

การวัดค่าคาร์บอนในต้นไม้

หลายคนตั้งคำถามว่าปลูกต้นไม้ไว้ทำอะไร มีประโยชน์อย่างไร หรือบางคนก็บอกว่า “นานกว่าจะได้ใช้ประโยชน์” แต่มีคนหลายคน หลายกลุ่ม หลายชุมชน ปลูกต้นไม้ ดูแล รักษา เก็บป่าธรรมชาติไว้ เพื่อเป็นแหล่งอาหาร ขยายไม้ในยามแก่เฒ่า(กรณีบุคคลปลูกในที่ดินตนเอง) หรือเป็นแหล่งน้ำ ฯลฯ

แต่ยังมีประโยชน์อีกอย่าง คือเป็นการกักเก็บคาร์บอน(Carbon Sequestration) คือ กระบวนการดึงคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศมาเก็บไว้ในแหล่งเก็บที่ใดที่หนึ่ง หรือนำคาร์บอนมาเก็บไว้บนเนื้อไม้ พืชสีเขียวทุกชนิดดูดคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศมาปรุงเป็นอาหาร แล้วกลายเป็นเนื้อไม้ โดยเนื้อไม้โดยทั่ว ๆ ไปมีคาร์บอนอยู่ราว 50%

การปลูกต้นไม้ก็คือการดึงคาร์บอนมาเก็บไว้ ทำให้คาร์บอนในชั้นบรรยากาศลดลง ป่าจึงเป็นที่เก็บคาร์บอน(sink)

การหมุนเวียนคาร์บอนในป่า (Forest Carbon Cycle)

ต้นไม้และพืชสีเขียวดูดคาร์บอนไดออกไซด์ไปเก็บไว้เป็นเนื้อไม้ และใบไม้ ดินในป่าก็ช่วยเก็บคาร์บอนในรูปของรากต้นไม้ที่กำลังเน่าเปื่อยผุพัง ใบและเนื้อไม้ที่กำลังเน่าเปื่อยผุพัง ฯลฯ นอกจากนั้นดินป่าไม้ยังช่วยดูดซับก๊าซมีเทน ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้โลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์มากมาย ผลผลิตจากต้นไม้ เช่น เสาวเรือน กระดาน คาน ประตู่ เฟอร์นิเจอร์ ล้วนช่วยกักเก็บคาร์บอน

ก๊าซที่คายออกมาจากดินในป่า (Forest Emissions)

ป่าก็ปล่อยคาร์บอนเข้าสู่บรรยากาศเช่นกัน โดยการหายใจของป่า การหายใจของจุลินทรีย์ จากซากพืชที่เน่าเปื่อยผุพัง ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก็ปลดปล่อยออกมาจากดินในป่า

แหล่งรวมคาร์บอน (Carbon pools) ในป่าพบได้ในพืช (ต้นไม้, พืชชั้นล่างต่างๆ) ที่ยังมีชีวิตอยู่ เรียกว่า “มวลชีวภาพที่มีชีวิต” ในอินทรีย์วัตถุที่ตายแล้ว (ได้แก่ไม้ตาย และซากพืชที่ยังสดหรือผุสลายไปบ้างแล้ว) และเก็บไว้ในดิน (มีทั้งอินทรีย์คาร์บอน และอนินทรีย์คาร์บอน เช่น เกลือคาร์บอเนต) ผลผลิตจากไม้ต่างๆ เช่น ไม้ที่นำไปทำเสาบ้าน ฝาบ้าน รั้วบ้าน และ เฟอร์นิเจอร์

วิธีการเก็บข้อมูล

- ศึกษาสภาพพื้นที่ ในด้าน ขนาด สภาพ และความหลากหลายของต้นไม้ โดยข้อสังเกต คือ ถ้าพื้นที่กว้าง ต้นไม้มีความหลากหลายมาก ให้สุ่มแปลงทดลองอย่างน้อย 10 แปลงขึ้นไป ถ้าต้นไม้มีความหลากหลายน้อย พื้นที่ไม่กว้างมาก โดยทั่วไปใช้แปลงทดลองประมาณ 5 แปลง
- วางแผนทดลองขนาด 100 ตารางเมตร (10 x 10 ม.) เป็นขนาดมาตรฐานโดยใช้เชือกล้อมรอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

- วัดขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้ วัดทุกต้นที่มีเส้นรอบวงตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไปที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตร (ประมาณระดับอก) สำหรับต้นไม้ธรรมชาติ ถ้าเป็นต้นไม้มีพุ่มพอนในระดับ 1.30 เมตร ยังเป็นพุ่มพอนให้วัดเส้นรอบวงเหนือพุ่มพอน

- นำข้อมูลที่ได้อ้อมมาคำนวณตามสูตรที่กำหนดเพื่อหา เส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนักแห้ง และ ปริมาณคาร์บอน

เครื่องมือสำหรับวางแปลงสำรวจ

Diameter Tape สำหรับวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ถ้าไม่มีก็ใช้สายวัดธรรมดา เพื่อวัดเส้นรอบวงแล้วค่อยคำนวณเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางต่อไป

สมการคำนวณหรือสูตรคำนวณ

ป่าแต่ละชนิดจะใช้สูตรคำนวณที่ต่างกัน

ป่าดิบแล้ง มีการทดลองที่เขื่อนน้ำพรมของจังหวัดขอนแก่น โดย Tsutsumi et.al (1983) ใช้สูตรดังนี้

$$W_S = 0.0509 (dbh^2 h)^{0.919}$$

$$W_B = 0.00893 (dbh^2 h)^{0.977}$$

$$W_L = 0.014 (dbh^2 h)^{0.669}$$

$$h = (85.6 dbh^{0.916}) / (46.8 + 1.83 dbh^{0.916})$$

$$W_S = \text{น้ำหนักแห้งของลำต้น (ก.ก.)}$$

$$W_B = \text{น้ำหนักแห้งของกิ่ง (ก.ก.)}$$

$$W_L = \text{น้ำหนักแห้งของใบ (ก.ก.)}$$

$$Dbh = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางตรงสูงเพียงอก (1.30 เมตร เหนือพื้นดิน) (เซนติเมตร)}$$

$$h = \text{ความสูงของต้นไม้ (เมตร)}$$

สมการที่ใช้กับป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ โอทากาวาและคณะ Ogawa et al.(1965) สมการดังนี้

$$W_S = 0.0396 (dbh^2 h)^{0.933}$$

$$W_B = 0.00349 (dbh^2 h)^{1.03}$$

$$W_L = W_S / (22.5 + 0.025 W_S)$$

$$h = (121.8 dbh^{0.638}) / (38.8 + 3.14 dbh^{0.638})$$

การใช้สมการทั้งสองคำนวณหาราคคาร์บอนของลำต้น กิ่ง ใบ สามารถทำได้โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (dbh) เป็นเซนติเมตร ตรงระดับความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร ของต้นไม้ทุกต้นภายในแปลงตัวอย่าง ขนาด

10 x 10 เมตร แล้วคำนวณหาธาตุคาร์บอนของลำต้น กิ่ง ใบ รากต้น จากนั้นมารวมเป็นของต้น จากหลายๆ ต้นมารวมเป็นแปลง และคำนวณรวมของทุกแปลงและพื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่ป่า

จากนั้นนำน้ำหนักแห้ง คำนวณ ปริมาณคาร์บอน(ต้นคาร์บอน) การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (ต้นคาร์บอนไดออกไซด์) ความสามารถในการผลิตออกซิเจน (O₂) (ต้นออกซิเจน)

นำน้ำหนักแห้ง คำนวณ ปริมาณคาร์บอน ตามสูตร C = 0.5y ต้นคาร์บอน

นำปริมาณคาร์บอนที่คำนวณได้มาหาค่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสูตร

การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ = C44/12 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์

คำนวณความสามารถในการผลิตออกซิเจน (O₂) O₂ = C32/12 ต้นออกซิเจน

นอกจากนี้ยังมีสมการทั่วไปของ Brown et al (1989) ซึ่งใช้ปริมาณน้ำฝนเป็นตัวเลือกสมการ

ปริมาณน้ำฝน	สมการ
แห้งแล้ง (<1,500 มม.)	$y = 34.4703 - 8.071D + 0.6589D^2$
ชุ่มชื้น (1,500 - 4,000 มม.)	$y = 38.4908 - 11.7883D + 1.1926D^2$
ฝนตกมาก(>4,000 มม.)	$y = 13.2579 - 4.8945D + 0.6713D^2$

หมายเหตุ : สมการใช้กับต้นไม้ที่เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเกิน 5 ซม.

โดยมีสัญลักษณ์ดังนี้

D = เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซม.) Y = น้ำหนักแห้ง(กิโลกรัม) C = ปริมาณคาร์บอน (ต้นคาร์บอน)

เมื่อวัดเส้นรอบวงของต้นไม้ มาคำนวณเป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยใช้สูตร คือ

การคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลาง(cm) = เส้นรอบวง/ π (3.14)

เช่น เส้นรอบวงของต้นตะเคียน 24 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง = 24/3.14 = 7.64 เซนติเมตร

จากนั้นมาหาน้ำหนักแห้ง (ตัน) ของต้นไม้แต่ละต้น ใช้สูตร

$$y = 38.4908 - 11.7883D + 1.1926D^2$$

จากเส้นผ่านศูนย์กลางของตะเคียนนำมาคำนวณเป็นน้ำหนักแห้ง ได้ดังนี้

$$y = 38.4908 - ((11.7883 \times 7.64) + 1.1926 \times 7.64^2 (7.64 \times 7.64))$$

$$y = 38.4908 - (90.0626 + (1.1926 \times 58.3696))$$

$$y = 38.4908 - 90.0626 + 69.6116$$

$$y = 18.0398 \text{ กิโลกรัม}$$

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = 18.0398 / 1,000 = 0.0180 \text{ ตัน}$$

จากนั้นนำน้ำหนักแห้ง คำนวณ ปริมาณคาร์บอนตามสูตร C = 0.5y

$$C (\text{ปริมาณคาร์บอน}) = 0.5 \times 0.0180 \text{ ตัน}$$

$$\text{ปริมาณคาร์บอน} = 0.0090 \text{ ตันคาร์บอน}$$

จากนั้นนำปริมาณคาร์บอนที่คำนวณได้มาหาค่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัม) ดังสูตร

$$\text{การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์} = C44/12 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

$$= 0.0090 \times 44/12$$

$$\text{การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นตะเคียน} = 0.033 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}$$

$$\text{คำนวณความสามารถในการผลิตออกซิเจน (O}_2\text{)} \text{ O}_2 = C32/12 \text{ ตันออกซิเจน}$$

$$= 0.0090 \times 32/12$$

$$\text{ความสามารถในการผลิตออกซิเจน (O}_2\text{)} = 0.024 \text{ ตันออกซิเจน}$$

หลังจากนั้นให้คำนวณที่วัดเส้นรอบวง

กรณีในแปลงที่มีการเก็บข้อมูลมีปาล์มน้ำมัน หรือ ต้นตาลโตนต ให้วัดความสูง (x) ของต้นไม้

เพียงอย่างเดียว แล้วนำมาคำนวณน้ำหนักแห้งตามสูตรของ Van Noordwijk et al. Estimating carbon footprint from biofuel production from oil palm: methodology and results from 2 pilot areas in Indonesia

สมมติว่าวัดความสูงได้ 10 เมตร คำนวณน้ำหนักแห้ง

$$y = 0.0976x + 0.0706 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$y = 0.0976 \times 10 + 0.0706$$

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = 1.0466 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$= 1,046.6 \text{ กิโลกรัม}$$

$$= 1.0466 \text{ ตัน}$$

จากนั้นนำน้ำหนักแห้ง คำนวณ ปริมาณคาร์บอน การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ความสามารถในการ

การผลิตออกซิเจน (O₂) ตามสูตรข้างบนต่อไป

กรณีไม่มีไม้ในแปลงที่เก็บข้อมูลที่สามารถวัดลำต้น ไม้ไผ่แต่ละชนิดจะคำนวณน้ำหนักแห้ง แต่ใช้สูตร คำนวณที่ต่างกัน เช่น ไผ่รวก ของ Suwanapinunt(1983)

ดังสูตร

$$W_t = 0.22187 (\text{dbh})^{2.2749}$$

$$W_t = \text{น้ำหนักแห้งของลำต้น กิ่ง และใบ (กก.)}$$

$$\text{dbh} = \text{เส้นผ่าศูนย์กลางตรงระดับ 130 ซม. (ซม.)}$$

กรณีไผ่หอม (*Bambusa polymorpha*) ไผ่บง (*B'tuda*) และไผ่ข้าวหลาม (*Cephalotachyum pergracile*) ของ Maki et.al(2007)

สูตรคำนวณหาน้ำหนักแห้งของไผ่หอม

$$W_S = 0.0522 (dbh)^{2.58}$$

$$W_B = 0.312 (dbh)^{1.6}$$

$$W_L = 0.363 (dbh)^{1.36}$$

$$W_S = \text{น้ำหนักแห้งของลำต้น (ก.ก.)}$$

$$W_B = \text{น้ำหนักแห้งของกิ่ง (ก.ก.)}$$

$$W_L = \text{น้ำหนักแห้งของใบ (ก.ก.)}$$

สูตรคำนวณหาน้ำหนักแห้งของไผ่ข้าวหลาม

$$W_S = 0.089 (dbh)^{2.35}$$

$$W_B = 0.0273 (dbh)^{1.72}$$

$$W_L = 0.0415 (dbh)^{1.45}$$

สูตรคำนวณหาน้ำหนักแห้งของไผ่บง

$$W_S = 0.141(dbh)^{2.48}$$

$$W_B = 0.0715 (dbh)^{1.9}$$

$$W_L = 0.125 (dbh)^{0.68}$$

จากนั้นนำน้ำหนักแห้งทั้ง 3 ของไผ่แต่ละชนิดมารวมกัน นำไปคำนวณ ปริมาณคาร์บอน การดูดซับ

คาร์บอนไดออกไซด์ ความสามารถในการผลิตออกซิเจน (O₂) ตามสูตรข้างบนต่อไป

เนื่องจากไม่มีสมการของทุกไผ่ อาจเลือกใช้สมการโดยกลุ่มไผ่ที่มีขนาดความโตของลำใกล้เคียงกัน เช่น ไผ่ไร่ ไผ่ผาก (Viryabuncha, 2003) หรือไผ่บงกับไผ่ซาง ยังพบว่าไผ่บางชนิดที่นิยมปลูกตามรั้วบ้าน สวน สมรม มีลำขนาดใหญ่ กอใหญ่ มีนาม วัดไต่ยา ก เช่น ไผ่ป่า (*Bambusa bambos*) สามารถใช้สมการของ Kumar et.al.(2005) โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของกอ ไม่ใช่ของลำ ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร โดยใช้สูตร

$$y = -322.5 + 1730.4 \text{ dbh}$$

$$y = \text{น้ำหนักแห้งรวมของลำไผ่ที่มีชีวิตอยู่ และลำที่แห้งตาย (กก.ต่อกอ)}$$

$$\text{dbh} = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของกอ (วัดเป็นเมตร)}$$

หลังจากคำนวณทุกต้นในแปลงแล้ว และคำนวณทุกแปลงที่วัดเส้นรอบวงต้นไม้ นำมาจากหลายๆต้น มารวมเป็นแปลง และคำนวณรวมของทุกแปลงและพื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่ป่า สวน

กรณีป่าชายเลนใช้สมการที่วัดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างเดียวของ Komiyama et.al.(2005) แต่ใช้ความหนาแน่นของเนื้อไม้(p) แต่ละชนิด การวัดเส้นรอบวง ถ้าเป็นชนิดที่มีรากค้ำจุน เช่น โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ให้วัดที่สูงจากคอราก 30 ซม.ส่วนต้นไม้ที่ไม่มีคอรากให้วัดสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร จากนั้นนำมาคำนวณเป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{น้ำหนักแห้งเหนือพื้นดิน } (W_{\text{top}}) = 0.251pD^{2.46}$$

$$\text{น้ำหนักแห้งของราก } (W_R) = 0.199p^{0.899} D^{2.22}$$

ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ (p คิดเป็นตัน/ม³) ดังนี้

ชนิดไม้	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ม ³)
ถั่วขาว (Bruguiera cylindrical)	0.749
โกงกางหัวสุม(B.gymnrhiza)	0.699
โปรงแดง(Ceriops tagal)	0.746
โกงกางใบเล็ก (Rhizophora apiculata)	0.770
โกงกางใบใหญ่(R.mucronata)	0.701
แสมขาว (Avicennia alba)	0.506
ลำแพน (Sonneratia alba)	0.475
ลำพู (Sonneratia caseolaris)	0.340
ตะบูนขาว (Xylocarpus granatum)	0.528
ตะบูนดำ (X.moluccensis)	0.531

จากนั้นนำน้ำหนักแห้งเหนือพื้นดินและน้ำหนักแห้งของรากมารวมกัน คำนวณทุกต้นในแปลงแล้วนำมารวมกันนำไปคำนวณ ปริมาณคาร์บอน การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ความสามารถในการผลิตออกซิเจน (O₂) ตามสูตรข้างบนต่อไป และคำนวณรวมของทุกแปลงและพื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่ป่า

จะเห็นว่าเราสามารถคำนวณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ความสามารถในการผลิตออกซิเจน (O₂) ของป่า สวน ต้นไม้หัวไร่ปลายนา ริมถนน ป่าชายเลน ฯลฯ เองได้โดยเลือกสมการต่างๆ ข้างต้นได้