เทคนิคประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงอ้อย โดยไม่ทำลายตัวอย่าง

Techniques for Assessment of Aboveground Biomass and Carbon Storage of Sugarcane by Non-destructive Method

สายน้ำ อุดพ้วย *วลัยพร ศะศิประภา*[1] *ปรีชา กาเพ็ชร*[2] *นุชนาฏ ตันวรรณ*

Sainam Udpuay *Walaiporn Sasiprapa*[1] *Preecha Kapetch*[2] *Nutchanart Tanwan*

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

Optimizing non-destructive method and rapid measurement of carbon storage in aboveground biomass were required simple and accurate assays to assess the greenhouse gas accounting and carbon dioxide absorption in the sugarcane plantations. The objective of this study was to establish a simple model method to estimate the amount of carbon stored in the aboveground biomass of sugarcane plantation by non-destructive method. Field surveys were conducted in sugarcane production areas in Nakhon Sawan and Suphan Buri province from December 2020 to February 2021. The plant sample was collected for measuring total biomass and analyzing organic carbon content. The linear regression model was analyzed for the relationship between aboveground biomass (BM) and growth data in terms of stalk height (H), stalk diameter (D) and number of millable canes per tiller (MC), and between biomass and carbon storage in sugarcane. The results showed that the aboveground biomass assessment model at the harvesting stage was correlated with stalk height, stalk diameter and number of millable canes per tiller, according to the equation; BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC, R^2 = 0.934 and RMSE = 1.50 ton rai^{-1}. Carbon storage (CS) of sugarcane was related to aboveground biomass, according to CS = 0.475BM with R^2 = 0.9992 and RMSE = 0.08 ton C rai^{-1}. Therefore, growth data can be calculated using simple equations for estimating the amount of carbon stored in the aboveground biomass by the non-destructive method, and can also be estimated in a large area.

Keywords : Carbon stock, Dry weight, *Saccharum officinarum* L., Regression models

[1]ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

[1]Information technology center

[2]ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

[2]Chiang Mai field crops research center

บทคัดย่อ

เทคนิคประมาณค่าชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนอย่างรวดเร็วในต้นอ้อยที่ง่าย แม่นยำ และไม่ทำลายต้นพืช เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกและประเมินการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่การผลิตอ้อย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมการวิธีการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนอย่างง่าย โดยไม่ทำลายตัวอย่าง ดำเนินการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่การผลิตอ้อย จังหวัดนครสวรรค์ และสุพรรณบุรี ระหว่างเดือนธันวาคม 2563 – มกราคม 2564 นำตัวอย่างพืชมาหามวลชีวภาพ และวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ข้อมูลที่ได้นำมาหาความสัมพันธ์สร้างสมการถดถอยแบบเส้นตรงของชีวมวล (BM) และการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อย (CS) กับข้อมูลการเจริญเติบโต ด้านความสูงลำอ้อย (H) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ (D) และจำนวนลำต่อกอ (MC) ผลการทดลอง พบว่าสมการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อยที่อายุเก็บเกี่ยว มีความสัมพันธ์กับความสูงลำอ้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำและจำนวนลำต่อกอ ตามสมการ BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC มีค่า R^2 = 0.934 และ RMSE = 1.50 ตันต่อไร่ ส่วนการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อย (CS) มีความสัมพันธ์กับชีวมวล ตามสมการ CS = 0.475BM (R^2 = 0.9992, RMSE = 0.08 ตัน C ต่อไร่) ดังนั้นข้อมูลการเจริญเติบโตสามารถคำนวณหาชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อยโดยใช้สมการอย่างง่ายได้ เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อยได้โดยไม่ทำลายตัวอย่างและยังสามารถประมาณค่าในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ด้วย

คำหลัก : คาร์บอนในต้น น้ำหนักแห้ง อ้อย สมการถดถอย

คำนำ

ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ภาคการเกษตร มีความสำคัญต่อการรับมือปัญหาสภาวะก๊าซเรือนกระจก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นหนึ่งในบรรดาก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุด ปัจจุบันโลกมีปริมาณก๊าซ CO_2 ประมาณ 418 ppm (Nasa's Jet Propulsion Laboratory, 2022) อันเกิดจากการเผาไหม้ การตัดไม้ทำลายป่า และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคการเกษตร คือ การลดการเผา และปลูกพืชเพื่อเพิ่มการดูดซับก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้พืชดูดซับก๊าซ CO_2 ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและนำมากักเก็บไว้ในรูปชีวมวล (Biomass) วรพรรณ และคณะ (2561) รายงานว่า พืชมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 47 แต่ทั้งนี้พืชแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซ CO_2 แตกต่างกัน โดยผลผลิตขั้นสุดท้ายที่ได้จากการดูดซับก๊าซ CO_2 ของพืช คือ มวลชีวภาพ ทั้งนี้วิธีการที่ดีในการกักเก็บคาร์บอนคือการกักเก็บไว้ในต้นพืชที่มาอายุยาวนาน (ประเสริฐ และคณะ, 2553) เทคนิคการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอน จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก วิธีการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนนั้นใช้เวลานาน เพราะต้องตัดต้นพืชนำตัวอย่างพืชไปวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในห้องปฏิบัติการ และมีค่าใช้จ่ายแพง ระบบนิเวศป่าไม้ได้มีการศึกษาและพัฒนาสมการโดยใช้สมการแอลโลเมตรี โดยไม่ทำลายต้นพืช จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้นวลปราง (2548) เก็บตัวอย่างพืช เพื่อหามวลชีวภาพ โดยใช้ค่าความสูงและค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก แล้วนำสมการมาประมาณหาคาร์บอนสะสมรายต้น เพื่อหลีกเลี่ยงการทำลายตัวอย่างพืช เช่นเดียวกับ ขนิษฐา และคณะ (2555) ใช้ค่าความสูงของไม้ยืนต้น และวัดขนาดรอบเพียงอก ประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าสนสามใบ

ประเทศในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนมากกว่า 100 ประเทศปลูกอ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เพราะเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพและชีวเคมีเนื่องจากมีศักยภาพสูงในการสะสมชีวมวลและน้ำตาล (de Abreu *et al.,* 2020) อ้อยเป็นพืช C4 ตระกูลหญ้ามีการดูดซับก๊าซ CO_2 ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าพืชอื่น ๆ มีอายุเก็บเกี่ยวถึง 11-12 เดือน (ประสิทธิ์ และสุนทรี, 2554) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต พ.ศ. 2562/2563 ประมาณ 11.7 ล้านไร่ และมีปริมาณอ้อยที่ส่งเข้าโรงงาน 77 ล้านตัน ผลผลิตอ้อย เฉลี่ย 7.85 ตันต่อไร่ จังหวัดที่มีการปลูกอ้อยมากกว่า 500,000 ไร่ ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร นครสรรค์ กาญจนบุรี อุดรธานี นครราชสีมา ลพบุรี ขอนแก่น สุพรรณบุรี ชัยภูมิ และเพชรบูรณ์ (สำนักคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2563) ทั้งนี้ประเทศไทยเป็นประเทศเดียวในภูมิภาคเอเชียที่ผลิตน้ำตาลทรายได้เกินความต้องการในประเทศ มีการส่งน้ำตาลไปจำหน่ายต่างประเทศถึง 5.4 ล้านตัน (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2564) จะเห็นว่า พื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยนั้นมีขนาดใหญ่สามารถช่วย

ดูดซับก๊าซ CO_2 จากบรรยากาศ ด้วยเหตุนี้การวัดการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อยทางอ้อมยังไม่มีเทคนิควิธีการประเมินที่ไม่ทำลายต้นพืชสำหรับพันธุ์อ้อยในประเทศไทย แต่มีการพัฒนากับพันธุ์อ้อยในประเทศบราซิล สร้างแบบจำลองถดถอยประเมินมวลชีวภาพแห้งเหนือพื้นดินโดยใช้ความสูงต้นพืชและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (de Carvalho *et al*., 2019) การประมาณค่ามวลชีวภาพสามารถทำนายการกักเก็บคาร์บอนที่มีอยู่ปัจจุบันและสามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการตัดสินใจได้ดีในระบบการผลิตอ้อย ซึ่งจะเป็นตัวชี้วัดปริมาณการสะสมของคาร์บอนในระบบการผลิตอ้อยได้ อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการพื้นที่เพื่อประโยชน์ทางด้านการเกษตรต่อไปในอนาคต วิธีการหาชีวมวลที่ทำกันได้ง่ายและรวดเร็ว ได้แก่ การวัดความสูงลำอ้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และนับจำนวนลำต่อกอ จำเป็นต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ (k) เพื่อปรับความถูกต้องของการประเมิน ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้สมการวิธีการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในอ้อย โดยไม่มีการทำลายตัวอย่างพืชในพื้นที่การผลิตอ้อย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างพืช อุปกรณ์ สำหรับวัดความสูงลำอ้อย และเวอร์เนียคาลิปเปอร์สำหรับวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย

วิธีการ

สำรวจและเก็บตัวอย่างอ้อยในแปลงเกษตรกร ผู้ปลูกอ้อยพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ และ จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 98 จุดตัวอย่าง เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและวัดความสูงลำอ้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย และจำนวนลำต่อกอ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความสูงลำอ้อย สุ่มเลือกอ้อยลำหลักของกอ จำนวน 3 ลำต่อกอ วางไม้วัดความสูงกับพื้นชิดโคนต้น โดยใช้ไม้วัดความสูงวัดจากโคนต้นถึงคอใบสุดท้ายที่สามารถมองเห็น (top visible dewlab) หน่วย เซนติเมตร ในกรณีต้นอ้อยล้มให้วัดความสูงขนานไปกับลำต้นอ้อย

2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย สุ่มเลือกอ้อยลำหลักของกอ จำนวน 3 ลำต่อกอ ใช้เวอร์เนียร์คาริปเปอร์เป็นเครื่องมือวัด โดยวัดที่กึ่งกลางลำบริเวณกลางปล้อง หน่วยมิลลิเมตร

3. จำนวนลำต่อกอ นับจำนวนลำอ้อยทั้งหมดใน 1 กอ ไม่รวมหน่อที่ไม่มีลำต้นหรือไม่ปรากฏข้อให้เห็น

เก็บตัวอย่างอ้อย จำนวน 2 กอต่อจุดต่อตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักสดและแห้งส่วนเหนือดินแยกเป็นส่วน ๆ ได้แก่ ส่วนของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิที่ 65 องศา เป็นเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักมวลชีวภาพของอ้อย จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในพืช โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) จากนั้นคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือดินของอ้อย มีสมการ ดังนี้

$$\text{การกักเก็บคาร์บอน (ตัน C ต่อไร่)} = \frac{\text{มวลชีวภาพ (ตันต่อไร่) X ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (\%)}}{100}$$

นำข้อมูลจากการเจริญเติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอน มาพัฒนาสมการวิธีการหาชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อย (CS) โดยไม่ทำลายต้นอ้อย โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel จำนวน 98 ตัวอย่าง นำข้อมูลความสูงลำอ้อย (H) ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำ (D) ลำนวนลำต่อกอ (MC) แล้วหาความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพ (BM) และความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับการกักเก็บคาร์บอน โดยใช้สมการถดถอยหาความสัมพันธ์แบบเส้นตรงตามสมการ Regression model ดังนี้

1. รูปแบบสมการของการเจริญเติบโตกับมวลชีวภาพ

BM = k*H

BM = k*D

BM = k*MC

BM = k*(H±D)

BM = k*(H±D±MC)

2. รูปแบบสมการของมวลชีวภาพกับการกักเก็บคาร์บอน

CS = k*BM

เมื่อ BM = ชีวมวลของต้นอ้อย (ตันต่อไร่)

H = ความสูงลำอ้อย (เซนติเมตร)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย (มิลลิเมตร)

MC = จำนวนลำต่อกอ

CS = การกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อย (ตัน C ต่อไร่)

พิจารณาความแม่นยำของการทำนายแบบจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination, R^2) ว่าสมการใดเหมาะสมในการประมาณค่าชีวมวลของระบบการผลิตอ้อยแต่ละพันธุ์ และประเมินประสิทธิภาพจากค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) โดยแบบจำลองใดที่มีค่า RMSE ต่ำสุดจะเป็นตัวแบบที่ให้ผลดีสุด และเลือกสมการไปใช้ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในอ้อย

การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลการเจริญเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งต้น

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2563 สิ้นสุด กันยายน 2564

สถานที่ทำการทดลอง

พื้นที่ปลูกอ้อย จังหวัดสุพรรณบุรี และนครสวรรค์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การหาชีวมวลเหนือพื้นดินของต้นอ้อยโดยวัดค่าการเจริญเติบโต

ชีวมวลเหนือพื้นดินของพื้นที่ปลูกอ้อย คำนวณหาชีวมวล โดยใช้ค่าความสูงลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนลำต่อกอของอ้อย พันธุ์อ้อยที่พบจากการสำรวจ ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 ขอนแก่น 2 อู่ทอง 15 อู่ทอง 14 LK92-11 และ KPK 98-51 จังหวัดนครสวรรค์ และสุพรรณบุรี ทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ ที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว (ช่วงอายุ 8-12 เดือน) พบว่า ชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อยมีความสัมพันธ์กับข้อมูลการเจริญเติบโต โดยรูปแบบสมการประเมินชีวมวลที่ได้จากการพัฒนาความสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel คำนวณ แสดงดัง Table 1 จากสมการ regression model ในอ้อย พบว่า การใช้ค่าสัมประสิทธิ์ (k) x (ความสูงของลำอ้อย±เส้นผ่านศูนย์กลางลำ±จำนวนลำต่อกอ) นำไปใช้ในการหาชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อยทุกพันธุ์ได้ โดยสมการความสัมพันธ์ระหว่างชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อยทุกพันธุ์กับปัจจัยหลายตัวแปร (ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย และจำนวนลำต่อกอ) ให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.934 และ RMSE ต่ำสุดเท่ากับ 1.50 ตันต่อไร่ ได้สมการ BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC แต่ทั้งนี้ความสูงของลำอ้อย (ปัจจัยเดียว) สามารถประเมินชีวมวลเหนือพื้นดิน ได้ค่า RMSE ใกล้เคียงกัน (1.52 ตันต่อไร่) ตามสมการ BM = 0.028H ค่า RMSE ระหว่าง 1.50-2.32 ตันต่อไร่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยข้อมูลการเจริญเติบโตที่นำมาคำนวณความสัมพันธ์ เช่นเดียวกับ Youkhana *et al*. (2017) ได้พัฒนาแบบจำลองอย่างง่าย นำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินและการกักเก็บ

คาร์บอนในหญ้าเนเปีย และอ้อยให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.98 และ 0.97 ตามลำดับ สำหรับชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลในทำนองเดียวกัน เมื่อนำปัจจัยหลายตัวแปรมาคำนวณให้ค่า RMSE ต่ำกว่าการใช้ปัจจัยเดียวศึกษาความสัมพันธ์ ได้สมการ เป็น BM = 0.021H + 0.043D + 0.008MC (R^2 = 0.932 และ RMSE = 1.53 ตันต่อไร่) ส่วนพันธุ์ LK92-11 ให้ค่า RMSE ระหว่าง 0.65-1.65 ตันต่อไร่ ได้รูปแบบสมการเป็น BM = 0.038H – 0.140D + 0.030MC สรุปได้ว่า สมการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินในพื้นที่การผลิตอ้อย มีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่า R^2 ระหว่าง 0.845-0.986 และ RMSE ระหว่าง 0.65-2.32 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่นำมาใช้ประเมินความสัมพันธ์

Table 1 Correlation between aboveground biomass and growth data of sugarcane

Varieties	Regression Models	R^2	RMSE
Total[1/]	Model 1 BM = 0.028H	0.932	1.5197
	2 BM = 0.192D	0.894	1.9055
	3 BM = 0.134MC	0.839	2.3155
	4 BM = 0.030H – 0.010D	0.933	1.5188
	5 BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC	0.934	1.4990
Khonkaen 3	Model 1 BM = 0.028H	0.930	1.5617
	2 BM = 0.195D	0.912	1.7443
	3 BM = 0.136MC	0.845	2.2918
	4 BM = 0.021H – 0.051D	0.932	1.5348
	5 BM = 0.021H + 0.043D + 0.008MC	0.932	1.5311
LK92-11	Model 1 BM = 0.026H	0.973	0.8875
	2 BM = 0.173D	0.906	1.6540
	3 BM = 0.105MC	0.920	1.5302
	4 BM = 0.040H – 0.106D	0.983	0.6966
	5 BM = 0.038H – 0.140D + 0.030MC	0.986	0.6484

Where: BM = Aboveground Biomass (ton rai^{-1})
H = Stalk height (centimeter)
D = Stalk diameter (millimeter)
MC = Number of millable canes per tiller

[1/] Khonkean 3 Khonkean 2 Uthong 15 Uthong 14 LK92-11 และ KPK98-51

2. การหาการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อยโดยวัดจากชีวมวลเหนือพื้นดิน

จากสมการ regression model ในอ้อย พบว่า การใช้ค่าสัมประสิทธิ์ (k) x ชีวมวลเหนือพื้นดิน นำไปใช้ได้กับการหาการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อย โดยความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวลเหนือพื้นดิน โดยมีรูปแบบสมการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อย (CS) ได้จากการพัฒนาความสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ (k) แสดงดัง Table 2 ทั้งนี้อ้อยทุกพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 ขอนแก่น 2 อู่ทอง15 อู่ทอง 14 LK92-11 และ KPK98-51 และรายพันธุ์ที่สำรวจพบ ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 และ LK92-11 มีความสัมพันธ์กับชีวมวลเหนือพื้นดิน ตามสมการ CS = k * BM โดยค่า k มีค่าเท่ากับ 0.475 (R^2 = 0.999, RMSE = 0.08 ตัน C ต่อไร่) ของอ้อยทุกพันธุ์ ได้สมการ เป็น CS = 0.475BM ในขณะที่อ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 ได้ k = 0.472 (R^2 = 0.999, RMSE = 0.08 ตัน C ต่อไร่) ได้สมการ เป็น CS = 0.472BM และ พันธุ์ LK92-11 ได้ k = 0.482 (R^2 = 0.999, RMSE = 0.06 ตัน C ต่อไร่) สรุปได้ว่า สมการประเมินกักเก็บคาร์บอนของต้นอ้อยโดยใช้ชีวมวลเหนือพื้นดินของต้นอ้อย มีความสัมพันธ์สูงอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่า R^2 ระหว่าง 0.9992-0.9994 และ RMSE ระหว่าง 0.06-0.08 ตัน C ต่อไร่ ดังนั้นเพื่อให้สามารถประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อยอย่างง่าย เลือกใช้ค่าความสูงต้น (ปัจจัยเดียว) ตามสมการ BM = 0.028H มีค่า R^2 = 0.932 และ RMSE = 1.52 ตันต่อไร่ ส่วนการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยกับชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อย ใช้สมการ CS = 0.475BM โดยมีค่า R^2 = 0.9992 และ RMSE = 0.08 ตัน C ต่อไร่

Table 2 Correlation between carbon storage and aboveground biomass of sugarcane

Varieties	Regression Models	R^2	RMSE
Total[1/]	CS = 0.475BM	0.9992	0.0775
Khonkaen 3	CS = 0.472BM	0.9992	0.0810
LK92-11	CS = 0.482BM	0.9994	0.0637
Where: BM = Aboveground Biomass (ton rai^{-1}) CS = Carbon storage (ton C rai^{-1})			

[1/] Khonkean 3 Khonkean 2 Uthong 15 Uthong 14 LK92-11 และ KPK98-51

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ/คำแนะนำ

การหาชีวมวลเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การผลิตอ้อย จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้ข้อมูลการเจริญเติบโตเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย และสะดวกนำไปใช้ทดแทนการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในพืช ซึ่งหากไม่ต้องการทำลายลำอ้อย พบว่า ชีวมวลมีความสัมพันธ์กับความสูงลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำและจำนวนลำต่อกอ สามารถนำมาคำนวณชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อยได้ โดยมีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่า R^2 ระหว่าง 0.845-0.986 และ RMSE ระหว่าง 0.65-2.32 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่นำมาใช้ประเมินความสัมพันธ์ การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยกับชีวมวลเหนือพื้นดิน มีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตามสมการ CS = k * BM โดยค่า k มีค่าเท่ากับ 0.475 (R^2 = 0.9992, RMSE = 0.08 ตัน C ต่อไร่) สมการดังกล่าวจะช่วยในการหาปริมาณชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอน ทั้งนี้ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มจำนวนจุดตัวอย่าง จำนวนพันธุ์ จำนวนประชากร และตัวแปร เพื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์ (k) ให้เหมาะสมของแต่ละพันธุ์ เพื่อใช้ประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนจากการวัดความสูงลำอ้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนลำต่อกอ

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สมการอย่างง่ายไปใช้ในประเมินปริมาณการดูดซับคาร์บอนในการผลิตอ้อยในระดับพื้นที่อื่น ๆ ได้
2. การพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและพัฒนาการประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินอย่างง่ายในพื้นที่การผลิตอ้อย

เอกสารอ้างอิง

กฤติณ สุดโต, วีระภาส คุณรัตนสิริ และวันชัย อรุณประภารัตน์. 2562. การประเมินหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน จากข้อมูลภาพดาวเทยมี Landsat 8 ในพื้นทวนอุทยานนครไชยบวร จังหวัดพิจิตร. การประชุมทางวิชาการของหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 57. วันที่ 29 มกราคม 2562 – 1 กุมภาพันธ์ 2562

ขนิษฐา เสถียรพีระกุล เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง และสมชาย นองเนือง. 2555. การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสวนป่าสนสามใบ พื้นที่ต้นน้ำภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. วันที่ 31 ม.ค. – 2 ก.พ. 2555. หน้า 291-298.

นวลปราง นวลอุไร. 2548. การเปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสะสมที่อยู่เหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่าจากการสำรวจด้านป่าไม้และการรับรู้ระยะไกลบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสิทธิ์ ขุนสนิท และสุนทรี ยิ่งชัชวาล. 2554. มวลชีวภาพของอ้อยพันธุ์ K95-84. ***วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*** 42(3), 485-493.

ประเสริฐ เนตรจิตร, ศุภกิจ เอ็นมี และชวลิต เนื่องดี. 2553. รายงานโครงการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก พื้นที่สวนป่า. สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: หน้า 3–1 และ 4–11.

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2564. การประชุมวิชาการสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ประจำปี 2564. “พืชไร่ยุคใหม่ สไตล์ New Normal”. วันที่ 30-31 สิงหาคม 2564. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 715 หน้า

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2563. **รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต 2563/64.** กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. กองยุทธศาสตร์และแผนงาน.

วรพรรณ หิมพานต์ เรอิจิ โยเนดะ และนรินทร์ เทศสร. 2561. “ตารางแสดงน้ำหนักแห้ง การกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสวนป่าสักในประเทศไทย”. โครงการความร่วมมือด้านการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และ JIRCAS. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://forprod.forest.go.th/forprod/silvic/for_plant/data/RFD/2.pdf (21 เมษายน 2565)

de Abreu, L.G.F., M.C.B. Grassi, L.M. de Carvalho, J.J.B. da Silva, J.V.C. Oliveira, J.A. Bressiani and G.A.G. Pereira. 2020. Energy cane vs sugarcane: Watching the race in plant development. ***Industrial Crop & Products.*** 156:112868

de Carvalho, E.X., R.S.C. Meneszes, E.V. de Sa Barreto Sampaio, D.E.S. Neto, J.N. Tabosa, L.R. de Oliveira, A.L. Simoes and A.T. Sales. 2019. Allometric equations of estimate sugarcane aboveground biomass. ***Sugar Tech*** 21(3):1039-1044.

Nasa’s Jet Propulsion Laboratory. 2022. Carbon Dioxide**.** Retrieved February 16, 2022, from https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1983. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic matter. ***In Method of soil analysis: Part 2 Chemical and Microbiology Properties 9.*** Pp.539-579.

Youkhana, A.H., R.M. Ogoshi, J.R. Kiniry, M.N. Meki, M.H. Nakahata and S.E. Crow. 2017. Allometric models for predicting aboveground biomass and carbon stock of tropical perennial C4 grasses in Hawaii. ***Frontiers in Plant Science*** 8:650