

นิพนธ์ต้นฉบับ

การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส
ณ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

**Carbon Storage of Dry Dipterocarp Forest and Eucalypt Plantation
at Mancha Khiri Plantation, Khon Kaen Province**

วสันต์ จันทร์แดง
ลดาวลัย พวงจิตร
สาพิศ ดิลกสัมพันธ์

Wasun Jundang
Ladawan Puangchit
Sapit Diloksumpun

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.
E-mail: tor2328@hotmail.com

รับต้นฉบับ 22 เมษายน 2553

รับลงพิมพ์ 4 มิถุนายน 2553

ABSTRACT

The study on carbon storage in dry dipterocarp forest and eucalypt plantations at Mancha Khiri plantation, Khon Kaen province aimed to compare the carbon storage potential between dry dipterocarp forest and 1-4 year-old eucalypt plantations. A 40 x 40 m sample plot was laid out in each age of eucalypt plantation, while four 40 x 40 m sample plots were laid out in the dry dipterocarp forest. Tree parameters were measured in order to estimate above- and below-ground biomass by allometric equations. Three soil sample pits were excavated in each sample plot. In each soil pit, three levels of soil sample (0-20 cm, >20-40 cm and >40-60 cm from the surface soil) were collected for an analysis of the organic carbon content by the dry combustion method.

The results revealed that the 3-year-old eucalypt plot had the highest total carbon storage with an amount of 64.70 tonne ha⁻¹ followed by the 4-year-old eucalypt plot, the dry dipterocarp forest, the 2-year-old eucalypt plot and the 1-year-old eucalypt plot with amounts of 60.41, 58.36, 54.55 and 48.48 tonne ha⁻¹, respectively. The differences in carbon storage were due to tree biomass rather than soil carbon. However, both the dry dipterocarp forest and the eucalypt plantations were important carbon sinks in the tropical ecosystem. Hence, deforestation should be decreased and reforestation should be increased in order to mitigate the impact of climate change.

Keywords: biomass, carbon storage, dry dipterocarp forest, eucalypt plantation, Mancha Khiri Plantation

บทคัดย่อ

การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัสครั้งนี้ ได้ทำการศึกษา ณ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนและเปรียบเทียบศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนระหว่างป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 1-4 ปี ดำเนินการศึกษาโดยการวางแปลงตัวอย่างขนาด 40 x 40 เมตร ในสวนป่ายูคาลิปตัส ชั้นอายุละ 1 แปลง และป่าเต็งรังจำนวน 4 แปลงทำการวัดมิติต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เพื่อนำไปประมาณหามวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดิน ด้วยสมการแอลโลเมตรี และทำการเก็บตัวอย่างดินแปลงตัวอย่างละ 3 หลุม แต่ละหลุมเก็บดินที่ 3 ระดับความลึก คือ 0-20, 20-40 และ 40-60 เซนติเมตร ตามลำดับ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ โดยใช้วิธี dry combustion

ผลการศึกษาพบว่า สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 3 ปี มีการสะสมคาร์บอนรวมมากที่สุด เท่ากับ 64.70 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาได้แก่ สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 4 ปี ป่าเต็งรัง สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 2 ปี และสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 1 ปี มีค่าเท่ากับ 60.41, 58.36, 54.55 และ 48.48 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ความแตกต่างของการสะสมคาร์บอนขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นมากกว่าคาร์บอนในดิน แต่อย่างไรก็ตามป่าเต็งรังหรือสวนป่ายูคาลิปตัสต่างก็มีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศป่าเขตร้อน ดังนั้นควรหาแนวทางลดการทำลายป่าและเพิ่มพื้นที่ปลูกป่าเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

คำสำคัญ: มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน ป่าเต็งรัง สวนป่ายูคาลิปตัส สวนป่ามัญจาคีรี

คำนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุดในชั้นบรรยากาศ จากการประมาณการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 440-660 ppm ในปี พ.ศ. 2593 การเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ นับเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ ทั้งในด้านการปลดปล่อยและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยระบบนิเวศป่าไม้เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนที่สำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากป่าไม้สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ (carbon sequestration) ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) โดยที่พืชสีเขียวจะเปลี่ยนแปลงพลังงานจากดวงอาทิตย์มาเป็นพลังงานทางชีวเคมีเพื่อสร้างเนื้อเยื่อ และนำมาเก็บไว้ในรูปแบบของมวลชีวภาพ (biomass) ทั้งในส่วนของเนื้อพื้นดินและใต้พื้นดิน ซึ่งเนื้อเยื่อของพืชที่ได้จากกระบวนการนี้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เรียกว่า ผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production)

กิจกรรมทางด้านป่าไม้เป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยภาพรวมแล้ว การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศประมาณร้อยละ 20 เกิดจากการสูญเสียคาร์บอนที่กักเก็บในรูปเนื้อไม้และการสูญเสียคาร์บอนจากการตัดไม้ทำลายป่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้น การปลูกต้นไม้เพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าหรือการปลูกป่าในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมรวมถึงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมมาปลูกไม้ยืนต้นแบบเกษตรผสมผสานหรือระบบวนเกษตร หรือการปลูกสร้างสวนป่าไม่ว่าจะเป็นการปลูกป่าในพื้นที่ที่ไม่เคยเป็นป่ามาก่อน (afforestation) หรือในพื้นที่ที่เคยเป็นป่ามาก่อน (reforestation) จึงเป็นกิจกรรมทางด้านป่าไม้ที่จะช่วยเพิ่มพื้นที่ป่า เพื่อทำหน้าที่ช่วยเพิ่มการสะสมธาตุคาร์บอน หรือช่วยชะลอการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศอีกทางหนึ่ง ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสมดุลของวัฏจักรคาร์บอน ที่จะส่งผลต่อระบบภูมิอากาศของโลกต่อไป

อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในพื้นที่ป่าไม้มีความแปรผันโดยขึ้นอยู่กับ ชนิดป่า ชนิด

พรรณไม้ที่เป็นองค์ประกอบของป่า ความหนาแน่นของต้นไม้ สภาพภูมิประเทศ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าขึ้นอยู่กับชนิดต้นไม้ อายุ ระยะปลูก และสภาพของท้องที่ ตลอดจนวนวัฒนวิธีที่ใช้ในการจัดการ สำหรับการศึกษาคครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณการสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศป่าเต็งรัง และสวนป่ายูคาลิปตัส ซึ่งมีโครงสร้างสังคมพืชที่แตกต่างกัน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอน ในช่วงระยะ 1 ปี เพื่อศึกษาศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและเป็นแนวทางในการจัดการป่าไม้ เพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาคครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษาบริเวณสวนป่ามัญจาคีรี อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551-ตุลาคม พ.ศ. 2552 โดยศึกษาในพื้นที่ป่าเต็งรัง, สวนป่ายูคาลิปตัสอายุ 1 ปี (สายต้น H4), สวนป่ายูคาลิปตัสอายุ 2 ปี (สายต้น 236), สวนป่ายูคาลิปตัสอายุ 3 ปี (สายต้น 236) และสวนป่ายูคาลิปตัสอายุ 4 ปี (สายต้น T5) โดยสวนป่ามีระยะปลูก 2x3 เมตร ดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้

การประมาณค่ามวลชีวภาพ

ป่าเต็งรัง

วางแปลงขนาด 40 x 40 เมตร จำนวน 4 แปลง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH) โดยใช้ diameter tape และวัดความสูงของต้นไม้โดยใช้ Haga Hypsometer ของต้นไม้ทุกต้นที่อยู่ในแปลง และประมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่า 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป ด้วยการแทนค่าผลคูณของความสูงกับเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง ในสมการแอลโลเมตริกของ Ogawa *et al.* (1961) ซึ่งได้ทำการศึกษามวลชีวภาพของป่าเต็งรังที่

ปิงโค้ง จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย โดยมีสมการดังนี้

$$\text{มวลชีวภาพลำต้น} : \text{Stem } (W_S) = 0.0396(D^2H)^{0.9326}$$

$$\text{มวลชีวภาพกิ่ง} : \text{Branch } (W_B) = 0.003487(D^2H)^{1.027}$$

$$\text{มวลชีวภาพใบ} : \text{Leaf } (W_L) = 22.5/W_S + 0.025$$

$$\text{มวลชีวภาพราก} : \text{Root } (W_R) = 0.0264(D^2H)^{0.775}$$

โดยที่ D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ มีหน่วยเป็นเมตร

W = มวลชีวภาพ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

สวนป่ายูคาลิปตัส

วางแปลงขนาด 40 x 40 เมตร ในสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 1 ปี, 2 ปี, 3 ปี และ 4 ปี ชั้นอายุละ 1 แปลง รวมทั้งหมด 4 แปลงตัวอย่าง ทำการสำรวจแก่นไม้ทุกต้นในแปลง แล้ววัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก โดยใช้ diameter tape และวัดความสูงของต้นไม้โดยใช้ Haga Hypsometer ทำการจัดชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ยูคาลิปตัสออกเป็น 5 ชั้น เลือกต้นไม้ตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกแต่ละชั้น จำนวนชั้นละ 4 ต้น จากนั้นทำการล้อมต้นไม้ที่เลือกไว้ แล้วทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ที่ระดับขีดดิน (D_0) ระดับความสูง 30 เซนติเมตร (D_{30}) และระดับความสูง 1.30 เซนติเมตร (DBH) นอกจากนี้วัดความสูงทั้งหมด (H) และวัดความสูงถึงระดับกิ่งสดกิ่งแรก (H_u) ตัดทอนไม้ยาวท่อนละ 1 เมตร จนตลอดความยาวของลำต้น นำท่อนไม้แต่ละท่อนและนำส่วนต่างๆ ของแต่ละท่อนมาชั่งน้ำหนักสด คือ ลำต้น กิ่ง ใบ และเก็บตัวอย่างของส่วนต่างๆ ของต้นไม้แต่ละต้น พร้อมกับชั่งน้ำหนักสดของตัวอย่างที่เก็บเพื่อนำไปหาปริมาณความชื้นของเนื้อไม้ในการเปลี่ยนน้ำหนักสดให้เป็นน้ำหนักแห้ง

การศึกษามวลชีวภาพของรากยูคาลิปตัสดำเนินการ โดยการขุดรากทั้งหมด ในแต่ละต้นที่ได้

เลือกไว้ แล้วนำรากของแต่ละต้นไปล้างทำความสะอาด จากนั้นนำรากที่ล้างเสร็จแล้วไปผึ่งแดดให้แห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนักสด และเก็บตัวอย่างของส่วนต่างๆ ของรากต้นไม้แต่ละต้น พร้อมกับชั่งน้ำหนักสดของตัวอย่างที่เก็บเพื่อนำไปหาปริมาณความชื้นของเนื้อไม้ในการเปลี่ยนน้ำหนักสดให้เป็นน้ำหนักแห้งเช่นกัน

คำนวณความชื้นของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ตัวอย่าง ทำโดยการนำตัวอย่างแต่ละส่วนของต้นไม้ที่ชั่งน้ำหนักสดไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ และชั่งน้ำหนักแห้งเพื่อหาน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักสด}-\text{น้ำหนักแห้ง})}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

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

หาสมการเพื่อประมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัส โดยนำข้อมูลน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ มาหาความสัมพันธ์กับมิติต่างๆ ที่วัดได้โดยใช้สมการแอลโลเมตรี โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y = aX^b$$

โดยที่ Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก (กิโลกรัม)

$$\text{ปริมาณคาร์บอนในดิน} = \text{ความหนาแน่นรวมของดิน} \times \text{ความเข้มข้นของคาร์บอนในดิน} \times \text{ความลึก}$$

เมื่อปริมาณคาร์บอนในดิน มีหน่วยเป็นกรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ความหนาแน่นรวมของดิน มีหน่วยเป็นกรัม/ลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นของคาร์บอน มีหน่วยเป็นกรัมคาร์บอน/กรัมของดิน และความลึก มีหน่วยเป็นเมตร

การประเมินกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

ทำการคำนวณการสะสมคาร์บอนในมวล

$$\text{ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพีช} = 0.5056 \times \text{มวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าเต็งรัง}$$

$$\text{ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพีช} = 0.4899 \times \text{มวลชีวภาพของต้นไม้ในสวนป่ายูคาลิปตัส}$$

X = Parabolic volume ในรูป D หรือ $DBH^2 \times H$ ซึ่ง D และ H คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร และเมตร ตามลำดับ

a, b = ค่าคงที่

เลือกสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดกับมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination, r^2) สูง และมีตัวแปรอิสระ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง) ที่ง่ายและสะดวกต่อการปฏิบัติงาน เช่น DBH^2H โดยนำสมการที่ดีที่สุดดังกล่าวไปประมาณหามวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และราก

การศึกษาการสะสมคาร์บอนในดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยในแต่ละแปลงตัวอย่างจะทำการเก็บตัวอย่างดิน จำนวน 3 หลุม ในแต่ละหลุมเก็บตัวอย่างดินลึก 3 ระดับ คือ 0-20, 20-40 และ 40-60 เซนติเมตร ตามลำดับ เก็บตัวอย่างดินด้วยวิธี core method โดยเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนโครงสร้าง (undisturbed sample) เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (bulk density) และตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนโครงสร้าง (disturbed sample) เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของคาร์บอนในดิน ทำการคำนวณปริมาณคาร์บอนในดินต่อหน่วยพื้นที่ ดังนี้

ชีวภาพ จากค่าคงที่ของสัดส่วนคาร์บอนซึ่ง คณะวนศาสตร์ (2552) ได้รวบรวมไว้ โดยกำหนดให้สัดส่วนระหว่างคาร์บอนในพีชของป่าเต็งรังมีค่าเท่ากับ 0.5056 และสวนป่ายูคาลิปตัสมีค่าเท่ากับ 0.4899 และคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้แต่ละต้นจากผลรวมของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในแต่ละส่วนของต้นไม้ เช่น

การหาปริมาณคาร์บอนสะสม

ประเมินปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในระบบนิเวศป่าชนิดต่างๆ ทำได้จากการหาผลรวมของคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพและคาร์บอนที่สะสมอยู่ในดินของแต่ละระบบนิเวศที่ศึกษา

ผลและวิจารณ์

สมการมวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัส

สมการความสัมพันธ์สำหรับการประมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัสสามารถสรุปได้ ดังนี้

$$\text{มวลชีวภาพลำต้น: Stem (W}_S\text{)} = 0.26827(D^2H)^{0.973647} \quad r^2 = 0.995$$

$$\text{มวลชีวภาพกิ่ง : Branch (W}_B\text{)} = 0.00045(D^2H)^{1.26077} \quad r^2 = 0.945$$

$$\text{มวลชีวภาพใบ : Leaf (W}_L\text{)} = 0.10114(D^2H)^{0.46007} \quad r^2 = 0.929$$

$$\text{มวลชีวภาพราก : Root (W}_R\text{)} = 0.01378(D^2H)^{0.87935} \quad r^2 = 0.996$$

เมื่อ W_S = มวลชีวภาพของลำต้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

W_B = มวลชีวภาพของกิ่ง มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

W_L = มวลชีวภาพของใบ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

W_R = มวลชีวภาพของราก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

r^2 = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด

H = ความสูง มีหน่วยเป็นเมตร

D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชป่าเต็งรัง

ป่าเต็งรังในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี มีพรรณไม้ทั้งหมด 20 ชนิด ไม้ทั่วไปมีลักษณะโปร่งมีเรือนยอดปกคลุมร้อยละ 63 มีความหนาแน่น 783 ต้นต่อเฮกแตร์ และมีพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 11.40 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ รูปแบบการกระจายของขนาดต้นไม้ในพื้นที่ที่ศึกษาเป็นรูป L-shape กล่าวคือต้นไม้ที่มีขนาดเล็กจะมีจำนวนมากและเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นจำนวนต้นไม้ก็จะลดลง โดยขนาดของต้นไม้ที่พบมากที่สุดคือขนาดตั้งแต่ 4.5-10 เซนติเมตร (Figure 1) แสดงว่าป่าอยู่ในสภาวะที่ เรียกว่า stationary stage หรือสภาวะที่ค่อนข้างคงที่ มีการเจริญตามธรรมชาติ และจากการศึกษาความสำคัญของพรรณไม้ในป่าชนิดนี้ โดยพิจารณาตามค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ พบว่าชนิดไม้ที่มีความเด่นมากที่สุดคือ แดง (*Xylocarpus xylocarpa* Taub.) รองลงมา คือ กูกิ (*Lansea coromandelica* (Houtt.) Merr.) เลี้ยวเครือ (*Bauhinia glauca* Wall. ex Benth Benth.) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) และเต็ง (*Shorea obtusa* Wall.ex Blume)

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

จากการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส พบว่าสวนป่ายูคาลิปตัสอายุ 3 ปี มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดคือ 32.74 ต้นต่อเฮกแตร์ รองลงมาได้แก่ สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 4 ปี ป่าเต็งรัง สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 2 ปี และสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 1 ปี มีค่าเท่ากับ 22.81, 22.17, 12.47 และ 4.86 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ (Table 1) จากผลการศึกษานี้ทำให้ทราบว่าการปลูกป่าตามอายุ จะทำให้เกิดความแตกต่างของมวลชีวภาพแล้วสายต้นของกล้าไม้ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อปริมาณมวลชีวภาพเช่นเดียวกัน กล่าวคือในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ซึ่งเป็นสายต้น 236 นั้นมีมวลชีวภาพมากกว่าสวนป่ายูคาลิปตัสอายุ 4 ปี แม้จะมีอายุน้อยกว่า อย่างไรก็ตามศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพของต้นไม้ องค์ประกอบของป่า/สวนป่า ดังนั้นสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ซึ่งเป็นไม้โตเร็ว และได้รับการปรับปรุงพันธุ์เป็นอย่างดี จึงมีศักยภาพใน

การกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณที่มากกว่าป่าเต็งรัง ซึ่งเป็นป่าที่ประกอบด้วยต้นไม้ผลัดใบที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก ซึ่งจะทิ้งใบหมดในช่วงฤดูแล้ง ทำให้การเติบโตในช่วงนี้มีการหยุดชะงักไป อีกทั้งยังมีปัจจัยรบกวนอื่นๆ เช่น ไฟป่า และการเพิ่มขึ้นของประชากรใน

พื้นที่อย่างรวดเร็ว รวมไปถึงการเก็บหาของป่าอย่างมากในพื้นที่ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ป่าเต็งรังในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี มีความเสื่อมโทรม เป็นเหตุให้มีการเติบโตและมวลชีวภาพที่ต่ำ

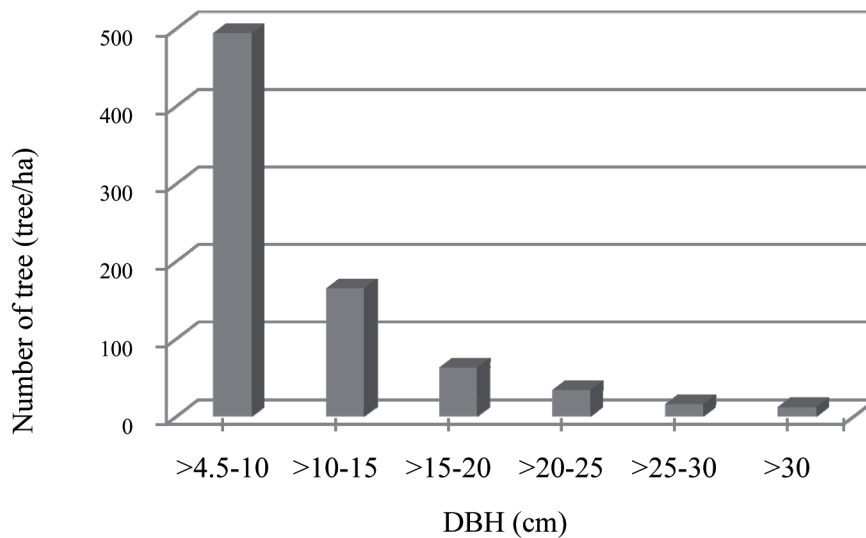


Figure 1 Tree density in different size classes of dry dipterocarp forest in Muncha Khiri Plantation, Khon Kaen province.

Table 1 Carbon storage in biomass of dry dipterocarp forest and eucalypt plantation in Muncha Khiri Plantation, Khon Kaen province.

Forest type	Carbon storage (tonne ha ⁻¹)				Total (tonne ha ⁻¹)
	Stem	Leaves	Branches	Roots	
Dry dipterocarp forest	15.28	2.91	1.08	2.90	22.17
Eucalypt plantation 1-yr old	2.00	0.65	1.47	0.74	4.86
Eucalypt plantation 2-yr old	8.07	0.81	1.28	2.30	12.47
Eucalypt plantation 3-yr old	22.00	2.95	2.07	5.72	32.75
Eucalypt plantation 4-yr old	15.24	1.94	1.59	4.03	22.81

คาร์บอนในดิน

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส จากผิวดินจนถึงระดับความลึก 60 เซนติเมตร ได้ผลดังแสดงใน Table 2 สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 1 ปี ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงที่สุดเท่ากับ 43.62 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมา

ได้แก่ สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 2 ปี สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 4 ปี ป่าเต็งรัง และสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 3 ปี มีค่าเท่ากับ 42.08, 37.60, 36.19 และ 31.95 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ เนื่องจากในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี มีปัญหาการชะล้างพังทลายของหน้าดินมาก และสวนป่ายูคาลิปตัสทั้งสองแปลง คือ แปลงสวนป่ายูคาลิปตัส

อายุ 1 และ 2 ปี เป็นพื้นที่ที่อยู่ในบริเวณที่ต่ำที่สุด จึงเป็นแหล่งที่มีดินชะล้างลงไปรวมกันมากจึงทำให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด และยังพบอีกว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินจะมีค่ามากที่สุดที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และจะลดลงตามระดับความลึกของดินที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของรุ่งเรือง (2548) และ สิริรัตน์ และคณะ (2548)

ที่กล่าวไว้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินจะเปลี่ยนไปตามระดับความลึกของดิน โดยจะมีปริมาณลดลงเมื่อความลึกของดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลเนื่องมาจากพืชพรรณที่ขึ้นอยู่และสภาวะภูมิอากาศ และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน ที่มีผลอย่างมากต่อปริมาณคาร์บอนที่เก็บสะสมไว้ในดิน (อำนาจ และ ญัฐพล, 2548)

Table 2 Amount of organic carbon storage (tonne ha⁻¹) in soil at different depths in dry dipterocarp forest and eucalypt plantations in Mancha Khiri plantation, Khon Kaen province.

Forest type	Carbon storage (tonne ha ⁻¹)			Total (tonne ha ⁻¹)
	0-20 cm	>20-40 cm	>40-60 cm	
Dry Dipterocarp forest	14.93	11.67	9.59	36.19
Eucalypt plantation 1-yr old	14.88	14.57	14.17	43.62
Eucalypt plantation 2-yr old	16.61	14.79	10.68	42.08
Eucalypt plantation 3-yr old	9.97	11.21	10.77	31.95
Eucalypt plantation 4-yr old	13.04	12.15	12.41	37.60

ปริมาณคาร์บอนสะสมในป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส

ผลการศึกษายปริมาณคาร์บอนสะสม ซึ่งประเมินจากผลรวมของคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพและคาร์บอนที่สะสมอยู่ในดินจากผิวดินจนถึงระดับความลึก 60 เซนติเมตร ดังแสดงใน Table 3 พบว่าสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 3 ปี มีปริมาณคาร์บอนสะสมมากที่สุด เท่ากับ 64.70 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาได้แก่ สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 4 ปี ป่าเต็งรัง สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 2 ปี และสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 1 ปี มีค่าเท่ากับ 60.41, 58.36, 54.55 และ 48.48 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างของป่าเต็งรังแห่งนี้เป็นป่าทุติยภูมิ (secondary forest) คล้ายป่าเต็งรังแคะ และมีความหนาแน่นของต้นไม้ น้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่นๆ เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของประชากรในพื้นที่อย่างรวดเร็ว รวมไปถึงการเก็บ

หาของป่าอย่างมากในพื้นที่ จึงทำให้ปัจจุบันป่าเต็งรังในพื้นที่ศึกษามีความเสื่อมโทรมมาก เป็นเหตุให้มีมวลชีวภาพที่ต่ำกว่าพื้นที่อื่นๆ ส่วนในสวนป่ายูคาลิปตัส มีการจัดการที่ดี เช่น การใส่ปุ๋ยปีละ 1-2 ครั้ง การป้องกันไฟป่า รวมทั้งกล้าไม้ที่นำมาปลูกก็มีการปรับปรุงพันธุ์เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ป่าเต็งรังในพื้นที่ศึกษานี้ยังสามารถเพิ่มพูนศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนด้วยการปลูกเสริมและการดูแลรักษาได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะเป็ป่าเต็งรังหรือสวนป่ายูคาลิปตัสต่างก็มีบทบาทสำคัญและมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดูแลรักษาป่าธรรมชาติ ป้องกันการทำลายป่า และลดความเสื่อมโทรมของป่า ในขณะที่เดียวกันก็ควรเพิ่มพื้นที่ปลูกสวนป่าเพื่อให้มีไม้เศรษฐกิจไว้ใช้สอยอย่างเพียงพอ ไม่ต้องรบกวนป่าธรรมชาติ

Table 3 Carbon storage in trees and soil of dry dipterocarp forest and eucalypt plantations in Mancha Khiri plantation, Khon Kaen province.

Forest type	Carbon storage (tonne ha ⁻¹)		Soil Carbon	Total (tonne ha ⁻¹)
	Above-ground	Below-ground		
Dry Dipterocarp forest	19.27	2.90	36.19	58.36
Eucalypt plantation 1-yr old	4.12	0.74	43.62	48.48
Eucalypt plantation 2-yr old	10.17	2.30	42.08	54.55
Eucalypt plantation 3-yr old	27.03	5.72	31.95	64.70
Eucalypt plantation 4-yr old	18.78	4.03	37.60	60.41

สรุปและข้อเสนอแนะ

ป่าเต็งรังในพื้นที่สวนป่ามัธยาศิรี จังหวัดขอนแก่น มีความหนาแน่นเฉลี่ย 783 ต้นต่อเฮกแตร์ และมีพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 11.40 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ มีจำนวนพรรณไม้ทั้งหมด 20 ชนิด โดยไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรกคือ แดง กูก เลี้ยว เกรือ ประดู่ป่า และเต็ง รูปแบบการกระจายของขนาดต้นไม้ในพื้นที่ทำศึกษาเป็นรูป L-shape กล่าวคือ ต้นไม้ที่มีขนาดเล็กมีปริมาณมากและจำนวนต้นไม้ก็จะลดลงเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้น

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและในดินจากผิวดินจนถึงระดับความลึก 60 เซนติเมตร พบว่าสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 3 ปี มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพสูงที่สุด รองลงมาคือ สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 4 ปี ป่าเต็งรัง สวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 2 ปี และสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 1 ปี มีปริมาณมวลชีวภาพน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 64.70, 60.41, 58.36, 54.55 และ 48.48 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ทั้งนี้การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส บริเวณสวนป่ามัธยาศิรี จังหวัดขอนแก่น มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน

สำหรับการประมาณการสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้นี้ ควรศึกษาต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่รวมทั้งไม้พื้นล่างเพื่อที่จะได้มวลชีวภาพที่แท้จริงของระบบนิเวศป่าไม้นั้น ซึ่งหากมีการคิดรวมมวลชีวภาพไม้พื้นล่างแล้ว จะทำให้ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าธรรมชาติ

คำนิยม

ขอขอบพระคุณ คุณขวัญชัย สันติแสงทอง หัวหน้างานสวนป่ามัธยาศิรี คุณสมานมิตร สุขสวัสดิ์ ผู้ช่วยงานสวนป่ามัธยาศิรีและเจ้าหน้าที่สวนป่ามัธยาศิรีทุกท่าน ที่กรุณาให้การสนับสนุนเครื่องมือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม รวมทั้งข้อมูลทั่วไปของสวนป่ามัธยาศิรี และขอขอบคุณ ดร.รุ่งเรือง พูลศิริ ที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำในการทำงานวิจัย ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณะวนศาสตร์. 2552. แผนแม่บทด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. รายงานฉบับสมบูรณ์. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งเรือง พูลศิริ. 2548. คาร์บอนและไนโตรเจนในดินของสวนป่าไม้ต่างถิ่นบนดินที่สูงทางภาคเหนือของไทย, น. 107-115. ใน รายงานการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สิริรัตน์ จันทรมหเสถียร, ศิริกา โพธิ์พินิจ และวิลาวัณย์ วิเชียรนพรัตน์. 2548. การศึกษาปริมาณคาร์บอนในดินของระบบนิเวศป่าดิบแล้ง

- และป่าเบญจพรรณ, น. 321-343. ใน รายงานการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- อำนาจ ชิดไชสง และณัฐพล ลิไชยกุล. 2548. การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร, น. 95-106. ใน รายงานการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- Ogawa, H, K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1961. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. *Nature and Life in Southeast Asia* 4: 49-80.
-