

นิพนธ์ต้นฉบับ

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน การกักเก็บคาร์บอนและปริมาตรพะยุง
ที่ปลูกในสวนป่าในภาคใต้ของประเทศไทย

Aboveground Biomass, Carbon Storage, and Stem Volume of a Siam Rosewood
(*Dalbergia cochinchinensis* Pierre.) Plantation in Southern Thailand

วรพรรณ หิมพานต์*

อารีย์พัชร เพชรรัตน์

ชนิษฐา จันทโชติ

สุพจน์ พวงสุนทร

Woraphun Himmapan*

Areeyapat Petcharat

Chanittha Chuntachot

Supornnee Pongsumtorn

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

Forest Research and Development Office, Royal Forest Department, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: woraphun0901@gmail.com

รับต้นฉบับ 20 ตุลาคม 2565

รับแก้ไข 29 พฤษภาคม 2566

รับลงพิมพ์ 8 มิถุนายน 2566

ABSTRACT

This study presents the aboveground biomass, carbon storage, and stem volume estimations of a *Dalbergia cochinchinensis* plantation in Southern Thailand. The investigation was conducted on an 11-year-old progeny and provenance trial in Surat Thani province and a 6-year-old seed production area in Songkla province. The diameter at breast height (DBH) and height (H) of all the trees were measured and allometric equations were constructed to estimate the biomass through weighting techniques. Ten sample trees were selected based on their DBH class and cut according to a stratified-clip technique, after which, each part of the tree was collected to determine the moisture content and subsequently, the biomass. The carbon storage and carbon dioxide absorbed in the biomass was determined by the equation of the form (carbon = biomass \times 0.47 and carbon dioxide = carbon \times 3.67). The tree volume equation was also constructed from the sampled trees. The stem volume and carbon dioxide absorption of the plantation was estimated by using data collected in a 40 m \times 40 m sample plot.

The results of the 11-year-old *D. cochinnensis* plantation in Surat Thani indicated that the survival percentage was 89.5, the average DBH and height were 10.30 ± 3.97 cm and 12.08 ± 2.79 m, while the annual increment in DBH and H were 0.94 ± 0.36 cm year⁻¹ and 1.10 ± 0.25 m year⁻¹, respectively. The carbon stored in the biomass was 33.07 ton C ha⁻¹ or 121.25 ton CO₂ ha⁻¹ of absorbed CO₂, respectively. The over-bark and under-bark stem volumes were 56.23 m³ ha⁻¹ and 45.61 m³ ha⁻¹, respectively. The survival percentage in the 6-year-old *D. cochinnensis* plantation at Songkla province was 92.0, with the average DBH and H estimated at 7.50 ± 3.09 cm and 6.32 ± 2.02 m, while the annual increments in DBH and H were 1.25 ± 0.51 cm year⁻¹ and 1.07 ± 0.32 m year⁻¹, respectively. The estimated carbon storage in the biomass was 6.72 ton C ha⁻¹ or 24.65 ton CO₂ ha⁻¹ of absorbed CO₂. The over-bark and under-bark stem volumes were 16.82 m³ ha⁻¹ and 9.83 m³ ha⁻¹, respectively. The allometric equations reported in this study, which use only the DBH, can be used to assess the stem volume and carbon dioxide absorption for carbon credits in a plantation.

Keywords: Biomass equation; Carbon storage; *Dalbergia cochinchinensis*; Southern Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน การกักเก็บคาร์บอนและปริมาตรของพะยูนในภาคใต้ ดำเนินการโดยใช้ต้นพะยูนอายุ 11 ปี ในแปลงทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดไม้พะยูน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และต้นพะยูนอายุ 6 ปี ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ จังหวัดสงขลา ในแต่ละพื้นที่ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ทุกต้น ศึกษามวลชีวภาพด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักและนำมาสร้างสมการแอลโลเมตริก ทำการตัดต้นไม้ตัวอย่างจำนวน 10 ต้น ตามชั้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และทำการชั่งน้ำหนักส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ และนำตัวอย่างไปหาความชื้นเพื่อนำมาประมาณค่ามวลชีวภาพ ส่วนการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คำนวณจากสมการ (การกักเก็บคาร์บอน = มวลชีวภาพ \times 0.47 และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ = การกักเก็บคาร์บอน \times 3.67) ทำการสร้างสมการสำหรับประมาณปริมาตรจากต้นไม้ตัวอย่าง ปริมาตรของต้นไม้และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าวิเศษระหว่งจากต้นไม้ในแปลงตัวอย่างขนาด 40 เมตร \times 40 เมตร

ผลการศึกษาพบว่าพะยูนอายุ 11 ปี ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีอัตราการรอดตายร้อยละ 89.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 10.30 ± 3.97 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 12.08 ± 2.79 เมตร ในขณะที่ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 0.94 ± 0.36 เซนติเมตรต่อปี และ 1.10 ± 0.25 เมตรต่อปี ตามลำดับ มีการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 33.07 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 121.25 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ปริมาตรเหนือเปลือกและปริมาตรใต้เปลือกเท่ากับ 56.23 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์และ 45.61 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ การรอดตายของพะยูนอายุ 6 ปี ที่จังหวัดสงขลา เท่ากับร้อยละ 92.0 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 7.50 ± 3.09 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 6.32 ± 2.02 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 1.25 ± 0.51 เซนติเมตรต่อปี และ 1.07 ± 0.32 เมตรต่อปี ตามลำดับ มีการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.72 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์และ 24.65 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีปริมาตรเหนือเปลือกและปริมาตรใต้เปลือกเท่ากับ 16.82 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์และ 9.83 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ตามลำดับ สมการแอลโลเมตริกที่ได้จากการศึกษานี้ที่ใช้เพียงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นปัจจัยเดียวจะอำนวยความสะดวกในการประเมินปริมาตรลำต้นและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการซื้อขายคาร์บอนในสวนป่าของเกษตรกรต่อไป

คำสำคัญ : สมการมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน พะยูน ภาคใต้ของประเทศไทย

คำนำ

ในขณะที่ประชากรทั่วโลกกำลังตระหนักถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาโลกร้อนที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงในปัจจุบัน การซื้อขายคาร์บอนเป็นเรื่องที่น่าสนใจทั่วโลกเช่นเดียวกัน ตามที่ทราบกันเป็นอย่างดีว่า ระบบนิเวศป่าไม่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และนำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ ทั้งในส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดิน (Thongfak *et al.*, 2013) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนขึ้นกับปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ (Nualngam and Wachrinrat, 2000) ในทุกวันนี้การปลูกต้นไม้ไม่เพียง

เพื่อการซื้อขายเนื้อไม้หรือการนำไม้ไปใช้ประโยชน์เพียงอย่างเดียว แต่ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังสามารถซื้อขายกันได้ด้วย ทำให้เกษตรกรทั่วไปเริ่มให้ความสนใจกับการประมาณคาร์บอนในสวนป่าของตนเอง ส่งผลให้สมการสำหรับการประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ยังไม่ครอบคลุมกับไม้ทุกชนิด และ/หรือยังเป็นสมการที่ใช้เฉพาะพื้นที่ ดังนั้นการศึกษาเพื่อการสร้างสมการแอลโลเมตริกสำหรับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้มีความหลากหลายทั้งในเรื่องชนิดไม้ อายุ และพื้นที่ปลูกจึงมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น

พะยุง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) อยู่ในวงศ์ Fabaceae เป็นไม้ต้นกึ่งผลัดใบ ขนาดกลางถึงใหญ่ สูงได้ถึง 25 เมตร โดยมากจะมีพุ่มใบกว้าง แตกกิ่งก้านเป็นแขนงแยกย่อยจากกิ่งใหญ่ ตามสภาพธรรมชาติพบขึ้นอยู่ทั่วไปในป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้งทั่วไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 100-200 เมตร พะยุงมีเนื้อแข็ง สีสนและลวดลายไม้มีความสวยงาม มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงในตลาด จึงทำให้เกิดความต้องการมาก (Liengsiri *et al.*, 1993) การปลูกไม้พะยุงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการลดลงของไม้พะยุงในป่า และระหว่างที่ยังไม่สามารถตัดฟันเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้น การกักเก็บคาร์บอนอาจทำให้เกิดรายได้จากคาร์บอนเครดิตได้อีกด้วย การศึกษาที่ผ่านมาพบเพียงการศึกษาของ Pinthong *et al.*, 2017 ซึ่งทำการศึกษาในพะยุงอายุ 30 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยหมีสี จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของพะยุง หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพะยุง พะยุงเริ่มเป็นไม้เศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากในปัจจุบัน แม้กระทั่งในพื้นที่ภาคใต้ซึ่งไม่ได้เป็นพื้นที่กระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของพะยุง การเติบโตและผลผลิตของพะยุงในภาคใต้จึงควรมีการศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรต่อไป

การศึกษารุ่นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการประมาณมวลชีวภาพเพื่อประมาณการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าพะยุงในภาคใต้ รวมไปถึงสร้างสมการประมาณปริมาตรลำต้นของพะยุง โดยทำการศึกษาในสวนป่าพะยุงอายุ 11 ปี ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี และพะยุงอายุ 6 ปี ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสงขลา ซึ่งทั้ง 2 พื้นที่ เป็นสวนป่าของกรมป่าไม้ เพื่อให้เกิดความหลากหลายทั้งในเรื่องอายุและพื้นที่ ซึ่งสมการที่ได้จากการศึกษานี้ เกษตรกรหรือประชาชนทั่วไปสามารถนำไปใช้ ในการประเมินผลผลิตในรูปของปริมาตรลำต้น การกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สวนป่าพะยุงที่อยู่ในภาคใต้ที่มีอายุและลักษณะพื้นที่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งเป็นข้อมูลสำหรับการส่งเสริมการปลูกสวนป่าพะยุงและสนับสนุนการซื้อขายคาร์บอนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

ทำการศึกษาใน 2 พื้นที่ ซึ่งเป็นแปลงทดลองของกรมป่าไม้ ได้แก่ แปลงทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดไม้พะยุงเพื่อการปลูกป่าเชิงเศรษฐกิจ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยบ้านตาขุน อำเภอบ้านตาขุน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งอยู่ในพื้นที่ของเขื่อนรัชชประภา บ้านตาขุนมีสภาพพื้นที่ราบเชิงเขาและมีภูเขาสูงคดเคี้ยวล้อมรอบพื้นที่ สภาพภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมร้อนชื้น 3 ฤดู (Bantakhun, 2023) พะยุงในแปลงทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดปลูกปี พ.ศ. 2555 ระยะปลูก 2 เมตร x 4 เมตร พื้นที่ที่สอง ได้แก่ แปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ ที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 9 (สงขลา) อำเภอบางใหญ่ จังหวัดสงขลา ลักษณะภูมิประเทศของอำเภอบางใหญ่ โดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มกว้างใหญ่ ตั้งอยู่ในเขตอิทธิพลของลมมรสุมเมืองร้อน มีลมมรสุมพัดผ่านประจำปีคือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงกลางเดือนมกราคม และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม จากอิทธิพลของลมมรสุมดังกล่าวส่งผลให้มี ฤดูกาลเพียง 2 ฤดู คือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม และฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนมกราคม (Songkhla Province, 2023) พะยุงในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ ปลูกปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูก 4 เมตร x 4 เมตร ทั้งสองแปลงเป็นแปลงที่เริ่มจากการทดลอง การดูแลรักษาดำเนินการเพียงการกำจัดวัชพืชประจำปี ไม่ได้มีการดำเนินการทางวนวัฒนวิธี เช่น การลิดกิ่ง หรือการตัดขยายระยะ แต่อย่างใด

การเก็บข้อมูล

1. ทำการวัดข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height: DBH) และความสูง (height: H) ของพะยุงทุกต้นในพื้นที่ ทำการคัดเลือกต้นจากขนาด DBH ที่เป็นตัวแทนจากการจัดอัตราภาคขึ้นของค่า DBH จำนวน 10 ต้น จากแปลงทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดไม้พะยุงเพื่อการปลูกป่าเชิงเศรษฐกิจ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจำนวน 10 ต้น ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ ในจังหวัดสงขลา ทำการตัดต้นไม้ตัวอย่างให้

ชิดติดดินมากที่สุด แยกส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ออกเป็น ใบ กิ่ง ลำต้น ส่วนที่เป็นลำต้น ทำการวัดและหมายท่อนที่ ตำแหน่ง 0.30 เมตร 1.30 เมตร และทุก 1 เมตร ได้แก่ 2.30 เมตร 3.30 เมตร จนถึงปลายยอด ทำการวัดขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่าง ๆ ที่หมายไว้ เพื่อนำมาใช้ คำนวณหาปริมาตรของลำต้น นำส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ใบ กิ่ง ลำต้น มาชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักสดทั้งหมด และเก็บตัวอย่างส่วนลำต้น ใบ และกิ่ง ประมาณ 500 กรัม นำมาชั่งหาน้ำหนักสดของตัวอย่าง และเก็บใส่ถุงกระดาษ นำมาที่ห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างแต่ละส่วนของแต่ละต้น เข้าอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างจะคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเพื่อคำนวณหาค่าความชื้น ของตัวอย่าง

2. คำนวณหาค่าความชื้นของตัวอย่างและการหา น้ำหนักแห้ง จากสมการ (Pitprecha *et.al.*, 1987) เปอร์เซ็นต์ความชื้น

$$= \frac{\text{น้ำหนักสดตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสดทั้งหมด}}{100 + \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}}$$

3. สร้างสมการประมาณมวลชีวภาพในรูปแบบ แอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปของสมการ ยกกำลัง (power equation) ของมวลชีวภาพของแต่ละ ส่วนกับขนาดของต้นไม้ (DBH และ H) จากสมการ (Sahunalu, 2009)

$$Y = aX^b$$

โดย Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนเหนือ พื้นดิน (กิโลกรัม)

X = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) และ ความสูง (เมตร)

a และ b เป็นค่าคงที่ของสมการ

ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของ ต้นไม้กับขนาดของต้นไม้ (DBH และ H) ในรูปแบบ แอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปของสมการ ยกกำลัง (power equation) ทางวิชาการป่าไม้ สมการ

แอลโลเมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของ ส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ร่วมกับความสูง ($DBH^2 \times H$) และเพื่อให้เกิดความสะดวก ต่อการนำสมการไปใช้ของเกษตรกรหรือประชาชนทั่วไป การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างสมการที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เพียงอกเพียงปัจจัยเดียวด้วย เนื่องจากสะดวกต่อการวัด สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือธรรมดา ไม่ต้องทำการวัดความสูง ซึ่งต้องใช้เครื่องมือเฉพาะ ไม่สะดวกและอาจเกิดความ คลาดเคลื่อนในการวัด

4. คำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากสมการที่ได้ แล้วนำไปคำนวณค่าการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดย Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) ได้กำหนดว่าประมาณ ร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพของต้นไม้เป็นคาร์บอน และแปลงค่าการกักเก็บคาร์บอนเป็นการดูดซับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์โดยการนำค่าสัดส่วนระหว่าง คาร์บอนไดออกไซด์ (มวลโมเลกุลเท่ากับ 44) และ คาร์บอน (มวลโมเลกุลเท่ากับ 12) คือ 44/12 หรือ 3.67 คูณ กับคาร์บอน (Environmental Research and Training Center, 2018) จากสมการ

$$C = Y \times 0.47$$

$$CO_2 = C \times 3.67$$

โดย C = การกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัมคาร์บอน)

Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วน เหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

CO_2 = การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์)

0.47 คือ ค่าสัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพ ตาม IPCC (2006)

3.67 คือ ค่าคงที่ที่คิดจากน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์

5. คำนวณปริมาตรของต้นไม้ตัวอย่าง โดยใช้ Samalian's formula (León and Uranga-Valencia, 2013) โดยจะแยกส่วนของไม้ท่อนตั้งแต่โคนไปถึงตำแหน่ง สูงสุดที่วัดขนาดเส้นรอบวงได้ ใช้สมการปริมาตรของรูป ทรงกระบอก และส่วนปลายยอดสุด ใช้สมการปริมาตร

ของรูปทรงกรวย และนำมารวมกันเป็นปริมาตรทั้งหมดของลำต้น และนำข้อมูลปริมาตรกับมิติของต้นไม้ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกรวมกับความสูงของต้นไม้ ($DBH^2 \times H$) มาสร้างสมการความสัมพันธ์ ในรูปของสมการยกกำลัง และเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการนำสมการไปใช้ของเกษตรกรหรือประชาชนทั่วไป การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างสมการที่ใช้ค่า DBH เพียงปัจจัยเดียวด้วยเช่นกัน จากสมการ

$$Y=aX^b$$

โดย Y = ปริมาตรส่วนลำต้นของต้นไม้ (ลูกบาศก์เมตร)

X = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) และ ความสูง (เมตร)

a และ b เป็นค่าคงที่ของสมการ

6. วางแปลงตัวอย่างขนาด 40 เมตร x 40 เมตร ทำการนับจำนวนต้นไม้ เพื่อหาค่าอัตราการรอดตาย ใช้ข้อมูล DBH และ H คำนวณมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาตรของต้นไม้ จากสมการที่สร้างขึ้นเพื่อให้ได้ค่าต่อหน่วยพื้นที่

ผลและวิจารณ์

การเติบโตของพะยูน

พะยูนอายุ 11 ปี ในแปลงทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ต้นไม้ที่เหลืออยู่ในพื้นที่ 1 ไร่ เท่ากับ 179 ต้น หรือคิดเป็นอัตราการรอดตาย ร้อยละ 89.5 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 10.30 ± 3.97 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 12.08 ± 2.79 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 0.94 เซนติเมตรต่อปี และ 1.10 เมตรต่อปี ตามลำดับ ส่วนพะยูนอายุ 6 ปี ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ จังหวัดสงขลา มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 92 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 7.50 ± 1.25 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 6.32 ± 1.05 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 1.25 เซนติเมตรต่อปี และ 1.05 เมตรต่อปี ตามลำดับ

การเติบโตของพะยูนที่มีการศึกษามาก่อน พบว่าพะยูนอายุ 1, 2 และ 4 ปี มีความสูง เท่ากับ 23.34, 48.39 เซนติเมตร และ 440 เซนติเมตร ตามลำดับ (ความเพิ่มพูน

เฉลี่ยรายปี เท่ากับ 0.23 เมตรต่อปี 0.24 เมตรต่อปี และ 1.10 เมตรต่อปี ตามลำดับ) ในขณะที่พะยูนอายุ 5 ปี มีความโต และความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.01 เซนติเมตร (1.0 เซนติเมตรต่อปี) และ 4.82 เมตร (0.96 เมตรต่อปี) ตามลำดับ ส่วนพะยูนอายุ 22 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 23.80 เซนติเมตร และ 18.64 เมตร ตามลำดับ หรือ 1.08 เซนติเมตรต่อปี และ 0.85 เมตรต่อปี (Mungkalarat and Kanchanaburangura, n.d.; Tiyanon and Tiyanon, n.d.; Sonngai *et al.*, 1988) การศึกษาของ Visaratana *et al.* (2016) พบว่าพะยูนที่ปลูกที่สถานีวิจัยพัฒนาวิชัยภูมิ จังหวัดนครราชสีมา ช่วงอายุ 20-30 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยระหว่าง 14.41-23.27 เซนติเมตร ส่วนพะยูน 5 ถิ่นกำเนิด ได้แก่ เขาใหญ่ มหาสารคาม มวกเหล็ก ศรีสะเกษ และดงลาน อายุ 30 ปี มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 0.70-0.78 เซนติเมตรต่อปี และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านความสูงเท่ากับ 0.68-0.72 เมตรต่อปี (Pinthong *et al.*, 2017) ในขณะที่ Meunpong (2016) กล่าวว่า พะยูนที่ปลูกในรูปแบบสวนป่ามีการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.94 เซนติเมตรต่อปี และความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.76 เมตรต่อปี จัดเป็นไม้ที่มีอัตราการเติบโตปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้พบว่า พะยูนที่ปลูกในจังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดสงขลา มีความเพิ่มพูนรายปีมีแนวโน้มค่าสูงกว่าพะยูนที่ปลูกในที่อื่น ทั้งนี้เนื่องมาจากการปลูกในภาคใต้ซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศชื้นหรือมีช่วงฤดูฝนที่ยาวนานกว่าภาคอื่น แต่เนื่องจากภาคใต้ไม่ได้เป็นพื้นที่กระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของพะยูน ลักษณะของเนื้อไม้และการเกิดแก่นต้องทำการศึกษาและเก็บข้อมูลต่อไป เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรในการเลือกปลูกพะยูนในภาคใต้

มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษาได้ Allometric equations แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้กับค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกรวมกับความสูง ($DBH^2 \times H$) พบว่าสมการที่ได้มีค่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of multiple determination: R^2)

สูงกว่า 0.90 ทุกสมการ ยกเว้นสมการประมาณมวลชีวภาพของใบของพะยูนที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีที่มี R^2 เท่ากับ 0.8311 เนื่องจากในแปลงต้นไม้มีความสูงและเรือนยอดเบียดชิดกันมาก แต่ยังไม่ได้ทำการตัดขยายระยะ ทำให้ต้นที่มีความสูงมากไม่ได้มีปริมาณใบมาก การใช้ค่าความสูงมารวมในสมการจึงทำให้ได้ค่า R^2 ต่ำกว่าสมการอื่น ๆ และจากประสบการณ์ของการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อการวิจัยพบว่า การวัดความสูงทำได้ยาก ต้องใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และอาจเกิดความผิดพลาดได้มาก รวมทั้งสมการที่สร้างขึ้นเพื่อต้องการให้เกษตรกรหรือประชาชนทั่วไปสามารถนำไปใช้งานได้สะดวก สามารถวัดข้อมูลได้ด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องทำการวัดความสูง ในการศึกษาค้างนี้จึงได้สร้างสมการประมาณมวลชีวภาพโดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวด้วย แม้ว่าสมการจะให้ค่า R^2 น้อยกว่าการใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวร่วมกับความสูง แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Table 1)

เมื่อใช้ Allometric equation ที่ใช้เฉพาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวมาประมาณมวลชีวภาพส่วนที่

เป็นลำต้น กิ่ง และใบ พะยูนอายุ 11 ปี ในแปลงทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิด จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าเท่ากับ 44.91, 23.15 และ 2.31 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อรวมส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 70.36 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนพะยูนอายุ 6 ปี ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ จังหวัดสงขลา มีค่าเท่ากับ 9.40, 4.00 และ 0.99 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อรวมส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 14.40 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มวลชีวภาพส่วนใหญ่อยู่ในส่วนของลำต้น รองลงไปคือส่วนของกิ่งและใบ ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณหาค่าการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดไม้พะยูน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าเท่ากับ 33.07 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 121.25 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ส่วนพะยูนในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ จังหวัดสงขลา มีค่าเท่ากับ 6.77 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 24.81 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Allometric equations for estimating the aboveground biomass of a 10-year-old *Dalbergia cochinchinensis* plantation in Surat Thani province and 6-year-old *D. cochinchinensis* plantation in Songkla province.

Study site	Allometric equation	R^2
10-year-old Surat Thani province	$W_S = 0.0182 \times (DBH^2 \times H)^{1.0462}$	0.9981
	$W_B = 0.0026 \times (DBH^2 \times H)^{1.1746}$	0.9188
	$W_L = 0.0004 \times (DBH^2 \times H)^{1.1417}$	0.8311
	$W_{AG} = 0.0218 \times (DBH^2 \times H)^{1.0643}$	0.9609
	$W_S = 0.0408 \times DBH^{2.8129}$	0.9088
	$W_B = 0.0050 \times DBH^{3.3579}$	0.9811
	$W_L = 0.0006 \times DBH^{3.2879}$	0.9482
	$W_{AG} = 0.0447 \times DBH^{2.9421}$	0.9666
6-year-old Songkla province	$W_S = 0.0433 \times (DBH^2 \times H)^{0.9243}$	0.9784
	$W_B = 0.0088 \times (DBH^2 \times H)^{1.0281}$	0.9649
	$W_L = 0.0104 \times (DBH^2 \times H)^{0.8151}$	0.9717
	$W_{AG} = 0.0737 \times (DBH^2 \times H)^{0.9003}$	0.9822
	$W_S = 0.0751 \times DBH^{2.5333}$	0.9898
	$W_B = 0.0141 \times DBH^{2.8942}$	0.9547
	$W_L = 0.0185 \times DBH^{2.1573}$	0.9342
	$W_{AG} = 0.1147 \times DBH^{2.5649}$	0.9679

Remarks : W_S = Biomass of stem (kg)

W_L = Biomass of leaf (kg)

DBH = Diameter at breast height (cm)

W_B = Biomass of branch (kg)

W_{AG} = Biomass of aboveground (kg)

H = Total height (m)

Table 2 Biomass, carbon storage, and CO₂ absorption of the 10-year-old *Dalbergia cochinchinensis* plantation in Surat Thani province and the 6-year-old *D. cochinchinensis* plantation in Songkha province.

Study site	Tree part	Biomass (ton ha ⁻¹)	Carbon storage (ton C ha ⁻¹)	CO ₂ absorption (ton CO ₂ ha ⁻¹)
10-year-old at Surat Thani province	Stem	44.91	21.11	77.39
	Branch	23.15	10.88	39.89
	Leaf	2.31	1.08	3.97
	Total	70.36	33.07	121.25
6-year-old at Songkha province	Stem	9.40	4.42	16.19
	Branch	4.00	1.88	6.90
	Leaf	0.99	0.47	1.71
	Total	14.40	6.77	24.80

เนื่องจากการศึกษามวลชีวภาพในพะยูน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพะยูนที่มีอายุน้อยและยังไม่เกิดแก่น มีน้อยมากเท่าที่ผ่านมามีเพียงการศึกษาในพะยูนอายุมากซึ่งมีแก่นแล้ว เช่น การศึกษาพะยูนอายุ 30 ปี ในแปลงทดลองที่สถานีวนวัฒนวิจัยหมู่สี่ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพบว่ามวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นของพะยูนจากถิ่นกำเนิดดงลานมีค่าสูงที่สุดคือ 124.63 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก ศรีสะเกษ เขาใหญ่ และมหาสารคามเท่ากับ 86.67 ตันต่อเฮกตาร์ 82.04 ตันต่อเฮกตาร์ 81.68 ตันต่อเฮกตาร์ และ 40.56 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Pinthong *et al.*, 2017) และการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพในส่วนเหนือพื้นดินของพะยูนอายุ 26 ปี และ 28 ปี ในแปลงปลูก ณ สถานีวนวัฒนวิจัยสระเกษ จังหวัดนครราชสีมา ที่พบว่าพะยูนอายุ 26 ปี และพะยูน 28 ปี มีปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเท่ากับ 134.41 ตันต่อเฮกตาร์ และ 114.60 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และทั้ง 2 ช่วงอายุจะมีปริมาณมวลชีวภาพในส่วนของลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือส่วนของกิ่งและใบตามลำดับ ส่วนศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนพะยูนอายุ 26 ปี และอายุ 28 ปี เท่ากับ 131.42 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 108.24 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยส่วนที่มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดคือส่วนของลำต้น รองลงมาคือส่วนของกิ่งและใบ (Suwannarat *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตามทุกการศึกษาพบว่ามวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นมีค่าสูง

มากกว่าส่วนที่เป็นกิ่งและใบเช่นเดียวกันกับผลของการศึกษาในครั้งนี้

ปริมาตรลำต้นของพะยูน

จากการเก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงต่าง ๆ สามารถนำมาหาปริมาตรส่วนลำต้นทั้งปริมาตรเหนือเปลือก (ปริมาตรรวมเปลือก) และปริมาตรใต้เปลือกของพะยูน โดยสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับปริมาตรเหนือเปลือกและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับปริมาตรใต้เปลือกของพะยูนอายุ 11 ปี ในทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิด จังหวัดสุราษฎร์ธานี และพะยูนอายุ 6 ปี ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ จังหวัดสงขลา มีค่า R² สูงกว่า 0.90 ทุกสมการ สมการที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นปัจจัยเดียว มีค่า R² สูงเช่นเดียวกัน เกษตรกรหรือประชาชนทั่วไปสามารถนำไปใช้ในการประมาณผลผลิตในรูปของปริมาตรลำต้นของพะยูนในสวนป่าของตัวเองได้สะดวก (Table 3) และเมื่อนำสมการที่ได้ประมาณปริมาตรของพะยูนในพื้นที่ศึกษาพบว่า พะยูนอายุ 11 ปี ในทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิด จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีปริมาตรเหนือเปลือกและปริมาตรใต้เปลือกเท่ากับ 56.23 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ และ 45.61 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และพะยูนอายุ 6 ปี ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ จังหวัดสงขลา มีปริมาตรเหนือเปลือกและปริมาตรใต้เปลือกเท่ากับ 16.82 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์

และ 9.83 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ จากการศึกษาเพื่อสร้างตารางปริมาตรไม้ท้องถิ่นที่ทำเป็นสินค้าได้ของไม้พะยูนในสวนป่าท่ากุ่มโนโบรุ อุเมตะ จังหวัดตราด พบว่าปริมาตรของไม้พะยูนขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้ร้อยละ

94.2 และร้อยละ 5.8 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่น ๆ เช่น แหล่งไม้ (site) ระยะปลูก (spacing) (Wongnam and Prasomsin, 2020) เนื่องจากการศึกษาเพื่อสร้างสมการประมาณปริมาตรไม้ซึ่งต้องการตัดไม้ซึ่งไม่มีไม้ค่า ทำให้การศึกษาเรื่องปริมาตรของไม้พะยูนยังมีจำกัด

Table 3 Allometric equations for estimating the stem volume of the 10-year-old *Dalbergia cochinchinensis* plantation in Surat Thani province and 6-year-old *D. cochinchinensis* plantation in Songkla province.

Plantation		Allometric equation	R ²
10-year-old at Surat Thani province	V _{over bark}	= 0.00009 × (DBH ² × H) ^{0.8991}	0.9861
	V _{under bark}	= 0.00008 × (DBH ² × H) ^{0.8707}	0.9694
	V _{over bark}	= 0.0001 × DBH ^{2.5545}	0.9822
	V _{under bark}	= 0.0001 × DBH ^{2.4735}	0.9742
6-year-old at Songkla province	V _{over bark}	= 0.00010 × (DBH ² × H) ^{0.8229}	0.9723
	V _{under bark}	= 0.00009 × (DBH ² × H) ^{0.8520}	0.9731
	V _{over bark}	= 0.0002 × DBH ^{2.3569}	0.9866
	V _{under bark}	= 0.0001 × DBH ^{2.4264}	0.9887

Remarks: V_{over bark} = over-bark stem volume (m³) V_{under bark} = under-bark stem volume (m³)
 DBH = Diameter at breast height (cm) H = Total height (m)

สรุปผลการศึกษา

พะยูนอายุ 11 ปี ในทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิด จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 10.30±3.97 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 12.08±2.79 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 0.94±0.36 เซนติเมตรต่อปี และ 1.10±0.25 เมตรต่อปี ตามลำดับ มีการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 33.07 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 121.25 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีปริมาตรเนื้อเปลือกและปริมาตรได้เปลือกเท่ากับ 56.23 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์และ 45.61 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

พะยูนอายุ 6 ปี ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ จังหวัดสงขลา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 7.50±3.09 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 6.32±2.02 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 1.25±0.51 เซนติเมตรต่อปี และ 1.07±0.32 เมตรต่อปี ตามลำดับ มีการกักเก็บคาร์บอน

และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.77 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์และ 24.81 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ในทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดมีปริมาตรเนื้อเปลือกและปริมาตรได้เปลือกเท่ากับ 16.82 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์และ 9.83 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

สมการประมาณมวลชีวภาพที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้ประมาณมวลชีวภาพเพื่อการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งสมการสำหรับการประมาณปริมาตรของพะยูนสามารถนำไปใช้ประมาณปริมาตรของพะยูนในสวนป่าที่ปลูกในพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งสมการที่ใช้เพียงค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นตัวแปรเพียงค่าเดียวเป็นทางเลือกสำหรับการนำไปใช้ เนื่องจากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกทำได้ง่าย โดยเครื่องมือที่ทำได้ทั่วไป ในขณะที่การวัดความสูง ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะ และยากต่อการวัดให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ หากค่าที่ได้มีความถูกต้องน้อย การนำมาใช้ในสมการอาจทำให้ได้ผลผลิตที่

ตลาดเคลื่อนได้ อย่างไรก็ตามเกษตรกรสามารถเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการประมาณผลผลิตในการซื้อขายเนื้อไม้ และใช้เป็นข้อมูลประกอบในการซื้อขายคาร์บอนเครดิตต่อไปในอนาคตได้

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นไม้พะยูนที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดสงขลาเพียง 2 พื้นที่ และ 2 ชั้นอายุ ไม่อาจกล่าวได้ว่าสมการนี้จะนำไปใช้ได้ในทุกสวนป่า ทุกขนาดหรือทุกช่วงชั้นอายุ เพียงแต่เป็นสมการที่เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับนำไปใช้ในการประเมินพะยูนที่ปลูกในภาคใต้ได้ ควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นให้ครอบคลุมลักษณะพื้นที่และชั้นอายุมากยิ่งขึ้นจนมีข้อมูลเพียงพอจะสามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหาสมการที่สามารถใช้ได้ในส่วนป่าพะยูนได้หลายหลายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้เนื่องจากราคาและการซื้อขายพะยูนในปัจจุบันจะใช้ปริมาตรของแก่นเป็นหลัก แต่จากการศึกษาครั้งนี้จากการสังเกตไม้เมื่อตัดออกเป็นท่อนสังเกตพบมีการเกิดแก่นในส่วนที่ชิดดินและสูงไม่ถึง 10 เซนติเมตรจากพื้นดินและมีปริมาณน้อยมาก จึงควรมีศึกษาเพื่อติดตามการเติบโตและการเกิดแก่น รวมถึงคุณสมบัติของเนื้อไม้ของพะยูน เมื่อมีอายุมากขึ้นหรือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการส่งเสริมการปลูกพะยูนในภาคใต้ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติของพะยูนต่อไป

คำนิยาม

งานวิจัยฉบับนี้เป็นโครงการวิจัยหนึ่งของกรมป่าไม้ และได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (วช.) คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหารทุกระดับของกรมป่าไม้ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้

REFERENCES

Bantakhun. 2023. **General Condition and Basic Information.** <https://www.bantakhun.go.th/files/general.pdf>. 7 February 2023. (in Thai)

Environmental Research and Training Center. 2018. **Development the Calculating Carbon**

Stock Carbon Exchange Process. Final Report, Environmental Research and Training Center, Department of Environmental Quality Promotion. Bangkok, Thailand. (in Thai)

IPCC. 2006. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use.** The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.

León, G.C., Uranga-Valencia, L.P. 2013. Theoretical evaluation of Huber and Smalian methods applied to tree stem classical geometries. **Bosque**, 34(3): 311-317.

Liengsiri, C., Tiyanon, P., Surbkar, A., Kittibunpacha, S. 1993. Prayoong. In: **Document for Forest Tree Planting.** Royal Forest Department, Bangkok, Thailand, pp. 143-150. (in Thai)

Meunpong, P. 2016. *Dalbergia cochinchinensis*: from the cattle corral fence to the forbidden city. In: **The 8th Decade, Forestry, Science of Life.** Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, pp. 143-150. (in Thai)

Mungkalarat, C., Kanchanaburangura, C. n.d. **Seedling Seed Orchard Establishment of *Dalbergia cochinchinensis* by the Progeny Trial.** Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)

Nualngam, S., Wachrinrat, C. 2000. Role of reforestation on carbon sink at Re-afforestation Research and Training Station, Changwat Nakhon Ratchasima. **Thai Journal of Forestry**, 19-21(1): 96-103. (in Thai)

Pinthong, A., Visaratana, T., Hutasangchai, C., Meunpong, P., Diloksumpun, S. 2017.

- Estimation of heartwood and carbon storage of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre at Mu Si Silvicultural Research Station, Nakhon Ratchasima province. **Thai Journal of Forestry**, 36(2): 46-54. (in Thai)
- Pitpreecha, K., Visaratana, T., Kiratiprayoon, S., Viriyabuncha, C. 1987. **Evaluation the Biomass and Stem Volume of *Eucalyptus camaldulensis***. Technical document 18. Royal Forest Department. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sahunalu, P. 2009. Evaluation the biomass of plant and forest. **Journal of Forest Management**, 3(5): 63-88. (in Thai)
- Songkhla Province. 2023. **Terrain and Climate**. <https://www.songkhla.go.th/content/geography>, 7 February 2023. (in Thai)
- Songngai, A., Boontavee, B., Wutthiwichan, T. 1988. Demonstration Forest Plantation. In: **Proceedings of the 4th of Silvicultural Seminar**. Chonburi, Thailand, pp. 225-240. (in Thai)
- Suwannarat, G., Tumthong, M., Sathitpoom, P., Phochathihansa, O. 2015. **Biomass and Carbon Storage in Aboveground of Siamese rosewood (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) Base on Allometric Principle**. Final report, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thongfak, C., Diloksumpun, S., Wachrinrat, C., Chumsangri, T. 2013. Biomass and carbon storage in biomass of teak planted at Thong Pha Phum plantation, Kanchanaburi province. In: **Proceedings of the 9th of Silvicultural Seminar: Silvicultural Forest restoration according to His Majesty's initiative**. Bangkok, Thailand, pp. 221-231. (in Thai)
- Tiyanon, P., Tiyanon, S. n.d. **The Study of *Dalbergia cochinchinensis* Planted by Bag-seedling, Bare-rooted Seedling and Sprout at Phitsanulok Tree Plant Research Station**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Visaratana, T., Pinthong, A., Hutasangchai, C. 2016. Heartwood estimation of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre in the Royal Forest Department plantation. In: **Proceedings of the 10th of Silvicultural Seminar: Plantation towards Thailand's Eco-Economy**. Bangkok, Thailand, pp. 33-50. (in Thai)
- Wongnam, P., Prasomsin, P. 2020. Local Merchantable Volume Table of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre: A Case Study at the Tha Kum Noboru Umeda Plantation, Trat Province. **Thai Journal of Forestry**, 39(2): 164-175. (in Thai)