

## มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและในดินของป่าดิบเขาที่เหลือเป็นหย่อมบนพื้นที่ต้นน้ำที่สูง หน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

### Value of Carbon Stocks in Biomass and Soil of Fragmented Montane Forests on Highland Watershed at Boa Kaew Watershed Management Station, Samoeng District, Chiang Mai Province

ชนิษฐา เสถียรพิระกุล<sup>1</sup> สุนทร คำยอง<sup>1</sup> นิวัตติ อนงค์รักษ์<sup>1</sup> และ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

<sup>2</sup> คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

**บทคัดย่อ:** มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและในดินป่าดิบเขาที่เหลือเป็นหย่อม พื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ คัดเลือกหย่อมป่า 5 พื้นที่ ทำการวางแปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 40 x 40 ตร.ม. จำนวน 1 แปลงในแต่ละหย่อมป่า วัดการเติบโตของไม้ยืนต้นทุกต้นในแปลงที่มีความสูงมากกว่า 1.5 ม. เก็บตัวอย่างดินตามความลึกหย่อมป่าละ 1 หลุม พบว่า สังคมพืชมีความแตกต่างกันระหว่างหย่อมป่า ส่วนใหญ่มีสนสามใบ ก่อเดี่ยว ก่อแป้นและทะเล่เป็นพันธุ์ไม้เด่น มวลชีวภาพป่าไม้พื้นประระหว่าง 197-239 Mg ha<sup>-1</sup> (เฉลี่ย 216.8 Mg ha<sup>-1</sup>) คิดเป็นปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย 107.2 MgC ha<sup>-1</sup> จำแนกเป็นมวลชีวภาพในลำต้น กิ่ง ใบ และราก พื้นประระหว่าง 127-154, 39-49, 3-4 และ 28-34 Mg ha<sup>-1</sup> โดยมีการสะสมมากในวงศ์ก่อ วงศ์เมี่ยง และวงศ์สน สนสามใบมีการสะสมคาร์บอนมากที่สุด รองลงมาคือ ก่อเดี่ยว ทะเล่ ก่อแป้น และ ก่อหมาก ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุและคาร์บอนสะสมในดินลึก 160 ซม.มีค่าระหว่าง 145.37-454.92 Mg ha<sup>-1</sup> และ 84.33-263.87 MgC ha<sup>-1</sup> ตามลำดับ มูลค่าของคาร์บอนในป่าไม้เฉลี่ยเท่ากับ 327 บาทต่อเฮกตาร์ และมูลค่าของคาร์บอนที่สะสมในดินเฉลี่ยเท่ากับ 426.88 บาทต่อเฮกตาร์ คิดเป็นมูลค่ารวมของการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ในพื้นที่ต้นน้ำ เฉลี่ยรวมเท่ากับ 753.88 บาทต่อเฮกตาร์

**คำสำคัญ:** ป่าที่เหลือเป็นหย่อม ป่าดิบเขา พื้นที่ต้นน้ำบนที่สูง มูลค่าคาร์บอนในมวลชีวภาพ มูลค่าคาร์บอนในดิน

**Abstract:** Value of carbon stocks in biomass and soil of fragmented in montane forests were studied at Boakaew watershed station, Samoeng district, Chiang Mai province. Five, 40 x 40 m<sup>2</sup> sampling plots were arranged in five fragmented forests (FF) for vegetation survey. Growth of all trees with  $\geq 1.5$  m height were measured. A soil pit was made in each fragmented forest, and soil samples were collected along profiles. It is found that plant communities were different among the forests. Dominant tree species were mainly *Pinus kesiya*, *Castanopsis acuminatissima*, *Castanopsis diversifolia* and *Schima wallichii*. Forest biomass varied among fragmented forests, 197-239 Mg ha<sup>-1</sup> (216.8 Mg ha<sup>-1</sup> in average) divided into stem, branch, leaf and root as varied 127-154, 39-49, 3-4 and 28-34 Mg ha<sup>-1</sup>, respectively. The majority of biomass was

stored in tree species of Fagaceae, Theaceae and Pinaceae families. Carbon stocks in biomass were  $107.2 \text{ MgC ha}^{-1}$ . *P. kesiya* had the largest amounts of carbon stocks. The lower amounts were observed in *C. accuminatissima*, *Schima wallichii*, *C. diversifolia* and *Q. brandisiana*. Amounts of organic matter and carbon accumulated within 160 cm depth were  $145.37\text{-}454.92 \text{ Mg ha}^{-1}$  and  $84.33\text{-}263.87 \text{ MgC ha}^{-1}$ , respectively. Valuation of biomass carbon and soil carbon were  $327 \text{ baht ha}^{-1}$  and  $426.88 \text{ baht ha}^{-1}$ . The total value was calculated as  $753.88 \text{ baht ha}^{-1}$ .

**Keywords:** fragmented forest, montane forest, highland watershed, valuation of biomass carbon, valuation of soil carbon

## คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสาเหตุหลายประการ จากรายงานของ IPCC (1996) ระบุว่า สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำลายทรัพยากรป่าไม้ โดยกา รแผ้วถางทำลายป่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศประมาณร้อยละ 20 เกิดจากการสูญเสียคาร์บอนที่เก็บกักในรูปเนื้อไม้จากการตัดฟันไม้และทำลายป่า (OEPP, 2000) พื้นที่ป่าไม้ในเขตร้อนชื้นเป็นพื้นที่ที่ถูกพบว่ามีอัตราการทำลายที่สูง เนื่องจากประชา กรส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรมประกอบกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ทำให้ความต้องการใช้พื้นที่เพื่อประโยชน์ต่าง ๆ มีมากขึ้น เช่นเดียวกับประเทศไทย พื้นที่ป่าต้นน้ำลำธารซึ่งครอบคลุมด้วยป่าดิบเขาระดับต่ำ และมักประสบปัญหาการทำให้เสื่อมลงอย่างมาก เนื่องจากดินมีความอุดมส มบูรณ์สูง สภาพอากาศชุ่มชื้นตลอดปีและมีอุณหภูมิพอเหมาะสำหรับการเกษตรที่สูงส่งผลทำให้ป่าดิบเขาที่เป็นต้นน้ำลำธารถูกแผ้วถางและใช้ทำไร่กันทั่วไป โดยเหลือป่าเป็นหย่อม ๆ ที่มีขนาดแตกต่างกัน บางหย่อมป่ามีขนาดใหญ่ บางหย่อมมีขนาดปานกลางและบางหย่อมมีขนาดเล็ก ป่าดิบเขาที่เหลือเป็นหย่อมๆ เหล่านี้มีสภาพความอุดมสมบูรณ์มากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างและชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่เป็นองค์ประกอบ

ที่แตกต่างกัน ซึ่งผันแปรตามสภาพปัจจัยแวดล้อม ทำให้มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของป่าแตกต่างกัน (Ogawa *et al.*, 1965; Tsutsumi *et al.*, 1983; Boonpragob, 1996; Tangtham and Tantasirin, 1997; Negi *et al.*, 2003; สนธยา, 2547; นพวรรณ, 2548; สาพิศ และคณะ, 2548) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินปริมาณและมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและในดินของหย่อมป่าดิบเขา และเพื่อใช้เป็นแนวทางจัดการพื้นที่บูรระบบนิเวศป่าไม้บนพื้นที่ต้นน้ำ ให้มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดปัญหาภาวะเรือนกระจกและภาวะโลกร้อน ตลอดจนเป็นแรงจูงใจให้ประชาชนเล็งเห็นความสำคัญของป่าไม้ เพื่อเร่งช่วยอนุรักษ์และส่งเสริมการปลูกป่าในอนาคตต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 5. การศึกษาข้อมูลเชิงปริมาณของพันธุ์ไม้

พื้นที่วิจัยตั้งอยู่บริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ ห่างจาก อ. เมือง จ. เชียงใหม่ไปทางทิศเหนือ 82 กม. เลือกป่าธรรมชาติ 5 หย่อมป่า วางแปลงสุ่มตัวอย่างขนาด  $40 \times 40$  ตร.ม. จำนวน 1 แปลงต่อหย่อมป่า บันทึกตำแหน่งแปลงด้วย GPS วัดเส้นรอบวงลำต้นที่มีความสูง 1.3 ม. จากพื้นดินของไม้ยืนต้นทุกต้นที่มีความสูง 1.50 ม. ขึ้นไป คำนวณค่าความถี่ของการพบ (Frequency)

ความหนาแน่น (Density) ความเด่น (Dominance) ดัชนีความสำคัญ (Important value index, IVI) ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Species diversity index) (Krebs, 1985) และคำนวณหามวลชีวภาพ

#### 6. การประเมินปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในป่าไม้

2.1 มวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ คำนวณหามวลชีวภาพของต้นไม้ ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และราก ตามสมการ allometry ของ Tsutsumi et al. (1983) ดังนี้

$$WS (\text{ลำต้น}) = 0.0509 (D2H) 0.919 \quad r^2 = 0.978$$

$$WB (\text{กิ่ง}) = 0.00893 (D2H) 0.977 \quad r^2 = 0.890$$

$$WL (\text{ใบ}) = 0.0140 (D2H) 0.669 \quad r^2 = 0.714$$

$$WR (\text{ราก}) = 0.0313 (D2H) 0.805 \quad r^2 = 0.981$$

2.2 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ คำนวณหาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของคาร์บอนในเนื้อเยื่อพืชส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และ ราก จากการศึกษาของ Tsutsumi et al. (1983) โดยกำหนดให้คาร์บอนในมวลชีวภาพมีค่าเท่ากับ 49.9, 48.7, 48.3 และ 48.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

#### 7. การประเมินปริมาณและการกักเก็บคาร์บอนในดิน

ศึกษาดินในหย่อมป่าโดยชุดดิน 1 หลุม รวม 5 หลุม ที่มีความลึก 160 ซม. และเก็บตัวอย่างดินตามความลึกเพื่อศึกษาความหนาแน่นรวมของดินโดยวิธี Core method ความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุ และหาปริมาณมวลดินต่อหน่วยพื้นที่เพื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน

#### 8. การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและในดิน

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและในดินของป่าไม้ ประยุกต์ใช้วิธี Market valuation และ Cost replacement method (พงษ์ศักดิ์ และ พิณทิพย์, 2552) ทั้งนี้ มูลค่าของคาร์บอน ประเมินจากการซื้อขายคาร์บอนในตลาดโลก โดยเป็นการซื้อขายในตลาดแบบสมัครใจ (Voluntary carbon market : VCM) มูลค่า

การซื้อขายคาร์บอน เท่ากับ 0.10 US\$/tonC ในตลาดคาร์บอน Chicago Climate Exchange (CCX) (Molly P.S. et al. 2011) หรือ 3.049 บาท/ตันคาร์บอน (อัตราแลกเปลี่ยน 30.49 บาท/ดอลลาร์สหรัฐ)

#### ผลและวิจารณ์ผล

#### 20. ลักษณะเชิงปริมาณของพันธุ์ไม้

สังคมพืชในหย่อมป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้วเป็นป่าดิบเขาและป่าดิบเขาผสมสน ซึ่งมีชนิดพันธุ์ไม้เด่นและพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่เป็นองค์ประกอบในแต่ละหย่อมป่า ผันแปรแตกต่างกัน (Table 1)

**หย่อมป่าที่ 1** มีระดับความสูง 1,395 ม. จากระดับน้ำทะเล พบพันธุ์ไม้ 42 ชนิด ใน 35 สกุล 21 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ สนสามใบ รองลงมาคือ ก่อติ ทะโล้ ก่อหม่น มีค่าความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Shannon-Wiener Index: SWI) เท่ากับ 4.65

**หย่อมป่าที่ 2** มีระดับความสูง 1,300 ม. พบพันธุ์ไม้ 21 ชนิด ใน 18 สกุล 12 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ ก่อเดียว รองลงมาคือ ก่อหมาก สนสามใบ ก่อติ มีค่า SWI เท่ากับ 3.65

**หย่อมป่าที่ 3** มีระดับความสูง 1,390 ม. พบพันธุ์ไม้ 40 ชนิด ใน 35 สกุล 22 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ ก่อเดียว รองลงมาคือ ก่อแป้น ก่อหม่น ก่อติ มีค่า SWI เท่ากับ 4.15

**หย่อมป่าที่ 4** มีระดับความสูง 1,556 ม. พบพันธุ์ไม้ 37 ชนิด ใน 33 สกุล 24 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ ก่อแป้น รองลงมาคือ ทะโล้ เหมือนคนตัวผู้ ไก่แดง มีค่า SWI เท่ากับ 4.51

**หย่อมป่าที่ 5** มีระดับความสูง 1,545 ม. พบพันธุ์ไม้ 32 ชนิด ใน 28 สกุล 18 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ ทะโล้ รองลงมาคือ เหมือนคนตัวผู้ ไก่แดง ก่อเดียว มีค่า SWI เท่ากับ 4.23

สังคมพืชที่ระดับความสูง 1,300-1,400 ม. มีสนสามใบและก่อเตี้ยเป็นพันธุ์ไม้เด่น ที่ระดับความสูงประมาณ 1,500 ม. มีก่อแป้นและทะเลีเป็นไม้เด่น หย่อมป่าเหล่านี้ มีค่า SWI ใกล้เคียงกัน ยกเว้นหย่อมป่าที่ 2 มีค่าต่ำกว่า โดยพบก่อหมากขึ้นอยู่มาก แต่ไม่พบไม้ก่อชนิดอื่นในหย่อมป่าอื่น ก่อหมากเป็นพันธุ์ไม้ที่พบขึ้นในพื้นที่ป่าดิบเขาผสมสนที่ค่อนข้างแห้ง ขณะที่ก่อแป้นจะพบในพื้นที่ค่อนข้างชุ่มชื้นมากกว่า

## 21. มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในป่าไม้

ป่าดิบเขาผสมไม้สนที่เหลือเป็นหย่อมมีมวลชีวภาพป่าไม้ผืนแปรระหว่าง 197-239 Mg ha<sup>-1</sup> (เฉลี่ย 216.8 Mg ha<sup>-1</sup>) คิดเป็นปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย 107.2 MgC ha<sup>-1</sup> จำแนกเป็นมวลชีวภาพในลำต้น กิ่ง ใบ และราก ผืนแปรระหว่าง 127-154, 39-49, 3-4 และ 28-34 Mg ha<sup>-1</sup> พันธุ์ไม้ใน 3 วงศ์มีการสะสมมวลชีวภาพมากที่สุด ถึง 72.73 % คือ วงศ์ก่อ (Fagaceae) วงศ์เมี่ยง (Theaceae) และวงศ์สน (Pinaceae) และมีการสะสมมวลชีวภาพ เฉลี่ย 91.4, 36.0 และ 31.0 Mg ha<sup>-1</sup> ตามลำดับ พันธุ์ไม้ที่มีการสะสมมวลชีวภาพมากที่สุดสามใบ ก่อเตี้ย ทะเลี ก่อแป้นและก่อหมาก (Table 2)

พันธุ์ไม้ที่มีเส้นรอบวงลำต้น 50-200 ซม. การสะสมมวลชีวภาพมากถึง 76.37 % ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด โดยที่ไม้ที่มีเส้นรอบวงลำต้น 50-100, 100-150 และ 150-200 ซม. มีมวลชีวภาพเฉลี่ย 68, 53, และ 47 Mg ha<sup>-1</sup> ตามลำดับ เมื่อจำแนกต้นไม้ตามชั้นขนาดเส้นรอบวงลำต้นพบว่า หย่อมป่าที่มีความหนาแน่นของต้นไม้มากมีมวลชีวภาพลำต้นน้อย และมีไม้ขนาดเล็กมาก ส่วนหย่อมป่าที่มีความหนาแน่นของต้นไม้ไม่มากนักประกอบด้วยต้นไม้ตั้งเดิมขนาดใหญ่ เช่น สนสามใบและไม้ก่อต่างๆ จึงมีมวลชีวภาพในลำต้นมาก และเมื่อมีการลักลอบตัดฟันต้นไม้จะทำให้เกิดช่องว่าง จึงเกิดการทดแทนของสังคมพืชขึ้น สภาพความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้จึงผืนแปรระหว่างหย่อมป่าโดยมีไม้ขนาดเล็กจำนวนมากขึ้นทดแทนในพื้นที่โล่ง ได้แก่ เคาะ แข็งกวาง

และส้มปี้ แม้ว่าจะมีจำนวนค่อนข้างมาก แต่เป็นไม้ขนาดเล็ก จึงทำให้มีการสะสมมวลชีวภาพในเนื้อไม้ไม่บ่อย

Tangtham and Tantasirin (1997) พบว่า ป่าดิบชื้นมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพมากที่สุด รองลงมาคือ ป่าเบญจพรรณ และต่ำที่สุดในป่าเต็งรัง ขณะที่ Negi *et al.* (2003) พบว่า ป่าสนมีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ และป่าไผ่ ตามลำดับ การวิจัยนี้ พบว่า หย่อมป่าดิบเขาผสมไม้สนมีการกักเก็บคาร์บอนน้อยกว่าป่าดิบเขาบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพสูงถึง 20,638 กิโลกรัม/ไร่ เนื่องจากป่าธรรมชาติบริเวณนี้ถูกทำลายจนเหลือเป็นหย่อมและบางหย่อมยังมีการลักลอบตัดฟันไม้ ทำให้คาร์บอนในเนื้อไม้ถูกทำลายไปด้วย แม้ว่าจะมีการทดแทนเกิดขึ้นใหม่แต่การกักเก็บคาร์บอนในไม้ขนาดเล็กยังมีน้อยอยู่ อย่างไรก็ตาม ป่าดิบเขาผสมสนบริเวณนี้มีการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าป่าเบญจพรรณและป่าดงดิบแล้งบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ที่มีปริมาณการกักเก็บ 14,899 และ 5,664 กก./ไร่ ตามลำดับ (สนธยา, 2547) ในขณะที่ป่าดิบแล้งบริเวณสะแกกราช จังหวัดนครราชสีมามีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ 24,344 กก./ไร่ และป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลองมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ 13,787 กก./ไร่ (สาพิศ และคณะ, 2548) ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในป่าธรรมชาติต่าง ๆ มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสังคมพืช สภาพป่า ลักษณะภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศ

## 22. การสะสมคาร์บอนในดิน

ดินชั้นบนทุกหย่อมมีค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) ต่ำ และเพิ่มสูงขึ้นในดินชั้นล่าง โดยมีความผืนแปรระหว่างหย่อมป่า ดินชั้นบน ของทุกหย่อมป่ามีความหนาแน่นรวมต่ำมาก มีค่าระหว่าง 0.70-1.29 Mg m<sup>-3</sup> หย่อมป่าที่ 1 มีค่าต่ำกว่าหย่อมป่าบริเวณอื่น แสดงให้เห็นว่ามีการพัฒนาของดินน้อยกว่า ความหนาแน่นในดินชั้นบนของป่าดิบเขามักจะต่ำหรือต่ำมาก เกิดจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ในดินมาก ซึ่งมีน้ำหนักเบา อินทรีย์วัตถุส่วนใหญ่เกิดจากการ  
ผุสลายของซากพืชที่ร่วงหล่น

อินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic matter) ดินชั้น  
บน (0-30 cm.) ของทุกหย่อมป่ามีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูง  
มาก (15.94-82.80 Mg ha<sup>-1</sup>) และมีค่าลดลงตามความลึก  
ของดิน แต่ดินหย่อมป่าที่ 2 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินน้อย  
กว่าหย่อมป่าอื่น สำหรับคาร์บอนในดิน (Soil carbon)  
คาร์บอนเป็นส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุในดินโดยเฉลี่ย  
58% คาร์บอนในดินชั้นบนของทุกหย่อมป่ามีค่าแปรผัน  
ระหว่าง 5.2-48.0 MgC ha<sup>-1</sup> และลดลงตามความลึกของดิน  
ดินในหย่อมป่าที่ 2 มีคาร์บอนในดินน้อยกว่าหย่อมป่าอื่น ๆ  
ปริมาณการสะสมของอินทรีย์วัตถุในดินหย่อมป่ามีค่าแปรผัน  
ระหว่าง 145.37-454.92 Mg ha<sup>-1</sup> หย่อมป่าที่ 1 และ 2 มี  
การสะสมน้อยกว่า (145.37 และ 160.44 Mg ha<sup>-1</sup>) และ  
หย่อมป่าที่ 5 มีการสะสมมากที่สุด (454.92 Mg ha<sup>-1</sup>)  
ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินของป่าดิบเขาผสมสน  
ผันแปรตามปริมาณอินทรีย์วัตถุ (soil organic matter) ใน  
ดินป่าไม้ (Table 3) คิดเป็นปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน  
หย่อมป่า 84.33-263.87 MgC ha<sup>-1</sup> ดินหย่อมป่าที่ 1 และ 2  
มีคาร์บอนน้อยกว่า (84.33 และ 93.07 MgC ha<sup>-1</sup>) หย่อมป่า  
ที่ 5 มีการสะสมมากกว่าหย่อมป่าอื่น ๆ (263.86 MgC ha<sup>-1</sup>)

การศึกษาของสุนทร (2551) พบการสะสมของ  
คาร์บอนในระบบนิเวศป่าดิบเขาต่ำ และป่าดิบเขาสูง บริเวณ  
ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ มีค่าเท่ากับ 104.8 และ  
288.8 MgC ha<sup>-1</sup> ทั้งนี้ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณ  
การสะสมธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นเป็น  
องค์ประกอบ วัตถุต้นกำเนิดดิน ไฟป่า เมื่อเปรียบเทียบกับดินใน

ป่าชนิดต่าง ๆ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัด  
เชียงใหม่ (ณัฐลักษณ์, 2552) พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ และ  
คาร์บอนสะสมในดินป่าดิบแล้งมากที่สุด รองลงมาคือป่า  
เบญจพรรณ ป่าดิบเขา ป่าสนและป่าเต็งรัง ตามลำดับ  
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และคาร์บอนในดินป่าดิบเขาลึก 120  
ซม. ที่ความสูง 1,208 ม. จากระดับน้ำทะเล มีค่า 229.36  
และ 133.03 MgC ha<sup>-1</sup> ตามลำดับ การสะสมของ  
อินทรีย์วัตถุ และคาร์บอนในดินหย่อมป่าดิบเขาบริเวณหน่วย  
จัดการต้นน้ำบ่อแก้วอยู่ในช่วงปานกลาง มีปัจจัยต่าง ๆ ที่มี  
อิทธิพลต่อปริมาณการสะสม ได้แก่ ชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นเป็น  
องค์ประกอบ วัตถุต้นกำเนิดดิน ไฟป่า ตลอดจนสภาพ  
ภูมิประเทศของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน พื้นที่ที่มีความลาด  
ชันน้อยมีการสะสมของธาตุอาหารมากกว่าพื้นที่ที่มีความลาด  
ชันมาก (Handrick, 1981)

### 23. มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและใน ดิน

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวล  
ชีวภาพและคาร์บอนที่สะสมในชั้นดิน ที่ระดับความลึก  
0-160 ซม. ซึ่งประยุกต์ใช้วิธี Market valuation และ Cost  
replacement method ผลการศึกษาพบว่า มูลค่าของ  
คาร์บอนในป่าไม้เฉลี่ยเท่ากับ 327 บาทต่อเฮกตาร์ และ  
มูลค่าของคาร์บอนที่สะสมในดินเฉลี่ยเท่ากับ 426.88 บาท  
ต่อเฮกตาร์ คิดเป็นมูลค่ารวมของการกักเก็บคาร์บอนของ  
ป่าไม้ในพื้นที่ต้นน้ำ เฉลี่ยรวมเท่ากับ 753.88 บาทต่อ  
เฮกตาร์

**Table 1** Quantitative characteristics of five fragmented montane forests.

Quantitative characteristics	Fragmented forests				
	1	2	3	4	5
1 Altitude (m)	1,395	1,300	1,390	1,556	1,545
2 Number of Species	42	21	40	37	32
3 Number of Genus	35	18	35	33	28
4 Number of Families	21	12	22	24	18
5 Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	32.88	27.96	31.01	36.58	27.02
6 Dominant tree (%)					
(1) <i>Pinus kesiya</i> (สนสามใบ)	25.67	16.51	-	0.91	7.00
(2) <i>Castanopsis acuminatissima</i> (ก่อเดือย)	1.61	30.80	17.37	-	7.78
(3) <i>Castanopsis purpurea</i> (ก่อติ)	16.24	2.96	9.61	-	-
(4) <i>Lithocarpus elegans</i> (ก่อหม่น)	5.80	0.25	10.22	-	-
(5) <i>Schima wallichii</i> (ทะโล้)	9.36	0.79	5.96	9.77	21.90
(6) <i>Quercus brandisiana</i> (ก่อหมาก)	-	19.34	-	-	-
(7) <i>Castanopsis diversifolia</i> (ก่อแป้น)	0.09	-	10.80	33.22	-
(8) <i>Ternstroemia gymnanthera</i> (ไก่อแดง)	3.19	0.51	2.62	9.55	5.56
(9) <i>Helicia nilagirica</i> (เหมือดคนตัวผู้)	0.91	-	1.17	9.71	10.90
7 MI (%)					
(1) <i>Pinus kesiya</i> (สนสามใบ)	17.61	9.44	-	1.64	3.69
(2) <i>Castanopsis acuminatissima</i> (ก่อเดือย)	1.31	22.80	9.39	-	4.47
(3) <i>Castanopsis purpurea</i> (ก่อติ)	9.88	3.26	5.87	-	-
(4) <i>Lithocarpus elegans</i> (ก่อหม่น)	5.41	0.42	8.11	-	-
(5) <i>Schima wallichii</i> (ทะโล้)	8.95	0.99	4.04	8.14	17.00
(6) <i>Quercus brandisiana</i> (ก่อหมาก)	-	13.22	-	-	-
(7) <i>Castanopsis diversifolia</i> (ก่อแป้น)	0.30	-	7.34	20.16	-
(8) <i>Ternstroemia gymnanthera</i> (ไก่อแดง)	4.11	0.85	2.72	10.39	5.12
(9) <i>Helicia nilagirica</i> (เหมือดคนตัวผู้)	0.71	-	1.29	7.52	6.62
8 Density (tree/ha)					
(1) < 50 cm	898	694	1447	733	1319
(2) 50-100 cm	254	278	268	235	217
(3) 100-150 cm	79	66	40	31	43
(4) 150-200 cm	13	13	15	31	22
(5) 200-250 cm	-	6	-	13	-
(6) 250-300 cm	-	-	-	13	-
9 Species diversity (SWI)	4.65	3.65	4.15	4.51	4.23

Table 2 Biomass, Carbon stock of five fragmented montane forest.

	Plant Biomass (Mg ha <sup>-1</sup> )							Plant Carbon (MgC ha <sup>-1</sup> )					Value of Biomass Carbon (Baht ha <sup>-1</sup> )						
	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	Average	%	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	Average	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	Average
<b>Forest Biomass</b>	239	205	206	237	197	216.8	100	118	101	102	117	98	107.2	360	308	311	357	299	327
(1) WS	154	132	133	154	127	140	64.5	77	66	66	77	64	70	235	201	201	235	195	213.4
(2) WB	47	41	40	49	39	43.2	19.9	23	20	19	24	19	21	70	61	58	73	58	64
(3) WL	4	3	4	3	3	3.4	1.57	2	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	6
(4) WR	34	28	30	31	28	30.2	13.9	16	14	14	15	13	14.4	49	43	43	46	40	44.2
<b>Classified by family</b>																			
(1) Fagaceae	77	102	110	129	39	91.4	41.8	38	50	54	63	19	44.8	115	152	164	192	58	136.2
(2) Pinaceae	77	58	0	2	18	31	14.1	38	28	0	1	9	15.2	115	86	0	3	27	46.2
(3) Theaceae	29	13	20	55	63	36	16.7	14	6	10	27	31	17.6	43	19	30	82	94	53.6
<b>Classified by species</b>																			
(1) <i>Pinus kesiya</i> (สนสามใบ)	77	58	0	2	18	31	14.1	38	28	0	1	9	15.2	115	86	0	3	27	46.2
(2) <i>Castanopsis acuminatissima</i> (ก่อเดียว)	4	56	41	0	15	23.2	11.1	2	27	20	0	7	11.2	6	83	61	0	22	34.4
(3) <i>Schima wallichii</i> (ทะโล้)	21	2	14	22	46	21	9.92	10	1	7	11	22	10.2	31	3	21	33	68	31.2
(4) <i>Castanopsis diversifolia</i> (ก่อแป้น)	0	0	25	91	0	23.2	10.0	0.0	0	0.0	0.1	0	0.05	0.00	0	0.18	0.57	0	0.15
(5) <i>Quercus brandisiana</i> (ก่อหนาก)	0	38	0	0	0	7.6	3.68	0	0.0	0	0	0	0.02	0	0.25	0	0	0	0.06
<b>Classified by GBH</b>																			
(1) < 50 cm	37	23	38	17	30	29	13.4	18	11	19	8	15	14.2	55	34	57	25	45	43.2
(2) 50-100 cm	89	77	93	56	68	76.6	35.5	43	38	45	27	33	37.2	132	115	138	83	101	113.8
(3) 100-150 cm	84	54	45	25	53	52.2	24.1	41	26	22	12	26	25.4	125	80	67	37	79	77.6
(4) 150-200 cm	30	27	30	46	47	36	16.7	15	13	15	22	23	17.6	45	40	45	68	70	53.6
(5) 200-250 cm	0	25	0	37	0	12.4	5.59	0	12	0	18	0	6	0	37	0	55	0	18.4
(6) 250-300 cm	0	0	0	55	0	11	4.63	0	0	0	27	0	5.4	0	0	0	82	0	16.4

Table 3 Stored carbon in soils of five fragmented montane forests.

FF	Soil Depth (cm)	Organic Matter (%)	Bulk density (mg.m <sup>-3</sup> )	Organic Matter (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Organic Carbon (MgC.ha <sup>-1</sup> )	Carbon Storage (MgC.ha <sup>-1</sup> )	Value of soil Carbon (Baht ha <sup>-1</sup> )
1	0 - 5	7.35	0.97	35.69	20.7	20.70	63.11
	5 - 10	3.29	0.97	15.94	9.2	29.95	91.32
	10 - 20	1.83	0.95	17.44	10.1	40.07	122.17
	20 - 30	1.40	1.15	16.07	9.3	49.39	150.59
	30 - 40	0.75	1.07	7.99	4.6	54.02	164.71
	40 - 60	0.64	0.99	12.72	7.4	61.40	187.21
	60 - 80	0.59	1.15	13.61	7.9	69.29	211.27
	80 - 100	0.29	1.17	6.77	3.9	73.22	223.25
	100 - 120	0.47	1.16	10.91	6.3	79.55	242.55
	120 - 140	0.17	1.20	4.09	2.4	81.92	249.77
	140 - 160	0.17	1.22	4.14	2.4	<b>84.33</b>	<b>257.12</b>
2	0 - 5	7.98	0.91	36.18	21.0	20.99	64.00
	5 - 10	7.83	0.82	32.18	18.7	39.66	120.92
	10 - 20	2.02	1.29	25.98	15.1	54.73	166.87
	20 - 30	0.77	1.17	9.05	5.2	59.98	182.88
	30 - 40	0.65	1.09	7.06	4.1	64.07	195.35
	40 - 60	0.48	1.06	10.20	5.9	69.99	213.40
	60 - 80	0.39	1.06	8.23	4.8	74.76	227.94
	80 - 100	0.29	1.24	7.19	4.2	78.93	240.66
	100 - 120	0.39	1.17	9.15	5.3	84.24	256.85
	120 - 140	0.39	1.26	9.80	5.7	89.92	274.17
	140 - 160	0.21	1.29	5.42	3.1	<b>93.07</b>	<b>283.77</b>
3	0 - 5	7.99	0.94	37.40	21.7	21.69	66.13
	5 - 10	4.18	0.84	17.47	10.1	31.83	97.05
	10 - 20	3.37	1.06	35.69	20.7	52.53	160.16
	20 - 30	3.11	1.11	34.63	20.1	72.62	221.42
	30 - 40	2.18	1.24	26.94	15.6	88.24	269.04
	40 - 60	1.24	1.30	32.18	18.7	106.91	325.97
	60 - 80	0.85	1.32	22.39	13.0	119.89	365.54
	80 - 100	0.76	1.37	20.78	12.1	131.95	402.32
	100 - 120	0.51	1.47	14.96	8.7	140.62	428.75
	120 - 140	0.37	1.44	10.64	6.2	146.80	447.59
	140 - 160	0.22	1.56	6.87	4.0	<b>150.78</b>	<b>459.73</b>
4	0 - 5	12.71	0.70	44.29	25.7	25.69	78.33
	5 - 10	6.98	0.77	26.86	15.6	41.27	125.83
	10 - 20	3.89	0.93	36.10	20.9	62.21	189.68
	20 - 30	1.57	0.99	15.47	9.0	71.18	217.03
	30 - 40	1.33	1.03	13.67	7.9	79.11	241.21
	40 - 60	0.61	1.34	16.32	9.5	88.58	270.08
	60 - 80	0.40	1.37	10.95	6.4	94.93	289.44
	80 - 100	0.42	1.31	10.97	6.4	101.29	308.83
	100 - 120	0.25	1.34	6.71	3.9	105.19	320.72
	120 - 140	0.10	1.39	2.78	1.6	106.80	325.63
	140 - 160	0.08	1.29	2.06	1.2	<b>107.99</b>	<b>329.26</b>
5	0 - 5	12.96	0.83	53.94	31.3	31.29	95.40
	5 - 10	12.92	0.98	63.54	36.9	68.15	207.79
	10 - 20	7.66	1.08	82.80	48.0	116.17	354.20
	20 - 30	5.60	1.09	61.22	35.5	151.68	462.47
	30 - 40	4.75	1.16	55.27	32.1	183.74	560.22
	40 - 60	1.92	1.21	46.36	26.9	210.63	642.21
	60 - 80	1.26	1.24	31.21	18.1	228.73	697.40
	80 - 100	0.81	1.41	22.87	13.3	241.99	737.83
	100 - 120	0.62	1.47	18.19	10.6	252.55	770.02
	120 - 140	0.34	1.61	10.96	6.4	258.91	789.42
	140 - 160	0.26	1.65	8.56	5.0	<b>263.87</b>	<b>804.54</b>
<b>Average</b>						<b>140.01</b>	<b>426.88</b>



## สรุปและข้อเสนอแนะ

ห้วยมป่าดิบเขาบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำ บ่อแก้ว เป็นป่าดิบเขาที่มีองค์ประกอบของสังคมพืช แตกต่างกันไปตามระดับความสูงของพื้นที่ ห้วยมป่าที่ ระดับความสูง 1,300-1,400 ม. จากระดับน้ำทะเลปานกลาง พบสนสามใบและก่อเตี้ย เป็นไม้เด่น ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1,500 ม.ขึ้นไป พบก่อแป้นและทะเล้ง เป็นไม้เด่น เกือบทุกห้วยมป่ามีค่าความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Shannon-Wiener Index : SWI) ใกล้เคียงกัน ยกเว้น ห้วยมป่าที่ 2 มีค่าต่ำกว่าบริเวณอื่น ห้วยมป่าดิบเขา มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ค่อนข้างมากและมี ปริมาณมวลชีวภาพป่าไม้เฉลี่ยค่อนข้างสูง แต่มีความผันแปรมากระหว่างห้วยมป่าด้วยกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสภาพ ความอุดมสมบูรณ์ของห้วยมป่าที่แตกต่างกันอันเนื่องมา การตัดฟันไม้ไปใช้โดยชุมชนชาวไทยภูเขา ที่ส่งผลต่อ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารของป่าโดยตรง ห้วยมป่าที่มีความหนาแน่นของต้นไม้มีน้อยมี ไม้ขนาดใหญ่ ขึ้นอยู่และมีพื้นที่หน้าตัดลำต้นมาก จึงทำให้มีมวลชีวภาพ มาก สนสามใบมีการสะสมคาร์บอนมากกว่าพันธุ์ไม้ชนิด อื่น ๆ รองลงมาคือ ก่อเตี้ย ทะเล้ง ก่อแป้นและก่อหมาก ตามลำดับ

ดินในห้วยมป่าดิบเขา มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็น หินแกรนิต จัดอยู่ในอันดับ Ultisols มีการพัฒนาของ ชั้นดินค่อนข้างมากและลึกมากกว่า 200 ซม. ดินห้วยมป่า ที่ 2 มีการพัฒนาตัวของชั้นดินน้อยกว่า ทุกห้วยมป่ามี ความหนาแน่นรวมของดินต่ำในดินชั้นบนและเพิ่มสูงขึ้น ในดินชั้นล่าง อินทรีย์วัตถุในดินชั้นบนของทุกห้วยมป่ามี ค่าสูงมากและลดลงตามความลึกของดิน โดยดินในห้วยม ป่าที่ 2 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และคาร์บอนน้อยกว่าห้วยม ป่าอื่นทำให้มีการการสะสมธาตุอาหารในชั้นดินของห้วยม ป่าน้อยกว่าบริเวณอื่น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณนิรันดร์ คำทอง หัวหน้าหน่วย จัดการต้นน้ำบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ และเจ้าหน้าที่ทุก คนที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

## เอกสารอ้างอิง

นพวรรณ หรั่งหมอยา . 2548. การสะสมคาร์บอนของ พรรณไม้ป่าผลัดใบ บริเวณสวนพฤกษศาสตร์ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ . วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตินุ ล และพิณทิพย์ อิติโรจนะวัฒน์ . 2552. แบบจำลองเพื่อประเมินมูลค่าป่าต้นน้ำ . เอกสารบันทึกวิจัย ที่ 1/2552. สำนักอนุรักษ์และ จัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และ พันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สนธยา จำปานิล . 2547. การเปรียบเทียบผลผลิต และการย่อยสลายของเศษซากพืช เพื่อประเมิน การสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศป่าในเขต อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย . วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย .

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, ภาณุมาศ ลาตปาละ, อิติ วิสารรัตน์, สิริรัตน์ จันทรมหเสถียร , สำเร็จ ปานอุทัย และ ศุภรัตน์ สำราญ. 2548. วัฏจักรคาร์บอนในป่า ดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่ กลอง. น. 77-94. ใน รายงานการประชุมวิชาการ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ “ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสาร

- โตเกียว”. ระหว่างวันที่ 4-5 สิงหาคม 2548. โรงแรมมารวย การ์เด็น กรุงเทพฯ.
- สุนทร คำยอง, ตฤณ เสรมะชากุล และเสวียน เปรมประสิทธิ์ . 2551. การศึกษาการสะสมของคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้ชนิดต่าง บริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ . ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 4. ระหว่างวันที่ 26-27 พฤษภาคม 2551. มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา จังหวัดพะเยา.
- Boonpragob, K. 1996. Land use change and forestry. Draft Final Report: Thailand's National Greenhouse Gas Inventory 1990. Office of Environmental policy and Planning. 7-1-7-19.
- Handrick, C.A. 1981. Soil-Vegetation relation in the north continental highland region of Thailand: A preliminary investigation of soil-vegetation correlation. Soil Sur. Rep. Tech. Bull. 32: 1-112.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. Chapter 5: Land Use Change and Forestry.
- Krebs, C.J. 1985. Ecology: experimental analysis of distribution and abundance. Third edition, Harper & Row, publisher, New York.
- Molly, P.S., K. Hamilton, T. Marcello, and M. Sjardin. 2011. Back to the Future : State of the Voluntary Carbon Markets 2011. A Report by Ecosystem Marketplace & Bloomberg New Energy Finance. Available Source : [http://www.forest-trends.org/documents/files/doc\\_2828.pdf](http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_2828.pdf), October 30, 2011.
- Negi, J.D.S., R.K. Manhas and P.S. Chauhan. 2003. Carbon allocation in different components of some tree species of India: A new approach for carbon estimation. Current Science 85 (11): 1528-1531.
- Office of Invironmental Policy and Planning (OEPP). 2000. Thailand's national greenhouse gas inventory 1994. Ministry of Science, Technology and Environment, Bangkok. 118 p.
- Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino, and T. Kira. 1965. Comparative ecological study on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass. Nature and Life in Southeast Asia. 4: 49-80.
- Tangtham, N. and C. Tantasirin, 1997. An assessment of policies to reduce carbon emissions in the Thai forestry sector with emphasis on forest protection and reforestation for conservation, pp. 100-121. In : C. Khemnark, B. Thaitusa, L. Puangchit and S. Thammincha (eds.), Tropical Forestry in the 21st Century Volume 2: Global Changes in the Tropical Contexts. Proceedings of FORTROP'96 International Conference, 25-28 November 1996, Bangkok.
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunaru, P. Dhanmanonda and B. Prachaiyo. 1983. Forest: burning and regeneration. In Shifting cultivation, an experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and its implications for upland farming in the monsoon tropics. Kyuma, K and Pairintra, C. (ed.). A report of a cooperative research between Thai-Japanese universities.