

## การประมาณมวลชีวภาพและการเก็บกักคาร์บอนในสวนป่าไม้สนคาริเบียอายุ 18 ปี

### Estimating The Forest Biomass and Carbon Accumulation of 18 Year-old *Pinus caribaea* Morelet Plantation

อำไพ พรสิแสงสุวรรณ<sup>1</sup> สมชาย นองเนื่อง<sup>1</sup> พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเตชะ<sup>1</sup> และ สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล<sup>1</sup>

<sup>1</sup>กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

**บทคัดย่อ:** การประมาณมวลชีวภาพไม้และการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าไม้สนคาริเบียอายุ 18 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ผลผลิตและมวลชีวภาพของสวนป่าสนคาริเบีย และ 2) การสะสมคาร์บอนและธาตุอาหารในสวนป่าสนคาริเบีย ดำเนินการโดยเก็บข้อมูลการเติบโตด้านความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ในสวนป่าทุกต้นเพื่อหามวลชีวภาพจากสมการ allometric ที่สร้างขึ้นโดยใช้ stratified-clip technique จากการตัดตัวแทนไม้ในสวนป่าและเก็บตัวอย่างชิ้นส่วนพืชนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของคาร์บอนและธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชในห้องปฏิบัติการ

ผลการศึกษาพบว่า ไม้สนคาริเบีย อายุ 18 ปี มีปริมาตรไม้ 55.98 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มีมวลชีวภาพ 30.2 เมกกะกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และราก เท่ากับ 21.3, 2.7, 0.6 และ 5.6 เมกกะกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพป่าไม้ 14.36 เมกกะกรัมต่อไร่ และการกักเก็บธาตุอาหารอื่นๆ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 73.16, 3.12, 26.25, 22.78 และ 7.11 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การปลูกสร้างสวนป่าสนคาริเบียควรใช้เมล็ดที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว ร่วมกับการจัดการสวนป่าที่ดีจะสามารถเพิ่มผลผลิตเนื้อไม้และศักยภาพด้านการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในมวลชีวภาพป่าไม้

**คำสำคัญ:** สวนป่าสนคาริเบียอายุ 18 ปี ปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ ธาตุอาหาร

**Abstract:** Estimating the forest biomass and carbon accumulation of 18 year-old *Pinus caribaea* Morelet plantation were studied in progeny trial 1992 at Huey Bong Silvicultural Research Station, Chiang Mai province. The objectives of the studies were to determine 1) production and biomass of *Pinus caribaea* plantation, and 2) carbon and other nutrient stocks in *Pinus caribaea* plantation. The data of stem diameter at breast high and tree height of pine will be used for biomass calculation. The sample trees were cut and measured for biomass according to a stratified-clip technique. Carbon and nutrient accumulations in organs of plants were taken and analyzed for chemical properties in laboratory. The result revealed that the average stem volume of 18 year-old *Pinus caribaea* plantation was 55.98 m<sup>3</sup>.rai<sup>-1</sup>. Forest biomass was 30.2 Mg.rai<sup>-1</sup>. The accumulations of carbon in forest biomass was 14.36 Mg.rai<sup>-1</sup> whereas other nutrient accumulations including nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium

were 73.16, 3.12, 26.25, 22.78 and 7.11 kg.rai<sup>-1</sup> respectively. The wood products and nutrient accumulation potential in forest biomass could be increased by using improvement seeds and intensive forest management.

**Keywords:** 18 year-old *Pinus caribaea* plantation, stem volume, biomass, nutrients

## บทนำ

ในโลกปัจจุบันมีแหล่งเก็บกักคาร์บอนหลายแห่ง โดยพบมากที่สุดในชั้นหินต่างๆ รองลงมาคือตะกอนที่อยู่ในรูปของฟอสซิล มหาสมุทรลึก ดิน บรรยากาศ พื้นผิวของมหาสมุทร และพืชพรรณ ตามลำดับ ป่าไม่มีบทบาททั้งในด้านการกักเก็บ (Sink) และปลดปล่อย (Source) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บหรือดูดซับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งต้นไม้จะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสร้างอาหาร และเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพ ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่ชั้นบรรยากาศของต้นไม้จะผ่านกระบวนการหายใจ การตาย การย่อยสลาย ต้นไม้จะกักเก็บคาร์บอนไว้ในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และราก ในรูปของมวลชีวภาพ ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งหากมีผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น พื้นที่นั้นก็จะมีการกักเก็บคาร์บอนตามผลผลิตมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกันหากพื้นที่นั้นมีผลผลิตมวลชีวภาพลดลง เนื่องจากการตัดฟันไม้นำออกมาใช้ประโยชน์ พื้นที่นั้นก็จะมีการปลดปล่อยคาร์บอนตามผลผลิตมวลชีวภาพที่ลดลง

การปลูกป่าเป็นกิจกรรมหนึ่งในเวทีโลกที่ได้มีการกำหนดให้สามารถดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบนพื้นฐานของความสมัครใจภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism) ของพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) หรือที่รู้จักกันดีในชื่อของ “CDM” ซึ่งเป็นกิจกรรมการปลูกป่าในพื้นที่ที่เคยเป็นป่าและไม่เคยเป็นป่ามาก่อนก็ได้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินการศึกษาพรรณไม้ที่มีศักยภาพสำหรับปลูกภายใต้โครงการ CDM พบว่า การปลูก

สวนป่าไม้สัก รอบตัดฟันประมาณ 30 ปี สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 1.36-2.16 ตันต่อไร่ต่อปีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกเมื่อตัดฟันแล้วนำไม้สักจากสวนป่าไปใช้ประโยชน์ในการสร้างบ้าน ทำเฟอร์นิเจอร์หรือเครื่องใช้อื่นๆ ที่มีอายุยืนนาน ไม้สักเหล่านั้นก็ยังคงสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ตลอดอายุการใช้งาน และเมื่อทำการปลูกใหม่ สวนสักที่ปลูกใหม่เหล่านั้นก็ยังคงดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ต่อไป ในขณะที่ไม้โตเร็ว เช่น กระจิน เทพา กระจินณรงค์ และยูคาลิปตัส เป็นต้น สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงที่สุดมากกว่า 6 ตันต่อไร่ต่อปีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูก (คณะวนศาสตร์ , 2554)

สนคาร์ปิเยเป็นไม้สนเขตร้อนมีการกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวาง และมีความหลากหลายของถิ่นกำเนิด สามารถขึ้นได้ในหลายสภาพภูมิอากาศและลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกัน (Robbins, 1983) สนคาร์ปิเยมีลักษณะเนื้อไม้ละเอียดสีขาวอมเหลือง เส้นตรง การไสตกแต่งและขัดง่าย จัดเป็นไม้ที่มีน้ำหนักเบา ไม้แห้งมีการหดตัวปานกลาง เนื้อไม้ใช้ทำเครื่องเรือนได้ดีมาก ไม้ไม่ประสานไฟ ช่างานทั่วไป หรือใช้กลึงและแกะสลักได้ดี ไม้ไม่งอกบ ไม้งอกบประสาน หรือไม้กรอบและบานหน้าต่างได้พอใช้ (สุธี และ ภริมย์ , 2531 ) นอกจากนี้ สนคาร์ปิเยยังมีลักษณะของเส้นใยยาว ปริมาณเซลลูโลสสูง ใช้ทำกระดาษเหนียวได้ดี มีความต้านทานต่อแรงฉีกและการหักพังสูงกว่าไม้สนสามใบและสนสองใบ (ทัศนีย์ และคณะ , 2529) สนคาร์ปิเยได้ถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ .ศ. 2507 พบว่ามีการเจริญเติบโตดีกว่าไม้สนสามใบและสนสองใบซึ่งเป็นไม้ท้องถิ่นของไทยสามารถขึ้นได้ทั้งในพื้นที่ระดับสูงและระดับต่ำ และปรับตัวได้

ดีในหลายสภาพพื้นที่ (Granhof, 1983a; 1983b) เนื่องจากสนคาร์ปิเยสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง จึงเหมาะที่จะส่งเสริมให้มีการปลูกสร้างเป็นสวนป่าเศรษฐกิจ โดยคำนึงถึงการคัดเลือกชนิดและถิ่นกำเนิดที่เหมาะสมกับลักษณะพื้นที่ รวมทั้งการใช้แหล่งพันธุ์ที่มีคุณภาพ จะช่วยส่งเสริมให้ต้นไม้ที่ปลูกเติบโตเร็ว รูปทรงดี มีความแข็งแรง ทนทานต่อโรคและแมลง ให้เนื้อไม้ที่มีคุณภาพ ให้ผลตอบแทนสูงคุ้มค่าต่อการลงทุน นอกจากนี้ หากมีการจัดการสวนป่าอย่างประณีต จะทำให้สวนป่ามีอัตราการเติบโตดี ผลผลิตสูง (Granhof and Homjeen, 1983)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณปริมาตรและมวลชีวภาพไม้สนคาร์ปิเยอายุ 18 ปี ซึ่งปลูกที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ และศึกษาการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในมวลชีวภาพป่าไม้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าสนคาร์ปิเยต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวิจัยดำเนินการที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่ กม. 32 ถนนสอด – แม่สะเรียง บริเวณเส้นรุ้งที่  $18^{\circ} 10'$  เหนือเส้นแวงที่  $98^{\circ} 25'$  ตะวันออก ณ พิกัด 47 Q 0439766 UTM 2006603 พื้นที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 800 เมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,100 มิลลิเมตร เก็บข้อมูลในแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้สนคาร์ปิเยปี 2535 เนื้อที่ 13.78 ไร่ ระยะปลูก  $3 \times 3$  ตารางเมตร โดยมีวิธีการศึกษา ดังนี้

1. เก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับ 1.3 เมตรจากพื้นดิน (DBH) และความสูงของต้นไม้ทุกต้น

2. จัดชั้นความสูงและความโตของต้นไม้ เพื่อทำการสุ่มตัวแทนต้นไม้ที่มีขนาดต่างๆ กัน ทั้งขนาดเล็ก กลาง และขนาดใหญ่ จำนวน 12 ต้น เพื่อใช้ศึกษาปริมาตรและมวลชีวภาพของไม้สนคาร์ปิเย โดยวัดมิติ (dimension) ต่าง ๆ ของตัวแทนต้นไม้ที่คัดเลือกไว้ทุกต้นได้แก่ ความสูงทั้งหมด

ของต้นไม้ (total height, H) ความสูงถึงระดับกิ่งตกรากแรก ( $H_0$ ) ซึ่งปกติมักจะถือวาระดับของเรือนยอดของต้นไม้จะลงมาถึงระดับได้กิ่งตกรากแรกนี้โดยประมาณ ดังนั้น ความลึกของเรือนยอด (crown depth) จึงเท่ากับ  $H - H_0 = H_k$  วัดความกว้างของเรือนยอด (R) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน ( $D_0$ ) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับสูงจากพื้นดิน 30 เซนติเมตร ( $D_{0.3}$ ) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับสูงเพียงอก (diameter at breast height, DBH) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ความยาว 0.3, 1.3, 2.3,... เมตร ไปตลอดความยาวของลำต้นเพื่อสร้างสมการปริมาตรไม้

ทำการตัดทอนลำต้นออกตามช่วงต่างๆ ตั้งแต่ความยาว 0.3, 1.3, 2.3,... เมตร ไปตลอดความยาวของลำต้น ซึ่งน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ ตามลำดับ เพื่อศึกษาปริมาณการกระจายของมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ตามระดับความสูงของลำต้นไม้ โดยใช้วิธีการศึกษาแบบ stratified clip technique (พงษ์ศักดิ์, 2538) เก็บตัวอย่างย่อยของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ มาทำการอบให้แห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ  $80-90^{\circ}C$  เพื่อเปลี่ยนน้ำหนักสด (fresh weight) ของต้นไม้ในแปลงให้เป็นน้ำหนักแห้ง (oven-dried weight) เพื่อหามวลชีวภาพ (biomass) ของต้นไม้แต่ละต้นทั้งต้น และมวลชีวภาพของแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง และใบ) ของต้นไม้ นำข้อมูล มวลชีวภาพของต้นไม้ตัวอย่างไปสร้างสมการหามวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งแปลง

เลือกตัวอย่างไม้ที่ตัดพื้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเพียงอก (DBH) เท่ากับค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางทั้งแปลง จำนวน 1 ต้น ทำการชั่งน้ำหนักเพื่อศึกษาระบบรากเก็บตัวอย่างรากมาทำการอบให้แห้งเพื่อ หามวลชีวภาพ และใช้เป็นตัวแทนในการหามวลชีวภาพของรากทั้งแปลง

3. ศึกษาคาร์บอนและธาตุอาหารที่กักเก็บในไม้สนคาร์ปิเยโดยสุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนของไม้สนคาร์ปิเยที่ศึกษามวลชีวภาพ โดยแยกออกเป็น ลำต้น กิ่ง ใบ และราก เพื่อนำไป

วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนและธาตุอาหารที่เก็บสะสมในพืช ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

31. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืช นำเอาตัวอย่างที่บดแล้วมาทำการย่อยด้วยวิธี Wet ashing โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น ( $H_2SO_4$ ) แล้วใช้วิธีการกลั่นแบบ Micro kjeldhal method ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้น (Bremner and Mulvaney, 1982)

3.2. การวิเคราะห์ปริมาณของธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม นำตัวอย่างที่บดแล้วมาทำการย่อยด้วยวิธี Wet ashing ด้วยกรดผสมระหว่างกรดไนตริกเข้มข้น ( $HNO_3$ ) และกรดซัลฟูริกเข้มข้น ในอัตราส่วน 6: 1 ต่อจากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ดังนี้

(1) Total P ทำการวิเคราะห์โดยใช้ Ammonium vanadate และ Colorimeter method (Olsen and Sommers, 1982)

(2) Total K หาได้จากการอ่านค่าด้วยเครื่อง Flame photometer (Knudsen *et al.*, 1982)

(3) Total Ca และ Mg หาได้จากการอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic absorption (Lanyon and Heald, 1982)

3.3. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในชิ้นส่วนพืช โดยวิธี Wet oxidation ของ Walkley and Black (1947)

## ผลและวิจารณ์

### 1. ผลผลิตและมวลชีวภาพของสวนป่าสนคาริเบีย

1.1 การเติบโต สนคาริเบียอายุ 18 ปี มีความสูงเฉลี่ย  $20.59 \pm 3.32$  เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย  $20.97 \pm 4.63$  เซนติเมตร ความหนาแน่นต้นไม้ 138 ต้น/ไร่ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้สนคาริเบียในสวนป่ามีสมการดังนี้

$$H = 7.6083 \ln(DBH) - 4.9887 \quad R^2 = 0.6687$$

เมื่อ H = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

DBH = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

1.2 ปริมาตรไม้ สมการปริมาตรไม้สนคาริเบียที่สร้างขึ้นจากตัวแทนต้นไม้ในสวนป่าโดยใช้ stratified clip technique (พงษ์ศักดิ์, 2538) ได้ผลดังนี้

$$V_{\text{over bark}} = 0.0002 (DBH)^{2.474} \quad R^2 = 0.9798$$

$$V_{\text{under bark}} = 0.00009 (DBH)^{2.5729} \quad R^2 = 0.9760$$

เมื่อ  $V_{\text{over bark}}$  = ปริมาตรเหนือเปลือก (ลูกบาศก์เมตร)

$V_{\text{under bark}}$  = ปริมาตรใต้เปลือก (ลูกบาศก์เมตร)

DBH = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

จากสมการปริมาตรไม้สามารถคำนวณหาปริมาตรไม้ทั้งแปลงของสนคาริเบียได้ ดังนี้ ปริมาตรไม้เหนือเปลือกเท่ากับ 771.40 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาตร 55.98 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และปริมาตรใต้เปลือก 473.16 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาตร 34.34 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ส่วนใหญ่ต้นไม้มีขนาดเส้นรอบวง 50-100 เซนติเมตร (Table 1)

1.3 มวลชีวภาพ สมการมวลชีวภาพของแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่งใบ) ของสนคาริเบียที่สร้างขึ้นจากตัวแทนต้นไม้ในสวนป่าโดยใช้ stratified clip technique (พงษ์ศักดิ์, 2538) ได้ผลดังนี้

$$W_S = 0.1004 (DBH)^{2.3852} \quad R^2 = 0.9432$$

$$W_B = 0.0003 (DBH)^{3.5713} \quad R^2 = 0.9426$$

$$W_L = 0.4527 (W_B)^{0.8048} \quad R^2 = 0.9235$$

เมื่อ  $W_S$  = มวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัม)

$W_B$  = มวลชีวภาพกิ่ง (กิโลกรัม)

$W_L$  = มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม)

DBH = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

จากสมการมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง และใบของไม้สนคาริเบีย และตัวแทนมวลชีวภาพของราก สามารถคำนวณหา

มวลชีวภาพของไม้สนคาริเบียที่แปลงได้ 30.2 เมกกะกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และราก เท่ากับ 21.3, 2.7, 0.6 และ 5.6 เมกกะกรัมต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 70.4, 8.8, 2.2 และ 18.6 ตามลำดับ (Table 2)

เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพป่าไม้ของสวนป่าสนคาริเบียที่อายุ 6, 18 และ 29 ปี (อำไพ และคณะ , 2555 ; สมชาย และคณะ 2555) พบว่า สัดส่วนมวลชีวภาพกิ่งและใบจะลดลงเมื่อต้นไม้อายุเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มจะไปสะสมที่ลำต้นและรากเพิ่มขึ้นตามอายุ แต่เนื่องจากสวนป่าสนคาริเบียอายุ 18 และ 29 ปี ใช้ระยะปลูก 3 x 3 เมตรเท่ากัน เมื่อต้นไม้เติบโตขึ้นจนเบียดชิดกัน แต่ไม่มีการตัดขยายระยะ ทำให้อัตราการเติบโตเริ่มลดลงเมื่อต้นไม้อายุมากขึ้น สัดส่วนของมวลชีวภาพลำต้นจึงลดลง แต่ไปสะสมที่รากมากขึ้น (Figure 1)

## 2. ธาตุอาหารที่สะสมในมวลชีวภาพสวนป่าสนคาริเบีย

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนและธาตุอาหารต่างๆ ในลำต้น กิ่ง ใบ และราก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในไม้สนคาริเบีย ดังแสดงใน Table 3 เมื่อคำนวณหาปริมาณการสะสมธาตุอาหารพืชของไม้สนคาริเบียที่แปลงคิดเป็นปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในเนื้อเยื่อของสนคาริเบีย เท่ากับ 14,357, 73.16, 3.12, 26.25, 22.78 และ 7.11 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 4)

เมื่อเปรียบเทียบสนคาริเบียจากการศึกษาที่อายุ 18 ปี ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 20.59 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 20.97 เซนติเมตร ปริมาตรไม้เฉลี่ย 55.98 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ความหนาแน่น 138 ต้นต่อไร่ พบว่า มี

การเติบโตดีกว่าและปริมาตรไม้มากกว่า สนคาริเบีย อายุ 29 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 21.08 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 25.63 เซนติเมตร ปริมาตรไม้เฉลี่ย 39.21 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ความหนาแน่น 88 ต้นต่อไร่ (สมชาย และคณะ , 2555) เนื่องจากไม้สนคาริเบียจากการศึกษานี้ปลูกโดยใช้เมล็ดพันธุ์ดี (ถิ่นกำเนิด Limones ประเทศ Honduras) ที่ผ่านการทดสอบแล้วว่าเติบโตดีในพื้นที่ระดับสูงของประเทศไทย (Granhof, 1983b) นอกจากนี้จะเป็นพันธุ์ที่มีการเติบโตและมีลักษณะทั่วไปแล้วยังผ่านการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดีด้วย ซึ่งต่างจากแปลงสนคาริเบียอายุ 29 ปี ที่นำเมล็ดจากต่างประเทศหลายถิ่นกำเนิดเข้ามาปลูกโดยตรง แม้ว่าจะผ่านการคัดเลือกพันธุ์มาแล้วแต่บางถิ่นกำเนิดอาจไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย ดังนั้น การปลูกสร้างสวนป่าสนคาริเบียควรใช้พันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว ร่วมกับการจัดการสวนป่าที่ดีจะสามารถเพิ่มผลผลิตเนื้อไม้และเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในมวลชีวภาพป่าไม้

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพป่าไม้ของสวนป่าสนคาริเบียที่อายุ 18 ปี คิดเป็น 14.36 เมกกะกรัมต่อไร่ หรือ 0.80 เมกกะกรัมต่อไร่ต่อปี สามารถคำนวณเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 52.64 เมกกะกรัมต่อไร่ หรือ 2.92 เมกกะกรัมต่อไร่ต่อปี (ตัน CO<sub>2</sub>= ตันคาร์บอน x 44/12) เมื่อเทียบกับไม้ชนิดอื่นๆ ใน Figure 2 พบว่า สนคาริเบียมีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเปลี่ยนรูปเป็นคาร์บอนเก็บกักในมวลชีวภาพป่าไม้มากกว่าไม้สัก โกงกาง และปาล์มน้ำมัน ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมเหมาะสมปานกลาง (คณะวนศาสตร์, 2554)

**Table 1** Wood production of *Pinus caribaea* with different stem-girth classes

GBH_Class (cm)	V <sub>over bark</sub> (m <sup>3</sup> )			V <sub>under bark</sub> (m <sup>3</sup> )		
	13.78 rai	1 rai	1 ha	13.78 rai	1 rai	1 ha
<30	0.64	0.05	0.29	0.35	0.03	0.16
30-50	30.76	2.23	13.95	17.98	1.30	8.15
50-100	715.43	51.92	324.49	439.18	31.87	199.19
100-150	24.58	1.78	11.15	15.65	1.14	7.10
Total	771.40	55.98	349.88	473.16	34.34	214.61
Mean annual increment	55.98	4.06	25.39	34.34	2.49	15.57

**Table 2** Total forest biomass of *Pinus caribaea*

Area	WS (Mg)	WB (Mg)	WL (Mg)	WR (Mg)	Total (Mg)
13.78 rai	293.3	36.7	9.0	77.5	416.4
1 rai	21.3	2.7	0.6	5.6	30.2
1 ha	133.0	16.6	4.1	35.1	188.8
%	70.4	8.8	2.2	18.6	100

**Table 3** Nutrient contents in forest biomass of *Pinus caribaea*

Nutrient	Stem	Branch	Leaf	Root
OC (g/100 g)	49.28	46.20	48.52	41.32
N (g/100 g)	0.21	0.26	1.06	0.26
P (mg/kg)	32.6	102.5	933.9	275.3
K (mg/kg)	437	631	5,539	2,074
Ca (mg/kg)	617	2,573	2,498	211
Mg (mg/kg)	227	394	1,558	39

**Table 4** Nutrient accumulations in forest biomass of *Pinus caribaea*

Nutrient	per 1 rai					per 1 ha				
	Stem	Branch	Leaf	Root	Total	Stem	Branch	Leaf	Root	Total
OC (kg)	10,490	1,229	315	2,323	<b>14,357</b>	65,560	7,684	1,971	14,520	<b>89,734</b>
N (kg)	44.48	7.02	6.88	14.79	<b>73.16</b>	277.99	43.88	42.99	92.41	<b>457.27</b>
P (kg)	0.69	0.27	0.61	1.55	<b>3.12</b>	4.34	1.70	3.79	9.67	<b>19.51</b>
K (kg)	9.31	1.68	3.60	11.66	<b>26.25</b>	58.17	10.50	22.50	72.87	<b>164.03</b>
Ca (kg)	13.13	6.85	1.62	1.19	<b>22.78</b>	82.03	42.79	10.15	7.42	<b>142.39</b>
Mg (kg)	4.83	1.05	1.01	0.22	<b>7.11</b>	30.20	6.54	6.33	1.38	<b>44.45</b>



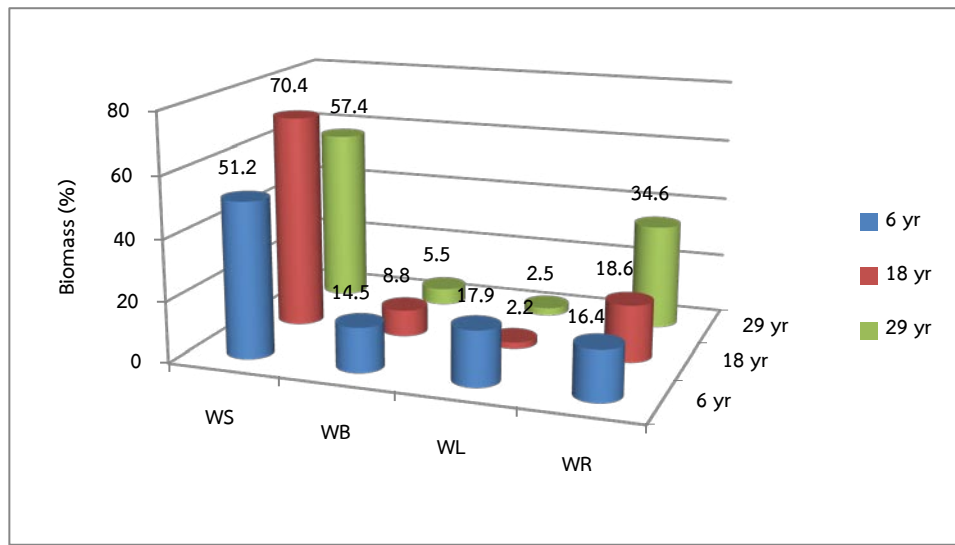


Figure 1 Comparison of forest biomass in different ages of *Pinus caribaea*

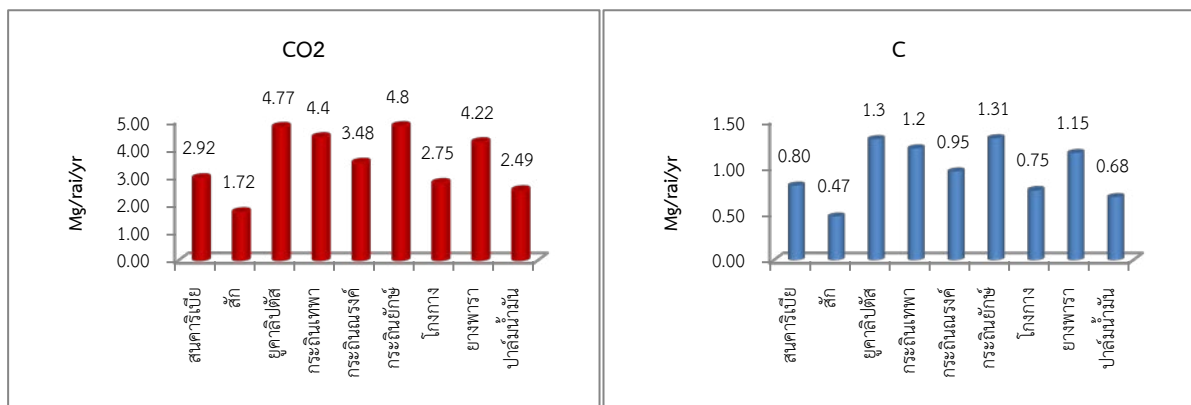


Figure 2 Comparison of carbon and CO<sub>2</sub> accumulations in forest biomass of tree species

### สรุป

ไม้สนคาริเบีย อายุ 18 ปี มีความสูงเฉลี่ย 20.59 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 20.97 เซนติเมตร มีปริมาตรไม้เฉลี่ย 55.98 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มีมวลชีวภาพ 30.2 เมกกะกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และราก เท่ากับ 21.3, 2.7, 0.6 และ 5.6 เมกกะกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพป่าไม้ 14.36 เมกกะกรัมต่อไร่ และการกักเก็บธาตุอาหารอื่นๆ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 73.16, 3.12, 26.25, 22.78 และ 7.11 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การปลูกสร้างสวนป่าสนคาริเบีย ควรใช้พันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว ร่วมกับการจัดการสวนป่าที่ติจะสามารถเพิ่มผลผลิตเนื้อไม้และเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในมวลชีวภาพป่าไม้

### เอกสารอ้างอิง

คณวณศาสตร์ . 2554. คู่มือศักยภาพของพรรณไม้  
สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่  
สะอาดภาคป่าไม้ . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
กรุงเทพฯ. 88 น.

ทัศนีย์ รัตวานิช , อรรณพ อภิชาติบุตร , เพ็ญศรี นาม  
ประเสริฐ , วิจิต สนธิวินช และ รัตนา หม่อมณี .  
2529. เยื่อกระดาษไม้สนคาริเบียและไม้สนโอคา  
ปา. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. 21 หน้า.

พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ . 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียน  
ของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้ . คณวณ  
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ .  
557 น.

สุธี วิสุทธิเทพกุล และ ภิรมย์ ห่อตระกูล. 2531.  
คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว (3).  
เอกสารการประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2531  
สาขาผลิตภัณฑ์ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 13 น.

สมชาย นองเนือง, อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, พงษ์ศักดิ์ ฉัตร  
เตชะ และ จุฑารัตน์ แสงเสถียร . 2555. การ  
ประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพสวนป่าสนคา  
ริเบีย. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและ  
พัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 10 น.

อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สมชาย นองเนือง, สาโรจน์ วัฒน  
สุขสกุล, พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเตชะ , คณิต รัตนวัฒนกุล  
และ จุฑารัตน์ แสงเสถียร. 2555. การประมาณ  
ปริมาตรไม้และมูลค่าสวนป่าไม้สนคาริเบียอายุ 6  
ปี. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา  
ครั้งที่ 9 ระหว่างวันที่ 21-22 มิถุนายน 2555 ณ  
ห้องประชุมชั้น 7 อาคารวิจัยและพัฒนา  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพ. 14 น.

Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982.  
“Nitrogen-total”, p: 595-622. In: A.L. Page  
(ed), *Methods of Soil Analysis Part 2*  
(*Chemical and Microbiological Properties*)

2<sup>th</sup> ed. American Society of Agronomy,  
Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.

Granhof, J.J. 1983a. “Growth and variation in  
*Pinus kesiya* at high elevation in  
Thailand”, p: 2A1-2A27. In: *Thai-Danish  
Cooperation on Eucalyptus and Pine  
Improvement 1969-1980*. Vol. II. Forest  
Research Paper. Silvicultural Research  
Sub-Division, Royal Forest Department,  
Bangkok; and Danish International  
Development Agency (DANIDA),  
Copenhagen.

Granhof, J.J. 1983b. “Growth and variation in  
*Pinus caribaea* (Morelet) at high and low  
elevation and latitude in Thailand”, p:  
2E1-2E52. In: *Thai-Danish Cooperation on  
Eucalyptus and Pine Improvement 1969-  
1980*. Vol. II. Forest Research Paper.  
Silvicultural Research Sub-Division, Royal  
Forest Department, Bangkok; and Danish  
International Development Agency  
(DANIDA), Copenhagen.

Granhof, J.J. and P. Homjeen. 1983. Growth of  
5 coniferous species at high elevation in  
northern Thailand, p: 1A1-1A44. In: Thai-  
Danish cooperation on Eucalyptus and  
Pine Improvement 1969-1980. Vol II:  
Research papers. Silvicultural Research  
Sub-division, Royal Forest Department,  
Bangkok and Danish International  
Development Agency, Copenhagen.

Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982.  
“Lithium, Sodium and potassium”, p: 225-  
245. In: A. Klute (ed.), *Methods of Soil  
Analysis Part 2 (Chemical and*





- Microbiological Properties*) 2<sup>th</sup> ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Lanyon, L.E. and W.R. Heald. 1982. "Magnesium, calcium, strontium and barium", p: 247-260. In: A. Klute (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)* 2<sup>th</sup> ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. "Phosphorus", p:403-427. In: A. Klute (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)*, 2<sup>th</sup> ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Robbins, A.M.J. 1983. *Pinus caribaea* Morelet. Seed Leaflet No. 2. June 1983. DANIDA Forest Seed Center, Humlebaek, Denmark. 21 p.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil Science* 63: 257.