เทคนิคประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงมันสำปะหลัง โดยไม่ทำลายตัวอย่าง

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

สายน้ำ อุดพ้วย วลัยพร ศะศิประภา [1] ปรีชา กาเพ็ชร [2]
นุชนาฏ ตันวรรณ อานนท์ มลิพันธ์ [3]
Sainam Udpuay Walaiporn Sasiprapa [1] Preecha Kapetch [2]
Nutchanart Tanwan Anon Malipan[3]

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

Optimizing non-destructive method and rapid measurement of carbon storage in biomass were required simple and accurate assays to assess the greenhouse gas accounting and carbon dioxide absorption in the cassava plantations. The objective of this study was to establish a simple model method to estimate the amount of carbon stored in the biomass of cassava plantation by non-destructive method. Field surveys were conducted in cassava production areas in Nakhon Sawan province between January and 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 biomass (BM) and growth data in terms of plant height (H) and stem diameter (D), and between biomass and carbon storage in cassava. The results showed that the biomass assessment model at the harvesting stage was correlated with plant height and stem diameter, according to the equation; BM = 0.005H + 0.068D, R^2 = 0.932 and RMSE = 0.68 ton rai^{-1}. Carbon storage (CS) of cassava was related to biomass, according to CS = 0.486BM with R^2 = 0.9997 and RMSE = 0.02 tons C rai^{-1}. Therefore, plant height and stem diameter can be calculated using simple equations for estimating the amount of carbon stored in the biomass by the non-destructive method.

Keywords : Carbon stock, Dry matter, *Manihot esculenta* Crantz**,** Regression models

[1]ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
[1]Information technology center
[2]ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
[2]Chiang Mai field crops research center
[3]ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก
[3]Phitsanulok seed research and development center

บทคัดย่อ

เทคนิคประมาณค่าชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนอย่างรวดเร็วในต้นมันสำปะหลังที่ง่าย แม่นยำ และไม่ทำลายต้นพืชเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกและประเมินการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมการวิธีการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายโดยไม่ทำลายตัวอย่าง ดำเนินการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2564 นำตัวอย่างพืชมาหามวลชีวภาพ และวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ข้อมูลที่ได้นำมาหาความสัมพันธ์สร้างสมการถดถอยแบบเส้นตรงของชีวมวล (BM) และการกักเก็บคาร์บอนในต้น (CS) กับข้อมูลการเจริญเติบโต ด้านความสูงต้น (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ (D) ผลการทดลอง พบว่า สมการประเมินชีวมวลของมันสำปะหลังที่อายุเก็บเกี่ยว มีความสัมพันธ์กับความสูงต้นและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลังตามสมการ BM = 0.005H + 0.068D มีค่า R^2 = 0.932 และ RMSE = 0.68 ตันต่อไร่ ส่วนการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง มีความสัมพันธ์กับชีวมวล ตามสมการ CS = 0.486BM โดยมีค่า R^2 = 0.9997 และ RMSE = 0.02 ตัน C ต่อไร่ ดังนั้นความสูงต้น และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น สามารถคำนวณหาชีวมวลของมันสำปะหลังโดยใช้สมการอย่างง่ายได้เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในต้นโดยไม่ทำลายตัวอย่าง

คำหลัก : คาร์บอนในต้น น้ำหนักแห้ง มันสำปะหลัง สมการถดถอย

คำนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุด (ร้อยละ 75) ในชั้นบรรยากาศโลกและเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการสะสมพลังงานความร้อน จนทำให้ความสมดุลในบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ได้กลายเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับภาวะโลกร้อน เนื่องจากก๊าซ CO_2 เป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases, GHGs) ที่สำคัญ (Picchio *et al*., 2022) ปริมาณก๊าซ CO_2 ในปัจจุบันมีประมาณ 418 ppm (Nasa's Jet Propulsion Laboratory, 2022) มีงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิและปริมาณ CO_2 ที่สูงขึ้นมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม ระดับความเครียด และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ซึ่งมันสำปะหลังเป็นหนึ่งในพืชอาหารหลักที่สำคัญ สำหรับประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศ (Forbes *et al*., 2020) การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซ CO_2 ในบรรยากาศ เกิดจากการเผาไหม้ การตัดไม้ทำลายป่า และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคการเกษตรแนวทางหนึ่ง คือ การลดการเผา และการปลูกพืชเพื่อเพิ่มการดูดซับก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้การกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศการเกษตร พืชดูดซับก๊าซ CO_2 ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและนำมากักเก็บไว้ในรูปชีวมวล (Biomass) (อิศรา และคณะ, 2552) ชีวมวลก่อให้เกิดปริมาณคาร์บอนที่สำคัญในหลายระบบนิเวศ เช่น ไม้พุ่มและต้นไม้สามารถสะสมคาร์บอนได้มากกว่า 100 ตันต่อเฮกตาร์ตลอดช่วงอายุของพืชนั้น ๆ (IPCC, 2006) พื้นที่การเกษตรสามารถเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้การประเมินการกักเก็บคาร์บอนมีความสำคัญต่อการรับมือปัญหาสภาวะก๊าซเรือนกระจก เทคนิคการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการจัดการพื้นที่นิเวศเกษตรในการเก็บกักคาร์บอนในอนาคต วิธีการประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนนั้นใช้เวลานาน เพราะต้องตัดต้นพืช นำตัวอย่างพืชไปวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในห้องปฏิบัติการ และมีค่าใช้จ่ายแพง ในขณะที่วิธีการประเมินชีวมวลและกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้นั้น สามารถวัดได้โดยไม่ทำลายต้นพืช โดยใช้สมการแอลโลเมตรี (Allometric equations) จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้ นวลปราง (2548) เก็บตัวอย่างพืช เพื่อหามวลชีวภาพ โดยใช้ค่าความสูงและค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก แล้วนำสมการมาประมาณหาคาร์บอนสะสมรายต้น เพื่อหลีกเลี่ยงการทำลายตัวอย่างพืช

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศไทย จากสถิติการเกษตรของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2564) มีพื้นที่เพาะปลูก ประมาณ 9.4 ล้านไร่ ผลผลิต 29 ล้านตัน ผลลิตหัวสด เฉลี่ย 3.2 ตันต่อไร่ พันธุ์ที่ปลูก ได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50 ระยอง 72 ระยอง 5 ระยอง 11 ห้วยบง 80 ห้วยบง 60 ระยอง 9

ระยอง 90 ระยอง 60 และอื่น ๆ การปลูกมันสำปะหลังใช้ต้นพันธุ์ที่อายุ 8-12 เดือน และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่ 7-24 เดือนหลังปลูก (อานนท์ และคณะ, 2554) จังหวัดที่มีการปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 500,000 ไร่ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา กำแพงเพชร กาญจนบุรี ชัยภูมิ และอุบลราชธานี จะเห็นว่าพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมีขนาดใหญ่ สามารถเป็นแหล่งดูดกลับและสะสมปริมาณคาร์บอนที่เกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยเหตุนี้การวัดการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลังทางอ้อมยังไม่มีเทคนิควิธีการประเมินที่ไม่ทำลายต้นพืช การประมาณค่ามวลชีวภาพสามารถทำนายการกักเก็บคาร์บอนที่มีอยู่ปัจจุบัน ซึ่งจะเป็นตัวชี้วัดปริมาณการสะสมของคาร์บอนในระบบการผลิตมันสำปะหลังได้ อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการพื้นที่เพื่อประโยชน์ทางด้านการเกษตรต่อไปในอนาคต วิธีการหาชีวมวลในต้นพืชที่ทำกันได้ง่ายและรวดเร็ว ได้แก่ การวัดความสูงต้น และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำเป็นต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ (k) เพื่อปรับความถูกต้องของการประเมิน ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้สมการวิธีการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในมันสำปะหลัง โดยไม่มีการทำลายตัวอย่างพืชในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างพืช อุปกรณ์วัดความสูงต้น และเวอร์เนียคาลิปเปอร์สำหรับวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

วิธีการ

สำรวจและเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังในแปลงเกษตรกร ผู้ปลูกมันสำปะหลังพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 50 จุดตัวอย่าง เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและวัดความสูงต้น (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง (D) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความสูงต้น เลือกกิ่งหลักที่สูงที่สุด วัดในแนวดิ่งจากพื้นดินชิดโคนต้น โดยวัดความสูงจากพื้นดินถึงฐานยอดส่วนที่ยังเห็นเป็นลำต้น หน่วยเซนติเมตร

2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง เลือกมันสำปะหลังกิ่งหลัก วัดที่กึ่งกลางลำต้นหลัก ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ วัดที่กึ่งกลางลำต้น หน่วยมิลลิเมตร

เก็บตัวอย่างมันสำปะหลังชั่งน้ำหนักสดและแห้งส่วนเหนือดินแยกเป็นส่วน ๆ ได้แก่ ลำต้น ก้านใบ ใบ เหง้า และหัว โดยนำไปอบที่อุณหภูมิที่ 65 องศา เป็นเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในพืช โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) จากนั้นคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ มีสมการ ดังนี้

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

นำข้อมูลจากการเจริญเติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอน มาพัฒนาสมการวิธีการหาชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง (CS) โดยไม่ทำลายต้น โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel จำนวน 50 ตัวอย่าง นำข้อมูลความสูงต้น (H) ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง (D) แล้วหาความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพ (BM) และความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับการกักเก็บคาร์บอน โดยใช้สมการถดถอยหาความสัมพันธ์แบบเส้นตรงตามสมการ Regression model ดังนี้

1. รูปแบบสมการของการเจริญเติบโตกับมวลชีวภาพ

BM = k*H

BM = k*D

BM = k*(H±D)

2. รูปแบบสมการของมวลชีวภาพกับการกักเก็บคาร์บอน

CS = k*BM

เมื่อ BM = ชีวมวลของมันสำปะหลัง (ตันต่อไร่)

H = ความสูงต้น (เซนติเมตร)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง (มิลลิเมตร)

CS = การกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง (ตัน C ต่อไร่)

พิจารณาความแม่นยำของการทำนายแบบจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination, R^2) ว่าสมการใดเหมาะสมในการประมาณค่าชีวมวลของระบบการผลิตมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ และประเมินประสิทธิภาพจากค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) โดยแบบจำลองใดที่มีค่า RMSE ต่ำสุด จะเป็นตัวแบบที่ให้ผลดีสุด และเลือกสมการไปใช้ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมันสำปะหลัง

การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลการเจริญเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งต้น

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม พ.ศ. 2563 สิ้นสุด กันยายน พ.ศ. 2564

สถานที่ทำการทดลอง

- พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดนครสวรรค์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การหาชีวมวลของต้นมันสำปะหลังโดยวัดค่าการเจริญเติบโต

ชีวมวลเหนือพื้นดิน(ส่วนของต้น) และใต้ดิน(ส่วนของราก) ของมันสำปะหลัง คำนวณหาชีวมวล โดยใช้ค่าความสูงต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลัง พันธุ์มันสำปะหลังที่พบจากการสำรวจ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 72 CMR33-38-48 ระยอง 11 ระยอง 9 CMR33-53-81 ระยอง 13 CMR43-08-89 CMR33-35-69 CMR36-55-166 ระยอง 2 และระยอง 5 จังหวัดนครสวรรค์ ที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว (ช่วงอายุ 7-10 เดือน) พบว่า ชีวมวลของมันสำปะหลังมีความสัมพันธ์กับข้อมูลการเจริญเติบโต โดยรูปแบบสมการประเมินชีวมวลที่ได้จากการพัฒนาความสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel คำนวณ แสดงดัง Table 1 จากสมการ regression model ในมันสำปะหลัง พบว่า การใช้ค่าสัมประสิทธิ์ (k) x (ความสูงของต้น±เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น) นำไปใช้ในการหาชีวมวลของมันสำปะหลังทุกพันธุ์ได้ โดยสมการความสัมพันธ์ระหว่างชีวมวลของมันสำปะหลังทุกพันธุ์กับปัจจัยหลายตัวแปร (ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง) จากรูปแบบสมการที่ดีที่สุดของการประเมินชีวมวลมันสำปะหลังทุกพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยว ให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.932 และ RMSE ต่ำสุด เท่ากับ 0.68 ตันต่อไร่ ได้สมการ BM = 0.005H + 0.068D เมื่อเปรียบเทียบการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างชีวมวลของมันสำปะหลังกับการเจริญเติบโต มีค่า RMSE ระหว่าง 0.56-0.78 ตันต่อไร่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยการเจริญเติบโตและชนิดของพันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาคำนวณความสัมพันธ์ ขณะที่ชีวมวลของมันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 72 ให้ผลในทำนองเดียวกัน เมื่อนำปัจจัยหลายตัวแปรมาคำนวณให้ค่า RMSE ต่ำกว่าการใช้ปัจจัยเดียวศึกษาความสัมพันธ์ ได้สมการ เป็น BM = 0.007H + 0.052D (R^2 = 0.958 และ RMSE = 0.56 ตันต่อไร่) พันธุ์ CMR33-38-48 ให้ค่า RMSE ระหว่าง 0.66-0.74 ตันต่อไร่ ได้รูปแบบสมการเป็น BM = 0.005H + 0.063D และพันธุ์ระยอง 11 ได้สมการเป็น BM = - 0.007H + 0.167D (RMSE = 0.67 ตันต่อไร่) สรุปได้ว่า สมการประเมินชีวมวล

ของมันสำปะหลังในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง มีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่า R^2 ระหว่าง 0.905-0.958 และ RMSE ระหว่าง 0.56-0.78 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่นำมาใช้ประเมินความสัมพันธ์ และชนิดของพันธุ์มันสำปะหลัง

Table 1 Correlation between biomass and growth data of cassava

Genotypes	Regression Models	R^2	RMSE
Total[1/]	Model 1 BM = 0.012H	0.918	0.7471
	2 BM = 0.115D	0.925	0.7155
	3 BM = 0.005H + 0.068D	0.932	0.6821
Rayong 72	Model 1 BM = 0.012H	0.952	0.6009
	2 BM = 0.126D	0.946	0.6378
	3 BM = 0.007H + 0.052D	0.958	0.5635
CMR33-38-48	Model 1 BM = 0.011H	0.926	0.7448
	2 BM = 0.113D	0.931	0.7172
	3 BM = 0.005H + 0.063D	0.942	0.6557
Rayong 11	Model 1 BM = 0.012H	0.905	0.7765
	2 BM = 0.108D	0.927	0.6813
	3 BM = - 0.007H + 0.167D	0.930	0.6685

Where: BM = Biomass (ton rai^{-1})
H = Plant height (centimeter)
D = Stem diameter (millimeter)

[1/]Rayong 72 CMR33-38-48 Rayong 11 Rayong 9 CMR33-53-81 Rayong 13 CMR43-08-89, CMR33-35-69, CMR36-55-166 Rayong 2 and Rayong 5

2. การหาการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลังโดยวัดจากชีวมวล

จากสมการ regression model ในมันสำปะหลัง พบว่า การใช้ค่าสัมประสิทธิ์ (k) x ชีวมวล นำไปใช้ได้กับการหาการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลังได้ โดยความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวลของต้นมันสำปะหลัง โดยมีรูปแบบสมการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นมันสำปะหลัง (CS) ได้จากการพัฒนาความสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ (k) แสดงดัง Table 2 ทั้งนี้มันสำปะหลังทุกพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 72 CMR33-38-48 ระยอง 11 ระยอง 9 CMR33-53-81 ระยอง 13 CMR43-08-89 CMR33-35-69 CMR36-55-166 ระยอง 2 และระยอง 5 และรายพันธ์ที่สำรวจพบ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 72 CMR33-38-48 และ ระยอง 11 มีความสัมพันธ์กับชีวมวล ตามสมการ CS = k * BM โดยค่า k มีค่าเท่ากับ 0.486 (R^2 = 0.9997, RMSE = 0.02 ตัน C ต่อไร่) ของมันสำปะหลังทุกพันธุ์ ได้ สมการ เป็น CS = 0.486BM ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 ได้ k = 0.485 (R^2 = 0.9998, RMSE = 0.01 ตัน C ต่อไร่) ในขณะที่มันสำปะหลัง พันธุ์ CMR33-38-48 มีค่า k = 0.484 (R^2 = 0.9996, RMSE = 0.03 ตัน C ต่อไร่) ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 มีค่า k = 0.489 485 (R^2 = 0.9999, RMSE = 0.01 ตัน C ต่อไร่) สรุปได้ว่าสมการประเมินกักเก็บคาร์บอนของต้นมันสำปะหลังในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง มีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่า R^2 ระหว่าง 0.9996-0.9999 และ RMSE ระหว่าง 0.01-0.03 ตัน C ต่อไร่ ดังนั้นเพื่อให้สามารถประเมินชีวมวลของมันสำปะหลังได้ง่าย และรวดเร็วสามารถเลือกใช้ค่าความสูงต้น ตามสมการ BM = 0.012H มีค่า R^2 = 0.918 และ RMSE = 0.75 ตันต่อไร่ ส่วนการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลังกับชีวมวลของต้นมันสำปะหลัง ใช้สมการ CS = 0.486BM โดยมีค่า R^2 = 0.9997 และ RMSE = 0.02 ตัน C ต่อไร่

Table 2 Correlation between carbon storage and biomass of cassava

Genotypes	Regression Models	R^2	RMSE
Total[1/]	CS = 0.486BM	0.9997	0.0194
Rayong 72	CS = 0.485BM	0.9998	0.0141
CMR33-38-48	CS = 0.484BM	0.9996	0.0260
Rayong 11	CS = 0.489BM	0.9999	0.0099
Where: BM = Biomass (ton rai^{-1}) CS = Carbon storage (ton C rai^{-1})			

[1/]Rayong 72 CMR33-38-48 Rayong 11 Rayong 9 CMR33-53-81 Rayong 13 CMR43-08-89, CMR33-35-69, CMR36-55-166 Rayong 2 and Rayong 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ/คำแนะนำ

การหาชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง จังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้ข้อมูลการเจริญเติบโตเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย และสะดวกนำไปใช้ทดแทนการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในพืช ซึ่งหากไม่ต้องการทำลายต้นมันสำปะหลัง พบว่า ชีวมวลมีความสัมพันธ์กับความสูงลำต้นและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง สามารถนำมาคำนวณชีวมวลของมันสำปะหลังได้ โดยมีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่า R^2 ระหว่าง 0.905-0.952 และ RMSE ระหว่าง 0.56-0.78 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่นำมาใช้ประเมินความสัมพันธ์ และชนิดของพันธุ์มันสำปะหลัง การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมันสำปะหลังกับชีวมวลของต้นมันสำปะหลัง มีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตามสมการ CS = k * BM โดยค่า k มีค่าเท่ากับ 0.486 (R^2 = 0.9997, RMSE = 0.02 ตัน C ต่อไร่) สมการดังกล่าวจะช่วยในการหาปริมาณชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอน ทั้งนี้ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มจำนวนจุดตัวอย่าง จำนวนพันธุ์ จำนวนประชากร และตัวแปร เพื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์ (k) ให้เหมาะสมของแต่ละพันธุ์ เพื่อใช้ประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนจากการวัดความสูงลำต้นและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สมการอย่างง่ายไปใช้ในประเมินการดูดซับคาร์บอนในการผลิตมันสำปะหลังในระดับพื้นที่อื่น ๆ ได้
2. การพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและพัฒนาการประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง

เอกสารอ้างอิง

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

นวลปราง นวลอุไร. 2548. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตววิทยา จุฬาลงกรณ์การเปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสะสมที่อยู่เหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่าจากการสำรวจด้านป่าไม้และการรับรู้ระยะไกลบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย. มหาวิทยาลัย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. “มันสำปะหลังโรง: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ แยกตามชนิดพันธุ์ ระดับจังหวัด ปี 2563”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/varitties%20casava63.pdf (21 เมษายน 2565)

อิศรา แพงสี, ณัฏฐ พิชกรรม และ พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2552. ความสามารถของสวนหย่อมในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์. ***วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*** 40(2): 209-217.

อานนท์ มลิพันธ์ และทิพย์ดรุณี สิทธินาม. 2554. ผลของอายุเก็บเกี่ยวหลังจากตัดต้นต่อผลผลิตและแป้งมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) 4 พันธุ์ ในดินร่วนเหนียวสีแดง จังหวัดลพบุรี. ***วารสารวิชาการเกษตร*** 29(2), 131-146.

Forbes, S.J., L. A. Cernusak, T.D. Northfield, R.M. Gleadow, S. Lambert and A. W. Cheesman. 2020. Elevated temperature and carbon dioxide alter resource allocation to growth, storage and defence in cassava (Manihot esculenta). ***Environmental and Experimental Botany***. 173.

IPCC. 2006. Default biomass conversion and expansion factors. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories Agriculture, Forestry and Other Land Use. In Intergovernmental Panel on Climate Change; The Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC: Kanagawa, Japan

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.

Picchio, R., F. Tavankar, H. Rafie, A.R. Kivi, M. Jourgholami and A.L. Monaco. 2022. Carbon storage in biomass and soil after mountain landscape restoration: *Pinus nigra* and *Picea abies* plantations in the Hyrcanian Region. ***Land*** 11:422