของไม้ปราศจากตำหนิของไม้ชนิดเดียวกันมีประมาณ 10,000 เมกะปาสคาลเท่านั้น ส่วนอัตราส่วนระหว่างความเค้นที่ขีดจำกัดคืนรูปกับค่ามอดุลัสแตกร้าว (r/MOR) ของไม้ประกับโครงสร้างประมาณ 55-85 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าดังกล่าวของไม้ปราศจากตำหนิประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ ตัวเลขดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การที่นำไม้มาทำเป็นไม้ประกับโครงสร้างนั้นจะได้วัสดุที่มีค่าความแข็งแรงลดลง เนื่องจากไม่สามารถหลีกเลี่ยงตำหนิและจุดอ่อนต่างๆ ได้ แต่จะมีความแข็งตึงสูงขึ้นมากและค่า r/MOR ที่สูงขึ้นทำให้เป็นวัสดุที่มีความดื้อต้านทานการเสียรูปสูง ช่วงการยืดหยุ่นยาวและช่วงการอ่อนตัวสั้นนั่นคือเป็นวัสดุที่เปราะ มักไม่ปรากฏการเตือนการเสียรูปล่วงหน้า ซึ่งการนำมาเป็นวัสดุที่รับโครงสร้างมากๆ อาจจะไม่เหมาะสมนัก แต่สามารถเพิ่มมูลค่าของเศษไม้ ปลายไม้นำมาผลิตเป็นไม้ประกับที่นำมาใช้ประโยชน์ได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณ คุณณภัทร คล้ายทอง คุณอนงคณี เรือนทิพย์ คุณภัทร์สินี วงศ์ศรีแก้ว ที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและจัดรูปแบบเล่ม คุณเชาวลิตร วงศ์ศรีแก้ว คุณเทพประสิทธิ์ เทียวประสงค์ ที่ช่วยงานในห้องปฏิบัติการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการทดสอบไม้ประกับโครงสร้างขนาดใหญ่ เจ้าหน้าที่ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็ก จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดราชบุรี ที่ช่วยในการแปรรูปและผลิตไม้ประกับโครงสร้าง และขอขอบคุณกรมป่าไม้ที่ช่วยสนับสนุนงบประมาณและให้โอกาสในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้. 2548. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 111 น.

ณรงค์ โทณานนท์ ศิริ เจือวิจิตรจันทร์ สุชาติ ไทยเพ็ชร์ และศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์. 2528. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 176 น.

บุญนำ เกี่ยงข้อง และมยุรี ดวงเพ็ชร. 2542. คู่มือปฏิบัติการเชิงกลของไม้. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์. กรุงเทพฯ. 99 น.

พงศ์ โสโน. 2516. กลสมบัติไม้ (อัดสำเนา). กองค้นคว้า, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 12 น.

วิรัช ชื่นวาริน. 2533. สมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อไม้. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 12 น.

สุชาติ ไทยเพ็ชร์ เกรียงศักดิ์ เสพย์ธรรม ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์ อุฑารัตน์ ภู่ไพบูลย์ วัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์

บุญส่ง สมเพาะ วิเชียร ปิยจารประเสริฐ และบางรักษ์ เชษฐสิงห์. 2547. คุณลักษณะไม้ไทย. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 306 น.

ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์. 2544. กลสมบัติของไม้และการใช้ประโยชน์ไม้. สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 145 น.

ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์ บุญส่ง สมเพาะ วิเชียร ปิยจารประเสริฐ และบางรักษ์ เชษฐสิงห์. 2550. กลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 9 น.

นันทวัน บุญยะประภัสสร และอรนุช โชคชัยเจริญพร. 2542. สมุนไพรพื้นบ้าน. กรุงเทพฯ.

Hiziroglu, S. 2004. Wood Properties. Department of Forest Products, Kasetsart University, Bangkok. 175 p.

USDA. 1974. Glued Structural Momber. /m. Wood hardbook : Wood as an Engineering Material. Washington D. C, U.S.A. pp. 1 Q 1-10-19 www.geocities.com (วันที่ค้นข้อมูล 12 ธันวาคม 2550)