ระดับโครงการ

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตอ้อย

The Potential for Carbon Sink on Sugarcane Plantation

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

วลัยพร ศะศิประภา

Walaiporn Sasiprapa

ปี 2564

บทสรุปผู้บริหาร

การศึกษาศักยภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ (CO_2) ในการผลิตอ้อยโรงงานภายใต้สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน เป็นแนวทางในการกักเก็บคาร์บอนในอากาศมาเป็นคาร์บอนของพืช มวลชีวภาพ และผลผลิต โดยอ้อยโรงงานเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในปีการผลิต 2563/64 มีพื้นที่ปลูก 10,713,345 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.18 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด การกักเก็บคาร์บอนจากอากาศมาเก็บสะสมในมวลชีวภาพต่าง ๆ ต้องอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช จากการดำเนินงานวิจัยของโครงการในการศึกษาพันธุ์อ้อยโรงงานที่มีศักยภาพสูงในการดูดซับ CO_2 พบว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและการสะสมมวลชีวภาพ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน น้ำและความสมบูรณ์ของต้นพืชมีผลการปิดเปิดปากใบและอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ กระตุ้นให้ปากใบเปิดกว้างขึ้น ค่านำไหลปากใบจึงเพิ่มขึ้นตามแสงในสภาพที่ดินมีความชื้นพออย่างรวดเร็ว มีน้ำเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของอ้อย ในพันธุ์เดียวกันที่มีอายุการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันแต่ได้รับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันหรือมีช่วงอายุการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันมีผลทำให้มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ที่แตกต่างกัน ส่วนการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนในอ้อย ระดับแปลงและระดับพื้นที่ พบว่า พันธุ์มีผลต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช สัดส่วนมวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยวสะสมไว้ในส่วนของลำเฉลี่ย 76% โดยปลูกอ้อย 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอนในต้นได้เฉลี่ย 5.12 กก.C/ไร่ หรือดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เฉลี่ย 18.77 ตัน CO_2/ไร่ และกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปของอินทรียวัตถุที่ความลึก 0-20 ซม. เฉลี่ย 3.7-5.8 ตัน C/ไร่

สำหรับการการพัฒนาเทคนิคอย่างง่ายในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนส่วนเหนือดินของอ้อย โดยไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การประมาณชีวมวล และการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวล โดยการประมาณชีวมวล ในระดับแปลงทดลอง สามารถประมาณชีวมวลช่วงอายุ 4 6 10 เดือนหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยวได้ ด้วยสมการถดถอยเส้นตรงหลายตัวแปร มีความแม่นยำกว่า การใช้ปัจจัยเดียว ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวล มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 แต่มีค่าเฉลี่ย 0.426 ให้ค่า R2= 0.89 และ RMSE 1.565 ตัน C/ไร่ ส่วนระดับแปลงเกษตรกร การประมาณชีวมวลจากความสูงอย่างเดียว หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำ หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำร่วมกับจำนวนลำต่อกอ มีความแม่นยำสูงกว่าการใช้เส้นผ่านศูนย์กลางลำเพียงอย่างเดียว หรือจำนวนลำต่อกอเพียงอย่างเดียว เฉลี่ยทุกพันธุ์มีสมการ BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC ให้ค่า R2= 0.934 และ RMSE 1.499 ตัน/ไร่ และค่าสัมประสิทธิ์ 0.475 ให้ค่า R2 = 0.99 และ RMSE = 0.077 ตัน C/ไร่ ไม่มีความแตกต่างตามพันธุ์ เมื่อนำมารวมกันทั้ง 2 ขั้นตอน สามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยได้ทั้งระดับแปลงทดลองและไร่เกษตรกร ซึ่งจะช่วยในการประเมินการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเพื่อนำไปวางแผนการจัดการพื้นที่ และใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคการเกษตรของประเทศต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาศักยภาพดูดซับก๊าซ CO_2 ของอ้อย เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน อธิบายด้วยรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช ประเมินการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนจากการเปรียบเทียบในระบบการผลิตที่มีความแตกต่างของพันธุ์ และการใช้ปุ๋ย นำมาพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์อย่างง่ายที่ไม่ทำลายตัวอย่างที่สัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพืช และชีวมวล ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ และ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี รวมทั้งพื้นที่ปลูกอ้อยจังหวัดนครสวรรค์และสุพรรณบุรี ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 - กันยายน 2564 พบว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและการสะสมมวลชีวภาพ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน น้ำและความสมบูรณ์ของต้นมีผลการปิดเปิดปากใบและอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ กระตุ้นให้ปากใบเปิดกว้างขึ้น ค่านำไหลปากใบจึงเพิ่มขึ้นตามแสงในสภาพที่ดินมีความชื้นพออย่างรวดเร็ว แต่เมื่อพืชขาดน้ำ ปากใบจะเปิดน้อยมากและเป็นช่วงเวลาที่สั้นลง ทำให้โอกาสที่อ้อยจะทำการสังเคราะห์แสงลดลง ส่วนการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนในอ้อย ระดับแปลงและระดับพื้นที่ พบว่า พันธุ์มีผลต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช สัดส่วนมวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยวสะสมไว้ในส่วนของลำเฉลี่ย 76% โดยปลูกอ้อย 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอนในต้นได้เฉลี่ย 5.12 กก.C/ไร่ หรือดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เฉลี่ย 18.77 ตัน CO_2/ไร่ และกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปของอินทรียวัตถุที่ความลึก 0-20 ซม. เฉลี่ย 3.7-5.8 ตัน C/ไร่ และได้พัฒนาเทคนิคอย่างง่ายในการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยทั้งระดับแปลงทดลอง และระดับพื้นที่ พบว่า ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนลำต่อกอ สามารถใช้ประเมินได้อย่างมีความเชื่อมั่นทางสถิติ

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The study of carbon sink potential in sugarcane to reduce greenhouse gases and increase adsorption of carbon dioxide, account for growth and physiological characters. Assessment carbon sink from difference varieties and practices and formulate simple technic to assess carbon sink potential in sugarcane conducted at Suphanburi Field Crop Research Center and Nakornsawan Agricultural Research and Development Center and sugarcane fields in Nakornsawan and Suphanburi provinces during October 2019 – September 2021. The result shown environments difference effected to growth and biomass accumulation, net photosynthetic rate in age and hour in day. Water and fertility of plant effected opening of stomata and net photosynthetic rate. Stomata conductance increase by sunlight during sufficient soil moisture condition. Water is limiting probability of photosynthesis process. Cultivar characteristics effect growth and physiological parameters, but not significance difference in fertilizer applications. At harvesting period, the biomass distribution was accumulated in the stem part around 76%.One growing season of sugarcane cultivation can store carbon an average of 5.12 tons C/rai, which accounts for carbon dioxide absorption an average of 18.77 tons CO_2/rai, and soil can store carbon at 3.7-5.8 tons C/rai. That stalk height, stalk-dimeter and no of stalk/hill had been formulate model for estimating biomass and carbon storage in experimental plot level and plantation areas, which had statistically significant.

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของแปลงทุกๆท่านทั้งที่ได้ให้การช่วยเหลือ สนับสนุน อนุญาตให้เข้าไปปฏิบัติงานในแปลงและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษานี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และทีมนักวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ และศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ขอขอบคุณคุณวิชณีย์ ออมทรัพย์สิน และทีมงาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	3
บทที่ 3 ผลการศึกษา	5
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	8
เอกสารอ้างอิง	17
ภาคผนวก	-

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (A) และค่านำไหลปากใบ (g_s) ในรอบวันของอ้อยที่สภาพดินชื้นที่สุพรรณบุรี (ก) และที่สภาพขาดน้ำที่นครสวรรค์ (ข) ในเดือนธันวาคม 2563 8

ภาพที่ 2 การสะสมน้ำหนักรวมของอ้อย 6 พันธุ์และการแบ่งสัดส่วนไปยังส่วนต่างๆของอ้อยที่ 4 ช่วงเวลาหลังปลูก 9

ภาพที่ 3 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 ที่อายุ 4 6 10 เดือนหลังปลูกและเก็บเกี่ยว ที่มีการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกัน 11

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพ (ก) และอินทรีย์วัตถุในดิน (ข) กับการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยของอ้อย 12

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนเหนือดินของอ้อย 6 พันธุ์ ที่ระยะเวลาหลังปลูกและเมื่อเก็บเกี่ยว (กก./ไร่) 9

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการใช้แสง (α) ค่าควบคุมความโคงของเสนกราฟ (θ) อัตราสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด (P_{max}) อัตราการหายใจในที่มืด (Rd) จุดชดเชยแสง (Lc) และจุดอิ่มตัวด้วยแสง (Ls) ของอ้อย 6 พันธุ์ ที่สุพรรณบุรี 10

ตารางที่ 3 ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในอ้อยปลูก ในพื้นที่ 1 ไร่ 11

ตารางที่ 4 ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอ้อยระดับแปลงเกษตรกร ในพื้นที่ 1 ไร่ 12

ตารางที่ 5 สมการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อย ระดับแปลงทดลอง 13

ตารางที่ 6 สมการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อย ระดับแปลงเกษตรกร 14

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 1 บทนำ

1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

<u>วิสัยทัศน์</u>

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

<u>พันธกิจ</u>

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตร สู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน (โปรดเลือกเฉพาะยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานของท่าน)

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง
เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

☑ ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์
คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษและภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม
สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ
การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และโปรดระบุแผนงาน/โครงการให้สอดคล้องกับโปรแกรมของแผน ววน.

โปรแกรมตามแผน ววน.	งบประมาณ (บาท)
โปรแกรม P10. ยกระดับความสามารถการแข่งขันและวางรากฐานทางเศรษฐกิจ แผนงานที่ 9: การพัฒนาระบบการผลิตพืชสู่เกษตรที่เป็นมิตรกับสภาพภูมิอากาศ แผนงานย่อย : การศึกษาการลดและการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย โครงการ: : ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตอ้อย	851,720

กรมวิชาการเกษตร

4. รายละเอียดโครงการ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 มีถึง 380 ส่วนในล้านส่วน พืชสามารถดูดซับก๊าซ CO_2 ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง เก็บกักไว้ในส่วนต่างๆ ของต้นในรูปของมวลชีวภาพ จึงช่วยลดปริมาณก๊าซ CO_2 ในบรรยากาศได้ตลอดช่วงชีวิตของพืช (Redondo-Brenes and Montagnini, 2006) รวมถึงเมื่อผ่านการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินแล้วจะเก็บกักในรูปของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (Zhang and Zhang, 2003; ระวี และคณะ, 2555) การใช้พื้นที่เกษตรเป็นแหล่งดูดซับก๊าซ CO_2 สะสมคาร์บอนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงน่าจะมีศักยภาพและประสิทธิภาพ โดยเฉพาะประเทศไทยที่มีพื้นที่การเกษตรมากกว่า 47% ของเนื้อที่ทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) การศึกษาถึงศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรด้วยแนวทางที่ต้องไม่ลดความสามารถในการแข่งขัน และความมั่นคงทางอาหารของประเทศ จึงเป็นแนวทางที่ยั่งยืน อีกทั้งข้อมูลที่ได้สามารถสนับสนุนการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติที่ต้องมีการเก็บและรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบตามหลักการของ IPCC

ก๊าซเรือนกระจกถูกปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การถางและเผาพื้นที่เกษตร การตัดไม้ทำลายป่าและไฟป่า หนึ่งในนั้นได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ CO_2เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ปริมาณและการกระจายตัวของฝนเปลี่ยนแปลงไป มีความแปรปรวน และรุนแรงมากขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ อย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ (IPCC, 2007) พื้นที่ป่าไม้เป็นแหล่งดูดซับ CO_2 และเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญ แต่พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรก็สามารถเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญและมีศักยภาพเพียงพอต่อการหมุนเวียนการกักเก็บคาร์บอนทั้งในต้นพืชและในดิน อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีเนื้อที่ปลูกประมาณ 9.3 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) อ้อยเป็นพืช C_4 จัดเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับ CO_2 ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และกักเก็บคาร์บอนนั้นไว้ในรูปเนื้อเยื่อพืช จึงมีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก การศึกษาเกี่ยวกับการกักเก็บคาร์บอนในดินของอ้อยมีบ้างแล้ว อีกทั้งกำลังศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำในระบบการผลิตต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยยังมีไม่มากนัก ทั้งนี้พันธุ์ สภาพแวดล้อม และการจัดการซึ่งมีผลต่อดูดซับคาร์บอนในระดับพื้นที่ งานวิจัยที่ประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนส่วนใหญ่ใช้เทคนิคการทำลายตัวอย่าง และมีการพัฒนาสมการลอจิสติกเพื่อประเมินชีวมวลและผลผลิต แต่มีความเฉพาะรายพันธุ์/พืช และยังมีการศึกษาอยู่น้อย จึงควรมีการศึกษาวิจัยด้านพันธุ์และการจัดการที่มีผลต่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับพื้นที่ และเทคนิคการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในระดับพื้นที่ที่ไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย และมีความแม่นยำสูง

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์อ้อยที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

2) เพื่อประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การผลิตอ้อย

3) เพื่อให้ได้รูปแบบเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายในพื้นที่การผลิตอ้อย โดยไม่ทำลายตัวอย่าง

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาพันธุ์อ้อยที่มีศักยภาพดูดซับก๊าซ CO_2 ภายใต้สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน อธิบายด้วยรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช ประเมินการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนจากการเปรียบเทียบการดูดซับคาร์บอนรูปของชีวมวลในระบบการผลิตที่มีความแตกต่างของพันธุ์ การจัดการ และการใช้ปุ๋ย กับลักษณะพืช ค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดการรับรู้จากพืช อัตราการสังเคราะห์แสงของพืช นำมาพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์อย่างง่ายที่ไม่ทำลายตัวอย่างที่สัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพืช และชีวมวล

นิยามศัพท์

-

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

1. วิธีการดำเนินการวิจัย

ประกอบด้วย 2 กิจกรรม

กิจกรรมที่ 1 การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตอ้อย

อ้อย 6 พันธุ์ ปลูกตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร วัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและการคายน้ำของใบอ้อย ในตำแหน่งใบสูงสุดที่เห็นดิวแล็พ dewlap (top visible dewlap, TVD) ของหน่อหลัก โดยใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง รุ่น LI-6400 Portable Photosynthesis System โดยใช้แสงจากดวงอาทิตย์ ทำ 4 ซ้ำ ในแต่ละพันธุ์ ทำการวัดทุกชั่วโมง ตั้งแต่ช่วงเวลา 07.00 ถึง 18.00 น. และใช้แสง จาก LED ที่ความเขมแสง 0, 25, 50, 75, 100, 200, 400, 600, 800, 1,000 1,200, 1400,1600,1800 และ 2000 µmolm-2s-1และกำหนดความเขมขนของ CO2 400 ppm ความชื้นสัมพัทธอยูระหวาง 50-60 % และ อุณหภูมิอยูระหวาง 27-30 องศาเซลเซียส รวมทั้งกำหนดความเขมขนของกาซคารบอนไดออกไซดระหว่าง 100 -800 ppm ที่อายุ 4 6 8 10 เดือน และในระยะแรกของอ้อยตอ วิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยแบบจำลอง non-rectangular hyperbola (Johnson, et al.,1989) ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ และ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 – ธันวาคม 2564

กิจกรรมที่ 2 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงผลิตอ้อย

การทดลองที่ 2.1 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของอ้อยในระดับแปลง

วางแผนการทดลองแบบ split plot in RCB มีจำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์อ้อย จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 ปัจจัยรอง คือ การจัดการปุ๋ยไนโตรเจน มี 3 ระดับ ได้แก่ 0.5 1.0 และ 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N ปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยประเมินการสะสมมวลชีวภาพของพืช (biomass) ทุก 4 เดือน จำนวน 2 กอต่อแปลงย่อย วัดความสูง จำนวนลำต่อกอ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำ จำนวนใบต่อกอ ค่าดัชนีพื้นที่ใบ ความเขียวใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ นน.สดและแห้งของส่วนต่างๆ ลำต้น ใบสด ใบแห้ง กาบใบสดและกาบใบแห้ง ประเมินการกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ในอ้อย ประเมินปริมาณคาร์บอนทั้งหมด จากการวิเคราะห์อินทรียคาร์บอนในพืช โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) วัดอัตราการสังเคราะห์แสงในใบที่ 6 เดือน เก็บเกี่ยวอ้อยที่อายุ 12 เดือน ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ระหว่างเดือนมกราคม 2563 - กันยายน 2564

การทดลองที่ 2.2 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของอ้อยในระดับพื้นที่

การเลือกตัวอย่างสุ่มแบบง่าย (simple random sampling : SRS) พื้นที่ปลูกอ้อยที่เป็นตัวแทนมีขอบเขตระดับจังหวัดจังหวัดสุพรรณบุรีและนครสวรรค์ระหว่าง พฤศจิกายน 2563-มกราคม 6564 ที่มีขนาดแปลงตั้งแต่ 5 ไร่ขึ้นไป จำนวน 50 จุด ที่อายุอ้อย 10-12 เดือน เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 - 20 และ 20 - 50 เซนติเมตร อ้อยจากแปลง ความเขียวของใบคลอโรฟิลล์ ความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำ จำนวนลำต่อกอ และเก็บตัวอย่างพืช วิเคราะห์มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดิน แยกส่วนต้น ใบ และกาบใบ วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน สำหรับประเมินการกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ดำเนินการที่ จ.นครสวรรค์ และ จ. สุพรรณบุรี ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 - กันยายน 2564

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.3 เทคนิคประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงอ้อยโดยไม่ทำลายตัวอย่าง

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต น้ำหนักสดและแห้งส่วนเหนือดินแยกเป็นส่วนต่างๆ ปริมาณมวลชีวภาพของอ้อย พื้นที่ใบ ความสูง คลอโรฟิลล์ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากแปลงทดลอง และบินถ่ายภาพทางอากาศ วิเคราะห์ความสูงจากการถ่ายภาพและหาความสัมพันธ์กับความสูงจากการเก็บจริง วิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณในแต่ละช่วงการเก็บข้อมูลในแปลงทดลอง ประมาณค่าสมการของอ้อยรายพันธุ์ ระหว่างมวลชีวภาพกับความสูง และการแตกกอ ปริมาณคาร์บอนสะสมเหนือพื้นดินและใต้ดิน ดัชนีพื้นที่ใบ คลอโรฟิลล์ และดัชนีพืชพรรณ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สมการหลายตัวแปร (multiple regression analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและในดิน กับค่าดัชนีพืชพรรณ นำข้อมูลในระดับพื้นที่ในแปลงอ้อย (2.2) มาทดสอบรูปแบบเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอน ดำเนินการที่กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 - ธันวาคม 2564

3. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

❑ ไม่มี ✓❑ มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่.....ขยายเวลาเป็นสิ้นสุดธันวาคม 2564. (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)

❑ เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

❑ เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

กิจกรรมที่ 1 การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตอ้อย

การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในอ้อย 6 พันธุ์ ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ และ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ทั้ง 2 สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและการสะสมมวลชีวภาพ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน น้ำและความสมบูรณ์ของต้นพืชมีผลการปิดเปิดปากใบและอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ กระตุ้นให้ปากใบเปิดกว้างขึ้น ค่านำไหลปากใบจึงเพิ่มขึ้นตามแสงในสภาพที่ดินมีความชื้นพออย่างรวดเร็ว มีน้ำเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของอ้อย ทุกพันธุ์ให้น้ำหนักแห้งสูงสุดในช่วงอายุประมาณ 10 เดือน ยกเว้นพันธุ์ UT10-615 ที่น้ำหนักแห้งสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยว โดยพันธุ์อู่ทอง 15 ให้น้ำหนักแห้งสูงสุด 9,320 กก./ไร่ รองลงมา คือ ขอนแก่น 3 UT10-615 UT10-009R และอู่ทอง 17 ส่วนอู่ทอง 12 น้ำหนักแห้งต่ำสุด พันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยว คือ พันธุ์ UT10-615 รวม 8,962 กก./ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 น้ำหนักแห้งรวมเท่ากัน 8,728 กก./ไร่ โดยที่พันธุ์อู่ทอง 12 มีน้ำหนักแห้งต่ำสุด 6,027 กก./ไร่ สัดส่วนของน้ำหนักลำสุงสุดทุกระยะ ตั้งแต่ 4 เดือนและสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือน มีสัดส่วน 70-80% ของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินทั้งหมด ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อน้ำหนักแห้งชีวมวลในแต่ละส่วนของอ้อย 6 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามพันธุ์และอายุอ้อยที่มากขึ้น แต่แตกต่างตามชนิดของแต่ละส่วน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่อ้อยปลูกเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือน พันธุ์ UT10-615 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด 4,359 กก.C/ไร่ รองลงมา ได้แก่ ขอนแก่น 3 อู่ทอง 15 UT10-009R และอู่ทอง 17 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 4,177 3,960 3,663 และ 3,194 กก.C/ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์อู่ทอง 12 น้อยที่สุด 2,834 กก.C/ไร่

กิจกรรมที่ 2 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงผลิตอ้อย

การศึกษาประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนในอ้อย ระดับแปลงและระดับพื้นที่ เพื่อให้ได้เทคนิคการประเมินปริมาณดูดซับก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายในพื้นที่การผลิตอ้อย ผลการทดลอง พบว่า ลักษณะของพันธุ์อ้อยที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช อัตราการสังเคราะห์แสงของใบอ้อยในรอบวันเพิ่มขึ้นในระยะแรกจนกระทั่งสูงสุดในช่วงเวลาช่วงเวลา 08.00-14.00 น. อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ร่วมกับการให้ปุ๋ย อัตรา 22.5-3-6 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบประสิทธิภาพสูงสุด เฉลี่ย 21.276 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1} สัดส่วนมวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยวถูกสะสมไว้ในส่วนของลำ เฉลี่ย 76 % (3.7 – 4.0 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง โดยปลูกอ้อย 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอนในต้นได้ เฉลี่ย 5.12 กก.C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับก๊าซ CO_2 ในต้น เฉลี่ย 18.77 ตัน CO_2/ไร่ ส่วนการกักเก็บคาร์บอนในดินเฉลี่ย 3.7-5.8 ตัน C/ไร่ ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นอ้อย ในพื้นที่ 1 ไร่ จังหวัดนครสวรรค์ มีปริมาณการดูดซับ CO_2 คิดเป็นส่วนของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เป็น 17.51 2.79 2.05 0.67 และ 1.22 ตัน CO_2/ไร่ จังหวัดสุพรรณบุรี คิดเป็นส่วนของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เป็น 11.89 2.01 1.11 0.98 และ 0.57 ตัน CO_2/ไร่ สำหรับการการพัฒนาเทคนิคอย่างง่ายในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนส่วนเหนือดินของอ้อยโดยไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การประมาณชีวมวล และการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวล โดยการประมาณชีวมวล ในระดับแปลงทดลอง สามารถประมาณชีวมวลช่วงอายุ 4 6 10 เดือนหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยวได้ ด้วยสมการถดถอยเส้นตรงหลายตัวแปร มีความแม่นยำกว่า การใช้ปัจจัยเดียว ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวล มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ สำหรับระดับแปลงเกษตรกร การประมาณชีวมวลจากความสูงอย่างเดียว หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำ หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำร่วมกับจำนวนลำต่อกอ มีความแม่นยำสูงกว่าการใช้เส้นผ่านศูนย์กลางลำเพียงอย่างเดียว หรือจำนวนลำต่อกอเพียงอย่างเดียว เฉลี่ยทุกพันธุ์มีสมการ BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC ให้ค่า R2= 0.934 และ RMSE 1.499 ตัน/ไร่ และค่าสัมประสิทธิ์ 0.475 ให้ค่า R2 = 0.99 และ RMSE = 0.077 ตัน C/ไร่ ไม่มีความแตกต่างตามพันธุ์ เมื่อนำมารวมกันทั้ง 2 ขั้นตอน สามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยได้ทั้งระดับแปลงทดลองและไร่เกษตรกร

กรมวิชาการเกษตร

3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
1. องค์ความรู้	2	เรื่อง	1. องค์ความรู้ใหม่	2	เรื่อง	1 ข้อมูลคุณลักษณะทางสรีรวิทยาของพันธุ์อ้อยที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซเรือนกระจก -เอกสารองค์ความรู้ เรื่อง คุณลักษณะทางสรีรวิทยาของพันธุ์อ้อยที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซเรือนกระจก (หน้า 19) 2 เทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การผลิตอ้อย -เอกสารองค์ความรู้ เรื่อง เทคนิคการประเมินการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในอ้อย (หน้า19)	-ข้อมูลคุณลักษณะอ้อยที่มีศักยภาพในการดูดซับคาร์บอนโดยเกี่ยวข้องกับการสะสมชีวมวล และปัจจัยที่ส่งเสริมอัตราการสังเคราะห์แสงของอ้อย -เครื่องมือสำหรับประเมินการดูดซับคาร์บอนส่วนเหนือดินในอ้อยโดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง

3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์
การเลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตจากเดิมใช้ผลผลิตเป็นหลัก ข้อมูลเกี่ยวกับการดูดซับคาร์บอนจะทำให้มีข้อมูลและเครื่องมือประเมินการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกและดูดซับคาร์บอนในอ้อยทั้งระดับแปลงทดลองและแปลงเกษตรกร สำหรับพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตพืชที่เป็นมิตรกับสภาพภูมิอากาศได้มากขึ้น	

*ผลลัพธ์ : ผลสำเร็จที่เกิดจากการนำผลผลิต (Output)ไปต่อยอด การเปลี่ยนรูปของผลผลิตไปสู่รูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง หรือการเคลื่อนผลผลิตไปสู่กิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ที่ปรากฏชัด และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
ด้านเศรษฐกิจ :	
ด้านสังคม :	
ด้านสิ่งแวดล้อม : มีเทคนิคในการประเมินการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนของอ้อย ซึ่งเป็นข้อมูลหนึ่งในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคการเกษตรจะมีการเก็บและรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบตามหลักการของ IPCC	

* ผลกระทบ : ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามผลลัพธ์ (Results of the change) ซึ่งวัดได้อย่างชัดเจนและมีหลักฐานปรากฏชัด (Evidence-based) ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งที่วัดในเชิงปริมาณได้และไม่ได้ ผลกระทบอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ

กรมวิชาการเกษตร

3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์)

ด้านนโยบาย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะทำงานด้านการปรับตัวและการลดก๊าซเรือนกระจกภาคการเกษตร สามารถใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติภาคการเกษตร ที่ต้องมีการเก็บและรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบตามหลักการของ IPCC

- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) สนับสนุนทางวิชาการ MRV และมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร

-สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) สนับสนุนข้อมูลและแนวทางการปรับตัวและลดก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศ

ด้านสังคม เกษตรกรสามารถใช้พื้นที่ปลูกอ้อยในการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงได้ ด้วยแนวทางการเลือกพันธุ์ การปฏิบัติดูแลแปลงที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจก

ด้านเศรษฐกิจ นักวิชาการสามารถนำเทคนิคอย่างง่ายที่ไม่ทำลายตัวอย่างในการประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงปลูกอ้อย

ด้านวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป มีข้อมูลทางวิชาการสนับสนุนการให้คำแนะนำการปลูกอ้อยจากข้อมูลจริงในแปลง ช่วยให้การตัดสินใจที่มีความแม่นยำขึ้น สามารถนำไปวางแผนการจัดการพื้นที่โดยมีส่วนช่วยในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น

แผนการนำผลงานไปใช้ประโยชน์ในปี 2565-2569

กลุ่มเป้าหมาย:	กิจกรรม	ผู้รับผิดชอบ	งบประมาณที่คาดว่าจะใช้
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร -สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม -คณะทำงานด้านการปรับตัวและการลดก๊าซเรือนกระจกภาคการเกษตร	เผยแพร่องค์ความรู้ ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติภาคการเกษตร ตามหลักการของ IPCC	วลัยพร ศะศิประภา	-
	เผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้ผ่านทางอินเตอร์เน็ต	วลัยพร ศะศิประภา	-
	การเผยแพร่ผลงาน ผ่านการตีพิมพ์ผลงานผ่านวารสารทางวิชาการ การประชุมทางวิชาการระดับชาติ	วลัยพร ศะศิประภา สายน้ำ อุดพ้วย	-

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

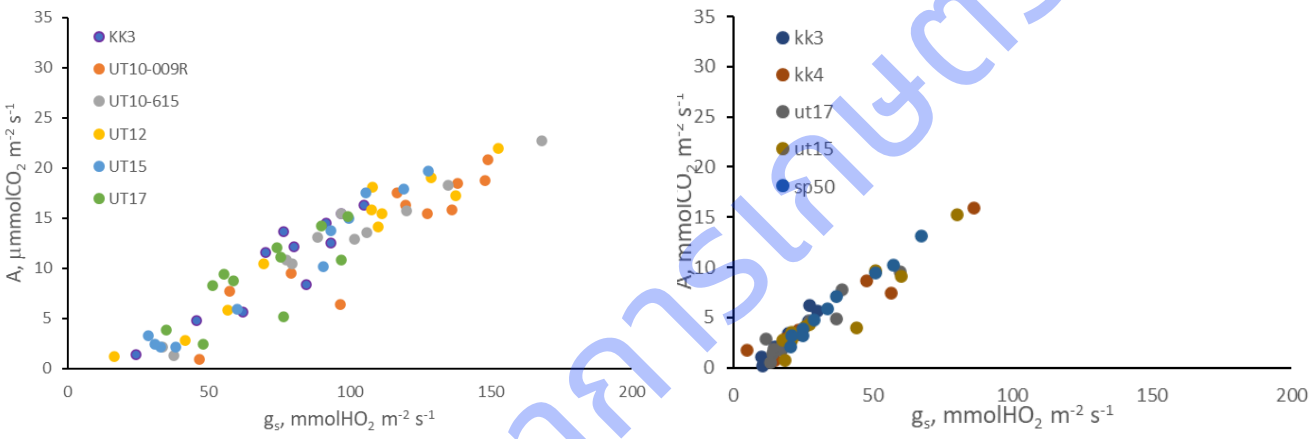
สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผล

กิจกรรมที่ 1 การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตอ้อย

การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ทั้ง 2 สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและการสะสมมวลชีวภาพ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน ที่สุพรรณบุรีมีอัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันสูงที่ 6 เดือนหลังปลูก 1.7-1.88 $molCO_2\ m^{-2}\ d^{-1}$ น้ำและความสมบูรณ์ของต้นพืชมีผลการปิดเปิดปากใบและอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ กระตุ้นให้ปากใบเปิดกว้างขึ้น ค่านำไหลปากใบจึงเพิ่มขึ้นตามแสงในสภาพที่ดินมีความชื้นพออย่างรวดเร็ว แต่หากพืชขาดน้ำ ปากใบจะเปิดน้อยมากและเป็นช่วงเวลาที่สั้นลง (ภาพที่ 1) ทำให้โอกาสที่อ้อยจะทำการสังเคราะห์แสงลดลง มีน้ำเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของอ้อย

ก) สภาพดินชื้น ข) สภาพขาดน้ำ



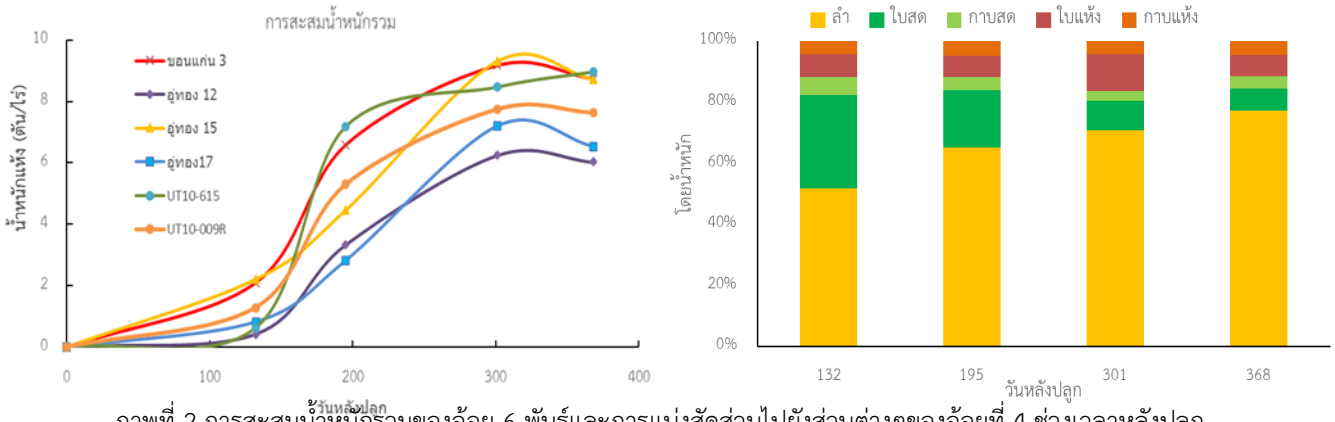
ภาพที่ 1 อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (A) และค่านำไหลปากใบ (g_s) ในรอบวันของอ้อยที่สภาพดินชื้นที่สุพรรณบุรี (ก) และที่สภาพขาดน้ำที่นครสวรรค์ (ข) ในเดือนธันวาคม 2563

ทุกพันธุ์ให้น้ำหนักแห้งสูงสุดในช่วงอายุประมาณ 10 เดือน ยกเว้นพันธุ์ UT10-615 ที่น้ำหนักแห้งสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยว โดยพันธุ์อู่ทอง 15 ให้น้ำหนักแห้งสูงสุด 9,320 กก./ไร่ รองลงมา คือ ขอนแก่น 3 UT10-615 UT10-009R และอู่ทอง 17 ส่วนอู่ทอง 12 น้ำหนักแห้งต่ำสุด พันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยว คือ พันธุ์ UT10-615 รวม 8,962 กก./ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 น้ำหนักแห้งรวมเท่ากัน 8,728 กก./ไร่ โดยที่พันธุ์อู่ทอง 12 มีน้ำหนักแห้งต่ำสุด 6,027 กก./ไร่ สัดส่วนของน้ำหนักลำสุงสุดทุกระยะ ตั้งแต่ 4 เดือนและสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือน มีสัดส่วน 70-80% ของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินทั้งหมด (ภาพที่ 2)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อน้ำหนักแห้งชีวมวลในแต่ละส่วนของอ้อย 6 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามพันธุ์และอายุอ้อยที่มากขึ้น แต่แตกต่างตามชนิดของแต่ละส่วน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่อ้อยปลูกเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือน สะสมได้แตกต่างกันตามพันธุ์ โดยพันธุ์ UT10-615 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด 4,359 กก./ไร่ รองลงมา ได้แก่ ขอนแก่น 3 อู่ทอง 15 UT10-009R และอู่ทอง 17 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 4,177 3,960 3,663 และ 3,194 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์อู่ทอง 12 น้อยที่สุด 2,834 กก./ไร่ (ตารางที่ 1)

กรมวิชาการเกษตร

ก) การสะสมน้ำหนักรวม ข) สัดส่วนการแบ่งชีวมวล



ภาพที่ 2 การสะสมน้ำหนักรวมของอ้อย 6 พันธุ์และการแบ่งสัดส่วนไปยังส่วนต่างๆของอ้อยที่ 4 ช่วงเวลาหลังปลูก

ตารางที่ 1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนเหนือดินของอ้อย 6 พันธุ์ ที่ระยะเวลาหลังปลูกและเมื่อเก็บเกี่ยว (กก./ไร่)

พันธุ์	วันหลังปลูก				เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยนำออกในรูป
	132	195	301	368	ผลผลิตลำอ้อย
ขอนแก่น 3	935	3,093	4,349	4,177	3,243
อู่ทอง 12	164	1,546	2,933	2,834	1,974
อู่ทอง 15	1,012	2,122	4,102	3,960	3,171
อู่ทอง17	329	1,324	3,386	3,194	2,527
UT10-615	248	3,359	3,924	4,359	3,500
UT10-009R	522	2,515	3,622	3,663	2,803

ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของอ้อยความผันแปรในแต่ละช่วงอายุหลังปลูก แม้พันธุ์จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ก็แสดงคุณลักษณะในการตอบสนองต่อแสงและการดูดซับคาร์บอนแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) เช่น พันธุ์อู่ทอง 12 P_{max} ลดลงมากเมื่ออ้อยอายุมากขึ้นเช่นเดียวกับจุดอิ่มตัวด้วยแสงที่ลดลง ต่างจากพันธุ์อื่นๆ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการให้ผลผลิต เมื่อนำไปวิเคราะห์การจัดกลุ่มค่าตัวแปรที่ได้จากการวัดเส้นตอบสนองต่อแสงทุกตัว สามารถ แบ่งได้ 3 กลุ่มคือ 1) UT10-615 และ UT10-009R 2) ขอนแก่น 3 อู่ทอง 15 และอู่ทอง 17 3) อู่ทอง 12 ซึ่งสอดคล้องกับการให้ผลผลิตและปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

การปลูกอ้อย 1 ไร่ ให้ผลผลิตลำอ้อยเฉลี่ย 18.1 ตัน สามารถดูดซับคาร์บอนในรูปของส่วนเหนือดินอ้อยเฉลี่ย 3,698 กก.C หรือช่วยลด CO_2 ในบรรยากาศได้ 13,559 กก. CO_2 หรือคิดเป็น 581 กก.CO_2 ต่อผลผลิตอ้อย 1 ตัน ดังนั้นพื้นที่ปลูกอ้อยปี 2563/64 รวม 10,862,610 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 7.21 ตันต่อไร่ (สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) สามารถช่วยดูดซับ CO_2 ในลำอ้อยทั้งหมดได้ 215.1 ล้านตัน แยกเป็นผลผลิตอ้อยส่งโรงงาน 116.9 ล้านตัน และเศษซากใส่กลับปกคลุมดิน 48.2 ล้านตัน ย่อยสลายปลดปล่อย CO_2 หมุนเวียนในบรรยากาศสำหรับการผลิตในฤดูต่อไป ส่วนหนึ่งกักเก็บในรูปของคาร์บอนในดินที่คงทนต่อการย่อยสลาย อ้อยปลูกสามารถไว้ตอได้หลายครั้งขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของตอ ซึ่งจะเป็นแหล่งการกักเก็บส่วนที่สำคัญ สำหรับการศึกษานี้ไม่ได้ครอบคลุมถึง

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการใช้แสง (α) ค่าควบคุมความโค้งของเส้นกราฟ (θ) อัตราสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด (P_{max}) อัตราการหายใจในที่มืด (R_d) จุดชดเชยแสง (L_c) และจุดอิ่มตัวด้วยแสง (L_s) ของอ้อย 6 พันธุ์ ที่สุพรรณบุรี

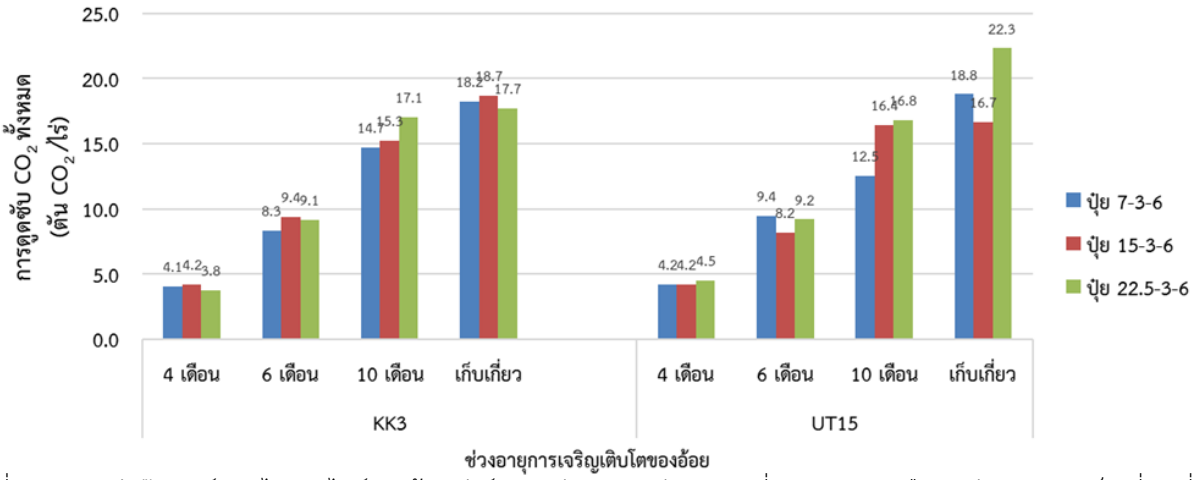
พันธุ์อ้อย	วันหลังปลูก	α	θ	Pmax	Rd	Lc	Ls
KK3	132	0.065	0.920	39.8	1.87	29.1	695
	195	0.060	0.872	36.0	2.18	39.5	780
	301	0.050	0.730	27.5	3.91	81.3	913
UT12	132	0.055	0.925	44.0	1.12	20.4	873
	195	0.059	0.652	21.8	2.88	59.0	590
	301	0.055	0.963	19.3	4.84	89.5	392
UT15	132	0.070	0.832	46.4	2.24	32.5	883
	195	0.062	0.817	35.6	2.85	48.2	827
	301	0.058	0.834	31.9	4.25	74.7	792
UT17	132	0.059	0.821	35.9	1.48	25.1	814
	195	0.068	0.723	37.0	2.35	34.4	869
	301	0.051	0.583	20.9	3.59	76.2	870
UT10-615	132	0.056	0.885	37.2	1.46	26.5	808
	195	0.061	0.777	40.3	1.86	32.5	888
	301	0.060	0.807	24.7	5.19	92.1	703
UT10-009R	132	0.069	0.720	45.5	1.30	19.8	944
	195	0.060	0.751	38.8	1.47	27.0	930
	301	0.056	0.946	25.7	4.64	84.5	535

กิจกรรมที่ 2 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงผลิตอ้อย

2.1 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของอ้อยในระดับแปลง

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตราต่าง ๆ ทำให้ลักษณะของขนาดลำแตกต่างกัน แต่ลักษณะของพันธุ์อ้อยมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบอ้อยจะเริ่มตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เวลา 7.00 น. โดยสัมพันธ์กับความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นและจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08.00 – 14.00 น. พันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงสูงสุด คือ พันธุ์ขอนแก่น 3 อ้อย 1 ฤดูปลูก มีสัดส่วนมวลชีวภาพสะสมไว้ในส่วนของลำ เฉลี่ย 76 % รองลงมา คือ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในต้นของอ้อยปลูกมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่มีการใช้พันธุ์อู่ทอง 15 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 22.5-3-6 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (การให้ปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N) สามารถในการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดสูงที่สุด เฉลี่ย 6.09 ตัน C/ไร่ หรือ คิดเป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ย 22.3 ตัน CO_2/ไร่ ทั้งนี้ปริมาณกักเก็บคาร์บอนสัมพันธ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลชีวภาพ ดังนั้นการปลูกอ้อย 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอนได้เฉลี่ย 5.12 กก.C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ย 18.78 ตัน CO_2/ไร่ ในส่วนของการกักเก็บคาร์บอนในดินนั้น ดินทั้งสองระดับความลึก สามารถกักเก็บคาร์บอน เฉลี่ย 3.7 – 5.8 ตัน C/ไร่ หรือคิดเป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ย 13.6 – 21.3 ตัน CO_2/ไร่ (ภาพที่ 3 และตารางที่ 3) การจัดการปุ๋ย และการเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมจะช่วยยกระดับผลผลิตอ้อยและการกักเก็บคาร์บอนให้สูงขึ้นได้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่างพื้นที่ เพื่อศึกษาพันธุ์และการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม สำหรับเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่อื่น ๆ ในการเลือกพันธุ์พืช และการจัดการที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 3 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 ที่อายุ 4 6 10 เดือนหลังปลูก และเก็บเกี่ยว ที่มีการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในอ้อยปลูก ในพื้นที่ 1 ไร่

ส่วนที่สะสมในอ้อยปลูก	ขอนแก่น 3		อู่ทอง 15	
	การกักเก็บคาร์บอน (ตัน C/ไร่)	การดูดซับ CO_2 (ตัน CO_2/ไร่)	การกักเก็บคาร์บอน (ตัน C/ไร่)	การดูดซับ CO_2 (ตัน CO_2/ไร่)
ลำ	3.77	13.82	4.00	14.67
ใบสด	0.44	1.61	0.36	1.32
ใบแห้ง	0.37	1.36	0.41	1.50
กาบใบสด	0.24	0.88	0.21	0.77
กาบใบแห้ง	0.16	0.59	0.28	1.03
ทั้งหมด	4.98	18.26	5.26	19.29

Note: 1/ การกักเก็บคาร์บอน = น้ำหนักแห้ง x ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน/100
2/ การกักเก็บ CO_2 = การกักเก็บคาร์บอน x 44/12 (*1 ตันของคาร์บอน = 44/12 หรือ 3.67 ตันของก๊าซ CO_2)*

2.2 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของอ้อยในระดับพื้นที่

การสำรวจพื้นที่การผลิตอ้อย เขตจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกอ้อย เลือกใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้งต่อฤดูปลูกอ้อย โดยใช้พันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นหลัก พื้นที่สุพรรณบุรีมีการให้น้ำเสริมในการปลูกอ้อย ในขณะที่จังหวัดนครสวรรค์ปลูกอ้อยอาศัยน้ำฝน เมื่อมีการใส่ปุ๋ย 2-3 ต่อการปลูกอ้อย 1 ฤดูปลูก ช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในต้นมากที่สุด โดยอ้อย 1 ฤดูปลูก มีการสะสมน้ำหนักแห้ง อยู่ในช่วง 3.30 – 13.28 และ 2.51-7.80 ตัน/ไร่ ส่วนของลำมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด อ้อยสามารถกักเก็บคาร์บอน อยู่ในช่วง 1.51-6.18 ตัน C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่าง 5.53-22.66 ตัน CO_2/ไร่ ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี อยู่ในช่วง 1.22-3.84 และ 4.48-14.09 ตัน CO_2/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยแปรผันโดยตรงกับปริมาณมวลชีวภาพ (ภาพที่ 4) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินผันแปรโดยตรงกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ทั้งนี้ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นอ้อย ในพื้นที่ 1 ไร่ จังหวัดนครสวรรค์ มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 24.24 ตัน CO_2/ไร่ ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 16.56 ตัน CO_2/ไร่ การกักเก็บคาร์บอนในดิน ดินทั้งสองระดับความลึก ดินบน อยู่ในช่วง 1.23-1.65 ตัน C/ไร่ และดินล่าง อยู่ในช่วง 0.92-14.53 ตัน C/ไร่ ในจังหวัดนครสวรรค์ และ ดินบน อยู่ในช่วง 2.88-9.12 ตัน C/ไร่ และดินล่าง อยู่ในช่วง 3.60-16.56 ตัน C/ไร่ สำหรับจังหวัดสุพรรณบุรี

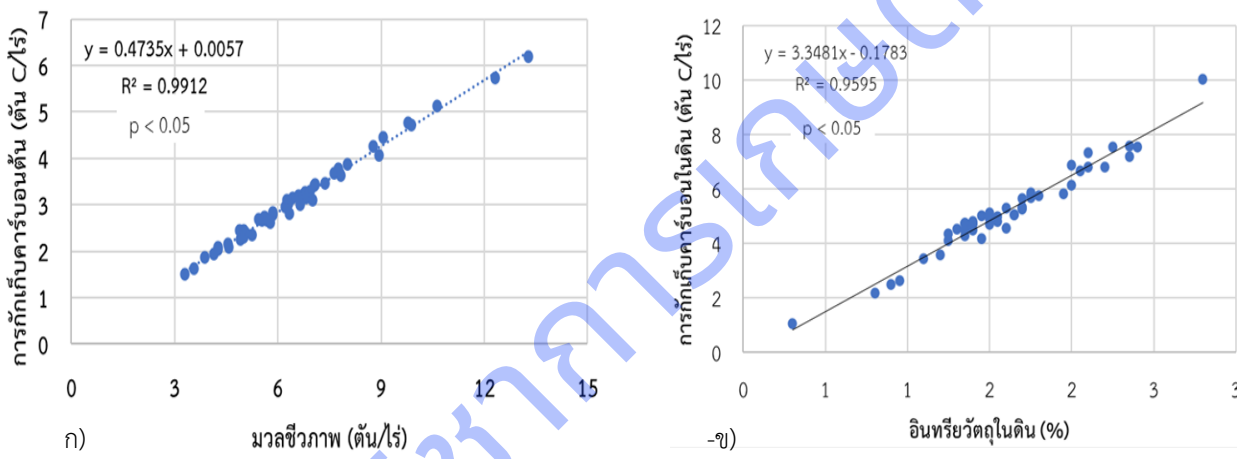
ศูนย์วิทยาการเกษตร

ตารางที่ 4 ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอ้อยระดับแปลงเกษตรกร ในพื้นที่ 1 ไร่

ส่วนที่สะสมในอ้อย	นครสวรรค์		สุพรรณบุรี	
	การกักเก็บคาร์บอน (ตัน C/ไร่)	การดูดซับ CO_2 (ตัน CO_2/ไร่)	การกักเก็บคาร์บอน (ตัน C/ไร่)	การดูดซับ CO_2 (ตัน CO_2/ไร่)
ใบสด	0.76	2.79	0.55	2.01
ใบแห้ง	0.56	2.05	0.30	1.11
กาบใบสด	0.18	0.67	0.27	0.98
กาบใบแห้ง	0.33	1.22	0.16	0.57
ลำ	4.77	17.51	3.24	11.89
ทั้งหมด	6.61	24.24	4.52	16.56

Note: 1/ การกักเก็บคาร์บอน = น้ำหนักแห้ง x ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน/100

2/ การกักเก็บ CO_2 = การกักเก็บคาร์บอน x 44/12 (1 ตันของคาร์บอน = 44/12 หรือ 3.67 ตันของก๊าซ CO_2)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพ (ก) และอินทรีย์วัตถุในดิน (ข) กับการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยของอ้อย

2.3. เทคนิคประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงอ้อยโดยไม่ทำลายตัวอย่าง

เทคนิคอย่างง่าย ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนส่วนเหนือดินในแปลงอ้อยโดยไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนอย่างง่ายเช่นเดียวกับมันสำปะหลัง คือ การประมาณชีวมวล และการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวล โดยการประมาณชีวมวลในระดับแปลงทดลองสามารถประมาณชีวมวลช่วงอายุ 4 6 10 เดือนหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยวได้ด้วยสมการถดถอยเส้นตรงหลายตัวแปรมีความแม่นยำกว่า การใช้ปัจจัยเดียว (ตารางที่ 5) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวล มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 แต่มีค่าเฉลี่ย 0.426 ให้ค่า R^2= 0.89 และ RMSE = 1.565 ตัน C/ไร่ ส่วนระดับแปลงเกษตรกรการประมาณชีวมวลจากความสูงอย่างเดียว หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำ หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำร่วมกับจำนวนลำต่อกอ มีความแม่นยำสูงกว่าการใช้เส้นผ่านศูนย์กลางลำเพียงอย่างเดียว หรือจำนวนลำต่อกอเพียงอย่างเดียว เฉลี่ยทุกพันธุ์มีสมการ BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC ให้ค่า R^2= 0.934 และ RMSE 1.499 ตัน/ไร่ (ตารางที่ 6) และค่าสัมประสิทธิ์ 0.475 ให้ค่า R^2 = 0.99 และ RMSE = 0.077 ตัน C/ไร่ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตามพันธุ์

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 สมการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อย ระดับแปลงทดลอง

พันธุ์	อายุ (เดือน)	สมการ	R^2	RMSE
ขอนแก่น 3	4	Model 1 BM = 0.023H	0.944	0.5611
		2 BM = 0.121D	0.944	0.5677
		3 BM = 0.239MC	0.957	0.5006
		4 BM = 0.011H + 0.062D	0.948	0.5432
		5 BM = 0.016H - 0.042D + 0.160MC	0.975	0.3792
	6	Model 1 BM = 0.028H	0.993	0.4509
		2 BM = 0.183D	0.958	1.1489
		3 BM = 0.660MC	0.978	0.8216
		4 BM = 0.026H + 0.009D	0.994	0.4477
		5 BM = 0.023H - 0.021D + 0.180MC	0.994	0.4943
	10	Model 1 BM = 0.032H	0.959	1.8262
		2 BM = 0.293D	0.915	2.6306
		3 BM = 1.233MC	0.951	2.0028
		4 BM = 0.031H + 0.009D	0.959	1.8247
		5 BM = 0.023H - 0.017D + 0.429MC	0.961	1.9612
	ระยะเก็บเกี่ยว	Model 1 BM = 0.037H	0.975	1.6632
		2 BM = 0.347D	0.906	3.2611
		3 BM = 1.409MC	0.967	1.9255
		4 BM = 0.040H - 0.035D	0.976	1.6459
		5 BM = 0.043H - 0.032D – 0.129MC	0.976	1.8186
อู่ทอง 15	4	Model 1 BM = 0.020H	0.955	0.5385
		2 BM = 0.106D	0.886	0.8497
		3 BM = 0.246MC	0.916	0.7317
		4 BM = 0.039H - 0.104D	0.976	0.3892
		5 BM = 0.037H - 0.100D + 0.016MC	0.977	0.3871
	6	Model 1 BM = 0.024H	0.974	0.9110
		2 BM = 0.197D	0.947	1.2944
		3 BM = 0.612MC	0.975	0.8998
		4 BM = 0.026H - 0.019D	0.974	0.9076
		5 BM = 0.014H - 0.017D + 0.315MC	0.980	0.7956
	10	Model 1 BM = 0.032H	0.973	1.5932
		2 BM = 0.323D	0.957	2.0061
		3 BM = 1.177MC	0.996	0.5874
		4 BM = 0.032H - 0.007D	0.973	1.5930
		5 BM = - 0.003H + 0.024D + 1.214MC	0.996	0.6631
	ระยะเก็บเกี่ยว	Model 1 BM = 0.036H	0.962	2.2154
		2 BM = 0.415D	0.956	2.3867
		3 BM = 1.336MC	0.940	2.7898
		4 BM = 0.030H + 0.064D	0.962	2.2091
		5 BM = 0.041H + 0.031D – 0.298MC	0.963	2.4221
สองพันธุ์	4	Model 1 BM = 0.021H	0.945	0.5623

กรมวิชาการเกษตร

พันธุ์	อายุ (เดือน)	สมการ	R^2	RMSE
		2 BM = 0.112D	0.909	0.7228
		3 BM = 0.242MC	0.934	0.6222
		4 BM = 0.028H – 0.039D	0.948	0.5476
		5 BM = 0.021H - 0.052D + 0.116MC	0.967	0.4395
	6	Model 1 BM = 0.025H	0.978	0.8105
		2 BM = 0.190D	0.951	1.2029
		3 BM = 0.639MC	0.976	0.8515
		4 BM = 0.021H + 0.036D	0.979	0.7837
		5 BM = 0.014H + 0.05D + 0.276MC	0.982	0.7235
	10	Model 1 BM = 0.031H	0.947	2.0897
		2 BM = 0.309D	0.928	2.4421
		3 BM = 1.186MC	0.975	1.4451
		4 BM = 0.025H + 0.065D	0.949	2.0601
		5 BM = 0.005H – 0.015D + 1.071MC	0.975	1.4293
	ระยะเก็บเกี่ยว	Model 1 BM = 0.036H	0.968	1.9215
		2 BM = 0.378D	0.925	2.9454
		3 BM = 1.369MC	0.952	2.3606
		4 BM = 0.037H – 0.012D	0.968	1.9207
		5 BM = 0.045H – 0.011D – 0.308MC	0.969	1.9042
โดยที่	BM = ชีวมวลของต้นอ้อย (ตัน/ไร่), H = ความสูงลำอ้อย (เซนติเมตร), D = เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย (มิลลิเมตร), MC = จำนวนลำต่อกอ			

ตารางที่ 6 สมการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อย ระดับแปลงเกษตรกร

พันธุ์[1/]	สมการ	R^2	RMSE
ทุกพันธุ์	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
ขอนแก่น 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
โดยที่	BM = ชีวมวลของต้นอ้อย (ตัน/ไร่), H = ความสูงลำอ้อย (เซนติเมตร), D = เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย (มิลลิเมตร), MC = จำนวนลำต่อกอ		

หมายเหตุ [1/] พันธุ์ขอนแก่น 3 ขอนแก่น 2 อู่ทอง15 อู่ทอง 14 LK92-11 และ KPK98-51

กรมวิชาการเกษตร

อภิปรายผล

กิจกรรมที่ 1 การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตอ้อย

การจัดกลุ่มพันธุ์อ้อยด้วยค่าตัวแปรที่ได้จากการวัดเส้นตอบสนองต่อแสงทุกตัว เพื่อจัดกลุ่มศักยภาพในการดูดซับคาร์บอนของอ้อย สอดคล้องกับผลผลิต เช่น อ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 ที่ปลูกในเขตชลประทานเฉลี่ย 16.4 ตัน/ไร่ จำนวน 4.57 ลำ/กอ ผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.01 ตัน ซีซีเอส/ไร่ (อุดมศักดิ์และคณะ, 2560) ขอนแก่น 3 ผลผลิตเฉลี่ย 18.1 ตัน/ไร่ (วีรพลและคณะ, 2554) อู่ทอง 15 ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย 16.9 ตัน/ไร่ ผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.47 ตันซีซี (กรมวิชาการเกษตร, 2558) อู่ทอง 17 ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย 16.6 ตัน/ไร่ และผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.20 ตัน/ไร่ (อุดมศักดิ์และคณะ, 2561) ส่วน UT10-615 และ UT10-009R เป็นสายพันธุ์ก้าวหน้า ผลผลิตอ้อยปลูกสูงกว่าอ้อยตอ แต่มีความทนทานต่อสภาวะขาดน้ำและการปรับตัวของพันธุ์แตกต่างกัน เช่น ขอนแก่น 3 มีค่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นอย่างนัยสำคัญ สามารถฟื้นฟูการสังเคราะห์แสงได้ดีกว่าพันธุ์ LK92-11, K99-72, K84-200 และ K88-92 เมื่อให้น้ำภายหลังการขาดน้ำ 21 วัน (แตงไทยและคณะ, 2561) และค่าบางตัวแปรไม่ค่อยผันแปรตามสภาพแวดล้อม (ดวงรัตน์และคณะ, 2542; ครรชิต, 2555)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณชีวมวล การปลูกอ้อยให้ได้อินทรีย์คาร์บอนจำนวนมากจึงใช้หลักการเดียวกับการเพิ่มผลผลิต ซึ่งมีลักษณะทางการเกษตรที่เกี่ยวข้อง คือ มีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างกัน ได้แก่ จำนวนลำกับความสูง ความสูงกับปริมาณเส้นใย และเส้นผ่านศูนย์กลางลำกับน้ำหนักลำ ที่มีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างกัน ได้แก่ จำนวนลำกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำกับปริมาณเส้นใย (พิชัยและคณะ, 2559) มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และระยะเวลาหลังปลูกต่อความสูงต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นอ้อย (พฤทธ์วรรณและคณะ, 2559) %อินทรีย์คาร์บอนทั้ง 6 พันธุ์ที่ศึกษาไม่แตกต่างตามพันธุ์และระยะการเจริญเติบโต แต่แตกต่างตามส่วนต่างๆของอ้อย สัดส่วนของส่วนต่างๆ ของแต่ละพันธุ์จึงมีความสำคัญ สอดคล้องกับรายงานอื่นๆ ระยะที่อ้อยสะสมน้ำตาล การเจริญเติบโตทางลำต้นลดลง อายุของใบ ความผันแปรในแต่ละวันและตามฤดูกาลมีผลต่อ Pmax (ดวงรัตน์และคณะ, 2542; :นฤนาท, 2546; สาพิศและดุริยะ, 2551)

อย่างไรก็ตาม พันธุ์อ้อยที่ได้รับการแนะนำและเกษตรกรนิยมปลูก ได้รับการคัดเลือกว่าผลผลิตสูงเหมาะสมกับพื้นที่นั้น ๆ พันธุ์อ้อยมีอายุสั้น และได้รับการพัฒนาให้มีผลผลิตสูงขึ้นรองรับกับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและการทำลายของโรคแมลง ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจึงสูงที่สุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีระ หรือระยะเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับประสิทธิ์และสุนทรี (2554) ที่มวลชีวภาพแห้งของอ้อยสัมพันธุ์กับอายุ ส่วนอรอนงค์และคณะ (2559) รายงานว่า อินทรีย์คาร์บอนในข้าวโพดในระยะสุกแก่ทางสรีระมีมากที่สุดทั้งส่วนเหนือดิน และรากเฉลี่ย 44.1 และ 41.9 % ตามลำดับ ดังนั้น การปลูกอ้อยในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมช่วยให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่า การเลือกช่วงปลูกที่เหมาะสมช่วยให้ระยะที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดอยู่ในช่วงของระยะย่างปล้อง การให้น้ำเสริมช่วยให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสูงขึ้น

คาร์บอนที่สะสมในอ้อยทั้งหมดมี 3 แหล่ง 1) ในมวลชีวภาพเหนือดิน 2) ในมวลชีวภาพใต้ดิน 3) ในดิน หากนำมาข้อมูลผลการศึกษาข้างต้นมาใช้ในการประเมินการดูดซับก๊าซ CO_2 ของอ้อย พบว่า การปลูกอ้อย 1 ไร่ ให้ผลผลิตลำอ้อยเฉลี่ย 18.1 ตัน สามารถดูดซับคาร์บอนในรูปของส่วนเหนือดินอ้อยเฉลี่ย 3,698 กก.C หรือช่วยลด CO_2 ในบรรยากาศได้ 13,559 กก. CO_2 หรือคิดเป็น 581 กก.CO_2 ต่อผลผลิตอ้อย 1 ตัน ดังนั้น การปลูกอ้อยของไทยปีการผลิตอ้อย 2563/64 ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้งสิ้น 10,862,610 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 7.21 ตันต่อไร่ (สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) สามารถช่วยดูดซับ CO_2 ในบรรยากาศมาอยู่ในรูปของลำอ้อยทั้งหมดได้ 215.1 ล้านตัน โดยแยกเป็นผลผลิตอ้อยส่งโรงงาน 116.9 ล้านตัน และเศษซากใส่กลับปกคลุมดิน 48.2 ล้านตันแล้วย่อยสลายปลดปล่อย CO_2 หมุนเวียนในบรรยากาศสำหรับการผลิตในฤดูต่อไป ส่วนหนึ่งกักเก็บในรูปของคาร์บอนในดินที่คงทนต่อการย่อยสลาย อ้อยปลูกสามารถไว้ตอได้หลายครั้งขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของตอ ซึ่งจะเป็นแหล่งการกักเก็บส่วนที่สำคัญสำหรับการศึกษานี้ไม่ได้ครอบคลุมถึง แต่มีรายงานการศึกษาของ ปรีชาและคณะ (มปป.) กล่าวถึงสัดส่วนมวลของลำอ้อยพันธุ์อู่ทอง 2 ในแปลงที่ผลผลิตอ้อย 18.2 ตัน/ไร่ เฉลี่ย 61.7% เป็นราก 5.2% ของมวลชีวภาพทั้งหมด ที่เหลือเป็นใบและกาบใบทั้งสดและแห้ง ส่วนประสิทธิและสุนทรี (2554) รายงานมวลแห้งของผลผลิตอ้อยมีเพียง 31.1 % ลำต้นใต้ดิน 3.7 และราก 2.5 %-ของมวลแห้งทั้งหมด ในแปลงที่ผลผลิตอ้อย 17.1 ตัน/ไร่ จึงมีส่วนของรากและลำต้นที่คงค้างอยู่ในแปลงคิดเป็น 33.4 ล้านตัน

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 2 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงผลิตอ้อย

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ปริมาณมวลชีวภาพรวมไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง เหมาะกับการเจริญเติบโตของอ้อย อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำฝนเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของอ้อย ที่อายุ 6 เดือนฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของอ้อย เช่น การสร้างใบ จำนวนลำ และการยืดปล้องของอ้อย การขาดน้ำในช่วงต้นการเจริญเติบโตส่งผลให้ขนาดลำต้นและชีวมวลของอ้อยลดลง โดยเฉพาะในช่วงแตกกอและช่วงเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับนีรนุช และคณะ (2561) ที่รายงานว่า ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพอากาศ การเขตกรรม และชนิดของพืชที่ปลูกมีบทบาทต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน เสริมพงศ์ และจงรัก (2543) รายงานว่า พืชที่มีมวลชีวภาพในปริมาณมาก ย่อมมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนได้ดีกว่าพืชที่มีมวลชีวภาพน้อย และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินผันแปรโดยตรงกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังนั้นความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อยขึ้นอยู่กับชนิดพืช สภาพพื้นที่และการจัดการ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำมาบริหารจัดการ เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในต้นพืชและในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการปุ๋ย และการเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมจะช่วยยกระดับผลผลิตอ้อยและการกักเก็บคาร์บอนให้สูงขึ้นได้ ดังนั้น พื้นที่ปลูกอ้อยสามารถเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ ทั้งนี้ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยขึ้นอยู่กับการสร้างชีวมวล

จากสมการประเมินชีวมวลของมันสำปะหลังทั้งต้นและหัว และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บคาร์บอนของชีวมวล เมื่อนำมารวมกันทั้ง 2 ขั้นตอน สามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนในมันสำปะหลังได้ทั้งระดับแปลงทดลองและไร่เกษตรกร อย่างไรก็ตาม การศึกษามีข้อจำกัดจากสถานการณ์โควิดทำให้การสำรวจในพื้นที่ทำได้จำกัด แต่ผลการศึกษามีแนวโน้วที่น่าสนใจ ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยจากจำนวนตัวอย่างที่มากขึ้น จำนวนประชากร ตัวแปร และค่าดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมในการหาปริมาณชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนที่มีผลต่อการประเมิน เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและมีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

- การจัดการปุ๋ย และการเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมจะช่วยยกระดับผลผลิตอ้อยและการกักเก็บคาร์บอนให้สูงขึ้นได้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่างพื้นที่ เพื่อศึกษาพันธุ์และการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม สำหรับเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่อื่น ๆ ในการเลือกพันธุ์พืช และการจัดการที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่

- สภาพแวดล้อมมีผลต่อการอัตราการสังเคราะห์แสงและการให้ผลผลิตอ้อยซึ่งแตกต่างตามช่วงเวลาที่ศึกษา ข้อมูลแสดงความผันแปร

- จากสมการประเมินชีวมวลของมันสำปะหลังทั้งต้นและหัว และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บคาร์บอนของชีวมวล เมื่อนำมารวมกันทั้ง 2 ขั้นตอน สามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนในมันสำปะหลังได้ทั้งระดับแปลงทดลองและไร่เกษตรกร แต่การศึกษามีข้อจำกัดจากสถานการณ์โควิดทำให้การสำรวจในพื้นที่ทำได้จำกัด ผลการศึกษามีแนวโน้วที่ดี ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยจากจำนวนตัวอย่างที่มากขึ้น จำนวนประชากร ตัวแปร เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและมีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

- การปรับลดงบประมาณปี 2563 และเปลี่ยนวิธีการงบประมาณ ปี 2564 ส่งผลต่อการวิจัยมีผลต่อจำนวนแปลงที่ทำการทดลองจำนวนครั้งของการเก็บตัวอย่าง การเดินทางไปปฏิบัติงานไม่ได้ ข้อมูลขาดหายเป็นช่วงๆ

- ประเทศไทยเผชิญสถานการณ์การระบาดเชื้อไวรัสโควิด-19 (COVID-19) ทำให้การปฏิบัติงานทดลอง การประสานงานจัดหาท่อนพันธุ์และเตรียมแปลงทดลองทำไม่ได้ตามแผนที่วางไว้ โดยเฉพาะการเดินทางไปปฏิบัติงานในต่างจังหวัดไม่สามารถทำได้ จึงจำเป็นต้องปรับแผน การปลูกล่าออกไป การใส่ปุ๋ยเคมี การเก็บตัวอย่าง ต้องเลื่อนออกไปจากระยะเวลาที่กำหนดไว้ โดยรีบดำเนินการภายหลังการเปิดให้เดินทางข้ามเขตพื้นที่ได้ตาม พ.ร.ก.การบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน ปี 2564 สถานการณ์โควิด-19 อีกรอบต้อง Work From home ไม่สามารถเดินทางมาปฏิบัติงานวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชได้ และไม่สามารถออกพื้นที่เก็บตัวอย่างงานสำรวจได้ และไม่สามารถเก็บข้อมูลตามกำหนดได้

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

ครรชิต สอสิริกุล. 2555. ผลของโอโซนต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของยางพารา *Hevea brasililiensis* Muell.Arg. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.112 หน้า.

ดวงรัตน ศตคุณ พูนพิภพ เกษมทรัพย และ Yves Crozat. 2542. อิทธิพลของแสง และอายุใบตอการสังเคราะหแสงสุทธิของใบฝ้าย. หน้า 27- 33. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตรครั้งที่ 37 สาขาพืช

แตงไทย ภิญโญ วัฒนชัย ล้นทม และ ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล 2561. ผลของการขาดน้ำต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซของใบอ้อย. แก่นเกษตร. 46(พิเศษ 2): 99-104.

นฤนาท ชัยรังษี. 2546. การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของเรือนพุ่มอ้อย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย.

นีรนุช ผิวแดง และวรรณวิภา แก้วประดิษฐ์. 2561. อินทรีย์คาร์บอนและสมบัติทางเคมีของดินบางประการภายหลังการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากนาข้าวมาปลูกอ้อย. แก่นเกษตร 46 (พิเศษ 1): 30-36.

ประสิทธิ์ ขุนสนิท และสุนทรี ยิ่งชัชวาลย์. 2554. มวลชีวภาพของอ้อยพันธุ์ K95-84. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร: 42(3) : 485-493.

ปรีชา พราหมณีย์ ผาสุก ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง อรรถชัย จินตะเวช กาญจนา พิบูลย์ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา สุวิทย์ เลาหศิริวงศ์ บุญมี ศิริ และอิสรี เก่งนอก. มปป. ความก้าวหน้างานทดลอง พลวัฒไนโตรเจนในอ้อยปลูกและในดิน. หน้า 75-84. *ใน* รายงานความก้าวหน้างวดที่ 3 ระยะที่ 2. แหล่งข้อมูล: http://www.mcc.cmu.ac.th/mcceprint/Fulltxtfile/F607.pdf. สืบค้นเมื่อ: 10 มกราคม 2565.

พฤทธ์วรรณ เรืองเดช นรุณ วรามิตร ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์ และจิราพร เชื้อกูล. 2559. การสะสมผลผลิตชีวมวลและผลผลิตเอทานอลตามทฤษฎีอ้อยพลังงานต่อการตอบสนองของระยะเก็บเกี่ยว. หน้า. 47-55. *ใน*. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 13: ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน.

พิชัย สารพงษ์ พัชรินทร์ ตัญญะ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2559. การศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำตาลและองค์ประกอบผลผลิตในพันธุ์อ้อยน้ำตาลและอ้อยพลังงานภายใต้สภาพน้าฝน. หน้า 40-46. ใน เรื่องเต็มการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 13: ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน.

ระวี เจียรวิภา, สุรชาติ เพชรแก้ว, มนตรี แก้วดวง และวิทยา พรหมมี. 2555. การประเมินการเก็บกักคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในสวนยางพารา. ว.วิทยาศาสตร์บูรพา. 17(2): 91-102.

วีระพล พลรักดี ทักษิณา ศันสยะวิชัย เพียงเพ็ญ ศรวัต เทวา เมาลานนท์ ปรีชา กาเพ็ชร อุดม เลียบวัน. 2554.ขอนแก่น 3 พันธุ์อ้อยสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ว.วิชาการเกษตร. 29 (3): 283-301.

ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี. 2558. อ้อยพันธุ์อู่ทอง 15. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร. แหล่งข้อมูล : https://www.doa.go.th/fc/suphanburi/?page_id=362. สืบค้นเมื่อ: 10 มกราคม 2565.

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ และดุริยะ สถาพร. 2552. สมดุลคาร์บอนในระดับเรือนยอดของป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าผสมผลัดใบลุ่มน้ำแม่กลอง. ว.วนศาสตร์. 28 (1): 67-81.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2563. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 214 หน้า.

สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต 2563/64. 78 หน้า.

เสริมพงศ์ นวลงาม และ จงรัก วัชรินทร์รัตน์. 2543. บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการกักเก็บคาร์บอนที่สถานีวิจัยและการฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา. ว.วนศาสตร์. 19-21: 96-103

กรมวิชาการเกษตร

อรอนงค์ กงงอน ปวีณา ไกรวิจิตร และเสวียน เปรมประสิทธิ์. 2559. การกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของข้าวโพด ในวงบ่อ อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน. หน้า 84-98. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 12 วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ. ระหว่าง 21-22 กรกฎาคม 2559.

อุดมศักดิ์ ดวนมีสุข อดิศักดิ์ คำนวณศิลป์ วัลลิภา สุชาโต อรรถสิทธิ์ บุญธรรม วาสนา วันดี สุนี ศรีสิงห์ และอุดม เลียบวัน. 2560. อ้อยลูกผสมพันธุ์ใหม่ : อู่ทอง 12. ว.วิชาการเกษตร. 35(1): 49-59.

อุดมศักดิ์ ดวนมีสุข อุดม เลียบวัน วัลลิภา สุชาโต อรรถสิทธิ์ บญุธรรม วาสนา วันดี สมบูรณ์ วันดี อัจฉราภรณ์ วงศ์สุขศรี สุมาลี โพธิ์ทอง สุวัฒน์ พูลพาน ปิยธิดา อินทร์สุข ชัยวัฒน์ กะการดี และรัฐพล ชูยอด. 2561. อ้อยพันธุ์อู่ทอง 17. แก่นเกษตร. 46 (พิเศษ 2): 13-18.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate change 2007 – the physical science basis. United Kingdom. Cambridge University Press.

Johnson, I. R., A. J. Parsons and M. M. Ludlow. 1989. Modeling photosynthesis in monocultures and mixtures. Aust. J. Plant Physiol. 16:501-516.

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.

Redondo-Brenes, A and F. Montagnini. 2006. Growth, productivity, aboveground biomass and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. Forest Ecology and Management. 232(1-3):168-178.

Zhang, H. & Zhang, G.L. 2003. Microbial biomass carbon and total organic carbon of soils as affected by rubber cultivation. Pedosphere. 13:353-357.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

-เอกสารองค์ความรู้ เรื่อง คุณลักษณะทางสรีรวิทยาของพันธุ์อ้อยที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซเรือนกระจก หรือที่ลิงค์ https://fc.doa.go.th/ks/185องค์ความรู้การดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในอ้อย.pdf

-เอกสารองค์ความรู้ เรื่อง เทคนิคการประเมินการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในอ้อย หรือที่ลิงค์ https://fc.doa.go.th/ks/185องค์ความรู้เทคนิคการประเมินการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในอ้อย.pdf

กรมวิชาการเกษตร