



## ความสัมพันธ์ด้านอายุต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต ผลผลิตน้ำยาง ธาตุอาหารหลัก องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของต้นยางพารา

### Age-related Trends in Carbohydrate Reserves, Latex Yields, Macronutrient Contents, Chemical Compositions and Physical-mechanical Properties in Rubber Trees

ระวี เจริญวิภา<sup>1\*</sup> และ วิทยา พรหมมี<sup>2</sup>

Rawee Chiarawipa<sup>1\*</sup> and Wittaya Prommee<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

<sup>2</sup> ศูนย์วิจัยยางทะเลเชิงเทรา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

\* Correspondent author: rawee.c@psu.ac.th

## บทคัดย่อ

ยางพาราเป็นพืชยืนต้นเศรษฐกิจสำคัญที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งน้ำยางและเนื้อไม้ ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอายุต้นต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรต ผลผลิตน้ำยาง และคุณสมบัติต่างๆ ในเนื้อไม้ยางพารา โดยแบ่งเป็น 5 ช่วงอายุ (2 5 12 16 และ 26 ปี) ตามระยะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นยางพาราพบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบและต้นผันแปรตามระยะเวลาในช่วงฤดูกาล แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างช่วงอายุต้น ขณะที่ปริมาณผลผลิตน้ำยางสดและเนื้อยางแห้งมีค่าสูงที่สุดในช่วงอายุ 16 ปี ขณะเดียวกันความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักยังมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุต้น โดยพบปริมาณธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมและแคลเซียมมากที่สุดทั้งในส่วนของใบ ลำต้น และน้ำยาง ส่วนคุณสมบัติทางเคมี เชิงกลและกายภาพของเนื้อไม้พบว่า มีความแตกต่างกันทุกช่วงอายุ ยกเว้นค่าความเหนียวและความแข็งของสมบัติเชิงกลที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้แม้มีเพียงบางตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับช่วงอายุต้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ส่วนใหญ่ยังสัมพันธ์กับความผันแปรตามช่วงอายุต้น ดังนั้นปัจจัยด้านความสัมพันธ์ของช่วงอายุต้นจึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ประเมินสำหรับการตัดสินใจในการโค่นล้มต้นเพื่อผลผลิตไม้ยางพาราได้

## Abstract

Rubber trees are cultivated as an economical tree crop for harvesting latex yield and wood products. The objective of this research was to assess the age-related changes in carbohydrate reserves, latex yields and wood properties by comparing five age classes (2, 5, 12, 16 and 26 years old) based on the growth and productivity stages of rubber trees. Total nonstructural carbohydrates in leaves and stem wood varied throughout the harvest season, while the same trends between tree ages were observed. In addition, the significant differences of latex yield and dry rubber content (%DRC) were found in 16-year old trees. Despite differences in macronutrients in all the five tree ages, the total amount of N, K and Ca concentrations seemed to favor the large nutrient components in leaf, stem wood and latex. In the case of chemical and physical-mechanical compositions, there were significant differences among tree ages, however, it was not different in terms of toughness and hardness of wood on the mechanical properties. Although significant differences between some parameters and tree ages were found, the results showed that all these parameters were related to the variation in tree ages. Thus, the factor of age-related trends can be used for making decisions in relation to wood harvesting of rubber trees.

**คำสำคัญ:** อายุต้น ช่วงอายุ ความเต็มวัยทางสรีรวิทยา การเก็บเกี่ยวไม้ ไม้ยางพารา

**Keywords:** tree age, life span, physiological maturity, wood harvesting, rubber wood

## 1. บทนำ

ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งน้ำยางและเนื้อไม้ นิยมปลูกบริเวณทวีปอเมริกาใต้ แอฟริกา และเอเชีย โดยเฉพาะแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตสำคัญของโลก จนมีพื้นที่ปลูกและปริมาณผลผลิตมากถึงสองในสามของปริมาณการผลิตทั้งหมด (1) สำหรับประเทศไทยนั้นปัจจุบันยังคงเป็นประเทศผู้ส่งออกผลผลิตยางธรรมชาติ (natural rubber) สูงที่สุดในโลกรวมถึงพื้นที่ปลูกที่ใหญ่เป็นอันดับสองของโลกรองจากประเทศอินโดนีเซีย (2) ขณะเดียวกันประเทศไทยยังเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราจำนวนมาก โดยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์เป็นไม้ยางพาราแปรรูปและสำเร็จรูป (3) เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกมากเพียงพอสำหรับการโค่นล้มต้นยางพาราเพื่อผลิตไม้ยางพาราก่อนปลูกทดแทน

ต้นยางพาราจัดเป็นพืชยืนต้นเศรษฐกิจที่มีช่วงอายุการปลูกและให้ผลผลิตได้ยาวนานกว่า 30 ปี (4) เช่นเดียวกับไม้ยืนต้นอื่นๆ ทำให้มีศักยภาพในการเจริญเติบโต

และให้ผลผลิตแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ (5) โดยจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ของต้น เช่น ศักยภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชที่มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุมากขึ้น (6) การสะสมปริมาณธาตุอาหารที่ลดลงตามช่วงอายุ (7) เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารหลักในส่วนต่างๆ ของต้น มักมีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตน้ำยางและการสร้างเนื้อไม้ (8) จนส่งผลให้มีอัตราการสร้างผลผลิตทางมวลชีวภาพลดลงได้ (9) ขณะเดียวกันยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีในเนื้อไม้ เช่น สารแทรก ลิกนิน และ เซลลูโลส ฯลฯ ซึ่งมักมีผลต่อลักษณะการสร้างเนื้อเยื่อของไม้และการแปรรูป (10) รวมถึงคุณสมบัติด้านเชิงกลและกายภาพในเนื้อไม้ เช่น ความแข็ง การทนต่อการอัดน้ำหนัก ความถ่วงจำเพาะ เป็นต้น (11) นอกจากนี้ความสมบูรณ์ของไม้ยืนต้นยังได้รับผลกระทบจากความผันแปรของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในต้นตามฤดูกาลในรอบปีด้วย เพราะเป็นแหล่งอาหารสะสมและสร้างมวลชีวภาพที่สำคัญของต้น (12) สำหรับในยางพารามีการรายงานว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในต้นสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความพร้อมและการให้ผลผลิต

นี้ยางได้แตกต่างกัน (13)

อย่างไรก็ตามจากความต้องการและความนิยมสินค้าจากผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราจำนวนมากในแต่ละปีเนื่องจากความสวยงามของผลิตภัณฑ์ไม้ และสามารถปลูกทดแทนการตัดฟันไม้ยืนต้นตามธรรมชาติ (14) โดยทั่วไปการโค่นล้มต้นยางพาราเกษตรกรจะพิจารณาจากความคุ้มค่าของปริมาณน้ำยางที่กรี๊ดได้เป็นหลัก ทำให้มีการโค่นล้มต้นในช่วงอายุ 15-20 ปีหลังจากปลูกในจำนวนที่มากขึ้นถึง 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเกษตรกรได้รับผลกระทบจากราคาผลผลิตน้ำยางตกต่ำหรือต้นยางพาราให้ผลผลิตน้ำยางลดลง รวมทั้งหากการรับซื้อไม้ยางพารามีราคาต่อไร่สูง (15) ถึงแม้ในปัจจุบันได้มีการส่งเสริมสายพันธุ์ยางพาราที่ให้เนื้อไม้สูง เช่น RRIT 412 เพื่อปลูกทดแทนปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบไม้ยางพาราในประเทศแต่การผลิดยางพาราในปัจจุบันนั้น เกษตรกรยังนิยมปลูกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงทั้งน้ำยางและเนื้อไม้ (latex timber clone) (16) เช่น RRIM 600 RRIT 251 และ BPM 24 เป็นต้น ทำให้มีระยะเวลาสำหรับโค่นล้มหลังจากปลูกไม่น้อยกว่า 25-30 ปี (4) ขณะที่มียารงานการวิจัย พบว่า การผลิดยางพาราที่ให้ผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้สูงนั้น สามารถโค่นล้มต้นได้ภายในระยะเวลาเพียง 15 ปีหลังจากปลูกและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการจัดการ (17) โดยมีคุณสมบัติของเนื้อไม้ใกล้เคียงกับอายุต้น (18)

ด้วยเหตุนี้จึงประเมินความสัมพันธ์ของช่วงอายุต่อศักยภาพการให้ผลผลิตน้ำยาง ความสมบูรณ์ของต้น และคุณสมบัติบางประการของเนื้อไม้ยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกมากที่สุดในประเทศไทย

## 2. วิธีการวิจัย

ศึกษาจากสวนยางพาราพันธุ์ RRIM 600 โดยแบ่งเป็น 5 ช่วงอายุ ตามระยะพัฒนาการของต้นและการให้ผลผลิต คือ ระยะยางอ่อน (2 ปี) ระยะก่อนเปิดกรี๊ด (5ปี) ระยะหลังเปิดกรี๊ดหน้าทีหนึ่ง (12ปี) ระยะหลังเปิดกรี๊ดหน้าทีสอง (16ปี) และระยะยางแก่หรือก่อนโค่นล้มต้น (26 ปี) บริเวณอำเภอเทพา จังหวัดสงขลา ระหว่างปี

พ.ศ. 2549-2551 เพื่อบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

### 2.1 ปริมาณธาตุอาหารหลักและการโบไฮเดรต

สุ่มวิเคราะห์ตัวอย่างใบจำนวน 25 ใบต่อต้น บริเวณชายพุ่มด้านล่างและด้านข้างต้นจำนวน 10 ต้น/อายุ ส่วนตัวอย่างเนื้อไม้สุ่มโดยใช้ส่วนเปลือกสำหรับเจาะเนื้อไม้ (increment borer) บริเวณลำต้นที่ระดับความสูง 100-150 ซม. จากผิวดิน จำนวน 5 ต้น/อายุ และสุ่มตัวอย่างเนื้อยางก้อนถ้วย (cup lump) จำนวน 10 ต้น/อายุ เพื่อวิเคราะห์การสะสมปริมาณธาตุอาหารหลักในส่วนต่างๆ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ส่วนการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนของปริมาณไนโตรเจนวิเคราะห์ตามหลักวิธีการของ Kjeldahl และการโบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates, TNC) (19) ซึ่งสุ่มวิเคราะห์เฉพาะในส่วนของใบและเนื้อไม้

### 2.2 ปริมาณผลผลิตน้ำยางสดและเนื้อยางแห้ง

วิเคราะห์โดยบันทึกปริมาณน้ำยางสดที่กรี๊ดได้ (กก./ต้น) และคำนวณเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง (dry rubber content; DRC) จากค่าความถ่วงจำเพาะของกระเปาะแก้ว (latexometer) ทุกเดือน โดยใช้ระบบกรี๊ดครั้งลำต้น กรี๊ดวันเว้นวัน (1/2S d/2) เหมือนกันทุกช่วงอายุ (12 16 และ 26 ปี) จำนวน 80 ต้น/อายุ

### 2.3 องค์ประกอบทางเคมีเนื้อไม้ยางพารา

สุ่มวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีในต้นยางพารา โดยสุ่มตัวอย่างเนื้อไม้บริเวณลำต้น (ไม่รวมเปลือก) ที่ระยะความสูง 50-150 ซม. จากผิวดิน ทั้ง 5 ช่วงอายุ จำนวน 3 ซ้ำ/อายุ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (ash) สารแทรก (extractive) ลิกนิน (lignin) โฮโลเซลลูโลส (holocellulose) แอลฟาเซลลูโลส ( $\alpha$  cellulose) และเพนโตแซน (pentosan) ในเนื้อไม้

### 2.4 คุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของเนื้อไม้

ยางพารา

สุ่มวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของเนื้อไม้บริเวณลำต้นที่ระยะความสูง 50-150 ซม. จากผิวดิน ทั้ง 5 ช่วงอายุ จำนวน 3 ซ้ำ/อายุ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ดังนี้ 1) การดัดสถิต (static bending)

(มาตรฐาน BS No. 373) ได้แก่ มอดูลัสแตกร้าว (modulus of rupture: MOR) มอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity: MOE) ความเหนียว (toughness) ความเค้นที่จุดตัดส่วน (proportional stress) และความแข็งเชิงคด (flexural rigidity) 2) การอัด (compression) ได้แก่ ความเค้นอัดขนานเสี้ยน (compression // to grain) (มาตรฐาน ISO-3787) และความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน (compression  $\perp$  to grain) (มาตรฐาน ASTM D 143) 3) การเฉือนด้านสัมผัส (tangential) และด้านรัศมี (radial) (มาตรฐาน ISO 3346) 4) ความเค้นดึงขนานเสี้ยน (tensile stress // to grain) (มาตรฐาน ISO-3345) 5) ความแข็ง (hardness) (มาตรฐาน ISO 3350) 6) ปริมาณความชื้น (moisture content) (มาตรฐาน ASTM D 4442-92) และ 7) ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) (มาตรฐาน ASTM D 2395-92)

## 2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี least-significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าแปรผันของข้อมูลแสดงด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) นอกจากนี้ ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอายุต้นยางพาราและตัวแปรต่างๆ โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรง (linear regression analysis) และโพลิโนเมียล (polynomial regression analysis) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

## 3. ผลการวิจัยและอภิปราย

### 1. อายุใบและอายุต้นต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต ผลผลิตน้ำยาง และธาตุอาหารหลัก

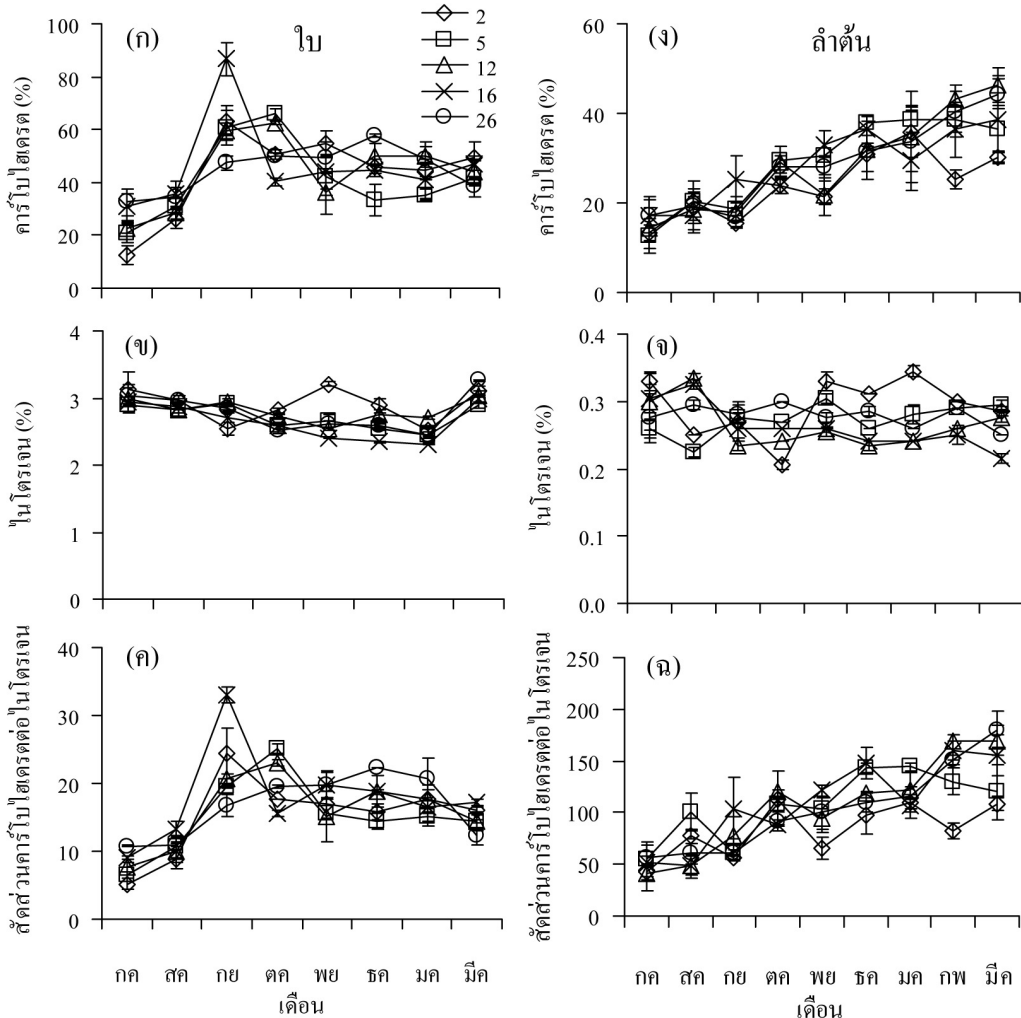
ในแต่ละช่วงอายุต้นยางพาราพบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในใบมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดือนกรกฎาคม และ มีค่าลดลงเล็กน้อยหลังจากเดือนตุลาคมจนกระทั่งช่วงผลิใบใหม่ในเดือนมีนาคม ส่วนในด้านพบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาดังกล่าว แต่ลดลงเล็กน้อยที่อายุ 2 และ 5 ปี ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนในใบมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ช่วงเดือนกรกฎาคม-มกราคม และ

เพิ่มสูงขึ้นหลังจากผลิใบใหม่ ส่วนในด้านพบว่า มีค่าใกล้เคียงกันตามช่วงเวลาดังกล่าว เช่นเดียวกับสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน (C:N ratio) ที่ผันแปรตามการเปลี่ยนของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในใบและต้น (รูปที่ 1ก-ค) สำหรับปริมาณผลผลิตน้ำยางสดต่อต้น ซึ่งมีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) ที่อายุ 16 ปี ตลอดช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (รูปที่ 2ก) เช่นเดียวกับปริมาณเนื้อยางแห้ง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ช่วงอายุ (12 16 และ 26 ปี) แต่ที่อายุ 16 ปี มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ (รูปที่ 2ข) นอกจากนี้ จากความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำยางสดกับปริมาณคาร์โบไฮเดรต (รูปที่ 3ก) ไนโตรเจน (รูปที่ 3ข) และ สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในต้น (รูปที่ 3ค) พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสูงกว่าตัวแปรอื่นๆ โดยเฉพาะในช่วงอายุ 16 ( $r^2 = 0.83^{**}$ ) และ 26 ปี ( $r^2 = 0.89^{**}$ ) ขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอายุต้นกับค่าตัวแปรดังกล่าว (ตารางที่ 1) พบว่ามีความสัมพันธ์สูงที่สุดกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตในใบ ( $r^2 = 0.95^*$ ) แต่ในส่วนของต้นแม้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับช่วงอายุ พบว่ามีความสัมพันธ์สูงที่สุดกับสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน ( $r^2 = 0.88$ )

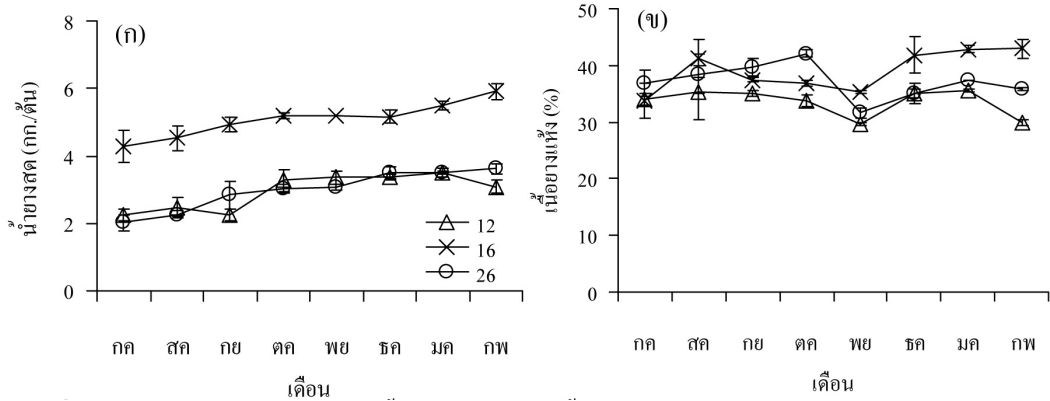
จากผลการทดลอง ปริมาณไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรตในใบและต้นในแต่ละช่วงอายุต้นยางพารามีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันและใกล้เคียงกันตลอดช่วงฤดูกาลในรอบปีที่ศึกษา รวมถึงปริมาณเนื้อยางแห้งที่มีค่าใกล้เคียงกันจนกระทั่งปลายฤดูกาล ทั้งนี้ความผันแปรของปริมาณไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรตในใบยางพาราจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับพัฒนาการตามอายุของใบในแต่ละฤดูกาลของรอบปี (20) ทำให้ผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบยางพารา (21) เพื่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตในส่วนต่างๆ ของต้น ปริมาณผลผลิตน้ำยางจึงสามารถประเมินได้จากปริมาณคาร์โบไฮเดรต และสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในต้น เนื่องจาก มักมีความผันแปรตามฤดูกาลสอดคล้องกับศักยภาพการให้ผลผลิตน้ำยางในรอบปี (13) ซึ่งให้ค่าความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัย

สำคัญทั้งในอายุ 16 และ 26 ปี แม้มีค่าต่ำที่อายุ 12 ปีก็ตาม แสดงให้เห็นว่าค่าตัวแปรทั้งสองอาจนำไปใช้ประเมินการให้ผลผลิตน้ำยางได้เหมาะสมต่างกันในแต่ละช่วงอายุ โดยยางพารายังคงให้ผลผลิตน้ำยางสูงแม้อยู่ในระยะหลังเปิดกรีดหน้าที่สองแล้วแต่จะลดลงใกล้เคียงกับระยะหลังเปิดกรีดหน้าแรกเมื่อเข้าสู่ระยะยางแก่ ดังนั้นเพื่อความ

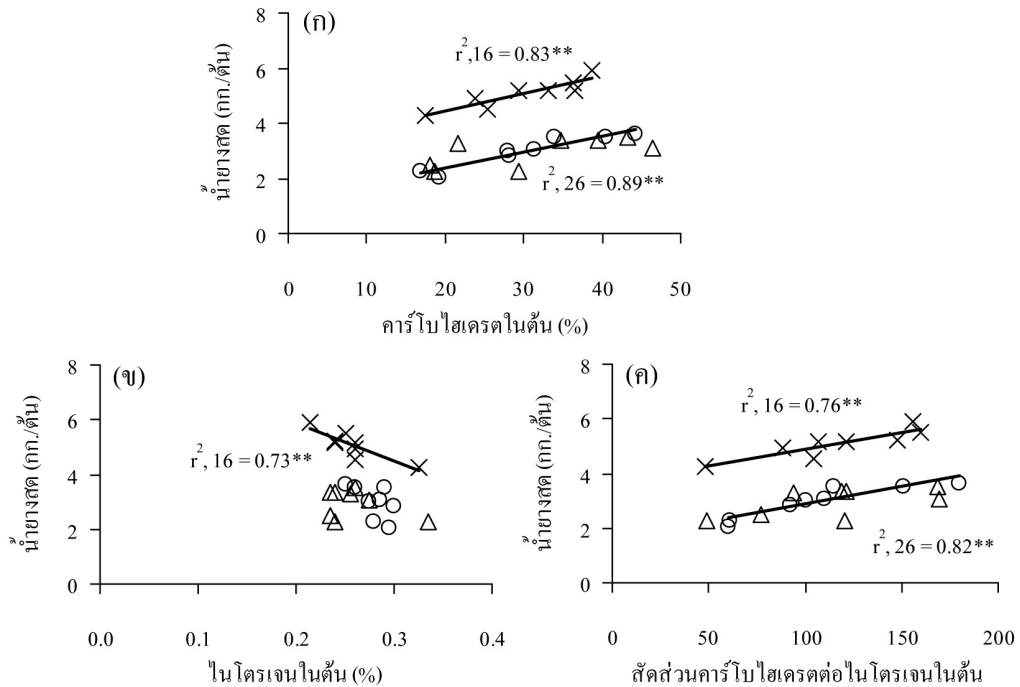
แม่นยำในการประเมินการให้ผลผลิตน้ำยางเพิ่มขึ้น การใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ความสมบูรณ์ของดินปลูก (22) ฤดูกาล และวิธีการกรีด (23) เพราะมีผลทำให้ต้นยางพาราสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตในต้นซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับการสร้างผลผลิตน้ำยางได้ต่างกัน (24)



**รูปที่ 1.** การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ก, ง), ไนโตรเจน (ข, จ) และสัดส่วนคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจน (ค, ฉ) ในส่วนของใบ (ก-ค) และลำต้น (ง-ฉ) ยางพาราในช่วงฤดูกาลให้ผลผลิต (กรกฎาคม-มิถุนายน)



รูปที่ 2. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำยางสด (ก) และเนื้อยางแห้ง (ข) ของยางพาราในช่วงฤดูการให้ผลผลิต (กรกฎาคม-กุมภาพันธ์)



รูปที่ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำยางสดและปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ก), ไนโตรเจน (ข) และสัดส่วนคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจน (ค) ในต้นยางพาราอายุ 12 (Δ), 16 (X) และ 26 (O) ปี

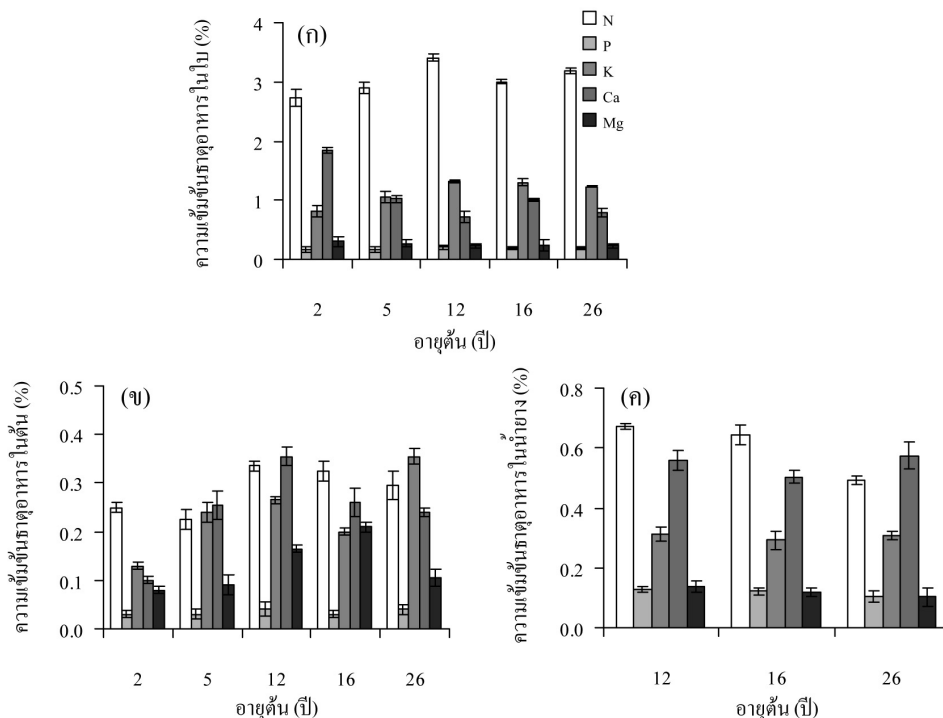
**ตารางที่ 1.** ความสัมพันธ์ของช่วงอายุต้นต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไนโตรเจน และสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน (C:N ratio) ในส่วนของใบและต้นยางพารา

ความสัมพันธ์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในใบ ( $r^2$ )	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในต้น ( $r^2$ )
อายุต้น-คาร์โบไฮเดรต	0.95*	0.52
อายุต้น-ไนโตรเจน	0.45	0.46
อายุต้น-C:N ratio	0.50	0.88

\* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ขณะที่ปริมาณธาตุอาหารหลักในแต่ละช่วงอายุต้นยางพารา มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุดในส่วนของใบ แม้มีค่าใกล้เคียงกันกับโพแทสเซียมและแคลเซียมในบางช่วงอายุทั้งในส่วนของต้นและน้ำยาง (รูปที่ 4ก-ค) โดยในช่วงอายุ 12-26 ปี พบว่ามีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบแตกต่างกันสถิติกับช่วงอายุ 2-5 ปี เช่นเดียวกับปริมาณธาตุไนโตรเจนและแมกนีเซียมในต้น เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสมการโพลีโนเมียลระหว่างช่วงอายุที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณธาตุอาหารหลักต่างๆ (ตารางที่ 2) พบว่าช่วงอายุที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์สูงสุดเฉพาะโพแทสเซียมในใบ ( $r^2 = 0.97^*$ ) อย่างไรก็ตามการศึกษานี้พบว่า มีปริมาณธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมและแคลเซียมสูงทั้งในส่วนของใบ ต้น และน้ำยางมากกว่าฟอสฟอรัสและ

แมกนีเซียม สอดคล้องกับการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของต้นยางพาราที่มีขนาดลำต้นและมวลชีวภาพต่างกัน ซึ่งมีสัดส่วนธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมและแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก แม้ว่าปริมาณแคลเซียมในสัดส่วนที่น้อยที่สุดในส่วนของน้ำยาง (8) โดยมีแนวโน้มผันแปรตามช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งให้ค่าสูงสุดที่ช่วงอายุ 12 ปี และลดลงที่ช่วงอายุ 26 ปี ทั้งในส่วนของปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบ และปริมาณไนโตรเจน และแคลเซียมในต้น ตามลำดับ สอดคล้องกับไนไม้ยืนต้นอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารในต้นผันแปรตามช่วงอายุต้น (7) แม้ว่าปริมาณธาตุอาหารในใบสามารถผันแปรได้ตามสภาพความสมบูรณ์ของพื้นที่ปลูก (25) หรือตามประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงที่มีแนวโน้มลดลงตามช่วงอายุของพืช (5) ซึ่งอาจส่งผลให้มีการสะสมธาตุอาหารเพื่อสร้างผลผลิตทางมวลชีวภาพลดลงตามสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ปลูก (9, 26, 27)



รูปที่ 4. ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ในใบ (ก), ต้น (ข) และน้ำยาง (ค) ในช่วงอายุต่างๆ ของยางพารา

ตารางที่ 2. ความสัมพันธ์ของช่วงอายุต้นต่อปริมาณธาตุอาหารหลักในส่วนของใบและต้นยางพารา

ความสัมพันธ์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในใบ (r <sup>2</sup> )	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในต้น (r <sup>2</sup> )
อายุต้น-ไนโตรเจน	0.59	0.74
อายุต้น-ฟอสฟอรัส	0.69	0.43
อายุต้น-โพแทสเซียม	0.97*	0.66
อายุต้น-แคลเซียม	0.70	0.70
อายุต้น-แมกนีเซียม	0.91	0.88

\* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

2. อายุต้นต่อองค์ประกอบทางเคมีของไม้ยางพารา

ในแต่ละช่วงอายุมีองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อไม้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3) โดยมีค่าสูงสุดที่อายุ 2 ปี สำหรับปริมาณเถ้า (1.96%) แต่มีค่าใกล้เคียงกันที่อายุ 5-26 ปี เช่นเดียวกับปริมาณลิกนิน (24.34%) และไฮโดรเซลลูโลส (77.52%) ที่มีค่าสูงสุดที่อายุ 2 ปี แต่ใกล้เคียงกันที่อายุ 16-26 และ 5-16 ปี ตาม

ลำดับ ส่วนปริมาณสารแทรกและแอลฟาเซลลูโลสพบมากที่สุดที่อายุ 26 ปี (8.14%) และ 16 ปี (54.90%) ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณเพนโตแซนพบน้อยที่สุดที่อายุ 2 ปี (14.67%) แต่มีค่าใกล้เคียงกับช่วงอายุ 12-26 ปี นอกจากนี้พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอายุที่เพิ่มขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ แม้มีความสัมพันธ์สูงสุดกับปริมาณเซลลูโลส (r<sup>2</sup>= 0.91) (ตารางที่ 4)



ฉะนั้นการศึกษานี้พบว่า ในแต่ละช่วงอายุ มีความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีในเนื้อไม้ ยางพารา และมีบางตัวแปรที่มีแนวโน้มผันแปรตามช่วง อายุที่เพิ่มขึ้น เพราะทุกช่วงอายุของเนื้อไม้ยางพาราส่วน ใหญ่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ใกล้เคียงกัน ทำให้ความ สัมพันธ์ระหว่างช่วงอายุที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างทาง สถิติ เช่นเดียวกับองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ในต้นสน บางชนิด ที่มีความแตกต่างกันทั้งอายุและระหว่างสาย พันธุ์ (28) รวมถึงคุณสมบัติทางเคมีในแต่ละสายพันธุ์ของ

ยางพารา (29) จึงสามารถใช้คุณสมบัติทางเคมีประเมิน การคัดเลือกสายพันธุ์ยางพาราที่ใช้ประโยชน์จากเนื้อ ไม้ได้ (30) นอกจากนี้หากพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบ บางประการพบว่า ช่วงอายุเนื้อไม้ที่มากขึ้นน่าจะมี ความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการแปรรูป ด้านเฟอร์นิเจอร์ รวมถึงมีปริมาณไฮโดรเซลลูโลสและ แอลฟาเซลลูโลสที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีอย่าง หนึ่งที่เหมาะสมต่อการแปรรูปเป็นเยื่อกระดาษได้เช่นเดียว กับไม้อื่นๆ (31)

ตารางที่ 3. คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อไม้ในช่วงอายุต่างๆ ของต้นยางพารา

อายุต้น	คุณสมบัติทางเคมี (%)					
	เส้นใย	สารแทรก	ลิกนิน	ไฮโดรเซลลูโลส	แอลฟาเซลลูโลส	เพนโตแซน
2	1.96a	7.51c	24.34a	77.52a	47.52d	14.67b
5	1.05b	7.73b	22.38c	76.15b	50.06c	15.75a
12	1.12b	7.73b	22.69b	75.87b	51.86b	15.53ab
16	1.16b	7.03d	22.03d	76.13b	54.90a	15.20 ab
26	0.91b	8.14a	21.90d	74.54c	51.82b	15.35 ab

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4. ความสัมพันธ์ของช่วงอายุต้นต่อคุณสมบัติทางเคมีในเนื้อไม้ยางพารา

ความสัมพันธ์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r^2$ )
อายุต้น-เส้นใย	0.58
อายุต้น-สารแทรก	0.43
อายุต้น-ลิกนิน	0.70
อายุต้น-ไฮโดรเซลลูโลส	0.81
อายุต้น-แอลฟาเซลลูโลส	0.91
อายุต้น-เพนโตแซน	0.22

### 3. อายุต้นต่อคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพไม้ยางพารา

การวิเคราะห์สมบัติเชิงกลในแต่ละช่วงอายุ มีความต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) ซึ่งจากค่าการคิดสถิติ พบว่าต้นยางพาราอายุ 5 ปี มีค่ามอดูลัสแตกร้าวสูงที่สุด (89.33 MPa) และใกล้เคียงกันกับช่วงอายุ 2 และ 16 ปี ส่วนค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีค่ามากที่สุด ในอายุ 2 ปี (11,855.00 MPa) และใกล้เคียงกันกับช่วงอายุ 5-16 ปี เช่นเดียวกับความเค้นที่จุดตัดส่วน แม้มิมีค่ามากที่สุด ในอายุ 5 ปี (80.45 MPa) แต่ใกล้เคียงกันกับช่วงอายุ 2 12 และ 16 ปี ขณะที่ความเหนียวพบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกช่วงอายุ ส่วนการวิเคราะห์การอัดพบว่า ความเค้นอัดขนานเส้นมีค่าสูงสุดในต้นยางอายุ 5 ปี (42.43 MPa) และใกล้เคียงกันกับช่วงอายุ 2 และ 12 ปี นอกจากนี้พบว่า ความเค้นอัดตั้งฉากเส้นมีค่ามากที่สุดในต้นยางอายุ 12 ปี (22.98 MPa) แต่ใกล้เคียงกันกับช่วงอายุ 5 และ 16 ปี ส่วนผลการวิเคราะห์การเลื่อนในด้านสัมผัสมีค่าสูงใกล้เคียงกัน ในต้นยางอายุ 12 16 และ 26 ปี (20.02 20.73 และ 19.40 MPa) ตามลำดับ เช่นเดียวกับการเลื่อนด้านรัศมีที่ใกล้เคียงกันทุกช่วงอายุ ยกเว้นอายุ 12 ปี ที่มีค่าแตกต่างทางสถิติน้อยที่สุด (12.92 MPa) ขณะที่ความเค้นดึงขนานเส้นพบว่ามีค่ามากที่สุดและใกล้เคียงกันทั้งอายุ 12 และ 26 ปี (148.88 และ 148.74 MPa) ตามลำดับ และความแข็งแรงไม่มีความแตกต่างทางสถิติทุกช่วงอายุ ส่วนการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพพบว่า ความถ่วงจำเพาะแตกต่างสูงที่สุดในอายุ 16 ปี (0.66) อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์โพสิโนเมียลระหว่างอายุที่เพิ่มขึ้น

กับตัวแปรต่างๆ (ตารางที่ 6) พบว่ามีความสัมพันธ์สูงสุดในตัวแปรการเลื่อนในด้านสัมผัส ( $r^2 = 0.99^*$ ) และความแข็งแรง ( $r^2 = 0.97^*$ )

จากการประเมินคุณสมบัติเชิงกลและทางกายภาพของไม้ยางพาราในแต่ละช่วงอายุ แม้ตัวแปรส่วนใหญ่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างอายุ และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในช่วงอายุ 26 ปีก็ตาม แต่การศึกษาพบว่า ค่าตัวแปรต่างๆ มักมีค่าใกล้เคียงกันในหลายช่วงอายุ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โพสิโนเมียล ซึ่งสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับช่วงอายุเฉพาะ การเลื่อนในด้านสัมผัสและความแข็งแรงเท่านั้น ดังนั้นการประเมินคุณสมบัติของเนื้อไม้ที่มีช่วงอายุต่างกัน จึงต้องพิจารณาจากคุณสมบัติของเนื้อไม้ที่มีความเหมาะสมกับชิ้นงานเป็นหลัก เช่นเดียวกับการผลิตแผ่นชั้นไม้อัด (particleboard) จากเนื้อไม้ยางพาราอายุเพียง 4 ปี ในสายพันธุ์ชุด RRIM 2000 แต่คงทนใกล้เคียงกับสายพันธุ์ PB 260 อายุ 25 ปี (32) เนื่องจากมีค่ามอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และความถ่วงจำเพาะสูงใกล้เคียงกัน เป็นต้น (16) สอดคล้องกับคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของเนื้อไม้ยูคาลิปตัสที่ผันแปรได้ต่างกันเมื่ออยู่ในช่วงอายุเดียวกัน หรือต่างกันก็ตาม (33) อย่างไรก็ตาม ความผันแปรดังกล่าวสามารถเกิดจากความผิดปกติทางสรีรวิทยาของต้นได้ด้วย เช่น ความเครียดจากแรงดึง (tension wood) ที่พบเห็นได้ในทุกช่วงอายุของต้นยางพารา (34) จึงทำให้มีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติต่างๆ ของเนื้อไม้แปรรูป ทั้งทางเคมี ทางกายภาพและเชิงกล (11)

ตารางที่ 5. คุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของเนื้อไม้ในช่วงอายุต่างๆ ของต้นยางพารา

คุณสมบัติเนื้อไม้	หน่วย	อายุต้น (ปี)				
		2	5	12	16	26
1. สมบัติเชิงกล						
1.1 การตัดสถิต						
มอดุลัสแตกกร้าว	MPa	88.67ab	89.33a	78.00bc	88.00ab	77.33c
มอดุลัสยืดหยุ่น	MPa	11855.00a	9226.33ab	9151.00ab	10745.67ab	8689.00b
ความเหนียว	MPa	0.15	0.15	0.10	0.11	0.11
ความเค้นที่จุดตัดส่วน	MPa	77.20ab	80.45a	68.87ab	71.91ab	64.72b
ความแข็งเชิงคัต	Nm2	141.89a	131.02a	119.93b	91.79c	114.25b
1.2 การอัด						
ความเค้นอัดขนานเสี้ยน	MPa	40.37ab	42.43a	38.18ab	34.47b	35.19b
ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน	MPa	15.41c	20.71ab	22.98a	22.82a	18.61bc
1.3 การเลื่อน						
ด้านสัมผัส	MPa	14.64b	16.50ab	20.02a	20.73a	19.40a
ด้านรัศมี	MPa	16.66a	17.29a	12.92b	15.90a	16.15a
1.4 ความเค้นดึงขนานเสี้ยน	MPa	110.37b	113.00b	148.88a	133.64ab	148.74a
1.5 ความแข็ง	N	6930.73	7103.92	7374.47	7455.95	6174.02
2. สมบัติทางกายภาพ						
2.1 ปริมาณความชื้น	%	9.56a	8.55b	9.51a	8.58b	8.50b
2.2 ความถ่วงจำเพาะ	-	0.58cd	0.64b	0.60c	0.66a	0.58c

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

ตารางที่ 6. ความสัมพันธ์ของช่วงอายุต้นต่อคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของเนื้อไม้ยางพารา

ความสัมพันธ์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r^2$ )
อายุต้น-มอดุลัสแตกร้า	0.50
อายุต้น-มอดุลัสยืดหยุ่น	0.33
อายุต้น-ความเหนียว	0.81
อายุต้น-ความเค้นที่จุดตัดส่วน	0.33
อายุต้น-ความแข็งเชิงคัด	0.30
อายุต้น-ความเค้นอัดขนานเสี้ยน	0.77
อายุต้น-ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน	0.92
อายุต้น-การเหนือนด้านสัมผัส	0.99**
อายุต้น-การเหนือนด้านรัศมี	0.42
อายุต้น-ความเค้นดึงขนานเสี้ยน	0.80
อายุต้น-ความแข็ง	0.97*
อายุต้น-ปริมาณความชื้น	0.29
อายุต้น-ความถ่วงจำเพาะ	0.51

\*, \*\* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) และอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P \leq 0.01$ )

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ผลผลิตน้ำยาง และธาตุอาหารในต้นยางพารา รวมถึงคุณสมบัติด้านต่างๆ ของเนื้อไม้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละช่วงอายุต้น ขณะเดียวกันค่าตัวแปรต่างๆ ส่วนใหญ่ยังมีแนวโน้มผันแปรตามช่วงอายุต้นค่อนข้างสูง แม้ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญก็ตาม ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอายุต้นกับความสมบูรณ์ต้นและคุณสมบัติด้านเนื้อไม้ จึงน่าจะใช้เป็นเกณฑ์ประเมินสำหรับศักยภาพการให้ผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้ได้อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการตัดสินใจโค่นล้มต้นยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 เนื่องจากมีค่าความผันแปรแตกต่างกันไม่แน่นอนในแต่ละช่วงอายุ จึงต้องพิจารณาจากวัตถุประสงค์และความเหมาะสมของการนำไปใช้ประโยชน์ที่สอดคล้องกับคุณสมบัติต่างๆ ในแต่ละ

ช่วงอายุต้น ทั้งนี้การศึกษาด้านความสัมพันธ์ของอายุต้นกับการเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาในต้นยางพารา จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกมาก ในการหาตัวแปรหรือปัจจัยสำคัญที่เป็นผลมาจากกลไกหรือการควบคุมจากอายุต้น เพื่อสามารถนำไปใช้ประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยาได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

#### 4. สรุป

ช่วงอายุของต้นยางพารามีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์โบไฮเดรต ผลผลิตน้ำยาง ธาตุอาหารหลักในต้น รวมถึงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและเชิงกลของเนื้อไม้ โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในใบ โปแตสเซียมในใบ ค่าการเหนือนด้านสัมผัสและความแข็งของเนื้อไม้ที่มีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญกับช่วงอายุต้นยางพารา

## 5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ประจำปี 2549 ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณจรรยา เพ็ชรหนองชุม หัวหน้าสถานีวิจัยเทพา ที่อำนวยความสะดวกและจัดเตรียมแปลงวิจัย รวมทั้งบุคลากรที่มีส่วนร่วมและให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง (ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์) และขออุทิศผลงานวิจัยนี้แด่ ผศ.อิบรอเฮม ยีดำ ผู้ถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านยางพารา รวมทั้งให้คำปรึกษางานวิจัยด้านยางพาราประสบความสำเร็จ

## 6. เอกสารอ้างอิง

- (1) ITTO. Annual review: annual review and assessment of the world timber situation. Japan: International Tropical Timber Organization; 2011.
- (2) ANRPC. Natural rubber trends & statistics. Association of Natural Rubber Producing Countries. 2010;2:
- (3) Shigematsu A, Yoshida S, Mizoue N, Kajisa T. Importance of rubberwood in wood export of Malaysia and Thailand. New For. 2011;41: 179-89.
- (4) Suthisong S. Growing rubber as professional owner. Bangkok: The Rubber International Magazine; 2005.
- (5) Bond B. Age-related changes in photosynthesis of woody plants. Trends Plant Sci. 2000;5: 349-53.
- (6) Yoder, BJ, Ryan, MG, Waring, RH, Schoettle, AW, Kaufmann, MR. Evidence of reduced photosynthetic rates in old trees. For. Sci. 1994;40: 513-27.
- (7) Swamy SL, Kushwaha SK, Puri S. Tree growth, biomass, allometry and nutrient distribution in *Gmelina arborea* stands grown in red lateritic soils of Central India. Biomass and Bioenerg. 2004;26: 305-17.
- (8) Yingjajaval S, Bangjan J. Major plant nutrient contents in Para rubber (RRIM 600). Agricultural Sci J. 2006;37: 353-64. Thai.
- (9) Greenwood MS, Ward MH, Day ME, Adams SA, Bond BJ. Age-related trends in red spruce foliar plasticity in relation to declining productivity. Tree Physiol. 2008;28: 225-32.
- (10) Puangsin B, Puthsom P, Pisuttipiched S. Effects of tree ages and chip pretratments on chemithermomechanical pulp properties From *Alstonia scholaris* (L) R.Br. Thai J For. 2005;24: 109-20.
- (11) Lim SC, Mohd. Nadzri Y. Tension wood in the stems and branches of rubberwood (*Hevea brasiliensis*). J Tropical Products 1995;1: 222-25.
- (12) Newell EA, Mulkey SS, Wright SJ. Seasonal patterns of carbohydrate storage in four tropical tree species. Oecologia 2002;131: 333-42.
- (13) Chantuma P, Lacoite A, Kasemsap P, Thanisawanyangkura S, Gohet E, Clément A, et al. Carbohydrate storage in wood and bark of rubber trees submitted to different level of C demand induced by latex tapping. Tree Physiol. 2009;29: 1021-31.
- (14) Nasaruddin M, Aris M. Rubber forest plantation. 2<sup>nd</sup> ed. Monograph no. 5. Malaysia: Malaysian Rubber Board; 2005.
- (15) Hemmina A. An analysis of rubber wood pricing and factors affected: Case study of STA Particle Products Co., Ltd. [Minor Thesis]. Songkhla: Prince of Songkla University; 2001. Thai.

- (16) Yahaya, MIB. Quality assessment of two timber latex clones of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) [MSc thesis]. Selangor Darul Ehsan: Universiti Putra Malaysia; 2001.
- (17) Johari M, Hassan M. Economics of rubber forest plantation. Monograph no. 20. Malaysia: Malaysian Rubber Board; 2005.
- (18) Paridah MT, Saifulazry SOA, Jalaluddin H, Zaidon A, Rahim S. Mechanical and physical properties of particleboard made from 4-year-old rubberwood of RRIM 2000 series clones. *J Trop Forest Sci* 2010;22: 440-47.
- (19) Smith D, Paulsen GM, Raguse CA. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissues. *Plant Physiol.* 1964;39: 960-62.
- (20) Miguel AA, de Oliveira LEM, Cairo PAR, de Oliveira DM. Photosynthetic behaviour during the leaf ontogeny of rubber tree clones [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex. ADR. de Juss.) Muell. Arg.], in Lavras, MG. *Ciênc. Agrotec.* 2007;31: 91-7.
- (21) Kositsup B, Kasemsap P, Thanisawanyangkura S, Chairungsee N, Satakhum D, Teerawatanasuk K, et al. Effect of leaf age and position on light-saturated CO<sub>2</sub> assimilation rate, photosynthetic capacity, and stomatal conductance in rubber trees. *Photosynthetica* 2010;48: 67-78.
- (22) Akpan AU, Edem SO, Ndaeyo NU. Latex yield of rubber (*Hevea brasiliensis* Muell Argo) as influenced by clone planted and locations with varying fertility status. *J Agri Soc Sci.* 2007;3: 28-30.
- (23) Silpi U, Lacoïnte A, Kasemsap P, Thanysawanyangkura S, Chantuma P, Gohet E, et al. Carbohydrate reserves as a competing sink: evidence from tapping rubber trees. *Tree Physiol.* 2007;27: 881-89.
- (24) Chantuma P, Thanisawanyangkura S, Kasemsap P, Gohet E, Thaler P. Distribution patterns of latex sucrose content and concurrent metabolic activity at the trunk level with different tapping systems and in latex production bark of *Hevea brasiliensis*. *Kasetsart J (Nat. Sci.)*. 2006;40: 634-42.
- (25) Chiarawipa R, Yeedum I. Growth and yield of rubber trees (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) in abandoned paddy field and upper land. *Thai Agri Res J.* 2010;28: 58-74. Thai.
- (26) Bangjan J, Yingjajaval S. Biomass of para rubber (RRIM 600). *Agricultural Sci J.* 2006;37: 341-51. Thai.
- (27) Rantala L. Rubber plantation performance in the Northeast and East of Thailand in relation to environmental conditions [MSc thesis]. Helsinki: University of Helsinki Finland; 2007.
- (28) Wadenbäck J, Clapham D, Gellerstedt G, von Arnold S. Variation in content and composition of lignin in young wood of Norway spruce. *Holzforschung* 2005;58: 107-15.
- (29) Okino EYA, Resck IS, Santana MAE, Cruz CL da SC, Santos PHO, Falcomer VAS. Evaluation of wood chemical constituents of *Hevea brasiliensis* and *Cupressus* decomposed by *Gloeophyllum striatum* using CP/MAS <sup>13</sup>C NMR and HPLC techniques. *J Trop Forest Sci* 2010;22: 184-96.
- (30) Tu KN, Junji M, Kazuyuki O. Effect of growing site on the fundamental wood properties of natural hybrid clones of Acacia in Vietnam. *J Wood Sci.* 2011;57: 87-93.
- (31) Suurnakki A, Westermak U. Chemical characterization of the surface layers of unbleached Pine (*Pinus*) and Birch (*Betula*) kraft pulp fibers. *J Pulp Pap Sci.* 1996;22: 43-7.

- (32) Al-Edrus SSO. Evaluation of the properties of 4-year old rubberwood clones RRIM 2000 series for particleboard manufacture [MSc thesis]. Selangor Darul Ehsan: Universiti Putra Malaysia; 2007.
- (33) Innes I, Armstrong M, Siemon G. The impact of harvesting age/tree size on sawing, drying and solid wood properties of key regrowth Eucalypt species. Victoria: Australian Government, Forest and Wood Products Research and Development Corporation; 2005.
- (34) Chiarawipa R, Yeedum I, Sdoodee S. Log harvesting decision of rubber trees based on above-ground biomass and physiological disorders. King Mongkut's Agri J. 2008;26: 18-27. Thai.