รายงานแผนงานวิจัยย่อย

ศึกษาการลดและการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย

Study on Greenhouse Gas Mitigation of Economic Crops Production Systems in Thailand

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย

วลัยพร ศะศิประภา

Walaiporn Sasiprapa

2564

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

ศึกษาการลดและการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย

Study on Greenhouse Gas Mitigation of Economic Crops Production Systems in Thailand

กรมวิชาการเกษตร

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย

วลัยพร ศะศิประภา

Walaiporn Sasiprapa

2564

คำปรารภ

แผนงานย่อยศึกษาการลดและการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตพืชสู่เกษตรที่เป็นมิตรกับสภาพภูมิอากาศ และเป้าประสงค์ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 – 25 ใน ปี พ.ศ. 2573 เทียบกับกรณีปกติ สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ด้านสร้างการเติบโตอย่างยั่งยืนบนสังคมที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศโดยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปรับตัวให้พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย 3 โครงการวิจัย คือ ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตอ้อย และผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พื้นที่ปลูกพืชสามารถเป็นแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ และมีศักยภาพต่อการหมุนเวียนการกักเก็บคาร์บอนทั้งในพืชและดินได้เช่นเดียวกับพื้นที่ป่า แต่จะมีแนวทางจัดการระบบการผลิตให้เหมาะสม ที่ช่วยรักษาและเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและพืช อย่างไร จึงดำเนินการศึกษาเพื่อการประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนในอ้อย และมันสำปะหลัง และต้องมีวิธีการประเมินที่เหมาะสม สะดวก ง่าย มีความแม่นยำ สามารถใช้เป็นเครื่องมือนำไปวางแผนการจัดการพื้นที่ รวมทั้งเพื่อศึกษาการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองและถั่วเขียวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลที่ได้จากแผนงานวิจัยย่อยนี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติภาคการเกษตรตามหลักการของ IPCC

คณะผู้วิจัย

2564

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
คำปรารภ	ก
สารบัญ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
ผู้วิจัย	ง
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	จ
บทนำ	1
บทคัดย่อ	8
โครงการวิจัย 1 ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง	12
โครงการวิจัย 2 ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตอ้อย	38
โครงการวิจัย 3 การศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิต ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองและถั่วเขียว ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	67
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	120
บรรณานุกรม	125

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรทุกๆท่าน เจ้าหน้าที่และทีมงานวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณคุณวิชณีย์ ออมทรัพย์สินและทีมงานที่ให้การช่วยเหลือ แนะนำที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัย ขอขอบคุณ ดร.สมชาย บุญประดับ ที่ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะในการจัดทำงานวิจัย ทำให้แผนงานวิจัยย่อยนี้สำเร็จสมบูรณ์ตามเป้าหมายที่กำหนดเอาไว้

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

วลัยพร ศะศิประภา	ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
อานนท์ มลิพันธ์	ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก
วนิดา โนบรรเทา	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
สายน้ำ อุดพ้วย	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นุชนาฏ ตันวรรณ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ปรีชา กาเพ็ชร	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์
ชยันต์ ภักดีไทย	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น
กุสุมา รอดแผ้วพาล	ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง
วัลลีย์ อมรพล	ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง
อุดมศักดิ์ ดวนมีสุข	ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี
พรพรรณ สุทธิแย้ม	ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
จิราลักษณ์ ภูมิไธสง	ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท
ธนพันธ์ พงษ์ไทย	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ไชยา บุญเลิศ	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์
เบญจรัตน์ เลิศการค้าสุข	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข	ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

CO_2 : Carbon dioxide	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
K_2O : Potassium dioxide	โพแทชที่ละลายน้ำได้
LAI : Leaf Area Index	ดัชนีพื้นที่ใบ (พื้นที่ใบทั้งหมดของพืช/พื้นที่ปลูก)
l_c : Light compensation point	จุดที่ความเข้มแสงทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการหายใจ
l_s : Light saturation point	จุดที่พืชอิ่มตัวด้วยแสง คือ เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งการสังเคราะห์แสงจะไม่มีการเพิ่มขึ้น
mg/kg	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
N : Nitrogen	ไนโตรเจน
P_2O_5 : Phosphorus pentoxide	ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์
P_{max} : Maximum gross photosynthesis rate	อัตราการสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด
P_n : Net photosynthesis	การสังเคราะห์แสงสุทธิ
PPF : Photosynthetic Photon Flux	ปริมาณหรือความเข้มของโฟตอนที่ตกกระทบใบพืช เป็นปริมาณแสงในช่วง PAR ที่แหล่งกำเนิดแสงผลิตได้ มีหน่วยเป็น μmole s^{-1}
ppm : Part per million	หนึ่งส่วนในล้านส่วน
R^2 : R-Square	ค่าทางสถิติที่ใช้เป็นเกณฑ์การยอมรับผลการทดลอง
RMSE: root mean square error	รากที่สองของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างกำลังสองระหว่างการทำนายและการสังเกตจริง
T_{max} : Maximum temperature	อุณหภูมิสูงสุดของสภาพอากาศในรอบวัน
T_{min} : Minimum temperature	อุณหภูมิต่ำสุดของสภาพอากาศในรอบวัน
กก. C/ไร่	กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่
ตัน C/ไร่	ตันคาร์บอนต่อไร่
มก./ดม.^{2}	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ และเป็นสาเหตุทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น รูปแบบการกระจายตัวของฝนเปลี่ยนแปลง มีความแปรปรวนและรุนแรงมากขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ อย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ (IPCC, 2007) โดยพื้นที่ป่าเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญ ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ 31% ของเนื้อที่ทั้งหมด แต่มีพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร 149 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) พื้นที่เหล่านี้สามารถเป็นแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ และมีศักยภาพต่อการหมุนเวียนการกักเก็บคาร์บอนทั้งในพืชและดินได้เช่นเดียวกับพื้นที่ป่า พืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงและเก็บกักไว้ในส่วนต่างๆ ในรูปของมวลชีวภาพได้ตลอดช่วงชีวิตของพืช เมื่อลงสู่ดินการกักเก็บจะอยู่ในรูปของอินทรียวัตถุหรือสารอินทรีย์ในรูปที่เสถียร ซึ่งการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศนั้นเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นควบคู่กัน แต่จะเป็นไปในทิศทางใดมากกว่ากันนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การ จัดการดิน การใช้ปุ๋ย เนื้อดิน ความชื้น อุณหภูมิ สิ่งมีชีวิตในดิน และพืชที่ปลูก (พืช C_3 หรือ C_4) เป็นต้น ซึ่งการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ยอย่างเหมาะสม สามารถเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตได้ (ศุภกาญจน์และคณะ, 2560) ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น สามารถเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินได้น้อยกว่าเขตอบอุ่น เนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุและวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นรวดเร็ว การกักเก็บคาร์บอนในภาคการเกษตร ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละพื้นที่ ต้องใช้เวลาติดตามการเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องระยะยาว จึงจะสามารถนำมาประเมินประสิทธิภาพของวิธีการจัดการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในแต่ละระบบได้ พื้นที่เกษตรสามารถเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญและมีศักยภาพเพียงพอต่อการหมุนเวียนการกักเก็บคาร์บอนทั้งในต้นพืชและในดิน โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และกักเก็บคาร์บอนนั้นไว้ในรูปเนื้อเยื่อพืช เมื่อเศษซากพืชที่คลุมดินหรือไถกลบกลับลงไปในดินสลายตัวก็จะมีคาร์บอนส่วนหนึ่งเหลือตกค้างอยู่ในดิน โดยเป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุซึ่งเป็นรูปที่สลายตัวได้ช้าลง การประเมินหรือวัดการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะช่วยให้การออกแบบระบบการผลิตพืชที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามข้อเสนอเจตจำนงการมีส่วนร่วมของประเทศ (Nationally Determined Contribution, NDC) ที่มีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20-25 ในปี พ.ศ. 2573 การประเมินชีวมวลเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก แต่วิธีการประเมินยังมีน้อย มักประเมินโดยใช้ชีวมวลเหนือพื้นดิน การประเมินแบบไม่ทำลายอาจใช้สมการแอลโลเมตรี ภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้เช่น ในป่า (นวลปราง, 2548) อ้อย (Rocha et al., 2017) และเซนเซอร์วัดทรงพุ่ม (Chapman, et al. 2016) UAV และสมการลอจิสติก logistic ซึ่งใช้อายุพืช กับมวลแห้งเป็นตัวแปรหลัก (ประสิทธิ์ และสุนทรี, 2554) ชีวมวล (ปรีชาและคณะ,2559) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาวิจัยศักยภาพของพันธุ์อ้อยและมันสำปะหลัง ตลอดจนการจัดการที่มีผลต่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับพื้นที่ รวมทั้งพัฒนาเทคนิคการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนที่ไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย และมีความแม่นยำสูง

กรมวิชาการเกษตร

วัตถุประสงค์ของแผนงานย่อย

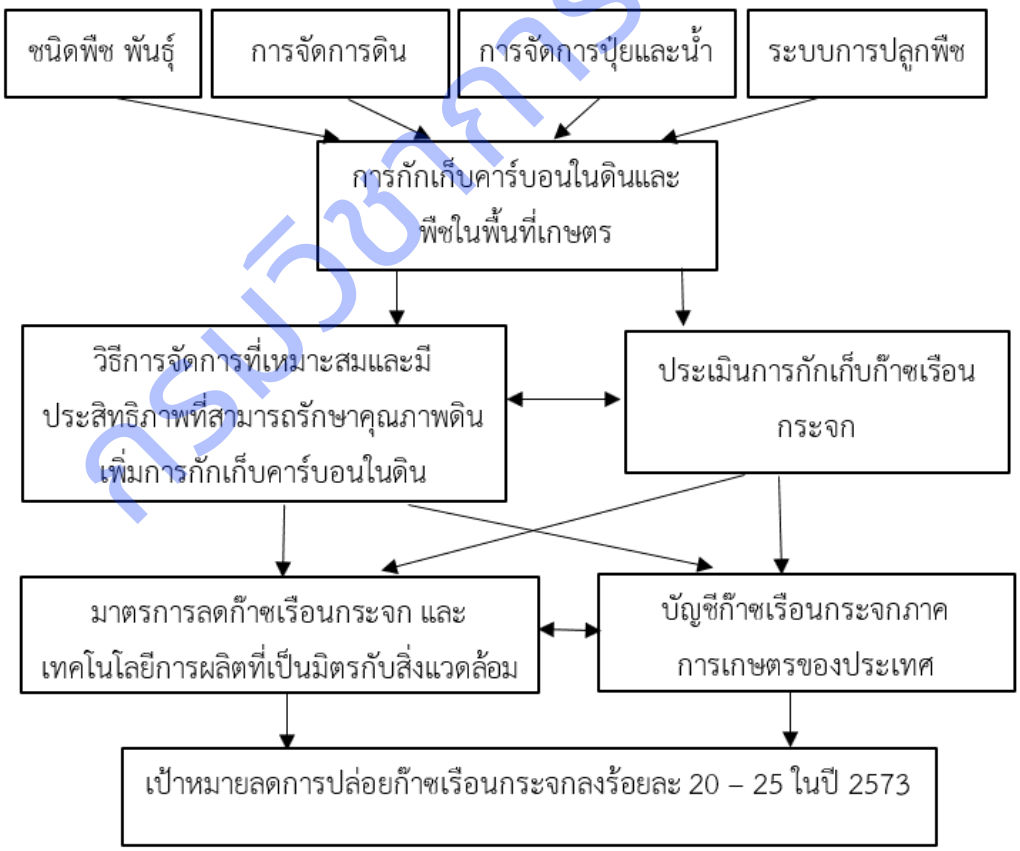
1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์อ้อยและมันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2. เพื่อให้ได้รูปแบบเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายในพื้นที่การผลิตอ้อยและมันสำปะหลัง

3. เพื่อศึกษาการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียวที่มีต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน

ขอบเขตของแผนงานย่อย

ศึกษาหาพันธุ์อ้อยและมันสำปะหลังที่มีศักยภาพสูงในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถอธิบายด้วยรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช สำหรับการประเมินการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนของพืชระดับพื้นที่ศึกษาจากความแตกต่างของพันธุ์ การให้น้ำและปุ๋ยนำคุณลักษณะทางการเกษตรของพืช ค่าที่ได้จากการวัดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดการรับรู้จากพืชนำมาพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์อย่างง่ายที่ไม่ทำลายตัวอย่าง (non-destructive method) รวมทั้งศึกษาการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียวที่มีต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินมีกรอบแนวคิดในการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพของอ้อยและมันสำปะหลังในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อธิบายด้วยรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช ประเมินการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนของพืชทั้งในระดับแปลงทดลองและระดับพื้นที่ จากพันธุ์และการจัดการที่แตกต่างกัน พร้อมทั้งพัฒนาเทคนิคการประเมินการกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายที่ไม่ทำลายตัวอย่าง พบว่า พันธุ์มันสำปะหลังและอ้อย แต่ละพันธุ์มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนแตกต่างกัน ชนิดและพันธุ์มีผลต่อการสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังและอ้อย โดยมันสำปะหลังมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมสูงสุดที่หัวหรือผลผลิต เฉลี่ย 47.9% รองลงมาคือ เหง้า ใบ ลำต้น และก้านใบ มีค่าเฉลี่ย 45.2 44.0 43.9 และ 39.9% ตามลำดับ ทำนองเดียวกับอ้อยที่ผลผลิตลำอ้อยมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมสูงสุด มวลชีวภาพมีความสัมพันธ์กับการกักเก็บคาร์บอนในมันสำปะหลัง ขึ้นอยู่กับอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ความเข้มข้น CO_2 พันธุ์ที่มีศักยภาพในการดูดซับ CO_2 ใช้ความเข้มแสงในระดับต่ำและสูงได้ดี และให้ผลผลิตต่อไร่สูง คือ พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 และพิรุณ 2 ส่วนอ้อยสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมชีวมวล อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน น้ำและความสมบูรณ์ของต้นมีผลต่อการสังเคราะห์แสง พันธุ์อ้อยที่มีศักยภาพสูงสอดคล้องกับการให้ผลผลิตและปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ชีวมวลมีความสัมพันธ์กับการกักเก็บคาร์บอน ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์กับการกักเก็บคาร์บอนในดิน การเลือกใช้พันธุ์และการใส่ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมมีส่วนช่วยเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของพืช การปลูกมันสำปะหลัง 1 ฤดู สามารถกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 1.4 ตัน C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับ CO_2 เฉลี่ย 5.2 ตัน CO_2/ไร่ และกักเก็บคาร์บอนในดินอยู่ระหว่าง 0.53-10.37 ตัน C/ไร่ ส่วนอ้อย 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอนในต้นได้เฉลี่ย 5.12 กก. C/ไร่ หรือดูดซับก๊าซ CO_2 ได้เฉลี่ย 18.77 ตัน CO_2/ไร่ และกักเก็บคาร์บอนในดินเฉลี่ย 3.7-5.8 ตัน C/ไร่ ส่วนเทคนิคอย่างง่ายในการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนที่ไม่ทำลายตัวอย่างที่มีความแม่นยำ ในมันสำปะหลังสามารถใช้ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ส่วนอ้อยใช้ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนลำต่อกอ ในการประเมินได้ทั้งในระดับแปลงทดลองและแปลงเกษตรกร ในขณะเดียวกัน ได้ศึกษาถึงผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ที่มีต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนปนทราย โดยมีการไถพรวนดิน และการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับใช้ฟางข้าวคลุมดิน ไม่ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินแตกต่างกัน แต่ส่งเสริมให้ข้าวโพดดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ 2.2- 2.6 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี ส่วนการไถพรวน และไม่ไถพรวน มีการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินไม่แตกต่างกัน แต่การใช้ฟางข้าวคลุมดินเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน สำหรับในดินร่วนเหนียว การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าระบบปลูกพืช โดยการใส่มูลไก่ หรือใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับมูลไก่ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากสุด และระบบการปลูกถั่วแปบเป็นพืชตามหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด ทำให้ดินมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนสูงขึ้น เช่นเดียวกับการใส่มูลไก่ที่สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดิน ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำอย่างเหมาะสมในพื้นที่ปลูกอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 พบว่าการปลูก

กรมวิชาการเกษตร

อ้อยแบบให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อย และใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตันต่อไร่ มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เฉลี่ยตลอดฤดูปลูกไม่แตกต่าง และการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากผิวดินในพื้นที่ซึ่งเป็นดินร่วนปนทรายขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่าปัจจัยอื่น โดยมีปริมาณการปล่อย CO_2 จากผิวดินมากสุดในช่วงระยะที่อ้อยมีอายุ 196-285 วันหลังปลูก และการให้น้ำที่ระดับความชื้น 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นดิน (%AWC) ทำให้สูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากดินน้อยสุด ผลของการจัดการดิน และปุ๋ย และระบบปลูกพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ในดินร่วนปนทราย พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับไถกลบเศษซากต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ส่วนระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว และใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อยอัตรา 1 ตันต่อไร่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ขณะที่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินมากกว่าระบบการปลูกพืช ผลของการจัดการดินและปุ๋ยแบบต่างๆ ในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียวสภาพไร่ พบว่า การปลูกถั่วเหลืองโดยใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม สามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินได้มากกว่าการจัดการดิน และปุ๋ยแบบอื่นๆ ส่วนการปลูกถั่วเขียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับพืชตระกูลถั่วอัตรา 0-3-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม เพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน ส่วนการจัดการดิน และปุ๋ยรูปแบบต่างๆ ในระบบการปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินไม่แตกต่างกัน

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Study on carbon dioxide absorption potential in sugarcane and cassava are described by their growth patterns and plant physiological characteristics, assess carbon absorb and storage in experimental plot and plantation from different varieties and management, and developed a simple non-destructive method to estimate biomass and carbon storage. The result shown that carbon storage potential has different in crop/varieties and biomass accumulation in different parts. Cassava-tuber parts had the highest percentage of organic carbon content, averaged 47.94%, followed by main-stem, leaves, stems and petioles with averages 45.2, 44.0, 43.9 and 39.9%, respectively. Similarly, stalk of sugarcane has the highest organic carbon content. In cassava, biomass is correlated to carbon storage and modified by net photosynthesis rate and CO_2 concentrations. The CO_2 sink potential can absorb CO_2 at low and high PPF as well as high yield are Rayong 9, Rayong 11, Rayong 72, CMR57-83-69, Huai Bong 80, and Pirun 2. While environments was relatively high affecting growth and biomass accumulation in sugarcane,

varieties, growth stages and time of day also affect the net photosynthetic rate. Water and plant fertility affects photosynthesis. The high potential varieties corresponded to yield and organic carbon. Biomass is correlated to carbon storage whereas soil organic matter is correlated to soil carbon storage. Selection of optimum varieties and fertilization application contributes to increasing carbon storage potential. In one season of cassava can store carbon on average 1.4 tons C/rai, equivalent to 5.2 tons CO_2/rai, and soil carbon storage 0.53-10.37 tons C/rai. And one season of sugarcane can store carbon above ground on average 5.12 kg C/rai, equivalent to 18.77 tons CO_2/rai and soil carbon storage 3.7-5.8 tons C/rai. In developing the non-destructive techniques, stem height and stem diameter can be used to estimated biomass and carbon storage of cassava, whereas sugarcane estimate by stalk height, stalk diameter and number of stalk/hill both in experimental station and crop planting area. This research project, therefore, studies the effects of soil, fertilizer, and water management in the production system of maize, sugarcane, cassava, soybean, and mung bean on greenhouse gas emissions and changes in soil quality. The results of the study showed that maize cultivation in sandy loam with tillage and chemical fertilizers application based on soil analysis with rice straw mulch did not differ in CO_2 emissions from the soil surface. But encouraging maize to absorb CO_2 from the atmosphere 2.2 to 2.6 t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$. While tillage and no-tillage, there was no difference in SOC accumulation, but rice straw mulch increases SOC. In clay loam soil, fertilizer management had a greater effect on CO_2 emission than the cultivation system. Applying chicken manure or chemical fertilizers application based on soil analysis combined with chicken manure has produced more CO_2 emissions. And lablab bean cultivation after maize harvest has increased higher SOC accumulation. As well as application of chicken manure able to maintain SOC. The results of the effect of fertilizer management combination with appropriate watering in sugarcane ratoon cultivation were found that supplementary water to crop requirements and chemical fertilizers application based on soil analysis combined with filter cake application at 1 t rai^{-1} had no difference in an average CO_2 emission throughout the growing season. CO_2 emissions from the soil surface in a sugarcane plantation area in sandy loam are more dependent on sugarcane growth rates than other factors. The highest CO_2 emissions from soil surface had during sugarcane age 196-285 days after planting. And applying water at 12.5 %AWC resulted in the least loss of SOC. The effects of soil and fertilizers management, and cropping systems in cassava cultivation areas in sandy loam soil was found that chemical fertilizers application based on soil analysis combined with organic fertilizer application at 1 t rai^{-1} or combined with cassava leaves and stems residues at 3 t rai^{-1} was effective in increasing SOC storage and increase the amount of plant nutrients such as phosphorus and potassium in the soil. Whereas, cassava intercropping with mung bean and application of filter cake at 1 t rai^{-1} was effective in increasing SOC. It was also found that fertilizer management had a

greater effect on CO_2 emissions from soil surface than the cultivation system. The effect of soil management and various types of fertilizers in soybean and mung bean cultivation in upland conditions. The results showed that soybean cultivation with compost application at 2 t rai^{-1} combined with chemical fertilizers application and rhizobium bio- fertilizers increased SOC more than the other soil and fertilizers management types. While mung bean cultivation, application of chemical fertilizers based on soil analysis at 0-3-6 kg $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ rai^{-1} combined with rhizobium bio-fertilizers, increases the efficiency of SOC storage. It was also found that different soil and fertilizer management types in soybean and mung bean cultivation systems showed a no different amount of CO_2 emission from the soil surface.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัย 1

ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง

Research the Potential of Greenhouse Gas Absorption in Cassava Production Areas

อานนท์ มลิพันธ์ นุชนาฏ ตันวรรณ

สายน้ำ อุดพ้วย กุสุมา รอดแผ้วพาล ปรีชา กาเพ็ชร วลัยพร ศะศิประภา

ธนพันธ์ พงษ์ไทย ไชยา บุญเลิศ ปฐมพงษ์ วงศ์สุวรรณ์

Anon Malipan Nutchanart Tanwan

Sainam Udpuay Kusuma Rodpawpan Preecha Kapetch Walaiporn Sasiprapa

Tanapan Pongthai Chaiya Boolert Pathompong Wongsuwan

คำสำคัญ : มันสำปะหลัง การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บคาร์บอน มวลชีวภาพ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน cassava, carbon dioxide absorption, carbon storage, biomass, carbon content

บทคัดย่อ

การวิจัยศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง ดำเนินการศึกษาศักยภาพของพันธุ์มันสำปะหลังในการดูดซับ CO_2 ประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง และพัฒนาเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง ผลการดำเนินงาน พบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (P_n) ความเข้มข้น CO_2 ที่เพิ่มขึ้นทำให้ P_n เพิ่มขึ้น และแตกต่างตามอายุ ความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นเพียงปัจจัยเดียวไม่ทำให้ P_n เพิ่มขึ้น ต้องเกี่ยวข้องกับความเข้มข้น CO_2 และอุณหภูมิของสภาพอากาศ พันธุ์ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ใช้ความเข้มแสงในระดับต่ำและสูงได้ดี และให้ผลผลิตต่อไร่สูง คือ พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 และพิรุณ 2 ส่วนการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงผลิตมันสำปะหลัง พบว่า พันธุ์มีผลต่อการสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง โดยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีการสะสมสูงสุดที่รากสะสมอาหาร เฉลี่ย 47.9% รองลงมาคือ เหง้า ใบ ลำต้น และก้านใบ มีค่าเฉลี่ย 45.2 44.0 43.9 และ 39.9% ตามลำดับ พันธุ์ระยอง 72 ซึ่งเป็นพันธุ์หนึ่งที่มีพื้นที่ปลูกมากมีศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 1.46 ตัน C/ไร่ เมื่อมีการปลูกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สามารถกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้นเป็น 1.67 ตัน C/ไร่ ดังนั้น การเลือกใช้พันธุ์และการใส่ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมมีส่วนช่วยเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของพืช การปลูกมันสำปะหลัง 1 ฤดู สามารถกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 1.4 ตัน C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับ CO_2 เฉลี่ย 5.2 ตัน CO_2/ไร่ มวลชีวภาพมีความสัมพันธ์กับการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์กับการกักเก็บคาร์บอนในดิน ในการพัฒนาเทคนิค

กรมวิชาการเกษตร

อย่างง่ายที่ไม่ทำลายตัวอย่างนั้น สามารถใช้ ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลังในการประเมินชีวมวลได้หลายโมเดล มีค่า R^2 ระหว่าง 0.91-0.95 และ RMSE ระหว่าง 0.56-0.78 ตัน/ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่ใช้ และพันธุ์มันสำปะหลัง ส่วนการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมันสำปะหลัง สามารถประเมินได้จาก 0.486*ชีวมวลของมันสำปะหลัง (R^2 = 0.99) มันสำปะหลังจึงเป็นพืชไร่ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 และการกักเก็บคาร์บอนในแปลงปลูกพืชหนึ่ง ซึ่งข้อมูลสามารถนำไปใช้วางแผนการจัดการพื้นที่และใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคการเกษตรของประเทศต่อไป

Abstracts

Research on the potential of greenhouse gas absorption in cassava production areas conduct to assess the potential of cassava to absorb CO_2 and carbon retention in cassava production areas and to obtain a simple technique for assessing above-ground biomass and carbon storage in cassava production areas. The results showed that each species of cassava has different CO_2 absorption potential depend on net photosynthesis rate (P_n). With CO_2 concentrations increase, P_n increases. P_n had vary by growth stage, and not raised despite increasing light intensity alone, but be associated with CO_2 concentration and temperature. To considered varieties with CO_2 absorption potential, when it uses low and high light intensity well and provides high yield per rai the varieties as follows: Rayong 9, Rayong 11, Rayong 72, CMR57-83-69, Huai Bong 80, and Piroon 2. Cassava varieties are different significant in carbon storage. That, effect the accumulation of biomass in different cassava parts. Storage root parts had the highest average organic carbon accumulation of 47.9 percent, followed by cassava stocks, leaves, stems, and petioles, which have averages of 45.2 44.0 43.9 and 39.9 percent, respectively. Rayong 72 is the most one widely used, it has a carbon storage potential of 1.46 tons C/rai, associated with fertilization based on soil testing may be stored at rate of 1.67 tons C/rai. So, the right selection of varieties and fertilization could increase carbon storage potential in cassava. Cassava planting in a season can hold an average of 1.4 tons C/rai, it accounts for CO_2 absorbing an average of 5.2 tons CO_2/rai. In cassava plants, biomass is closely related to carbon retention. While the amount of soil organic carbon is correlates with soil carbon retention. In developing the non-destructive techniques, height and diameter can be used to estimated biomass, with R^2 0.91-0.95 and RMSE 0.56-0.78 tons/rai, depend on variables and varieties. For carbon storage, biomass can be estimated from 0.486*biomass (R^2 = 0.99). As a result, cassava is a potential crop for CO_2 absorption and carbon storage in plantations. The information can be utilized to regulate cassava cultivation and is also useful in preparing the country's agricultural greenhouse gas account.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซชนิดหนึ่งในกลุ่มก๊าซเรือนกระจกและเป็นก๊าซที่มีปริมาณมากที่สุด ประมาณ 76% โดยแบ่งเป็น CO_2 ที่ถูกปลดปล่อยมาจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน คิดเป็น 65% และเป็น CO_2 ที่เกิดจากใช้ประโยชน์ที่ดินเกษตร และป่าไม้ คิดเป็น 11% รองลงมาคือ ก๊าซมีเทน 16% ก๊าซไนตรัสออกไซด์ 6% และที่เหลือประมาณ 2% คือ กลุ่มก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ และไนโตรเจนฟลูไรด์ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563) ในธรรมชาติ พบว่า ต้นไม้สามารถช่วยลดปริมาณ CO_2 ในชั้นบรรยากาศได้ โดยต้นไม้จะดึง CO_2 ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้วเก็บไว้ในรูปของเนื้อไม้ แต่ปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างต่อเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น การบุกรุกของพื้นที่ชุมชน การบุกรุกเพื่อทำการเกษตร การตัดไม้ทำลายป่าและไฟป่า ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของก๊าซ CO_2 ในบรรยากาศเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิอากาศของโลกสูงขึ้น ปริมาณและรูปแบบการกระจายตัวของฝนเปลี่ยนแปลงไป มีความแปรปรวน และรุนแรงมากขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ อย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ (IPCC, 2007)

พื้นที่ป่าไม้ซึ่งเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญ ต้นไม้ใหญ่ 1 ต้น สามารถดูดซับ CO_2 ได้ประมาณ 9-15 กิโลกรัมต่อปี (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563) แต่ปัจจุบันพื้นที่ป่าไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้ ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ 102,484,073 ไร่ คิดเป็น 31.95% ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนพื้นที่ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร 149,252,451 ไร่ คิดเป็น 46.54% ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) พื้นที่เหล่านี้เป็นแหล่งดูดซับและกักเก็บ CO_2 ที่สำคัญและมีศักยภาพเพียงพอต่อการหมุนเวียนการกักเก็บคาร์บอนทั้งในต้นพืช ผลผลิต และภายในดิน ซึ่ง CO_2 จากบรรยากาศจะถูกปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยพืชด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงจนได้เป็นสารประกอบคาร์บอน จากนั้นจะถูกลำเลียงและเก็บสะสมในรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรตในส่วนต่าง ๆ ของพืช ทำให้ช่วยกักเก็บ CO_2 หรือคาร์บอนในรูปอื่น ๆ เพื่อที่บรรเทาปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อน พื้นที่ทางการเกษตรเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เช่นเดียวกับพื้นที่ป่า พืชปลูกดูดซับ CO_2 ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงเก็บกักไว้ในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชในรูปของมวลชีวภาพ ซึ่งช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ตลอดช่วงชีวิตของพืช (Redondo-Brenes & Montagnini, 2006) รวมถึงการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินและเก็บกักในรูปของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (Zhang & Zhang, 2003; ระวี และคณะ, 2555) แม้ว่าการกักเก็บคาร์บอนในต้นพืชและผลผลิตยังไม่ยาวนานเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าไม้ แต่พื้นที่เกษตรของประเทศไทยมีพื้นที่โดยรวมจำนวนมากและพื้นที่เกษตรสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ช่วยดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในดินและพืชได้ด้วย ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการดูดซับ CO_2 และการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของพืช ผลผลิต และการกักเก็บคาร์บอนในดินของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เป็นแนวทางหนึ่งของการลด CO_2 ในชั้นบรรยากาศ เนื่องจากพืชเศรษฐกิจหลายชนิดมีพื้นที่เพาะปลูกจำนวนมาก ทำให้มีการสร้างน้ำหนักมวลชีวภาพในรูปสารประกอบคาร์บอนต่อไร่สูง โดยมันสำปะหลังเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในปีการผลิต 2563/64 มีเนื้อที่เพาะปลูกทั้งประเทศ 9,439,009 ไร่ ผลผลิตรวม 28,999,122 ตัน ผลผลิตหัวสด

กรมวิชาการเกษตร

เฉลี่ย 3.25 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ในผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังซึ่งเป็นรากสะสมอาหารส่วนใหญ่สะสมแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตประมาณ 20-35% นอกจากนั้นในส่วนของลำต้นและใบยังมีการสะสมแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตไว้ส่วนหนึ่ง เมื่อนำมาคำนวณเป็นผลผลิตคาร์โบไฮเดรตจะได้มากกว่า 1 ล้านตันต่อปี

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูง ซึ่งมีพฤติกรรมกระบวนการสังเคราะห์แสงแบบ C_3-C_4 intermediate พบกิจกรรมของเอ็นไซม์ phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPC) ภายในใบมันสำปะหลัง แต่ไม่พบภายวิภาคใบแบบ Kranz anatomy ของพืช C_4 (El-Sharkawy, 2003) ทำให้ใบมันสำปะหลังมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูง ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความยาวนานของพื้นที่ใบ (leaf area duration) ปริมาณน้ำที่ได้รับ และสภาพความเครียดในระหว่างการเจริญเติบโต โดยหัวมันสำปะหลังเป็นส่วนของรากที่ขยายขนาดขึ้นสำหรับสะสมแป้ง ส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำประมาณ 60-70% และเป็นแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตประมาณ 20-35% นอกจากนั้นมันสำปะหลังเป็นพืชให้ผลผลิตหัวสดสูงต่อไร่อยู่ในช่วง 4-8 ตันต่อไร่ งานวิจัยที่ศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในพันธุ์มันสำปะหลังของไทย พบว่า มันสำปะหลังหลายพันธุ์มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิแม้ในสภาพที่มีความเข้มแสงต่ำ และมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิแม้ในช่วงกลางวันที่มีอุณหภูมิอากาศสูงซึ่งทำให้ปากใบปิด เมื่อได้รับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเพิ่มขึ้นมีผลทำให้มีอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้น

ดังนั้นการศึกษาพันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งการกักเก็บในรูปของผลผลิตและมวลชีวภาพต่าง ๆ ได้ดี จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการดูดซับ CO_2 ในอากาศ และกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง นอกจากนั้นการศึกษาพันธุ์มันสำปะหลังร่วมกับวิธีการเขตกรรมมีส่วนช่วยส่งเสริมศักยภาพในการดูดซับ CO_2 ในอากาศ สามารถอธิบายด้วยรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช เพื่อทำการประเมินการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนของพืชจากการเปรียบเทียบการดูดซับคาร์บอนในรูปของชีวมวลในระบบการผลิตที่มีความแตกต่างของพันธุ์และวิธีการเขตกรรมที่แตกต่างกัน นำมาศึกษาคุณลักษณะทางการเกษตรของพืช ค่าที่ได้จากการรับรู้จากพืช อัตราการสังเคราะห์แสงของพืช เพื่อพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างอย่างง่ายโดยไม่ทำลายตัวอย่าง (non-destructive method) ที่สัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพืช และชีวมวล เพื่อประเมินศักยภาพการดูดซับ CO_2 และการกักเก็บคาร์บอนในแปลงปลูกมันสำปะหลังในระดับพื้นที่ เป็นข้อมูลที่สามารถนำไปวางแผนการจัดการพื้นที่ สำหรับใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจและจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรในด้านการผลิตมันสำปะหลังของประเทศตามคู่มือ IPCC ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2) เพื่อประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง

3) เพื่อให้ได้รูปแบบเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจก และกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

โครงการวิจัยศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง ประกอบด้วยการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาจำนวน 2 กิจกรรม ดังนี้

1. การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตมันสำปะหลัง

ศึกษาในมันสำปะหลัง จำนวน 26 สายพันธุ์/พันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์รับรอง พันธุ์แนะนำ และสายพันธุ์ดีเด่นของกรมวิชาการเกษตร ที่ปลูกภายในประเทศ (ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, 2537) ปลูกมันสำปะหลังตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ทำการคัดเลือกต้นมันสำปะหลังที่มีความสมบูรณ์เจริญเติบโตสม่ำเสมอใกล้เคียงกันในแปลงมาเป็นท่อนพันธุ์ ใช้ระยะปลูก คือ ระยะห่างระหว่างแถว 100 ซม. ระยะห่างระหว่างต้น 100 ซม. ขนาดแปลงย่อย 5 x 8 ม. ปลูกในเดือนมิถุนายน 2563 เก็บเกี่ยวผลผลิตหัวสดในเดือนพฤษภาคม 2564 สายพันธุ์/พันธุ์ ได้แก่

- มันสำปะหลังพันธุ์อุตสาหกรรม จำนวน 22 พันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ (1) ระยอง 1 (2) ระยอง 3 (3) ระยอง 5 (4) ระยอง 60 (5) ระยอง 90 (6) ระยอง 72 (7) ระยอง 7 (8) ระยอง 9 (9) ระยอง 11 (10) ระยอง 86-13 และ (11) ระยอง 15 รวมทั้งสายพันธุ์ดีเด่น ได้แก่ (12) OMR29-20-118 (13) CMR53-106-24 (14) CMR57-83-69 และ (15) CMR57-83-180 พันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ (16) เกษตรศาสตร์ 50 และ (17) เกษตรศาสตร์ 72 พันธุ์ของมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ได้แก่ (18) ห้วยบง 60 (19) ห้วยบง 80 และ (20) ห้วยบง 90 พันธุ์ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้แก่ (21) พิรุณ 1 และ (22) พิรุณ 2
- มันสำปะหลังพันธุ์เพื่อใช้บริโภค จำนวน 4 พันธุ์ ประกอบด้วย (23) ห้านาที (24) ปุยฝ้าย พันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ (25) ระยอง 2 และพันธุ์ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้แก่ (26) พิรุณ 4

วัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและการคายน้ำของใบมันสำปะหลัง ในตำแหน่งใบที่อายุน้อยที่สุดที่ขยายพื้นที่ใบเต็มที่ โดยใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง รุ่น LI-6400XT Portable Photosynthesis System โดยใช้แสงจากดวงอาทิตย์ ทำ 3 ซ้ำ (ต้น) ในแต่ละพันธุ์ ทำการวัดทุกชั่วโมง ตั้งแต่ช่วงเวลา 07.00 ถึง 18.00 น. ใช้หัววัดแสง (quantum sensor) ที่อายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูก วัดอัตราการสังเคราะห์แสงที่ต้นเดิมทุกครั้ง

วัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ โดยใชแสงจาก LED Light source ที่ความเข้มแสงเทากับ 0 25 50 75 100 200 400 600 800 1,000 1,200 1,400 1,600 1,800 2,000 และ 2,200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ทำ 3 ซ้ำ (ต้น) และกำหนดความเข้มข้น CO_2 อยู่ระหว่าง 350-380 ppm ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 50-60% และอุณหภูมิ leaf chamber กำหนดไม่เกิน 35 °ซ

วัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิโดยกำหนดความเข้มข้น CO_2 ดังนี้ (1) ระดับความเข้มข้น 400 ลดลงเป็น 300 200 และ 100 ppm ตามลำดับ และ (2) ระดับความเข้มข้น 400 เพิ่มเป็น 600 และ 800 ppm ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

ทำ 3 ซ้ำและกำหนดความเขมแสง 1,500 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 50-60% และอุณหภูมิ leaf chamber กำหนดไม่เกิน 35 °ซ

เก็บข้อมูลปริมาณแป้งในหัวสดที่อายุ 9 และ 12 เดือนหลังการปลูก และเก็บข้อมูลผลผลิตหัวสดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก เดือนพฤษภาคม 2564 ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 5 x 8 เมตร

บันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (net photosynthesis : P_n) ค่าการเปิดปากใบ (stomatal conductance : g_s) ปริมาณความเข้มข้นของ CO_2 ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบ (intercellular CO_2 concentration : C_i) อัตราการหายใจของใบ (leaf transpiration : T_r) ปริมาณความเข้มแสง อุณหภูมิและความชื้นของอากาศบริเวณทรงพุ่มในรอบวันที่ทำการทดลอง อัตราการสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด (maximum gross photosynthesis rate : P_{max}) จุดความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการหายใจ (light compensation point : I_c) จุดที่พืชอิ่มตัวด้วยแสง คือ เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่ง จะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงจะไม่มีการเพิ่มขึ้น (light saturation point: I_s) ประสิทธิภาพการใช้แสง (quantum efficiency : α) เป็นความชันในช่วงความเข้มแสงต่ำ 0-100 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ค่าควบคุมความโค้งของเส้นกราฟ (Curvature factor : θ) อัตราการหายใจในที่มืด (dark respiration : R_d)

2. การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงการผลิตมันสำปะหลัง

2.1. การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลังในระดับแปลง

วางแผนการทดลองแบบ split plot in RCB มีจำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย

ปัจจัยหลัก (main-plot) คือ พันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 3 สายพันธุ์/พันธุ์ ได้แก่

1) สายพันธุ์ CMR57-83-180
2) สายพันธุ์ CMR57-83-69
3) พันธุ์ระยอง 72

ปัจจัยรอง (Sub-plot) คือ การจัดการปุ๋ยโพแทช มี 3 ระดับ ได้แก่

1) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 16-8-8 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (ปุ๋ยเคมี 1.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K)
2) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 16-8-12 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (ปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K)
3) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 16-8-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (ปุ๋ยเคมี 2.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K)

แปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ ความสูงจากระดับน้ำทะเล 97 เมตร เนื้อดิน เป็นดินทรายปนร่วน-ดินร่วนปนทราย ชุดดินจันทึก (sandy, siliceous, isohyperthermic, Typic *Ustipsamments)* วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ เพื่อนำผลวิเคราะห์ดินที่ได้มากำหนดอัตราปุ๋ยที่ใช้ ใช้แปลงทดลองขนาดแปลงย่อย 9.1 x 6.4 ม. เว้นระยะระหว่างแปลงย่อย 2 ม. ปลูกมันสำปะหลังแบบตั้งตรงในช่วงต้นฤดูฝนขณะดินมีความชื้นพอ เมื่อวันที่ 8 มิถุนายน 2563 ด้วยท่อนพันธุ์มันสำปะหลังยาว 20 ซม. ปลูกหลุมละ 1 ต้น ระยะปลูก 1.3 x 0.8 ม. ให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด ใส่ปุ๋ยเมื่อดินมีความชื้นเหมาะสม วันที่ 21 สิงหาคม 2563 ใส่สองข้างต้นของมันสำปะหลังแล้วกลบปุ๋ย กำจัดวัชพืชตามความจำเป็น

กรมวิชาการเกษตร

ประเมินการสะสมมวลชีวภาพของพืช (biomass) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังที่อายุ 4 6 8 เดือนหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยว จำนวน 2 ต้นต่อแปลงย่อย วัดความสูงทรงต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ดัชนีพื้นที่ใบ วัดค่าความเขียวใบด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช (Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus) พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างใบพืชวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี ตามวิธีของ Moran (1982) นำตัวอย่างพืช แยกส่วนเป็น ลำต้น ก้านใบ ใบ เหง้า และรากสะสมอาหาร (หัว) นำไปอบที่อุณหภูมิที่ 65 °ซ เป็นเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้งของแต่ละชิ้นส่วน และวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Carbon content)

ประเมินการกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ในมันสำปะหลัง ประเมินปริมาณคาร์บอนทั้งหมด จากการวิเคราะห์อินทรียคาร์บอนในพืช โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือดิน โดยมีสมการ ดังนี้

$$\text{การกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอน/ไร่)} = \frac{\text{มวลชีวภาพ (ตัน/ไร่) X ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (\%)}}{100}$$

$$\text{การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตัน } CO_2\text{/ไร่)} = \text{การกักเก็บคาร์บอน x } 44/12$$

วัดอัตราการสังเคราะห์แสงในใบของมันสำปะหลังที่อายุ 4 เดือน ในรอบวันใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงรุ่น Li-6400XT Portable Photosynthesis System

เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เมื่อวันที่ 25 มิถุนายน 2564 พื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 25 ม. สุ่มเก็บตัวอย่างต้น ใบ ก้านใบ เหง้า และหัวในแต่ละกรรมวิธี นำไปวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในพืชโดยวิธี Walkley and Black ย่อยดินด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นและโพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ไทเทรตด้วยสารละลาย 0.5 นอร์มัลของแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟต (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

เก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน การวิเคราะห์ดิน ได้แก่ 1) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 คนให้ดินและน้ำเข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที และวัด pH ด้วยเครื่อง pH meter 2) สภาพการนำไฟฟ้าของดิน สกัดดินด้วยน้ำ ดินต่อน้ำ 1:5 3) อินทรียวัตถุในดิน โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) ย่อยดินด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นและโพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ไทเทรตด้วยสารละลาย 0.5 นอร์มัลของแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟต 4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดดินด้วยน้ำยา Bray II (0.1 นอร์มัลของกรดไฮโดรคลอริก ผสมกับ 0.03 นอร์มัลของแอมโมเนียมฟลูออไรด์) วัดปริมาณฟอสฟอรัส โดยทำให้เกิดสีตามวิธี Molydenum blue ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร และ 5) โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ โดยสกัดดินด้วย 0.1 นอร์มัลของแอมโมเนียมอะซิเตท (pH 7.0)

วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ กับความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ปริมาณคาร์บอนสะสมเหนือพื้นดินและใต้ดิน ดัชนีพื้นที่ใบ คลอโรฟิลล์ และอัตราการสังเคราะห์แสง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT วิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลต่าง ๆ ในแต่ละพันธุ์และอายุมันสำปะหลัง โดยวิธีเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

2.2 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลังในระดับพื้นที่

ดำเนินการสำรวจเก็บตัวอย่างดินและมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 50 ตัวอย่าง ในอำเภอแม่วงก์ ชุมตาบง พยุหะคีรี ตากฟ้า ท่าตะโก และหนองบัว สัมภาษณ์เกษตรกร บันทึกข้อมูลสภาพพื้นที่แปลงเกษตรกร การจัดการ พิกัดแปลง พร้อมทั้งประเมินการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลังแปลงเกษตรกร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังที่อายุ 8 – 10 เดือนจำนวน 2 ต้นต่อจุดตัวอย่าง วัดความสูงทรงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ดัชนีพื้นที่ใบ วัดค่าความเขียวใบ เก็บตัวอย่างพืชวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และทั้งหมดในใบ ตามวิธีของ Moran (1982) แยกส่วนตัวอย่างพืชเป็นลำต้น ใบ ก้านใบ เหง้าและหัว สำหรับหาน้ำหนักแห้ง ชั่งหาน้ำหนักสดแต่ละชิ้นส่วน วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน

เก็บตัวอย่างดินแปลงเกษตรที่ระดับความลึก 0 - 20 และ 20 - 50 ซม. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density) ความเป็นกรด-ด่างของดิน สภาพการนำไฟฟ้าของดิน อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ประเมินการกักเก็บคาร์บอน ในมันสำปะหลังแปลงเกษตรกร ประเมินปริมาณคาร์บอนทั้งหมด จากการวิเคราะห์อินทรียคาร์บอนในพืช การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือดิน

วิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจ จัดกลุ่มข้อมูล และความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพ ความเขียวของใบ ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบ ความสูงทรงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ปริมาณคาร์บอนสะสมเหนือพื้นดินและใต้ดิน และสมบัติดิน

2.3 เทคนิคประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงมันสำปะหลังโดยไม่ทำลายตัวอย่าง

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต น้ำหนักสดและแห้งส่วนเหนือดินแยกเป็นส่วนต่าง ๆ ปริมาณมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง พื้นที่ใบ ความสูงทรงต้น คลอโรฟิลล์ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากแปลงทดลอง และบินถ่ายภาพทางอากาศ วิเคราะห์ความสูงจากการถ่ายภาพและหาความสัมพันธ์กับความสูงจากการเก็บจริง วิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณในแต่ละช่วงการเก็บข้อมูลในแปลงทดลอง

ประมาณค่าสมการระหว่างมวลชีวภาพของมันสำปะหลังรายพันธุ์ กับความสูง ขนาดทรงพุ่มของต้นมันสำปะหลัง ปริมาณคาร์บอนสะสมเหนือพื้นดินและใต้ดิน ดัชนีพื้นที่ใบ คลอโรฟิลล์ และดัชนีพืชพรรณ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สมการหลายตัวแปร (multiple regression analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและในดิน กับค่าดัชนีพืชพรรณข้อมูลดาวเทียม/บินถ่ายภาพ และทดสอบต้นแบบที่ได้

นำข้อมูลในระดับพื้นที่ในแปลงมันสำปะหลังจากขั้นต้น มาทดสอบรูปแบบเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอน

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในพันธุ์มันสำปะหลัง

การสังเคราะห์แสงในรอบวัน

มันสำปะหลังที่อายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูก ใบมันสำปะหลังตำแหน่งที่คลี่ขยายพื้นที่ใบเต็มที่ เมื่อได้รับความเข้มแสงสูงกว่า 200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงขึ้นอย่างเด่นชัดตั้งแต่ใบมันสำปะหลังเริ่มได้รับแสง โดยสภาพธรรมชาติความเข้มแสงสูงกว่า 200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ เริ่มตั้งแต่เวลาประมาณ 08.00 น. ทำให้ P_n มีอัตราสูงขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อได้รับความเข้มแสงสูงกว่า 800 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ อยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 09.00 น. การสังเคราะห์แสงในสภาพธรรมชาติ พบว่า ความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นปัจจัยเดียวไม่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้น แต่ต้องสัมพันธ์กับความเข้มข้น CO_2 และอุณหภูมิของสภาพอากาศ ซึ่งในช่วงเวลา 13.00-15.00 น. ซึ่งมีความเข้มแสงสูงสุดในช่วงรอบวัน แต่ในช่วงเวลาดังกล่าวใบมันสำปะหลังมีค่า stomatal conductance ลดลง ทำให้การเปิดของปากใบลดลง ส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้น CO_2 ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบลดลง ดังนั้น ความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวไม่ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มแสงที่พันธุ์มันสำปะหลังส่วนใหญ่มีอัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราหายใจที่ 75 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$

ความเข้มของแสงต่อการสังเคราะห์แสง

การศึกษาระดับความเข้มแสงและความเข้มข้น CO_2 ต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพันธุ์มันสำปะหลังที่อายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูก ในตำแหน่งใบมันสำปะหลังที่คลี่ขยายพื้นที่ใบเต็มที่ พบว่า ใบมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีค่า I_c ที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต ซึ่งในช่วงอายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก มีค่า I_c ใกล้เคียงกัน เมื่ออายุ 6 เดือนหลังปลูก พันธุ์มันสำปะหลังส่วนใหญ่มีค่าสูงขึ้น ส่วนช่วงอายุ 8 เดือนหลังปลูก มีค่าลดลงเด่นชัดทำให้จำนวนใบที่คงอยู่มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในช่วงความเข้มแสงต่ำได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า I_s ในแต่ละอายุการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันเด่นชัด โดยพันธุ์ระยอง 9 มีค่า I_s สูงสุดอยู่ที่ความเข้มแสง 1,242 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ในช่วงอายุ 2 เดือนหลังปลูก (ตารางที่ 1.1) เมื่อวิเคราะห์ความเข้มแสงต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของพันธุ์มันสำปะหลัง ในช่วงเช้าเมื่อใบมันสำปะหลังได้รับความเข้มแสงสูงกว่า 200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงขึ้น และมีอัตราเพิ่มขึ้นเด่นชัดเมื่อได้รับความเข้มแสงสูงกว่า 800 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งในสภาพความเข้มข้น CO_2 ที่ระดับ 400 ppm พันธุ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่การได้รับความเข้มแสง 2,200 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงขึ้น ส่วนพันธุ์เพื่อใช้บริโภคส่วนใหญ่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดเมื่อได้รับความเข้มแสง 2,000 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ นอกจากนั้นมันสำปะหลังในแต่ละพันธุ์เมื่อได้รับความเข้มแสงในระดับเดียวกันแต่มีอายุการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่แตกต่างกัน โดยการเจริญเติบโตที่อายุ 2 เดือนหลังปลูกมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีค่าลดลงเมื่ออายุการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น แต่การเจริญเติบโตที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอายุ 6 เดือนหลังปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มันสำปะหลังในแต่ละพันธุ์มี P_{max} มากที่สุดในช่วงอายุ 2 เดือนหลังปลูก จากนั้น P_{max} มีค่าลดลง ซึ่งจากการทดลองมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีค่า P_{max} ต่ำสุด ในช่วงการเจริญเติบโตที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ส่วนค่า P_{max} ของมันสำปะหลังที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก จำนวนหลายพันธุ์มีค่าสูงกว่าการเจริญเติบโตที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ได้แก่ พันธุ์ระยอง 1 ระยอง 2 ระยอง 3 ระยอง 11 และห้วยบง 90 เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ P_n เพิ่มขึ้นจนถึงความเข้มแสง 2,200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ยกเว้นการเจริญเติบโตที่อายุ 4 เดือนหลังปลูกอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อได้รับความเข้มแสง 2,000 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ โดยการเจริญเติบโตที่อายุ 2 เดือนหลังปลูกเมื่อใบมันสำปะหลังได้รับความเข้มแสงอยู่ในช่วง 800-2,200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ทำให้ P_n สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตที่อายุ 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูก แต่ในช่วงอายุ 2 เดือนหลังปลูก มีจำนวนใบที่ยังคงอยู่ต่อต้นน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอายุ 4 และ 6 เดือนหลังปลูก และ P_n รองลงมาคือ การเจริญเติบโตที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก ในขณะที่การเจริญเติบโตที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก แม้ว่าพันธุ์มันสำปะหลังส่วนใหญ่มี P_n สูงขึ้นเมื่อเปรียบกับการเจริญเติบโตที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก แต่มีจำนวนใบยังคงอยู่และใบสมบูรณ์ต่อต้นลดลงเด่นชัด

ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการสังเคราะห์แสง

ปริมาณความเข้มข้น CO_2 ในอากาศที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ตั้งแต่เวลา 07.00-17.00 น. พบว่า ในช่วงเวลา 07.00 น. มีสูงสุดอยู่ระหว่าง 370-420 ppm หลังจากนั้น ปริมาณความเข้มข้น CO_2 ในอากาศมีค่าลดลง เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นสูงกว่า 200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ หรือในช่วงตั้งแต่เวลา 08.00 น. เป็นต้นไป โดยมีปริมาณความเข้มข้น CO_2 ในอากาศอยู่ระหว่าง 300-330 ppm จนกระทั่งถึงเวลา 17.00 น. จากการศึกษาการให้ระดับความเข้มข้น CO_2 ใน leaf chamber ในระดับแตกต่างกัน พบว่า การเพิ่มความเข้มข้น CO_2 จาก 400 600 และ 800 ppm ทำให้พันธุ์มันสำปะหลังส่วนใหญ่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้น โดยเมื่อใบมันสำปะหลังได้รับความเข้มข้น CO_2 ในระดับเดียวกัน การเจริญเติบโตในช่วงอายุ 2 และ 8 เดือนหลังปลูก มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงกว่าอายุ 4 และ 6 เดือนหลังปลูก สำหรับพันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการดูดซับ CO_2 พบว่า มันสำปะหลังในแต่ละพันธุ์มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ที่แตกต่างกัน และในพันธุ์เดียวกันแต่มีอายุการเจริญเติบโตแตกต่างกันก็มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ที่แตกต่างกัน โดยในสภาพความเข้มข้น CO_2 ระดับ 400 ppm พันธุ์มันสำปะหลังที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงในทุกช่วงการเจริญเติบโต ได้แก่ พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 11 พิรุณ 2 พิรุณ 4 สายพันธุ์ CMR57-83-69 และ CMR57-83-180 สำหรับพันธุ์ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ในระดับที่เพิ่มขึ้นได้ดี ได้แก่ พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 60 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 พิรุณ 2 และพิรุณ 4 เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ใช้ความเข้มแสงในระดับต่าง ๆ ได้ดี และให้ผลผลิตสูง ได้แก่ ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 และพิรุณ 2 ซึ่งพันธุ์เหล่านี้สามารถกักเก็บคาร์บอนและทำให้การผลิตมันสำปะหลังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

การให้ผลผลิตหัวสดและคุณภาพผลผลิตหัวสด

มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 6,586 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์ระยอง 9 ระยอง 11 CMR57-83-69 ระยอง 5 และระยอง 15 ให้ผลผลิตหัวสด 6,186 6,135 6,057 5,876 และ 5,822 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ระยอง 2 ระยอง 3 และระยอง 1 ให้ผลผลิตหัวสดต่ำสุด 2,100 2,172 และ 2,736 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์การให้ผลผลิตหัวสดต่อไร่กับอัตรา

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

การสังเคราะห์แสงสุทธิของใบมันสำปะหลังในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต พบว่า พันธุ์มันสำปะหลังที่ใบมีค่า I_c ต่ำ I_s สูง และมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงทั้งในสภาพที่มีความเข้มข้น CO_2 ต่ำและสูง มีผลทำให้มันสำปะหลังสามารถให้ผลผลิตหัวสดต่อไร่สูง

ปริมาณแป้งในหัวสด ที่อายุ 9 เดือนหลังปลูก หรือเดือนมีนาคม พบว่า พันธุ์ระยอง 11 และสายพันธุ์ CMR57-83-69 ให้ปริมาณแป้งสูงสุด 30.9 และ 30.3% ตามลำดับ รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 ให้ปริมาณแป้ง 25.3% และพันธุ์ระยอง 1 ให้ปริมาณแป้งในหัวสดต่ำสุด 14.2% ในขณะที่การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 12 เดือนหลังปลูกในเดือนมิถุนายน พบว่า พันธุ์ระยอง 90 CMR57-83-69 ห้วยบง 60 และระยอง 11 ให้ปริมาณแป้งสูงสุด 25.9 25.8 25.2 และ 25.1% ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ระยอง 1 และปุยฝ้าย ให้ปริมาณแป้งต่ำสุด 11.8 และ 12.1% ตามลำดับ ด้านปริมาณมันแห้งในหัวสด พบว่า พันธุ์ระยอง 11 และระยอง 7 ให้ปริมาณมันแห้งสูงสุด 42.1 และ 41.9% ตามลำดับ รองลงมาคือ ห้วยบง 80 และระยอง 86-13 ให้ปริมาณมันแห้ง 41.3 และ 41.2% ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์พิรุณ 4 ปุยฝ้ายและพิรุณ 2 ให้ปริมาณมันแห้งในหัวสดต่ำสุด 31.5 31.6 และ 32.1% ตามลำดับ (ตารางที่ 1.2)

พันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

มันสำปะหลังในแต่ละพันธุ์มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 แตกต่างกัน และในพันธุ์เดียวกันแต่มีอายุการเจริญเติบโตแตกต่างกันทำให้มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 แตกต่างกัน โดยในสภาพการให้ความเข้มข้น CO_2 ระดับ 400 ppm พันธุ์มันสำปะหลังที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงในทุกช่วงการเจริญเติบโต ได้แก่ พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 พิรุณ 2 พิรุณ 4 สายพันธุ์ CMR57-83-69 และสายพันธุ์ CMR57-83-180 สำหรับพันธุ์ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ที่เพิ่มขึ้น ทั้งในระดับ 600 และ 800 ppm ได้แก่ พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 60 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 พิรุณ 2 และพิรุณ 4 เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ใช้ความเข้มแสงในระดับต่าง ๆ ได้ดี และให้ผลผลิตต่อไร่สูง สามารถคัดเลือกพันธุ์ได้ดังนี้ พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 และพิรุณ 2 ซึ่งพันธุ์เหล่านี้สามารถกักเก็บคาร์บอนและทำให้การผลิตมันสำปะหลังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1.1 ค่าเฉลี่ยของตัวแปร light response curves ของสายพันธุ์/พันธุ์มันสำปะหลัง ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ประกอบด้วย maximum gross photosynthetic rate (P_{max}), light compensation point (I_c), light saturation point (I_s), quantum efficiency (α), curvature factor (θ), and dark respiration (R_d) ที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก ในช่วงเดือนสิงหาคม 2563

สายพันธุ์/พันธุ์	P_{max} (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$)	I_c (µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$)	I_s (µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$)	α (µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$)	θ	R_d (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$)
ระยอง 1	34.33	28.80	977.40	0.0654	0.6357	1.85
ระยอง 3	37.89	79.60	1053.60	0.0724	0.5401	5.36
ระยอง 5	35.16	14.40	1043.30	0.0712	0.0722	1.00
ระยอง 7	32.61	53.20	1073.40	0.0627	0.5087	3.17
ระยอง 9	32.61	49.00	1242.10	0.0627	0.5087	3.17
ระยอง 11	37.65	49.50	1024.40	0.0610	0.6060	2.92
ระยอง 86-13	28.71	48.10	1003.20	0.0731	0.4138	3.27
ระยอง 15	36.21	86.70	1018.20	0.0679	0.6507	5.54
ระยอง 60	29.53	93.10	1083.80	0.0601	0.7999	5.36
ระยอง 72	31.66	90.60	1079.80	0.0547	0.6893	4.70
ระยอง 90	32.69	90.35	1289.91	0.0708	0.4723	5.75
ระยอง 2 [1/]	28.10	47.90	930.70	0.0651	0.5057	2.95
ห้านาที [1/]	37.47	98.90	1107.80	0.0623	0.3812	5.56
CMR53-106-24	30.65	100.00	1086.60	0.0708	0.5999	5.85
CMR57-83-69	32.16	22.90	1031.60	0.0651	0.7482	1.48
CMR57-83-180	29.42	20.10	931.90	0.0580	0.6427	1.15
OMR29-20-118	32.87	49.10	961.30	0.0685	0.5136	3.19
เกษตรศาสตร์ 50	28.25	7.90	810.90	0.0742	0.5732	0.58
เกษตรศาสตร์ 72	30.96	24.70	870.60	0.0720	0.6340	1.74
ห้วยบง 60	31.31	32.50	996.30	0.0560	0.5413	1.77
ห้วยบง 80	33.32	47.40	1074.80	0.0657	0.5613	2.98
ห้วยบง 90	25.83	50.15	1234.03	0.0461	0.5956	2.23
พิรุณ 1	37.33	52.10	1025.00	0.0713	0.4734	3.52
พิรุณ 2 [1/]	31.04	23.20	784.90	0.0605	0.7961	1.39
พิรุณ 4 [1/]	29.82	15.90	656.80	0.0606	0.7894	0.96
ปุยฝ้าย [1/]	38.21	44.10	959.90	0.0554	0.7353	2.40

[1/] : พันธุ์เพื่อบริโภค

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1.2 ผลผลิตหัวสด ปริมาณแป้งในหัวสด ปริมาณมันแห้งในหัวสด ดัชนีเก็บเกี่ยว และความสูงทรงต้น ของสายพันธุ์/พันธุ์มันสำปะหลังในการดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ในปี พ.ศ. 2563-2564

สายพันธุ์/พันธุ์	ผลผลิตหัวสด [1/] (กก./ไร่)	ปริมาณแป้ง 9 เดือน (%)	ปริมาณแป้ง 12 เดือน (%)	ปริมาณมันแห้ง [1/] (%)	ดัชนีเก็บเกี่ยว [1/]	ความสูงทรงต้น [1/] (ซม.)
ระยอง 1	2,736 g	14.2 i	11.8 k	32.5 lm	0.39 j	283 ab
ระยอง 3	2,172 g	23.2 efg	22.2 bcd	36.6 e-j	0.47 i	164 j
ระยอง 5	5,879 a-d	24.3 d-g	21.3 cde	39.6 a-f	0.59 d-h	260 cd
ระยอง 7	4,693 def	26.1 cd	23.4 abc	41.9 a	0.62 def	232 e
ระยอง 9	6,186 ab	25.3 ab	23.7 abc	40.7 abc	0.62 def	281 b
ระยอง 11	6,057 abc	30.9 a	25.1 a	42.1 a	0.59 d-h	252 cde
ระยอง 86-13	4,115 ef	26.5 cd	24.1 ab	41.2 ab	0.63 c-f	211 fg
ระยอง 15	5,822 a-d	27.2 bc	23.5 abc	38.5 b-h	0.65 bcd	241 de
Rayong 60	4,693 def	24.3 d-g	17.1 ghi	34.1 j-m	0.61 def	194 gh
ระยอง 72	6,586 a	25.1 c-f	19.3 efg	36.0 hjj	0.69 ab	212 fg
ระยอง 90	4,750 def	26.3 cd	25.9 a	38.3 b-i	0.61 def	214 f
ระยอง 2 [2/]	2,100 g	17.1 h	13.1 jk	32.8 klm	0.54 h	171 ij
ห้านาที [2/]	3,857 f	21.8 g	15.3 ij	35.2 i-l	0.46 i	300 a
CMR53-106-24	5,078 b-f	26.2 cd	23.5 abc	35.8 h-k	0.61 def	257 cd
CMR57-83-69	6,136 abc	30.3 a	25.8 a	39.8 a-e	0.65 bcd	251 cde
CMR57-83-180	5,323 b-e	27.0 bc	24.0 abc	36.4 g-j	0.60 d-g	247 cde
OMR29-20-118	4,715 def	25.6 cde	18.7 e-h	39.9 a-d	0.55 gh	265 bc
เกษตรศาสตร์ 50	4,422 ef	23.1 efg	17.4 f-i	36.5 f-j	0.54 h	242 de
เกษตรศาสตร์ 72	4,093 ef	23.3 efg	18.7 e-h	37.2 d-j	0.62 def	240 de
ห้วยบง 60	3,907 f	24.0 d-g	18.7 e-h	35.9 hij	0.59 d-h	234 e
ห้วยบง 80	4,893 c-f	27.5 bc	25.2 a	41.3 ab	0.64 b-e	186 hi
ห้วยบง 90	5,300 b-e	26.2 cd	20.7 de	39.5 a-g	0.71 a	159 j
พิรุณ 1	4,193 ef	24.2 d-g	19.8 def	37.8 c-i	0.68 abc	244 de
พิรุณ 2 [2/]	5,086 b-f	23.2 efg	16.2 hi	32.1 m	0.60 d-g	255 cd
พิรุณ 4 [2/]	4,629 def	23.0 fg	16.7 ghi	31.4 m	0.57 fgh	257 cd
ปุยฝ้าย [2/]	4,715 def	19.1 h	12.1 k	31.6 m	0.58 e-h	246 cde
CV (%)	11..2	4.3	5.6	3.6	4.0	3.7

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

[1/] : เก็บเกี่ยวผลผลิตหัวสดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ในเดือนมิถุนายน 2564

[2/] : พันธุ์เพื่อบริโภค

กรมวิชาการเกษตร

2. การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงการผลิตมันสำปะหลัง

2.1 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลังในระดับแปลง

ผลการวิเคราะห์ดินในแปลงทดลองก่อนปลูก ดินมีความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง เมื่อประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับมันสำปะหลัง อัตราที่แนะนำ คือ 16-8-8 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ผลต่อการเจริญเติบโต พบว่า การจัดการปุ๋ยโพแทชไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงที่อายุเก็บเกี่ยว สายพันธุ์ CMR57-83-180 ให้ความสูงทรงต้นที่อายุเก็บเกี่ยวสูงสุดเฉลี่ย 295 เซนติเมตร รองลงมาคือ สายพันธุ์ CMR57-83-69 และพันธุ์ระยอง 72 มีความสูงเฉลี่ย 279 และ 233 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเก็บเกี่ยว สายพันธุ์ CMR57-83-180 และ CMR57-83-69 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกว้างกว่าพันธุ์ระยอง 72 สอดคล้องกับการเจริญเติบโตด้านความสูง ปุ๋ยอัตรา 16-8-12 และ 16-8-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าปุ๋ยอัตรา 16-8-8 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ หรือปุ๋ยเคมีอัตรา 1.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K

ดัชนีพื้นที่ใบ

การจัดการปุ๋ยโพแทชมีผลทำให้ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index, LAI) มันสำปะหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-12 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K) มีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดเฉลี่ย 6.06 อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์มีค่า LAI สูงสุดที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก หลังจากนั้น LAI จะค่อยลดลงมาที่อายุ 8 เดือน (มีนาคม 2564) ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งทำให้มันสำปะหลังเกิดการทิ้งใบ

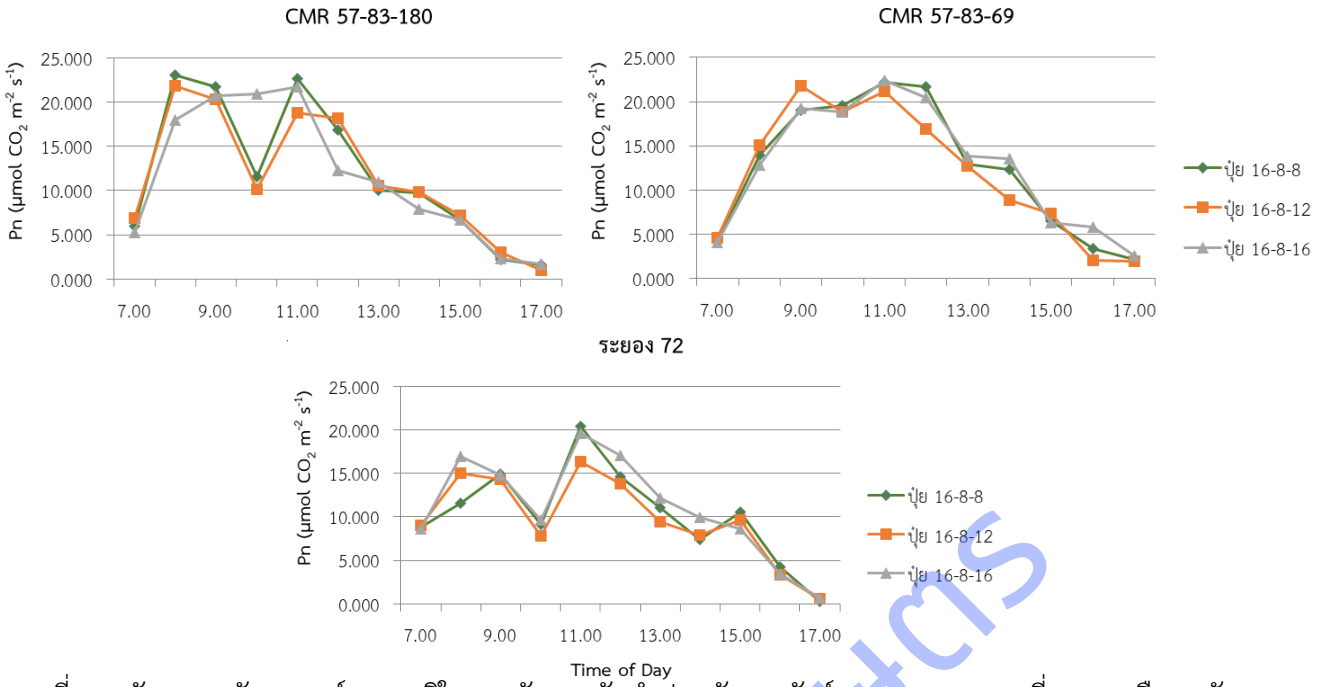
ความเขียวและปริมาณคลอโรฟิลล์

ค่าความเขียวของใบ ทุกช่วงอายุ พบว่า พันธุ์ระยอง 72 และสายพันธุ์ CMR57-83-69 ให้ค่าความเขียวสูงกว่าสายพันธุ์ CMR57-83-180 โดยที่สายพันธุ์ CMR57-83-180 มีค่าความเขียวสูงสุดที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ให้ค่าความเขียวเฉลี่ย 53 SPAD units ในขณะที่พันธุ์ระยอง 72 และสายพันธุ์ CMR57-83-69 มีค่าความเขียวสุงสุดที่อายุ 8 เดือน เฉลี่ย 58 SPAD units มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ระยอง 72 มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด รองลงมาคือ สายพันธุ์ CMR57-83-69 และ CMR57-83-180 ตามลำดับ จากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ค่อยๆ ลดลงจนถึงจุดต่ำสุดที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก (มกราคม 2564) และมีค่าเพิ่มขึ้นที่อายุ 8 เดือนหลังปลูกแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัตราการสังเคราะห์แสง

อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบมันสำปะหลัง เริ่มตรึง CO_2 เวลา 07.00 น. โดยสัมพันธ์กับความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 09.00-12.00 น. หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลง ดังนั้นพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับ CO_2 สูงสุดในกลุ่มนี้ คือ สายพันธุ์ CMR57-83-180 โดยมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสดงสุทธิของใบสูงสุด เฉลี่ย 23.07 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือ CMR57-83-69 และระยอง 72 เฉลี่ย 22.43 และ 20.44 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ช่วงเวลาที่ต้นมันสำปะหลังตรึง CO_2 ได้สูงสุด คือ เวลา 09.00-12.00 น. ในสายพันธุ์ CMR57-83-69 ส่วนสายพันธุ์ CMR57-83-180 คือ เวลา 08.00 – 09.00 น. และ 11.00-12.00 น. ในขณะที่พันธุ์ระยอง 72 ช่วงเวลา 11.00 น. (ภาพที่ 1.1)

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 1.1 อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันของมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR57-83-180 ที่อายุ 4 เดือนหลังปลูกที่มีการจัดการปุ๋ยโพแทชแตกต่างกัน

ปริมาณมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง

เมื่อเก็บเกี่ยว ปริมาณมวลชีวภาพรวมสูงสุดเฉลี่ย 2,946 กก./ไร่ โดยพันธุ์ระยอง 72 มีปริมาณสูงสุดที่อัตราปุ๋ย 16-8-8 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ เฉลี่ย 3,467 กก./ไร่ ในขณะที่สายพันธุ์ CMR57-83-180 มีปริมาณสูงสุดที่อัตราปุ๋ย 16-8-12 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ เฉลี่ย 3,656 กก./ไร่ และให้ปริมาณต่ำสุดที่อัตรา 16-8-8 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (2,345 กก./ไร่) สำหรับสายพันธุ์ CMR57-83-69 ให้ปริมาณสูงสุดเมื่อมีการใช้ปุ๋ย 16-8-8 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ หรือปุ๋ยเคมี 2.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K อัตราปุ๋ยโพแทชไม่มีผลต่อมวลชีวภาพส่วนใบ ก้านใบ ลำต้น และใบยกเว้นที่อายุเก็บเกี่ยว ในส่วนรากสะสมอาหาร (หัว) ของมันสำปะหลัง พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยโพแทชและพันธุ์ โดยการให้ปุ๋ยอัตรา 16-8-8 และ 16-8-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ทำให้มวลชีวภาพส่วนหัวของมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR57-83-180 มีปริมาณต่ำสุดเฉลี่ย 868 และ 941 กก./ไร่ ตามลำดับ นอกนั้นการให้ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ ของสายพันธุ์ CMR57-83-69 และระยอง 72 ไม่ทำให้ปริมาณมวลชีวภาพส่วนของหัวมีความแตกต่างกัน

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในมันสำปะหลัง

พันธุ์มันสำปะหลังให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ระยอง 72 และสายพันธุ์ CMR57-83-69 ให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน เฉลี่ย 42.4 และ 42.5% สูงกว่าสายพันธุ์ CMR57-83-180 ที่ให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ย 41.8% สำหรับช่วงอายุอื่น ๆ ลักษณะของพันธุ์และการจัดการปุ๋ยไม่ได้ทำให้ความเข้มข้นของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแตกต่างกัน โดยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของใบทุกช่วงอายุการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง มีค่าอยู่ในช่วง 41.3-46.3% ในขณะส่วนของก้านใบ ที่อายุเก็บเกี่ยว ลักษณะของพันธุ์ และการจัดการปุ๋ยมีผลต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอน โดยสายพันธุ์ CMR57-83-69 ให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุดเฉลี่ย 44.7% เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ ในขณะที่การจัดการปุ๋ยโพแทช พบว่า ปุ๋ยอัตรา 16-8-8 กก. N-

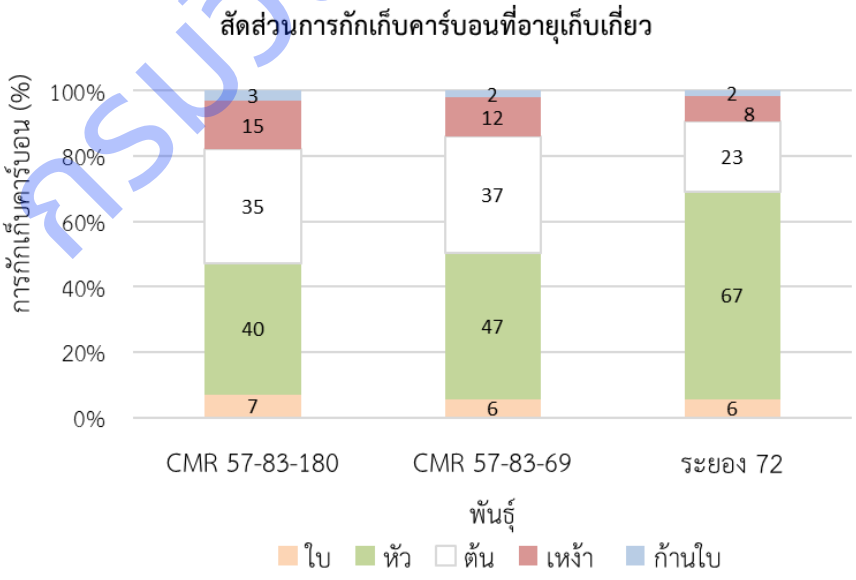
กรมวิชาการเกษตร

P_2O_5-K_2O/ไร่ ให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด เฉลี่ย 43.9% รองลงมาคือ ปุ๋ยอัตรา 16-8-12 และ 16-8-16 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ 43.2 และ 42.8% ตามลำดับ สำหรับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของก้านใบ ทุกช่วงอายุการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง มีค่าอยู่ในช่วง 35.2-45.3%

การกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ สามารถกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเฉลี่ย 1,427 กก.C/ไร่ พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการใช้ปุ๋ยโพแทชต่อการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่มีการใช้สายพันธุ์ CMR57-83-180 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 16-8-12 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดสูงสุดเฉลี่ย 1,764 กก.C/ไร่ แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีการใช้สายพันธุ์ CMR57-83-69 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 16-8-16 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ เฉลี่ย 1,707 กก.C/ไร่ และกรรมวิธีการใช้สายพันธุ์ CMR57-83-69 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 16-8-8 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ เฉลี่ย 1,671 กก.C/ไร่ สำหรับกรรมวิธีที่มีการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดต่ำที่สุด คือ การใช้พันธุ์ CMR57-83-180 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 16-8-8 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ หรือการปุ๋ยเคมี 1.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K ให้ปริมาณกักเก็บคาร์บอนเพียง 1,127 กก.C/ไร่ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยลักษณะเฉพาะของพันธุ์มันสำปะหลังต่อการกักเก็บคาร์บอน พบว่า พันธุ์ระยอง 72 มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดสูงสุดเฉลี่ย 1,460 กก.C/ไร่ รองลงมาคือ สายพันธุ์ CMR57-83-69 เฉลี่ย 1,441 กก.C/ไร่ และสายพันธุ์ CMR57-83-180 มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนต่ำสุดเฉลี่ย 1,380 กก.C/ไร่

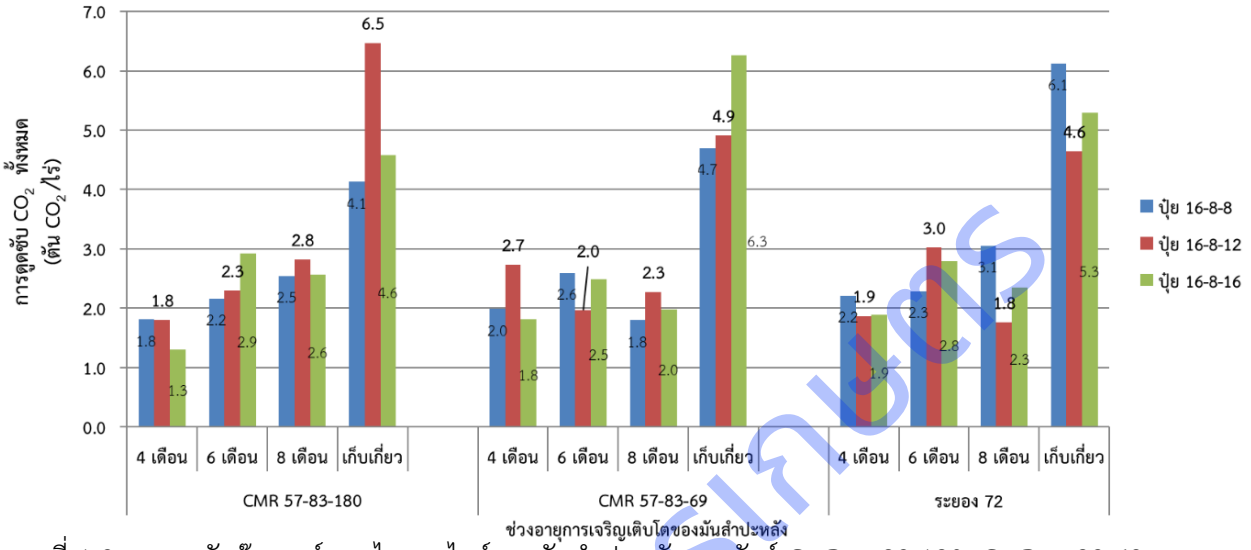
การจัดการปุ๋ยและพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันในสัดส่วนการกักเก็บคาร์บอน โดยหัวมีการสะสมคาร์บอนสูงสุด พันธุ์ระยอง 72 มีการกักเก็บคาร์บอนในส่วนของหัวสูงสุดถึง 67% รองลงมาคือ ลำต้น เหง้า ใบ และก้านใบ เฉลี่ย 23 8 6 และ 2% ตามลำดับ ในขณะที่สายพันธุ์ CMR57-83-69 และ CMR57-83-180 มีการกักเก็บคาร์บอนในส่วนหัว สูงสุด 47% และ 40% ตามลำดับ รองลงมาคือ ลำต้น เหง้า ใบ และก้านใบ ตามลำดับ (ภาพที่ 1.2)



ภาพที่ 1.2 สัดส่วนการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR57-83-180 CMR57-83-69 และพันธุ์ระยอง 72 ที่อายุเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตร

สำหรับการดูดซับ CO_2 ของมันสำปะหลังทั้ง 3 สายพันธุ์/พันธุ์ ซึ่งให้ค่าการดูดซับ CO_2 ในทำนองเดียวกันกับการกักเก็บคาร์บอน พบว่า มันสำปะหลังจะค่อยเพิ่มการดูดซับ CO_2 ตามการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้มันสำปะหลัง 1 ฤดูปลูกมีศักยภาพในการดูดซับ CO_2 เฉลี่ย 5.2 ตัน CO_2/ไร่ ซึ่งกรรมวิธีการใช้สายพันธุ์ CMR57-83-180 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 16-8-12 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ หรือการปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K สามารถดูดซับ CO_2 ได้สูงสุดเฉลี่ย 6.5 ตัน CO_2/ไร่ สอดคล้องกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต้นมันสำปะหลัง (ภาพที่ 1.3)



ภาพที่ 1.3 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR57-83-180 CMR57-83-69 และพันธุ์ระยอง 72 ที่อายุ 4 6 8 เดือนหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยว ที่มีการจัดการปุ๋ยโพแทชแตกต่างกัน

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ระยอง 72 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเฉลี่ย 5,413 กก./ไร่ รองลงมา คือ CMR57-83-69 และ CMR57-83-180 เฉลี่ย 3,956 และ 3,786 กก./ไร่ ตามลำดับ ทำนองเดียวกันกับดัชนีการเก็บเกี่ยว พันธุ์ระยอง 72 มีดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงสุดเฉลี่ย 0.58 รองลงมา คือ สายพันธุ์ CMR57-83-69 และ CMR57-83-180 เฉลี่ย 0.40 และ 0.38 ตามลำดับ (ตารางที่ 1.3)

ปริมาณแป้งในหัวสด พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการจัดการปุ๋ยโพแทชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่มีการใช้สายพันธุ์ CMR57-83-69 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 16-8-16 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ หรือการปุ๋ยเคมี 2.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K ให้ปริมาณแป้งสูงสุดเฉลี่ย 19.83% แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการใช้สายพันธ์ CMR57-83-69 ร่วมกับการปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K (19.13%) และการปุ๋ยเคมี 1.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K (17.60%) ตามลำดับ ดังนั้น สายพันธุ์ CMR57-83-69 การใช้ปุ๋ยช่วยเพิ่มปริมาณแป้งในหัวสดแป้งได้ดีที่สุดเฉลี่ย 18.85% ส่วนผลผลิตแป้ง พบว่า สายพันธุ์ CMR57-83-69 ให้ผลผลิตแป้งสูงสุดเฉลี่ย 733 กก./ไร่ รองลงมาคือสายพันธุ์ CMR57-83-180 และระยอง 72 เฉลี่ย 628 และ 521 กก./ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.4)

สายพันธุ์ CMR57-83-180 ที่จัดการปุ๋ยอัตรา 16-8-12 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ให้ผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนสูงสุดเฉลี่ย 1,764 กก.C/ไร่ และผลผลิตแป้งเฉลี่ย 653 กก./ไร่ ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อเปรียบทุก

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย ส่วนสายพันธุ์ CMR57-83-69 การกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้นตามระดับการให้ปุ๋ยโพแทช แต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับผลผลิตแป้ง สำหรับพันธุ์ระยอง 72 พบว่า ลักษณะความสัมพันธ์มีทิศทางตรงกันข้าม การให้ปุ๋ย 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ K ให้ผลผลิตแป้งสูงสุดเฉลี่ย 535 กก./ไร่ แต่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต่ำสุดเฉลี่ย 1,266 กก.C/ไร่

ตารางที่ 1.3 ผลผลิตหัวสด และดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR57-83-180 CMR57-83-69 และพันธุ์ระยอง 72 ที่อายุเก็บเกี่ยว ที่มีการจัดการปุ๋ยโพแทชแตกต่างกัน

การจัดการปุ๋ย (F)	ผลผลิตหัวสด (กก./ไร่) (V)				ดัชนีเก็บเกี่ยว (V)			
(กก. N-P_2O_5-K_2O/ ไร่)	CMR57-83-180	CMR57-83-69	ระยอง 72	เฉลี่ย	CMR57-83-180	CMR57-83-69	ระยอง 72	เฉลี่ย
16-8-8	3,609	4,245	5,514	4,456	0.38	0.39	0.57	0.45
16-8-12	3,939	3,778	5,405	4,374	0.38	0.39	0.56	0.44
16-8-16	3,811	3,845	5,319	4,325	0.37	0.41	0.58	0.45
เฉลี่ย	3,786b	3,956b	5,413a	4,385	0.38b	0.40b	0.58a	0.45
F-Test	Varieties (V) = **, Fertilizers (F) = ns (V) x (F) = ns				Varieties (V) = **, Fertilizers (F) = ns (V) x (F) = ns			
CV (%)	(V) 16.2 (F) 13.5				(V) 8.0 (F) 5.3			

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันทางด้านสดมภ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 1.4 ปริมาณแป้งในหัวสด และผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR 57-83-180 CMR 57-83-69 และพันธุ์ระยอง 72 ที่อายุเก็บเกี่ยว ที่มีการจัดการปุ๋ยโพแทชแตกต่างกัน

การจัดการปุ๋ย (F)	ปริมาณแป้ง (%) (V)				ผลผลิตแป้ง (กก./ไร่) (V)			
(กก. N-P_2O_5-K_2O/ ไร่)	CMR57-83-180	CMR57-83-69	ระยอง 72	เฉลี่ย	CMR57-83-180	CMR57-83-69	ระยอง 72	เฉลี่ย
16-8-8	11.58c	17.60ab	14.18b	14.45	641	753	512	635
16-8-12	12.08c	19.13a	13.40bc	14.87	653	723	535	637
16-8-16	11.18c	19.83a	13.70bc	14.90	591	723	516	630
เฉลี่ย	11.61	18.85	13.76	14.74	628b	733a	521c	633
F-Test	Varieties (V) = **, Fertilizers (F) = ns (V) x (F) = *				Varieties (V) = *, Fertilizers (F) = ns (V) x (F) = ns			
CV (%)	(V) 21.0 (F) 6.7				(V) 40.4 (F) 11.9			

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันทางด้านสดมภ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT, ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

กรมวิชาการเกษตร

2. การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลังในระดับพื้นที่

ผลการสำรวจมันสำปะหลังในแปลงเกษตรกรที่มีการเลือกใช้พันธุ์และการจัดการแปลงที่แตกต่างกัน 1 ฤดูปลูก พบว่า เกษตรกรปลูกพันธุ์ระยอง 72 และ CMR33-38-48 มากที่สุด รองลงมาเป็นพันธุ์ระยอง 11 ระยอง 9 CMR33-53-81 CMR43-08-89 และระยอง 13 CMR33-35-69 CMR36-55-166 ระยอง 2 และระยอง 5 ส่วนใหญ่ปลูกมันสำปะหลังแบบอาศัยน้ำฝน และมีการให้น้ำชลประทานโดยอาศัยน้ำบาดาลจำนวน 6 ราย ส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ย 1 ครั้งต่อฤดูปลูก สูงสุด 3 ครั้ง มีบางรายไม่ใส่ปุ๋ย เกรดปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรเลือกใช้ สำหรับรองพื้นก่อนปลูก ได้แก่ ปุ๋ย 0-0-60 15-15-15 46-0-0 27-12-6 16-20-0 18-46-0 15-7-18 เป็นต้น ใส่อัตรา 10-50 กก./ไร่ ทั้งใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเดียว และผสมรวมกัน เช่น การใส่ปุ๋ย 46-0-0 ร่วมกับ 15-15-15 อัตรา 20-50 กก./ไร่ เป็นต้น มันสำปะหลังมีความสูงในช่วง 140 - 290 ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นอยู่ในช่วง 14.5-27.6 มม. ความเขียวใบอยู่ในช่วง 32.6-63.1 SPAD units ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 1.34-5.47 มก./ดม.^{2} ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี อยู่ในช่วง 0.40-1.65 มก./ดม.^{2} และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.34-5.47 มก./ดม.^{2}

มวลชีวภาพ

น้ำหนักแห้งสะสมในส่วนของหัวสูงสุดอยู่ในช่วง 426-3,297 กก./ไร่ หรือ คิดเป็น 67.3% ของทุกส่วนในต้นมันสำปะหลัง รองลงมาคือ ส่วนลำต้นอยู่ในช่วง 225-1,081 กก./ไร่ คิดเป็น 21.5% ส่วนเหง้า (62-439 กก./ไร่) คิดเป็น 9.9% ส่วนของใบ ไม่มีใบจนถึง 104 กก./ไร่ (1.0%) และส่วนของก้านใบ คือ ไม่มีก้านใบจนถึง 38 กก./ไร่ หรือ 0.3% ของทุกส่วน ดังนั้น การผลิตมันสำปะหลัง 1 ฤดูปลูก มีการสะสมน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพอยู่ในช่วง 1,028 - 4,259 กก./ไร่

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอน

มันสำปะหลังมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนหัวมากที่สุดอยู่ในช่วง 46.85-52.12% รองลงมาคือ ส่วนของเหง้า 39.54-49.91% ลำต้น 40.83-48.53% ใบ 38-46.45% และก้านใบ 31.03-43.89% ของน้ำหนักแห้งชีวมวลแต่ละส่วน ตามลำดับ สอดคล้องกับการกักเก็บคาร์บอน หัวมีการสะสมคาร์บอนสูงสุดเฉลี่ย 70.2% รองลงมาคือ ส่วนของเหง้าเฉลี่ย 19.6% ลำต้นเฉลี่ย 8.9% ใบเฉลี่ย 1.0% และก้านใบเฉลี่ย 0.3% ของน้ำหนักแห้งชีวมวลรวม ส่วนของหัวมีการกักเก็บคาร์บอนและมีปริมาณอินทรียคาร์บอนสูงสุด สอดคล้องกับปริมาณมวลชีวภาพ ดังนั้น มันสำปะหลัง 1 ฤดูปลูกสามารถกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับ CO_2 อยู่ในช่วง 500-2,078 กก. C/ไร่ และ 1,834 – 7,621 กก. CO_2/ไร่ ให้ผลผลิตหัวสด 2.0-13.5 ตัน/ไร่

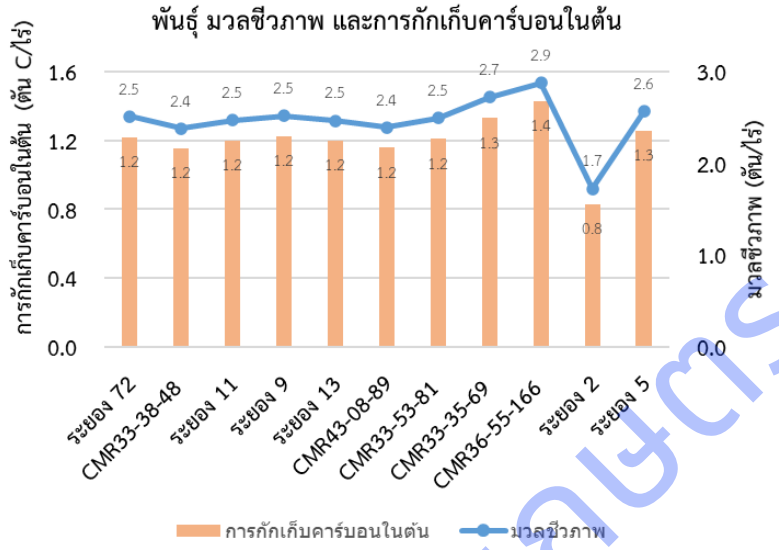
การกักเก็บคาร์บอนในดิน

อินทรียคาร์บอนได้ในดินที่เกิดจากเศษซากพืชที่หลุดร่วงถูกย่อยสลายและเก็บสะสมในดิน พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. มีปริมาณอินทรียคาร์บอนอยู่ในช่วง 0.1-1.4% และดินล่างที่ระดับความลึก 20-50 ซม. มีปริมาณอินทรียคาร์บอนอยู่ในช่วง 0.1-1.6% ทั้งนี้เมื่อคำนวณร่วมกับความหนาแน่นรวมของดิน ได้ผลการกักเก็บคาร์บอนในดิน ดินบนอยู่ในช่วง 0.53-6.50 ตัน C/ไร่ และดินล่างอยู่ในช่วง 0.72-10.37 ตัน C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับ CO_2 ของดินบนและดินล่างอยู่ในช่วง 1.94-23.82 และ 2.64-38.02 ตัน CO_2/ไร่ สรุปจากการสำรวจมันสำปะหลังในแปลงเกษตรกรที่มีการเลือกใช้พันธ์และการจัดการแปลงที่แตกต่างกันมีการกักเก็บคาร์บอนในดินทั้งสองระดับความลึกอยู่ระหว่าง 0.53-10.37 ตัน C/ไร่ หรือการดูดซับ CO_2 อยู่ในช่วง 1.94-38.02 ตัน CO_2/ไร่

กรมวิชาการเกษตร

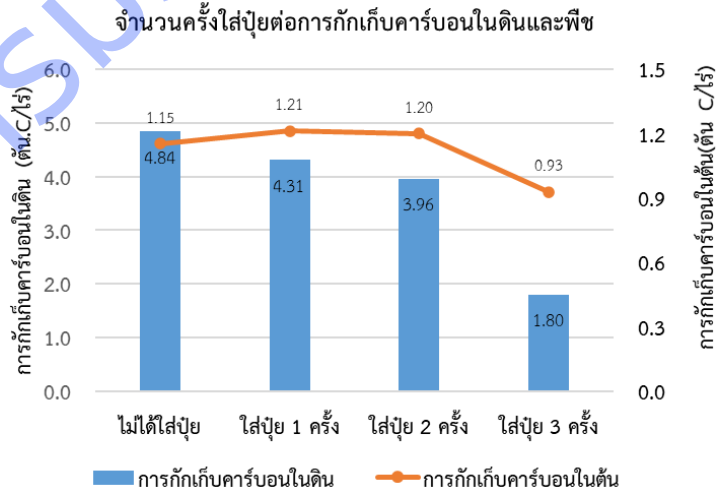
ความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ การจัดการปุ๋ย การเจริญเติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอน

พันธุ์ที่มีการสะสมมวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอนไว้ในลำต้นสูงสุดคือ สายพันธุ์ CMR36-55-166 เฉลี่ย 1.4 กก.C/ไร่ รองลงมาคือ สายพันธุ์ CMR33-35-69 และพันธุ์ระยอง 5 เฉลี่ย 1.3 ตัน C/ไร่ ส่วนพันธุ์ที่มีการกักเก็บคาร์บอนและสะสมมวลชีวภาพต่ำสุด คือ พันธุ์ระยอง 2 เฉลี่ย 0.8 ตัน C/ไร่ และ 1.7 ตัน/ไร่ (ภาพที่ 1.4)



ภาพที่ 1.4 การสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยของพันธุ์มันสำปะหลังที่แตกต่างกัน

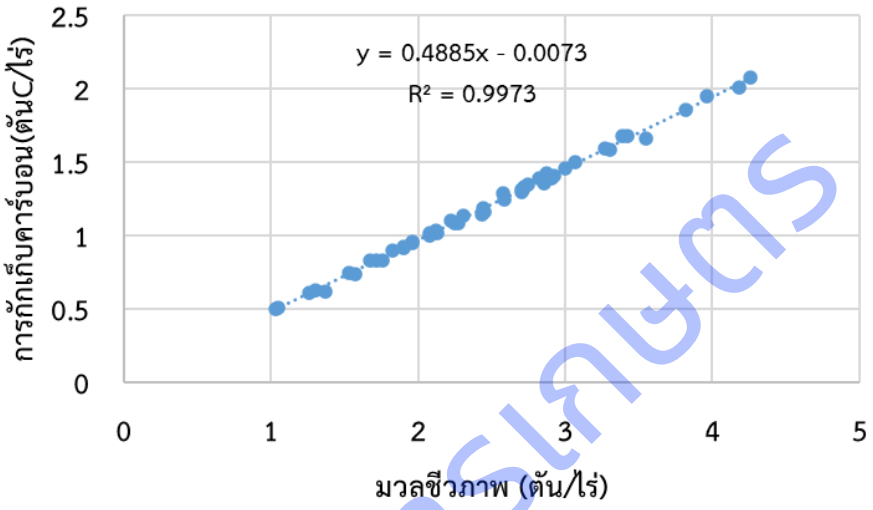
จำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ย พบว่า การไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงสุดเฉลี่ย 4.84 ตัน C/ไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ย 1 ครั้งกักเก็บคาร์บอนในดินเฉลี่ย 4.31 ตัน C/ไร่ การใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง และการใส่ปุ๋ย 3 ครั้งกักเก็บคาร์บอนในดินเฉลี่ย 3.96 และ 1.8 ตัน C/ไร่ ในขณะที่การกับเก็บคาร์บอนในลำต้น พบว่า การใส่ปุ๋ย 1 ครั้งทำให้มันสำปะหลังมีการกักเก็บคาร์บอนสูงสุดเฉลี่ย 1.21 ตัน C/ไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง กับเก็บคาร์บอนในลำต้นเฉลี่ย 1.20 1.15 และ 0.93 ตัน C/ไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 1.5)



ภาพที่ 1.5 จำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

กรมวิชาการเกษตร

มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในต้นพืชมีความสัมพันธ์กันสูง (R^2 0.99) ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง มีความสัมพันธ์กันเชิงบวก กับการกักเก็บคาร์บอนในต้น ให้ค่า r^2 0.34 และ 0.41 ตามลำดับ ส่วนความเขียวใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลังต่ำ เมื่อนำมาหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน ได้สมการความสัมพันธ์เส้นตรง Y = 0.4885x – 0.0073 โดย Y คือ การกักเก็บคาร์บอนในต้น (ตัน C/ไร่) และ X คือ มวลชีวภาพทั้งหมด (ตัน/ไร่) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 (ภาพที่ 1.6)



ภาพที่ 1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลังที่ช่วงอายุ 7 – 10 เดือน ของการผลิตมันสำปะหลังในไร่เกษตรกรเขตจังหวัดนครสวรรค์

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์สูงกับการกักเก็บคาร์บอนในดิน (R^2 0.99) ส่วนความหนาแน่นรวมของดินมีความสัมพันธ์ตรงกันข้าม เมื่อนำมาหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บคาร์บอนในดิน และปริมาณอินทรีวัตถุในดิน ได้สมการความสัมพันธ์เส้นตรง Y = 3.2088x + 0.2205 โดย Y คือ การกักเก็บคาร์บอนในดิน (ตัน C/ไร่) และ X คือ ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.98

สำหรับการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง พบว่า มวลชีวภาพมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกักเก็บคาร์บอนในต้น ทั้งนี้การกักเก็บคาร์บอนในดินไม่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน อย่างไรก็ตามศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในระบบปลูกมันสำปะหลังอาจแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมและการจัดการแปลง สอดคล้องกับมนต์สรวง และคณะ (2557) รายงานว่า ระบบปลูกพืชและการจัดการที่เหมาะสม สามารถเป็นแนวทางช่วยกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การเกษตรอย่างยั่งยืน

ลิขสิทธิ์การเกษตร

2.3 เทคนิคประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงมันสำปะหลังโดยไม่ทำลายตัวอย่าง

ระดับแปลงทดลอง

การประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินในส่วนของต้น และรากสะสมอาหารหรือผลผลิตมันสำปะหลังสามารถประมาณได้จากความสูงต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของแปลงทดลองมันสำปะหลังที่ระยะการเจริญเติบโต 4 6 8 เดือนหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังรายพันธุ์ และทั้งสามพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ CMR 57-83-180 พันธุ์ CMR 57-83-69 และพันธุ์ระยอง 72 พบว่า การใช้ตัวแปรมากกว่า 1 ตัวให้ผลการประเมินดีกว่าใช้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง ทุกพันธุ์และช่วงอายุในขณะที่มันสำปะหลังที่อายุเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 1.5) ได้สมการหลายตัวแปร ที่ BM = 0.006H + 0.051D ให้ค่า R^2=0.943 และ RMSE ต่ำสุด (0.74 ตัน/ไร่)

การประเมินการกักเก็บคาร์บอน สามารถใช้ชีวมวลในการประเมินได้มีความแม่นยำสูง โดยเมื่อเก็บเกี่ยวพันธุ์ CMR 57-83-180 ได้สมการเป็น CS = 0.481*BM พันธุ์ CMR 57-83-69 สมการเป็น CS = 0.491*BM และพันธุ์ระยอง 72 สมการเป็น CS = 0.483*BM หรือเฉลี่ยทุกพันธุ์เป็น CS = 0.484*BM มีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.9995-0.9997 และ ค่า RMSE ระหว่าง 0.01 – 0.02 ตัน C/ไร่

ระดับแปลงมันสำปะหลังเกษตรกร

ชีวมวลทั้งส่วนเหนือพื้นดินและผลผลิตหัวของมันสำปะหลัง สามารถประเมินชีวมวลได้จากความสูงต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลังในทำนองเดียวกันกับการประเมินในระดับแปลงที่เวลาเก็บเกี่ยว แต่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่า R^2 ระหว่าง 0.905-0.952 และ RMSE ระหว่าง 0.56-0.78 ตัน/ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่นำมาใช้ประเมินความสัมพันธ์ และชนิดของพันธุ์มันสำปะหลัง (ตารางที่ 1.6)

ส่วนการประเมินการกักเก็บคาร์บอน พบว่า ชีวมวลรวม สามารถประเมินการกักเก็บคาร์บอนได้ มีความแม่นยำสูง โดยเฉลี่ยทุกพันธุ์ที่สำรวจพบได้จากสมการ CS = 0.486*BM มีความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่า R^2 =0.9997 และ RMSE 0.0194 ตัน C/ไร่

ค่าดัชนีพืชพรรณ

ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ตำแหน่งแปลงตัวอย่าง ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 มีความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน ในรูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง มีความสัมพันธ์ต่ำระหว่างมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ เท่ากับ 0.001 และ 0.0051 ตามลำดับ และค่า RMSE เท่ากับ 0.78 ตัน/ไร่ และ 0.38 ตัน C/ไร่ จึงไม่นำมาใช้ในการประเมิน

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

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1.5 สมการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินและใต้ดินของมันสำปะหลัง ระดับแปลงทดลอง

พันธุ์	อายุ (เดือน)	สมการ	R^2	RMSE
CMR 57-83-180	4	Model 1 BM = 0.005H	0.919	0.3193
		2 BM = 0.039D	0.942	0.2703
		3 BM = - 0.010H + 0.113D	0.959	0.2267
	6	Model 1 BM = 0.007H	0.955	0.3256
		2 BM = 0.057D	0.952	0.3362
		3 BM = 0.005H + 0.020D	0.956	0.3208
	8	Model 1 BM = 0.008H	0.970	0.3061
		2 BM = 0.060D	0.983	0.2330
		3 BM = - 0.004H + 0.092D	0.985	0.2209
	ระยะเก็บเกี่ยว	Model 1 BM = 0.010H	0.941	0.7571
		2 BM = 0.097D	0.948	0.7087
		3 BM = - 0.004H + 0.132D	0.949	0.7051
CMR 57-83-69	4	Model 1 BM = 0.007H	0.938	0.3663
		2 BM = 0.051D	0.947	0.3393
		3 BM = - 0.001H + 0.058D	0.947	0.3390
	6	Model 1 BM = 0.007H	0.932	0.3904
		2 BM = 0.053D	0.921	0.4197
		3 BM = 0.009H - 0.017D	0.933	0.3885
	8	Model 1 BM = 0.005H	0.979	0.1896
		2 BM = 0.043D	0.993	0.1107
		3 BM = - 0.001H + 0.052D	0.993	0.1074
	ระยะเก็บเกี่ยว	Model 1 BM = 0.011H	0.962	0.6281
		2 BM = 0.107D	0.960	0.6417
		3 BM = 0.007H + 0.035D	0.962	0.6240
ระยอง 72	4	Model 1 BM = 0.008H	0.981	0.1828
		2 BM = 0.061D	0.984	0.1639
		3 BM = - 0.003H + 0.086D	0.985	0.1620
	6	Model 1 BM = 0.010H	0.925	0.4738
		2 BM = 0.0083D	0.930	0.4587
		3 BM = 0.003H + 0.061D	0.931	0.4559
	8	Model 1 BM = 0.009H	0.931	0.4262
		2 BM = 0.071D	0.919	0.4611
		3 BM = 0.016H - 0.057D	0.933	0.4173
	ระยะเก็บเกี่ยว	Model 1 BM = 0.014H	0.975	0.5040
		2 BM = 0.135D	0.971	0.5458
		3 BM = 0.012H + 0.017D	0.975	0.5031
สามพันธุ์	4	Model 1 BM = 0.007H	0.921	0.3506
		2 BM = 0.049D	0.931	0.3306
		3 BM = - 0.002H + 0.064D	0.931	0.3293
	6	Model 1 BM = 0.008H	0.904	0.4776
		2 BM = 0.061D	0.900	0.4873
		3 BM = 0.006H + 0.016D	0.905	0.4763
	8	Model 1 BM = 0.007H	0.920	0.4190
		2 BM = 0.056D	0.926	0.4022
		3 BM = 0.001H + 0.050D	0.926	0.4021
	ระยะเก็บเกี่ยว	Model 1 BM = 0.011H	0.942	0.7429
		2 BM = 0.110D	0.941	0.7449
		3 BM = 0.006H + 0.051D	0.943	0.7364
โดยที่	BM = ชีวมวลของมันสำปะหลัง (ตัน/ไร่), H = ความสูงต้น (เซนติเมตร) D = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง (มิลลิเมตร)			

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1.6 สมการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินและใต้ดินของมันสำปะหลัง ระดับแปลงสำรวจ

พันธุ์	สมการ	R^2	RMSE
ทุกพันธุ์[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
ระยอง 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
ระยอง 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
โดยที่	BM = ชีวมวลของมันสำปะหลัง (ตัน/ไร่), H = ความสูงต้น (เซนติเมตร)		
	D = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลัง (มิลลิเมตร)		

หมายเหตุ [1/]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

ศูนย์วิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง ดำเนินงานวิจัยและศึกษาศักยภาพของพันธุ์มันสำปะหลังและการจัดการในการดูดซับ CO_2 การประเมินศักยภาพการดูดซับ CO_2 และกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ผลิตมันสำปะหลัง และรูปแบบเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับ CO_2 และกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง ผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ (1) อายุการเจริญเติบโตซึ่งแต่ละช่วงอายุมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิทำให้การดูดซับ CO_2 และการกักเก็บคาร์บอนที่แตกต่างกัน (2) ความสามารถการรับความเข้มแสงของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะค่า light compensation point ที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละอายุการเจริญเติบโต (3) การดูดซับความเข้มข้น CO_2 ของพันธุ์มันสำปะหลังต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง จากการทดลองเมื่อความเข้มข้น CO_2 เพิ่มขึ้นสูงกว่า 400 ppm ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (P_n) เพิ่มขึ้น และการได้รับความเข้มข้น CO_2 ระดับเดียวกัน แต่มีอายุการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันทำให้ P_n มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งการวิจัยความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นเพียงปัจจัยเดียวไม่ทำให้ P_n เพิ่มขึ้น แต่ต้องสัมพันธ์กับความเข้มข้น CO_2 และอุณหภูมิของ

สภาพอากาศ เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ใช้ความเข้มแสงในระดับต่ำและสูงได้ดี และให้ผลผลิตต่อไร่สูง คัดเลือกพันธุ์ได้ดังนี้ พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 และพิรุณ 2 ซึ่งพันธุ์เหล่านี้จะเป็นทางเลือกการใช้พันธุ์ของเกษตรกรสำหรับช่วยดูดซับ CO_2 บรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อน ประกอบกับมันสำปะหลังเป็นพืชที่เด่นในเรื่องการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น และการสร้างรากสะสมอาหารที่เร็ว (พรชัย และสุนทรี, 2563)

การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลังในแปลงปลูกพบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์สามารถกักเก็บคาร์บอนที่แตกต่างกันทำให้มีการสร้างมวลชีวภาพแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณกักเก็บคาร์บอนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับมวลชีวภาพ ซึ่งค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักแห้งของการกักเก็บปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของใบ ก้านใบ ลำต้น เหง้า รากสะสมอาหาร เฉลี่ย 44.03 39.95 43.95 45.20 และ 47.94% สำหรับการเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนพบว่า การจัดการปุ๋ยโพแทชที่เหมาะสมในพันธุ์มันสำปะหลังช่วยเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลังให้สูงขึ้นและยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังต่อพื้นที่ จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตราที่เพิ่มขึ้นจากค่าวิเคราะห์ดิน (อัตรา 1.5 และ 2.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์) ทำให้ศักยภาพการดูดซับ CO_2 การกักเก็บคาร์บอนและสร้างมวลชีวภาพของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น การผลิตมันสำปะหลัง 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ถึง 1,427 กก.C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับ CO_2 เฉลี่ย 5.2 ตัน CO_2/ไร่ ส่วนของการกักเก็บคาร์บอนในดินสามารถกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 3.6-4.5 ตัน C/ไร่ หรือคิดเป็นการดูดซับ CO_2 เฉลี่ย 13.1-16.4 ตัน CO_2/ไร่ ในการสำรวจมันสำปะหลังในแปลงเกษตรกรที่เลือกใช้พันธุ์และมีการจัดการแปลงที่แตกต่างกัน พบว่า การผลิตมันสำปะหลัง 1 ฤดูปลูก สะสมมวลชีวภาพอยู่ในช่วง 1,028-4,259 กก./ไร่ กักเก็บคาร์บอนอยู่ในช่วง 500-2,078 กก. C/ไร่ มีการดูดซับ CO_2 อยู่ในช่วง 1,834–7,621 กก. CO_2/ไร่ และให้ผลผลิตหัวสด 2.0-13.5 ตัน/ไร่ ซึ่งความสัมพันธ์ของการผลิตมันสำปะหลังในไร่เกษตรกร มวลชีวภาพมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกักเก็บคาร์บอนในต้น ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน การกักเก็บคาร์บอนในดินไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง การวิเคราะห์สมการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลังระดับแปลงสำรวจในระยะก่อนเก็บเกี่ยว โดยใช้ค่าความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มีค่า R^2 สูงและ RMSE ต่ำ โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นปัจจัยสำคัญหนึ่งของการเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในแปลงปลูกมันสำปะหลัง คือ การเลือกใช้พันธุ์ที่มีศักยภาพในการดูดซับ CO_2และเหมาะสมกับพื้นที่ รวมทั้งการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมซึ่งสามารถช่วยยกระดับการกักเก็บคาร์บอนและการให้ผลผลิตมันสำปะหลังให้สูงขึ้น จากการดำเนินงานของโครงการจะเห็นว่ามันสำปะหลังเป็นพืชไร่ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 และการกักเก็บคาร์บอนในแปลงปลูก ซึ่งข้อมูลสามารถนำไปใช้วางแผนการจัดการพื้นที่และใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคการเกษตรของประเทศต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัย การผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2563. คู่มือกิจกรรมสิ่งแวดล้อมศึกษา การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 212 หน้า.

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. คู่มือวิเคราะห์ดินและพืช. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 164 หน้า

พรชัย ไพบูลย์ และสุนทรี ยิ่งชัชวาล. 2563. การตอบสนองต่อแสงของใบมันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 60 ภายใต้ความเข้มข้น O_2 ระดับปกติและระดับต่ำ ร่วมกับความเข้มข้น CO_2 3 ระดับ. ว.วิชาการเกษตร 38(3): 267-276.

มนต์สรวง เรืองขนาบ ระวี เจียรวิภาพ อุดร เจริญแสง Hong Li Li และ Zhen Hai Han. 2557. การประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในสวนส้ม. แก่นเกษตร. 42(พิเศษ 2): 345-353.

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

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. 2537. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 210 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี ๒๕๖๓. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 214 หน้า.

El-Sharkawy, M.A. 2003. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology* 53: 621-641.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. In.R.K. Pachauri & A. Reisinger (eds.). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva.

Moran, R. 1982. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with *N, N*-Dimethylformamide. *Plant Physiology*. 69(6): 1376-1381.

Redondo-Brenes A. and R. 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: 168-178.

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

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัย 2

ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตอ้อย

The Potential for Carbon Sink on Sugarcane Plantation

วลัยพร ศะศิประภา

สายน้ำ อุดพ้วย นุชนาฏ ตันวรรณ ปรีชา กาเพ็ชร

อุดมศักดิ์ ดวนมีสุข ธนพันธ์ พงษ์ไทย อานนท์ มลิพันธ์ เบญจรัตน์ เลิศการค้าสุข

กุสุมา รอดแผ้วพาล จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข

Walaiporn Sasiprapa

Sainam Udpuay Nutchanart Tanwan Preecha Kapetch Udomsak Daunmeesuk

Tanapan Pongthai Anon Malipan Benjarat Lertkankasuk

Kusuma Rodpawpan Jinnajar Hansethasuk

คำสำคัญ (Key words) การกักเก็บคาร์บอน อินทรีย์คาร์บอน การสังเคราะห์แสง อ้อย carbon dioxide absorption, carbon storage, biomass, carbon content, sugarcane

บทคัดย่อ

ศึกษาศักยภาพการดูดซับก๊าซ CO_2 ของอ้อย เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน อธิบายด้วยรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช ประเมินการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนจากการเปรียบเทียบในระบบการผลิตที่มีความแตกต่างของพันธุ์ และระดับการใช้ปุ๋ย นำมาพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์อย่างง่ายที่ไม่ทำลายตัวอย่างที่สัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพืช และชีวมวล ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ และ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี รวมทั้งพื้นที่ปลูกอ้อยจังหวัดนครสวรรค์และสุพรรณบุรี ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 - กันยายน 2564 พบว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและการสะสมมวลชีวภาพ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน น้ำและความสมบูรณ์ของต้นมีผลการปิดเปิดปากใบและอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ กระตุ้นให้ปากใบเปิดกว้างขึ้น ค่านำไหลปากใบจึงเพิ่มขึ้นตามแสง ในสภาพที่ดินมีความชื้นพออย่างรวดเร็ว แต่เมื่อพืชขาดน้ำ ปากใบจะเปิดน้อยมากและเป็นช่วงเวลาที่สั้นลง ทำให้โอกาสที่อ้อยจะทำการสังเคราะห์แสงลดลง ส่วนการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนในอ้อย ระดับแปลงและระดับพื้นที่ พบว่า พันธุ์มีผลต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช สัดส่วนมวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยวสะสมไว้ในส่วนของลำเฉลี่ย 76% โดยปลูกอ้อย 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอนในต้นได้เฉลี่ย 5.12 กก. C/ไร่ หรือดูดซับก๊าซ CO_2 ได้เฉลี่ย 18.77 ตัน CO_2/ไร่ และกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปของอินทรียวัตถุที่ความลึก 0 - 20 ซม. เฉลี่ย 3.7-5.8 ตัน C/ไร่ และได้พัฒนาเทคนิคอย่างง่ายที่ไม่ทำลายตัวอย่างในการประเมินชีวมวลและการกัก

กรมวิชาการเกษตร

เก็บคาร์บอนในอ้อย ทั้งระดับแปลงทดลอง และระดับพื้นที่ พบว่า ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำ จำนวนลำต่อกอ สามารถใช้ประเมินได้ทั้งในระดับแปลงและระดับพื้นที่ โดยมีความเชื่อมั่นทางสถิติ

Abstracts

The study of carbon sink potential in sugarcane in order to reduce greenhouse gases and increase adsorption of carbon dioxide, account for growth and physiological characteristics. Carbon sink assessed from difference varieties and practices, and developed a simple technique to assess carbon sink potential in sugarcane. It 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 that environments difference effected to growth and biomass accumulation, as well as net photosynthetic rate by growth stage and hour of the day. The opening of stomata and the net photosynthetic rate were affected by water and plant fertility. Stomata conductance increase by sunlight during sufficient soil moisture condition. Water is limiting probability of photosynthesis process. Varieties have an effects on growth and physiological characteristics, but not on fertilizer application. At the harvesting, 76 percent of the biomass was deposited in the stem part. Sugarcane cultivation in one season can store organic carbon an average of 5.12 tons C/rai, or equivalent of 18.77 tons CO_2/rai in carbon dioxide absorption, and store soil organic carbon at 3.7-5.8 tons C/rai. Sugarcane stalk height, stalk diameter and number of stalk per hill were utilized to build non- destructive model for estimate biomass and organic carbon storage in sugarcane experimental plots and plantation, and the results were statistically significant.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ก๊าซเรือนกระจกถูกปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การถางและเผาพื้นที่เกษตร การตัดไม้ทำลายป่าและไฟป่า หนึ่งในนั้นได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ CO_2 เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ปริมาณและการกระจายตัวของฝนเปลี่ยนแปลงไป มีความแปรปรวน และรุนแรงมากขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ อย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ (IPCC, 2007) พื้นที่ป่าไม้เป็นแหล่งดูดซับ CO_2 และเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญ แต่พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรก็สามารถเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญ และมีศักยภาพเพียงพอต่อการหมุนเวียนการกักเก็บคาร์บอนทั้งในต้นพืชและในดิน อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีเนื้อที่ปลูกประมาณ 9 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2558) เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนทั้งในต้นพืชและในดิน โดย CO_2 ถูกดูดซับผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและกักเก็บคาร์บอนในรูปเนื้อเยื่อพืช การเลือกปลูกพืชที่ให้ระยะเวลาคืนทุนคาร์บอนหรือดูดซับคาร์บอนกลับคืนสั้นลงควรได้รับการพิจารณา การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพ คาร์บอนในดินอยู่ในรูปสารอินทรีย์และอนินทรีย์ แต่ปริมาณยังผันแปรสูงขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ การกักเก็บคาร์บอนและการปลดปล่อยนั้นเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นควบคู่กัน แต่จะเป็นไปในทิศทางใดมากกว่ากันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การจัดการดิน ปุ๋ย เนื้อดิน ความชื้น อุณหภูมิ สิ่งมีชีวิตในดิน อ้อยเป็นพืช C_4 จัดเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับ CO_2 ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และกักเก็บคาร์บอนนั้นไว้ในรูปเนื้อเยื่อพืช ปริมาณของสารอินทรีย์ที่พืชสังเคราะห์ขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสง จะอยู่ในรูปสารอินทรีย์ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นชีวมวล สามารถวัดออกมาเป็นน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ได้ (Brown, 1997) การดูดซับ CO_2 เกี่ยวข้องโดยตรงกับชนิดพืช ความเข้มข้นและทิศทางการเคลื่อนที่ของ CO_2 (สายรุ้ง และคณะ, 2015) อ้อยเป็นพืช C_4 มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงสูง (เกษม, 2561) แต่พันธุ์มีลักษณะทรงใบและทรงกอที่แตกต่างกัน ย่อมมีผลต่อการรับแสง จึงทำให้อ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน (นฤนาท, 2546) อัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดที่ส่วนบน (พูนพิภพและคณะ, 2537) การปลูกอ้อย 1 ตันช่วยลด CO_2 ในบรรยากาศได้ 0.53 ตัน (สุทธิลักษณ์, 2559) อ้อยมีอัตราสร้างมวลแห้งสูงสุดขนาด 21.3 กก./ไร่ที่อายุ 9 เดือน (ประสิทธิ์ และสุนทรี, 2554) ระยะการเจริญเติบโตของพืชมีผลต่อการดูดซับ CO_2 (นงภัทรและคณะ , 2555; Wachirawan, *et al*, 2009; เพ็ญนภา, 2548) ตำแหน่งใบ (พูนพิภพและคณะ, 2537) Wachirawan, *et al* (2009) พบว่า ออยในหนึ่งรอบการเพาะปลูกมีปริมาณการสะสมคารบอนทั้งหมด 4,214.09 กก./ไร ประกอบด้วย ปริมาณการสะสมคารบอนในพืช 357.56 กก./ไร สิ่งปกคลุมดิน 40.43 กก./ไร และในดิน 3,816.10 กก./ไร การสะสมคารบอนเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งการจัดการดินและน้ำ (ศรีสุดา และคณะ, 2560)

การประเมินชีวมวลแบบไม่ทำลายตัวอย่าง อาจใช้สมการแอลโลเมตรี (allometric equations) และภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ เช่น นวลปราง (2548) ได้ศึกษาใช้เทคโนโลยีด้านการรับรู้ระยะไกล ประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ และชีวมวลที่อยู่เหนือพื้นดินในป่าไม้ สำหรับการศึกษาวิจัยชีวมวลในอ้อยและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินใช้เซนเซอร์วัดทรงพุ่ม (canopy sensor) Chapman, *et al.* (2016) ใช้ภาพถ่าย UAV ประเมินพืชปกคลุม (ground cover) รวมทั้งการประเมินชีวมวลของอ้อยพันธุ์ K95-84 โดยใช้เทคนิคการตัดฟันอ้อย และสมการลอจิสติก logistic ซึ่งใช้อายุพืช กับมวลแห้งเป็นตัวแปรหลัก (ประสิทธิ์ และสุนทรี, 2554)

กรมวิชาการเกษตร

การลดและการกักเก็บก๊าซ CO_2 ในระบบการผลิตอ้อย สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ด้านสร้างการเติบโตอย่างยั่งยืนบนสังคมที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศโดยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปรับตัวให้พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยการเลือกใช้พันธุ์อ้อยที่มีศักยภาพดูดซับก๊าซเรือนกระจก และมีการจัดการแปลงที่ดีเหมาะสม สามารถช่วยดูดซับและกักเก็บคาร์บอนให้หมุนเวียนอยู่ในระบบการผลิตอ้อย จึงควรมีการศึกษาวิจัยด้านพันธุ์และการจัดการที่มีผลต่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับพื้นที่ และเทคนิคการประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในระดับพื้นที่ที่ไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย และมีความแม่นยำสูง

วัตถุประสงค์

1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์อ้อยที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

2 เพื่อประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การผลิตอ้อย

3 เพื่อให้ได้รูปแบบเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายในพื้นที่การผลิตอ้อย โดยไม่ทำลายตัวอย่าง

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตอ้อย

เขตชลประทาน ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลอง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ. อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียว – ดินร่วนเหนียวปนทราย ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) เป็นกลาง ระดับค่าการนำไฟฟ้า EC 1:5 (dS/m) ของดินอยู่ในระดับเค็มเล็กน้อย ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ-ปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง ปลูกอ้อยเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2563 ได้แก่ พันธุ์อู่ทอง 12 อู่ทอง 15 อู่ทอง 17 ขอนแก่น 3 UT10-009R และ UT10-615 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้น้ำแบบร่องคูเสริมในช่วงแรก

เขตน้ำฝน ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลอง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ อ. ตากฟ้า จ. นครสวรรค์ ความสูงจากระดับน้ำทะเล 108 เมตร ในดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน-ดินร่วนปนทราย ดินเป็นกรดจัดมาก-กรดจัด ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง สามารถประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย คือ 27-9-6 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ปลูกอ้อยเมื่อวันที่ 11 ตุลาคม 2562 ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 4 อู่ทอง 15 อู่ทอง 17 ขอนแก่น 3 และสุพรรณบุรี 50 หลังปลูกมีฝนตกหนัก หน้าดินแน่นทึบเมื่อแห้ง ทำให้ความงอกต่ำ งอกวันที่ 24 ตุลาคม ดูแลรักษาตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เนื่องจากแล้งยาวนานจำเป็นต้องให้น้ำเสริมแต่น้ำมีปริมาณจำกัด

ประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในพันธุ์อ้อย อ้อย 6 พันธุ์ ปลูกตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร วัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและการคายน้ำของใบอ้อย ในตำแหน่งใบสูงสุดที่เห็นดิวแล็พ

กรมวิชาการเกษตร

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 $\mu molm^{-2}s^{-1}$ และกำหนดความเข่มขนของ CO_2 400 ppm ความชื้นสัมพัทธอยูระหวาง 50-60 % และ อุณหภูมิอยูระหวาง 27-30 °ซ รวมทั้งกำหนดความเขมขนของกาซคารบอนไดออกไซด์ระหว่าง 100 -800 ppm ที่อายุ 4 6 8 10 เดือน และในระยะแรกของอ้อยตอ วิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อแสงและคาร์บอนไดออกไซด์

2. การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงผลิตอ้อย

2.1 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของอ้อยในระดับแปลง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot มีจำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย

ปัจจัยหลัก (Main-plot) คือ พันธุ์อ้อย จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่

1) พันธุ์ขอนแก่น 3
2) พันธุ์อู่ทอง 15

ปัจจัยรอง (Sub-plot) คือ การจัดการปุ๋ยไนโตรเจน มี 3 ระดับ ได้แก่

1) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 7.5-3-6 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (ปุ๋ยเคมี 0.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N)
2) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 15-3-6 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (ปุ๋ยเคมี 1.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N)
3) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 22.5-3-6 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ (ปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N)

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. ทำการทดลองในดินร่วนเหนียว – ดินร่วนเหนียวปนทราย ชุดดินกำแพงแสน (Fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs) ในแปลงทดลองอ้อย ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ. อู่ทอง จ. สุพรรณบุรี ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 4 ม. วิเคราะห์สมบัติของดินแบบสุ่มรวม (composited sample) ที่ระดับความลึก 0 – 20 และ 20 – 50 ซม. ได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรด – ด่างของดิน อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ เพื่อนำผลวิเคราะห์ดินที่ได้มากำหนดอัตราปุ๋ยที่จะต้องใช้

2. แปลงทดลองขนาดแปลงย่อย 7.5 x 5 ม. จำนวน 24 แปลงย่อย ให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด เว้นระยะระหว่างแปลงย่อย 1.5 เมตร ปลูกอ้อยโดยใช้ระยะปลูก 1.3 – 1.5 เมตร วางลำเหลื่อมสลับโคนและปลาย เมื่อวันที่ 5 ก.พ. 2563 ให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมี (1/2N-P-1/2K) รองพื้นพร้อมปลูก และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทชที่เหลือ (1/2N+1/2K) เมื่อวันที่ 15 มิ.ย. 63 โดยโรยข้างแถวปลูกแล้วพรวนกลบ กำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม

3. ประเมินการสะสมมวลชีวภาพของพืช สุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยทุก 4 6 10 และ 12 เดือน จำนวน 2 กอต่อแปลงย่อย วัดความสูง จำนวนลำต่อกอ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำ จำนวนใบต่อกอ ค่าดัชนีพื้นที่ใบ วัดค่าความเขียวใบ ด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช (chlorophyll meter SPAD-502 Plus) เก็บตัวอย่างใบพืชวิเคราะห์

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี ตามวิธีของ Moran (1982) นำตัวอย่างพืชแยกส่วนเป็น ลำต้น ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง นำไปอบที่อุณหภูมิที่ 65 °ซ เป็นเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้งของแต่ละชิ้นส่วน และวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (carbon content)

4. ประเมินการกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ในอ้อย ประเมินปริมาณคาร์บอนทั้งหมด จากการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในพืช โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือดิน โดยมีสมการ ดังนี้

$$\text{การกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอน/ไร่)} = \frac{\text{มวลชีวภาพ (ตัน/ไร่) X ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (\%)}}{100}$$

$$\text{การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตัน } CO_2\text{/ไร่)} = \frac{\text{การกักเก็บคาร์บอน x 44}}{12}$$

5. วัดการสังเคราะห์แสงในใบแต่ละระยะการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 6 เดือน ในรอบวันใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงรุ่น Li-6400XT portable photosynthesis system (Licor Inc., NB, USA)

6. เก็บเกี่ยวอ้อย เมื่อวันที่ 8 กพ. 2564 พื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 22.5 ม. สุ่มเก็บตัวอย่างลำต้น ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้งในแต่ละกรรมวิธี นำไปวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในพืชโดยวิธี Walkley and Black ย่อยดินด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นและโพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ไทเทรตด้วยสารละลาย 0.5 นอร์มัลของแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟต (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

7. เก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวที่ระดับความลึก 0 – 20 และ 20 – 50 ซม. เพื่อวิเตราะห์สมบัติทางเคมีของดิน การวิเคราะห์ดิน ได้แก่ 1) ความเป็นกรด – ด่างของดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 คนให้ดินและน้ำเข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที และวัด pH ด้วยเครื่อง pH meter 2) สภาพการนำไฟฟ้าของดิน สกัดดินด้วยน้ำ ดินต่อน้ำ 1:5 3) อินทรียวัตถุในดิน โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) 4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดดินด้วยน้ำยา Bray II (0.1 นอร์มัลของกรดไฮโดรคลอริก ผสมกับ 0.03 นอร์มัลของแอมโมเนียมฟลูออไรด์) วัดปริมาณฟอสฟอรัส โดยทำให้เกิดสีตามวิธี Molybdenum blue ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร และ 5)โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วย 0.1 นอร์มัล ของแอมโมเนียมอะซิเตท (pH 7.0)

8. หาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของอ้อยทั้ง 2 พันธุ์ กับความสูง จำนวนลำต่อกอ ปริมาณคาร์บอนสะสมเหนือพื้นดินและใต้ดิน ดัชนีพื้นที่ใบ คลอโรฟิลล์ และอัตราการสังเคราะห์แสง

9. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลต่าง ๆ ในแต่ละพันธุ์และอายุอ้อย โดยวิธีเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

2.2 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของอ้อยในระดับพื้นที่

1. ดำเนินการสำรวจ เก็บตัวอย่างดินและอ้อยในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ 50 ราย ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอตาคลี อำเภอไพศาลี อำเภอตากฟ้า อำเภอท่าตะโก และ อำเภอหนองบัว ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 48 จุดตัวอย่าง ได้แก่ อำเภอด่านช้าง และอำเภออู่ทอง และสุพรรณบุรี 48 ราย ระหว่างช่วงเดือนธันวาคม 2563 – กุมภาพันธ์ 2564 ในช่วงเปิดหีบอ้อยตามฤดูการผลิต สัมภาษณ์เกษตรกร บันทึกข้อมูลสภาพพื้นที่แปลงเกษตรกร การจัดการ พิกัดแปลง

2. ประเมินการสะสมมวลชีวภาพของอ้อยแปลงเกษตรกร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยที่อายุ 10 – 12 เดือน จำนวน 2 กอต่อจุดตัวอย่าง วัดความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำ จำนวนลำต่อกอ ดัชนีพื้นที่ใบ ความเขียวใบ วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และทั้งหมด แยกส่วนเป็นลำต้น ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง หาน้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน

3. เก็บตัวอย่างดินแปลงเกษตรกรที่ระดับความลึก 0 - 20 และ 20 - 50 เซนติเมตร วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ

4. ประเมินการกักเก็บคาร์บอน ในอ้อยแปลงเกษตรกร ประเมินปริมาณคาร์บอนทั้งหมด จากการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในพืช โดยวิธี Walkley and Black การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือดิน

5. วิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจ จัดกลุ่มข้อมูล และความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพ ความเขียวของใบ ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบ ความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำ จำนวนลำต่อกอ ปริมาณคาร์บอนสะสมเหนือพื้นดินและใต้ดิน และสมบัติดิน

2.3 เทคนิคประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงอ้อยโดยไม่ทำลายตัวอย่าง

1. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต น้ำหนักสดและแห้งส่วนเหนือดินแยกเป็นส่วนต่างๆ ปริมาณมวลชีวภาพของอ้อย พื้นที่ใบ ความสูง คลอโรฟิลล์ ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักต้น ใบ กาบใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำและจำนวนลำต่อกอและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากแปลงทดลอง และบินถ่ายภาพทางอากาศ

2. วิเคราะห์ความสูงจากการถ่ายภาพและหาความสัมพันธ์กับความสูงจากการเก็บจริง

3. วิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณในแต่ละช่วงกับแปลงตัวอย่าง จากภาพดาวเทียม Landsat 8 ความละเอียดจุดภาพ 30 ม. โดยนครสวรรค์ใช้ภาพที่ Path 129 Row 049 บันทึกภาพเมื่อ 19 ธันวาคม 2563 และ Path 130 Row 049 บันทึกภาพเมื่อ 11 มกราคม 2564 ส่วนสุพรรณบุรี Path 130 Row 050 บันทึกภาพเมื่อ 10 ธันวาคม 2563 และ Path 129 Row 050 บันทึกภาพเมื่อ 19 ธันวาคม 2563 และภาพถ่ายทางอากาศ

4.ประมาณค่าสมการของอ้อยรายพันธุ์ ระหว่างมวลชีวภาพกับความสูง และการแตกกอ ปริมาณคาร์บอนสะสมเหนือพื้นดินและใต้ดิน ดัชนีพื้นที่ใบ คลอโรฟิลล์ ตามวิธีของ Moran (1982) และดัชนีพืชพรรณ

5. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สมการหลายตัวแปร (multiple regression analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและในดิน กับค่าดัชนีพืชพรรณ

6. นำข้อมูลในระดับพื้นที่ในแปลงอ้อยข้างต้น มาทดสอบรูปแบบเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอน

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตอ้อย

สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและการสะสมมวลชีวภาพ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน รายละเอียดมีดังนี้

การเจริญเติบโตและพัฒนาการของอ้อย

สุพรรณบุรี อ้อยอายุ 4 เดือนหลังปลูกอยู่ในช่วงกำลังเจริญเติบโต แตกหน่อ ดินชื้น ความสูง 87-123 ซม. ที่ 6 เดือน ระยะย่างปล้อง ความสูง 171-203 ซม. 8 เดือน เป็นช่วงมรสุมมีฝนตกหนักน้ำท่วมขังแปลงไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ ที่อายุ 10 เดือน ระยะสะสมน้ำหนักเจอลมแรงทำให้ต้นอ้อยล้ม ความสูง 260-340 ซม. เก็บเกี่ยว กุมภาพันธ์ 2564 เพื่อไว้ตอ อัตราการเพิ่มความสูงมากในช่วง 10 เดือน ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกันทั้ง 6 พันธุ์ พื้นที่ใบและจำนวนใบไม่แตกต่างกันทั้งพันธุ์และช่วงเวลา แต่อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อหน่วยน้ำหนักของใบ (specific leaf area : SLA) แตกต่างกันระหว่างพันธุ์และช่วงเวลา ($P<0.01$) โดยทุกพันธุ์ใบบางลงเมื่ออายุมากขึ้น โดยพันธุ์อู่ทอง 12 และอู่ทอง 17 มีค่า SLA ต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ ทุกช่วงอายุ แสดงว่า 2 พันธุ์นี้ใบหนากว่า ปริมาณคลอโรฟิลด์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลด์ บี และปริมาณคลอโรฟิลด์รวมไม่แตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์และช่วงเวลา ยกเว้นปริมาณคลอโรฟิลด์ เอ ที่ต่างช่วงเวลากันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ละพันธุ์และช่วงเวลาผันแปรค่อนข้างสูง คลอโรฟิลล์ เอ จัดว่าเป็น primary pigment ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงโดยตรง ในพืชชั้นสูงมักจะมีคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่าคลอโรฟิลล์ บี ประมาณ 2-3 เท่า (ดนัย, 2539) ในพืชคลอโรฟิลล์เอดูดแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวช่วงคลื่นซึ่งมีศูนย์กลางปฏิกิริยาที่ 680 และ 700 นาโนเมตร (สมบุญ, 2537) ซึ่งพืชจะมีการสร้างคลอโรฟิลล์ในปริมาณเท่าที่จำเป็นต้องใช้และเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีถึงสภาวะการขาดไนโตรเจน และธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (สุนทรี และคณะ, 2544)

การสะสมคาร์บอนของอ้อยส่วนเหนือดิน

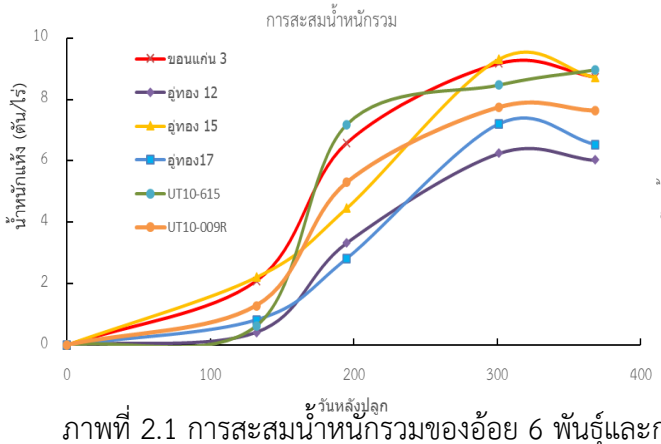
สภาพฟ้าอากาศที่แห้งแล้งในช่วงแรกและน้ำท่วมขังในช่วง 8 เดือนหลังปลูก ส่งผลต่อการสะสมชีวมวลในแต่ละส่วนของอ้อย โดยที่พันธุ์อ้อยและช่วงอายุมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่อยู่เหนือดิน ($P<0.01$) น้ำหนักแห้งรวมของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน ทุกพันธุ์ให้น้ำหนักแห้งสูงสุดในช่วงอายุประมาณ 10 เดือน ยกเว้นพันธุ์ 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 เฉลี่ยทุกพันธุ์มีสัดส่วนมวลลำแห้งต่อมวลลำสดเฉลี่ย 0.34 ที่ระยะเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวน้ำหนักลดลงสาเหตุหนึ่งมาจากอ้อยล้มมากและหนูกัดแทะเสียหาย ซึ่งปกติการสะสมชีวมวลจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น เช่น พฤทธ์วรรณและคณะ (2559) รายงานว่าชีวมวลของอ้อยมากที่สุดที่ระยะเก็บเกี่ยว 5,171 กก./ไร่ รวมทั้งประสิทธิ์ และสุนทรี (2554) ที่ว่ามวลแห้งของผลผลิตลำสูงสุดที่ระยะเก็บเกี่ยว 4.9 ตัน/ไร่ และเป็นมวลแห้งส่วนเหนือดินและใต้ดินรวมทั้งหมด 16.2 ตัน/ไร่

ศูนย์วิทยทรัพยากร

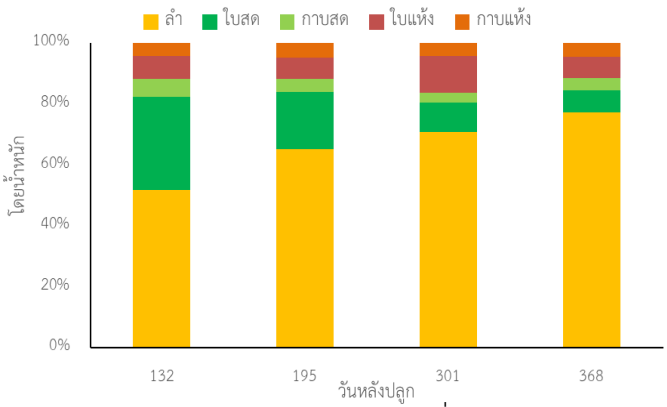
การแบ่งสัดส่วนของชีวมวลไปยังส่วนต่างๆ ของอ้อย พบว่า สัดส่วนของน้ำหนักลำสูงสุดทุกระยะ มีสัดส่วน 70-80% ของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินทั้งหมด (ภาพที่ 2.1) และมีสัดส่วนมวลลำแห้งต่อมวลลำสดเฉลี่ย 0.34 ที่ระยะเก็บเกี่ยว หรือลำอ้อยมีความชื้นต่อน้ำหนักแห้งของลำ 65.6% แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่ครอบคลุมส่วนใต้ดิน เนื่องจากการปลูกและเก็บเกี่ยวอ้อยทำให้มีการหมุนเวียนชีวมวล ตัดอ้อยเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตส่งโรงงานและแตกกอใหม่เป็นอ้อยตอ ลำอ้อยเป็นผลผลิตที่นำออกจากแปลง น้ำหนักแห้งของผลผลิตลำอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อู่ทอง 12 อู่ทอง 15 อู่ทอง 17 UT10-615 และ UT10-009R จำนวน 6,703 4,208 6,948 5,100 7,186 และ 5,822 กก./ไร่ ตามลำดับ หรือคิดเป็นสัดส่วนของน้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดิน 76.8 69.8 79.6 78.0 80.2 และ 76.3 % ตามลำดับ ส่วนที่เหลือจะทิ้งอยู่ในแปลงปกคลุมดินและย่อยสลายปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อไป

เปอร์เซนต์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อน้ำหนักแห้งชีวมวลในแต่ละส่วนของอ้อย 6 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามพันธุ์และอายุอ้อยที่มากขึ้น แต่แตกต่างตามชนิดของแต่ละส่วน ($P<0.01$) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่อ้อยปลูกเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือน สะสมได้แตกต่างกันตามพันธุ์ ($P<0.05$) 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 2.1) โดยเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนของผลผลิตลำอ้อยทำนองเดียวกันกับส่วนเหนือดินทั้งหมด โดยพันธุ์ UT10-615 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด 3,500 กก./ไร่ รองลงมา ได้แก่ ขอนแก่น 3 อู่ทอง 15 UT10-009R อู่ทอง 17 และอู่ทอง 12 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 3,243 3,171 2,803 2,527 และ 1,974 กก./ไร่ ตามลำดับ การสะสมคาร์บอนเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของอ้อยสอดคล้องกับพฤทธ์วรรณและคณะ (2559) แต่สูงกว่าของ Wachirawan *et al* (2009) ที่อ้อยในหนึ่งรอบการเพาะปลูกมีปริมาณการสะสมคาร์บอนทั้งหมด 4,214 กก./ไร ประกอบด้วย การสะสมคาร์บอนในพืช 357.6 กก./ไร สิ่งปกคลุมดิน 40.4 กก./ไร และในดิน 3,816 กก./ไร โดยในส่วนของดินนั้นศรีสุดาและคณะ (2560) รายงานปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินที่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำอย่างเหมาะสมทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นมากกว่า ซึ่งในสภาพอาศัยน้ำฝนมีการปล่อยก๊าซ CO_2 จากดินเฉลี่ย 3,437 กก. C/ไร่/ปี และการนำผลผลิตลำออกจากแปลงทำให้คาร์บอนออกไปเฉลี่ย 3,371 – 5,731 กก. C/ไร่ ในขณะที่คาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่เฉลี่ย 444 – 898 กก. C/ไร่

ก) การสะสมน้ำหนักรวม



ข) สัดส่วนการแบ่งชีวมวล



ภาพที่ 2.1 การสะสมน้ำหนักรวมของอ้อย 6 พันธุ์และการแบ่งสัดส่วนไปยังส่วนต่างๆของอ้อยที่ 4 ช่วงเวลา

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนเหนือดินของอ้อย 6 พันธุ์ ที่ระยะเวลาหลังปลูกและในดินเมื่อเก็บเกี่ยว (กก.C/ไร่)

พันธุ์	วันหลังปลูก				เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยนำออกในรูปผลผลิตลำอ้อย
	132	195	301	368	
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

การสังเคราะห์แสงของอ้อย

การสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อย การปลูกทั้ง 2 สภาพแวดล้อมมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของอ้อยทั้งปริมาณการสังเคราะห์แสงในรอบวัน และศักยภาพในการสังเคราะห์แสง ซึ่งอธิบายได้จากอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ แต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ และช่วงเวลาในรอบวัน

การสังเคราะห์แสงในรอบวัน

สุพรรณบุรี อ้อยอายุ 4 เดือนหลังปลูก อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงในช่วง 10-14 น. มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดระหว่าง 15-30 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ โดยพันธุ์ UT10-615 มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ การเพิ่มขึ้นและลดลงผันแปรตามแสง (PPF) และค่านำไหลปากใบ (g_s) ที่มีค่าเฉลี่ย 90 $mmolH_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ ในช่วงเช้าค่อยๆเพิ่มขึ้นถึง 260 $mmolH_2O\ m^{-2}s^{-1}$ แล้วลดลง แรงดึงระเหยน้ำของอากาศ (air vapor pressure deficit :VPD_{air}) เฉลี่ยจาก 2.0 kPa เพิ่มขึ้นในช่วง 13-14 น. แต่ไม่เกิน 3.0 kPa อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีความสัมพันธ์ทางเดียวกันกับ g_s (r^2= 0.83) และ PPF (r^2=0.84) การคายน้ำ (E) (r^2=0.93) และอุณหภูมิ (r^2=0.74) แต่มีทิศทางตรงข้ามกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างระหว่างเซล (C_i) (r^2=-0.82) ส่วนความชื้นและ VPD_{air} มีความสัมพันธ์กันต่ำ (r^2= 0.49 และ 0.32) แต่หากพิจารณาในช่วงเช้า 7-12 น. ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีค่า r^2สูงขึ้น

อ้อยอายุ 6 เดือน อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงในช่วง 9-16 น. มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดเฉลี่ยระหว่าง 15-20 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ โดยเฉลี่ยทุกพันธุ์มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในช่วง 1 วันใกล้เคียงกัน 17.1-18.8 $molCO_2\ m^{-2}\ d^{-1}$ อ้อยอายุ 10 เดือน อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงในช่วง 9-11 น. ต่ำลงเล็กน้อยในช่วง 11-15 น. ทุกพันธุ์ และเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วง 15 -16 น. ยกเว้นพันธุ์ UT15 ที่ลดลง มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดเฉลี่ยระหว่าง 15-20 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ โดยเฉลี่ยทุกพันธุ์มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในช่วง 1 วันใกล้เคียงกัน 3.6-5.3 $molCO_2\ m^{-2}\ d^{-1}$ และอ้อยอายุ 4 เดือนหลังไว้ตอ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงในช่วง 9-17 น. มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดเฉลี่ยระหว่าง 15-25 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ โดยเฉลี่ยทุกพันธุ์

กรมวิชาการเกษตร

มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในช่วง 1 วันใกล้เคียงกัน 5.0-6.7 $molCO_2\ m^{-2}\ d^{-1}$ น้อยกว่าช่วง 6 เดือนหลังปลูกประมาณ 3 เท่า แต่น้อยกว่าระยะ 4 เดือนหลังปลูกของอ้อยปลูกเล็กน้อย เนื่องจากช่วงที่ทำการตรวจวัดมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิต่ำกว่าระยะ 4 เดือนหลังปลูกของอ้อยปลูก แต่ด้วยช่วงเวลาที่มีแสงยาวนานกว่าทำให้การสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันสูงกว่าเล็กน้อย อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีความสัมพันธ์ทำนองเดียวกันทุกระยะที่ทำการวัด

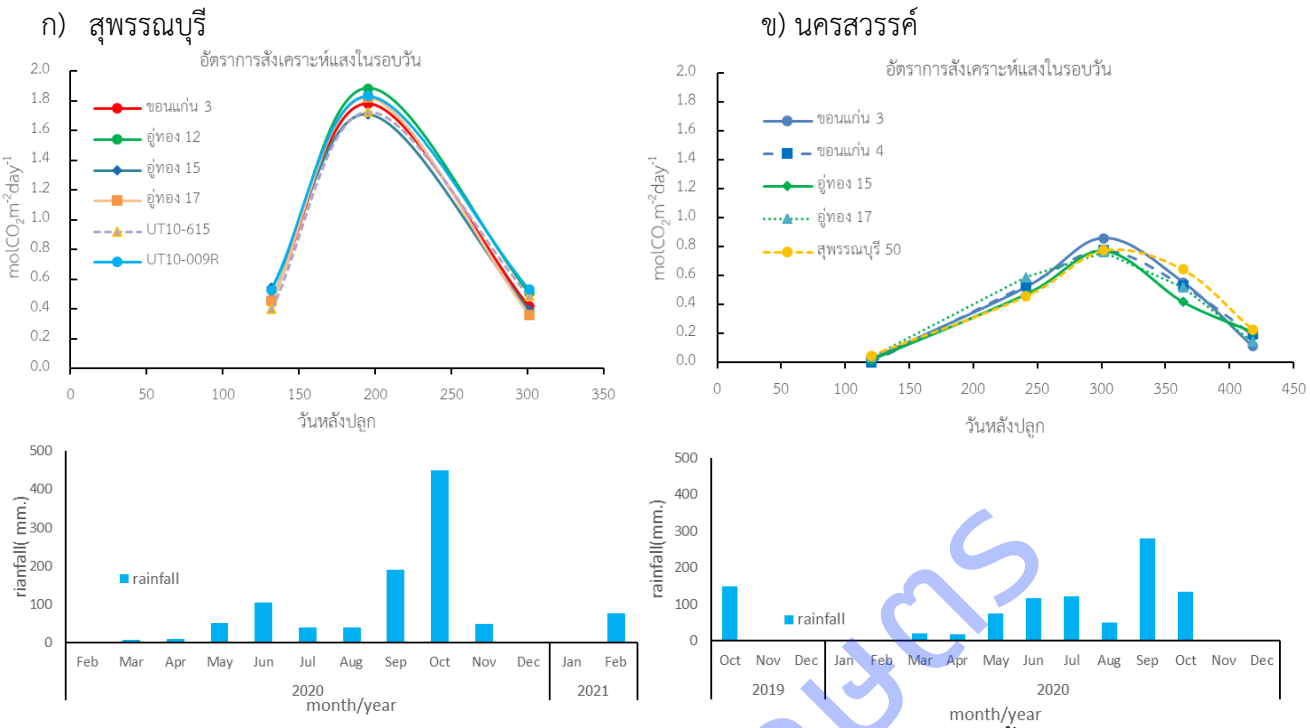
นครสวรรค์ สภาพแวดล้อมแห้งและฝนทิ้งช่วงนาน เจริญเติบโตช้า และหยุดชงัก ทำให้ต้นไม่สมบรูณ์พัฒนาการและการเจริญเติบโตช้า ทั้งความสูง จำนวนใบเขียว ขนาดของใบสูงสุดที่เห็น dewlap พื้นที่ใบรวมของลำหลัก การสังเคราะห์แสงในรอบวันของอ้อยอายุ 4 เดือนหลังปลูก มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดในเวลา 9 น. ซึ่งมีแสงประมาณ 900 $\mu molPPF\ m^{-2}s^{-1}$ ทุกพันธุ์ใกล้เคียงกัน การเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทำนองเดียวกันกับ g_s ที่มีค่าต่ำ ที่อายุ 6 เดือน อ้อยใบเหลืองและแห้งไม่สามารถวัดได้ ส่วนอ้อยอายุ 8 เดือน มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงในช่วง 9-13 น. ต่างจาก 4 เดือน ที่สภาพอากาศแห้งและร้อนที่สามารถดูดซับคาร์บอนได้บางช่วงเท่านั้น มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดเฉลี่ยระหว่าง 15-25 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ โดยเฉลี่ยทุกพันธุ์มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในช่วง 1 วันใกล้เคียงกัน 4.6-5.9 $molCO_2\ m^{-2}\ d^{-1}$ รอบนี้แสงจึงเป็นปัจจัยจำกัด อ้อยอายุ 10 เดือน มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงในช่วง 9-16 น. เฉลี่ย 15-35 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ ทำนองเดียวกันในทุกๆรอบของการวัดที่มีความชื้นในดินและแสงเป็นตัวจำกัด

พันธุ์อ้อย

จากการประมาณอัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันตามพันธุ์อ้อย พบว่า พันธุ์ไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ช่วงอายุที่วัดมีอัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันแตกต่างกันมาก ($p<0.01$) โดยอ้อยที่สุพรรณบุรีมีอัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันสูงที่ 6 เดือนหลังปลูก 1.7-1.88 $molCO_2\ m^{-2}\ d^{-1}$ (ภาพที่ 2.2) ใกล้เคียงกับงานของนฤนาท (2546) ส่วนที่นครสวรรค์อัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันสูงสุดที่ 10 เดือนหลังปลูก 0.77-0.86 $molCO_2\ m^{-2}\ d^{-1}$ อัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันไม่ได้สัมพันธ์กับอายุหลังปลูก แต่เกี่ยวข้องกับระยะการเจริญเติบโตของอ้อย คือ ระยะย่างปล้องจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันสูงสุด (ภาพที่ 2.2ก และ ข) ซึ่งระยะการเจริญเติบโตของอ้อยมีปริมาณน้ำเป็นตัวควบคุม อ้อยปรับตัวเมื่อน้ำไม่เพียงพอด้วยการลดขนาดพื้นที่ใบ จำนวนใบ ความเขียวของใบ รวมทั้งการห่อใบในเวลาที่รับแสงมากเกินไป ทำให้ทั้ง 2 แห่ง ให้อัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันแตกต่างกันมาก

สภาพแวดล้อม มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมมวลชีวภาพ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน น้ำและความสมบูรณ์ของต้นพืชมีผลการปิดเปิดปากใบและอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ กระตุ้นให้ปากใบเปิดกว้างขึ้นทำให้ค่า g_s เพิ่มขึ้นตามแสงในสภาพที่ดินมีความชื้นพออย่างรวดเร็ว แต่เมื่อพืชขาดน้ำ ปากใบจะเปิดน้อยมากเพื่อรักษาน้ำในเซลล์ เนื่องจากหากเปิดปากใบกว้าง CO_2 จากภายนอกแพร่เข้าสู่ใบขณะเดียวกันไอน้ำที่อยู่ในช่องว่างใต้ปากใบก็จะแพร่ออกสู่ภายนอกได้จึงทำให้โอกาสที่อ้อยจะทำการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง อ้อยจะปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยการควบคุมการปิดปากใบ ซึ่งส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและการสร้างชีวมวล (คัทลียาและคณะ, 2562) ทำนองเดียวกันกับการขาดน้ำและแสงที่แดดรุนแรงของแปลงที่นครสวรรค์

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2.2 อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวัน (A) กับช่วงอายุหลังปลูกอ้อยและปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ สุพรรณบุรี (ก) และที่ นครสวรรค์ (ข)

ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของอ้อย

ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของใบอ้อยศึกษาโดยวัดเส้นตอบสนองต่อแสง (light response function) จากแปลงที่สุพรรณบุรี พารามิเตอร์เส้นตอบสนองต่อแสงของใบอ้อยที่ได้จากฟังก์ชัน non–rectangular hyperbola พบว่า การสังเคราะห์แสงของใบอ้อยมีความผันแปรในแต่ละช่วงอายุหลังปลูก และพันธุ์อันเนื่องมากจากลักษณะทางสรีรวิทยาของใบและปัจจัยทางสภาพอากาศ อธิบายเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

อัตราสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด (P_{max}) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ แต่แตกต่างระหว่างอายุหลังปลูก ($p<0.01$) ในช่วงอายุ 4 เดือนหลังปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อู่ทอง 12 อู่ทอง 15 และ UT10-009R ปลูกที่สุพรรณบุรีมีค่า P_{max} สูงที่สุด 39.8 44.0 46.4 และ 45.5 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ ตามลำดับ แล้วลดลงเรื่อยๆ เมื่ออายุมากขึ้น ขณะที่พันธุ์อู่ทอง 17 และ UT10-615 มีค่า P_{max} สูงที่สุดในช่วง 6 เดือนหลังปลูก 37.0 และ 40.3 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ ตามลำดับ แต่อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่ 4 เดือนหลังปลูกของกลุ่มแรกสูงกว่าชัดเจนใน PPF เดียวกัน (ตารางที่ 2.2) ส่วนระยะ 10 เดือนหลังปลูก อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิต่ำกว่า 2 ระยะก่อนทุกพันธุ์ อยู่ระหว่าง 21-32 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ ซึ่งเป็นระยะที่อ้อยสะสมน้ำตาล การเจริญเติบโตทางลำต้นลดลง อายุของใบความผันแปรในแต่ละวันและตามฤดูกาลมีผลต่อ P_{max} (ดวงรัตน์และคณะ, 2542; นฤนาท, 2546; สาพิศและดุริยะ , 2551)

เส้นตอบสนองต่อแสงมีส่วนหนึ่งที่อัตราการสังเคราะห์แสงแปรผันตรงกับความเข้มของแสง เป็นช่วงที่ไม่มีแสงถึงมีแสงน้อย มีลักษณะกราฟเป็นเส้นตรง เรียกค่าความชันนี้ว่า ประสิทธิภาพการใช้แสง (photochemical efficiency : α) อ้อยทุกพันธุ์ให้ค่าใกล้เคียงกัน 0.050-0.070 $molCO_2\ molPPF^{-1}$ ไม่แตกต่างทางสถิติทั้งพันธุ์อ้อย

กรมวิชาการเกษตร

และอายุอ้อยหลังปลูก ซึ่งควรสูงกว่า α ของพืช C3 ซึ่ง Taiz and Zeiger (2006) รายงานว่าพืช C3 ทั่วไปมีค่าประมาณ 0.05 ส่วนในปาล์มน้ำมันมีค่า 0.027-0.067 (วิชณีย์, มปป) ข้าวหอมมะลิ 105 และปทุมธานี 1 มีค่า 0.033 และ 0.056 $molCO_2\ molPPF^{-1}$ ตามลำดับ (ศรีสังวาลย์ และ สุนทรี, 2560)

ค่าควบคุมความโคงของเสนกราฟ (convexity parameter: θ) บ่งบอกถึงสัดส่วนค่าความตานทานทางฟสิกสตอความต้านทานทั้งหมดของใบ พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติทั้งพันธุ์อ้อยและอายุอ้อยหลังปลูก อ้อยทั้ง 6 พันธุ์มีค่าเฉลี่ย 0.72-0.96 ค่านี้ไม่ค่อยผันแปร (ดวงรัตน์และคณะ, 2542; ครรชิต, 2555) ต่างจากสุนทรีและคณะ (มปป.) ในส้มเขียวหวานแตกต่างในแต่ละช่วงเดือน

อัตราการหายใจในที่มืด (dark respiration : R_d) ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ แต่มีความแตกต่างทางสถิติที่อายุหลังปลูก ($p<0.01$) โดยที่ 4 เดือนหลังปลูกอ้อยพันธุ์อู่ทอง 15 มีค่าสูงที่สุด 2.24 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ ขณะที่พันธุ์อู่ทอง 12 มีค่าต่ำที่สุด 1.12 $\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ แต่ที่ 6 เดือนหลังปลูกพันธุ์อู่ทอง 12 กลับตรงกันข้ามและชุดพันธุ์ UT10-615 และ UT10-009R มีค่า Rd ต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ มาก ค่า R_d มีทิศทางตรงกันข้ามกับ P_{max} ทุกพันธุ์ และมีค่าสูงขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น 3.59-5.19 $\mu molCO_2\ m^{-2}s^{-1}$ อย่างไรก็ตาม อายุของใบที่ต่างกันก็จะมี Rd แตกต่างไป พูนพิภพ และเจษฎา (2537) รายงานว่าใบถั่วเหลืองที่อ่อนมาก R_d สูงกว่าใบที่ขยายขนาดและเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว

จุดชดเชยแสง (light compensation point : L_c) เป็นจุดที่ความเข้มของแสงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอัตราการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจเท่ากับอัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จากการสังเคราะห์แสง ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ แต่มีความแตกต่างทางสถิติที่อายุหลังปลูก ($p<0.01$) โดยที่ 4 เดือนหลังปลูกมีค่าต่ำสุดเฉลี่ย 25.6 $\mu molPPF\ m^{-2}\ s^{-1}$ และเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้นที่ 10 เดือนหลังปลูกเฉลี่ย 83.1 $\mu molPPF\ m^{-2}\ s^{-1}$ ระบบเอนไซม์ของพืช C_4 ทำให้พืช C_4 สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีกว่าพืช C_3 แต่ในเรื่องการตอบสนองต่อแสงความเข้มต่ำๆ พืช C_4 ไม่ได้มีความสามารถมากไปกว่าพืช C_3 ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 อายุ 2 ปี มีค่า 31.4 $\mu molPPF\ m^{-2}\ s^{-1}$(สุจิตราและคณะ, 2551)

จุดอิ่มตัวด้วยแสง (light saturation point : L_s) เป็นจุดที่เมื่อเพิ่มความเข้มแสงแล้ว อัตราการสังเคราะห์แสงไม่เพิ่มขึ้น พบว่า จุดอิ่มตัวด้วยแสงไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งพันธุ์อ้อยและอายุอ้อยหลังปลูก อ้อยทั้ง 6 พันธุ์มีค่าเฉลี่ย 700 - 836 $\mu molPPF\ m^{-2}\ s^{-1}$ โดยปกติในพืช C_4 จะสูงกว่าพืช C_3 สำหรับปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 อายุ 2 ปี มีค่า 540-860 $\mu molPPF\ m^{-2}\ s^{-1}$(สุจิตราและคณะ, 2551)

สามารถจัดกลุ่มพันธุ์อ้อยจากตัวแปรที่ได้จากการวัดเส้นตอบสนองต่อแสงได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยพันธุ์ UT10-615 และ UT10-009R กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยพันธุ์ ขอนแก่น 3 อู่ทอง 15 และอู่ทอง 17 กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยพันธุ์ อู่ทอง 12 ซึ่งสอดคล้องกับการให้ผลผลิตและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กล่าวมาข้างต้นและรายงานอื่นๆ (วีรพลและคณะ, 2554; ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี, 2558; อุดมศักดิ์และคณะ, 2560; อุดมศักดิ์และคณะ, 2561) ส่วน UT10-615 และ UT10-009R เป็นสายพันธุ์ก้าวหน้า ผลผลิตอ้อยปลูกสูงกว่าอ้อยตอ แต่มีความทนทานต่อสภาวะขาดน้ำและการปรับตัวของพันธุ์แตกต่างกัน (แตงไทยและคณะ, 2561)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.2 ประสิทธิภาพการใช้แสง (α) ค่าควบคุมความโคงของเสนกราฟ (θ) อัตราสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด (P_{max}) อัตราการหายใจในที่มืด (R_d) จุดชดเชยแสง (L_c) และจุดอิ่มตัวด้วยแสง (L_s) ของอ้อย 6 พันธุ์ที่สุพรรณบุรี

พันธุ์อ้อย	วันหลังปลูก	α	θ	P_{max}	R_d	L_c	L_s
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

การดูดซับคาร์บอนของอ้อย

ข้อมูลผลการศึกษาข้างต้นมาใช้ในการประเมินการดูดซับก๊าซ 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 หรือผลผลิตอ้อย 1 ตัน สามารถดูดซับก๊าซ CO_2 ได้ 581 กก.CO_2 ดังนั้น การปลูกอ้อยของไทยปีการผลิตอ้อย 2563/2564 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 ซึ่งจะเป็นแหล่งการกักเก็บส่วนที่สำคัญ

กรมวิชาการเกษตร

2. การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงผลิตอ้อย

2.1 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของอ้อยในระดับแปลง

การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนไม่ทำให้ความสูงของอ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์แตกต่างกัน แต่พันธุ์อ้อยให้ความสูงที่แตกต่างกัน โดยอ้อยพันธุ์อู่ทอง 15 ให้ความสูงเฉลี่ยสูงกว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอ้อยที่อายุเก็บเกี่ยวพันธุ์อู่ทอง 15 ให้ความสูงเฉลี่ย 297 ซม. ส่วนพันธุ์ขอนแก่น 3 สูงเฉลี่ย 268 ซม. ในช่วงอายุ 4 – 10 เดือน ซึ่งอยู่ในช่วงระยะย่างปล้อง อ้อยเจริญเติบโตทางลำต้น เพิ่มความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปล้องอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นการเจริญเติบโตลดลง และมีการสะสมน้ำตาล การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ย 0.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมี 1.5 เท่า ตามค่าวิเคราะห์ N ไม่ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี 1 เท่า ตามค่าวิเคราะห์ N การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ไม่ทำให้จำนวนลำต่อกอแตกต่างกัน อ้อยมีจำนวนลำต่อกอสูงที่สุด 9 – 10 ลำต่อกอ ทั้งนี้ น้ำมีอิทธิพลต่อการแตกกอ

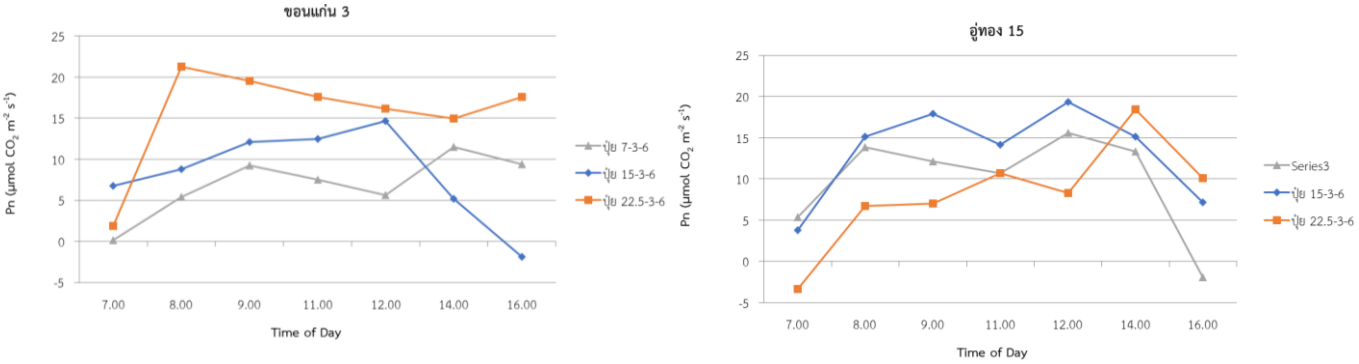
ความเขียวใบปริมาณคลอโรฟิลล์ และดัชนีพื้นที่ใบ

พันธุ์มีผลให้ค่าความเขียวใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุ 6 เดือน โดยอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าความเขียวใบเฉลี่ย 38 SPAD Units มากกว่าอ้อยพันธุ์อู่ทอง 15 (34 SPAD Units) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N ให้ค่าความเขียวใบมากที่สุด (38 SPAD Units) แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N (37 SPAD Units) เมื่อพิจารณาช่วงอายุการเจริญเติบโต พบว่า ค่าความเขียวใบมีค่าสูงในช่วง 4 เดือน ในอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าความเขียวใบ เฉลี่ย 42 SPAD units ส่วนอู่ทอง 15 เฉลี่ย 37 SPAD Units ความเขียวของใบ ลดลงตามอายุการเจริญเติบโตจนถึงระยะเก็บเกี่ยว เฉลี่ย 29 SPAD Units สอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลทำให้ดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกัน อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 4 เดือนถึงระยะเก็บเกี่ยว มีดัชนีพื้นที่ใบอยู่ในช่วง 5.03 – 6.60 ส่วนพันธุ์อู่ทอง 15 อยู่ในช่วง 4.36 – 6.07

อัตราการสังเคราะห์แสงของอ้อย

อ้อยเริ่มตรึงก๊าซ CO_2 เวลา 7 น. โดยสัมพันธ์กับความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นและสูงที่สุดในช่วงเวลา 8–14 น. แล้วลดลง พันธุ์และการใช้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซ CO_2 สูงสุด คือ พันธุ์ขอนแก่น 3 ร่วมกับการให้ปุ๋ยที่อัตรา 1.5 เท่า ตามค่าวิเคราะห์ N โดยมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดเฉลี่ย 21.27 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1} รองลงมาเป็น พันธุ์อู่ทอง 15 ร่วมกับการให้ปุ๋ยที่อัตรา 1 เท่า ตามค่าวิเคราะห์ N มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ย 19.31 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ช่วงเวลาที่ต้นอ้อยตรึงก๊าซ CO_2 ได้สูงสุด คือ เวลา 9-14 น. (ภาพที่ 2.3) อย่างไรก็ตาม พันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์มีอัตราการสังเคราะห์แสงไม่เท่ากัน เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดและปริมาณรงควัตถุในใบพืช สภาพภูมิอากาศ เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และปริมาณ CO_2 ในอากาศ (ธีรโชติ และคณะ, 2556)

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2.3 อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ที่มีการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกัน

ปริมาณมวลชีวภาพของอ้อย

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในอ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ ไม่ส่งผลให้การสะสมมวลชีวภาพของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตแตกต่างกัน การสะสมมวลชีวภาพในแต่ละส่วนเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ที่ระยะเก็บเกี่ยวมีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนของใบแห้งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (เฉลี่ย 0.86 ตัน/ไร่) เนื่องจากเข้าสู่การสะสมน้ำตาล ที่อายุ 6-10 เดือน อ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเก็บเกี่ยวสัดส่วนมวลชีวภาพในแต่ละส่วนของอ้อย พบว่า มวลชีวภาพส่วนใหญ่สะสมไว้ในส่วนของลำ เฉลี่ย 76 % รองลงมา คือ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เฉลี่ย 8 8 4 และ 4 % ตามลำดับ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนของลำ เฉลี่ย 76 % รองลงมาคือ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เฉลี่ย 9 7 5 และ 3 % ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์อู่ทอง 15 มีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนของลำ เฉลี่ย 75 % รองลงมาคือ ใบแห้ง ใบสด กาบใบแห้ง และกาบใบสด เฉลี่ย 8 7 5 และ 4 % ตามลำดับ

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในอ้อย

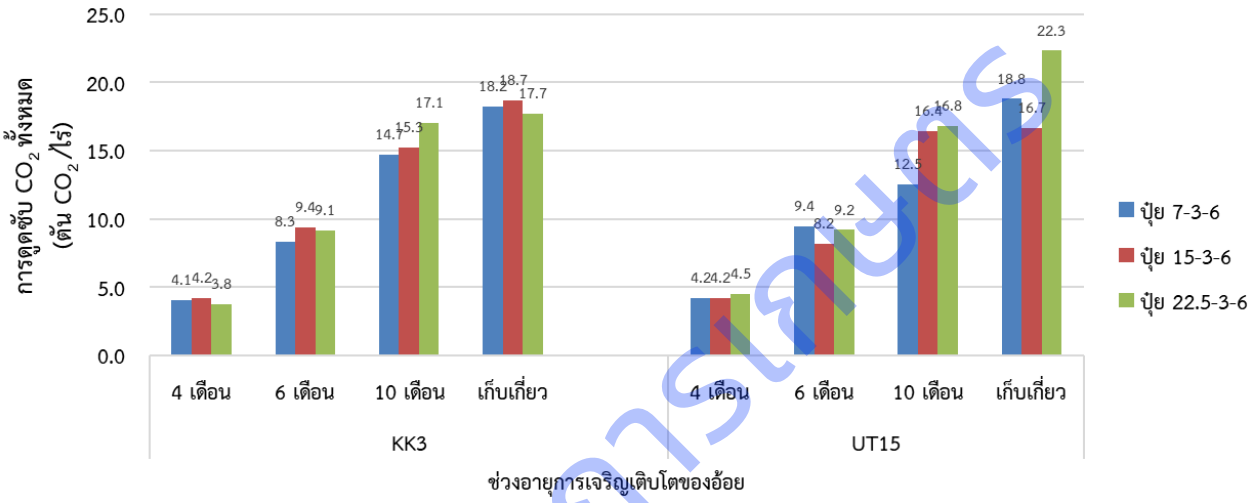
การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ไม่ส่งผลให้อินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำและกาบใบสดแตกต่างกันตลอดช่วงอายุและเมื่อเก็บเกี่ยว โดยลำอ้อยมีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 44.13 – 48.86 % กาบใบสด 41.16 – 45.31 % แต่มีผลในใบสดอ้อยที่อายุ 10 เดือน พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่ำกว่าให้อินทรีย์คาร์บอนสูงสุด เฉลี่ย 45.59 % แต่ไม่แตกต่างกับปุ๋ย 1 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N สำหรับใบสด ทุกช่วงอายุการเจริญเติบโตของอ้อยมีค่าอยู่ในช่วง 44.34 – 47.53 % พบปฏิสัมพันธ์ที่อายุ 4 เดือน ส่วนใบแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 42.30 – 45.28 % สำหรับกาบใบแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 40.33 – 44.33%

การกักเก็บคาร์บอนในอ้อย

อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีการกักเก็บคาร์บอนในส่วนของลำมากที่สุดถึง 76 % รองลงมาเป็นส่วนของใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เฉลี่ย 9 7 5 และ 3 % ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์อู่ทอง 15 มีการกักเก็บในส่วนของลำมากที่สุดถึง 76 % รองลงมาเป็นส่วนของใบแห้ง ใบสด กาบใบแห้ง และกาบใบสด เฉลี่ย 8 7 5 และ 4 % ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย พบว่า การปลูกอ้อย 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ถึง 5.12 กก.C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับก๊าซ CO_2 เฉลี่ย 18.78 ตัน CO_2/ไร่ โดยอ้อยจะค่อย ๆ เพิ่มการดูดซับก๊าซ CO_2 ตามการเจริญเติบโต

กรมวิชาการเกษตร

ของพืช (ภาพที่ 2.4) ดังนั้น ในพื้นที่ 1 ไร่ ของอ้อย 1 ฤดูปลูก พันธุ์ขอนแก่น 3 มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในส่วนของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เฉลี่ย 3.77 0.44 0.37 0.24 และ 0.16 ตัน C/ไร่ ตามลำดับ หรือสามารถดูดซับก๊าซ CO_2 ทั้งหมด 18.26 ตัน CO_2/ไร่ คิดเป็นส่วนของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เป็น 13.82 1.61 1.36 0.88 และ 0.59 ตัน CO_2/ไร่ ส่วนพันธุ์อู่ทอง 15 กักเก็บคาร์บอนในส่วนของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เฉลี่ย 4.00 0.36 0.41 0.21 และ 0.28 ตัน C/ไร่ ตามลำดับ หรือสามารถดูดซับก๊าซ CO_2 ทั้งหมด 19.29 ตัน CO_2/ไร่ คิดเป็นส่วนของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เป็น 14.67 1.32 1.50 0.77 และ 1.03 ตัน CO_2/ไร่ (ตารางที่ 2.3)



ภาพที่ 2.4 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 ที่อายุ 4 6 10 เดือนหลังปลูก และเก็บเกี่ยว ที่มีการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกัน

ตารางที่ 2.3 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*)

กรมวิชาการเกษตร

ผลผลิต

การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนไม่ทำให้ค่าความหวาน ผลผลิต และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยปลูกทั้งสองพันธุ์แตกต่างกัน แต่พันธุ์มีผลให้ค่าความหวานของอ้อยปลูกทั้งสองพันธุ์แตกต่างกัน โดยอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าความหวานเฉลี่ย (16.08 ซีซีเอส) มากกว่าอ้อยพันธุ์อู่ทอง 15 (13.93 ซีซีเอส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้ง 2 พันธุ์ เป็นพันธุ์ไม่ออกดอกส่งผลให้น้ำหนักและความหวานไม่ลดลงในช่วงปลายฤดู ส่วนปริมาณผลผลิตและปริมาณผลผลิตน้ำตาลของอ้อยปลูกทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน และไม่พบปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณผลผลิต ค่าความหวาน และปริมาณผลผลิตน้ำตาลของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 ที่อายุ 4 6 10 เดือนหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยวที่มีการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกัน

การจัดการปุ๋ย (F)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)			ความหวาน (ซีซีเอส)			ผลผลิตน้ำตาล (ตันซีซีเอส/ไร่)		
(กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่)	ขอนแก่น 3	อู่ทอง 15	เฉลี่ย	ขอนแก่น 3	อู่ทอง 15	เฉลี่ย	ขอนแก่น 3	อู่ทอง 15	เฉลี่ย
1. 7-3-6	22.70	27.11	24.91	16.22	14.28	15.25	3.68	3.88	3.78
2. 15-3-6	25.68	25.29	25.49	16.16	14.24	15.20	4.15	3.60	3.89
3. 22.5-3-6	25.07	25.75	25.41	15.87	13.28	14.57	3.98	3.43	3.70
เฉลี่ย	24.48	26.05	25.27	16.08a	13.93b	15.01	3.93	3.64	3.79
F-Test	Varieties (V) = ns Fertilizers (F) = ns (V) x (F) = ns			Varieties (V) = * Fertilizers (F) = ns (V) x (F) = ns			Varieties (V) = ns Fertilizers (F) = ns (V) x (F) = ns		
CV (%)	(V)	19.8		(V)	4.8		(V)	24.8	
	(F)	10.0		(F)	3.6		(F)	9.7	

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันทางด้านสดมภ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT ^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

กรมวิชาการเกษตร

2.2 การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของอ้อยในระดับพื้นที่

จากการสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อย พบว่า ทั้ง 2 จังหวัด เกษตรกรส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยอ้อย 2 ครั้งต่อฤดูปลูก โดยครั้งที่ 1 ใส่รองพื้นพร้อมปลูก หรือเมื่ออ้อยอายุ 1 -2 เดือน หรือระยะแตกหน่อ มีฝนตก และครั้งที่ 2 ใส่เมื่ออ้อยอายุ 3-7 เดือน หรือ มีฝนตก ขึ้นอยู่กับชนิดของอ้อย อายุพืชและจำนวนการไว้ตอ แต่พบเกษตรกรที่ไม่ใส่ปุ๋ยเลย สำหรับเกรดปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรเลือกใช้ ได้แก่ ปุ๋ย 20-8-20, 28-11-8, 15-15-15, 15-7-8, 18-6-6, 16-20-0, 46-0-0, 29-5-18 และ 21-7-18 เป็นต้น ใส่อัตรา 25-50 กก./ไร่ ทั้งใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเดียว และผสมปุ๋ยเคมีร่วมกัน พันธุ์อ้อยที่ปลูกทั้ง 2 พื้นที่ ปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 มากที่สุด แต่นครสวรรค์รองลงมาเป็นพันธุ์ KPK98-51 พันธุ์ K200 และ CSB13 และอ้อยคั้นน้ำ ส่วนใหญ่ปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี รองลงมาเป็นพันธุ์ LK92-11 อู่ทอง 15 ขอนแก่น 2 และ อู่ทอง 14 มีการให้น้ำเสริมมากกว่าพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์

การเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของอ้อย

จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า จำนวนลำต่อกออ้อย อยู่ในช่วง 3-5 ลำต่อกอ ความสูงช่วงอายุเก็บเกี่ยว 130 - 285 ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ 23.0-36.9 มม. จำนวนใบสด 0- 27 ใบต่อกอ ความเขียวใบ 15-38.3 SPAD Units ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 0.29-3.51 มก./ดม.^{2} ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี 0.24-0.97 มก./ดม.^{2} และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 0.57 - 4.48 มก./ดม.^{2} ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี มีจำนวนลำต่อกอ 3-7 ลำต่อกอสูงกว่าจังหวัดนครสวรรค์ ความสูงต้น 136 - 263 ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ 21.7-37.2 มม. จำนวนใบสด 2 - 10 ใบต่อกอ ความเขียวใบ 22-44 SPAD Units ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 0.73-5.28 มก./ดม.^{2} ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี 0.22-1.55 มก./ดม.^{2} และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 0.94 - 6.82 มก./ดม.^{2} ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ การจัดการปุ๋ย การให้น้ำ สภาพแวดล้อม และลักษณะความอุดมสมบูรณ์ของดิน

มวลชีวภาพของอ้อย

จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า อ้อย 1 ไร่มีการสะสมน้ำหนักแห้ง อยู่ระหว่าง 3.30 – 13.28 ตันต่อไร่ โดยน้ำหนักแห้งสะสมในส่วนของลำมากที่สุด อยู่ในช่วง 2.07-9.99 ตัน/ไร่ หรือคิดเป็น 72.2 % ของทุกส่วนในต้นอ้อย (ภาพที่ 2.3ก) รองลงมาเป็นส่วนของใบสด อยู่ใช่วง 0.32-1.29 ตัน/ไร่ หรือ 11.5% ใบแห้ง 0.11-1.08 ตัน/ไร่ หรือ 8.5% กาบใบแห้ง 0.15-1.04 ตัน/ไร่ หรือ 5% และกาบใบสดมีน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุกส่วนของอ้อย เฉลี่ย 2.8 % (0.06-0.44 ตัน/ไร่) ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า มีการสะสมน้ำหนักแห้งมากถึง 2.51-7.80 ตัน/ไร่ โดยส่วนของลำมีการสะสมน้ำหนักแห้งมากที่สุด เช่นเดียวกับอ้อยที่ปลูกจังหวัดนครสวรรค์ อยู่ในช่วง 1.41-6.36 ตัน/ไร่ หรือคิดเป็น 71.8 % รองลงมาเป็นส่วนของใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง คิดเป็น 12.1, 6.7, 5.9 และ 3.4 % ตามลำดับ

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน การกักเก็บคาร์บอนในอ้อย

จังหวัดนครสวรรค์ อ้อยมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนลำมากที่สุดถึง 51.32% และต่ำสุด 44.17% รองลงมาเป็นส่วนของกาบใบสด อยู่ในช่วง 40.12-49.42% ใบสด อยู่ในช่วง 38.73-49.21% ใบแห้ง อยู่ในช่วง 36.16-49.51% และกาบใบแห้ง อยู่ในช่วง 35.67-48.46% ตามลำดับ (ตารางที่ 2.3) สอดคล้องกับการกักเก็บคาร์บอนในพืช ที่พบว่า ลำมีการกักเก็บคาร์บอนสูงที่สุด 0.94-4.80 ตัน C/ไร่ รองลงมาเป็นใบสด 0.16-0.61 ตัน C/ไร่ ใบแห้ง กาบใบแห้ง และกาบใบสด 0.04-0.53, 0.07-0.43 และ 0.03-0.21 ตัน C/ไร่ และการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของอ้อย ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 1.51-6.18 ตัน C/ไร่ หรือคิดเป็นการดูดซับก๊าซ CO_2 5.53 – 22.66 ตัน CO_2/ไร่

ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี อ้อยมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำ อยู่ในช่วง 43.07-51.32% รองลงมากาบใบสด อยู่ในช่วง 41.66-50.14% ใบสด อยู่ในช่วง 44.69-49.97% ใบแห้ง อยู่ในช่วง 41.27-47.66% และกาบใบแห้ง อยู่ในช่วง 41.59-47.39% ตามลำดับ เช่นเดียวกับการกักเก็บคาร์บอนที่พบว่า ส่วนของลำมีการกักเก็บคาร์บอนสูงที่สุด อยู่ในช่วง 0.67-3.09 ตัน C/ไร่ รองลงมาเป็นส่วนของใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง อยู่ในช่วง 0.12-0.38, 0.05-0.28, 0.05-0.17 และ 0.02-0.14 ตัน C/ไร่ และการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของอ้อย ปริมาณการกักเก็บ อยู่ในช่วง 1.22-3.84 ตัน C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับก๊าซ CO_2 ระหว่าง 4.48-14.09 ตัน CO_2/ไร่

กรมวิชาการเกษตร

ดังนั้น อ้อย 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอน ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ อยู่ในช่วง 1.51-6.18 ตัน C/ไร่ สูงกว่าจังหวัดสุพรรณบุรี ที่สามารถกักเก็บคาร์บอน อยู่ในช่วง 1.22-3.84 ตัน C/ไร่ จังหวัดนครสวรรค์ ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 6.56-29.84 ตัน/ไร่ และจังหวัดสุพรรณบุรี อยู่ในช่วง 5.76-16.78 ตัน/ไร่ ทั้งนี้ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นอ้อยในส่วนต่าง ๆ พบว่า จังหวัดนครสวรรค์ มีปริมาณการดูดซับก๊าซ CO_2 ทั้งหมด 24.24 ตัน CO_2/ไร่ (6.61 ตัน C/ไร่) คิดเป็นส่วนของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เป็น 17.51 2.79 2.05 0.67 และ 1.22 ตัน CO_2/ไร่ ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี มีปริมาณการดูดซับก๊าซ CO_2 ทั้งหมด 16.56 ตัน CO_2/ไร่ (16.56 ตัน C/ไร่) คิดเป็นส่วนของลำ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง เป็น 11.89 2.01 1.11 0.98 และ 0.57 ตัน CO_2/ไร่ (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในต้นอ้อย 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)

การกักเก็บคาร์บอนในดิน

จังหวัดนครสวรรค์ ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 0.2-2.0 % และดินล่างที่ระดับความลึก 20-50 ซม. มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 0.1-2.1 % ทั้งนี้เมื่อคำนวณร่วมกับความหนาแน่นรวมของดิน ได้ผลการกักเก็บคาร์บอนในดิน ดินบน อยู่ในช่วง 1.23-1.65 ตัน C/ไร่ และดินล่าง อยู่ในช่วง 0.92-14.53 ตัน C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับก๊าซ CO_2 ดินบนและดินล่าง อยู่ในช่วง 1.07-10.05 และ 3.37-53.29 ตัน CO_2/ไร่ ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า ดินบน มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน อยู่ในช่วง 0.6-1.9 % และดินล่างที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน อยู่ในช่วง 0.5-2.3 % การกักเก็บคาร์บอนในดิน ดินบน อยู่ในช่วง 2.88-9.12 ตัน C/ไร่ และดินล่าง อยู่ในช่วง 3.60-16.56 ตัน C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับก๊าซ CO_2 ดินบนและดินล่าง อยู่ในช่วง 10.56-33.44 และ 13.20-60.72 ตัน CO_2/ไร่ (ตารางที่ 2.6) แตกต่างในแต่ละพื้นที่และการจัดการ สอดคล้องกับ นีรนุช และคณะ (2561) รายงานว่า ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพอากาศ การเขตกรรม และชนิดของพืชที่ปลูกมีบทบาทต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.6 การกักเก็บคาร์บอนในดินพื้นที่การผลิตอ้อย ในจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดสุพรรณบุรี

	SOC (%)		Bulk density (g/cm^3)		SOC stock[1/] (t C/rai)		Soil CO_2 stock[2/] (t CO_2/rai)	
	0-20 ซม.	20-50 ซม.	0-20 ซม.	20-50 ซม.	0-20 ซม.	20-50 ซม.	0-20 ซม.	20-50 ซม.
จังหวัดนครสวรรค์								
avg	1.0	0.8	1.44	1.42	4.67	5.73	17.12	21.00
Min	0.2	0.1	1.35	1.35	1.23	0.92	1.07	3.37
Max	2.0	2.1	1.65	1.65	1.65	14.53	10.05	53.29
จังหวัดสุพรรณบุรี								
avg	1.2	1.2	1.50	1.49	5.71	8.62	20.95	31.62
Min	0.6	0.5	1.50	1.35	2.88	3.60	10.56	13.20
Max	1.9	2.3	1.55	1.55	9.12	16.56	33.44	60.72

จังหวัดนครสวรรค์ พันธุ์ที่มีการสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด คือ พันธุ์ K200 เฉลี่ย 10.6 ตัน/ไร่ และ 5.1 ตัน C/ไร่ ตามลำดับ รองลงมาเป็นอ้อยคั้นน้ำ CSB13 ขอนแก่น 3 และ KPK98-51 มีการสะสมชีวมวล เฉลี่ย 8.9 6.8 6.4 และ 5.4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และกักเก็บคาร์บอน เฉลี่ย 4.1 3.3 3.0 และ 2.6 ตัน C/ไร่ ตามลำดับ ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า พันธุ์ที่มีการสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด คือ พันธุ์ KK2 เฉลี่ย 4.7 ตัน/ไร่ และ 2.3 ตัน C/ไร่ รองลงมาเป็นพันธุ์ KK3 UT15 LK92-11 และ UT14 มีการสะสมมวลชีวมวล เฉลี่ย 4.5 4.4 4.4 และ 3.9 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และกักเก็บคาร์บอน พันธุ์ KK3 UT15 และ LK92-11 เท่ากัน เฉลี่ย 2.1 ตัน C/ไร่ ส่วนพันธุ์ UT14 ต่ำที่สุด เฉลี่ย 1.8 ตัน C/ไร่

จำนวนการใส่ปุ๋ยบ่อยครั้งมีผลต่อการเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อย การกักเก็บคาร์บอนในต้นพืชมีความสัมพันธ์กับจำนวนลำต่อกอ และความสูง เมื่อนำมาหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อย ได้สมการเส้นตรง Y = 0.4735x + 0.0057 โดย Y คือการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อย (ตัน C/ไร่) และ X คือ มวลชีวภาพทั้งหมด (ตัน/ไร่) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 ทำนองเดียวกับจังหวัดสุพรรณบุรี ได้สมการเส้นตรง Y = 0.4726x + 0.0026 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 การกักเก็บคาร์บอนในอ้อยแปรผันไปทางเดียวกับปริมาณมวลชีวภาพ สอดคล้องกับ เสริมพงศ์ และจงรัก (2543)

ปริมาณอินทรียวัตถุ และการกักเก็บคาร์บอนในดินมีความสัมพันธ์กัน เมื่อนำมาหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนในดิน และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จังหวัดนครสวรรค์ ได้สมการความสัมพันธ์เส้นตรง Y = 3.3481x - 0.1783 โดย Y คือ การกักเก็บคาร์บอนในดิน (ตัน C/ไร่) และ X คือ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.96 ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี ได้สมการความสัมพันธ์เส้นตรง Y = 2.5892x + 1.8829 มีค่า R^2 เท่ากับ 0.44

กรมวิชาการเกษตร

2.3 เทคนิคประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงอ้อยโดยไม่ทำลายตัวอย่าง

ดัชนีพืชพรรณ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของภาพดาวเทียม Landsat 8 บริเวณตำแหน่งแปลงตัวอย่าง ในรูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง ในพื้นที่ปลูกอ้อย จังหวัดนครสวรรค์ และสุพรรณบุรี มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่มีค่า R^2 ต่ำ ที่ p = 0.019 ส่วนการกักเก็บคาร์บอนกับดัชนีพืชพรรณก็ให้ผลในทำนองเดียวกัน เนื่องจากอาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อค่าดัชนีพืชพรรณ เช่น ช่วงอายุที่เก็บใบอ้อย เป็นที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว มีใบแห้งที่อยู่ในต้นเป็นส่วนใหญ่ การดูดกลืนคลื่นของใบไม้ย่อมแตกต่างจากที่อายุ 6 - 8 เดือนที่มีใบสดมาก จึงไม่นำ NDVI มาใช้คาดการณ์มวลชีวภาพ

ระดับแปลงทดลองอ้อย

ชีวมวลเหนือพื้นดิน สามารถประมาณได้จากความสูงลำอ้อย เส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อย และจำนวนลำต่อกอ ในระดับของแปลงทดลอง ที่ระยะการเจริญเติบโต 4 6 10 เดือนหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยว สมการถดถอยเส้นตรงหลายตัวแปรมีความแม่นยำกว่า การใช้ปัจจัยเดียวในการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อย (ตารางที่ 2.7) แต่ทุกสมการที่มีความสัมพันธ์สูง และให้ค่า RMSE ต่ำสุดในแต่ละพันธุ์และช่วงอายุสามารถนำไปใช้ในการประมาณชีวมวลส่วนเหนือดินของอ้อยได้

ส่วนการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในอ้อย ที่ระยะการเจริญเติบโต 4 6 10 เดือนหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยว สามารถใช้ชีวมวลประมาณได้จาก สมการ CS = k * ชีวมวล โดยที่ k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งมีความแตกต่างตามพันธุ์ ความสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า k สูงขึ้นตามอายุ ส่วนพันธุ์อู่ทอง 15 มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุมากขึ้น เมื่อเฉลี่ยทั้ง 2 พันธุ์ พบว่า สมการ CS = 0.426* BM ให้ค่า R^2= 0.89 และ RMSE 1.565 ตัน C/ไร่

ระดับแปลงสำรวจอ้อย

ชีวมวลเหนือพื้นดิน สามารถประมาณได้จากความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนลำต่อกอของอ้อยจากการสำรวจพบเกษตรกรปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และ LK92 มาก จึงนำมาหาสมการทำนายรายพันธุ์และเฉลี่ย พบว่า ความสูงอย่างเดียว หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำร่วมกับจำนวนลำต่อกอ ประมาณได้มีความแม่นยำสูงกว่าการใช้เส้นผ่านศูนย์กลางลำเพียงอย่างเดียว หรือจำนวนลำต่อกอเพียงอย่างเดียว เฉลี่ยทุกพันธุ์มีสมการ BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC ให้ค่า R^2= 0.934 และ RMSE 1.499 ตัน/ไร่ (ตารางที่ 2.8)

ส่วนการกักเก็บคาร์บอนระดับแปลงเกษตรกรทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว สามารถใช้ชีวมวลเหนือพื้นดินประมาณได้ มีรูปแบบสมการ CS = k * BM โดยค่า k มีค่าเท่ากับ 0.475 (R^2 = 0.999, RMSE = 0.077 ตัน C/ไร่) ของอ้อยทุกพันธุ์ แต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากสมการประเมินชีวมวลส่วนเหนือดินของอ้อย และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บคาร์บอนของชีวมวล เมื่อนำมารวมกันทั้ง 2 ขั้นตอน สามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยได้ทั้งระดับแปลงทดลองและไร่เกษตรกร อย่างไรก็ตาม การศึกษายังจำกัดด้วยจำนวนข้อมูลและฤดูกาลผลิต ควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้เทคนิคการประมาณค่าที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.7 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
อุ่ทอง 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
		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

กรมวิชาการเกษตร

พันธุ์	อายุ (เดือน)	สมการ	R^2	RMSE
		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 2.8 สมการประเมินชีวมวลเหนือพื้นดินของอ้อย ระดับแปลงสำรวจ

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

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ทั้ง 2 สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย และการสะสมมวลชีวภาพ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน น้ำและความสมบูรณ์ของต้นพืชมีผลการปิดเปิดปากใบและอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นตามแสงในสภาพที่ดินมีความชื้นพอ แต่หากพืชขาดน้ำ ปากใบจะเปิดน้อยลงและเป็นช่วงเวลาที่สั้นลง ทำให้โอกาสที่อ้อยจะทำการสังเคราะห์แสงลดลง 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 สัดส่วนของน้ำหนักลำสูงสุดทุกระยะ ตั้งแต่ 4 เดือนและสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือน มีสัดส่วน 70-80% ของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินทั้งหมด ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อน้ำหนักแห้งชีวมวลในแต่ละส่วนของอ้อย 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 ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของอ้อยความผันแปรในแต่ละช่วงอายุหลังปลูก แม้พันธุ์จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อนำไปวิเคราะห์การจัดกลุ่มค่าตัวแปรที่ได้จากการวัดเส้นตอบสนองต่อแสงทุกตัว สามารถ แบ่งได้ 3 กลุ่มคือ 1) UT10-615 และ UT10-009R 2) ขอนแก่น 3 อู่ทอง 15 และอู่ทอง 17 3) อู่ทอง 12 ซึ่งสอดคล้องกับการให้ผลผลิตและปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

สำหรับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตราต่าง ๆ ทำให้ขนาดลำแตกต่างกัน แต่พันธุ์อ้อยมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง มีสัดส่วนมวลชีวภาพสะสมไว้ในส่วนของลำ เฉลี่ย 76 % อ้อยพันธุ์อู่ทอง 15 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N สามารถกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดสูงที่สุด เฉลี่ย 6.09 ตัน C/ไร่ หรือ 22.3 ตัน CO_2/ไร่ ทั้งนี้ปริมาณกักเก็บคาร์บอนสัมพันธ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลชีวภาพ ในการปลูกอ้อย 1 ฤดู สามารถกักเก็บคาร์บอนได้เฉลี่ย 5.12 กก.C/ไร่ หรือดูดซับก๊าซ CO_2 เฉลี่ย 18.78 ตัน CO_2/ไร่ และสามารถกักเก็บคาร์บอนในดิน เฉลี่ย 3.7 – 5.8 ตัน C/ไร่ หรือ 13.6 – 21.3 ตัน CO_2/ไร่ ดังนั้น การจัดการปุ๋ย และการเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมจะช่วยยกระดับผลผลิตอ้อยและการกักเก็บคาร์บอนให้สูงขึ้นได้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่างพื้นที่ เพื่อศึกษาพันธุ์และการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม สำหรับเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่อื่น ๆ ในการเลือกพันธุ์พืช และการจัดการที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ การสำรวจพื้นที่การผลิตอ้อย พบว่า อ้อย 1 ฤดูปลูก มีการสะสมน้ำหนักแห้ง 3.30 – 13.28 ตัน/ไร่ ส่วนของลำมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด สามารถกักเก็บคาร์บอน อยู่ในช่วง 1.51-6.18 ตัน C/ไร่ หรือ 5.53-22.66 ตัน CO_2/ไร่ การกักเก็บคาร์บอนในอ้อยแปรผันโดยตรงกับมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในดินผันแปรโดยตรงกับอินทรียวัตถุในดิน ทั้งนี้ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นอ้อย

สวนวิทยบริการ

เทคนิคประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนส่วนเหนือดินในแปลงอ้อยโดยไม่ทำลายตัวอย่าง ในระดับแปลงทดลองสามารถประมาณชีวมวลช่วงอายุ 4 6 10 เดือนหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยวได้ด้วยสมการถดถอยเส้นตรงหลายตัวแปรมีความแม่นยำกว่า การใช้ปัจจัยเดียว ส่วนประเมินการกักเก็บคาร์บอน สามารถประมาณได้จากชีวมวล โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 แต่มีค่าเฉลี่ย 0.426 ให้ค่า R^2= 0.89 และ RMSE 1.565 ตัน C/ไร่ ส่วนระดับแปลงเกษตรกร สมการจากความสูงอย่างเดียว หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำ หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำร่วมกับจำนวนลำต่อกอ ประมาณชีวมวลได้มีความแม่นยำสูงกว่าการใช้เส้นผ่านศูนย์กลางลำเพียงอย่างเดียว หรือจำนวนลำต่อกอเพียงอย่างเดียว เฉลี่ยทุกพันธุ์มีสมการ BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC ให้ค่า R^2= 0.934 และ RMSE 1.499 ตัน/ไร่ และชีวมวลสามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนได้ จากค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่มีความแตกต่างตามพันธุ์มีค่าเฉลี่ย 0.475 ให้ค่า R^2 = 0.99 และ RMSE = 0.077 ตัน C/ไร่) เมื่อนำมารวมกันทั้ง 2 ขั้นตอน สามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยได้ทั้งระดับแปลงทดลองและไร่เกษตรกร สำหรับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มีความสัมพันธ์กับชีววมวลต่ำจึงไม่นำมาใช้ในการประมาณชีวมวล

บรรณานุกรม

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. คู่มือวิเคราะห์ดินและพืช. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 164 หน้า

เกษม สุขสถาน. 2561.สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 5 เรื่องที่ 3 อ้อย. แหล่งข้อมูล : http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=5&chap=3&page=t5-3-infodetail07.html.

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

คัทลียา ฉัตร์เที่ยง ประกายมาส รันประพันธ์ สุรีพร นันท์ดี และ สนธิชัย จันทร์เปรม. 2562. การเจริญเติบโตและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของอ้อย 4 พันธุ์ ภายใต้สภาพเครียดจากความเค็ม. แก่นเกษตร. 47 (1): 187-198.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2539 . สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 216 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.

กรมวิชาการเกษตร

ธีรโชติ ฮีสวัสดิ์ พัชรียา บุญกอแก้ว ณัฏฐ พิชกรรม และประศาสตร์ เกื้อมณี. 2556. การศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์การค้าบางพันธุ์. หน้า 505-511. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาพืช. กรุงเทพฯ.

นงภัทร ไชยชนะ ทิวา พาโคกทม เจษฎา ภัทรเลอพงศ์ และ เชฎฐ์ สาทรกิจ. 2555. การประเมินการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยตอหนึ่งโดยวิธี Eddy Covariance Technique. หน้า 1174-1181. *ใน* การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

นฤนาท ชัยรังษี. 2546. การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของเรือนพุ่มอ้อย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย.

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

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.

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

พูนพิภพ เกษมทรัพย์ เจษฎา ภัทรเลอพงศ์ เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และเพ็น สายขุนทด. 2537. ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งใบ และอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบมันสำปะหลัง 3 พันธุ์. หน้า 105-113. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 สาขาพืช 3-5 กุมภาพันธ์ 2537.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์ และเจษฎา ภัทรเลอพงศ์. 2537 อัตราการหายใจของใบถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 ขณะอยู่ในความมืด. หน้า 361-370. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 สาขาพืช 3-5 กุมภาพันธ์ 2537.

เพ็ญนภา คงรัตนโชค. 2005. ปริมาณการสะสมคาร์บอนในมันสำปะหลังและยางพารา จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยามหิดล.

วิชณีย์ ออมทรัพยสิน. มปป. การตอบสนองทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตของปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี. เอกสารวิชาการ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร. 52 หน้า.

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

กรมวิชาการเกษตร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศรีสังวาลย์ ลายวิเศษกุลและ สุนทรี ยิ่งชัชวาล. 2560. ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของใบธงของข้าวพันธุ์ กข 41, ปทุมธานี 1 และขาวดอกมะลิ 105 ภายใต้การเพิ่มขึ้นของ CO_2. ว. วิทย. กษ. 48(1): 36–47

ศรีสุดา ทิพยรักษ์ ชยันต์ ภักดีไทย กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ปรีชา กาเพ็ชร และศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2560. การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย. หน้า 53- 77 *ใน* รายงานโครงการวิจัยการสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. กรมวิชาการเกษตร.

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

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2537. พฤกษศาสตร์. กรุงเทพฯ : รั้วเขียว. พิมพ์ครั้งที่ 3. 277 หน้า.

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

สายรุ้ง แววตะคุ สุจิณณา กรรณสูต และสุรัตน์ บัวเลิศ. 2015. ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองและพื้นที่สีเขียวในเขตชนบท. ว.วิทยาศาสตร์ มข. 43(3):446-458.

สุจิตรา พรมหเชื้อ วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน เพ็ญศิริ จำรัญฉาย และสิทธิพงศ์ ศรีสว่างวงศ์. 2551. การศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราฎร์ธานี 2 ในภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. หน้า 164-178. *ใน* เอกสารประกอบการสัมนาวิชาการ การจัดการความรู้ด้านความสัมพันธ์ระหว่างดินและน้ำเพื่อการผลิตพืช วันที่ 9-10 มิถุนายน 2551.

สุทธิลักษณ์ ศรีไกร. 2559. การเปรียบเทียบผลผลิตของอ้อยปลูกและวิธีทางเขตกรรมที่เหมาะสมหลังเก็บเกี่ยวต่อการงอกและการเจริญเติบโตของอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ เค 95-84. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สุนทรี ยิ่งชัชวาล คัทลียา ฉัตรเที่ยง ธาดา ชัยสีหา จิตรฤทัย ชูมาก สุทิน หิรัญอ่อน และภูริพงศ์ ดำรงวุฒิ. 2544. อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ และคายน้ำในรอบวันของใบส้มเขียวหวาน หน้า 62-81. *ใน* รายงานโครงการพัฒนาวิชาการข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยาของส้มเขียวหวาน.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,นครปฐม.

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์. คัทลียา ฉัตร์เที่ยง จิตรฤทัย ชูมาก ธาดา ชัยสีหา สุทิน หิรัญอ่อน จินตนา บางจั่น สุภาพร เรืองวิทยาโชติและภูริพงศ์ ดำรงวุฒิ. มปป. เส้นตอบสนองต่อแสง จุดชดเชยคาร์บอนไดออกไซด์ ค่านำไหลของผิวใบสองด้านและปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบส้มเขียวหวาน. แหล่งข้อมูล: https://www.cab.kps.ku.ac.th/plantbiophysics/pdf/ct/ct_part5.pdf สืบค้นเมื่อ:1 มิถุนายน 2564.

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

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

กรมวิชาการเกษตร

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

Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. In FAO Forestry Report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Chapman S.C., T. Duan, B. Zheng, W. Guo, S. Ninomiya and Y. Guo. 2016. Comparison of ground cover estimates from experiment plots in cotton, sorghum and sugarcane based on images and ortho-mosaics captured by UAV. Functional Plant Biology. 44(1): 169-183.

Chapman S.C., T. Duan, B. Zheng, W. Guo, S. Ninomiya and Y. Guo. 2016. Comparison of ground cover estimates from experiment plots in cotton, sorghum and sugarcane based on images and ortho-mosaics captured by UAV. Functional Plant Biology. 44(1): 169-183.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. In.R.K. Pachauri & A. Reisinger (eds.). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva.

Wachirawan W., S. Pattanakiat and C. Navanugraha. 2009. The Estimation of Carbon Storages in Various Growth Stages of Sugarcane in Si Sat Chanalai District, Sukhothai Province, Thailand. Environment and Natural Resources Journal. 7(2):72-81.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัย 3

การศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Study on the effect of soil, fertilizer, and water management in corn, sugarcane, cassava, soybean, and mung bean cropping systems on the changes in soil quality and greenhouse gas emission

วนิดา โนบรรเทา การิตา จงเจือกลาง พัชรินทร์ นามวงษ์ วัลลีย์ อมรพล ชยันต์ ภักดีไทย
เนติรัฐ ชุมสุวรรณ พรพรรณ สุทธิแย้ม จิราลักษณ์ ภูมิไธสง เพชรลดา นวลตาล
ศุภกาญจน์ ล้วนมณี นงลักษ์ ปั้นลาย สมฤทัย ตันเจริญ แววตา พลกุล
ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ รมิดา ขันตรีกรม กิตจเมธ แจ้งศิริกุล บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์
สมควร คล้องช้าง ศรีสุดา ทิพยรักษ์ ดาวรุ่ง คงเทียน นภาพร คำนวณทิพย์
วลัยรัตน์ แป้นแก้ว เชาวนาถ พฤทธิเทพ สุมนา งามผ่องใส
ชูชาติ บุญศักดิ์ อนันต์ ทองภู

Wanida Nobuntou Karita Chongchuaklang Patcharin Namwong Wanlee Amonpon
Chayan Pakdeethai Netirat Chumsuwan Pornparn Suddhiyam Jiraluck Phoomthaisong
Phetrada Nualtan Suphakarn Luanmanee Nongluck Punlai Somrutai Tancharoen
Waewta Polkul Nuttapong Srisombut Ramida Kantrikrom Kitjamate Jangsirikul
Bhannapitch Samrit Somkuan Klongchang Srisuda Thippayarugs
Daorung Kongtien Napaporn Cumnuantip Wilairat Pankaw
Chaowanart Phruetthithep Sumana Ngampongsai
Choochat Bunsak Anan Thongphoo

กรมวิชาการเกษตร

คำสำคัญ : มันสำปะหลัง การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บคาร์บอน มวลชีวภาพ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน cassava, carbon dioxide absorption, carbon storage, biomass, carbon content

บทคัดย่อ

การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศหรือก๊าซเรือนกระจก เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่ทำการเกษตรเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยบรรเทาภาวะโลกร้อน นอกจากนี้ยังเป็นการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อีกทางหนึ่ง โครงการวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ที่มีต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน พบว่า

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนปนทราย โดยมีการไถพรวนดิน และการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับใช้ฟางข้าวคลุมดิน ไม่ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินแตกต่างกัน แต่ส่งเสริมให้ข้าวโพดดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ 2.2- 2.6 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี ส่วนการไถพรวน และไม่ไถพรวน มีการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินไม่แตกต่างกัน แต่การใช้ฟางข้าวคลุมดินเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน สำหรับในดินร่วนเหนียว การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าระบบปลูกพืชโดยการใส่มูลไก่ หรือใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับมูลไก่ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากสุด และระบบการปลูกถั่วแปบเป็นพืชตามหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด ทำให้ดินมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนสูงขึ้นเช่นเดียวกับการใส่มูลไก่ที่สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดิน

ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำอย่างเหมาะสมในพื้นที่ปลูกอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 พบว่าการปลูกอ้อยแบบให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อย และใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตันต่อไร่ มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เฉลี่ยตลอดฤดูปลูกไม่แตกต่าง และการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากผิวดินในพื้นที่ซึ่งเป็นดินร่วนปนทรายขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่าปัจจัยอื่น โดยมีปริมาณการปล่อย CO_2 จากผิวดินมากสุดในช่วงระยะที่อ้อยมีอายุ 196-285 วันหลังปลูก และการให้น้ำที่ระดับความชื้น 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นดิน (%AWC) ทำให้สูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากดินน้อยสุด

ผลของการจัดการดิน และปุ๋ย และระบบปลูกพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ในดินร่วนปนทราย พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับไถกลบเศษซากต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ส่วนระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว และใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อยอัตรา 1 ตันต่อไร่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ขณะที่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินมากกว่าระบบการปลูกพืช

ผลของการจัดการดิน และปุ๋ยแบบต่างๆ ในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียวสภาพไร่ พบว่า การปลูกถั่วเหลืองโดยใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม สามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินได้มากกว่าการจัดการดิน และปุ๋ยแบบอื่นๆ ส่วนการปลูกถั่วเขียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับพืชตระกูลถั่วอัตรา 0-3-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม เพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน ส่วนการจัดการดิน และปุ๋ยรูปแบบต่างๆ ในระบบการปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินไม่แตกต่างกัน

Abstracts

An increase in atmospheric carbon dioxide (CO_2) or greenhouse gas is one cause of global warming. Reducing CO_2 emission and increasing soil carbon storage (SOC) in agricultural areas is one of the strategies for alleviating global warming and could improve soil fertility. This research project, therefore, studies the effects of soil, fertilizer, and water management in the production system of maize, sugarcane, cassava,

soybean, and mung bean on greenhouse gas emissions and changes in soil quality. The results of the study showed that maize cultivation in sandy loam with tillage and chemical fertilizers application based on soil analysis with rice straw mulch did not differ in CO_2 emissions from the soil surface. But encouraging maize to absorb CO_2 from the atmosphere 2.2 to 2.6 t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$. While tillage and no-tillage, there was no difference in SOC accumulation, but rice straw mulch increases SOC. In clay loam soil, fertilizer management had a greater effect on CO_2 emission than the cultivation system. Applying chicken manure or chemical fertilizers application based on soil analysis combined with chicken manure has produced more CO_2 emissions. And lablab bean cultivation after maize harvest has increased higher SOC accumulation. As well as application of chicken manure able to maintain SOC.

The results of the effect of fertilizer management combination with appropriate watering in sugarcane ratoon cultivation were found that supplementary water to crop requirements and chemical fertilizers application based on soil analysis combined with filter cake application at 1 t rai^{-1} had no difference in an average CO_2 emission throughout the growing season. CO_2 emissions from the soil surface in a sugarcane plantation area in sandy loam are more dependent on sugarcane growth rates than other factors. The highest CO_2 emissions from soil surface had during sugarcane age 196-285 days after planting. And applying water at 12.5 %AWC resulted in the least loss of SOC.

The effects of soil and fertilizers management, and cropping systems in cassava cultivation areas in sandy loam soil was found that chemical fertilizers application based on soil analysis combined with organic fertilizer application at 1 t rai^{-1} or combined with cassava leaves and stems residues at 3 t rai^{-1} was effective in increasing SOC storage and increase the amount of plant nutrients such as phosphorus and potassium in the soil. Whereas, cassava intercropping with mung bean and application of filter cake at 1 t rai^{-1} was effective in increasing SOC. It was also found that fertilizer management had a greater effect on CO_2 emissions from soil surface than the cultivation system.

The effect of soil management and various types of fertilizers in soybean and mung bean cultivation in upland conditions. The results showed that soybean cultivation with compost application at 2 t rai^{-1} combined with chemical fertilizers application and rhizobium bio- fertilizers increased SOC more than the other soil and fertilizers management types. While mung bean cultivation, application of chemical fertilizers based on soil analysis at 0-3-6 kg $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ rai^{-1} combined with rhizobium bio-fertilizers, increases the efficiency of SOC storage. It was also found that different soil and fertilizer management types in soybean and mung bean cultivation systems showed a no different amount of CO_2 emission from the soil surface.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

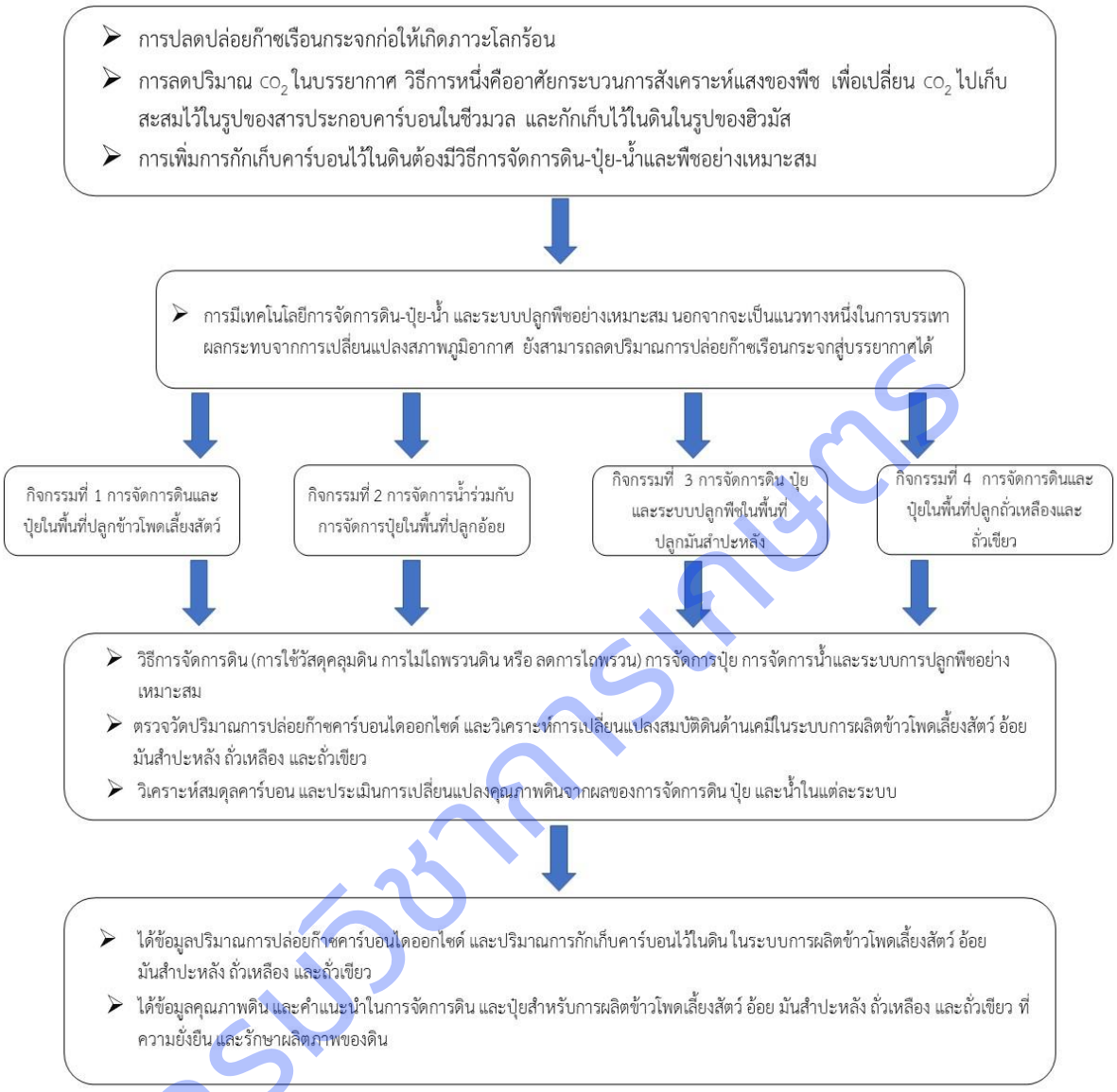
บทนำ

การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะความแปรปรวนของอากาศหรือภาวะโลกร้อน (climate change) ทั้งอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้น สภาวะแล้งและการขาดแคลนน้ำ จากสภาพอากาศที่แปรปรวนนั้นเป็นปัจจัยซึ่งส่งผลโดยตรงต่อภาค "เกษตรกรรม" เนื่องจากเป็นภาคการผลิตที่มีความเปราะบางมากที่สุดทำให้ผลผลิตพืชลดลงและได้รับความเสียหาย ผลกระทบจากโลกร้อนต่อระบบเกษตรไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะกับเกษตรกรในชนบทเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อเนื่องถึงทุกคนบนโลกรวมทั้งคนเมืองด้วย เนื่องจากเกษตรกรรมคือระบบผลิตอาหารให้กับมนุษย์ ภาคเกษตรกรรมมีบทบาทในเรื่องโลกร้อน 2 ด้าน คือเป็นผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจก พร้อมๆ กับทำหน้าที่ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในการสังเคราะห์แสง และเก็บกักไว้รูปในของมวลชีวภาพส่วนต่างๆ รวมทั้งในส่วนของราก จากรายงานของ Matsumoto *et al.* (2008) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 5 ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินสตึก กักเก็บคาร์บอนไว้ในส่วนของเศษซากต้น ใบ และกาบฝัก 176–352 กิโลกรัม C ต่อไร่ และส่วนของราก 1,120–1,280 กิโลกรัม C ต่อไร่ เมื่อไถกลับเศษซากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทำให้มีคาร์บอนคืนกลับลงไปในดิน 1,296–1,632 กิโลกรัม C ต่อไร่ ซึ่งคาร์บอนที่เก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆของพืชหลังจากผ่านการย่อยสลายแล้วจะเหลือตกค้างอยู่ในดินในรูปของฮิวมัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรียวัตถุ โดยเรียกกระบวนการนี้ว่า “การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน หรือ Soil carbon sequestration” (Lal *et al*., 2007: Yonekura *et al.,* 2010)

ดินนับเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ และปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดิน (soil carbon pool) มีประมาณ 3.3 เท่าในบรรยากาศ (atmospheric pool) และ 4.3 เท่าของที่กักเก็บไว้โดยมวลชีวภาพ (biotic pool) คาร์บอนในดินอยู่ในรูปสารอินทรีย์ (soil organic carbon, SOC) และอนินทรีย์ (soil inorganic carbon, SIC) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีค่าผันแปรสูงขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ ซึ่งในเขตหนาวอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงมากถึงร้อยละ 60 และอาจมากกว่าร้อยละ 75 ในเขตร้อน การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศนั้นเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นควบคู่กัน แต่จะเป็นไปในทิศทางใดมากกว่ากันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การจัดการดิน การใช้ปุ๋ย เนื้อดิน ความชื้น อุณหภูมิ สิ่งมีชีวิตในดิน และพืชที่ปลูก เป็นต้น ซึ่งการใช้วิธีการจัดการดินผสมผสานหลายวิธีร่วมกัน เช่น การลดการไถพรวน การปลูกพืชหมุนเวียน การใส่วัสดุอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืช มีประสิทธิภาพต่อการเก็บสะสมคาร์บอนในดินมากกว่าการจัดการดินด้วยวิธีใดเพียงวิธีหนึ่ง (Grant *et al.*, 2001) แต่ปัญหาคือประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ หรืออินทรีย์คาร์บอนในดินเกิดขึ้นเร็ว และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ส่งผลให้มีการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินต่ำ ดังนั้นจึงควรมีวิธีการจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ และพืชอย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และรักษาคุณภาพดินในการผลิตพืชให้ยั่งยืน

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ที่มีต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน โดยวิธีการวิจัยประกอบด้วยการดำเนินงาน 4 กิจกรรมวิจัย ดังแสดงในแผนภูมิข้างล่าง

กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

1.การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.1 ศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. ลพบุรี

ดำเนินการในแปลงทดลองระยะยาวที่มีการดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 จนถึงปัจจุบัน ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี จังหวัดลพบุรี (14° 47.9′ N, 100°48.0′ E) ซึ่งเป็นดินชุดวังสะพุง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี

1	No application (0-0-0)	X	No organic matter input (NoOM)	X	Tillage (Till)
2	No application (0-0-0)	X	No organic matter input (NoOM)	X	No-tillage (No-till)
3	No application (0-0-0)	X	Rice straw mulch (RiceStraw)	X	Tillage (Till)
4	No application (0-0-0)	X	Rice straw mulch (RiceStraw)	X	No-tillage (No-till)
5	Application (Chem)	X	No organic matter input (NoOM)	X	Tillage (Till)
6	Application (Chem)	X	No organic matter input (NoOM)	X	No-tillage (No-till)
7	Application (Chem)	X	Rice straw mulch (RiceStraw)	X	Tillage (Till)
8	Application (Chem)	X	Rice straw mulch (RiceStraw)	X	No-tillage (No-till)

Note: 1) Chemical fertilizer was applied at 15-5-5 kg N-P_2O_5-K_2O / rai under maize cultivation and not under mung bean cultivation

2) Rice straw mulch was carried out before maize sowing

3) Tillage and no-tillage was carried out under maize cultivation and not under mung bean cultivation

ทำการไถพรวนในแปลงที่มีการไถพรวนก่อนปลูกข้าวโพด 1 สัปดาห์ ในปี 2560 ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 (Maize: *Zea mays*, variety: Nakhon Sawan 3) วันที่ 24 พฤษภาคม ปี 2561 ปลูกข้าวโพดวันที่ 19 พฤษภาคม ปี 2562 ปลูกข้าวโพดวันที่ 27 พฤษภาคม และปี 2563 ปลูกข้าวโพดวันที่ 21 พฤษภาคม ในแปลงย่อยขนาด 5.25 เมตร x 6 เมตร โดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1 รองก้นร่องพร้อมปลูกอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเดียวอัตรา 7.5 กิโลกรัม N ต่อไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 25-30 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวข้าวโพดประมาณ 110-120 วันหลังปลูก โดยปี 2560 เก็บเกี่ยวข้าวโพดวันที่ 18 กันยายน ปี 2561 เก็บเกี่ยวข้าวโพดวันที่ 3 กันยายน ปี 2562 เก็บเกี่ยวข้าวโพดวันที่ 16 กันยายน และปี 2563 เก็บเกี่ยวข้าวโพดวันที่ 9 กันยายน ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 15 ตารางเมตร (3.75 เมตร x 4 เมตร) ตัดต้นข้าวโพดแต่ละแปลงชั่งน้ำหนัก และทิ้งเศษซากต้นไว้ในแปลง

กรมวิชาการเกษตร

ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 (Mung bean: *Vigna radiata*, variety: Chainat 84-1) หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด โดยปี 2560 ปลูกถั่วเขียววันที่ 22 กันยายน ปี 2561 ปลูกถั่วเขียววันที่ 20 กันยายน ปี 2562 ปลูกถั่วเขียววันที่ 1 ตุลาคม และปี 2563 ปลูกถั่วเขียววันที่ 29 กันยายน ใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 60 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 15 เซนติเมตร และเก็บเกี่ยวถั่วเขียว ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 12 ตารางเมตร (3 เมตร x 4 เมตร) ซึ่งในปี 2560 เก็บเกี่ยวถั่วเขียววันที่ 24 พฤศจิกายน ปี 2561 เก็บเกี่ยวถั่วเขียววันที่ 21 พฤศจิกายน และปี 2562 เก็บเกี่ยวถั่วเขียววันที่ 2 ธันวาคม ตัดต้นถั่วเขียวแต่ละแปลงชั่งน้ำหนัก และทิ้งเศษซากต้นไว้ในแปลง

1.2 ศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. นครสวรรค์

ดำเนินการในแปลงทดลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะยาว ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ดำเนินการทดลองมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 มีระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยแตกต่างกัน โดยระบบปลูกพืชมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลัก และปลูกพืชตามหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดำเนินการในลักษณะแปลงทดลองกึ่งสาธิต ไม่มีซ้ำ ประกอบด้วยระบบปลูกพืช 3 ระบบ ที่มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลัก และปลูกพืชตามหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 1) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์-ข้าวฟ่าง 2) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์-ถั่วเขียว 3) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์-ถั่วแปบ ในแต่ละระบบปลูกพืชมีการจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 4 วิธี คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_2-K_2O ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบ อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_2-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบ อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆดังนี้

กรรมวิธีที่ 1	พืชหลัก: ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)	พืชตาม: ข้าวฟ่าง (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 2	พืชหลัก: ข้าวโพด (ปุ๋ยเคมี)	พืชตาม: ข้าวฟ่าง (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 3	พืชหลัก: ข้าวโพด (ปุ๋ยมูลไก่)	พืชตาม: ข้าวฟ่าง (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 4	พืชหลัก: ข้าวโพด (ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยมูลไก่)	พืชตาม: ข้าวฟ่าง (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 5	พืชหลัก: ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)	พืชตาม: ถั่วเขียว (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 6	พืชหลัก: ข้าวโพด (ปุ๋ยเคมี)	พืชตาม: ถั่วเขียว (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 7	พืชหลัก: ข้าวโพด (ปุ๋ยมูลไก่)	พืชตาม: ถั่วเขียว (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 8	พืชหลัก: ข้าวโพด (ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยมูลไก่)	พืชตาม: ถั่วเขียว (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 9	พืชหลัก: ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)	พืชตาม: ถั่วแปบ (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 10	พืชหลัก: ข้าวโพด (ปุ๋ยเคมี)	พืชตาม: ถั่วแปบ (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 11	พืชหลัก: ข้าวโพด (ปุ๋ยมูลไก่)	พืชตาม: ถั่วแปบ (ไม่ใส่ปุ๋ย)
กรรมวิธีที่ 12	พืชหลัก: ข้าวโพด (ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยมูลไก่)	พืชตาม: ถั่วแปบ (ไม่ใส่ปุ๋ย)

กรมวิชาการเกษตร

ขนาดแปลงย่อย 40x18 เมตร ปลูกข้าวโพดโดยใช้ระยะระหว่างระยะปลูก 75x20 เซนติเมตร สำหรับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ ให้ชั่งมูลไก่หว่านให้ทั่วแปลงก่อนปลูกและคลุกเคล้าให้เข้ากันกับดิน ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ อัตราของกรรมวิธีที่กำหนดร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชรองพื้นพร้อมปลูก ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 หลังปลูก 21-30 วัน และเก็บเกี่ยวพร้อมเก็บตัวอย่างดินและพืชที่อายุ 110-120 วัน พื้นที่เก็บเกี่ยว 9 ตารางเมตร จำนวน 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดทำการปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ โดยข้าวฟ่างใช้ระยะปลูก 60x10 เซนติเมตร ถั่วเขียวและถั่วแปบ ใช้ระยะปลูก 50x10 เซนติเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 9 ตารางเมตร จำนวน 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี

1.3 การศึกษาการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. นครราชสีมา

ดำเนินการในแปลงทดลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะยาว ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ จ. นครราชสีมา แปลงทดลองมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ คือ 47N 749313N 1620996E ระดับความสูง 365.8 เมตร เป็นชุดดินปากช่อง วางแผนการทดลองแบบ Strip plot 10 กรรมวิธีๆละ 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ ระบบการไถพรวนดิน ได้แก่ 1) ไถพรวนปกติ และ 2) ไม่ไถพรวน ปัจจัยรอง คือ ปุ๋ยเคมี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี 2) ไม่ใส่ไนโตรเจน-10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่-10 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ 3) ใส่ไนโตรเจนเท่าค่าวิเคราะห์ดิน-10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่-10 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ 4) ใส่ไนโตรเจน 1.5 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน-10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่-10 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ และ 5) ใส่ไนโตรเจน 2 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน-10 กิโลกรัมP_2O_5 ต่อไร่-10 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

ขนาดแปลงทดลอง 6x10 เมตร ปลูกข้าวโพด โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 20 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยเคมี แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก โดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ½ อัตราที่แนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ อัตราที่แนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน หลังปลูก 21-30 วัน เมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะ เก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุ 110-120 วัน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างดิน และวิเคราะห์ดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และช่วงเก็บเกี่ยวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร แปลงย่อยละ 5 จุดรวมกันเป็น 1 ตัวอย่างต่อแปลงย่อย นำตัวอย่างดินไปผึ่งให้แห้งในร่ม บด และร่อนตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (Rayment and Higginson, 1992) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินโดยวิธี Walkley and black (Nelson and Sommers, 1982) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินใช้วิธี Bray II (Watanabe and Olsen, 1965) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดดินด้วย 1N NH_4OAc, pH 7 (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV) หรือ Atomic absorption (AA) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน

2. การวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน

ทำการดักจับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดินในรอบ 24 ชั่วโมงทุก 2 สัปดาห์ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในแปลงทดลอง เช่น หลังการไถพรวน หลังใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี โดยใช้

กรมวิชาการเกษตร

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ใส่ในขวดแก้วที่มีความสูง 0.105 เมตร วางขวดแก้วที่บรรจุโซเดียมไฮดรอกไซด์ฐานรองที่มีความสูงจากพื้นประมาณ 0.05 เมตร จากนั้นครอบด้วยถังพลาสติกหุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์สูง 0.20 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.0283 ตารางเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการดักจับก๊าซทุกๆ 2 สัปดาห์ พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และเก็บดินมาหาความชื้นในแต่ละครั้งที่ทำการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3. การวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่

วิเคราะห์สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่จากปริมาณคาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่จากวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืชในพื้นที่ หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิตและส่วนต่างๆ ของพืช (ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ) และปริมาณคาร์บอนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน (soil respiration) ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในแต่ละปี

4. การประเมินคุณภาพดิน

ประเมินคุณภาพดินโดยนำผลการวิเคราะห์ดิน 3 รายการคือ ร้อยละปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน มาใช้เป็นเกณฑ์สำหรับประเมินคุณภาพดินหรือสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ด้วยวิธีให้คะแนน รวมผลคะแนนจากค่าวิเคราะห์ดินทั้ง 3 รายการ แล้วให้เกณฑ์การประเมินคุณภาพดินเป็น ระดับสูง ระดับปานกลาง และ ระดับต่ำ โดยดัดแปลงจากกรมพัฒนาที่ดิน ดังนี้

Level	Low	Medium	High
OM (%)	< 1.5	1.5-3.5	>3.5
	(1 point)	(2 points)	(3 points)
Avail P (mg kg^{-1})	<10	10-25	>25
	(1 point)	(2 points)	(3 points)
K (mg kg^{-1})	<60	60-90	>90
	(1 point)	(2 points)	(3 points)

Note: Soil quality criteria using a scoring method

If the total score is between 2-4, the soil quality is low

If the total score is between 5-7, the soil quality is moderate

If the total score is between 8-9, the soil quality is considered high

กรมวิชาการเกษตร

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ $P<0.05$

6. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดิน ที่ระยะต่างๆ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของข้าวโพดและพืชตาม ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของข้าวโพดและพืชตาม เพื่อนำมาคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ใส่กลับลงไปในดินและที่สูญหายออกไปจากพื้นที่

เวลาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

เวลาดำเนินการวิจัย	เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2560 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2563
สถานที่ดำเนินการวิจัย	กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

2. การจัดการน้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยในพื้นที่ปลูกอ้อย

2.1 การศึกษาการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตอ้อย จ. ขอนแก่น

ดำเนินการทดลองในแปลงอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ในชุดดินวาริน ซึ่งเป็นแปลงทดลองที่มีการดำเนินการด้านการจัดการน้ำและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 จนถึงปัจจุบัน การดำเนินการทดลองในปี 2560 ถึง 2563 เป็นอ้อยตอที่ 8 9 และ 10 วางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยวิธีการดังนี้ 1) ปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน 2) ปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมด้วยระบบน้ำหยด 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นของดินภายในระดับความลึก 1 เมตร (AWC) เมื่ออ้อยอายุ 30-240 วัน 3) ปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริม 25.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC 4) ปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริม 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC 5) ปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริม 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC โดยทุกวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 24-9-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

ขนาดแปลงย่อย 9x9 เมตร แปลงย่อยห่างกัน 1.5 เมตร เพื่อเป็นร่องระบายน้ำ แบบระบบปลูกพืชเดี่ยว (sole crop) ใช้ระยะแถวปลูก 1 เมตร วางลำเหลื่อมสลับโคนและปลาย โดยปลูกและเก็บเกี่ยวตามฤดูกาลของเกษตรกรปฏิบัติ แบ่งใส่ปุ๋ยเคมีเป็นสามครั้งเท่าๆกัน สำหรับอ้อยตอ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 24-9-18 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 1 ใส่ 1/3 (N-P-K) หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยตอ 4 ครั้งที่ 2 ใส่ 1/3 (N-P-K) เมื่ออ้อยมีอายุ 2-3 เดือน และ ครั้งที่ 3 ใส่ 1/3 (N-P-K) เมื่ออ้อยมีอายุ 4-5 เดือนหลังปลูก โดยใส่เป็นแถวข้างร่องปลูกห่างจากแถวอ้อยประมาณ 10-15 เซนติเมตร เก็บเกี่ยวและสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยเมื่ออายุประมาณ 12 เดือน

กรมวิชาการเกษตร

2.2 การศึกษาวิธีการให้น้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตอ้อย จ. ขอนแก่น

ดำเนินการในแปลงทดลองภายในศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พิกัดแปลง UTM 48Q 267338^{E} 1823867^{N} ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2559 วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือการให้น้ำ มี 2 ระดับ ได้แก่ 1) อาศัยน้ำฝน 2) ให้น้ำตามความต้องการของอ้อย (อ้างอิง FAO Blaney-Criddle) โดยวิธีน้ำหยด ปัจจัยรอง คือการปรับปรุงดินและปุ๋ยมี 5 ระดับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (โดยน้ำหนักแห้ง) 3) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่แนะนำ 18-3-12 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่แนะนำ 18-3-12 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 5) ใส่ปุ๋ยเคมี 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ + กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ หาความชื้นทุก 7 วัน และคำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องให้ โดยใช้สมการ

ETc = Kc x ETo

ETc = ปริมาณความต้องการน้ำของอ้อย (มิลลิเมตรต่อวัน)

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน) คำนวณโดยใช้สมการของ Blaney-Criddle

ขนาดของแปลงย่อย 9x9 เมตร โดยเว้นแต่ละแปลงย่อยห่างกัน 1.5 เมตรเพื่อเป็นร่องระบายน้ำปลูกอ้อยและไว้ตออ้อยแบบระบบปลูกพืชเดี่ยว (sole crop) ใช้ระยะแถวปลูก 1 เมตร วางลำเหลื่อมสลับโคนและปลาย โดยปลูกและเก็บเกี่ยวตามฤดูกาลของเกษตรกรปฏิบัติ แบ่งใส่ปุ๋ยเคมีเป็นสองครั้งเท่าๆกัน ครั้งที่ 1 โรยในร่องก่อนปลูกด้วยปุ๋ยครึ่งอัตราที่กำหนด และที่เหลืออีกครึ่งอัตราใส่เป็นแถวข้างร่องปลูกห่างจากแถวอ้อยประมาณ 10-15 เซนติเมตร เมื่ออ้อยมีอายุ 4-5 เดือนหลังปลูก

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างดิน และวิเคราะห์ดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก และช่วงเก็บเกี่ยวที่ระดับความลึก 0-15 และ 20-50 เซนติเมตร นำตัวอย่างดินไปผึ่งให้แห้งในร่ม บด และร่อนตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

2. การวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน

ทำการดักจับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดินในรอบ 24 ชั่วโมง ทุกๆ 1 เดือน และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในแปลงทดลอง เช่น หลังการไถพรวน หลังใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ใส่ในขวดแก้วที่มีความสูง 0.105 เมตร วางขวดแก้วที่บรรจุโซเดียมไฮดรอกไซด์ฐานรองที่มีความสูงจากพื้นประมาณ 0.05 เมตร จากนั้นครอบด้วยถังพลาสติกหุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์สูง 0.20 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.0283 ตารางเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการดักจับก๊าซทุกๆ

กรมวิชาการเกษตร

2 สัปดาห์ พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และเก็บดินมาหาความชื้นในแต่ละครั้งที่ทำการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3. การวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่

วิเคราะห์สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่จากปริมาณคาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่จากวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืชในพื้นที่ หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิตและส่วนต่างๆ ของอ้อย และปริมาณคาร์บอนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน (soil respiration) ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในแต่ละปี

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ $P<0.05$

5. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินที่ระยะต่างๆ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของอ้อย และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของอ้อย ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของอ้อย เพื่อนำมาคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ใส่กลับลงไปในดินและที่สูญหายออกไปจากพื้นที่

เวลาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

เวลาดำเนินการวิจัย	เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2560 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2563
สถานที่ดำเนินการวิจัย	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

3. การจัดการดิน ปุ๋ยและระบบปลูกพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

3.1 การศึกษาการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ.ระยอง

ดำเนินการทดลองในแปลงมันสำปะหลังระยะยาว จังหวัดระยอง เนื้อดินร่วนปนทราย ชุดดินห้วยโป่ง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 4 ซ้ำ 5 วิธีการ ได้แก่

1) ไม่ใส่ปุ๋ย
2) ไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ (โดยน้ำหนักสด)
3) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่
4) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2Oต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมัก 1 ตันต่อไร่ (โดยน้ำหนักสด)
5) ใส่ปุ๋ยเคมี16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่

กรมวิชาการเกษตร

ปลูกมันสำปะหลังต้นฤดูฝน ขนาดแปลงย่อย 8x10 เมตร ระยะปลูก 1x1 เมตร 1 ต้น/หลุม หว่านปุ๋ยอินทรีย์ และสับกลบต้นใบมันสำปะหลังก่อนปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสองข้างต้นห่างจากต้น 20-30 เซนติเมตร ครั้งเดียวหลังปลูก 1-2 เดือน และกำจัดวัชพืชตามความจำเป็นตลอดฤดูปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลัง เมื่ออายุ 11 เดือน พื้นที่เก็บเกี่ยว 48 ตารางเมตร

3.2 การศึกษาการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ. ขอนแก่น

ดำเนินการทดลองในแปลงมันสำปะหลังระยะยาว จังหวัดขอนแก่น เป็นชุดดินยโสธร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 4 ซ้ำ 5 วิธีการ ได้แก่

1) ไม่ใส่ปุ๋ย
2) ไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ (โดยน้ำหนักสด)
3) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่
4) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ (โดยน้ำหนักสด)
5) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่

ขนาดของแปลงย่อย 8x10 เมตร ปลูกมันสำปะหลังด้วยระยะปลูก 1x1 เมตร การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำโดยหว่านให้ทั่วแปลงแล้วพรวนกลบ ส่วนปุ๋ยเคมีใส่หลังปลูก 1 เดือน เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุ 1 ปี หลังจากเก็บเกี่ยวในแต่ละปี วิธีที่ 1 3 และ 4 ได้นำต้นใบเหง้าออกนอกแปลงทั้งหมด ส่วนวิธีที่ 2 และ 5 นำต้นใบเหง้าในแปลงและจากแหล่งอื่นสับกลบลงไปในอัตรา 3 ตันต่อไร่ เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลัง เมื่ออายุ 11 เดือน พื้นที่เก็บเกี่ยว 48 ตารางเมตร

3.3 การศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ. ขอนแก่น

ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองมันสำปะหลังระยะยาวกึ่งแปลงสาธิต ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น เป็นดินร่วนปนทราย ชุดดินยโสธร (fine-loamy, siliceous, semiactive, isohyperthermic, Typic Paleustults) ประกอบด้วยระบบปลูกพืช 3 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี: C1 2) ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนกับถั่วเขียวตามด้วยถั่วพุ่มปีเว้นปี: C2 และ 3) ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียวทุกๆปี: C3 โดยในระบบปลูกพืชทั้ง 3 ระบบมีการจัดการปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง 4 วิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย: F1 2) ใส่ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองอ้อย อัตรา 1000 กิโลกรัมต่อไร่: F2 3) ใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่: F3 4) ใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยหมัก 1000 กิโลกรัมต่อไร่: F4 5) ใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยหมัก 500 กิโลกรัมต่อไร่: F5 และ 6) ใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยหมัก 500 กิโลกรัมต่อไร่: F6

ดำเนินการทดลองในแปลงย่อยขนาด 7x8 เมตร (พื้นที่เก็บเกี่ยว 5x6 เมตร) หว่านปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองอ้อยให้ทั่วแปลงแล้วพรวนกลบก่อนปลูก 1-2 สัปดาห์ ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี ปลูกมัน

กรมวิชาการเกษตร

สำปะหลังต้นฤดูฝน โดยใช้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ใช้ระยะปลูก 1x1 เมตร ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งเดียวหลังปลูก 1 - 2 เดือน หลังการกำจัดวัชพืช โดยใส่ปุ๋ยสองข้าง ห่างจากต้น 20-30 เซนติเมตร และพรวนดินกลบ ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียวตามด้วยถั่วพุ่ม) ปีเว้นปี ปลูกมันสำปะหลัง 1 ปี (เหมือนระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี) แล้วปีต่อไปปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ตามด้วยถั่วพุ่มพันธุ์อุลบลราชธานี ระยะปลูก 50x50 เซนติเมตร ปลูก 2 ต้นต่อหลุม สำหรับถั่วเขียวใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บเกี่ยวถั่วเขียวเมื่อฝักแก่เต็มที่ และสับซากถั่วเขียวคลุกลงดิน จากนั้นปลูกถั่วพุ่มโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย เก็บเกี่ยวฝักถั่วพุ่มเมื่อแก่เต็มที่และไถกลบเศษซากถั่วกลับลงในดิน ส่วนระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว ปลูกมันสำปะหลังระยะปลูก 1x1 เมตร ปลูกถั่วเขียวกึ่งกลางระหว่างแถวมันสำปะหลัง ใช้ระยะปลูกระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร จำนวน 2 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่รองก้นหลุมพร้อมปลูก และใส่ปุ๋ยอัตราที่เหลือหลังเก็บเกี่ยวถั่วเขียว เก็บเกี่ยวถั่วเขียวเมื่อฝักแก่เต็มที่ และสับเศษซากถั่วเขียวคลุมดิน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างดิน และวิเคราะห์ดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดิน วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นดินรวม และอนุภาคของ sand, silt และ clay และสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อินทรีย์คาร์บอนในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K)

2. การวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน

ทำการดักจับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดินในรอบ 24 ชั่วโมง ทุกๆ 4 สัปดาห์ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในแปลงทดลอง เช่น หลังการไถพรวน หลังใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ใส่ในขวดแก้วที่มีความสูง 0.105 เมตร วางขวดแก้วที่บรรจุโซเดียมไฮดรอกไซด์ฐานรองที่มีความสูงจากพื้นประมาณ 0.05 เมตร จากนั้นครอบด้วยถังพลาสติกหุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์สูง 0.20 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.0283 ตารางเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการดักจับก๊าซทุกๆ 2 สัปดาห์ พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และเก็บดินมาหาความชื้นในแต่ละครั้งที่ทำการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3. การวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่

วิเคราะห์สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่จากปริมาณคาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่จากวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืชในพื้นที่ หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิตและส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง และปริมาณคาร์บอนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน (soil respiration) ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในแต่ละปี

กรมวิชาการเกษตร

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ $P<0.05$

5. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินที่ระยะต่างๆ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของอ้อย และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของอ้อย ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของอ้อย เพื่อนำมาคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ใส่กลับลงไปในดินและที่สูญหายออกไปจากพื้นที่

เวลาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

เวลาดำเนินการวิจัย	เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2560 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2563
สถานที่ดำเนินการวิจัย	ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

4. การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว

4.1 การศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพไร่

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่ปุ๋ยใดๆ (none) 2) ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ด และปุ๋ยเคมีอัตรา 3-6 กิโลกรัม P_2O_5 -K_2O ต่อไร่ (R+PK) 3) ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ด และปุ๋ยเคมีอัตรา 3-6 กิโลกรัม P_2O_5 -K_2O ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ (C+R+PK) 4) ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3-3-6 กิโลกรัม N-P_2O_5- K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (R+NPK) 5) ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3-3-6 กิโลกรัม N-P_2O_5- K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ (C+R+NPK)

ขนาดแปลงทดลองย่อย 3x5 เมตร ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ระยะปลูกถั่วเหลือง 50x20 เซนติเมตร กรรมวิธีที่ 3 และ 5 ไถกลบปุ๋ยหมักก่อนปลูก 20-30 วัน เมื่ออายุ 20-25 วันหลังปลูก ถอนแยกถั่วเหลืองให้เหลือ 3 ต้นต่อหลุม ดูแลรักษาตามกรรมวิธี กำจัดวัชพืช พ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูตามความจำเป็น เก็บเกี่ยวเมื่อฝักถั่วเหลืองเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล อายุประมาณ 100 วัน ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 2x4 ตารางเมตร

4.2 การศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในระบบการผลิตถั่วเขียวในสภาพไร่

ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองและขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง ตำบลหนองขุ่น อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ลักษณะเนื้อดินร่วนทราย เป็นชุดดินเดิมบาง วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (No fer No R) 2) ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (R) 3) ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Fer+R) 4) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3-6 กิโลกรัม P_2O_5 -K_2O ต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

กรมวิชาการเกษตร

(Fer rec+R) และ 5) ระบบผสมผสาน ใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (Integrated)

ขนาดแปลงทดลอง 3.0x5.0 เมตร ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร ส่วนในกรรมวิธีที่ 5 ไถกลบปุ๋ยหมักก่อนปลูก 20-30 วัน ถอนแยกถั่วเขียวให้เหลือ 2 ต้นต่อหลุม ดูแลรักษาตามกรรมวิธี และพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูตามความจำเป็น เก็บเกี่ยวถั่วเขียวในพื้นที่เก็บเกี่ยว 8 ตารางเมตร

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างดิน และวิเคราะห์ดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก และช่วงเก็บเกี่ยวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร แปลงย่อยละ 5 จุด รวมกันเป็น 1 ตัวอย่างต่อแปลงย่อย นำตัวอย่างดินไปผึ่งให้แห้งในร่ม บด และร่อนตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

2. การวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน

ทำการดักจับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดินในรอบ 24 ชั่วโมง ทุก 2 สัปดาห์ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในแปลงทดลอง เช่น หลังการไถพรวน หลังใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ใส่ในขวดแก้วที่มีความสูง 0.105 เมตร วางขวดแก้วที่บรรจุโซเดียมไฮดรอกไซด์ฐานรองที่มีความสูงจากพื้นประมาณ 0.05 เมตร จากนั้นครอบด้วยถังพลาสติกหุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์สูง 0.20 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.0283 ตารางเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการดักจับก๊าซทุกๆ 2 สัปดาห์ พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และเก็บดินมาหาความชื้นในแต่ละครั้งที่ทำการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3. การวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่

วิเคราะห์สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่จากปริมาณคาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่จากวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืชในพื้นที่ หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิตและส่วนต่างๆ ของถั่วเหลือง และถั่วเขียว และปริมาณคาร์บอนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน (soil respiration) ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในแต่ละปี

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ $P<0.05$

5. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินที่ระยะต่างๆ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ข้อมูลการ

กรมวิชาการเกษตร

เจริญเติบโต การให้ผลผลิตของอ้อย และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของอ้อย ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของอ้อย เพื่อนำมาคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ใส่กลับลงไปในดินและที่สูญหายออกไปจากพื้นที่

เวลาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

เวลาดำเนินการวิจัย	เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2560 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2563
สถานที่ดำเนินการวิจัย	ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
	ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1.การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.1 ศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. ลพบุรี

1) สภาพภูมิอากาศ

การทดลองครั้งนี้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2563 รวม 3 ปี โดยในปี 2560 มีปริมาณน้ำฝนรวมมากสุด 1459.4 มิลลิเมตร และในปี 2562 มีปริมาณน้ำฝนรวมน้อยสุด 1007 มิลลิเมตร ส่วนอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดในแต่ละปีไม่แตกต่างกัน มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ 36.9 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ 22.2 องศาเซลเซียส

2) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

จากผลการศึกษาวิธีการจัดการดิน และปุ๋ยที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน เช่น ฟางข้าว (Rice straw mulch) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 556.4 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการไม่คลุมดินด้วยวัสดุอินทรีย์ (NoOM) ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตเฉลี่ย 450.6 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการไถพรวน (Till) ส่งผลให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง (616.2 กิโลกรัมต่อไร่) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการไม่ไถพรวน (No-till) ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 382.5 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการส่งเสริมให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตสูงขึ้น โดยการใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) ตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 660.8 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งสูงเป็น 2 เท่าของผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกโดยไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (0-0-0) ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 338.6 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 4 ฤดูปลูก การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตเฉลี่ย 548-722.5 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดลพบุรี ที่มีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 735-752 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2564 ก) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากในฤดูปลูกปี 2560 และ 2561 เกิดสภาวะแล้ง ฝนทิ้งช่วงฝนไม่ตกในช่วงที่ข้าวโพดกำลังเจริญเติบโต และออกดอก ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดในปีดังกล่าวต่ำ ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

กรมวิชาการเกษตร

เฉลี่ยทั้ง 4 ฤดูปลูกต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของจังหวัดลพบุรี ดังนั้นหากต้องการให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดี นอกจากมีการไถพรวนดิน และใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมแล้ว ควรใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดินร่วมด้วย เพื่อช่วยรักษาความชื้นของดิน และเมื่อวัสดุอินทรีย์ที่ใช้คลุมดินมีการย่อยสลายยังเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินอีกทางหนึ่ง

ผลผลิตของถั่วเขียวที่ปลูกเป็นพืชตามหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีหรือวัสดุอินทรีย์ใดๆ อาศัยผลตกค้างจากการจัดการดินและปุ๋ยในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ผลตกค้างจากวัสดุอินทรีย์คลุมดิน (Rice straw) ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 60 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 140.7 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการไม่ใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน (NoOM) ที่ถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ย 112.3 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการไถพรวน (Till) และไม่ไถพรวน (No-till) ถั่วเขียวให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันผลผลิตเฉลี่ย 122.5-130.6 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ผลตกค้างของปุ๋ยเคมีส่งผลให้ถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่า (140 กิโลกรัมต่อไร่) การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีที่ถั่วเขียวให้ผลผลิตเพียง 113 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าถึงแม้ ถั่วเขียวมีจุลินทรีย์ที่ปมรากซึ่งช่วยในการดูดซับก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศ และเปลี่ยนเป็นแหล่งไนโตรเจนให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ แต่ยังมีความจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของถั่วเขียวในระยะแรก ในปี 2562 ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 60 ให้ผลผลิตต่ำมากในทุกกรรมวิธี ทั้งนี้เนื่องมาจากได้รับผลกระทบจากการระบาดของของแมลงตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เป็นสาเหตุให้ถั่วเขียวมีการเจริญเติบโตไม่ดีและให้ผลผลิตต่ำ

3) ผลของการจัดการดิน และปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเขียว และปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

พืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง และกักเก็บไว้ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่างๆของต้นพืช ซึ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศและกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนไว้ในส่วนของมวลชีวภาพต่างๆ เช่น ใบ ต้น เมล็ด ซัง และราก จากผลการศึกษา 3 ปี เพื่อประเมินผลของการจัดการดิน และปุ๋ยต่อปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนมวลชีวภาพของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตลอดจนประเมินถึงศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ พบว่า การจัดการดินโดยการใช้ฟางข้าวคลุมดิน (Rice straw) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้น้ำหนักแห้ง (เมล็ด ซัง ต้น และใบ) รวม 1434.5 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 606.8 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 2224.8 กิโลกรัม CO_2 ต่อไรต่อปี ซึ่งแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการจัดการดินโดยการไม่คลุมดินด้วยวัสดุอินทรีย์ (NoOM) ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยรวม 1127.3 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 476.9 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 1748.4 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี ส่วนการไถพรวน (Till) ส่งผลให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงถึง 1551.8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ เท่ากับ 656.4 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 2406.8 กิโลกรัม CO_2 ต่อไรต่อปี แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการไม่ไถพรวน (No-till) ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 1009.9

กรมวิชาการเกษตร

กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับ Matsumoto *et al.* (2008) ที่รายงานว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่มีการไถพรวนให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย (469 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) ต่ำกว่าการปลูกแบบไถพรวนปกติที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงถึง 928 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) ตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 1658.7 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ เท่ากับ 701.6 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 2572.5 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี ซึ่งสูงเป็น 2 เท่าของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (0-0-0) ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 878.1 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี จากข้อมูลผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า หากมีการจัดการดิน และปุ๋ยที่เหมาะสม จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดี ให้มวลชีวภาพสูง นั่นหมายถึงพืชมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนออกไซด์จากบรรยากาศในปริมาณมาก และกักเก็บไว้ในส่วนต่างๆของพืชสูงเช่นกัน ดังนั้นหากมีการไถกลบเศษซากพืชลงดินจึงเป็นวิธีการกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ในพื้นที่เกษตร ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่หลายประเทศนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ

การปลูกถั่วเขียวเป็นพืชตามหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ผลตกค้างจากวัสดุอินทรีย์คลุมดิน (Rice straw) ทำให้ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 60 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 383 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ เท่ากับ 162 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 594.1 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการไม่ใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน (NoOM) ที่ถั่วเขียวให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 307.8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ เท่ากับ 130.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 477.4 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี ส่วนการไถพรวน (Till) และไม่ไถพรวน (No-till) ถั่วเขียวให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันเฉลี่ย 325.3-365.5 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ เฉลี่ย 137.6-154.6 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 504.6-566.8 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ผลตกค้างของปุ๋ยเคมีส่งผลให้ถั่วเขียวให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 378.7 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สูงกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยเคมีที่ถั่วเขียวให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเพียง 285.9 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังนั้นหากมีการไถกลบเศษซากถั่วเขียวจะเป็นการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน 132-160.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถั่วเขียวดูดซับจากบรรยากาศหรือลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ถึง 446.5-587.4 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี

4) ผลของการจัดการดิน และปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

การจัดการดิน และปุ๋ยในช่วงระยะเวลา 3 ปี ไม่ส่งผลให้มีการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนเริ่มการทดลองในปี 2560 โดยก่อนการทดลองดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนระหว่าง 6.67-8.31 กรัม C ต่อกิโลกรัม หลังการทดลองมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ยระหว่าง 6.67-8.43 กรัม C ต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่าการใช้ฟางข้าวคลุมดิน (Rice straw) สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ย 8.07 กรัม C

กรมวิชาการเกษตร

ต่อกิโลกรัม มากกว่าการจัดการดินแบบไถพรวน (Till) หรือการใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน 7.58 กรัม C ต่อกิโลกรัม และ 7.46 กรัม C ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงและการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC stock change) ตั้งแต่ปี 2560 ถึงเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี 2563 จะเห็นมีค่าติดลบทุกกรรมวิธี และการใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดินอย่างฟางข้าว (Rice straw) มีแนวโน้มทำให้การสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงมากกว่าการจัดการดินแบบไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย นั่นแสดงว่า การใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดินเช่นฟางข้าวไม่ได้มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนซึ่งเป็นองค์ประกอบในฟางข้าวให้ไปเป็นอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดิน ดังนั้นจากผลการทดลองการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินจากการใช้ฟางข้าวนั้นจึงมาจากอินทรีย์คาร์บอนในฟางข้าวที่มีปริมาณที่สูงเท่านั้น และการใช้ปุ๋ยเคมีอาจเป็นการเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง

5) ผลของการจัดการดิน และปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

จากการติดตามการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2560 ถึง เดือนพฤษภาคม 2563 รวม 3 ปี โดยเริ่มเก็บข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดช่วงปลูกข้าวโพด ปลูกพืชตาม (ถั่วเขียว) จนถึงช่วงพักดินที่ไม่มีการปลูกพืช พบว่า การจัดการดินโดยใช้วัสดุอินทรีย์อย่างฟางข้าวคลุมดิน (Rice straw mulch) มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในแต่ละปีไม่แตกต่างจากการไม่ใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน (No OM) โดยมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 6.08-6.30 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี หรือ 3.30-3.39 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปจากพื้นที่เท่ากับ 899-923 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ส่วนการไถพรวน (Till) และไม่ไถพรวน (No-till) มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 6.17-6.21 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี หรือ 3.34 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี เทียบเท่าปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปจากพื้นที่ 911.5 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน 5.88 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี หรือ 3.17 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี ซึ่งมีปริมาณที่ต่ำกว่าการไม่ใช่ปุ๋ยเคมี (0-0-0) ที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6.50 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี หรือ 3.51 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี เทียบเท่าปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปจากพื้นที่ 957.5 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความชื้นในดิน จะเห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์กัน ในช่วงที่ดินมีความชื้นเหมาะสม จะทำให้เกิดการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ต่างๆในดิน โดยผ่านกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ดี ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ยังขึ้นอยู่กับการหายใจของรากพืช ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงที่ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเต็มที่ จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงขึ้นเช่นกัน

6) ผลของการจัดการดิน และปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

กรมวิชาการเกษตร

เมื่อวิเคราะห์ถึงผลของการจัดการดินต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 แบบไม่มีการใช้วัสดุอินทรีย์ (NoOM) หรือการไม่ไถพรวน (Not-till) หรือการไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (0-0-0) มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตมากกว่า การปลูกข้าวโพดแบบมีการใช้วัสดุอินทรีย์ (Rice straw) หรือมีการไถพรวนดิน (Till) หรือมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (Chem) โดยในการจัดการดิน และปุ๋ยเพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวโพด 1 กิโลกรัมนั้น การจัดการดินแบบไม่มีการใช้วัสดุอินทรีย์ (NoOM) หรือการไม่ไถพรวน (Not-till) หรือการไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (0-0-0) มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตเฉลี่ย 1.7-2.1 กิโลกรัม CO_2 ต่อกิโลกรัมผลผลิต

7) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน และสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่ปี 2560 ถึง 2563 ในกรรมวิธีการใช้วัสดุอินทรีย์ฟางข้าวคลุมดิน (Rice straw) มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่คืนกลับลงไปในดินทั้ง 719.58 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ได้มาจากเศษซากต้นใบข้าวโพด และถั่วเขียว 432.8 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี จากส่วนราก 69.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี และจากฟางข้าว 217.5 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดที่ใส่ลงไปในดินมากกว่ากรรมวิธีไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ (396.5 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) ถึง 2 เท่า จึงส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นสูงกว่า การไม่ใช้วัสดุอินทรีย์เช่นกัน (3.01 -2.52 = 0.49 ตัน C ต่อไร่) ซึ่งสอดคล้องกับ Shirato *et al.* (2005) ที่รายงานว่าการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินเขตร้อนอย่างประเทศไทยที่มีดินเหนียวเป็นองค์ประกอบต่ำอยู่ในช่วง 1.6-2.9 ตัน C ต่อไร่ และค่อนข้างมีความแปรปรวน โดยมีอัตราการสะสมที่แตกต่างกันตั้งแต่ -0.64 ถึง +0.64 ตัน C ต่อไร่ แต่เมื่อพิจารณาถึงการกักเก็บคาร์บอนในดิน (soil carbon sequestration or change of SOC stock) กลับพบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน ลดลงถึง 53 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ซึ่งขัดแย้งกับ Sugino *et al.* (2013) ที่ได้วิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินจากการใช้ฟางข้าวคลุมดินตลอดช่วงระยะเวลา 25 ปี ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทย การสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินจะอยู่ในช่วงประมาณ 16-32 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เช่นเดียวกับ Matsumoto *et al.* (2020) ที่รายงานว่าการใช้ฟางข้าวคลุมดินในระยะเวลา 5 ปี เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน 62 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี แต่ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินที่เพิ่มขึ้นในครั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเป็นการทดลองระยะสั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดินจากการใช้ฟางข้าวคลุมดินในแปลงทดลองระยะยาว ตามรายงานผลการศึกษาของ Minasny (2017) ที่ว่าอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดินจะลดลงตามระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้การหมุนเวียนของอินทรีย์คาร์บอนในดินเขตร้อนค่อนข้างเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากดินนั้นมีดินเหนียวเป็นองค์ประกอบต่ำ Yoneyama *et al.* (2006) รายงานว่าการหมุนเวียนของอินทรีย์คาร์บอนในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกิดรวดเร็วมีครึ่งชีวิตเพียง 0.35 ปี การหมุนเวียนของอินทรีย์คาร์บอนที่เกิดขึ้นเร็วส่งผลให้การเพิ่มของอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำหรือไม่เพิ่มขึ้นเลย ถึงแม้จะมีอินทรีย์คาร์บอนใส่ลงไปในดินในปริมาณที่มากก็ตาม

เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเปลี่ยนของอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (total C input) ที่ใส่ลงไปในดินต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนที่กักเก็บในดิน (change of SOC stock) การใช้ฟางข้าวคลุมดิน (rice straw mulch)

กรมวิชาการเกษตร

และไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ (NoOM) มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เป็นลบ คือ -0.077 และ -0.152 ตามลำดับ นั่นแสดงว่าอัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดินเขตร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับ Fujisaki *et al.* (2018) ที่ได้ประเมินอัตราการเปลี่ยนของอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดที่ใส่ลงไปในดินต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนที่กักเก็บในดินเขตร้อนโดยมีอัตราเฉลี่ยอยู่ที่ -0.011 ถึง 0.058 จากผลการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าปริมาณวัสดุอินทรีย์ที่คืนกลับลงไปในดิน (719.58 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) มีปริมาณที่น้อยกว่าการสูญหายของคาร์บอนออกไปจากพื้นที่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (923.7 กิโลกรัม C-CO_2 ต่อไร่ต่อปี) บ่งบอกถึงมีอัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดินที่สูง ดังนั้นเพื่อรักษา หรือเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินควรมากกว่าอัตราการสลายตัว (ยงยุทธ, 2557) เนื่องจากอินทรียวัตถุมีการย่อยสลายตามธรรมชาติ หากปริมาณอินทรียวัตถุที่สลายไปจากการใช้ดินในการปลูกพืชแต่ละปีสูงกว่าปริมาณเศษซากที่กลับคืนลงไปทดแทน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ

จากการวิเคราะห์สมดุลคาร์บอน (annual carbon balance) ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่ามีค่าติดลบ คือคาร์บอนสูญหายออกไปจากพื้นที่มากกว่าถูกกักเก็บไว้ในดิน ซึ่งสอดคล้องกับ อัตราการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (total C input) ที่ใส่ลงไปในดินต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของการกักเก็บคาร์บอนในดิน (change of SOC stock) โดยการใช้ฟางข้าวคลุมดินทำให้ปริมาณคาร์บอนในดินลดลง (53 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) มากกว่าการไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ (45 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) บ่งบอกว่าถึงแม้จะใส่วัสดุอินทรีย์ลงไปในดิน แต่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนไปเป็นอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินต่อหน่วยน้ำหนักของวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินต่ำ จะส่งผลให้การเพิ่มของอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำหรือไม่เพิ่มขึ้นเลย

สำหรับการไม่ไถพรวน (No-till) ไม่ส่งผลให้การสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินแตกต่างจากการไถพรวน (Till) โดยมีปริมาณการสะสมของอินทรียีคาร์บอนในดิน 2.67 และ 2.86 ตัน C ต่อไร่ ตามลำดับ ในด้านอัตราการเปลี่ยนของอินทรีย์คาร์บอนที่ใส่ลงไปในดินต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนที่กักเก็บในดิน ไม่แตกต่างกันถึงแม้การไถพรวนจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (649 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) คืนกลับลงดินมากกว่า และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เป็นลบส่งผลให้ปริมาณการเก็บคาร์บอนดินจากการไม่ไถพรวน ดินลดลง 58 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี และการไถพรวนการกักเก็บคาร์บอนในดินลดลง 39 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ซึ่งขัดแย้งกับผลงานวิจัยจากหลายแหล่งที่รายงานว่าการไม่ไถพรวน หรือลดการไถพรวนจะเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน เช่น Matsumoto *et al.* (2008) พบว่าการไม่ไถพรวนดินที่แปลงทดลองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นเวลา 3 ปี เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน 0.13 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ซึ่งมากกว่าการไถพรวน (0.016 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) เช่นเดียวกับในประเทศอินเดียที่ Parihar *et al.* (2018) ที่รายงานว่าการทดลองไม่ไถพรวนดินเลยเป็นเวลา 5 ปี สามารถเพิ่มการเก็บคาร์บอนในดินได้ 0.23 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ส่วนการไถพรวนเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินเพียง 0.03 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี

เมื่อวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่จะพบว่าทั้งการไม่ไถพรวน และไถพรวนมีค่าติดลบ โดยการไม่ไถพรวน (No-till) มีปริมาณคาร์บอนสูญหายออกไปจากพื้นที่ถึง 58 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปีมากว่าการไถพรวน (Till) ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนสูญหายออกไปจากพื้นที่ กิโลกรัม 39 C ต่อไร่ต่อปีทั้งที่มีการการสูญเสียคาร์บอนออกไปจากพื้นที่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่แตกต่างกัน (911.5 กิโลกรัม C-CO_2 ต่อไร่ต่อปี) แต่ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากปริมาณ

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดที่ใส่คืนกลับลงไปในพื้นของกรรมวิธีไม่ไถพรวน (467 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) น้อยกว่ากรรมวิธีการไถพรวน (649 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) นอกจากนี้การไถพรวนยังเป็นการพรวนกลบเศษวัสดุอินทรีย์ลงไปในดิน ซึ่งแตกต่างจากการไม่ไถพรวนที่เศษซากวัสดุอินทรีย์ยังไว้ไว้บนผิวดิน ซึ่งจากรายงานของ Shirato *et al.* (2005) ครึ่งหนึ่งของเศษซากวัสดุอินทรีย์ที่คืนกลับในพื้นที่โดยเฉพาะในภูมิภาคเขตร้อนจะถูกปลวกทำลาย

ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) และไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (0-0-0) ไม่ส่งผลให้ปริมาณการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินแตกต่างกัน โดยมีอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ย 2.74-2.78 ตัน C ต่อไร่ ถึงแม้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพด และทำให้มีอินทรีย์คาร์บอนจากเศษซากพืชคืนกลับลงดินในปริมาณมากกว่า (681.4 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) การไม่ใช่ปุ๋ยเคมี (434.7 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงอัตราการเปลี่ยนของอินทรีย์คาร์บอนที่ใส่ลงไปในดินต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนที่กักเก็บในดิน พบว่ามีอัตราต่ำ (-0.088) แสดงว่าการใช้ปุ๋ยเคมีไปเพิ่มอัตราการย่อยสลายของเศษซากพืชและอินทรียวัตถุในดิน จึงส่งผลให้เกิดการขาดดุลคาร์บอน หรือมีการสูญเสียคาร์บอนออกไปจากพื้นที่ถึง 65 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ถึงแม้จะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนคืนกลับลงไปในดินในปริมาณมากก็ตาม สอดคล้องกับ Biederman and Harpole (2013) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้คาร์บอนทั้งหมดในดิน แม้ว่าจะมีบางงานวิจัยรายงานว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน (Minasny *et al*., 2017) ซึ่งการลดลงของอัตราการกักเก็บคาร์บอนในการทดลองครั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีไปเพิ่มมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในดิน เมื่อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตดีจึงมีความต้องการอาหารเพิ่ม ในทางตรงข้ามอินทรียวัตถุในดินเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์เช่นกัน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีจึงเป็นตัวเร่งอัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุโดยอ้อม

8) ผลของการจัดการดิน และปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

คุณภาพดิน คือ ความสามารถของดิน หรือความเหมาะสมของดิน ในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช โดยดินจะไม่เสื่อมโทรม หรือไม่มีผลให้สภาพแวดล้อมเสื่อมลง ซึ่งในเชิงความอุดมสมบูรณ์ของดิน คุณภาพดินหมายถึง ความสามารถอันยิ่งยืนของดินในการรองรับ กักเก็บ และหมุนเวียนธาตุอาหารและพลังงาน (ยงยุทธ, 2557) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการจัดการดิน และปุ๋ยอย่างถูกต้องเหมาะสมจะเป็นการรักษาไว้ซึ่งผลิตภาพของดินให้สามารถผลิตพืชได้อย่างยั่งยืน จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในช่วงระยะเวลา 5 ปี ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ซึ่งมีการจัดการดิน และปุ๋ยแบบต่างๆ พบว่า การจัดการดินแบบไม่มีการใช้วัสดุอินทรีย์ (NoOM) หรือการไม่ไถพรวน (Not-till) หรือการไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (0-0-0) หรือมีการใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) ไม่มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน โดยมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ย 6.82-7.46 กรัมต่อกิโลกรัม แต่การจัดการดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดข้าวเลี้ยงสัตว์โดยใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดินเช่นฟางข้าว (Rice straw) สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ย 8.02-8.17 กรัมต่อกิโลกรัม แต่เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินตั้งแต่ปี 2554 ถึงปี 2562 จะเห็นว่าปริมาณการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินเริ่มลดลงในปี 2559 จนถึงปีปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการลดอัตราของการใช้ฟางข้าวคลุมดินเป็น 500 กิโลกรัมต่อไร่ จากเดิมที่ใช้ถึง 1000 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งในกรรมวิธีการไถพรวน (Till) ไม่ไถพรวน (No-till) การใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) หรือไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (0-0-0) การเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินเป็นไปในทิศทางเดียวกันการใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน ทั้งนี้เนื่องจากอินทรียวัตถุมีการย่อยสลาย

กรมวิชาการเกษตร

ตามธรรมชาติ หากปริมาณอินทรียวัตถุที่สลายไปจากการใช้ดินในการปลูกพืชแต่ละปีสูงกว่าปริมาณเศษซากที่กลับคืนลงไปทดแทน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ ดังนั้นปริมาณสารอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินควรมากกว่าอัตราการสลายตัว ทั้งนี้เพื่อให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ, 2557)

การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เนื่องจากฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเดิมมีอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (4.9-14.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตเสริมในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ สามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ย 25.8-40.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่หากมีการใช้ฟางข้าวคลุมดินร่วมด้วย (Rice straw) จะเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินได้เฉลี่ย 44.9-48.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ปริมาณการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสในดินในแต่ละปีไม่ได้เพิ่มมากขึ้นแตกต่างกัน เนื่องจากฟางข้าวที่ใช้คลุมดินในแต่ละปีมีฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.11-0.24 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ เมื่อสลายตัวนอกจากจะเพิ่มอินทรียวัตถุในดินแล้ว ยังปลดปล่อยธาตุอาหารฟอสฟอรัสให้เป็นประโยชน์กับพืชอีกทางหนึ่ง

สำหรับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเดิม พบว่ามีอยู่ในปริมาณต่ำ คือ 35-54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจากผลการทดลองใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ เพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินได้เฉลี่ย 75-76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าการใช้ฟางข้าวคลุมดิน (Chem) ที่สามารถเพิ่มโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินได้อย่างเด่นชัดถึง 105-114 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากฟางข้าวที่ใช้คลุมดินในแต่ละปีมีโพแทสเซียมทั้งหมด 1.57-2.38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสลายตัวจึงปลดปล่อยธาตุอาหารโพแทสเซียมให้เป็นประโยชน์กับพืชอีกทางหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามจากการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมในดินตลอดระยะเวลา 5 ปี พบว่า โพแทสเซียมในดินมีแนวโน้มลดลงทุกๆปี ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะโพแทศเซียมเป็นธาตุที่มีการสูญหายไปกับการชะล้างและการกร่อนของดินได้ง่าย นอกจากนี้พืชยังมีการดูดใช้โพแทสเซียมในลักษณะที่ฟุ่มเฟือยและนำไปเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อต่างๆจนเกินระดับเพียงพอ โดยที่การเจริญเติบโตไม่เพิ่ม (ยงยุทธ และคณะ, 2554)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาดิน หรือ Soil pH พบว่า การจัดการดินโดยใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน (Rice straw) ไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ (NoOM) หรือการไถพรวน (Till) ไม่ไถพรวน (No-till) หรือ การใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) และไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (0-0-0) ไม่ส่งผลให้ปฏิกิริยาดิน (pH) เกิดการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละปี โดยดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มี pH อยู่ในช่วง 6.88-6.93

ระดับคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

จากผลการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นแปลงทดลองระยะยาว พบว่า ดินมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง หรือดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดังกล่าวมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ทั้งนี้เนื่องมาจากดินในพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำมาก แม้จะมีปริมาณธาตุอาหารพืชอย่างเช่น ฟอสฟอรัสหรือโพแทสเซียมสูงก็ตาม เนื่องจากอินทรียวัตถุมีการย่อยสลายตามธรรมชาติ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ ดังนั้นปริมาณสารอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินควรมากกว่าอัตราการสลายตัว ทั้งนี้เพื่อให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อินทรียวัตถุยังเป็นแหล่งสำรองของธาตุอาหารพืชในดิน จึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน และมีบทบาทสำคัญในการควบคุมสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในดิน

กรมวิชาการเกษตร

1.2 ศึกษาการจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. นครสวรรค์

1) สภาพภูมิอากาศตลอดฤดูปลูก

ในฤดูปลูกปี 2560 ปลูกข้าวโพดวันที่ 15 พฤษภาคม 2560 ฝนมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก และมีปริมาณฝนรวมตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าวโพดเท่ากับ 909 มิลลิเมตร ทำให้ข้าวโพดได้รับน้ำเพียงพอตลอดฤดูปลูก หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดในวันที่ 10 กันยายน 2560 ได้ดำเนินการปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วแปบ โดยไม่มีการไถเตรียมดิน ในวันที่ 17 ตุลาคม 2560 หลังจากปลูกพืชตามประมาณ 1 สัปดาห์ ไม่มีฝนตกเป็นระยะเวลายาวนาน 23 วัน จึงทำให้ถั่วเขียวที่ปลูกในช่วงเวลาดังกล่าวเกิดความเสียหายจึงไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

ในฤดูปลูกปี 2561 ปลูกข้าวโพดวันที่ 9 พฤษภาคม 2561 ในช่วง 1-2 เดือนหลังปลูกข้าวโพดถึงแม้ปริมาณน้ำฝนจะมีน้อย แต่ค่อนข้างมีการกระจายตัว โดยตลอดช่วงฤดูปลูกข้าวโพดได้รับปริมาณน้ำฝนรวม 545 มิลลิเมตร หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดในวันที่ 4 กันยายน 2561 ได้ดำเนินการปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วแปบ โดยไม่มีการไถเตรียมดิน ในวันที่ 20 กันยายน 2561 หลังจากปลูกพืชตามจนถึงเก็บเกี่ยวไม่มีฝนตกเป็นเวลายาวนาน 34 วัน ส่งผลกระทบต่อลผลิตพืชตามทำให้มีผลผลิตค่อนข้างต่ำ

ในฤดูปลูกปี 2562 ปลูกข้าวโพดวันที่ 13 พฤษภาคม 2562 ในช่วง 1 เดือนหลังปลูกข้าวโพดได้รับน้ำฝนอย่างสม่ำเสมอแต่หลังจากนั้น เกิดฝนทิ้งช่วงประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นมีฝนตกต่อเนื่องอีกครั้งประมาณ และฝนทิ้งช่วงอีกครั้ง ซึ่งตรงกับช่วงที่ข้าวโพดออกดอก ทำให้ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวโพด หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดในวันที่ 4 กันยายน 2562 ได้ดำเนินการปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วแปบ โดยไม่มีการไถเตรียมดินในวันที่ 26 กันยายน 2562 โดยหลังจากปลูกพืชตามจนถึงวันเก็บเกี่ยวในวันที่ 8 มกราคม 2563 มีฝนตกค่อนข้างน้อย ส่งผลกระทบต่อผลผลิตพืชตามเช่นเดียวกับฤดูปลูกปี 2561 และ 2562

ในฤดูปลูกปี 2563 ปลูกข้าวโพดวันที่ 8 มิถุนายน 2563 โดยในฤดูปลูกดังกล่าวเกิดสภาวะแห้งแล้งยาวนาน ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตของข้าวโพด หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดในวันที่ 9 ตุลาคม 2563 ได้ดำเนินการปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วแปบ โดยไม่มีการไถเตรียมดิน ในวันที่ 9 พฤศจิกายน 2563 จะดำเนินเก็บเกี่ยวพืชตามในเดือนมีนาคม 2564

2) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และผลผลิตพืชตามที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

จากผลการทดลองในปี 2560 ถึง 2563 พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในระบบที่ปลูกถั่วแปบเป็นพืชตามให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในระบบที่ปลูกข้าวฟ่างและถั่วแปบเป็นพืชตาม แต่ทั้งนี้พบว่าข้าวโพดให้ผลผลผลิตค่อนข้างต่ำในปี 2562 และ 2563 ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพอากาศที่แล้งยาวนาน สำหรับด้านการจัดการปุ๋ยพบว่า ในปี 2560-2562 การใส่ปุ๋ยเคมี 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตสูงกว่าทุกกรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตข้าวโพดน้อยที่สุด ส่วนในปี 2563 การจัดการปุ๋ยโดยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยยงสัตว์ให้ผลผลิตสูงกว่าทุกกรรมวิธี แต่ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมี 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-

กรมวิชาการเกษตร

K_2O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ โดยทุกกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ เนื่องจากในฤดูปลูกดังกล่าวมีสภาพแห้งแล้ง และฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลายาวนาน จึงส่งผลต่อการให้ผลผลิตของพืชตาม พบว่าตลอดฤดูปลูกพืชตามในทุกฤดูปลูกมีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างน้อย ทำให้ถั่วเขียว ข้าวฟ่างและถั่วแปบให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ

3) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

จากการศึกษาพบว่าข้าวโพดมีการสะสมคาร์บอนในส่วนของเมล็ดมากกว่าทุกส่วน รองลงมาคือสะสมไว้ในส่วนของใบและต้น ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการจัดการปุ๋ย พบว่าการใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีทำให้ข้าวโพดมีการสะสมในส่วนต่างๆ เพิ่มมากขึ้นกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย สอดคล้องกับการศึกษาของ Bot and Benites (2005) ที่ได้รายงานว่าการใช้ปุ๋ยทำให้พืชมีการกักเก็บคาร์บอนไว้ในพืชเพิ่มมากขึ้น โดยคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชดูดใช้จะถูกเก็บไว้ใน เมล็ด ซัง ต้นใบ และราก คาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบในส่วนของเมล็ดและซังเป็นส่วนที่มักสูญหายไปจากพื้นที่โดยการเก็บเกี่ยว ส่วนคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบในส่วนของต้นใบ และรากโดยทั่วไปจะไถกลบลงไปในพื้นที่

4) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

เมื่อพิจารณาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน พบว่ามีค่าติดลบทุกกรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดลงสูงสุดเฉลี่ย 128 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ในขณะที่กรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดลงเฉลี่ย 117 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ส่วนกรรมวิธีใส่ปุ๋ยมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมี 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ ทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดลงเฉลี่ย 79 และ 100 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี

5) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

จากการติดตามการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้ระบบปลูกพืชและจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวโพดที่แตกต่างกัน พบว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเกิดขึ้นมากในพื้นที่ที่มีพืชปลูก ทั้งนี้เนื่องจากเกิดกิจกรรมของรากพืช รากพืชมีการหายใจ ก็จะการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา เมื่อสังเกตรูปแบบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับความชื้นดิน พบว่า มีรูปแบบคล้ายกัน ซึ่งหากดินมีความชื้นพอเหมาะก็จะทำให้เกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน และวัสดุอินทรีย์ต่างๆ ก็จะเกิดการสลายตัว เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในระบบปลูกพืชทั้ง 3 ระบบ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.94-2.02 กิโลกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่ามีก๊าซคาร์บอนไดอออกไซด์ปลดปล่อยออกมาจากผิวดินเฉลี่ย 1.92 กิโลกรัม CO_2 ต่อ

กรมวิชาการเกษตร

ตารางเมตรต่อปี สำหรับการจัดการปุ๋ย พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่ หรือการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.05 และ 2.18 กิโลกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ มากกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.84 และ 1.63 กิโลกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการให้ผลผลิตของข้าวโพดและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลับพบว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลผลิตสูงที่สุด 2.15 กิโลกรัม CO_2 ต่อผลผลิตข้าวโพด 1 กิโลกรัม ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลผลิตต่ำสุด 0.88 กิโลกรัม CO_2 ต่อผลผลิตข้าวโพด 1 กิโลกรัม

6) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

เมื่อวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ในปีที่ 36-39 พบว่ามีค่าติดลบทุกกรรมวิธี โดยพบว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่างสูญเสียคาร์บอนมากที่สุด เฉลี่ย 555 กิโลกรัม C ต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวฟ่างมีการสร้างชีวมวลและน้ำหนักแห้งผลผลิตมากกว่าถั่วเขียวและถั่วแปบ เมื่อนำผลผลิตออกไปจากพื้นที่จึงทำให้คาร์บอนสูญหายออกไปมากกว่าถั่วเขียวและถั่วแปบ โดยระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว และตามด้วยถั่วแปบมีการสูญเสียคาร์บอน เฉลี่ย 371 และ 352 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับผลการจัดการปุ๋ยต่อสมดุลคาร์บอน พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ทำให้คาร์บอนสูญหายมากที่สุดเฉลี่ย 488 กิโลกรัม C ต่อไร่ รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี คาร์บอนสูญหายเฉลี่ย 461 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวคาร์บอนสูญหายเฉลี่ย 378 และ 377 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ

7) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

ในระบบที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลักและปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ เป็นพืชตาม พบว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบดินมีค่าความเป็นกรด-เป็นด่างต่ำกว่าในระบบที่ปลูกข้าวฟ่างและถั่วเขียวเป็นพืชตามเล็กน้อย แต่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่าระบบปลูกพืช โดยพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าการจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีอื่นๆ ทั้งนี้เป็นเพราะมูลไก่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง เมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยยูเรียซึ่งให้ปฏิกิริยาเป็นด่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน จึงทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

การปลูกข้าวโพดในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนานทำให้อินทรียวัตถุและอินทรียคาร์บอนในดินมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีสภาพอากาศร้อนชื้นการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ในดินเกิดการย่อยสลายได้มากและเร็ว จากการศึกษาในปีที่ 36-39 พบว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบมีค่าเฉลี่ยของอินทรียวัตถุ และอินทรียคาร์บอนสูงกว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่างและถั่วเขียว ในขณะที่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุ และอินทรียคาร์บอนในดินอย่างชัดเจนกว่าระบบปลูก โดยพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตันต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตันต่อไร่ ดินมีอินทรียวัตถุและอินทรียคาร์บอนสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่เพียงอย่างเดียว และไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะการใส่ปุ๋ยมูลไก่เป็นการเติมอินทรียวัตถุให้กับดินโดยตรง และการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตดี ดังนั้นเมื่อไถกลบเศษซากข้าวโพดกลับลงไปในดินจึงเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุให้ดิน ทำให้กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีจึงมีอินทรียวัตถุสูงกว่าในดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ระบบปลูกพืชมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินน้อยมาก โดยทั้ง 3 ระบบมีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกัน แต่สำหรับการจัดการปุ๋ย พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อย่างชัดเจน โดยพบว่ากรรมวิธีที่ที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตันต่อไร่ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตันต่อไร่ ทำให้ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สะสมในปริมาณสูงกว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ ศุภกาญจน์ และคณะ (2556) ที่ได้รายงานว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ต่อเนื่องทุกปีทำให้มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสะสมในดินในปริมาณมาก ทั้งนี้เพราะปุ๋ยมูลไก่มีฟอสฟอรัสและโพเทียสเซียมเป็นองค์ประกอบปริมาณมาก เมื่อใส่ไปในดินจึงเกินความต้องการใช้ของข้าวโพดจึงทำให้เกิดการตกค้างภายในดิน

1.3 ศึกษาการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. นครราชสีมา

1) สมบัติทางกายภาพ และเคมีดินในพื้นที่ทดลอง

จากผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดินแปลงทดลอง พบว่ามีเนื้อดินเหนียว ความหนาแน่นดินรวมเฉลี่ย 1.37 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความเป็นกรดปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ดินปานกลางค่อนข้างต่ำ โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ 1.95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ 31.77 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่มีปริมาณโพแทสเซียมสูงมาก 162.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังคงมีปริมาณธาตุอาหารพืชหลักที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตได้ แต่ควรมีการปรับปรุงและรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ดินด้วยเช่นกัน

กรมวิชาการเกษตร

2) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

ในปี 2560 การปลูกแบบไม่ไถพรวนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตทั้งฝักเฉลี่ย 1,571 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าการปลูกแบบไถพรวนที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตเพียง 1,101 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 30 กิโลกรัม N ต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 1,417 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 22.5 และ 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตที่ 1,356 และ 1,375 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตต่ำสุด 1,266 กิโลกรัมต่อไร่

ส่วนปี 2561 การปลูกแบบไถพรวนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตทั้งฝัก 1,218 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าการปลูกแบบไม่ไถพรวนที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิต 939 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่อัตรา 22.5 กิโลกรัม N ต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิต 1,191 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 30 และ 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ ให้ผลผลิตที่ 1,172 และ 1,068 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เช่นเดียวกันกับปี 2562 ที่พบว่า การปลูกแบบไถพรวน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตทั้งฝักสูงกว่าการปลูกแบบไม่ไถพรวน คือ 1,200 และ 693 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ยังพบว่าการไถพรวนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตสูงสุด 1,371 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 30 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตที่ 1,341 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการไม่ไถพรวนถึงแม้มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยแต่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังคงให้ผลผลิตที่ต่ำกว่าการปลูกข้าวโพดแบบมีการไถพรวน

3) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

จากปริมาณคาร์บอนในส่วนของต้น ใบ กาบฝัก เมล็ด และซัง โดยการไถพรวนทำให้มีคาร์บอนสะสมอยู่ในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รวม 1765 กิโลกรัม C ต่อไร่ คิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 6470 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ ส่วนการไม่ไถพรวนปริมาณคาร์บอนที่สะสมในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1695 กิโลกรัม C ต่อไร่ คิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 6214 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าหากมีการไถกลบเศษซากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะสามารถคืนกลับคาร์บอนลงสู่ดินได้ถึง 940-973 กิโลกรัม C ต่อไร่

4) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบไถพรวนดิน สามารถเพิ่มการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ย 0.22 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี และเมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยในอัตรา 22.5-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ทำให้การ

กรมวิชาการเกษตร

กักเก็บคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นเป็น 0.66 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี ส่วนการไม่ไถพรวนทำให้คาร์บอนสูญหายไปจากดิน 0.05 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี ไม่ว่าจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยก็ตาม

5) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่ปี 2560 - 2562 พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบไถพรวนมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 6.54 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 3.82 ตัน C ต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียไปจากดินเท่ากับ 1.04 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้หากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.23-7.09 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 3.64-4.14 ตัน C ต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียไปจากดินเท่ากับ 0.99-1.13 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ส่วนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบไม่ไถพรวนดิน มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 6.10 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 3.56 ตัน C ต่อไร่ต่อปี เท่ากับปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปจากดิน 0.97 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี และหากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไดซ์ในช่วง 5.66-6.53 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 3.30-3.81 82 ตัน C ต่อไร่ต่อปี เท่ากับปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียไปจากดิน 0.90-1.01 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ

6) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

คาร์บอนในดินได้มาจากการไถกลบเศษซากพืชลงไปในพื้นที่ และคาร์บอนที่สูญหายไปในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในการย่อยสลายเศษซากวัสดุอินทรีย์ในดินและจากการหายใจของจุลินทรีย์และรากพืช จากการวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา จากปี 2560 ถึงปี 2562 พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระบบที่มีการไถพรวน และไม่ไถพรวนมีคาร์บอนเกินดุลเฉลี่ย 453-454 กิโลกรัม C ต่อไร่ ส่วนผลการจัดการปุ๋ยต่อสมดุลของคาร์บอน พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยทำให้สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ต่ำกว่ากรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี โดยการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้มีคาร์บอนในพื้นที่เกินดุลจากการไม่ใช้ปุ๋ยเคมีถึง 24.7 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้ปุ๋ยเคมีส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จึงทำให้มีชีวมวล หรือคาร์บอนที่อยู่ในชีวมวลคืนกลับในพื้นที่สูงเช่นกัน

7) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

กรมวิชาการเกษตร

จากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงของ pH ของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากปี 2560 ถึงปี 2562 พบว่า การปลูกแบบไถพรวนดิน มีผลทำให้ pH ของดินสูงกว่าการปลูกแบบไม่ไถพรวนดินในทุกปีการปลูก ส่วนการจัดการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ นั้น pH ของดินมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใส่เพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า การปลูกแบบไถพรวนดิน มีผลทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินสูงกว่าการปลูกแบบไม่ไถพรวนดิน ซึ่งปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินของการปลูกแบบไถพรวนดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี แต่ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินของการปลูกแบ บไม่ไถพรวนดินมีแนวโน้มลดขึ้น ส่วนการจัดการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ นั้น ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า การปลูกแบบไถพรวนดิน มีผลทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินสูงกว่าการปลูกแบบไม่ไถพรวนดิน แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินจากการจัดการดินนั้น มีค่าลดลงในปีที่สอง และกลับเพิ่มสูงขึ้นในปีที่สาม ส่วนการจัดการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ นั้น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้น แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินจากการจัดการดินนั้น มีค่าลดลงในปีที่สอง และกลับเพิ่มสูงขึ้นในปีที่ 3

2. การจัดการน้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยในพื้นที่ปลูกอ้อย

2.1 การศึกษาการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตอ้อย จ. ขอนแก่น

1) สมบัติดินและสภาพแวดล้อมตลอดฤดูปลูก

ดินในพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินวาริน ดินบนและดินล่างมีเนื้อดินเป็นทราย ดินบนและดินล่างมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.3 และ 6.0 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนมี 0.59 เปอร์เซ็นต์ และดินล่าง 0.51 เปอร์เซ็นต์ สำหรับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินบนและดินล่างเท่ากับ 29 และ 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบนและดินล่างเฉลี่ย 45 และ 55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สำหรับปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกปี 2560/61 เท่ากับ 1,268 มิลลิเมตร ฤดูปลูกปี 2561/62 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,145 มิลลิเมตร และฤดูปลูกปี 2562/63 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,090 มิลลิเมตร

2) ผลของการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยตอ 8-10 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ในฤดูปลูกปี 2560/61 การเจริญเติบโตของอ้อยตอ 8 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุ 12 เดือน พบว่า การปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 12.5 25.0 37.5 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน (Available water capacity, AWC) ให้ความยาวลำอ้อย 249, 265, 281 และ 261 เซนติเมตรยาวกว่าอ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนอย่างเด่นชัด (157 เซนติเมตร) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในวันที่ 8 มกราคม 2561 การให้น้ำเสริมที่ระดับต่างๆไม่ส่งผลให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งการให้น้ำเสริมที่ระดับ 12.5

กรมชลประทาน

% AWC อ้อยให้ผลผลิต 9.5 ตันต่อไร่ และให้ค่า CCS เท่ากับ 13.49 จึงทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลที่สูงถึง 1277 กิโลกรัมต่อไร่

สำหรับฤดูปลูกปี 2561/62 การเจริญเติบโตของอ้อยตอ 9 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุ 11 เดือน พบว่า การปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน (Available water capacity, AWC) ให้ความยาวลำอ้อยมากสุด 264 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ 3.03 เซนติเมตร แตกต่างอย่างชัดเจนกับอ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนที่มีความยาวลำเพียง 179 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ 2.74 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในวันที่ 8 มกราคม 2562 การให้น้ำเสริมที่ระดับต่างๆ ไม่ส่งผลให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งการให้น้ำเสริมที่ระดับ 12.5 % AWC อ้อยให้ผลผลิต 12.9 ตันต่อไร่ และให้ค่า CCS เท่ากับ 12.8 จึงทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลที่สูงถึง 1661 กิโลกรัมต่อไร่

ส่วนฤดูปลูกปี 2562/63 การเจริญเติบโตของอ้อยตอ 10 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุ 12 เดือน พบว่า การปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน (Available water capacity, AWC) ให้ความยาวลำอ้อยมากสุด 207 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ 2.62 เซนติเมตร แตกต่างอย่างชัดเจนกับอ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนที่มีความยาวลำเพียง 48 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ 1.12 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในวันที่ 9 มกราคม 2563 การให้น้ำเสริมที่ระดับต่างๆ ไม่ส่งผลให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งการให้น้ำเสริมที่ระดับ 12.5 % AWC อ้อยให้ผลผลิต 7.74 ตันต่อไร่ และให้ค่า CCS เท่ากับ 17.8 จึงทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลที่สูงถึง 1357 กิโลกรัมต่อไร่

3) ผลของการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของอ้อยตอ 8-10 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างส่วนต่างๆของอ้อยตอ 8 -10 ในช่วงเก็บเกี่ยว พบว่า การให้น้ำที่ต่างกันไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในลำต้น ใบสด และใบแห้งแตกต่างกัน อ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวมีอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำต้น 49.9 เปอร์เซ็นต์ ใบสด 50.5 เปอร์เซ็นต์ และใบแห้ง 50.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่อ้อยที่ปลูกโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 12.5, 25.0, 375 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC มีอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำต้น ใบสด และใบแห้ง 49.0-53.9, 47.3-49.7 และ 48.9-50.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

เมื่อคิดเป็นปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพใบแห้ง และลำต้นของอ้อย พบว่า การปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC มีคาร์บอนเก็บกักรวม 16.74 ตันต่อไร่ ส่วนการปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 12.5, 25.0 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC มีคาร์บอนเก็บกักรวม 16.72, 16.14 และ 13.55 ตันต่อไร่ ในขณะการปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวมีคาร์บอนเก็บกักรวม 4.87 ตันต่อไร่ และพบว่า ส่วนลำต้นหรือผลผลิตซึ่งเป็นส่วนที่ต้องนำอกจากแปลงสามารถเก็บกักอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าส่วนของใบ

4) ผลของการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกอ้อยตอ 8-10 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

กรมวิชาการเกษตร

เมื่อเริ่มดำเนินการทดลองกรรมวิธีการให้น้ำ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ มีปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินมากที่สุด 3.69 กรัม C ต่อกิโลกรัม และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลดลงเหลือ 3.67 กรัม C ต่อกิโลกรัม ทำให้มีคาร์บอนสูญหายไปจากดิน 3.8 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี

5) ผลของการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยตอ 8-10 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จากการติดตามการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ในพื้นที่ปลูกพื้นที่ปลูกอ้อยตอ 8-10 พันธุ์ขอนแก่น 3 ในปี 2560 ถึง ปี 2563 รวม 3 ปี พบว่า การปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงกว่าการให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 25.0, 37.5 และ 50.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC โดยการน้ำที่ระดับ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินเฉลี่ย 4.81 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2.71 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี เทียบเท่าปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปจากดิน 0.74 ตัน C ต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝนที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 4.62 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน แต่เมื่อคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีกลับสูงถึง 2.88 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี เทียบเท่าปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปจากดิน 0.79 ตัน C ต่อไร่ต่อปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝนมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีสูงกว่าการปลูกอ้อยด้วยการให้น้ำเสริมที่ระดับต่างๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิดินในพื้นที่ปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝนสูงกว่าการให้น้ำเสริมแบบน้ำหยดที่ 12.5, 25.0, 37.5 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำเสริมแบบน้ำหยดช่วยลดอุณหภูมิดิน

2.2 การศึกษาวิธีการให้น้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตอ้อย จ. ขอนแก่น

1) ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก และวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 0.21 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.8 ปริมาณอินทรียวัตถุ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 0.15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนกากตะกอนหม้อกรองอ้อย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.91 มีอินทรีย์คาร์บอน 7.9 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตันต่อไร่ จะมีคาร์บอนใส่ลงไปในดิน 60.4กิโลกรัม C ต่อไร่

2) ปริมาณน้ำฝนแต่ละปีในพื้นที่ทดลอง

สำหรับปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกปี 2560/61 เท่ากับ 1,268 มิลลิเมตร ฤดูปลูกปี 2561/62 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,145 มิลลิเมตร และฤดูปลูกปี 2562/63 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,090 มิลลิเมตร

กรมวิชาการเกษตร

3) ผลของการให้น้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ในฤดูปลูกปี 2560/61 การเจริญเติบโตของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุ 12 เดือน พบว่า การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนลำต่อกอของอ้อยปลูก แต่มีผลต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำมากกว่ากรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝน และกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ อ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำมากสุด 3.06 เซนติเมตร และ 365 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับเมื่อเก็บเกี่ยวอ้อย กรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีอาศัยน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิต 25.03 ตันต่อไร่ และ 21.48 ตันต่อไร่ ตามลำดับ วิธีการใช้ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินที่แตกต่างกันทำให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด 29.07 ตันต่อไร่ คิดเป็นผลผลิตน้ำตาล 3.08 ตันต่อไร่ และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ย โดยการจัดการน้ำร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อ้อยให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 26.67 ตันต่อไร่ แต่การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่ทำให้ค่า CCS ของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับฤดูปลูกปี 2561/62 การเจริญเติบโตของอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุ 12 เดือน การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนลำต่อกอของอ้อยตอ แต่มีผลต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำมากกว่ากรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝน และกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ อ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำมากสุด 2.93 เซนติเมตร และ 253 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อย พบว่ากรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีอาศัยน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิต 15.9 ตันต่อไร่ และ 11.9 ตันต่อไร่ ตามลำดับ วิธีการใช้ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินที่แตกต่างกันทำให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด 16.97 ตันต่อไร่ คิดเป็นผลผลิตน้ำตาล 2.94 ตันต่อไร่ แต่การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่ทำให้ค่า CCS ของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนฤดูปลูกปี 2562/63 การเจริญเติบโตของอ้อยตอ 2 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุ 12 เดือน พบว่า การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนลำต่อกอของอ้อยตอ แคความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำ โดยกรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝนอ้อยร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 18-3-12 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ อ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนลำที่เก็บเกี่ยวมากสุด เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อย พบว่ากรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีอาศัยน้ำฝน โดยให้ผลผลิต 9.41 ตันต่อไร่ และ 6.10 ตันต่อไร่ ตามลำดับ วิธีการใช้ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินที่แตกต่างกันทำให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด 10.97 ตันต่อไร่ คิดเป็นผลผลิตน้ำตาล 1.90 ตันต่อไร่ และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ย โดยการจัดการน้ำร่วมกับการ

กรมวิชาการเกษตร

ใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อ้อยให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 10.2 ตันต่อไร่ แต่การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่ทำให้ค่า CCS ของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ

4) ผลของการให้น้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมต่อการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่าการจัดการน้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกัน ไม่ทำให้อินทรีย์คาร์บอนในส่วนลำต้นอ้อย ใบสด และใบแห้งแตกต่างกัน การปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน และการให้น้ำตามความต้องการของอ้อยมีอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำต้นเฉลี่ย 51.5-52.6 เปอร์เซ็นต์ และในใบแห้ง 48.1-48.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกอ้อย หากมีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรอง 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้อ้อยมีการสะสมอินทรีย์คารบอนมากสุด 53.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ในส่วนของใบแห้งกลับพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรอง 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และมีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย ทำให้มีอินทรีย์คาร์บอนสะสมในใบแห้งสูงสุด 49.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคิดเป็นปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพในส่วนของใบแห้งและลำต้นของอ้อย พบว่า การปลูกอ้อยด้วยการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในลำต้นอ้อย (2850 กิโลกรัม C ต่อไร่) มากกว่าการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน (2392 กิโลกรัม C ต่อไร่) และการปลูกอ้อยด้วยการจัดการน้ำตามความต้องของอ้อยร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรอง 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในลำต้นสูงสุด 2988 กิโลกรัม C ต่อไร่ ส่วนการกักเก็บคาร์บอนในใบแห้ง พบกว่าการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และการใช้กากตะกอนหม้อกรอง 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งเสริมให้อ้อยสะสมและกักเก็บคาร์บอนในใบแห้งมากสุด 213 กิโลกรัม C ต่อไร่

5) ผลของการให้น้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ปล่อยจากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของอ้อย พบว่า ทั้งในช่วงอ้อยปลูก อ้อยตอ 1 และอ้อยตอ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเกิดขึ้นมากสุดในระยะที่อ้อยมีอายุ 140-270 วันหลังปลูกซึ่งอ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูง นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกอ้อยด้วยการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย และการปลูกแบบอาศัยน้ำฝน ร่วมกับการจัดการปุ๋ยไม่ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินแตกต่างกัน โดยการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยร่วมกับการจัดปุ๋ยมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 4.00-4.45 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 2.35-2.63 ตัน CO_2 ต่อไร่ปี คิดเป็นคาร์บอนที่สูญหายไปจากดิน 0.64-0.72 ตัน C ต่อไร่ปี ส่วนการปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนร่วมกับการจัดปุ๋ยมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.91-4.67 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 2.31-2.78 ตัน CO_2 ต่อไร่ปี คิดเป็นคาร์บอนที่สูญหายไปจากดิน 0.63-0.76 ตัน C ต่อไร่ปี ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์

กรมวิชาการเกษตร

ดินในสภาพอาศัยน้ำฝนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินเฉลี่ยมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่เมื่อมีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินลงได้

3. การจัดการดิน ปุ๋ยและระบบปลูกพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

3.1 การศึกษาการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ.ระยอง

1) สมบัติดินและสภาพแวดล้อมตลอดฤดูปลูก

ดินในพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินห้วยโป่ง มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน ดินบนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.8 – 5.7 มีปริมาณมีอินทรียวัตถุในดินบนอยู่ระหว่าง 0.96 – 1.86 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 22 – 282 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ อยู่ระหว่าง 19 – 45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยระดับวิกฤติของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินในการปลูกมันสำปะหลังคือ 4.6 ระดับวิกฤติของอินทรียวัตถุเท่ากับ 0.80 เปอร์เซ็นต์ ระดับวิกฤติฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 7 และ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (โชติ, 2539)

ฤดูปลูกปี 2560/2561 (11 พฤษภาคม 2560 - 23 พฤษภาคม 2561) มีฝนทิ้งช่วงที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก (ธันวาคม 2560 - กุมภาพันธ์ 2561) มีปริมาณน้ำฝนรวม 2,145.6 มิลลิเมตร ฤดูปลูกปี 2561/2562 มีการกระจายตัวของฝนค่อนข้างสม่ำเสมอในช่วง 6 เดือนแรก มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก (19 มิถุนายน 2561–24 พฤษภาคม2562) 1,163.8 มิลลิเมตร ฤดูปลูกปี 2562/2563 มีการกระจายตัวของฝนค่อนข้างสม่ำเสมอในช่วง 5 เดือนแรก และมีฝนทิ้งช่วงที่อายุ 5 เดือนหลังปลูก (พฤศจิกายน 2562 – เมษายน 2563) มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก (18 มิถุนายน 2562 –16 มิถุนายน 2563) 1,232.4 มิลลิเมตร

2) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง

ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560/2561 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ 12 เดือน วันที่ 23 พฤษภาคม 2561 พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง 6,488 และ 2,356 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง 5,841 และ 2,195 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ และการไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสดเพียง 5,555 และ 2,635 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตแป้ง 2,069 และ 944 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และมีดัชนีการเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 0.57-0.72

กรมวิชาการเกษตร

ส่วนฤดูที่ 2 ปี 2561/2562 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวอายุ 11 เดือน วันที่ 24 พฤษภาคม 2562 พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 3,609 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตแป้งสูงสุด 825 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ระหว่าง 22.7 - 25.7 เปอร์เซ็นต์ และค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 0.44-0.60 อย่างไรก็ตามการปลูกมันสำปะหลังในฤดูฝนปี2561/2562 ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน และมันสำปะหลังมีอาการหัวเน่า

สำหรับฤดูปลูกที่ 3 ปี 2562/2563 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ 12 เดือน วันที่ 16 มิถุนายน 2563 พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำเนื่องจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตาม การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 โดยการใส่ปุ๋ย16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด 4,316 และ 951 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

3) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง

มันสำปะหลังมีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศและกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนไว้ในส่วนของมวลชีวภาพต่างๆ เช่น ใบ ต้น เหง้า และราก จากผลการศึกษา 3 ปี พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ ทำให้มีคาร์บอนสะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 โดยมีคาร์บอนสะสมมากสุดในส่วนราก ดังนั้นเมื่อคิดอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังจึงมีปริมาณเฉลี่ย 1298 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มันสำปะหลังดูดซับจากบรรยากาศ 4758 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี

4) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง

การจัดการดิน และปุ๋ยในช่วงระยะเวลา 3 ปี ไม่ส่งผลให้มีการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนเริ่มการทดลองในปี 2560 โดยก่อนการทดลองดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนระหว่าง 5.6-10.8 กรัม C ต่อกิโลกรัม หลังการทดลองในปี 2563 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ยระหว่าง 6.3-10.6 กรัม C ต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ย 10.6 กรัม C ต่อกิโลกรัม มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน 9.8 กรัม C ต่อกิโลกรัม แต่เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงและการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC stock change) ตั้งแต่ปี 2560 ถึงปี 2563 การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ มีค่าติดลบ หรือมีคาร์บอนสูญหายไปจากถึง 0.03 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี ในทางตรงข้ามการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ กลับทำให้การสะสมอินทรีย์

กรมวิชาการเกษตร

คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นถึง 2.08 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี นั่นแสดงว่า วัสดุอินทรีย์จากต้นใบมันสำปะหลัง มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินได้มากกว่าปุ๋ยอินทรีย์

5) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง

จากการติดตามการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ในปี 2560 ถึง 2563 พบว่า การใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเฉลี่ย 4171 มิลลิกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 14.2 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือกรรมวิธีการไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ ซึ่งมีการปล่อย CO_2 เฉลี่ย 3956 มิลลิกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 13.6 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ

6) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง

จากผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาว พบว่า ปริมาณของอินทรียวัตถุในดินเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยไม่แตกต่างจากก่อนเริ่มทดลอง เช่นเดียวกับความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ที่ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน การใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2Oต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจาก 295 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็น 333 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหลังสิ้นสุดการทดลอง เช่นเดียวกับปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นจาก 75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็น 151 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

3.2 การศึกษาการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ. ขอนแก่น

1) สมบัติดินและสภาพแวดล้อมตลอดฤดูปลูก

ดินในพื้นที่ทดลอง ดินบนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.6-6.6 ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.69 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 11-118 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ระหว่าง 14-51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างพบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.4-6.0 อินทรียวัตถุ 0.36-0.53 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 5-67 และ 21-54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ปริมาณน้ำฝนในฤดูปลูกปี 2560 มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก 1,445 มิลลิเมตร ส่วนฤดูปลูกปี 2561 มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,094 มิลลิเมตร และฤดูปลูกปี 2562 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,069 มิลลิเมตร

2) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

กรมวิชาการเกษตร

ในฤดูปลูกปี 2560/2561 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ 11 เดือน พบว่า การจัดการปุ๋ยแต่ละกรรมวิธีไม่ทำให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้งที่แตกต่างกัน แต่การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 6017 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตแป้ง 1463 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง 5552 และ 1379 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ส่วนฤดูปลูกปี 2561/2562 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวอายุ 11 เดือน กลับพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้ง แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ โดยมันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสด 4309 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 22.9 คิดเป็นปริมาณผลผลิตแป้ง 976 กิโลกรัมต่อไร่

สำหรับฤดูปลูกปี 2562/2563 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 12 และเก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ 12 เดือน พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ตอสนองต่อกรรมวิธีสับกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ โดยมันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4523 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 23.8 เท่ากับผลผลิตแป้ง 1068 กิโลกรัมต่อไร่

3) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

มันสำปะหลังมีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศและกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนไว้ในส่วนของมวลชีวภาพต่างๆ เช่น ใบ ต้น เหง้า และราก จากผลการศึกษาการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาว 3 ปี ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 มีการสะสมคาร์บอนไว้ในส่วนรากมากสุดเฉลี่ย 729 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี และเมื่อนำปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังเฉลี่ยทั้ง 3 ปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ทั้งหมด 1179 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มันสำปะหลังดูดซับจากบรรยากาศ 4324 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี

4) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จากผลการศึกษาการจัดการปุ๋ย ร่วมกับการไถกลบเศษซากพืชลงดินในช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่าการจัดการแบบดังกล่าวทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง แต่กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ยังคงรักษาปริมาณอินทรียวัตถุในดินไว้ไม่แตกต่างจากก่อนเริ่มการทดลองในปี 2560 เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงและการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC stock change) ตั้งแต่ปี

กรมวิชาการเกษตร

2560 ถึงปี 2563 การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ พบว่ามีการสูญเสียคาร์บอนไปจากดินมากสุดถึง 2.3 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ และไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ สูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากดิน 1.1 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี

5) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จากการติดตามการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ในปี 2560 ถึง 2563 พบว่า การใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเฉลี่ย 5.24 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน คิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน 29.51 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ มีการปล่อย CO_2 เฉลี่ย 5.14 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน เทียบเท่าปริมาณ CO_2 ที่ปล่อยจากผิวดิน 28.26 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ

6) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จากผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาว พบว่า ทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ลดลง ซึ่งในปี 2560 ดินมี pH ระหว่าง 4.6-6.6 ลดลงเป็น 4.3-6.1 ในปี 2563 นอกจากนี้ยังพบว่าอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณลดลงทุกปีๆ จากปีเริ่มทดลองที่ดินมีอินทรียวัตถุ 0.40-0.69 เปอร์เซ็นต์ หลังสิ้นสุดการทดลองดินมีอินทรียวัตถุ 0.29-0.61 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินพบว่ามีปริมาณลดลงเช่นกัน ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน การใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจาก 118 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็น 217 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหลังสิ้นสุดการทดลอง

3.3 การศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ. ขอนแก่น

1) วัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง และสมบัติดินก่อนปลูก

วัสดุอินทรีย์ หรือกากตะกอนหม้อกรองอ้อย (filter cake) ที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.2-5.6 มีอินทรีย์คาร์บอน 13.8-36.4 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตันต่อไร่ จะมีคาร์บอนใส่ลงไปในดิน 97.3-115.8 กิโลกรัม C ต่อไร่ จากผลวิเคราะห์สมบัติดินก่อนปลูก พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.6-6.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ 0.29-0.42 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 29-66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 12-33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าความหนาแน่นรวมของดิน 1.49-1.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

กรมวิชาการเกษตร

2) ผลของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ในฤดูปลูกปี 2560/2561 พบว่าระบบการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ต่อเนื่องทุกปี (C1) และมีการใช้ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1 ตันต่อไร่ (F4) มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวมันสดสูงสุดเฉลี่ย 4.35 ตันต่อ ส่วนฤดูปลูกปี 2561/2562 กลับพบว่า ระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว (C3) และระบบการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี (C1) ร่วมกับใช้ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (F3) มันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเฉลี่ย 5.09 และ 4.85 ตันต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับฤดูปลูกปี 2562/2563 พบว่า ระบบการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี (C1) และระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว (C3) ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันถึงแม้จะมีการจัดการดิน และปุ๋ยแบบต่างๆ ร่วมด้วยก็ตาม โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยอยู่ระหว่า 3.28-4.79 ตันต่อไร่

ในด้านผลผลิตของถั่วเขียวที่ปลูกเป็นพืชแซมในมันสำปะหลัง ผลผลิตไม่แตกต่างกันในแต่ละปี โดยในปี 2560 การปลูกถั่วเขียวแซมในแปลงมันสำปะหลังให้ผลผลิต 90 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมีการใช้ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้ออ้อย อัตรา 1 ตันต่อไร่ให้กับมันสำปะหลัง และในปี 2561 ถั่วเขียวให้ผลผลิต 108 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1 ตันต่อไร่ให้กับมันสำปะหลัง ส่วนในปี 2563 การใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ให้กับมันสำปะหลัง ส่งผลให้ถั่วเขียวให้ผลผลิต 89 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับระบบปลูกถั่วเขียวหมุนเวียนกับการปลูกมันสำปะหลังปีเว้นปี พบว่า พบว่าการใช้กากตะกอนหม้ออ้อยถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ย 79-181 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งถั่วเขียวให้ผลผลิตที่ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

3) ผลของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

การจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชมีผลต่อปริมาณการสะสมหรือกักเก็บคาร์บอนไว้ในส่วนต่างๆของมันสำปะหลัง จากผลการทดลองพบว่า ระบบการปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนกับถั่วเขียวตามด้วยถั่วพุ่มปีเว้นปี (C2) ส่งผลให้มันสำปะหลังมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่างๆสูงกว่าระบบการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง (C1) หรือระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว (C3) คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ทั้งหมด 992 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เท่าเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มันสำปะหลังดูดซับจากบรรยากาศ 3637 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี ส่วนด้านการจัดการปุ๋ย พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (F3) ส่งเสริมให้มันสำปะหลังดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ได้ถึง 3851 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆของมันสำปะหลัง 1050 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร

4) ผลการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จากผลการทดลองจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาว พบว่าการจัดการระบบปลูกพืชแบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว (C3) สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์ในดินได้ 7.04 กรัม C ต่อกิโลกรัมดินต่อปี รองลงมาคือระบบการปลูกมันสำประหลังหมุนเวียนกับปลูกถั่วเขียวตามด้วยถั่วพุ่มปีเว้นปี (C2) ที่เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ 6.84 กรัม C ต่อกิโลกรัมดินต่อปี ส่วนระบบการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปีเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้เพียง 0.79 กรัม C ต่อกิโลกรัมดินต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองอ้อย อัตรา 1 ตันต่อไร่ (F2) เพิ่มการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน 9.60 กรัม C ต่อกิโลกรัมดินต่อปีซึ่งมากกว่าการจัดการปุ๋ยกรรมวิธีอื่นๆ

5) ผลการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

การจัดการปุ๋ยแบบต่างๆไม่ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินแตกต่างกัน และพบว่าการไม่ใช้ปุ๋ยทำให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยจากผิวดินน้อยสุด 5.92 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.46 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปจากดิน 0.94 ตัน C ต่อไร่ต่อปี ส่วนระบบการปลูกพืช พบว่าการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 แต่ละระบบไม่ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์จากผิวดินแตกต่างกัน โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 6.44-6.47 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 3.76 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี เทียบเท่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สูญหายไปจากดิน 1.02-1.03 ตัน C ต่อไร่ต่อปี

6) ผลการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

คาร์บอนที่สะสมในดินได้มาจากการไถกลบเศษซากพืชลงดินและการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนคาร์บอนที่สูญหายออกจากพื้นที่เกิดจากการนำเอาส่วนต่างๆ ของพืชออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลผลิต ส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์ และสูญหายไปในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายเศษซากวัสดุอินทรีย์ในดิน และจากการหายใจรากพืช ผลการทดลองตั้งแต่ฤดูปลูก 2560/61-2562/63 พบว่า การใส่ปุ๋ยปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (F3) ทำให้มีคาร์บอนสูญเสียไปจากดินมากสุด 839 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี และการใส่ปุ๋ยกากตะกอนหม้อกรองอ้อย อัตรา 1 ตันต่อไร่ (F2) สูญเสียคาร์บอนไปจาดินน้อยสุด 365 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เมื่อพิจารณาระบบปลูกมันสำปะหลัง พบว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี (C1) สูญเสียคาร์บอนไปจาดินมากที่สุด 690 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ซึ่งสาเหตุเกิดจากการนำผลผลิตและส่วนขยายพันธุ์ออกจากพื้นที่ ในขณะที่ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว (C2) สูญเสียคาร์บอนไปจากดิน 367 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี

7) ผลการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

กรมวิชาการเกษตร

ผลของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง พบว่า ระบบปลูกไม่มีผลให้คุณสมบัติของดินต่างกัน แต่การจัดการปุ๋ยมีผลทำให้คุณสมบัติดินต่างกัน โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ช่วยลดความเป็นกรดของดิน โดยเฉพาะกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ ในขณะกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ดินมีความเป็นกรดมากยิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาอินทรียวัตถุในดิน พบว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยช่วยเพิ่ม และรักษาปริมาณอินทรียวัตถุให้ใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีอินทรียวัตถุในดินเพียง 0.29 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยอย่างเห็นได้ชัด โดยภาพรวมระบบปลูกมันสำปะลังไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน แต่จะเห็นได้ว่าอินทรียวัตถุในดินของระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วมีแนวโน้มสูงกว่าระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องและระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว

4. การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว

4.1 การศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพไร่

1) สภาพภูมิอากาศ และข้อมูลทั่วไป

การทดลองในปี 2560 มีฝนตกหนักต่อเนื่องตลอดในช่วงที่ต้องเตรียมดินปลูกปลายฤดูฝนตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงกันยายน มีฝนตกรวม 780.8 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตก 61 วัน ทำให้เตรียมดินไม่ได้และรอมาจนดำเนินการปลูกได้ในปลายเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง วันปลูก วันเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง และสภาพภูมิอากาศในฤดูปลูก

2) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

การให้ผลผลิตของถั่วเหลืองไม่แตกต่างกันทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยทุกกรรมวิธีถั่วเหลืองให้ผลผลิตเฉลี่ย 367.9 กิโลกรัมต่อไร่ในฤดูแล้ง ส่วนในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองให้ผลผลิต 391.2 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ความสูงต้นระยะเก็บเกี่ยว จำนวนต้นต่อไร่ และน้ำหนัก 100 เมล็ดไม่แตกต่างกันเช่นกัน การปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้ง มีความสูงต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 44.6 เซนติเมตร จำนวนต้น 39,470 ต้นต่อไร่ และให้น้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 18.1 กรัม ส่วนส่วนการปลูกปลายฝน ถั่วเหลืองมีความสูงต้น 90.9 เซนติเมตร จำนวนต้น 34,750 ต้นต่อไร่ และให้น้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ 15.3 กรัม ตามลำดับ

3) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

กรมวิชาการเกษตร

จากการผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ยหมัก ทำให้มีอินทรีย์คาร์บอนสะสมเพิ่มขึ้นทั้งในฤดูแล้ง และฤดูฝน ยกเว้นกรรมวิธีใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ด ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-6 กิโลกรัม P_2O_5- K_2O ต่อไร่ ที่ทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดลง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากพืชมีการเจริญเติบโตต่ำ และยังพบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากรากถั่วเหลืองในกรรมวิธีดังกล่าวมีเพียง 12.0 กิโลกรัม C ต่อไร่ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ที่มีค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในรากระหว่าง 14.0 ถึง 20.6 กิโลกรัม C ต่อไร่ในฤดูแล้ง ซึ่งกรรมวิธีที่เพิ่มการสะสมอินทรีย์คาร์บอนไว้ในดินได้สูง คือ การใช้ไรโซเบียม ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-3-6 กิโลกรัม N-P_2O_5- K_2O ต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน 115.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ หรือคิดเป็นปริมาณที่เพิ่มขึ้น 72 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการคลุกเมล็ดด้วยไรโซเบียม และใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-6 กิโลกรัม P_2O_5- K_2O ต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน 105.7 กิโลกรัม C ต่อไร่ หรือคิดเป็นปริมาณที่เพิ่มขึ้น 66 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าการใช้ปุ๋ยหมักเศษถั่วเหลือง 2 ตันต่อไร่ มีส่วนช่วยเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ Hepperly (2009) รายงานว่า การผลิตพืชอินทรีย์สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ 15-28 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มไนโตรเจนในดิน 8-15 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากการผลิตพืชระบบเคมี (conventional system) อย่างมีนัยสำคัญจากการปลูกในเวลาเดียวกัน ทั้ง ๆที่มีมวลชีวภาพของพืชเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีไปเร่งอัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดิน และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ

4) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในฤดูแล้ง แต่ละระยะการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง พบว่า ทุกกรรมวิธีการจัดการดินและปุ๋ยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออไซด์ในช่วง 1,629 ถึง 4,014 มิลลิกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่อถั่วเหลืองอายุ 8 วัน และมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงสุด 3,103-4,344 มิลลิกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่อถั่วเหลืองอายุ 22 วัน จากนั้นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ลดลงเป็นลำดับจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ส่วนความชื้นดินที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรในช่วงตรวจวัดการปล่อยก๊าซ CO_2 ดินมีความชื้นที่ 19.2-28.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 8 วัน และอยู่ในช่วง 11.11-13.75 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 93 วัน ส่วนในปลายฤดูฝน การปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ในช่วง 5,168-6,816 มิลลิกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่ออายุ 10 วัน และลดลงเป็นลำดับจนถึงความชื้นดินที่ระดับความลึก 20 เปอร์เซ็นต์ในช่วงตรวจวัดการปล่อยก๊าซ CO_2 ดินมีความชื้นที่ 13.79-15.94 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 10 วัน และอยู่ในช่วง 16.19-17.56 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 95 วัน หมายความว่าช่วงใกล้เก็บเกี่ยวมีการปล่อยก๊าซ CO_2 จากดินลดลง เนื่องจากมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและการเจริญเติบโตของพืชที่ลดลง

5) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองสภาพไร่พันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

กรมวิชาการเกษตร

จากการคำนวณสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในสภาพไร่ทั้งในช่วงการปลูกปลายฤดูฝน และในฤดูแล้ง พบว่าการจัดการดินและปุ๋ยทุกกรรมวิธีทำให้สมดุลคาร์บอนมีค่าติดลบ หรือมีการสูญเสียคาร์บอนไปจากดิน โดยกรรมวิธีที่ทำให้มีปริมาณคาร์บอนสูญเสียไปจากดินน้อยสุดคือ กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-6 กิโลกรัม P_2O_5- K_2O ต่อไร่ สูญเสียคาร์บอนไปจากดินในช่วงการปลูกปลายฤดูฝน 225.5 กิโลกรัม C ต่อไร่ และในฤดูแล้ง 89.9 กิโลกรัม C ต่อไร่ รองลงมาคือกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-3-6 กิโลกรัม N-P_2O_5- K_2O ต่อไร่ สูญเสียคาร์บอนไปจาดินในฤดูแล้ง 131.0 กิโลกรัม C ต่อไร่ ส่วนในปลายฤดูฝนสูญเสียคาร์บอนไปจากดิน 111.8 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ แสดงว่าการใช้ปุ๋ยหมักปรับปรุงดินก่อนปลูกถั่วเหลืองช่วยให้เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินได้มากกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยหมัก หรือวัสดุปรับปรุงดิน เช่นเดียวกับการศึกษาของพรพรรณ และคณะ (2559) ที่การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีและไรโซเบียม หรือใช้ปรับปรุงดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองอินทรีย์ให้ค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่าไม่ใช้ปุ๋ยหมักเช่นกัน ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ เป็นแนวทางการพัฒนาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สามารถให้ผลผลิตแก่ถั่วเหลือง และนำไปสู่การผลิตที่ยั่งยืน

4.2 การศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในระบบการผลิตถั่วเขียวในสภาพไร่

1) สภาพภูมิอากาศ และข้อมูลทั่วไป

ทดลองในปี 2560-2562 ดำเนินการปลูกถั่วเขียวจำนวนทั้งหมด 6 ครั้ง ปลูกครั้งแรกในช่วงปลายฤดูฝน ปี 2560 ปลูกครั้งสุดท้ายปลายฤดูฝน ปี 2663 มีระยะเก็บเกี่ยวถั่วเขียวเฉลี่ย 58-71 วัน ในช่วงเวลาทำการทดลอง มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด 0.35 มิลลิเมตร สูงสุด 144 มิลลิเมตร

2) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท

จากผลการศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ในฤดูปลายฝนปี 2560 พบว่า การจัดการดินและปุ๋ยทุกกรรมวิธี ถั่วเขียวให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ด ถั่วเขียวให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด 195 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3-3 กิโลกรัม P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ถั่วเขียวให้ผลผลิตเมล็ด 163 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการปลูกในฤดูแล้งปี 2561 ประสบปัญหาอากาศร้อนและแล้ง การเจริญเติบโตไม่ค่อยดี ส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยของถั่วเขียวต่ำกว่าการปลูกโดยทั่วไป โดยทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตเมล็ด เฉลี่ยระหว่าง 62-75 กิโลกรัมต่อไร่

กรมวิชาการเกษตร

การปลูกถั่วเขียวในต้นฤดูฝนปี 2561 ถั่วเขียวมีการเจริญเติบโตค่อนข้างดีกว่าการปลูกในฤดูแล้ง โดยกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3-3 กิโลกรัม P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ถั่เขียวให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด 286 กิโลกรัม ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และวิธีผสมผสาน ที่ให้ผลผลิตเมล็ด 249 และ 274 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับการปลูกในฤดูปลายฝนปี 2561 พบว่า การจัดการดินและปุ๋ยทุกกรรมวิธีไม่ทำให้ถั่วเขียวให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3-3 กิโลกรัม P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ถั่วเขียวให้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 231 กิโลกรัมต่อไร่

ส่วนการปลูกถัวเขียวในฤดูฝนและปลายฤดูฝนปี 2562 พบว่า การให้ผลผลิตของถั่วเขียว และองค์ประกอบของผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุดทั้งฤดูฝนและปลายฤดูฝน 234 และ 158 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

3) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในส่วนต่างๆ ของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ที่ปลูกในสภาพไร่ ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท

ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียว พบว่า อินทรีย์คาร์บอนสะสมอยู่ในส่วนของเมล็ดมากที่สุด 50.0 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ลำต้น เปลือก และใบ ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ย 49.7 49.2 และ 46.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียวมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในส่วนต่างๆของถั่วเขียวเฉลี่ยมากสุด 290 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เทียบเท่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถั่วเขียวดูดซับจากบรรยากาศ 1060 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ส่งเสริมให้ถั่วเขียวดูดซับคาร์บอนมาสะสมไว้ในส่วนต่างๆ เฉลี่ย 277 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เทียบเท่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถั่วเขียวดูดซับจากบรรยากาศ 1016 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี

4) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC : Soil Organic Carbon) ของแปลงทดลอง พบว่า หลังเก็บเกี่ยวถั่วเขียวในปี 2017-2020 การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน โดยใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (Integrated) อินทรีย์คาร์บอน (SOC) ในดินหลังเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.02 กรัม C ต่อไร่ แต่เมื่อพิจารณาถึงอัตราการสะสมหรืออัตราการกักเก็บคาร์บอนในดินในแต่ละปี พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3-3 กิโลกรัม P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ทำให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินมากสุด 1.52 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดิน

กรมวิชาการเกษตร

1.32 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี ตามลำดับ และการปลูกถั่วเขียวโดยไม่มีการปรับปรุงดิน หรือใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูกทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง 0.02 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี

5) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินตลอดฤดูปลูกจากแปลงถั่วเขียวในกรรมวิธีการจัดการดินและปุ๋ยในฤดูต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน มีปริมาณการปล่อยต่อวันเฉลี่ย 7.62-9.02 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน และกรรมวิธีการไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ไม่ใช่ปุ๋ยอินทรีย์ และไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูกมีการปล่อย CO_2 จากผิวดินต่ำสุด (7.59 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน) โดยในปี 2560/61 มีค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ระหว่าง 311-339 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี ส่วนปี 2561/62 มีค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่าง 407-442 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี และในปี 2562/63 มีค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่าง 214-239 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ และพบว่ากรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยเคมีทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากสุด โดยเฉพาะกรรมวิธีใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (Integrated) มีปริมาณการปล่อย CO_2 จากผิวดินเฉลี่ย 9.02 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 337 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สูญหายไปจากดิน 91.1 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี

6) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท

จากผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกถั่วเขียวและหลังปลูกถั่วเขียว ปี 2560 - 2563 พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตลอดการปลูกถั่วเขียว การใช้ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) ในปี 2563 หลังสิ้นการทดลอง มีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.02 เปอร์เซ็นต์ จาก 0.78 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นเท่ากับ 31.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (R) มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 2.3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 0.76 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความกรด-ด่างของดินน้อยที่สุด 2.6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก 6.96 และการไม่ใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากถึง 7.7 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.79 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) มีการเปลี่ยนแปลงมากถึง 191.73 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยระหว่างฤดูปลูก 176.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีการเปลี่ยนแปลงน้อยสุด 22.65 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 74.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ยกเว้นกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 33.44 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย

กรมวิชาการเกษตร

238.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) โดยใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินมากที่สุด คือมีส่วนช่วยเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ รวมทั้งปรับปรุงธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

1. ผลการศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในร่วนปนทราย และดินเหนียว การจัดการดินแบบไถพรวน การไม่ไถพรวน การใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ไม่ส่งผลให้ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินไม่แตกต่างกัน แต่หากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย จะทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

การไม่ไถพรวน ไม่ส่งผลให้ปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในดินแตกต่างจากการไถพรวน แต่การใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน หรือปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้ และระบบการปลูกถั่วแปบเป็นพืชตามหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพด ทำให้ดินมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าระบบที่ปลูกข้าวฟ่างและถั่วเขียวเป็นพืชตาม

การใช้ปุ๋ยเคมี ส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ช่วยเพิ่มผลผลิตและมวลชีวภาพของข้าวโพด เมื่อมีการไถกลบเศษซาก จึงสามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนลงไปในดินได้มากกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยเคมี

การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีถึงแม้จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บไดออกไซด์จากผิวดินต่ำ แต่เมื่อพิจารณาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยน้ำหนักของผลผลิต กลับพบว่าการปลูกข้าวโพดโดยไม่ใช้ปุ๋ยเคมีมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตในปริมาณที่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นเพื่อให้การใช้ที่ดินในการผลิตพืชอย่างมีประสิทธิภาพควรพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตพืชควบคู่ไปกับการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งการรักษาคุณภาพของดินให้มีความยั่งยืน เพื่อก่อให้เกิดการผลิตที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ทำลายทรัพยากรธรรมชาติ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าอัตราการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดจากเศษซาก หรือวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินต่ออัตราการเปลี่ยนไปเป็นอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินต่ำ จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ช่วยอธิบายได้ว่าทำไมดินในเขตร้อนถึงมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ ดังนั้นการใส่วัสดุอินทรีย์ หรือปุ๋ยอินทรีย์ในดินเขตร้อนจึงจำเป็นต้องใส่ในปริมาณที่มากกว่าอัตราการย่อยสลาย เพื่อไม่ให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงไปเรื่อยๆ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงพลวัตของคาร์บอนในดิน ภายใต้ระบบการปลูกที่ไม่มีการไถพรวนตามสมบัติดินที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลอย่างไรต่อพลวัตของคาร์บอนในดินเขตร้อน

กรมวิชาการเกษตร

2. การปลูกอ้อยด้วยการให้น้ำที่ระดับ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นดิน (%AWC) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงน้อยกว่า การปลูกอ้อยและให้น้ำที่ระดับ 25.0 และ 37.5 %AWC ในขณะที่การปลูกแบบอาศัยน้ำฝน หรือมีการให้น้ำตามความต้องการพืช ทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนไม่แตกต่างกัน แต่หากมีการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อยร่วมด้วยจะช่วยเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยในดินร่วนปนทรายขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของอ้อย โดยในช่วงระยะที่อ้อยมีอายุ 196-285 วันหลังปลูก หรือในระยะสร้างน้ำตาล ซึ่งเป็นช่วงที่อ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด มีปริมาณการปล่อย CO_2 จากผิวดินเกิดขึ้นมากสุด การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อย ทำให้ดินมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ไม่แตกต่างจากการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน แต่หากมีการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อย พบว่าในสภาพที่มีการให้น้ำส่งเสริมให้เกิดการสลายตัวของกากตะกอนหม้อกรอง จึงทำให้มีการปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากผิวดินในระยะแรกมากกว่าการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน

3. ผลการศึกษาผลของระบบปลูกพืช การจัดการปุ๋ยและเศษซากพืช ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน หรือการกักเก็บคาร์บไว้ในดิน และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราก 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับการไถกลบเศษซากต้นใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ และเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้ดีสุด

ระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในไว้ในดินได้ดีกว่า การปลูกมันสำปะหลังเชิงเดียว หรือปลูกมันสำปะหลังปีเว้นปีสลับกับปลูกถั่วเขียวตามด้วยถั่วพุ่ม

ในการปรับปรุงบำรุงดินด้วยกากตะกอนหม้อกรองอ้อย หรือปุ๋ยอินทรีย์ หรือการไถกลบเศษซากพืช หากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยจะทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการพิจารณาวิธีการจัดการดินปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตมันสำปะหลัง ต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตที่สามารถรักษาคุณภาพดินและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากผลการวิจัยการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันสำปะหลังต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และควรมีการไถกลบเศษซากพืชหรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และในกรณีที่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ควรมีการไถกลบเศษซากพืช หรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วเพื่อเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน

4. ผลการศึกษาถึงผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตถั่วเหลือง และถั่วเขียวในสภาพไร่ การใส่ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและ/หรือใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก สามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินได้มากกว่าการจัดการดินและปุ๋ยรูปแบบอื่น ๆ ตลอดจนทำให้มีปริมาณธาตุอาหารพืชเช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการจัดการดินและปุ๋ยตามวิธีดังกล่าว กลับมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าการจัดการดินและปุ๋ยในระบบที่ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรมวิชาการเกษตร

การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดถั่วเหลือง และถั่วเขียวก่อนปลูก ส่งเสริมให้พืชมีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ และกักเก็บคาร์บอนไว้ในมวลชีวภาพมากขึ้น เมื่อไถกลบเศษซากถั่วเหลือง และถั่วเขียวลงดิน เมื่อเศษซากย่อยสลาย จึงเป็นการนำคาร์บอนลงไปกักเก็บไว้ในดินในรูปของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งนอกจากเป็นการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศแล้ว ยังเป็นการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินอีกทางหนึ่ง

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. *ใน* สถานภาพทรัพยากรดิน และที่ดินของประเทศไทย. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. หน้า 120-144.

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 164 หน้า

พรพรรณ สุทธิแย้ม นภาพร คำนวณทิพย์ สุพรรณณี เป็งคำ และศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2559. การจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพไร่. ใน การประชุมวิชาการพืชวงศ์ถั่วแห่งชาติ ครั้งที่ 6 วันที่ 23-25 สิงหาคม 2560 ณ หอประชุมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (ไสใหญ่) อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช. หน้า 109-116.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร. 2554. หลักการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสาน. *ใน* ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 324-347.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2557. คุณภาพดินและสุขภาพดิน. *ใน* คุณภาพดินเพื่อการเกษตร. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. หน้า 74-96.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต 2562/63. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. สืบค้นจาก http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-1854.pdf [มีนาคม 2564]

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564 ก. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สืบค้นจาก http://mis-app.oae.go.th/product/%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B9%82%E0%B8%9E%E0%B8%94%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%B5%E0%B9%89%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%A7%E0%B9%8C [มกราคม 2563].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564 ข. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์: ปีเพาะปลูก 2562/63. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นจาก http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/maize%20province%2062.pdf [มีนาคม 2564].

กรมวิชาการเกษตร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564 ค. มันสำปะหลัง: ปีเพาะปลูก 2562/63. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นจาก http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/casava63.pdf [มีนาคม 2564].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564 ง. ถั่วเหลือง: ปีเพาะปลูก 2562/63. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นจาก http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/soybeans%2062.pdf [มีนาคม 2564].

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, ดาวรุ่ง คงเทียน, ชลวุฒิ ละเอียด, สาธิต อารีรักษ์ และพิเชษฐ์ กรุดลอยมา. 2556. ผลระยะยาวของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. น. 90-108. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 36 5-7 มิถุนายน 2556 ณ โรงแรมอัศวรรณ, หนองคาย

โชติ สิทธิบุศย์. 2539 แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ISBN 974-7465-15-9. 119 หน้า.

Amos, B., and D.T. Walters. 2006. Maize root biomass and net rhizodeposited carbon: An analysis of the literature. Soil Science Society of America Journal. 70:1489-1503. doi:10.2136/sssaj2005.0216.

Anderson, J. 1982. Soil respiration. ***In*** Methods of Soils Analysis, Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 831-871.

Biederman, L.A. and W.S. Harpole. 2013 Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: A meta-analysis. GCB Bioenergy. 5: 202-214. doi:10.111/gcbb.12037.

Bot, A. and J. Benites. 2005. The Importance of Soil Organic Matter. Key to Drought-Resistant Soil and Sustained Food and Production. *FAO Soil Bulletin 80.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 80 p.

Froning, B.E., K.D. Thelen. and D. Min. 2008. Use of manure, compost, and cover crops to Supplant crop residue carbon in corn Stover removed cropping systems. Argon J. 100: 1703-10

Fujisaki, K., T. Chevallier, L. Chapuis-Lardy, A. Albrecht, T. Razafimbelo, and T. Masse. 2018. Soil carbon stock changes in Tropical croplands are mainly driven by carbon inputs: A synthesis. Agriculture, Ecosystems & Environment. 259: 147-158. doi:10.1016/j.agee.2017.12.008.

Goh, K.M. 2009. Organic Agriculture Mitigates Climate Change. p. 4. *In* The International Symposium Go Organic 2009, The Approach of Organic Agriculture: New Markets, Food Security and a Clean Environment, 19-21 August 2009 at Pullman Bangkok King Power

กรมวิชาการเกษตร

Hotel, Bangkok, Thailand. (Book of Abstracts). King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), National Innovation Agency (NIA), and Silpakorn University (SU).

Grant, R.F., N.G. Juma, J.A. Robertson, R.C. Izaurralde, and W.B. McGill. 2001. Long-Term Changes in Soil Carbon under Different Fertilizer, Manure, and Rotation: Testing the Mathematical Model Ecosystem with Data from the Breton Plots. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 205-214.

Hepperly, Paul. 2009. Organic Farming Sequesters Atmospheric Carbon and Nutrients in Soils. Available in http://www.strauscom.com/rodale-whitepaper/, (Sep 9, 2009).

IPCC. 2014. Climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of working groups III to fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Edited by Cambridge, United Kindom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Japan Soil Association. 2000. Methods of organic matter analysis-organic carbon. ***In*** Methods of Organic Matter in Compost and Manure Analysis. Tokyo: Japan Soil Association (in Japanese). pp. 140-147.

Jarecki, M.K. and R. Lal. 2003. Crop management for soil carbon sequestration. Critical Reviews in Plant Sciences. 22: 471-502. doi:10.1080/713608318.

Lal, R. 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. Critical Reviews in Plant Sciences. 22(2): 151-184. doi:10.1080/713610854.

Lal, R., R.F. Follett, B.A. Stewart and J.M. Kimble. 2007. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change and Advance Food Security. Soil Science. 172 (12): 943-956.

Ma, S., F. He, D. Tian, D. Zou, Z. Yan, Y. Yang, T. Zhou, K. Hung, H. Shen, and J. Fang. 2018. Variations and determinants of carbon content in plants: A global synthesis. Biogeoscience.15:693-702. doi.10.5194/bg-15-693-2018.

Matsumoto, N., K. Paisancharoen, and T. Hakamata. 2008. Carbon balance in maize fields under cattle manure application and no-tillage cultivation in Northeast Thailand. Soil Science & Plant Nutrition, 54:2. 277-288. doi:10.1111/j.1747-0765.2007.00223.x

Matsumoto, N., W. Nobuntou, N. Punlai, T. Sugino, P. Rugikun, K. Luanmanee, and K. Kawamura. 2020. Soil carbon sequestration on a maize-mung bean field with rice straw mulch, no-tillage, and chemical fertilizer application in Thailand from 2011 to 2015. Soil Science and Plant Nutrition. doi:10.1080/00380768.2020.1857660.

Minasny, B., B.P. Malone, A.B. McBratney, D.A. Angers, D. Arrouays, and A. Chambers. 2017. Soil carbon 4 per mille. Geoderma. 295: 59-86. doi:10.1016/j.geoderma.2017.01.002.

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic matter. pp 539-579. In Method of soil analysis, part 2. Chemical and Microbiology Properties. Agronomy Monograph 9 (2 nds) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Parihar, C.M., M.D. Parihar, T.B. Sapkota, R.K. Nanwal, A.K. Singh, and H.K. Nayak. 2018. Long-term impact of conservation agriculture and diversified maize rotations on carbon pools and stocks, minerals nitrogen fractions, and nitrous oxide fluxes in Inceptisol of India. Science of the Total Environment. 640-641: 1382-1392. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.05.405.

Rayment, G.E. and F.R. Higginson. 1992. Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods. Inkarta Press, Melbourne, Australia.

Shirato, Y., K. Paisancharoen, P. Sangtong, C. Nakviro, M. Yokozawa, and N. Matsumoto. 2005. Testing the Rothamsted Carbon Model against data from long-term experiments on upland soil in Thailand. Eur, J. Soil Sci., 56:179-188.

Sugino, T., W. Nobuntou, N. Srisombut, P. Rugikun, S. Luanmanee, and N. Punlai. 2013. Effects of long-term organic material applications and green manure crop cultivation on soil organic carbon in rainfed areas of Thailand. International Soil and Water Conservation Research. 1(3): 29-36. doi:10.1016/S2095-6339(15)30028-9.

Watanabe, F.S., and S.R. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and $NaHCO_3$ extracts. Soil Sci. Am. Proc. 29:677-678.

Yonekura Y, Ohta S., Kiyono Y., Aksa D., Morisada K., Tanaka N. and Kanzaki M. 2010. Changes in soil carbon stock after deforestation and the subsequent establishment of Imperata grassland in the Asian humid tropics. Plant and Soil 329: 495-507.

Yoneyama, T., H. Okada, P. Chongpraditnun, P. Ando, P. Prasertsak, and K. Hirai. 2006. Effects of vegetation and cultivation on ^{13}C values of soil organic carbon and estimation of its turnover in Asian tropics: a case study in Thailand. Soil Science and Plant Nutrition. 52: 95-102.

กรมวิทยาศาสตร์

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง

ดำเนินงานวิจัยและศึกษาศักยภาพของพันธุ์มันสำปะหลังและการจัดการในการดูดซับ CO_2 การประเมินศักยภาพการดูดซับ CO_2 และกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ผลิตมันสำปะหลัง และรูปแบบเทคนิคการประเมินปริมาณการดูดซับ CO_2 และกักเก็บคาร์บอนอย่างง่ายในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง ผลการดำเนินงานวิจัย พบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ (1) อายุการเจริญเติบโตซึ่งแต่ละช่วงอายุมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิทำให้การดูดซับ CO_2 และการกักเก็บคาร์บอนที่แตกต่างกัน (2) ความสามารถการรับความเข้มแสงของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะค่า light compensation point ที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละอายุการเจริญเติบโต (3) การดูดซับความเข้มข้น CO_2 ของพันธุ์มันสำปะหลังต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง จากการทดลองเมื่อความเข้มข้น CO_2 เพิ่มขึ้นสูงกว่า 400 ppm ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (P_n) เพิ่มขึ้น และการได้รับความเข้มข้น CO_2 ระดับเดียวกัน แต่มีอายุการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันทำให้ P_n มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งการวิจัยความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นเพียงปัจจัยเดียวไม่ทำให้ P_n เพิ่มขึ้น แต่ต้องสัมพันธ์กับความเข้มข้น CO_2 และอุณหภูมิของสภาพอากาศ เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ใช้ความเข้มแสงในระดับต่ำและสูงได้ดี และให้ผลผลิตต่อไร่สูง คัดเลือกพันธุ์ได้ดังนี้ พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 และพิรุณ 2 ซึ่งพันธุ์เหล่านี้จะเป็นทางเลือกการใช้พันธุ์ของเกษตรกรสำหรับช่วยดูดซับ CO_2 บรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อน

การประเมินชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลังในแปลงปลูก พบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์สามารถกักเก็บคาร์บอนที่แตกต่างกันทำให้มีการสร้างมวลชีวภาพแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณกักเก็บคาร์บอนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับมวลชีวภาพ ซึ่งค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักแห้งของการกักเก็บปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของใบ ก้านใบ ลำต้น เหง้า รากสะสมอาหาร เฉลี่ย 44.0 39.9 43.9 45.2 และ 47.9% สำหรับการเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน พบว่า การจัดการปุ๋ยโพแทชที่เหมาะสมในพันธุ์มันสำปะหลังช่วยเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของมันสำปะหลังให้สูงขึ้นและยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังต่อพื้นที่ จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตราที่เพิ่มขึ้นจากค่าวิเคราะห์ดิน (อัตรา 1.5 และ 2.0 เท่าตามค่าวิเคราะห์) ทำให้ศักยภาพการดูดซับ CO_2 การกักเก็บคาร์บอนและสร้างมวลชีวภาพของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น การผลิตมันสำปะหลัง 1 ฤดูปลูก สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ถึง 1,427 กก.C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับ CO_2 เฉลี่ย 5.2 ตัน CO_2/ไร่ ส่วนของการกักเก็บคาร์บอนในดินสามารถกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 3.6-4.5 ตัน C/ไร่ หรือคิดเป็นการดูดซับ CO_2 เฉลี่ย 13.1-16.4 ตัน CO_2/ไร่ ในการสำรวจมันสำปะหลังในแปลงเกษตรกรที่เลือกใช้พันธุ์และมีการจัดการแปลงที่แตกต่างกัน พบว่า การผลิตมันสำปะหลัง 1 ฤดูปลูก สะสมมวลชีวภาพอยู่ในช่วง 1,028-4,259 กก./ไร่ กักเก็บคาร์บอนอยู่ในช่วง 500-2,078 กก. C/ไร่ มีการดูดซับ CO_2 อยู่ในช่วง 1,834–7,621 กก. CO_2/ไร่ และให้ผลผลิตหัวสด 2.0-13.5 ตัน/ไร่ ซึ่งความสัมพันธ์ของการผลิตมันสำปะหลังในไร่เกษตรกร มวลชีวภาพมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกักเก็บคาร์บอนในต้น ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน การกักเก็บคาร์บอนในดินไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการกักเก็บคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

สำหรับเทคนิคอย่างง่ายในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมันสำปะหลัง สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนอย่างง่าย คือ การประมาณชีวมวล และการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวล โดยการประมาณชีวมวลมันสำปะหลังสามารถใช้ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นได้ ที่ระยะเก็บเกี่ยวด้วยสมการหลายตัวแปร คือ ชีวมวล = 0.006*ความสูง + 0.051*เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ให้ค่า R^2 =0.943 และ RMSE ต่ำสุด ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวลมีค่า 0.484 ส่วนในระดับแปลงเกษตรกรก็ให้ผลทำนองเดียวกัน แต่การสำรวจมีจำนวนพันธุ์หลากหลายกว่า เมื่อเฉลี่ยทุกพันธุ์ค่าสัมประสิทธิ์จึงมีค่า 0.486 สามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนในมันสำปะหลังได้ทั้งระดับแปลงทดลองและไร่เกษตรกร ส่วน NDVI มีความสัมพันธ์ต่ำกับมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในรูปแบบสมการถดถอยแบบเส้นตรง จึงไม่นำมาใช้งาน อย่างไรก็ตาม การศึกษามีข้อจำกัดจากสถานการณ์โควิดทำให้การสำรวจในพื้นที่ทำได้จำกัด แต่ผลการศึกษามีแนวโน้วที่น่าสนใจ ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยจากจำนวนตัวอย่างที่มากขึ้น จำนวนประชากร ตัวแปร และค่าดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมในการหาปริมาณชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนที่มีผลต่อการประเมิน เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและมีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น

ดังนั้น ปัจจัยสำคัญหนึ่งของการเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในแปลงปลูกมันสำปะหลัง คือ การเลือกใช้พันธุ์ที่มีศักยภาพในการดูดซับ CO_2และเหมาะสมกับพื้นที่ รวมทั้งการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมซึ่งสามารถช่วยยกระดับการกักเก็บคาร์บอนและการให้ผลผลิตมันสำปะหลังให้สูงขึ้น สำปะหลังเป็นพืชไร่หนึ่งที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 และการกักเก็บคาร์บอนในแปลงปลูก ซึ่งข้อมูลสามารถนำไปใช้วางแผนการจัดการพื้นที่และใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคการเกษตรของประเทศต่อไป

ศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตอ้อย

สภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและการสะสมมวลชีวภาพ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของอ้อยแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและช่วงเวลาในรอบวัน ที่สุพรรณบุรีมีอัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันสูงที่ 6 เดือนหลังปลูก 1.7-1.88 molCO_2 m^{-2} d^{-1} น้ำและความสมบูรณ์ของต้นพืชมีผลการปิดเปิดปากใบและ P_n กระตุ้นให้ปากใบเปิดกว้างขึ้น ค่านำไหลปากใบจึงเพิ่มขึ้นตามแสงในสภาพที่ดินมีความชื้นพออย่างรวดเร็ว แต่หากพืชขาดน้ำ ปากใบจะเปิดน้อยมากและเป็นช่วงเวลาที่สั้นลง ทำให้โอกาสที่อ้อยจะทำการสังเคราะห์แสงลดลง มีน้ำเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของอ้อย ทุกพันธุ์ให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินรวมสูงสุดในช่วงอายุประมาณ 10 เดือน ยกเว้นพันธุ์ UT10-615 ที่น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินรวมสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยว โดยพันธุ์อู่ทอง 15 ให้น้ำหนักแห้งสูงสุด 9,320 กก./ไร่ รองลงมา คือ ขอนแก่น 3 UT10-615 UT10-009R และอู่ทอง 17 ส่วนอู่ทอง 12 น้ำหนักแห้งต่ำสุด พันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินรวมสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยว 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 สัดส่วนของน้ำหนักแห้งลำสูงสุดทุกระยะ ตั้งแต่ 4 เดือนและสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือน มีสัดส่วน 70-80% ของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินทั้งหมด ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อน้ำหนักแห้งชีวมวลในแต่ละส่วนของอ้อย 6 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามพันธุ์และอายุอ้อยที่มากขึ้น แต่แตกต่างตามชนิดของแต่ละส่วน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมได้แตกต่างกันตามพันธุ์ โดยพันธุ์ UT10-615 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

สูงสุด 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 ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของอ้อยความผันแปรในแต่ละช่วงอายุ เมื่อนำตัวแปรที่ได้จากการวัดเส้นตอบสนองต่อแสงมาวิเคราะห์การจัดกลุ่ม สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ 1) UT10-615 และ UT10-009R 2) ขอนแก่น 3 อู่ทอง 15 และอู่ทอง 17 3) อู่ทอง 12 ซึ่งสอดคล้องกับการให้ผลผลิตและปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ขนาดลำแตกต่างกัน แต่พันธุ์อ้อยมีผลต่อความสูง อ้อยเริ่มตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เวลา 7.00 น. สัมพันธ์กับความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น อ้อย 1 ฤดูปลูก มีสัดส่วนมวลชีวภาพสะสมไว้ในส่วนของลำ เฉลี่ย 76 % รองลงมา คือ ใบสด ใบแห้ง กาบใบสด และกาบใบแห้ง อ้อยพันธุ์อู่ทอง 15 ร่วมกับการใส่ปุ๋ย 1.5 เท่าตามค่าวิเคราะห์ N สามารถกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดสูงที่สุด เฉลี่ย 6.09 ตัน C/ไร่ หรือ เทียบเท่าการดูดซับก๊าซ CO_2 เฉลี่ย 22.3 ตัน CO_2/ไร่ ทั้งนี้ปริมาณกักเก็บคาร์บอนสัมพันธ์กับมวลชีวภาพ 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 หรือคิดเป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 13.6 – 21.3 ตัน CO_2/ไร่ เห็นได้ว่า การจัดการปุ๋ย และการเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมจะช่วยยกระดับผลผลิตอ้อยและการกักเก็บคาร์บอนให้สูงขึ้นได้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่างพื้นที่ เพื่อศึกษาพันธุ์และการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม สำหรับเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่อื่น ๆ ในการเลือกพันธุ์พืช และการจัดการที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่

การสำรวจพื้นที่การผลิตอ้อยของเกษตรกร สามารถประเมินการปลูกอ้อย 1 ฤดู มีการสะสมน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 3.30 – 13.28 ส่วนของลำมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด อ้อยสามารถกักเก็บคาร์บอน อยู่ในช่วง 1.51-6.18 ตัน C/ไร่ คิดเป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่าง 5.53-22.66 ตัน CO_2/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยแปรผันโดยตรงกับมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินผันแปรโดยตรงกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ทั้งนี้ ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นอ้อย ในพื้นที่ 1 ไร่ จังหวัดนครสวรรค์ มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 24.24 ตัน CO_2/ไร่ ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 16.56 ตัน CO_2/ไร่ การกักเก็บคาร์บอนในดิน ที่ระดับดินบน อยู่ในช่วง 2.88-9.12 ตัน C/ไร่ และดินล่างอยู่ในช่วง 3.60-16.56 ตัน C/ไร่ ดังนั้นความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อยขึ้นอยู่กับชนิดพืช สภาพพื้นที่และการจัดการ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำมาบริหารจัดการ เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในต้นพืชและในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการพัฒนาเทคนิคอย่างง่าย ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของส่วนเหนือดินในแปลงอ้อยโดยไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน เช่นเดียวกับมันสำปะหลัง คือ การประมาณชีวมวล และการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวล โดยการประมาณชีวมวลในระดับแปลงทดลองสามารถประมาณชีวมวลช่วงอายุ 4 6 10 เดือนหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยวได้ด้วยสมการถดถอยเส้นตรงหลายตัวแปรมีความแม่นยำกว่า การใช้ปัจจัยเดียว ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับชีวมวล มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ขอนแก่น 3 และอู่ทอง 15 แต่มีค่าเฉลี่ย 0.426 ให้ค่า R^2= 0.89 และ RMSE 1.565 ตัน C/ไร่ ส่วนระดับแปลงเกษตรกรการประมาณชีวมวลจากความสูงอย่างเดียว หรือความสูงร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำ หรือความสูง

กรมวิชาการเกษตร

ร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำร่วมกับจำนวนลำต่อกอ มีความแม่นยำสูงกว่าการใช้เส้นผ่านศูนย์กลางลำเพียงอย่างเดียว หรือจำนวนลำต่อกอเพียงอย่างเดียว เฉลี่ยทุกพันธุ์มีสมการ BM = 0.029H – 0.030D + 0.019MC ให้ค่า R^2= 0.934 และ RMSE 1.499 ตัน/ไร่ และค่าสัมประสิทธิ์ 0.475 ให้ค่า R^2 = 0.99 และ RMSE = 0.077 ตัน C/ไร่ ไม่มีความแตกต่างตามพันธุ์ เมื่อนำมารวมกันทั้ง 2 ขั้นตอน สามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนในอ้อยได้ทั้งระดับแปลงทดลองและไร่เกษตรกร สำหรับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มีความสัมพันธ์กับชีววมวลต่ำ จึงไม่นำมาใช้ในการประมาณชีวมวล ทั้งนี้ สถานการณ์โควิดทำให้การเก็บข้อมูลทั้งในระดับแปลงและสำรวจ ทำได้จำกัด จึงควรศึกษาเพิ่มเติมโดยจำนวน จำนวนประชากร และตัวแปรที่เหมาะสม เพื่อให้การประมาณปริมาณชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เทคนิคอย่างง่ายนี้สามารถนำไปใช้ในประเมินปริมาณการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในการผลิตอ้อยในระดับพื้นที่ได้

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 พื้นที่ปลูกอ้อยปี 2563/2564 ของสำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย รวม 10,862,610 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 7.21 ตันต่อไร่ สามารถช่วยดูดซับ CO_2 ในลำอ้อยทั้งหมดได้ 215.1 ล้านตัน แยกเป็นผลผลิตอ้อยส่งโรงงาน 116.9 ล้านตัน และเศษซากใส่กลับปกคลุมดิน 48.2 ล้านตัน ย่อยสลายปลดปล่อย CO_2 หมุนเวียนในบรรยากาศสำหรับการผลิตในฤดูต่อไป ส่วนหนึ่งกักเก็บในรูปของคาร์บอนในดินที่คงทนต่อการย่อยสลาย อ้อยปลูกสามารถไว้ตอได้หลายครั้งขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของตอ ซึ่งจะเป็นแหล่งการกักเก็บส่วนที่สำคัญ อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในต้นอ้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพพื้นที่และการจัดการ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำมาบริหารจัดการ เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในต้นพืชและในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียวที่มีต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน สรุปได้ว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนปนทราย โดยมีการไถพรวนดิน และการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับใช้ฟางข้าวคลุมดิน ไม่ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินแตกต่างกัน แต่ส่งเสริมให้ข้าวโพดดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ 2.2- 2.6 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี ส่วนการไถพรวน และไม่ไถพรวน มีการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินไม่แตกต่างกัน แต่การใช้ฟางข้าวคลุมดินเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน สำหรับในดินร่วนเหนียว การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าระบบปลูกพืช โดยการใส่มูลไก่ หรือใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับมูลไก่ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากสุด และระบบการปลูกถั่วแปบเป็นพืชตามหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด ทำให้ดินมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนสูงขึ้นเช่นเดียวกับการใส่มูลไก่ที่สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดิน

ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำอย่างเหมาะสมในพื้นที่ปลูกอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 สรุปได้ว่า การปลูกอ้อยแบบให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อย และใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อ

กรมวิชาการเกษตร

กรองอ้อย 1 ตันต่อไร่ มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เฉลี่ยตลอดฤดูปลูกไม่แตกต่าง และการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากผิวดินในพื้นที่ซึ่งเป็นดินร่วนปนทรายขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่าปัจจัยอื่น โดยมีปริมาณการปล่อย CO_2 จากผิวดินมากสุดในช่วงระยะที่อ้อยมีอายุ 196-285 วันหลังปลูก และการให้น้ำที่ระดับความชื้น 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นดิน (%AWC) ทำให้สูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากดินน้อยสุด

ผลของการจัดการดิน และปุ๋ย และระบบปลูกพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ในดินร่วนปนทราย สรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับไถกลบเศษซากต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ส่วนระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว และใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อยอัตรา 1 ตันต่อไร่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ขณะที่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินมากกว่าระบบการปลูกพืช

ผลของการจัดการดิน และปุ๋ยแบบต่างๆ ในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียวสภาพไร่ สรุปได้ว่า การปลูกถั่วเหลืองโดยใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม สามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินได้มากกว่าการจัดการดิน และปุ๋ยแบบอื่นๆ ส่วนการปลูกถั่วเขียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับพืชตระกูลถั่วอัตรา 0-3-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม เพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน ส่วนการจัดการดิน และปุ๋ยรูปแบบต่างๆ ในระบบการปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินไม่แตกต่างกัน

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

นวลปราง นวลอุไร. 2548. การเปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสะสมที่อยู่เหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่าจากการสำรวจด้านป่าไม้และการรับรู้ระยะไกลบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตว์วิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

ปรีชา กาเพ็ชร ทักษิณา ศันสยะวิชัย และ มัทนา วานิชย์. 2559. สมการอย่างง่ายสำหรับการประเมินผลผลิตอ้อย. แหล่งข้อมูล : http://www.doa.go.th/fcrc/kk/images/Public_report/year2017/69สมการอย่างง่ายสำหรับการประเมินผลผลิตอ้อย.pdf

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี วนิดา โนบรรเทา ดาวรุ่ง คงเทียน สุทัศนีย์ วงศ์ศุปไทย กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ นงลักษ์ ปั้นลาย แววตา พลกุล ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ จำนงค์ ชัญถาวร ทัศนีย์ บุตรทอง และอนันต์ ทองภู. 2560. การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. หน้า 7-52. *ใน* รายงานโครงการวิจัยการสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

Chapman S.C., T. Duan, B. Zheng, W. Guo, S. Ninomiya and Y. Guo. 2016. Comparison of ground cover estimates from experiment plots in cotton, sorghum and sugarcane based on images and ortho-mosaics captured by UAV. Functional Plant Biology. 44(1): 169-183.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. In.R.K. Pachauri & A. Reisinger (eds.). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva.

Rocha M.G., L.R. Amaral and C.F.M. Dencowski. 2017. Early stage sugarcane biomass accumulation prediction by proximal sensing and crop parameters. Advances in Animal Biosciences : Precision Agriculture (ECPA). 8(2): 216-219.

กรมวิชาการเกษตร