

ภาคผนวก ก
การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้และการกักเก็บคาร์บอนในดิน



วิธีการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้และการกักเก็บคาร์บอนในดิน

1. T-VER-TOOL-FOR/AGR-01 การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (Calculation for Carbon Sequestration) (ฉบับที่ 4) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.)

ส่วนที่ 1 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass; ABG)

ขั้นตอนที่ 1 วางแปลงตัวอย่างสำรวจให้เป็นไปตามที่ อบก. กำหนด และจดบันทึกชนิด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ในพื้นที่แปลงตัวอย่างของโครงการ

ขั้นตอนที่ 2 ทำการคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยเลือกสมการแอลโลเมตริก (Allometric equation) ที่เหมาะสมกับพื้นที่โครงการ จากสมการที่ อบก. แนะนำ หรือ สมการอื่นที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ หรือพัฒนาสมการสำหรับพื้นที่ที่ดำเนินโครงการเอง โดยต้องจัดส่ง ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าวมายัง อบก. เพื่อตรวจสอบและให้การยอมรับสำหรับการ นำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่ โครงการ และปรับหน่วยให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$C_{ABG} = \sum_{i=1}^n C_{ABG,i}$$

$$C_{ABG,i} = \left(\sum_{j=1}^n M_j \times CF \times \frac{44}{12} \right) \times \frac{A}{a}$$

เมื่อ

C_{ABG} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$C_{ABG,i}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของชั้นภูมิที่ i (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

M = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่แปลงตัวอย่างที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตริก (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่)

i = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,...n

j = ชนิดไม้ 1, 2, 3,...n

A = พื้นที่ทั้งหมดในชั้นภูมินั้นๆ (ไร่)

a = พื้นที่แปลงตัวอย่างในชั้นภูมินั้นๆ (ไร่)

CF = สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้

ส่วนที่ 2 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass; BLG)

คำนวณปริมาณมวลชีวภาพของส่วนใต้พื้นดินของต้นไม้โดยใช้สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้แต่ละชนิด โดยสามารถใช้ค่าสัดส่วนที่ อบก. แนะนำ หรือค่าอื่นๆ ที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ หรือ พัฒนาค่าสัดส่วน ต้นต่อรากสำหรับพื้นที่ที่ดำเนินโครงการเอง โดยจำเป็นต้องจัดส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าว มายัง อบก. เพื่อตรวจสอบและให้การยอมรับสำหรับการนำไปใช้ การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้ดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ สามารถคำนวณได้ โดยใช้สมการ

$$C_{BLG} = \sum_{i=1}^n C_{BLG,i}$$

$$C_{BLG,i} = C_{ABG,i} \times R$$

เมื่อ C_{BLG} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้ดินของต้นไม้ทั้งหมดของพื้นที่โครงการ
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

$C_{BLG,i}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้ดินของชั้นภูมิที่ i
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

$C_{ABG,i}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของชั้นภูมิที่ i
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

R = สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้

i = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,... n

ส่วนที่ 3 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมของการดำเนินโครงการ

เมื่อทำการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งเหนือพื้นดินและใต้ดินแล้ว นำมาหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่ได้จากสมการ

$$C_{TT} = C_{ABG} + C_{BLG}$$

เมื่อ C_{TT} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

C_{ABG} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

C_{BLG} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้ดินของต้นไม้
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

ตารางที่ 42 สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามกลุ่มชนิดของไม้

กลุ่มชนิดไม้	สมการ	อ้างอิง
กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป	$W_s = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$ $W_b = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$ $W_L = (28/(W_s + W_b + 0.025))^{-1}$ $W_T = W_s + W_b + W_L$	Ogawa et al. (1965)
กลุ่มพรรณไม้ป่าชายเลน	$W_s = 0.05466 (D^2H)^{0.945}$ $W_b = 0.01579 (D^2H)^{0.9124}$ $W_L = 0.0678 (D^2H)^{0.5806}$ $W_T = W_s + W_b + W_L$	Komiyama et al. (1987)
กลุ่มป่าดง	$W_T = 0.666 + 12.82 (H)^{0.5} (\ln H)$	Peason et al. (2005)
กลุ่มไม้	ไม้บกป่า $W_T = 0.1466(D)^{0.7187}$ ไม้บกต่ำ $W_T = 0.49522 (D^2)^{0.8726}$ ไม้ข้าวหลาม $W_T = 0.17446 (D^2)^{1.0437}$ ไม้ไร่และไม้ผาก $W_T = 0.2425(D^2)^{1.0751}$	อิทธิพงศ์ (2557) Kutintara(1995) Kutintara(1995) Kutintara(1995)
กลุ่มเถาวัลย์	$W_T = 0.8622 (D)^{2.0210}$	ชิงชัยและคณะ (2554)

หมายเหตุ W_s = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)
 W_b = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)
 W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)
 W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)
 D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร
 H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

ตารางที่ 43 สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามชนิดป่าของประเทศไทย

ชนิดป่า	สมการ	อ้างอิง
ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา	$W_S = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$ $W_B = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$ $W_L = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	Tsutsumi et.al. (1983)
ป่าดิบชื้น	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$ $W_B = 0.006003 (D^2H)^{1.027}$ $W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	Ogawa et.al.(1965)
ป่าเต็งรัง และ ป่าเบญจพรรณ	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$ $W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$ $W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	Ogawa et.al.(1965)
ป่าสนเขา (สนสองใบ)	$W_S = 0.2141 (D^2H)^{0.9614}$ $W_B = 0.00002 (D^2H)^{1.661}$ $W_L = 0.00072 (D^2H)^{1.0136}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	สุรนันทา (2531)
ป่าสนเขา (สนสามใบ)	$W_S = 0.02698 (D^2H)^{0.946}$ $W_B = 0.00018 (D^2H)^{1.456}$ $W_L = 0.00072 (D^2H)^{1.094}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	พงษ์ศักดิ์ (2524)
ไม้โกงกาง (Rhizophoraspp.)	$W_S = 0.05466 (D^2H)^{0.945}$ $W_B = 0.01579 (D^2H)^{0.9124}$ $W_L = 0.0678 (D^2H)^{0.5606}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	Komiyama et al. (1987)
พรรณไม้ในป่า ชายเลนชนิดอื่นๆ	$W_S = 0.0449 (D^2H)^{0.9549}$ $W_B = 0.02412 (D^2H)^{0.8649}$ $W_L = 0.09422 (D^2H)^{0.5439}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	Komiyama et al. (1987)

หมายเหตุ W_S = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)
 W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)
 W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)

ตารางที่ 44 สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามกลุ่มชนิดของไม้

ชนิดพืชพรรณ	สมการ	อ้างอิง
กระท้อน ขนุน น้อยหน่า มะขาม	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$	Ogawa et al. (1965)
มะขามป้อม มะนาว มะปราง มะไฟ	$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$	
ลำไย ลิ้นจี่ ส้มโอ หม่อน	$W_L = \left(\frac{28}{(W_S + W_B)} + 0.025 \right)^{-1}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	
ยางพารา	$W_S = 0.0804D^2H^{0.8341}$ $W_B = W_T - W_S - W_L$ $W_L = 0.00008D^2H^{1.0986}$ $W_R = 0.0005 D^2H^{1.269}$ $W_{TL} = 0.0022 D^2H^{1.0296}$ $W_T = 0.0046 D^2H^{1.2046}$	ประดิษฐ์ ศรีพัฒนาสุวรรณ และคณะ (2551)
มะม่วง	$W_S = 1.525(D^2H)^{0.33604}$ $W_B = 0.954(D^2H)^{0.50995}$ $W_L = 0.913(D^2H)^{0.22404}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	อุษา กลิ่นหอม และ คณะ (2554)
ไผ่รวก	$W_T = 0.22187(D)^{2.2749}$	Suwannapinunt (1983)
ไผ่ซาง	$W_T = 0.189(D)^{1.956}$	Chan et al. (2013)

ตารางที่ 45 ค่าสัดส่วนคาร์บอนในมวลชีวภาพ และค่าสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้

กลุ่มชนิดไม้	สัดส่วนคาร์บอนเฉลี่ย (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)	สัดส่วนน้ำหนักแห้งของ รากต่อต้น	ที่มา
พรรณไม้ทั่วไป	47.00	27.00	IPCC 2006
พรรณไม้ป่าชาย เลน	47.15	48.00	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2554)
กลุ่มปาล์ม	41.30	41.00	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2554)
เถาวัลย์	47.00	27.00	IPCC 2006
ไผ่	47.00	27.00	IPCC 2006

2. การคำนวณการสะสมคาร์บอนในดิน (Calculation for Soil Carbon) (ฉบับที่ 3) จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่สะสมในดิน สามารถคำนวณจากการสะสมคาร์บอนในดินอันเนื่องมาจากกิจกรรมของโครงการ มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยทำการเก็บตัวอย่างที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร ให้กระจายและครอบคลุมพื้นที่โครงการ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างดินให้เป็นไปตามที่ อบก. กำหนด จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนก่อนเริ่มกิจกรรมโครงการในห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน มาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินจากกิจกรรมต่างๆ ของพื้นที่ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ โดยใช้สมการ

$$SOC_0 = SOC_{ref} \times F_{LU_0} \times F_{MG_0} \times F_{I_0} \times A \times \frac{44}{12}$$

เมื่อ SOC_0	= ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
SOC_{ref}	= ค่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการจากการสุ่มตัวอย่างและนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)
F_{LU_0}	= ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามประเภทการใช้ที่ดิน ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ
F_{MG_0}	= ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการดิน ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ
F_{I_0}	= ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรีย์วัตถุที่กลับคืนสู่ดิน ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ
A	= พื้นที่โครงการ (ไร่)

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินคาร์บอนในดินจากการดำเนินกิจกรรมของโครงการ สามารถคำนวณได้โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินจากกิจกรรมต่างๆ ของพื้นที่หลังจากดำเนินโครงการมาคูณกับปริมาณคาร์บอนสะสมในดินก่อนเริ่มดำเนินโครงการจากห้องปฏิบัติการ ดังสมการ

$$SOC_t = SOC_{ref} \times F_{LU_t} \times F_{MG_t} \times F_{I_t} \times A \times \frac{44}{12}$$

เมื่อ SOC_t	= ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินหลังดำเนินโครงการของพื้นที่โครงการ (ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
SOC_{ref}	= ค่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการจากการสุ่มตัวอย่างและนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ต้นคาร์บอนต่อไร่)
F_{LU_t}	= ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามประเภทการใช้ที่ดิน ในปี ที่ t
F_{MG_t}	= ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการดิน ในปี ที่ t
F_{I_t}	= ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรีย์วัตถุที่กลับคืนสู่ดิน ในปี ที่ t
A	= พื้นที่โครงการ (ไร่)
t	= ปีที่ดำเนินการติดตามประเมินผล

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณการสะสมคาร์บอนในดินที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมของโครงการ สามารถคำนวณได้โดยดั่งสมการ

$$\Delta SOC = SOC_t - SOC_0$$

เมื่อ ΔSOC	= ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน (ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี)
SOC_0	= ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการ (ต้นคาร์บอนไดออกไซด์)
SOC_t	= ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินหลังเริ่มดำเนินโครงการ (ต้นคาร์บอนไดออกไซด์)

ตารางที่ 46 การเปลี่ยนแปลงของการปรับระบบเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ด้านการกักเก็บคาร์บอนในดินและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ในพื้นที่ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวง

ลำดับ	เกษตรกร	พื้นที่	ปรับระบบเกษตร	ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน ที่ระดับความลึก 30 cm. (ตัน/ไร่)	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ (ตัน/ไร่)	หมายเหตุ
1	นายกิตติศักดิ์ อินเกต	ขุนสถาน	พืชผักในโรงเรียน ได้แก่ มะเขือเทศเชอร์รี่ แตงกวาญี่ปุ่น ไม้ผล ทูเรียน เกาลัดเมือง มะนาว กล้วยแนวร้ว มะพร้าว น้อยหน่า มะขาม	9.37	*	
2	นายทินกร ปันปัน	ขุนสถาน	มะม่วง มะเขว่น ทูเรียน เงาะ	10.54	1.72	มะม่วงอายุ 3 ปี
3	นายมูล ปันกัน	ขุนสถาน	พืชผักในโรงเรียน ได้แก่ องุ่น ไม้ผล ได้แก่ มะนาว มะม่วง อะโวคาโด ขนุน ทูเรียน	9.05	*	
4	นายสุพัฒ จิโน	ขุนสถาน	ยางพารา หวาย	14.20	22.07	
5	นางสาวฉันทนา สุทะ	สะเนียน	ไม้ผล ได้แก่ เงาะ มะม่วง ส้ม มังคุด อะโวคาโด มะยงชิด ทูเรียน และลองกอง ข้าวไร่ ข้าวโพด ร่วมกับไม้ผล	13.78	0.14	
6	นายเฝ้าชิง แซ่ฟ่าน	สะเนียน	ข้าวโพดรวมยางพารา, ข้าวไร่ร่วมทูเรียน เงาะ ส้ม	10.85	25.03	
7	นายธวัชชัย แซ่เต็น	สะเนียน	พืชผักในโรงเรียน ได้แก่ แตงกวาญี่ปุ่นและกวางตุ้ง ไม้ผล ได้แก่ เงาะ ทูเรียน ไข่ กล้วย ไม้สัก	14.99	7.50	
8	นางขวัญจิรา ตระกูลพิทักษ์กิจ	น้ำแ่ง	มะนาว มะม่วง อะโวคาโด ขนุน และกาแฟ	8.55	*	
9	นายเข้าเซง เขี่ยมยุทธการ	น้ำแ่ง	มะม่วง ลิ้นจี่ ลำไย เงาะ	7.27	*	
10	นายฟุควน ตระกูลพิทักษ์กิจ	น้ำแ่ง	ข้าวนา ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พืชผักในโรงเรียน ได้แก่ ฟักทอง บัตเตอร์นัท ไม้ผล ไม้ยืนต้น ได้แก่ มะม่วง สัก	7.54	3.65	

ตารางที่ 46 การเปลี่ยนแปลงของการปรับระบบเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ด้านการกักเก็บคาร์บอนในดินและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวง (ต่อ)

ลำดับ	เกษตรกร	พื้นที่	ปรับระบบเกษตร	ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน ที่ระดับความลึก 30 cm. (ตัน/ไร่)	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ (ตัน/ไร่)	หมายเหตุ
11	นายจำลอง อนุวงศ์ประพันธ์	ถ้ำเวียงแก	โรงเรือนผักใบ (กรีนโอ๊ค-เรดโอ๊ค คอส บัตเตอร์เฮด พริกหวานสลับกับโหม้ส) มะละกอ กัลลวย หม่อน ลิ้นจี่	14.14	*	
12	นายยุทธนา กำเนิดมงคล	ถ้ำเวียงแก	โรงเรือนผักผล (มะเขือเทศโหม้ส) ปลุกสลับกับพริกหวานและแตงกวาญี่ปุ่น พลับเสียบยอดพลับหวาน	15.53	*	
		ถ้ำเวียงแก	กาแฟ ภายใต้อร่มเงาไม้ป่า สนสามใบ	20.36	0.32	
13	นายไตรภพ กำเนิดมงคล	ถ้ำเวียงแก	พลับป่า เปลี่ยนยอดเป็นพลับ P2	18.36	0.46	

หมายเหตุ : * ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงไม่ถึงเกณฑ์ (DBH = 4.5 เซนติเมตร) ,(ความสูง = 1.3 เมตร)