



รายงานฉบับสมบูรณ์

**การศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน
ในไม้วงศ์ยางและไม้เศรษฐกิจท้องถิ่นบางชนิด**

**Study of Biomass and Carbon Sequestration
in Dipterocarpaceae and Indigenous
Economic Tree Species**

ส่วนนวนิพนธ์วิจัย

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

2566



การศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในไม้วงศ์ยางและไม้เศรษฐกิจ
ท้องถิ่นบางชนิด

Study of Biomass and Carbon Sequestration in
Dipterocarpaceae and Indigenous Economic Tree Species

นางสุพรรณิ	พวงสุนทร	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ
นางวรพรรณ	หิมพานต์	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ
นางสาวอารียาพัชร	เพชรรัตน์	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ
นางชนิษฐา	จันทโชติ	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการ

ส่วนงานวิจัย
สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
2566

บทคัดย่อ

การศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนของในไม้วงศ์ยางและไม้เศรษฐกิจท้องถิ่นบางชนิด ดำเนินการในแปลงทดลองปลูกของกรมป่าไม้ ได้แก่ ตะเคียนทอง อายุ 24 ปี เคี่ยม อายุ 27 ปี และยางนา อายุ 23 และ 24 ปี ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้สมการแอลโลเมตรีที่สร้างขึ้นจากตัวแทนต้นไม้ในแต่ละแปลง ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ทุกต้น คัดเลือกต้นไม้ตัวอย่างแต่ละชนิด จำนวน 10 ต้น (ยางนา 2 อายุ ทำชั้นอายุละ 5 ต้น) ตามชั้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ทำการตัดต้นไม้ แยกส่วนต่าง ๆ ออกเป็น ใบ กิ่ง และลำต้น ชั่งน้ำหนักและเก็บตัวอย่างไปหาความชื้น เพื่อทำการประมาณค่ามวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คำนวณจากสมการ (ปริมาณคาร์บอน = มวลชีวภาพ $\times$ 0.47 และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ = ปริมาณคาร์บอน $\times$ 3.67)

ผลการศึกษาพบว่า ตะเคียนทอง มีอัตราการรอดตายของ ร้อยละ 72.00 มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 14.09 ± 4.26 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 10.94 ± 2.78 เมตร เคี่ยม มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 68.00 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 15.98 ± 6.35 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 18.75 ± 3.36 เมตร ยางนา อายุ 23 ปี มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 69.00 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 21.76 ± 6.50 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 20.24 ± 4.23 ส่วนยางนา อายุ 24 ปี มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 74.00 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 16.51 ± 4.77 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 16.55 ± 4.00 เมตร

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของตะเคียนทอง เคี่ยม และยางนา อายุ 23 และ 24 ปี มีค่าเท่ากับ 139.26 ตันต่อเฮกตาร์, 101.4426 ตันต่อเฮกตาร์, 245.63 26 ตันต่อเฮกตาร์และ 120.65 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนการกักเก็บคาร์บอนของ มีค่าเท่ากับ 65.4571 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์, 47.6871 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์, 115.44 71 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 56.71 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ สมการแอลโลเมตริกสำหรับประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากการศึกษาครั้งนี้ นอกจากการใช้ปัจจัยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงตามหลักวิชาการแล้ว ยังมีสมการที่ใช้เฉพาะค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพียงปัจจัยเดียว เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับเกษตรกรและประชาชนทั่วไปในการนำไปประมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับการซื้อขายคาร์บอนเครดิตต่อไป

คำสำคัญ : ตะเคียนทอง เคี่ยม ยางนา มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน

Abstract

The allometric equation for estimating the aboveground biomass of 3 Dipterocarpaceae and indigenous economic tree species were conducted in the plantation belong to the Royal Forest Department namely 24-year-old *Hopea odorata*, 27-year-old *Cotylelobium lanceolatum* and 23 and 24-year-old *Dipterocarpus alatus* at Surat Thani Province. The all trees in each plantation were measured diameter at breast height (DBH) and height. In order to estimate biomass by weighting techniques and allometric equations were established. The 10 sample trees (5 trees in each age of *D. alatus*) were selected by DBH classes and cut according to a stratified-clip technique and weigh the each parts (leaf, branch and stem) of sample trees, including collected each part samples to moisture content analysis to assess the biomass. The carbon storage and carbon dioxide absorption in biomass were analyzed by equation (carbon = biomass $\times$ 0.47 and carbon dioxide = carbon $\times$ 3.67).

The results showed the survival percentage of 24-year-old of *H. odorata* was 72.00, the average DBH and height were 14.09 ± 4.26 cm and 10.94 ± 2.78 m. The survival percentage of 27-year-old of *C. lanceolatum* was 68.00, the average DBH and height were 15.98 ± 6.35 cm and 18.75 ± 3.36 m. The 23-year-old *D. alatus* showed that the survival percentage was 69.00, the average DBH and height were 21.76 ± 6.50 cm and 20.24 ± 4.23 m. While the survival percentage of 24-year-old showed that the was 74.00, the average DBH and height were 16.51 ± 4.77 cm and 16.55 ± 4.00 m.

The aboveground biomass of *H. odorata*, *C. lanceolatum*, 23-year old and 24-year-old of *D. alatus* were 139.26 ton.ha⁻¹, 101.44 ton.ha⁻¹, 245.63 ton.ha⁻¹ and 120.65 ton.ha⁻¹, respectively. While the carbon storage were 65.45 ton carbon.ha⁻¹, 47.68 ton carbon.ha⁻¹, 115.44 ton carbon.ha⁻¹ and 56.71 ton carbon.ha⁻¹, respectively. The allometric equations for estimating aboveground biomass from this study, in addition to using the DBH and height as the main factors, also include equations that use the DBH as the single factor. These allometric equations were created to facilitate farmers and general people in estimating carbon dioxide absorption for carbon credits in the future.

Keywords : *Hopea odorata*, *Cotylelobium lanceolatum*, *Dipterocarpus alatus*, biomass, carbon storage

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นโครงการวิจัยหนึ่งของกรมป่าไม้ และได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอธิบดีกรมป่าไม้ ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ผู้อำนวยการส่วนวนวัฒนวิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินการ ขอขอบพระคุณคุณวรัญญ ราษฎร์เจริญ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ ผู้ริเริ่มและเขียนข้อเสนอโครงการวิจัย ขอขอบคุณคุณวุฒิกร คุ่มเจริญ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้

สารบัญ

บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
วิธีการ.....	2
ผลการศึกษา	6
1. การเติบโตของไม้วงศ์ยางทั้ง 3 ชนิด	6
2. สมการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด	8
3. มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด ..	10
สรุปผลการศึกษา.....	14
ข้อเสนอแนะ	15
เอกสารอ้างอิง	16

สารบัญตาราง

Table 1 Allometric equation for estimating aboveground biomass of 3 Dipterocarpaceae and Indigenous Economic Tree Species	9
Table 2 Biomass, Carbon storage and CO ₂ absorption of 3 Dipterocarpaceae and Indigenous Economic Tree Species	11

คำนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งซึ่งถูกปลดปล่อยในปริมาณมหาศาลสู่บรรยากาศจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ และเป็นตัวการสำคัญที่ส่งผลให้ผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยระบบนิเวศป่าไม้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และนำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ ทั้งในส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดิน (ชนิตา, 2555) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนขึ้นกับปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ (เสริมพงศ์ และจรงค์, 2543) จากการที่พื้นที่ป่าไม้ลดลงไม่เพียงแต่ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยออกมาแล้ว ยังเป็นการทำลายแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญอีกด้วย เพราะฉะนั้นการเพิ่มพื้นที่ป่าตามยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 -2579) กำหนดเป้าหมายให้มีพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ แบ่งเป็นป่าอนุรักษ์ร้อยละ 25 และป่าเศรษฐกิจร้อยละ 15 จะช่วยบรรเทาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้

ไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) เป็นไม้ยืนต้นที่พบในประเทศไทย ประมาณ 8 สกุล 79 ชนิด แยกเป็นสกุลไม้กระบาก 4 ชนิด สกุลไม้ยาง 16 ชนิด สกุลไม้เคี่ยม 1 ชนิด สกุลไข่เขียว 2 ชนิด สกุลไม้ตะเคียน 18 ชนิด สกุลไม้ตะเคียนชันตาแมว 1 ชนิด สกุลไม้เต็ง- สยา 24 ชนิด และ สกุลไม้พังกา 13 ชนิด พบในทุกภาคของประเทศ ทั้งป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ โดยในป่าผลัดใบ พบในป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ ไม้ในวงศ์ยางเป็นพรรณไม้หลักของป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest) ซึ่งพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คือ มีมากถึงร้อยละ 80 ของพื้นที่ป่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในป่าไม่ผลัดใบ พบมากในป่าดิบแล้ง ป่าพรุ และ ป่าดิบชื้น เป็นหลัก (จินตนา และคณะ, 2556)

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร หรือพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช เป็นพระมหากษัตริย์ไทยรัชกาลที่ 9 ทรงสนพระราชหฤทัยในยาวนานแล้ว โดยมีพระราชปรารภให้วิจัย ยางนาและร่วมปลูกกล้ายางนา ภายในพระตำหนักจิตรลดารโหฐาน เมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2504 เพื่อรณรงค์ให้ชาวไทยได้ตระหนักถึงคุณค่าของยาง และช่วยกันบำรุงส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์และปลูกยางนาให้มากขึ้น กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้น้อมรับพระราชดำรัสของพระองค์ท่านมายึดถือและปฏิบัติเรื่อยมา โดยให้ความสำคัญกับงานด้านการอนุรักษ์และศึกษาวิจัยเกี่ยวกับไม้ในวงศ์ยางอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับวงศ์ไมยางเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์และฟื้นฟูพรรณไม้ในวงศ์ยางในธรรมชาติให้คงอยู่ และเอื้อประโยชน์ต่อมนุษยชาติ ตลอดไป (จินตนา และคณะ, 2556)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างสมการประมาณมวลชีวภาพของไม้วงศ์ยางที่ปลูกในรูปแบบของสวนป่า
2. เพื่อประมาณความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าไม้วงศ์ยาง สำหรับเป็นข้อมูลในการส่งเสริมการปลูกสวนป่าไม้วงศ์ยาง และการซื้อขายคาร์บอนเครดิตต่อไป

วิธีการ

สถานที่ศึกษา

ทำการศึกษาในพื้นที่แปลงปลูกไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด ได้แก่ ตะเคียนทอง ปลูกปี พ.ศ. 2541 เคี่ยม ปลูกปี พ.ศ. 2541 และยางนา ปลูกปี พ.ศ. 2542 และ 2543 ณ ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 8 (สุราษฎร์ธานี) อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ทุกชนิดปลูกด้วยระยะปลูก 2 เมตร x 4 เมตร ทุกชนิดเป็นแปลงปลูกของกรมป่าไม้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปลูกเป็นแหล่งเก็บเมล็ดและรักษาพันธุกรรมของไม้แต่ละชนิด

จังหวัดสุราษฎร์ธานีซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตั้งอยู่บนฝั่งทะเลด้านตะวันตกของอ่าวไทย ที่ละติจูด $09^{\circ} 07'$ เหนือ ลองจิจูด $99^{\circ} 21'$ ตะวันออก ห่างจากกรุงเทพมหานครไปทางทิศใต้ 531 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 12,890 ตารางกิโลเมตร เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่มากเป็นอันดับที่ 10 ของประเทศไทย และมากที่สุดในภาคใต้ พื้นที่จังหวัดทั้งหมดอยู่ในคาบสมุทรที่เป็นแหลมยื่นออกไปในทะเล ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีสภาพผสมผสานเข้าด้วยกันหลายลักษณะ โดยพื้นที่ส่วนที่ลึกเข้าไปสุดด้านตะวันตกเป็นที่ราบสูง มีภูเขาใหญ่น้อยสลับซับซ้อน เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร มีป่าไม้มีค่าอยู่ทั่วไปเป็นทั้งป่าโปร่งและป่าดงดิบ พื้นที่ตอนกลางและริมทะเล คืออ่าวไทยฝั่งตะวันออกเป็นที่ราบ ริมฝั่งทะเลมีภูเขาป่าไม้เบญจพรรณ ป่าชายเลน และทุ่งหญ้า พื้นที่เป็นเกาะในทะเล ได้แก่เกาะในเขตของอำเภอเกาะสมุย อำเภอเกาะพะงัน และอำเภอดอนสักมีเกาะใหญ่น้อยที่มีที่ราบตามริมฝั่งทะเล ส่วนพื้นที่ราบสูงทางทิศตะวันตก คือส่วนที่เป็นสันเขาตะนาวศรี ซึ่งแบ่งเขตแดนระหว่างจังหวัดสุราษฎร์ธานีกับจังหวัดระยอง และจังหวัดพังงาจะค่อย ๆ ลาดเอียงไปทางทิศตะวันออกตลอดเขตจังหวัด แม่น้ำที่สำคัญคือแม่น้ำตาปี ยาวประมาณ 200 กิโลเมตร และแม่น้ำพุมดวงหรือแม่น้ำศรีรัฐยาวประมาณ 80 กิโลเมตร

เนื่องจากที่ตั้งได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเกิดบริเวณทะเลอันดามันบ้างเป็นครั้งคราวเนื่องจากจะมีแนวเทือกเขาตะนาวศรี เทือกเขาภูเก็ต และเทือกเขานครศรีธรรมราช แลบบริเวณจังหวัดระนอง จังหวัดชุมพร จังหวัดพังงา จังหวัดภูเก็ต และจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นแนวช่วยลดอิทธิพลของลมมรสุมดังกล่าว ในทางกลับกันพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีจะได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือปกติจะมีแหล่งกำเนิดบริเวณทะเลจีนใต้ และอ่าวไทย ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม แต่มีฝนตกมากในช่วงฤดูหนาว

คือตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีช่วงฤดูฝนที่ยาวนาน (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาทะเล, 2565)

การคัดเลือกต้นตัวอย่าง

ทำการวัดการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงของตะเคียนทอง เคี่ยม และยางนา แต่ละชนิดในพื้นที่ 1 ไร่ ทุกต้น ทำการคัดเลือกต้นที่มีขนาดเป็นตัวแทนสำหรับการศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน จำนวน 10 ต้น เนื่องจากยางนามีแปลงปลูกที่มีการเติบโตค่อนข้างแตกต่างกัน จึงเลือกทำการศึกษาในยางนาอายุ 23 ปี และ 24 ปี จำนวนอายุละ 5 ต้น

การเก็บข้อมูล

1. เนื่องจากเป็นแปลงทดลองของกรมป่าไม้ ซึ่งได้ทำการวัดข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height: DBH) และความสูง (Height: H) ของต้นไม้ทุกต้นในพื้นที่ทั้งหมดและนำมาหาค่าเฉลี่ย

2. ทำการคัดเลือกต้นตัวอย่างจากการจัดอันดับค่า DBH จำนวนชนิดละ 10 ต้น ทำการตัดต้นไม้ตัวอย่างให้ชิดดินมากที่สุด แยกส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ออกเป็น ใบ กิ่ง ลำต้น ส่วนที่เป็นลำต้นนำส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ใบ กิ่ง ลำต้น มาชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักสดทั้งหมด และเก็บตัวอย่างส่วนลำต้น ใบ และกิ่ง ประมาณ 500 กรัม นำมาชั่งน้ำหนักสดของตัวอย่าง และเก็บใส่ถุงกระดาษนำมาที่ห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างแต่ละส่วนของแต่ละต้นเข้าอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างจะคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเพื่อคำนวณหาค่าความชื้นของตัวอย่าง

3. คำนวณหาค่าความชื้นของตัวอย่างและการหาน้ำหนักแห้ง จากสมการ (เกียรติก้อง และคณะ, 2530)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}} \times 100$$

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

4. สร้างสมการประมาณมวลชีวภาพในรูปแบบแอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปของสมการยกกำลัง (power equation) ของมวลชีวภาพของแต่ละส่วนกับขนาดของต้นไม้ (DBH และ H) จากสมการ (พงษ์ศักดิ์, 2552)

$$Y = aX^b$$

โดย Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)
 X = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) และความสูง (เมตร)
 a และ b เป็นค่าคงที่ของสมการ

ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้กับขนาดของต้นไม้ (DBH และ H) ในรูปแบบแอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปของสมการยกกำลัง (power equation) ทางวิชาการป่าไม้ สมการแอลโลเมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกรวมกับความสูง ($DBH^2 \times H$) และเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการนำสมการไปใช้ของเกษตรกรหรือประชาชนทั่วไป การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างสมการที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพียงปัจจัยเดียวด้วย ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงเป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากสะดวกต่อการวัด สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือธรรมดา ไม่ต้องทำการวัดความสูง ซึ่งต้องใช้เครื่องมือเฉพาะ ไม่สะดวกและอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด

ผลการศึกษา

1. การเติบโตของไม้วงศ์ยางทั้ง 3 ชนิด

1) ตะเคียนทอง

ตะเคียนทองอายุ 24 ปี ในสวนพันธุ์กรรมไม้ตะเคียนทอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 72.00 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เฉลี่ย 14.09 ± 4.26 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 10.94 ± 2.78 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้าน DBH และความสูงเท่ากับ 0.59 เซนติเมตรต่อปี และ 0.46 เมตรต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก สูงกว่าผลการศึกษาของ วาทีนี และ สมบูรณ์ (2559) ที่ทำการศึกษาด้านตะเคียนทอง อายุ 25 ปี ระยะปลูก 2 เมตร $\times$ 2 เมตร ณ สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา จังหวัดสงขลา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.52 เซนติเมตรต่อปี และผลการศึกษาของปริญญาและคณะ (2561) ที่ทำการศึกษากการเติบโตของไม้ป่า 4 ชนิด โดยตะเคียนทอง อายุ 21 ปี ระยะปลูก 2 เมตร $\times$ 2 เมตร ที่แปลงปลูกพรรณไม้ป่า 4 ชนิด ที่สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งมีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี 0.54 เซนติเมตรต่อปี แต่มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของความสูงต่ำกว่าตะเคียนทองที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (0.51 เมตรต่อปี) ทั้งนี้เนื่องจากสภาพภูมิอากาศของจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีความเหมาะสมกับการปลูกตะเคียนทองมากกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกตะเคียนทองในระบบปลูกร่วมกับไม้ชนิดอื่น พบว่าการปลูกตะเคียนทองร่วมไม้ยางพาราขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เมื่ออายุ 2 ปี มีความสูง 0.48 เมตรต่อปี (สำนักวิจัยพัฒนาการจัดการป่าไม้เศรษฐกิจอย่างยั่งยืน, 2560) และปลูกตะเคียนทองภายใต้ร่มเงาของกล้วยน้ำว้าและมะละกอของอภิสิทธิ์ (2545) ที่มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 0.94 เซนติเมตรต่อปีและ 0.73 เมตรต่อปี ตามลำดับ พบว่ามีค่าต่ำกว่ามาก ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกไม้อื่นร่วม โดยเฉพาะพืชเกษตรจะมีการจัดการ เช่น การใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช ส่งผลให้ตะเคียนทองมีการเติบโตที่ดีกว่าการปลูกเชิงเดี่ยว รวมทั้งระยะปลูกที่กว้างกว่าในระบบการปลูกพืชร่วม เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเติบโตของตะเคียนทองที่สูงกว่า

2) เคี่ยม

เคี่ยมอายุ 27 ปี ในสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้เคี่ยม จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 68.00 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 15.98 ± 6.35 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 18.75 ± 3.36 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 0.59

เซนติเมตรต่อปี และ 0.69 เมตรต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับไม้เคี่ยมส่วนใหญ่ จะมุ่งเน้นไปทางการศึกษาสารสกัดจากเปลือกของไม้เคี่ยม ทำให้การปลูกในรูปแบบสวนป่ารวมถึงการศึกษาเกี่ยวกับการเติบโตมีไม่มากนัก มีเพียงการศึกษาของ บรรดิษฐ์ (2544) ที่ทำการศึกษการเติบโตของไม้วงศ์ยางซึ่งรวมถึงไม้เคี่ยมด้วยได้ร่วมเงาระดับต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่า เคี่ยมมีอัตราการเติบโตต่ำมาก ในระยะเริ่มปลูก ถึงอายุ 1.5 ปี ค่าเฉลี่ยการเติบโตของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับดินเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในทุกแปลงปลูก ในแปลงปลูกในที่โล่งไม่มีร่มเงา ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับดินมากที่สุดเมื่ออายุ 5 ปี เท่ากับ 3.70 เซนติเมตร ส่วนในแปลงได้ร่มเงาที่ระดับร้อยละ 25 และร้อยละ 50 มีอัตราการเติบโตใกล้เคียงกัน โดยเมื่ออายุ 5 ปี มีค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับดินเฉลี่ย 2.35 และ 2.23 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนในแปลงปลูกภายใต้ร่มเงาที่ระดับร้อยละ 75 มีอัตราการเติบโตต่ำมาก คือเมื่ออายุ 5 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับดินเฉลี่ย เพียง 0.81 เซนติเมตรเท่านั้น ส่วนความสูงในแปลงปลูกในที่โล่งไม่มีร่มเงา เมื่ออายุ 5 ปี มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 3.84 เมตร หรือ 0.77 เมตรต่อปี ซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่าในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนในแปลงปลูกภายใต้ร่มเงาที่ระดับร้อยละ 75 มีค่าเฉลี่ยความสูงเพียง 1.10 เมตร หรือ 0.22 เมตรต่อปีเท่านั้น อาจกล่าวได้ว่าไม่ควรแนะนำให้ปลูกเคี่ยมภายใต้ร่มเงาของไม้ชนิดอื่น

3) ยางนา

ยางนา อายุ 23 ปี ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 69.00 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 21.76 ± 6.50 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 20.24 ± 4.23 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 0.95 เซนติเมตรต่อปี และ 0.88 เมตรต่อปี ตามลำดับ ในขณะที่ยางนา อายุ 24 ปี มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 74.00 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 16.51 ± 4.77 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 16.55 ± 4.00 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 0.69 เซนติเมตรต่อปี และ 0.69 เมตรต่อปี ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ายางนาอายุ 24 ปี แม้ว่าจะมีการรอดตายสูงกว่า แต่มีการเติบโตทั้งด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต่ำกว่า โดยกล้าที่ใช้ปลูกปี 2543 เป็นกล้าค้ำปีที่เหลือจากกล้าที่เตรียมปลูกปี 2542 ทำให้กล้ามีความแข็งแรงและสมบูรณ์มากขึ้น ผลงานวิจัยที่ผ่านมา กันดินันท์และชิงชัย (2544) ศึกษาการเติบโต ผลผลิต และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยางนา อายุ 19 ปี ที่สวนป่าห้วยระบำ อำเภอลานสั๊ก จังหวัดอุทัยธานี พบว่ามีการรอดตายร้อยละ 57 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 14.15 ± 5.81 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 13.38 ± 3.18 เมตร ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเท่ากับ 0.74 เซนติเมตรต่อปี และ 0.70

เมตรต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่ายางนาอายุ 24 ปี แต่มีค่าน้อยกว่ายางนาอายุ 23 ปี เพ็ญประภา และคมคิด (2521) ศึกษาปัจจัยการเจริญเติบโตของต้นยางนาโดยประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกต้นยางนาอายุ 2 ปี ในกลุ่มจังหวัดร้อยแก่นสารสินธุ์ (ร้อยเอ็ด ขอนแก่น มหาสารคาม และกาฬสินธุ์) โดยใช้ ปัจจัยด้านคุณสมบัติฟิสิกส์ของดิน คุณสมบัติเคมีของดิน ภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝน และระดับความสูงภูมิประเทศ ใช้วิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่เป็นมาก ปานกลาง น้อย ค่าการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มีค่าเท่ากับ 2.43 เซนติเมตร 2.14 เซนติเมตร และ 1.94 เซนติเมตร ส่วนความสูงเท่ากับ 2.92 เมตร 2.59 เมตร และ 2.48 เมตร ในพื้นที่ เหมาะสมมาก ปานกลาง น้อย ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีจะพบว่ายางนา จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่ายางนาที่ปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสมน้อย แต่ทั้งนี้ยางนาที่ปลูกในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือมีอายุเพียง 2 ปี

2. สมการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด

การศึกษาได้สมการประมาณมวลชีวภาพแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง และใบ) และส่วนเหนือพื้นดิน ได้ Allometric equations โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้สร้างสมการประมาณมวลชีวภาพจากขนาดของต้นไม้ ทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง ($DBH^2 \times H$) และเพื่อให้เกิดความสะดวกในการวัดข้อมูล จึงสร้างสมการประมาณมวลชีวภาพจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เพียงค่าเดียว เพื่อจะได้ ไม่ต้องทำการวัดความสูง ซึ่งทำได้ยากและมีอาจมีความถูกต้องแม่นยำน้อย ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกต่อ การนำไปใช้ประโยชน์ โดย Allometric equations ของไม้วงศ์ยางทั้ง 3 ชนิด ทั้งนี้แม้ว่าในยางนาซึ่งเก็บ ตัวอย่างจากแปลงปลูกปี พ.ศ. 2542 และ 2543 แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกัน สามารถนำข้อมูลมารวมกันเพื่อใช้สมการเดียวกันได้ (Tables 1)

จากค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) หรือค่า R^2 คือค่าสถิติที่ใช้วัดว่าตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้มีความสมรूपกับข้อมูลมากน้อยอย่างไร ซึ่งหากมีค่าเข้าใกล้ 1.00 แสดงให้เห็นว่าตัวแบบนั้นสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรได้สูง จากสมการที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนใหญ่มีค่าสูงเข้าใกล้ 1.00 ยกเว้นในส่วนของการประเมินมวลชีวภาพส่วนใบ ซึ่งมีค่า R^2 ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฤดูกาล เช่น การมีฝนตกบ่อยครั้ง ทำให้เกิดมีใบในปริมาณมาก เรือนยอดแคบจากการที่ใกล้ชิดกัน ทำให้มีจำนวนใบน้อย รวมไปถึงต้นไม้ที่เปลาตรงไม่มีกิ่งด้านล่างจำนวนมากก็ส่งผลให้มีจำนวนหรือปริมาณใบที่น้อยลงได้ ทำให้นาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้ไม่นำมาอธิบายถึงจำนวนและน้ำหนักของใบได้น้อยกว่าส่วนของกิ่งและลำต้น

Table 1 Allometric equation for estimating aboveground biomass of 3 Dipterocarpaceae and Indigenous Economic Tree Species

Tree part	Allometric equation	R ²
<i>Hopea odorata</i>		
Estimated by DBH and H		
Stem	$W_S = 0.0532 \times (DBH^2 \times H)^{0.9873}$	0.9541
Branch	$W_B = 0.0072 \times (DBH^2 \times H)^{1.0248}$	0.6627
Leaf	$W_L = 0.0016 \times (DBH^2 \times H)^{1.0231}$	0.9275
Aboveground	$W_{AG} = 0.0621 \times (DBH^2 \times H)^{0.9946}$	0.9325
Estimated by DBH		
Stem	$W_S = 0.1064 \times DBH^{2.7194}$	0.9725
Branch	$W_B = 0.0139 \times DBH^{2.8476}$	0.7423
Leaf	$W_L = 0.0035 \times DBH^{2.801}$	0.9400
Aboveground	$W_{AG} = 0.1245 \times DBH^{2.7409}$	0.9641
<i>Cotylelobium lanceolatum</i>		
Estimated by DBH and H		
Stem	$W_S = 0.0490 \times (DBH^2 \times H)^{0.9116}$	0.9744
Branch	$W_B = 0.0013 \times (DBH^2 \times H)^{1.1272}$	0.8573
Leaf	$W_L = 0.0449 \times (DBH^2 \times H)^{0.5638}$	0.4303
Aboveground	$W_{AG} = 0.0600 \times (DBH^2 \times H)^{0.9112}$	0.9765
Estimated by DBH		
Stem	$W_S = 0.1731 \times DBH^{2.2901}$	0.9536
Branch	$W_B = 0.0058 \times DBH^{2.857}$	0.8764
Leaf	$W_L = 0.1031 \times DBH^{1.3967}$	0.4337
Aboveground	$W_{AG} = 0.2127 \times DBH^{2.2878}$	0.9620

Table 2 Cont.

Tree part	Allometric equation	R ²
<i>Dipterocarpus alatus</i>		
Estimated by DBH and H		
Stem	$W_S = 0.0182 \times (DBH^2 \times H)^{1.0031}$	0.9900
Branch	$W_B = 0.00009 \times (DBH^2 \times H)^{1.3026}$	0.9437
Leaf	$W_L = 0.00007 \times (DBH^2 \times H)^{1.1822}$	0.9698
Aboveground	$W_{AG} = 0.0155 \times (DBH^2 \times H)^{1.0355}$	0.9782
Estimated by DBH		
Stem	$W_S = 0.0469 \times DBH^{2.6613}$	0.9520
Branch	$W_B = 0.00009 \times DBH^{3.9219}$	0.8568
Leaf	$W_L = 0.0001 \times DBH^{3.4356}$	0.9570
Aboveground	$W_{AG} = 0.0371 \times DBH^{2.7816}$	0.9741

Remarks : W_S = Biomass of stem (kg)

W_B = Biomass of branch (kg)

W_L = Biomass of leaf (kg)

W_{AG} = Biomass of aboveground (kg)

DBH = Diameter at breast height (cm)

H = Total height (m)

3. มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด

จาก Allometric equation ของไม้มีค่าทั้ง 3 ชนิด เมื่อนำมาสมการที่ใช้ค่า $DBH^2 \times H$ ประมาณมวลชีวภาพ และนำมาหาค่าการกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงที่เก็บข้อมูล พื้นที่ชนิดละ 1 ไร่ แสดงตาม Table 2

Table 3 Biomass, Carbon storage and CO₂ absorption of 3 Dipterocarpaceae and Indigenous Economic Tree Species

Tree part	Biomass (ton ha ⁻¹)	Carbon storage (ton C ha ⁻¹)	CO ₂ absorption (ton CO ₂ ha ⁻¹)
<i>Hopea odorata</i>			
Stem	113.79	53.48	196.09
Branch	20.90	9.82	36.01
Leaf	4.58	2.15	7.89
Total	139.26	65.45	240.00
<i>Cotylelobium lanceolatum</i>			
Stem	82.66	38.85	142.45
Branch	15.29	7.19	26.35
Leaf	3.49	1.64	6.02
Total	101.44	47.68	174.82
23-year- old <i>Dipterocarpus alatus</i>			
Stem	187.92	88.32	323.85
Branch	40.80	19.17	70.30
Leaf	16.91	7.95	29.15
Total	245.63	115.44	423.30
24-year-old <i>Dipterocarpus alatus</i>			
Stem	95.52	44.89	164.61
Branch	18.21	8.56	31.38
Leaf	6.92	3.25	11.93
Total	120.65	56.71	207.92

จาก Table 2 พบว่าตะเคียนทอง อายุ 24 ปี มีค่ามวลชีวภาพส่วนลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 113.79 ต้นต่อเฮกตาร์, 20.90 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 4.58 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ หรือมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 139.26 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี ในขณะที่การศึกษาของปริญญา และคณะ (2561) พบว่าผลผลิตมวลชีวภาพของตะเคียนทองอายุ 21 ปี ที่ปลูก ณ สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีค่าเท่ากับ 131.82 ต้นต่อเฮกตาร์ และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 6.28 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี การศึกษาครั้งนี้พบว่ามวลชีวภาพส่วนลำต้นมีค่าสูงที่สุด (ร้อยละ 81.70) และใบมีค่าต่ำสุด (ร้อยละ 3.29) ซึ่งเป็นไปตามการศึกษามวลชีวภาพในต้นไม้ส่วนใหญ่ทั่วไป ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของต้นตะเคียนทองในพื้นที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (2561) ที่พบว่าสัดส่วนของมวลชีวภาพระหว่างลำต้นและใบมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยในส่วนของลำต้นมีมวลชีวภาพมากกว่าใบเล็กน้อย ในการศึกษาครั้งนี้ ตะเคียนทอง สามารถการกักเก็บคาร์บอนได้ 65.45 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ หรือ 240.00 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์

เคี่ยม อายุ 27 ปี มีมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 82.66 ต้นต่อเฮกตาร์, 15.29 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 3.49 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ หรือมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินมีค่าเท่ากับ 101.44 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนแล้วพบว่าส่วนที่เป็นลำต้น ใบ และกิ่ง มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 81.48, ร้อยละ 15.07 และ ร้อยละ 3.44 ตามลำดับ ซึ่งส่วนที่เป็นลำต้นจะมีค่าสูงที่สุดและใบมีค่าต่ำสุด เช่นเดียวกับเทพทาโรและเคี่ยม ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเรื่องมวลชีวภาพในไม้เคี่ยมมากนัก จึงไม่สามารถเปรียบเทียบมวลชีวภาพของเคี่ยมกับการศึกษาที่ผ่านมาได้ อย่างไรก็ตามหากต้องการปลูกเพื่อต้องการนำเปลือกไปใช้ในการสกัดสารเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ควรใช้เมื่อต้นเคี่ยมมีอายุมาก ซึ่งจะมีปริมาณเปลือกมาก และการนำไปใช้ในการสกัดสารจะทำให้ได้ปริมาณสารที่มากด้วยเช่นกัน เคี่ยมในการศึกษาครั้งนี้สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 47.68 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ หรือ 174.82 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์

ยางนา อายุ 23 ปี มีมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 187.92 ต้นต่อเฮกตาร์ 40.80 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 16.91 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยรวมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีค่าเท่ากับ 245.63 ต้นต่อเฮกตาร์ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 115.44 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ หรือ 423.30 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ยางนา อายุ 24 ปี มีมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 164.61 ต้นต่อเฮกตาร์ 31.38 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 11.93 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยรวมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีค่าเท่ากับ 207.92 ต้นต่อเฮกตาร์ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 56.71 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ หรือ 207.92 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับยางนาอายุ 19 ปี ที่สวนป่าห้วยระบำ อำเภอลานสั๊ก จังหวัดอุทัยธานี ซึ่งมีมวลชีวภาพของลำต้น ใบ และกิ่ง เท่ากับ

114.02 ต้นต่อเฮกตาร์ 5.71 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 21.69 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และมีมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเท่ากับ 141.42 ต้นต่อเฮกตาร์ (กันดินันท์ และชิงชัย, 2544) จะเห็นได้ว่าค่าจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากปัจจัยทั้งด้านอายุ และการเติบโตที่สูงกว่า ในขณะที่เพ็ญประภา และคมคิด (2521) ศึกษาปัจจัยการเจริญเติบโตของต้นยางนาอายุ 2 ปี โดยประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ รายงานว่าค่ามวลชีวภาพทั้งหมดรวม 0.78 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยแบ่งเป็น ลำต้น ใบ และกิ่ง เท่ากับ 0.46 ต้นต่อเฮกตาร์ 0.25 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 0.07 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่เหมาะสมมาก ปานกลาง น้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.7 กิโลกรัมคาร์บอนต่อตัน 0.5 กิโลกรัมคาร์บอนต่อตัน และ 0.3 กิโลกรัมคาร์บอนต่อตัน ตามลำดับ

การศึกษานี้พบว่ามวลชีวภาพส่วนลำต้นมีค่าสูงที่สุดและใบมีค่าต่ำสุด ซึ่งเป็นไปตามการศึกษามวลชีวภาพในต้นไม้ส่วนใหญ่ทั่วไป ซึ่งแตกต่างจากศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (2561) ที่พบว่า การกักเก็บคาร์บอนของต้นตะเคียนทองในพื้นที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม สัดส่วนของมวลชีวภาพระหว่างลำต้นและใบมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยในส่วนของลำต้นมีมวลชีวภาพมากกว่าใบเล็กน้อย ในขณะที่ยางนาอายุ 2 ปี ที่ศึกษาโดยเพ็ญประภา และคมคิด (2521) พบว่ามวลชีวภาพสูงที่สุดคือส่วนลำต้น แต่มวลชีวภาพส่วนที่เป็นใบมีค่าสูงกว่าส่วนที่เป็นกิ่ง

จากผลการศึกษาพบว่าสมการสำหรับการประมาณมวลชีวภาพส่วนลำต้น กิ่ง และใบ ให้ค่า R^2 ค่อนข้างสูงซึ่งเป็นที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตาม การจัดการตามหลักวนวัฒนวิธีอย่างประณีตขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์ หากต้องการนำส่วนเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์ เช่น ยางนา และตะเคียนทอง จำเป็นที่ต้องจัดการเพื่อให้ได้ต้นที่มีความโตและตรงเปลา การลิดกิ่งจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสม ในขณะที่การปลูกเพื่อต้องการใบ หรือการปลูกเพื่อสิ่งแวดล้อมในด้านการช่วยลดแรงกระแทกของน้ำฝนลงสู่พื้นดิน รวมถึงความต้องการการกักเก็บคาร์บอนของส่วนเนื้อพื้นดินอาจไม่จำเป็นต้องมีการลิดกิ่ง เพื่อให้มีกิ่งและใบปริมาณที่มาก อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนส่วนที่เป็นลำต้นมีค่าสูงกว่าส่วนของกิ่งและใบอยู่แล้ว ดังนั้นการจัดการทางวนวัฒนวิธีที่ทำให้ต้นไม้เติบโตดี ทำให้ลำต้นมีขนาดใหญ่ นอกจากจะเพื่อประโยชน์ทางเนื้อไม้แล้วยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้อีกด้วย

สรุปผลการศึกษา

1. ตะเคียนทอง อายุ 24 ปี ในสวนพันธุ์กรรมไม้ตะเคียนทอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 14.09 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 10.94 เมตร มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 139.26 ตันต่อเฮกตาร์ มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 90.26 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 330.94 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

2. เคี่ยม อายุ 27 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 15.98 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 18.75 เมตร มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 101.44 ตันต่อเฮกตาร์ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 47.68 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ หรือ 174.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์

3. ยางนา อายุ 23 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 21.76 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 20.24 เมตร มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 245.63 ตันต่อเฮกตาร์ มีความสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 115.44 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ หรือ 423.30 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ยางนา อายุ 24 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 16.51 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 16.55 เมตร มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 120.65 ตันต่อเฮกตาร์ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 56.71 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ หรือ 207.92 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์

4. สมการประมาณมวลชีวภาพเพื่อนำไปคำนวณการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด ที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เพียงค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นตัวแปรเพียงค่าเดียว ทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้ โดยไม่ต้องทำการวัดความสูงซึ่งยากต่อการวัดให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ เกษตรกรสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการซื้อขายคาร์บอนเครดิตต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาไม้วงศ์ยางที่เป็นไม้มีค่าท้องถิ่น 3 ชนิด ที่ปลูกในภาคใต้ ไม่อาจกล่าวได้ว่าสมการนี้จะนำไปใช้ได้ในทุกสวนป่า ทุกขนาดหรือทุกช่วงชั้นอายุ เพียงแต่เป็นสมการที่เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับนำไปใช้ในการประเมินไม้ทั้ง 3 ชนิดที่ปลูกในภาคใต้ ควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นให้ครอบคลุมลักษณะพื้นที่และชั้นอายุมากยิ่งขึ้นจนมีข้อมูลเพียงพอจะสามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหาสมการที่สามารถใช้ได้สวนป่าของไม้มีค่า 3 ชนิด ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น
2. มวลชีวภาพของต้นไม้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเติบโตของต้นไม้ การเตรียมกล้าให้มีความสมบูรณ์และแข็งแรง เป็นแนวทางหนึ่งในการทำให้การเติบโตของต้นไม้สูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้. ม.ป.ป. ค. **ตะเคียนทอง**. แหล่งที่มา: <https://shorturl.at/apsWY>, 22 พฤษภาคม, 2566.
- กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, ม.ป.ป. **เคี่ยม พันธุ์ไม้พระราชทานเพื่อปลูกเป็นมงคลจังหวัดสุราษฎร์ธานี**. แหล่งที่มา: https://www.dnp.go.th/EPAC/province_plant/suratthani.htm, 5 มิถุนายน, 2566
- กันตนันท์ ผิวสอาด และชิงชัย วิริยะบัญชา. 2544. การเจริญเติบโต ผลผลิต และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยางนา อายุ 19 ปี. น. 82-100. ใน รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7: **วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสวนป่าเศรษฐกิจ**, กรุงเทพฯ.
- เกียรติศักดิ์ พิตรปรีชา, อธิ วิสารรัตน์, สมบูรณ์ กิรติประยูร และชิงชัย วิริยะบัญชา. 2530 การประมาณมวลชีวภาพและปริมาตรรายต้นของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชัน. เอกสารทางวิชาการ เล่มที่ 18. งานนิเวศวิทยาป่าไม้, ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- จินตนา บุพบรรพต, สมภพ รัตนประชา, มานพ ผู้พัฒน์, จินนา เผือกนาง และอภิสิทธิ์ ด้านชูธรรม. 2556. **การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ไม้วงศ์ยาง**. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ชนิตา ทองฝาก, สาทิศ ดิลกสัมพันธ์ และจงรัก วชิรินทร์รัตน์. 2556. มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของสัก ฦ สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. น. 221-231. ใน **รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 9: วนวัฒนวิทยา การฟื้นฟูป่าตามแนวพระราชดำริ ฝ่าวิกฤตสิ่งแวดล้อม**, กรุงเทพฯ.
- บรรดิษฐ์ หงส์ทอง. 2544. การเจริญเติบโตของไม้วงศ์ไม้ยาง 6 ชนิดได้ร่่มเงาระดับต่าง ๆ. น. 100-127. ใน **รายงานวนวัฒนวิจัย ประจำปี 2544**, กรุงเทพฯ.
- ปริญญา ภูศักดิ์สาย, สาทิศ ดิลกสัมพันธ์, รุ่งเรือง พูลศิริ, และชนิษฐา จันทโชติ. 2561. มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้ป่า 4 ชนิด ฦ สถานีวนวัฒนวิจัย ประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. **วารสารวนศาสตร์** 37 (2) : 13-26.
- พงษ์ศักดิ์ สหนาฟู, 2552. การประมาณมวลชีวภาพของพืชและของป่าไม้. **วารสารการจัดการป่าไม้** 3 (5) : 63-88.
- เพ็ญประภา เพชรบุรีณิน และ คมคิด มูลเพีย. 2021. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของการปลูกต้นยางนาในสี่จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. **Thai Journal of Public Health** 51 (1) : 64-74.

ศูนย์ภูมิอากาศ. 2566ข. ภูมิอากาศจังหวัดสุราษฎร์ธานี. Available source:

<https://shorturl.at/nxU05>. 5 มิถุนายน, 2566

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. 2561. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การพัฒนาวิธีการประเมินการกักเก็บและกระบวนการแลกเปลี่ยนคาร์บอน ภายใต้โครงการพัฒนาเครื่องมือ/วิธีการประเมินกักเก็บและกระบวนการแลกเปลี่ยนคาร์บอน. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ

เสริมพงศ์ นวลงาม และจรงค์ วัชรินทร์รัตน์. 2543. บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการกักเก็บคาร์บอนที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวนศาสตร์ 19-21: 96-103.

อภิสิทธิ์ สิมศิริ. 2545. ไม้ตะเคียนทอง: การเจริญเติบโตในแปลงปลูกป่าภาคอีสานของประเทศไทย. น. 101-111. ใน รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7: วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสวนป่าเศรษฐกิจ, กรุงเทพฯ.