รายงานโครงการวิจัย

การศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองและถั่วเขียว ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

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

หัวหน้าโครงการวิจัย

วนิดา โนบรรเทา

Wanida Nobuntou

พ.ศ. 2563

กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

การศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองและถั่วเขียว ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

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

หัวหน้าโครงการวิจัย

วนิดา โนบรรเทา

Wanida Nobuntou

พ.ศ. 2563

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
คณะผู้วิจัย	2
บทนำ	3
บทคัดย่อ	5
กิจกรรมที่ 1 การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	8
กิจกรรมที่ 2 การจัดการน้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยในพื้นที่ปลูกอ้อย	57
กิจกรรมที่ 3 การจัดการดิน ปุ๋ยและระบบปลูกพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง	80
กิจกรรมที่ 4 การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว	115
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	134
บรรณานุกรม	136

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยการศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองและถั่วเขียว ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก Dr. Naruo Matsumoto นักวิจัยจาก Japan International Research Center for Agricultural Sciences ที่ได้ถ่ายทอดความรู้งานวิจัยด้านการกักเก็บคาร์บอนในดิน ตลอดจนวิธีการคำนวณต่าง ๆ ให้แก่คณะนักวิจัยที่อยู่ภายใต้โครงการวิจัยนี้ คณะนักวิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริง และความทุ่มเทของ Dr. Matsumoto และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ พี่ๆนักวิจัยอาวุโสทั้งหลายที่ได้บุกเบิก และริเริ่มทำงานวิจัยด้านแปลงทดลองระยะยาวจากอดีตรุ่นต่อรุ่น จนมาถึงปัจจุบันรวมระยะเวลามากกว่า 40 ปี ซึ่งงานศึกษาวิจัยในแปลงทดลองระยะยาวเป็นประโยชน์อย่างมากทางด้านวิชาการ และเป็นข้อมูลที่ใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเคมีดิน กายภาพดิน และทางชีวภาพดินได้เป็นอย่างดี ซึ่งใช้เป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อให้การผลิตพืชมีความยั่งยืน และไม่ทำลายทรัพยากรดิน

ขอบคุณผู้ปฏิบัติงานดูแลแปลงทดลองแต่ละแห่ง และพนักงานราชการทุกท่าน ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ดิน วิเคราะห์พืช ตลอดจนดักจับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลง จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้าย คณะผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจนำไปพัฒนางานวิจัยต่อไป สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น คณะนักวิจัยขอน้อมรับผิด และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนะจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา

คณะผู้วิจัย

มีนาคม 2564

กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้วิจัย

วนิดา โนบรรเทา [1]
Wanida Nobuntou

การิตา จงเจือกลาง [2]
Karita Chongchuaklang

พัชรินทร์ นามวงษ์ [1]
Patcharin Namwong

วัลลีย์ อมรพล [3]
Wanlee Amonpon

ชยันต์ ภักดีไทย [4]
Chayan Pakdeethai

เนติรัฐ ชุมสุวรรณ [4]
Netirat Chumsuwan

พรพรรณ สุทธิแย้ม [5]
Pornparn Suddhiyam

จิราลักษณ์ ภูมิไธสง [6]
Jiraluck Phoomthaisong

เพชรลดา นวลตาล [6]
Phetrada Nualtan

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี [1]
Suphakarn Luanmanee

นงลักษ์ ปั้นลาย [7]
Nongluck Punlai

สมฤทัย ตันเจริญ [1]
Somrutai Tancharoen

แววตา พลกุล [1]
Waewta Polkul

ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ [1]
Nuttapong Srisombut

รมิดา ขันตรีกรม [1]
Ramida Kantrikrom

กิตจเมธ แจ้งศิริกุล [1]
Kitjamate Jangsirikul

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ [1]
Bhannapitch Samrit

สมควร คล้องช้าง [1]
Somkuan Klongchang

ศรีสุดา ทิพยรักษ์ [4]
Srisuda Thippayarugs

ดาวรุ่ง คงเทียน [2]
Daorung Kongtien

นภาพร คำนวณทิพย์ [5]
Napaporn Cumnuantip

วลัยรัตน์ แป้นแก้ว [6]
Wilairat Pankaw

เชาวนาถ พฤทธิเทพ [6]
Chaowanart Phruetthithep

สุมนา งามผ่องใส [6]
Sumana Ngampongsai

ชูชาติ บุญศักดิ์ [6]
Choochat Bunsak

อนันต์ ทองภู [1]
Anan Thongphoo

[1] กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
Soil Science Research Group, Agricultural Production Sciences Research and Development Division

[2] ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
Rayong Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute

[4] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
Khon Kaen Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute

[5] ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
Chaing Mai Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute

[6] ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
Chainat Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute

[7] ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช
Lopburi Seed Research and Development Center, Seed Research and Development Division

กรมวิชาการเกษตร

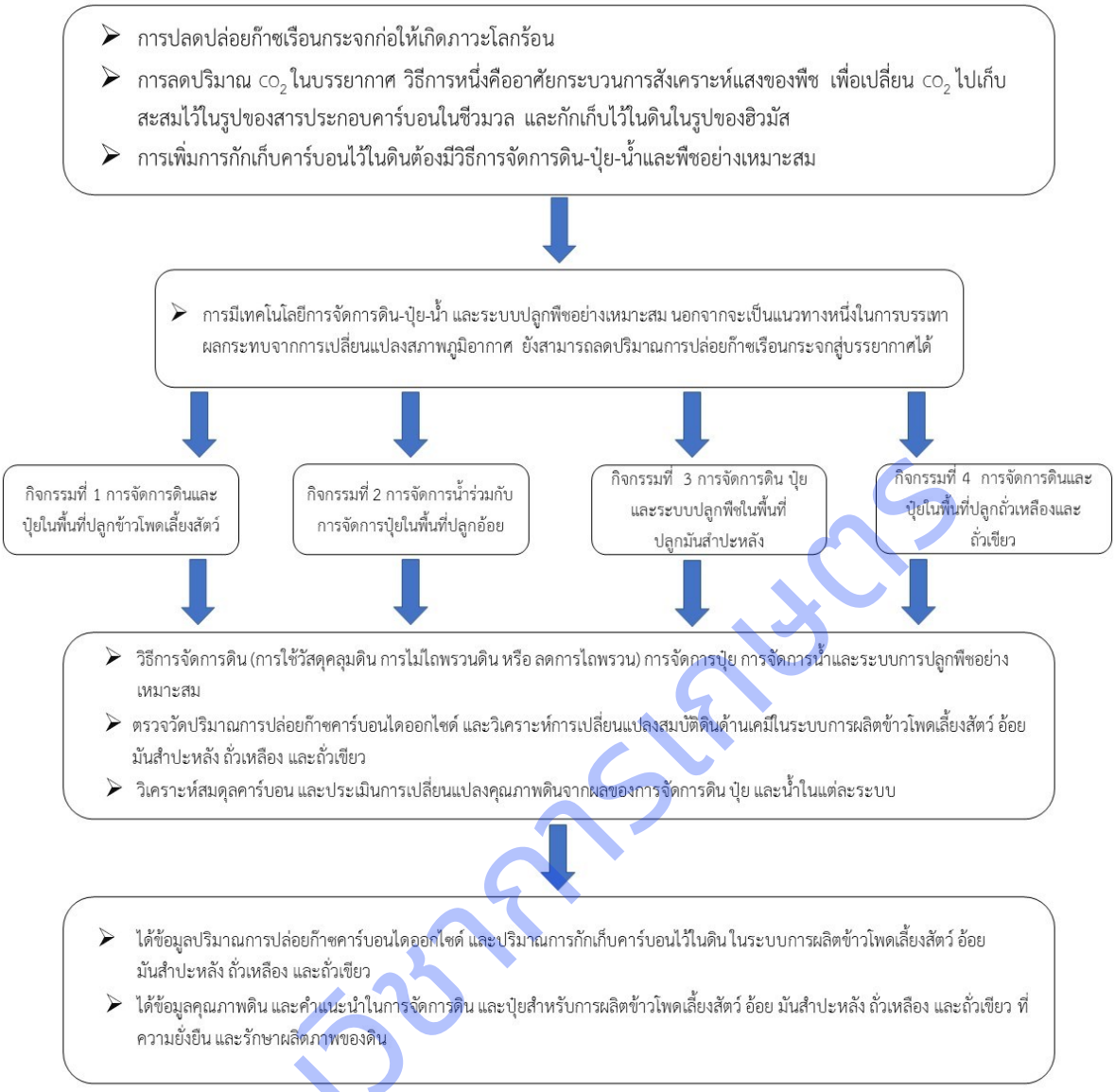
บทนำ

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 ดังแสดงตาม Flow chart 1

กรมวิชาการเกษตร



Flow chart 1 Research methodology of the project

กรมวิชาการเกษตร

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

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

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 strategies for alleviate 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 of 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 different in CO_2 emissions from 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 cultivation system. Applying chicken manure or chemical fertilizers application based on soil analysis combined with chicken manure has produced more CO_2 emission. And lablab bean cultivation after maize harvest has increase 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 growing season. CO_2 emissions from soil surface in 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 aapplying 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 soil. Whereas, cassava intercropping with mung bean and application of filter cake at 1 t rai^{-1} was an effective in increasing SOC. It was also found that fertilizer management had a greater effect on CO_2 emissions from soil surface than cultivation system.

The effect of soil management and various types of fertilizers in soybean and mung bean cultivation in upland condition. 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, increase

the efficiency of SOC storage. It was also found that different soil and fertilizer management types in soybean and mung bean cultivation systems showed no different amount of CO_2 emission from soil surface.

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การจัดการดิน และปุ๋ยที่เหมาะสม ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิต และมวลชีวภาพสูง นั่นหมายถึงพืชมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนออกไซด์จากบรรยากาศในปริมาณมาก และนำมากักเก็บไว้ในส่วนต่างๆของพืชสูงเช่นกัน ดังนั้นหากมีการไถกลบเศษซากพืชลงดิน คาร์บอนในเศษซากพืชที่ย่อยสลายจะถูกกักเก็บไว้ในดิน จึงเป็นวิธีการกักเก็บคาร์บอน)carbon storage) ในพื้นที่เกษตร ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่หลายประเทศนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และรักษาคุณภาพดินเพื่อการผลิตพืชที่ยั่งยืน

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดิน คาร์บอนในปุ๋ยอินทรีย์จะถูกย่อยสลายและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ และเมื่อมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงขึ้น เนื่องจากปุ๋ยเคมีไปเร่งอัตราการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เป็นการเติมปริมาณอินทรีย์คาร์บอนให้แก่ดินได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ทำให้ดินมีการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้น หรือมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของดินด้านต่างๆดีขึ้น

การผลิตพืชโดยไม่ใส่ปุ๋ยใดๆ เลย แม้ว่าจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ แต่เมื่อคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยน้ำหนักของผลผลิตกลับพบว่า การผลิตพืชโดยไม่ใส่ปุ๋ยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตในปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงดิน ดังนั้นเพื่อเพิ่มความมั่นคงด้านอาหาร และการลดผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ ควรแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน

การจัดการน้ำมีผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน โดยพื้นที่ที่มีการให้น้ำอย่างเหมาะสมสามารถลดอุณหภูมิดินลงได้ จึงทำให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินลดลง อย่างไรก็ตามการจัดการน้ำเพื่อให้ดินมีความชื้นที่เหมาะสมส่งผลให้วัสดุอินทรีย์หรือปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่มีการสลายตัวได้ดีขึ้น จึงทำให้มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นได้

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยภายใต้โครงการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจาณาถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่เพาะปลูกของประเทศไทย ที่มีระบบการผลิตพืชและสภาพแวดล้อมหรือการจัดการดินและปุ๋ย ที่มีสภาพใกล้เคียงกับงานวิจัยของโครงการนี้ได้

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าอัตราการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดจากเศษซาก หรือวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินต่ออัตราการเปลี่ยนไปเป็นอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินต่ำ จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ช่วยอธิบายได้ว่าทำไมดินในเขตร้อนถึงมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ ดังนั้นการใส่วัสดุอินทรีย์ หรือปุ๋ยอินทรีย์ในดินเขตร้อนจึงจำเป็นต้องใส่ในปริมาณที่มากกว่าอัตราการย่อยสลาย เพื่อไม่ให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงไปเรื่อยๆ

การวิจัยการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานในการติดตามการเปลี่ยนแปลง ซึ่งตามหลักเกณฑ์ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) การติดตามการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินไร่ ต้องใช้เวลาอย่างน้อยถึง 20 ปีถึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ดังนั้นงานวิจัยด้านนี้ควรศึกษาในแปลงทดลองระยะยาว ซึ่งกรมวิชการเกษตรมีแปลงทดลองระยะยาวกระจายอยู่ในหลายพื้นที่ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

นครราชสีมา และศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี และได้ดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการดิน ปุ๋ย เศษซากพืช และระบบปลูกพืช ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่าง ๆ ของดินมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยในแปลงทดลองระยะยาวเหล่านี้มีคุณค่าทางวิชาการ และเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับเป็นข้อมูลนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงบำรุงดิน จึงเห็นควรให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในแปลงทดลองระยะอย่างต่อเนื่อง

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 1

การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Soil and Fertilizer Management in Maize Cultivation Areas

ชื่อผู้วิจัย

วนิดา โนบรรเทา การิตา จงเจือกลาง พัชรินทร์ นามวงษ์ นงลักษ์ ปั้นลาย
แววตา พลกุล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ณัฐพงษ์ ศรีสมบัติ รมิดา ขันตรีกรม
กิตจเมธ แจ้งศิริกุล ดาวรุ่ง คงเทียน บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ อนันต์ ทองภู

Wanida Nobuntou Karita Chongchuaklang Patcharin Namwong Nongluck Punlai
Waewta Polkul Suphakarn Luanmanee Nuttapong Srisombat Ramida Kantrikrom
Kitjamate Jangsirikul Daorung Kongtien Bhannapitch Samrit Anan Tongpu

คำสำคัญ (Key words)

การกักเก็บคาร์บอน อินทรีย์คาร์บอนในดิน คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเรือนกระจก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
Carbon Sequestration, Soil organic carbon, Carbon dioxide, Greenhouse gas, Maize

บทคัดย่อ

การจัดการดิน และปุ๋ยมีผลต่ออัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน จึงได้ศึกษาผลของการจัดการดิน และปุ๋ยเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแปลงทดลองระยะยาวที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนปนทราย (ชุดดินวังสะพุง) ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี จังหวัดลพบุรี ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ และที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ พบว่า การใช้ฟางข้าวคลุมดิน การไถพรวน และการใช้ปุ๋ยเคมี ไม่ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินแตกต่างกันเฉลี่ย 3.3 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี แต่ส่งเสริมให้ข้าวโพดดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ 2.2- 2.6 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี การใช้ฟางข้าวคลุมดินเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน (3.0 ตัน C ต่อไร่) ได้มากกว่าการไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ (2.5 ตัน C ต่อไร่) แต่อัตราการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินกลับลดลง เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดที่ใส่ลงไปในดินจากเศษซากพืชต่อการเปลี่ยนไปเป็นอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินไม่เพิ่มขึ้น ส่วนการสะสมและการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินจากการไถพรวน ไม่แตกต่างจากการไม่ไถพรวน สำหรับการทดลองในดินร่วนเหนียว (ชุดดินสมอทอด) ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ พบว่า การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าระบบการปลูกพืช โดยการใส่มูลไก่ หรือใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลไก่ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.05 และ 2.18 กิโลกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยเพียง 1.84 กิโลกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี ระบบปลูกถั่วแปบเป็นพืชตามหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด ทำให้ดินมีการสะสม

กรมวิชาการเกษตร

อินทรีย์คาร์บอนสูงขึ้นกว่าระบบปลูกข้าวฟ่าง และถั่วเขียวเป็นพืชตาม นอกจากนี้การใส่มูลไก่ สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ ซึ่งส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และมีศักยภาพในการผลิตพืชได้อย่างยั่งยืน

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

Soil and fertilizer management affects the rate of carbon storage in the soil. Therefore, the effects of soil management and fertilizers were studied to monitor the changes of organic carbon in the soil and greenhouse gas emissions in long-term experimental site where maize is grown in sandy loam soil (Wang Saphung soil series) at the Lopburi Plant Seed Research, at Nakhon Sawan Field Crops Research and Development center and at the National Corn and Sorghum Research Center. The results showed that carbon dioxide (CO_2) emissions from the soil surface in rice straw mulch, tillage and chemical fertilizer application did not differ with an average of 3.3 t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$, but increasing maize to absorb CO_2 from the atmosphere from 2.2 to 2.6 t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$. Rice straw mulch increase soil carbon stock 3.0 t C rai^{-1} was greater than without organic materials (2.5 t C rai^{-1}), but the rate of organic carbon accumulation in soil was lower. Whereas SOC stock change in tillage did not differ from that in no-till. For the experiment in clay loam soil (Samo Thod soil series) at Nakhon Sawan Field Crops Research Center found that fertilizer management had a greater effect on CO_2 emission from soil surface than cropping system. It was found that applying chicken manure or chemical fertilizers application with chicken manure had an average CO_2 emission of 2.05 and 2.18 kg CO_2 m^{-2} $year^{-1}$, respectively. While chemical fertilizers were applied according to soil analysis had an average CO_2 emission only 1.84 kg CO_2 m^{-2} $year^{-1}$. For lablab bean cultivation system after maize harvest has increase higher soil organic carbon accumulation that sorghum and mung bean cultivation system. In addition, application of chicken manure able to maintain organic carbon in soil which consequent to kept fertile soil and potential for sustainable crop production.

บทนำ (Introduction)

ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เพิ่มสูงขึ้นในชั้นบรรยากาศ ได้ส่งผลให้สภาพภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไป เกิดสภาพอากาศที่รุนแรง เช่นอุณหภูมิที่ร้อนจัด ฝนตกอย่างหนัก และความแห้งแล้ง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจส่งผลเสียต่อการผลิตอาหาร และสุขภาพของมนุษย์ การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศลงในดิน ด้วยวิธีการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน (soil carbon sequestration) จึงเป็นกลยุทธ์หนึ่งในการช่วยชลอการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPPC, 2014)

ในการกระบวนการผลิตพืช มีแนวทางการจัดการดินหลายๆ วิธี เช่นการลดการไถพรวน การไม่ไถพรวน การปลูกพืชคลุมดิน การจัดการธาตุอาหารพืช การใช้วัสดุอินทรีย์ การจัดการน้ำในดิน และระบบ วนเกษตร สามารถเพิ่มปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินได้ (Lal, 2003) ซึ่งเกือบทั่วโลกได้มีการทดลองศึกษาถึงผลของการจัดการดินแบบต่างๆต่อการเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอนในดิน Jarecki and Lal (2003) ได้รวบรวมและสังเคราะห์ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอนในดิน และพบว่าการใส่อินทรียวัตถุลงไปในดินเป็นเวลามากกว่า 5-

กรมวิชาการเกษตร

90 ปี เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินหรือกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ 0.005-0.67 ตัน C ต่อไร่ต่อปี ส่วนการไม่ไถพรวนหรือลดการไถพรวน เป็นเวลา 3-44 ปี เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินเพียง -0.032-0.096 ตัน C ต่อไร่ต่อปี และการทิ้งเศษซากพืชไว้ในพื้นที่เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน 0.016-0.176 ตัน C ต่อไร่ต่อปี นั่นแสดงว่ามีเพียง 15 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนในเศษซากพืชที่เปลี่ยนไปเป็นอินทรีย์คาร์บอนกักเก็บไว้ในดิน ด้าน Minasny *et al.* (2017) ได้สำรวจกรณีศึกษาเกี่ยวกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน และศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในดินจาก 20 ภูมิภาคทั่วโลก พบว่าการใส่อินทรียวัตถุลงดินเป็นเวลามากกว่า 3-50 ปี ในพื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณของการกักเก็บคาร์บอนในดินเท่ากับ 0.016-0.16 ตัน C ต่อไร่ต่อปี ส่วนการไม่ไถพรวน หรือลดการไถพรวนเป็นระยะเวลา 4-42 ปี มีการกักเก็บคาร์บอนในดินเพียง 0.0-0.08 ตัน C ต่อไร่ต่อปี และการใช้ปุ๋ยเคมี (NPK) สามารถกักเก็บคาร์บอนในดินได้ 0.032-0.112 ตัน C ต่อไร่ต่อปี แต่อย่างไรก็ตามงานศึกษาวิจัยดังกล่าวส่วนมากทำการศึกษาในเขตอบอุ่นที่มีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างจากเขตร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับ Fujisaki *et al.* (2018) ที่ได้รวบรวมผลการศึกษาวิจัยจาก 214 กรณีศึกษาในภูมิภาคเขตร้อน 13 ประเทศ พบว่าการใส่อินทรียวัตถุลงดินเป็นเวลา 18.2 ปี เพิ่มการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินเขตร้อนได้ 0.072 ตัน C ต่อไร่ต่อปี ส่วนการลดการไถพรวน 12 ปี มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดิน 0.051 ตัน C ต่อไร่ต่อปี และการใช้ปุ๋ยเคมีมากกว่า 17.2 ปีเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน 0.038 ตัน C ต่อไร่ต่อปี ซึ่งจะเห็นว่าอัตราการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินเขตร้อนต่ำกว่าในดินเขตอบอุ่นมาก นักวิจัยทั้งหลายจึงได้แนะนำให้มีการตรวจสอบ และศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสะสมของคาร์บอนในดิน โดยต้องพิจารณาถึงความแปรปรวนของอัตราการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินภายใต้ระบบการจัดการดินที่แตกต่างกัน ซึ่งจะสามารถช่วยอธิบายได้ว่าอะไรเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินเขตร้อน

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปีการเพาะปลูก 2562/63 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 7.024 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564 ข) ซึ่งหากสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช จึงเป็นการช่วยบรรเทาการเกิดภาวะโลกร้อน และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองศึกษาในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่ปี 2560 ถึงปี เพื่อ 2563ศึกษาถึงผลของการใช้วัสดุอินทรีย์ การไถพรวน การไม่ไถพรวน และการใช้ปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน และคุณภาพดินในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีการวิจัย

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 กรรมวิธีดังแสดงใน Table 1

สวนวิทยาศาสตร์

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

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

Table 1 Field experiment treatments from October 2017 to September 2020

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

Note: 1) Chemical fertilizer was applied at15 -5- 5kg N-P_2O-$_5K_2O$ / 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

1.2 ศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. นครสวรรค์

กรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการในแปลงทดลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะยาว ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ดำเนินการทดลองมาตั้งแต่ปี พมีระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยแตกต่างกัน โดยระบบปลูกพืชมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืช 2524 .ศ. หลัก และปลูกพืชตามหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดำเนินการในลักษณะแปลงทดลองกึ่งสาธิต ไม่มีซ้ำ ระบบ ที่มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลัก และปลู 3 ประกอบด้วยระบบปลูกพืชกพืชตามหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 1) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์2 ข้าวฟ่าง-) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์3 ถั่วเขียว-) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ถั่วแปบ- ในแต่ละระบบปลูกพืชมีการจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วิธี คือ 4 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 10-5- กิโลกรัม 5N-P_2O_2-K_2O ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบ อัตรา 1,4 กิโลกรัมต่อไร่ 000) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 10-5- กิโลกรัม 5N-P_2O_2-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบ อัตรา 1,กิโลกรัมต่อ 000 ไร่ประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆดังนี้

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)

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

กรมวิชาการเกษตร

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 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ใส่ในขวดแก้วที่มีความสูง 0.105 เมตร วางขวดแก้วที่บรรจุโซเดียมไฮดรอกไซด์ฐานรองที่มีความสูงจากพื้นประมาณ 0.05 เมตร จากนั้นครอบด้วยถังพลาสติกหุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์สูง 0.20 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 0.0283 ตารางเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Figure 1) 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

กรมวิชาการเกษตร

ประเมินคุณภาพดินโดยนำผลการวิเคราะห์ดิน รายการคือ ร้อยละปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณ 3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน มาใช้เป็นเกณฑ์สำหรับประเมินคุณภาพดินหรือสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ด้วยวิธีให้คะแนน รวมผลคะแนนจากค่าวิเคราะห์ดินทั้ง 3 รายการ แล้วให้เกณฑ์การประเมินคุณภาพดินเป็น ระดับสูง ระดับปานกลาง และ ระดับต่ำ ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Soil quality classification criteria

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

Source: modified from Land Development Department (2558)

Note: Soil quality criteria using 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

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

6. การบันทึกข้อมูล

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

เวลาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

เวลาดำเนินการวิจัย	เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2560 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2563
สถานที่ดำเนินการวิจัย	กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี
	ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

1.1 ศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. ลพบุรี

1) สภาพภูมิอากาศ

การทดลองครั้งนี้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี โดยใน 3 รวม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2560 1459 มีปริมาณน้ำฝนรวมมากสุด 2560 ปี. 1007 มีปริมาณน้ำฝนรวมน้อยสุด 2562 มิลลิเมตร และในปี 4 ต่ำสุดในแต่ละปีไม่แตกต่างกัน-มิลลิเมตร ส่วนอุณหภูมิสูงสุดมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ 36.องศาเซลเซียส และ 9 22 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่. องศาเซลเซียส 2(Figure 2)

2) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

จากผลการศึกษาวิธีการจัดการดิน และปุ๋ยที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน เช่น ฟางข้าว (Rice straw mulch) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 556.4 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการไม่คลุมดินด้วยวัสดุอินทรีย์ (NoOM) ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตเฉลี่ย 450.6 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3) 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 (Figure 1) ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดในปีดังกล่าวต่ำ ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ยทั้ง 4 ฤดูปลูกต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของจังหวัดลพบุรี ดังนั้นหากต้องการให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดี นอกจากมีการไถพรวนดิน และใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมแล้ว ควรใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดินร่วมด้วยเพื่อช่วยรักษาความชื้นของดิน และเมื่อวัสดุอินทรีย์ที่ใช้คลุมดินมีการย่อยสลายยังเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินอีกทางหนึ่ง

ผลผลิตของถั่วเขียวที่ปลูกเป็นพืชตามหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีหรือวัสดุอินทรีย์ใดๆ อาศัยผลตกค้างจากการจัดการดินและปุ๋ยในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ผลตกค้างจากวัสดุอินทรีย์คลุมดิน (Rice straw) ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 60 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 140.7 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการไม่ใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน (NoOM) ที่ถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ย 112.3 กิโลกรัมต่อไร่

กรมวิชาการเกษตร

(Table 4) ส่วนการไถพรวน (Till) และไม่ไถพรวน (No-till) ถั่วเขียวให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันผลผลิตเฉลี่ย 122.5-130.6 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ผลตกค้างของปุ๋ยเคมีส่งผลให้ถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่า (140 กิโลกรัมต่อไร่) การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีที่ถั่วเขียวให้ผลผลิตเพียง 113 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าถึงแม้ ถั่วเขียวมีจุลินทรีย์ที่ปมรากซึ่งช่วยในการดูดซับก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศ และเปลี่ยนเป็นแหล่งไนโตรเจนให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ แต่ยังมีความจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของถั่วเขียวในระยะแรก จาก Table 4 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 (Table 5) 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 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับ Matsumoto *et al.* (2008) ที่รายงานว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่มีการไถพรวนให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย (469 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) ต่ำกว่าการปลูกแบบไถพรวนปกติที่ให้ผลลผิตน้ำหนักแห้งสูงถึง 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) ที่ให้ผล

กรมวิชาการเกษตร

ผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 878.1 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี จากข้อมูลผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า หากมีการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสม 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 (Table 6) 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 ต่อกิโลกรัม มากกว่าการจัดการดินแบบไถพรวน (Till) หรือการใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน 7.58 กรัม C ต่อกิโลกรัม และ 7.46 กรัม C ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 7) แต่เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงและการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC stock change) ตั้งแต่ปี 2560 ถึงเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี 2563 จะเห็นมีค่าติดลบทุกกรรมวิธี และการใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดินอย่างฟางข้าว (Rice straw) มีแนวโน้มทำให้การสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงมากกว่าการจัดการดินแบบไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย นั่นแสดงว่า การใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดินเช่นฟางข้าวไม่ได้มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนซึ่งเป็นองค์ประกอบในฟางข้าวให้ไปเป็นอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดิน ดังนั้นจากผลการ

กรมวิชาการเกษตร

ทดลองการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินจากการใช้ฟางข้าวนั้นจึงมาจากอินทรีย์คาร์บอนในฟางข้าวที่มีปริมาณที่สูงเท่านั้น และการใช้ปุ๋ยเคมีอาจเป็นการเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง

5) ผลของการจัดการดิน และปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

จากการติดตามการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2560 ถึง เดือนพฤษภาคม 2563 รวม 3 ปี (Figure 3 A) 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 (Table 8) ส่วนการไถพรวน (Till) และไม่ไถพรวน (No-till) มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินไม่แตกต่างกันเฉลี่ย 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 เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Figure 3A) และความชื้นในดิน (Figure 3B) จะเห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์กัน ในช่วงทีดินมีความชื้นเหมาะสม จะทำให้เกิดการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ต่างๆในดิน โดยผ่านกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ดี ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ยังขึ้นอยู่กับการหายใจของรากพืช ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงที่ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเต็มที่ จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงขึ้นเช่นกัน (Figure 3 A)

6) ผลของการจัดการดิน และปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

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 (Table 9)

กรมวิชาการเกษตร

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 (Table 10) 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 การหมุนเวียนของอินทรีย์คาร์บอนที่เกิดขึ้นเร็วส่งผลให้การเพิ่มของอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำหรือไม่เพิ่มขึ้นเลยถึงแม้จะมีอินทรีย์คาร์บอนใส่ลงไปในดินในปริมาณที่มากก็ตาม

เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเปลี่ยนของอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (total C input) ที่ใส่ลงไปในดินต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนที่กักเก็บในดิน (change of SOC stock) การใช้ฟางข้าวคลุมดิน (rice straw mulch) และไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ (NoOM) มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เป็นลบ คือ -0.077 และ -0.152 ตามลำดับ (Table 10) 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 ปริมาณวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินควรมากกว่า

กรมวิชาการเกษตร

อัตราการสลายตัว (ยงยุทธ, 2557) เนื่องจากอินทรียวัตถุมีการย่อยสลายตามธรรมชาติ หากปริมาณอินทรียวัตถุที่สลายไปจากการใช้ดินในการปลูกพืชแต่ละปีสูงกว่าปริมาณเศษซากที่กลับคืนลงไปทดแทน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ

จากการวิเคราะห์สมดุลคาร์บอน (annual carbon balance) ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่ามีค่าติดลบ (Table 10) คือคาร์บอนสูญหายออกไปจากพื้นที่มากกว่าถูกกักเก็บไว้ในดิน ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (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 (Table 10) 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) แต่ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดที่ใส่คืนกลับลงไปในพื้นของกรรมวิธีไม่ไถพรวน (467 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) น้อยกว่ากรรมวิธีการไถพรวน (649 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี) นอกจากนี้การไถพรวนยังเป็นการพรวนกลบเศษวัสดุอินทรีย์ลงไปในดิน ซึ่งแตกต่างจากการไม่ไถพรวนที่เศษซากวัสดุอินทรีย์ยังไว้ไว้บนผิวดิน ซึ่งจากรายงานของ Shirato *et al.* (2005) ครึ่งหนึ่งของเศษซากวัสดุอินทรีย์ที่คืนกลับในพื้นที่โดยเฉพาะในภูมิภาคเขตร้อนจะถูกปลวกทำลาย

ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมี (Chem) และไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (0-0-0) ไม่ส่งผลให้ปริมาณการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินแตกต่างกัน (Table 10) โดยมีอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ย 2.74-2.78 ตัน C ต่อไร่ ถึงแม้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพด และทำให้มีอินทรีย์คาร์บอนจากเศษซากพืชคืนกลับลงดินใน

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณมากกว่า (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) ซึ่งการลดลงของอัตราการกักเก็บคาร์บอนในการทดลองครั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากกาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีไปเพิ่มมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในดิน 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 (Figure 4 A B and C) ทั้งนี้เนื่องจากอินทรียวัตถุมีการย่อยสลายตามธรรมชาติ 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 แต่หากมีการใช้ฟางข้าวคลุมดินร่วม

กรมวิชาการเกษตร

ด้วย (Rice straw) จะเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินได้เฉลี่ย 44.9-48.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ปริมาณการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสในดินในแต่ละปีไม่ได้เพิ่มมากขึ้นแตกต่างกัน (Figure 5 A B and C) 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 (Figure 6 A B and C) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะโพแทศเซียมเป็นธาตุที่มีการสูญหายไปกับการชะล้างและการกร่อนของดินได้ง่าย นอกจากนี้พืชยังมีการดูดใช้โพแทสเซียมในลักษณะที่ฟุ่มเฟือย และนำไปเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อต่างๆจนเกินระดับเพียงพอ 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 (Figure 7 A B and C)

ระดับคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

จากผลการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นแปลงทดลองระยะยาว พบว่า ดินมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง หรือดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดังกล่าวมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง (Table 11) ทั้งนี้เนื่องมาจากดินในพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำมาก แม้จะมีปริมาณธาตุอาหารพืชอย่างเช่น ฟอสฟอรัส หรือโพแทสเซียมสูงก็ตาม เนื่องจากอินทรียวัตถุมีการย่อยสลายตามธรรมชาติ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ ดังนั้นปริมาณสารอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินควรมากกว่าอัตราการสลายตัว ทั้งนี้เพื่อให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อินทรียวัตถุยังเป็นแหล่งสำรองของธาตุอาหารพืชในดิน จึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน และมีบทบาทสำคัญในการควบคุมสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในดิน

1.2 ศึกษาการจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. นครสวรรค์

1) สภาพภูมิอากาศตลอดฤดูปลูก

ในฤดูปลูกปี 2560 ปลูกข้าวโพดวันที่ 15 พฤษภาคม 2560 ฝนมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก (Figure 8) และมีปริมาณฝนรวมตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าวโพดเท่ากับ 909 มิลลิเมตร ทำให้ข้าวโพดได้รับน้ำเพียงพอตลอดฤดูปลูก หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดในวันที่ 10 กันยายน 2560 ได้ดำเนินการปลูก

กรมวิชาการเกษตร

ข้าวฟ่าง 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 (Figure 9) 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 (Figure 10) ซึ่งตรงกับช่วงที่ข้าวโพดออกดอก ทำให้ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวโพด หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดในวันที่ 4 กันยายน 2562 ได้ดำเนินการปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วแปบ โดยไม่มีการไถเตรียมดิน ในวันที่ 26 กันยายน 2562 โดยหลังจากปลูกพืชตามจนถึงวันเก็บเกี่ยวในวันที่ 8 มกราคม 2563 มีฝนตกค่อนข้างน้อย ส่งผลกระทบต่อผลผลิตพืชตามเช่นเดียวกับฤดูปลูกปี 2561 และ 2562

ในฤดูปลูกปี 2563 ปลูกข้าวโพดวันที่ 8 มิถุนายน 2563 โดยในฤดูปลูกดังกล่าวเกิดสภาวะแห้งแล้งยาวนาน (Figure 11) 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 (Table 12) แต่ทั้งนี้พบว่าข้าวโพดให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำในปี 2562 และ 2563 ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพอากาศที่แล้งยาวนาน (Figure 11) 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 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตสูงกว่าทุกกรรมวิธี แต่ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมี 10-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ โดยทุกกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ เนื่องจากในฤดูปลูกดังกล่าวมีสภาพแห้งแล้ง และฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลายาวนาน (Figure 11) จึงส่งผลต่อการให้ผลผลิตของพืชตาม พบว่าตลอดฤดูปลูกพืชตามในทุกฤดูปลูกมีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างน้อย ทำให้ถั่วเขียว ข้าวฟ่างและถั่วแปบให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ (Table 13)

กรมวิชาการเกษตร

3) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

จากการศึกษาพบว่าข้าวโพดมีการสะสมคาร์บอนในส่วนของเมล็ดมากกว่าทุกส่วน รองลงมาคือสะสมไว้ในส่วนของใบและต้น ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการจัดการปุ๋ย พบว่าการใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีทำให้ข้าวโพดมีการสะสมในส่วนต่างๆ เพิ่มมากขึ้นกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย)Table 14(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 (Table 15)

5) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

จากการติดตามการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้ระบบปลูกพืชและจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวโพดที่แตกต่างกัน พบว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเกิดขึ้นมากในพื้นที่ที่มีพืชปลูก)Figure 12 13 and 14(ทั้งนี้เนื่องจากเกิดกิจกรรมของรากพืช รากพืชมีการหายใจ ก็จะการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา เมื่อสังเกตรูปแบบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับความชื้นดิน)Figure 15(พบว่ามีรูปแบบคล้ายกัน ซึ่งหากดินมีความชื้นพอเหมาะก็จะทำให้เกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน และวัสดุอินทรีย์ต่างๆ ก็จะเกิดการสลายตัว เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในระบบปลูกพืชทั้ง ระบบ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน 3โดยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.94-2. กิโลกรัม 02CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่ามีก๊าซคาร์บอนไดอออกไซด์ปลดปล่อยออกมาจากผิวดินเฉลี่ย 1. 92 กิโลกรัมCO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี สำหรับการจัดการปุ๋ย พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่ หรือการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.2 และ 05. กิโลกรัม 18CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ มากกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1. 84 1 และ. กิโลกรัม 63CO_2 ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ)Table 16(

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการให้ผลผลิตของข้าวโพดและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลับพบว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลผลิตสูงที่สุด

กรมวิชาการเกษตร

2. กิโลกรัม 15CO_2 ต่อผลผลิตข้าวโพด กิโลกรัม ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 1ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลผลิตต่ำสุด 0. กิโลกรัม 88CO_2 ต่อผลผลิตข้าวโพด 1กิโลกรัม) Table 17(

6) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

เมื่อวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ในปีที่ 36-พบว่ามีค่าติดลบทุกกรรมวิธี โดยพบว่าระบบที่ 39 กิโลกรัม 555 ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่างสูญเสียคาร์บอนมากที่สุด เฉลี่ยC ต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวฟ่างมีการสร้างชีวมวลและน้ำหนักแห้งผลผลิตมากกว่าถั่วเขียวและถั่วแปบ เมื่อนำผลผลิตออกไปจากพื้นที่จึงทำให้คาร์บอนสูญหายออกไปมากกว่าถั่วเขียวและถั่วแปบ โดยระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว และตามด้วยถั่วแปบมีการสูญเสียคาร์บอน เฉลี่ย 352 และ 371 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับผลการจัดการปุ๋ยต่อสมดุลคาร์บอนพบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ทำให้คาร์บอนสูญหายมากที่สุดเฉลี่ย 488 กิโลกรัม C ต่อไร่ รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี คาร์บอนสูญหายเฉลี่ย 461 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียวคาร์บอนสูญหายเฉลี่ย 377 และ 378 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ)Table 18)

7) ผลของจัดการปุ๋ย และระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

ในระบบที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลักและปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ เป็นพืชตาม พบว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าในระบบที่ปลูกข้าวฟ่างและถั่ว-) เขียวเป็นพืชตามเล็กน้อยFigure 16(แต่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างมากกว่า- ระบบปลูกพืช โดยพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าการจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีอื่นๆ ทั้งนี้เป็นเพราะมูลไก่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง เมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยยูเรียซึ่งให้ปฏิกิริยาเป็นด่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน จึงทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดด่างสูงขึ้น-

การปลูกข้าวโพดในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนานทำให้อินทรียวัตถุและอินทรียคาร์บอนในดินมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีสภาพอากาศร้อนชื้นการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ในดินเกิดการย่อยสลายได้มากและเร็ว จากการศึกษาในปีที่ 36-พบว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบมีค่าเฉลี่ยของ 39 อินทรียวัตถุ และอินทรียคาร์บอนสูงกว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่างและถั่วเขียว ในขณะที่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุ และอินทรียคาร์บอนในดินอย่างชัดเจนกว่าระบบปลูก โดยพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา ตันต่อไร่ 1และใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5- กิโลกรัม 5N-P_2O-$_5K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา ตันต่อไร่ 1 ดินมีอินทรียวัตถุและอินทรียคาร์บอนสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5- กิโลกรัม 5N-P_2O-$_5K_2O$ ต่อไร่เพียงอย่างเดียว และไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ)Figure 17 and1 8(ทั้งนี้เป็นเพราะการใส่ปุ๋ยมูลไก่เป็นการเติมอินทรียวัตถุให้กับดินโดยตรง และการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตดี ดังนั้นเมื่อไถกลบเศษซากข้าวโพดกลับลงไปในดินจึงเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุให้ดิน ทำให้กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีจึงมีอินทรียวัตถุสูงกว่าในดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ระบบปลูกพืชมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินน้อยมาก โดยทั้ง ระบบมีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกัน แต่ 3

กรมวิชาการเกษตร

สำหรับการจัดการปุ๋ย พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อย่างชัดเจน โดยพบว่ากรรมวิธีที่ที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5- กิโลกรัม 5N-P_2O-$_5K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา ตันต่อไร่ 1และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา ตันต่อไร่ 1ทำให้ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สะสมในปริมาณสูงกว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ)Figure1 9 and 20(สอดคล้องกับการศึกษาของ ศุภกาญจน์ และคณะ)2556(ที่ได้รายงานว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ต่อเนื่องทุกปีทำให้มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสะสมในดินในปริมาณมาก ทั้งนี้เพราะปุ๋ยมูลไก่มีฟอสฟอรัสและโพเทียสเซียมเป็นองค์ประกอบปริมาณมาก เมื่อใส่ไปในดินจึงเกินความต้องการใช้ของข้าวโพดจึงทำให้เกิดการตกค้างภายในดิน

กรมวิชาการเกษตร

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 (Table 19) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังคงมีปริมาณธาตุอาหารพืชหลักที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตได้ แต่ควรมีการปรับปรุงและรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ดินด้วยเช่นกัน

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 (Table 20)

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 (Table 21)

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 (Table 22)

3) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

จาก Table 23 แสดงปริมาณคาร์บอนในส่วนของต้น ใบ กาบฝัก เมล็ด และซัง โดยการไถพรวนทำให้มีคาร์บอนสะสมอยู่ในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รวม 1765 กิโลกรัม C ต่อไร่ คิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 6470 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ ส่วนการไม่ไถพรวนปริมาณคาร์บอนที่สะสมในส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1695 กิโลกรัม C ต่อไร่ คิดเป็นปริมาณก๊าซ

กรมวิชาการเกษตร

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดซับจากบรรยากาศ 6214 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าหากมีการไถกลบเศษซากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะสามารถคืนกลับคาร์บอนลงสู่ดินได้ถึง 940-973 กิโลกรัม C ต่อไร่

4) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

จาก Table 24 พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบไถพรวนดิน สามารถเพิ่มการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินเฉลี่ย 0.22 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี และเมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยในอัตรา 22.5-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ทำให้การกักเก็บคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นเป็น 0.66 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี ส่วนการไม่ไถพรวนทำให้คาร์บอนสูญหายไปจากดิน 0.05 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี ไม่ว่าจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยก็ตาม

5) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่ปี 2560 - 2562 แสดงใน Table 25 and Figure 21 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 (Table 26) แสดงว่าการใช้ปุ๋ยเคมีส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จึงทำให้มีชีวมวล หรือคาร์บอนที่อยู่ในชีวมวลคืนกลับในพื้นที่สูงเช่นกัน

กรมวิชาการเกษตร

7) ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการไม่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

จากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงของ pH ของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากปี 2560 ถึงปี 2562 พบว่า การปลูกแบบไถพรวนดิน มีผลทำให้ pH ของดินสูงกว่าการปลูกแบบไม่ไถพรวนดินในทุกปีการปลูก ส่วนการจัดการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ นั้น pH ของดินมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใส่เพิ่มขึ้น (Figure 22)

การเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า การปลูกแบบไถพรวนดิน มีผลทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินสูงกว่าการปลูกแบบไม่ไถพรวนดิน ซึ่งปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินของการปลูกแบบไถพรวนดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี แต่ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินของการปลูกแบบไม่ไถพรวนดินมีแนวโน้มลดขึ้น ส่วนการจัดการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ นั้น ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้น (Figure 23)

การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า การปลูกแบบไถพรวนดิน มีผลทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินสูงกว่าการปลูกแบบไม่ไถพรวนดิน แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินจากการจัดการดินนั้น มีค่าลดลงในปีที่สอง และกลับเพิ่มสูงขึ้นในปีที่สาม ส่วนการจัดการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ นั้น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้น แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินจากการจัดการดินนั้น มีค่าลดลงในปีที่สอง และกลับเพิ่มสูงขึ้นในปีที่ 3 (Figure 24)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากผลการศึกษาผลของการจัดการดิน 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 ดังนั้นเพื่อให้การใช้ที่ดินในการผลิตพืชอย่างมีประสิทธิภาพควรพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตพืชควบคู่ไปกับ

กรมวิชาการเกษตร

การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งการรักษาคุณภาพของดินให้มีความยั่งยืน เพื่อก่อให้เกิดการผลิตที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ทำลายทรัพยากรธรรมชาติ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าอัตราการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดจากเศษซาก หรือวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินต่ออัตราการเปลี่ยนไปเป็นอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินต่ำ จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ช่วยอธิบายได้ว่าทำไมดินในเขตร้อนถึงมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ ดังนั้นการใส่วัสดุอินทรีย์ หรือปุ๋ยอินทรีย์ในดินเขตร้อนจึงจำเป็นต้องใส่ในปริมาณที่มากกว่าอัตราการย่อยสลาย เพื่อไม่ให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงไปเรื่อยๆ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงพลวัตของคาร์บอนในดิน ภายใต้ระบบการปลูกที่ไม่มีการไถพรวนตามสมบัติดินที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลอย่างไรต่อพลวัตของคาร์บอนในดินเขตร้อน

กรมวิชาการเกษตร

Table 3 Maize grain yield (15% moisture) from 2017 to 2020 at Lopburi Plant Seed Research and Development Center

Treatments	Maize grain yield (kg rai $^{-1}$)				Average
	2017	2018	2019	2020	
0-0-0, NoOM, Till	332.4 cd	348.4 c	504.2 c	564.3 b	437.4 c
0-0-0, NoOM, No-till	65.9 e	95.1 d	94.6 d	168.8 c	106.1 d
0-0-0, RiceStraw, Till	501.3 bc	608.9 ab	660.8 ab	615.6 b	596.7 ab
0-0-0, RiceStraw, No-till	219.2 de	275.5 c	128.2 d	234.9 c	214.5 d
Chem, NoOM, Till	713.2 a	515.7 b	711.5 ab	843.5 a	711.1 a
Chem, NoOM, No-till	476.4 bc	527.1 b	602.3 ba	586.4 b	548.0 bc
Chem, RiceStraw, Till	569.4 ab	637.6 ab	783.5 a	899.7 a	722.5 a
Chem, RiceStraw, No-till	628.1 ab	682.9 a	601.1 bc	733.6 ab	661.4 ab
CV. (%)	24.8	17.1	13.6	16.2	14.2
NoOM	396.9	371.6	493.3	540.7	450.6
RiceStraw	479.5 ns	551.3 **	543.4 ns	620.9 *	556.4 *
No-till	347.7	370.2	356.5	430.9	382.5
Till	529.1 **	527.6 *	680.2 **	730.8 **	616.2 **
0-0-0	279.7	331.9	346.9	395.9	338.6
Chem	596.8 **	590.8 **	689.8 **	765.8 **	660.8 **

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, **: P value < 0.01, *: P value < 0.05

Table 4 Mung bean grain yield (11% moisture) from 2017 to 2019 at Lopburi Plant Seed Research and Development Center

Treatments	Mung bean grain yield (kg rai $^{-1}$)			Average
	2017	2018	2019	
0-0-0, NoOM, Till	110.2 bc	92.3 b	81.8	97.8 c
0-0-0, NoOM, No-till	104.3 c	118.7 ab	55.0	92.7 c
0-0-0, RiceStraw, Till	185.9 a	147.1 ab	64.0	132.4 ab
0-0-0, RiceStraw, No-till	180.1 ab	149.2 ab	67.5	132.3 ab
Chem, NoOM, Till	177.3 ab	132.2 ab	68.0	125.9 b
Chem, NoOM, No-till	197.9 a	127.9 ab	82.3	136.1 ab
Chem, RiceStraw, Till	183.3 a	155.2 a	71.9	136.8 ab
Chem, RiceStraw, No-till	221.7 a	151.8 a	110.9	161.5 a
CV. (%)	22.5	22.0	24.3	13.9
NoOM	147.4	117.8	71.8	112.3
RiceStraw	192.8 *	150.8 *	78.6 ns	140.7 **
No-till	176.1	136.8	78.9	130.6
Till	164.2 ns	131.7 ns	71.4 ns	122.5 ns

กรมวิชาการเกษตร

0-0-0	145.2	126.8	67.1	113.0
Chem	195.1 *	141.8 ns	83.3 ns	140.0 **

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, **: P value < 0.01, *: P value < 0.05

กรมวิชาการเกษตร

Table 5 Total dry matter production, total C content and amount of CO_2 adsorb by maize from 2017 to 2019 at Lopburi Plant Seed Research and Development Center

Treatments	Dry matter production (kg rai $^{-1}$)			Total of dry matter production	Total C content	Amount of CO_2 adsorb by plant
	Seeds	Cobs	Stems and leaves	(kg rai $^{-1}$ year $^{-1}$)	(kg C rai $^{-1}$ year $^{-1}$)	(kg CO_2 rai $^{-1}$ year $^{-1}$)
0-0-0, NoOM, Till	333.5 bc	75.7 c	637.4 d	1046.5 c	442.7 c	1623.1 c
0-0-0, NoOM, No-till	111.9 d	15.3 e	230.6 e	367.7 d	155.6 d	570.3 d
0-0-0, RiceStraw, Till	496.9 ab	98.6 b	928.3 bc	1523.7 ab	644.5 ab	2363.3 ab
0-0-0, RiceStraw, No-till	280.3 cd	37.6 d	356.4 e	674.4 d	285.2 d	1045.9 d
Chem, NoOM, Till	557.1 a	123.1 a	1079.5 ab	1759.7 a	744.3 a	2729.2 a
Chem, NoOM, No-till	443.1 abc	98.0 b	794.2 cd	1335.3 bc	564.8 bc	2071.1 bc
Chem, RiceStraw, Till	594.0 a	121.2 a	1162.1 a	1877.3 a	794.1 a	2911.7 a
Chem, RiceStraw, No-till	520.2 ab	105.1 ab	1037.1 ab	1662.4 ab	703.2 ab	2578.4 ab
CV. (%)	25.5	12.6	12.3	14.9	14.9	14.9
NoOM	361.9	78.0	685.4	1127.3	476.9	1748.4
RiceStraw	472.8 **	90.6 *	871.0 **	1434.5 **	606.8 **	2224.8 **
No-till	341.4	64.0	604.6	1009.9	427.2	1566.5
Till	495.4 **	104.6 **	951.8 **	1551.8 **	656.4 **	2406.8 **
0-0-0	308.1	56.8	538.2	878.1	382.0	1400.7
Chem	528.6 **	111.9 **	1018.2 **	1658.7 **	701.6 **	2572.5 **

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, **: P value < 0.01, *: P value < 0.05

กรมวิชาการเกษตร

Table 6 Total dry matter production, total C content and amount of CO_2 adsorb by mung bean from 2017 to 2019 at Lopburi Plant Seed Research and Development Center

Treatments	Dry matter production (kg rai $^{-1}$)			Total of dry matter production	Total C content	Amount of CO_2 adsorb by plant
	Seeds	Cobs	Stems and leaves	(kg rai $^{-1}$ year $^{-1}$)	(kg C rai $^{-1}$ year $^{-1}$)	(kg CO_2 rai $^{-1}$ year $^{-1}$)
0-0-0, NoOM, Till	108.7 bc	56.2 ab	123.9 ab	288.7 bc	122.1 bc	447.8 bc
0-0-0, NoOM, No-till	90.5 c	44.3 b	98.8 b	232.5 c	98.4 c	360.6 c
0-0-0, RiceStraw, Till	168.1 a	63.6 a	156.0 a	387.6 ab	163.9 ab	601.2 ab
0-0-0, RiceStraw, No-till	151.2 ab	61.9 ab	126.4 ab	339.5	143.6 ab	526.5 ab
Chem, NoOM, Till	158.4 ab	67.6 a	153.4 a	379.3 ab	160.5 ab	588.3 ab
Chem, NoOM, No-till	162.3 ab	52.9 ab	115.4 ab	330.6 ab	139.9 ab	512.8 ab
Chem, RiceStraw, Till	176.0 a	66.0 a	164.2 a	406.2 a	171.8 a	630.1 a
Chem, RiceStraw, No-till	174.8 a	61.5 ab	157.0 a	398.8 a	168.7 a	618.6 a
CV. (%)	20.4	15.9	18.4	15.3	15.3	15.3
NoOM	129.9	55.5	122.3	307.8	130.2	477.4
RiceStraw	167.5 *	63.3 *	150.9 *	383.0 **	162.0 **	594.1 **
No-till	134.4	55.2	124.2	325.3	137.6	504.6
Till	152.8 ns	63.3 ns	149.4 *	365.5 ns	154.6 ns	566.8 ns
0-0-0	129.6	56.5	126.0	285.9	132.0	446.5
Chem	167.9 **	62.1 ns	147.4 *	378.7 **	160.2 *	587.4 *

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, **: P value < 0.01, *: P value < 0.05

กรมวิชาการเกษตร

Table 7 Soil organic carbon (SOC) from before the start of the experiment (2017) to 3 years later (2020) and carbon stock in soil in 0-15 cm soil depth at Lopburi Plant Seed Research and Development Center

Treatments	Av. SOC start (g C kg^{-1})	Av. SOC content [1/] (g C kg^{-1})	Change of SOC content (g C kg^{-1} $year^{-1}$)
0-0-0, NoOM, Till	6.69 ± 0.31	6.92 bc	-0.13
0-0-0, NoOM, No-till	6.67 ± 0.30	6.67 c	-0.15
0-0-0, RiceStraw, Till	8.31 ± 0.43	8.43 a	0.08
0-0-0, RiceStraw, No-till	7.92 ± 0.24	7.68 abc	-0.16
Chem, NoOM, Till	6.74 ± 0.14	6.84 bc	-0.12
Chem, NoOM, No-till	6.73 ± 0.81	6.84 bc	-0.09
Chem, RiceStraw, Till	8.10 ± 0.82	8.15 ab	-0.25
Chem, RiceStraw, No-till	8.18 ± 0.93	8.02 ab	-0.24
CV. (%)	-	9.3	-
NoOM	6.58 ± 0.03	6.82	-0.12
Rice straw	8.13 ± 0.16	8.07 **	-0.14 ns
No-till	7.37 ± 0.78	7.30	-0.16
Till	7.46 ± 0.87	7.58 ns	-0.11 ns
0-0-0	7.40 ± 0.84	7.42	-0.09
Chem	7.44 ± 0.81	7.46 ns	-0.18 ns

Note: [1/] average data from 3 years

Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, **: significantly P value < 0.01, *: significantly P value < 0.05

กรมวิชาการเกษตร

Table 8 Amount of CO_2 emission from the soil surface in maize-mung bean cultivation at Lopburi Plant Seed Research and Development Center

Treatments	CO_2 emission ($g\ CO_2\ m^{-2}day^{-1}$)	CO_2 emission from soil surface ($t\ CO_2\ rai^{-1}\ year^{-1}$)			Average* ($t\ CO_2\ rai^{-1}\ year^{-1}$)	Average C loss * ($kg\ C\text{-}CO_2\ rai^{-1}\ year^{-1}$)
		2017-18	2018-19	2019-20		
0-0-0, NoOM, Till	6.36 ± 2.97	3.72 ± 1.38	3.01 ± 1.08	3.46 ± 0.67	3.39 ± 0.61	925.9 ± 0.61
0-0-0, NoOM, No-till	6.39 ± 3.02	3.74 ± 0.64	2.96 ± 0.45	3.84 ± 1.50	3.51 ± 0.83	958.4 ± 0.83
0-0-0, RiceStraw, Till	6.59 ± 2.81	3.74 ± 1.00	3.25 ± 0.70	3.67 ± 0.88	3.56 ± 0.45	969.8 ± 0.45
0-0-0, RiceStraw, No-till	6.68 ± 2.81	3.81 ± 0.75	3.19 ± 1.36	3.73 ± 1.16	3.58 ± 0.57	975.7 ± 0.57
Chem, NoOM, Till	5.78 ± 2.53	3.35 ± 1.01	2.91 ± 1.00	3.14 ± 0.66	3.14 ± 0.37	855.4 ± 0.37
Chem, NoOM, No-till	5.80 ± 2.54	3.49 ± 0.84	2.78 ± 0.53	3.16 ± 1.10	3.14 ± 0.61	857.6 ± 0.61
Chem, RiceStraw, Till	6.10 ± 2.98	3.48 ± 2.09	2.66 ± 0.28	3.71 ± 0.45	3.28 ± 0.94	894.7 ± 0.94
Chem, RiceStraw, No-till	5.85 ± 2.34	3.41 ± 1.25	2.81 ± 1.64	3.18 ± 1.19	3.13 ± 0.51	854.4 ± 0.51
NoOM	6.08 ± 0.34	3.58 ± 0.19	2.92 ± 0.10	3.40 ± 0.33	3.30 ± 0.19	899.3 ± 51.2
RiceStraw	6.30 ± 0.40	3.61 ± 0.19	2.98 ± 0.29	3.57 ± 0.26	3.39 ± 0.22	923.7 ± 59.1
No-till	6.17 ± 0.43	3.61 ± 0.19	2.94 ± 0.19	3.48 ± 0.36	3.34 ± 0.24	911.5 ± 64.5
Till	6.21 ± 0.35	3.57 ± 0.19	2.96 ± 0.24	3.50 ± 0.26	3.34 ± 0.18	911.5 ± 48.4
0-0-0	6.50 ± 0.15	3.75 ± 0.04	3.10 ± 0.14	3.68 ± 0.16	3.51 ± 0.09	957.5 ± 22.2
Chem	5.88 ± 0.14	3.43 ± 0.07	2.79 ± 0.10	3.30 ± 0.28	3.17 ± 0.07	865.5 ± 19.5

Note: * CO_2 emission from soil sureface

Table 9 Effect of soil and fertilizer management on CO_2 emission per unit of maize grain yield

Treatments	CO_2 emission* ($kg\ CO_2\ rai^{-1}\ crop^{-1}$)	Maize grain yield** ($kg\ rai^{-1}\ crop^{-1}$)	CO_2 emission per unit ($kg\ CO_2\ kg\ grain\ yield^{-1}$)
0-0-0, NoOM, Till	389.1	395.0	1.0
0-0-0, NoOM, No-till	387.0	85.2	4.5
0-0-0, RiceStraw, Till	424.4	590.3	0.7
0-0-0, RiceStraw, No-till	419.5	207.6	2.0
Chem, NoOM, Till	367.1	646.8	0.6
Chem, NoOM, No-till	363.6	535.3	0.7
Chem, RiceStraw, Till	384.8	663.5	0.6
Chem, RiceStraw, No-till	364.6	637.4	0.6
NoOM	376.7	415.6	1.7
RiceStraw	398.3	524.7	1.0
No-till	383.7	366.4	2.0
Till	391.4	573.9	0.7
0-0-0	405.0	319.5	2.1
Chem	370.0	620.7	0.6

กรมวิชาการเกษตร

Note: * Amount of CO_2 emission from soil sure face during maize growing period to harvest

** Average maize grain yield from 3 years

กรมวิชาการเกษตร

Table 10 Carbon balance on a maize-mung bean field at Lopburi Plant Seed Research and Development Center from 2016 to 2020

Treatments	Average of SOC content (g C kg^{-1})	Average of SOC stock [1/] (t C rai^{-1})	Change of [4/] SOC stock (kg C rai^{-1} $year^{-1}$)	C input to soil (kg C rai^{-1} $year^{-1}$)				Conversion rate of [2/] total C input to SOC stock change	Average of C loss [3/] from soil (kg C- CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)
				Stems and leaves	Root	Rice straw	Total		
0-0-0, NoOM, Till	6.92 bc	2.53 cd	-49	332.0 d	51.5 d	0.0	372.2 d	-0.135	925.9 ± 0.61
0-0-0, NoOM, No-till	6.67 c	2.40 d	-53	138.9 e	22.2 e	0.0	161.1 e	-0.338	958.4 ± 0.83
0-0-0, RiceStraw, Till	8.43 a	3.23 a	29	458.7 bc	73.4 bc	217.5	749.5 b	0.042	969.8 ± 0.45
0-0-0, RiceStraw, No-till	7.68 abc	2.79 a-d	-58	204.2 e	32.7 e	217.5	454.4 d	-0.135	975.7 ± 0.57
Chem, NoOM, Till	6.84 bc	2.61 bcd	-46	521.5 ab	83.4 ab	0.0	604.9 c	-0.066	855.4 ± 0.37
Chem, NoOM, No-till	6.84 bc	2.53 cd	-32	384.8 cd	61.6 cd	0.0	446.3 d	-0.068	857.6 ± 0.61
Chem, RiceStraw, Till	8.15 ab	3.04 ab	-94	561.0 a	89.8 a	217.5	868.4 a	-0.109	894.7 ± 0.94
Chem, RiceStraw, No-till	8.02 ab	2.95 abc	-89	507.3 ab	81.2 ab	217.5	806.0 ab	-0.107	854.4 ± 0.51
NoOM	6.82	2.52	-45	341.8	52.2	0.0	396.5	-0.152	899.3 ± 51.2
RiceStraw	8.07 **	3.01**	-53 ns	432.8 **	69.2 **	217.5	719.58 **	-0.077 ns	923.7 ± 59.1
No-till	7.30	2.67	-58	308.8	49.4	108.75	467.0	-0.162	911.5 ± 64.5
Till	7.58 ns	2.86 ns	-39 ns	465.8 **	72.0 **	108.75	649.1 **	-0.067 ns	911.5 ± 48.4
0-0-0	7.42	2.74	-33	281.0	44.9	108.75	434.7	-0.142	957.5 ± 22.2
Chem	7.46 ns	2.78 ns	-65 ns	493.7 **	79.0 **	108.75	681.4 **	-0.088 ns	865.5 ± 19.5

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT, ns: non-significant, **: significantly P value < 0.01

[1/] SOC stock = SOC content x soil bulk density x soil depth (cm)

[2/] Conversion rate = Change of SOC stock / Total C input to soil

[3/] C loss from decomposes SOC by soil fauna and root respiration = CO_2 emission from soil surface

[4/] Change of SOC stock = annual C sequestration = annual carbon balance (kg C rai^{-1} $year^{-1}$)

กรมวิชาการเกษตร

Table 11 Soil quality level in maize field at Lopburi Plant Seed Research and Development Center

Treatments	Organic matter (OM, %)	Available P (mg kg^{-1})	Exchangeable K (mg kg^{-1})	Soil quality level
0-0-0, NoOM, Till	0.69	14	54	Low (4)
0-0-0, NoOM, No-till	0.67	10	35	Low (4)
0-0-0, RiceStraw, Till	0.82	5	114	Medium (5)
0-0-0, RiceStraw, No-till	0.77	8	105	Medium (5)
Chem, NoOM, Till	0.68	41	76	Medium (6)
Chem, NoOM, No-till	0.68	26	77	Medium (6)
Chem, RiceStraw, Till	0.82	49	149	Medium (7)
Chem, RiceStraw, No-till	0.80	45	163	Medium (7)
NoOM	0.68	23	60	Medium (5)
RiceStraw	0.81	36	133	Medium (7)
No-till	0.73	21	95	Medium (6)
Till	0.76	36	98	Medium (7)
0-0-0	0.74	18	77	Medium (5)
Chem	0.75	40	116	Medium (7)

Table 12 Maize grain yield (15% moisture) under different fertilizer management and cropping systems from 2017 to 2020 at Nakorn Sawan Field Crops Research and Development Center

Treatments	Maize grain yield (kg rai^{-1})			
	2017	2018	2019	2020
1. Maize (No fertilizer) - sorghum	214	279	290	180
2. Maize (CF) - sorghum	788	671	487	411
3. Maize (CM) - sorghum	1,048	728	596	389
4. Maize (CF+CM) - sorghum	1,252	925	569	332
5. Maize (No fertilizer) - mung bean	331	458	352	283
6. Maize (CF) - mung bean	880	839	540	466
7. Maize (CM) - mung bean	1,181	903	645	400
8. Maize (CF+CM) - mung bean	1,169	1,005	764	469
9. Maize (No fertilizer) - lablab bean	556	396	283	148
10. Maize (CF) - lablab bean	1,290	803	501	360
11. Maize (CM) - lablab bean	1,352	1,111	500	338
12. Maize (CF+CM) - lablab bean	1,464	973	491	341
Cropping system				
Maize- Sorghum	825	651	486	328
Maize- Mung bean	890	801	576	405
Maize- Lablab bean	1165	821	444	267

กรมวิชาการเกษตร

Fertilizer management				
No Fertilizer	367	378	308	204
Chemical fertilizer	986	771	510	412
Chicken manure	1194	914	581	376
CF+CM	1295	968	608	341

Note: CF=Chemical fertilizer 10-5-5 N-P_2O_5-K_2O kg/rai, CM=Chicken manure 1,000 kg/rai
CF+CM=10-5-5 N-P_2O_5-K_2O kg/rai + CM 1,000 kg/rai

Table 13 Yield of 2nd crop under different fertilizer management and cropping systems from 2017 to 2019 at Nakorn Sawan Field Crops Research and Development Center

Treatments	Grain yield of 2nd crop (kg rai^{-1})		
	2017	2018	2019
1. Maize (No fertilizer) - sorghum	91	23	118
2. Maize (CF) - sorghum	180	44	167
3. Maize (CM) - sorghum	296	106	314
4. Maize (CF+CM) - sorghum	396	242	391
5. Maize (No fertilizer) - mung bean	-	15	5
6. Maize (CF) - mung bean	-	13	14
7. Maize (CM) - mung bean	-	7	20
8. Maize (CF+CM) - mung bean	-	13	20
9. Maize (No fertilizer) - lablab bean	3	17	5
10. Maize (CF) - lablab bean	4	40	14
11. Maize (CM) - lablab bean	14	47	19
12. Maize (CF+CM) - lablab bean	38	57	11

Table 14 Carbon content in each part of maize under different fertilizer management and cropping systems average 3 years from 2018 to 2020 at Nakorn Sawan Field Crops Research and Development Center

Treatments	Carbon content (kg C rai^{-1})				
	Stalk	Leaves	Husks	Cob	Grain
1. Maize (No fertilizer) - sorghum	123.4	211.7	71.6	67.8	321.0
2. Maize (CF) - sorghum	207.0	270.2	139.2	100.0	608.3
3. Maize (CM) - sorghum	217.9	280.3	153.5	101.2	585.6
4. Maize (CF+CM) - sorghum	218.3	263.3	153.4	105.0	653.0
5. Maize (No fertilizer) - mung bean	171.6	221.1	91.4	75.9	449.7
6. Maize (CF) - mung bean	199.7	244.4	117.3	88.4	527.3
7. Maize (CM) - mung bean	269.7	296.5	167.6	120.1	700.6
8. Maize (CF+CM) - mung bean	323.7	294.8	159.5	126.8	696.6
9. Maize (No fertilizer) - lablab bean	142.1	232.5	99.7	88.3	511.7
10. Maize (CF) - lablab bean	194.8	233.8	110.8	85.0	527.7
11. Maize (CM) - lablab bean	296.5	277.0	173.8	117.4	664.4
12. Maize (CF+CM) - lablab bean	284.8	274.4	191.2	117.3	649.0

กรมวิชาการเกษตร

Cropping system					
Maize- Sorghum	192.1	253.0	129.4	93.5	542.0
Maize- Mung bean	232.8	264.2	134.0	103.1	593.5
Maize- Lablab bean	229.6	254.4	143.9	102.3	588.2
Fertilizer management					
No Fertilizer	145.8	225.1	87.5	77.7	427.5
Chemical fertilizer	200.5	249.5	122.5	91.1	554.4
Chicken manure	261.4	280.0	165.0	112.9	650.1
CF+CM	265.1	277.5	168.0	116.7	666.2

Note: CF=Chemical fertilizer 10-5-5 N-P_2O_5-K_2O kg/rai, CM=Chicken manure 1,000 kg/rai
CF+CM=10-5-5 N-P_2O_5-K_2O kg/rai + CM 1,000 kg/rai

Table 15 Soil organic carbon accumulation rate under different fertilizer management and cropping systems at Nakorn Sawan Field Crops Research and Development Center

Treatments	1984	2017	2018	2019	2020	C storage rate (kg C rai^{-1} y^{-1})
1. Maize (No fertilizer) - sorghum	6,273	2,263	2,234	1,985	2,154	-114
2. Maize (CF) - sorghum	6,734	2,285	2,510	2,269	2,371	-121
3. Maize (CM) - sorghum	5,283	2,663	3,155	2,280	2,713	-71
4. Maize (CF+CM) - sorghum	6,223	2,674	2,947	2,484	2,553	-102
5. Maize (No fertilizer) - mung bean	6,782	2,137	2,211	1,962	2,109	-130
6. Maize (CF) - mung bean	5,954	2,091	2,464	2,042	2,496	-96
7. Maize (CM) - mung bean	4,923	2,628	3,086	3,165	3,032	-53
8. Maize (CF+CM) - mung bean	6,587	2,663	2,993	2,427	2,998	-100
9. Maize (No fertilizer) - lablab bean	7,322	2,206	2,418	2,098	2,325	-139
10. Maize (CF) - lablab bean	7,483	2,308	2,740	2,189	2,633	-135
11. Maize (CM) - lablab bean	6,831	2,788	2,993	2,561	2,793	-112
12. Maize (CF+CM) - lablab bean	6,365	2,777	3,155	2,666	2,873	-97
Cropping system						
Maize- Sorghum	6,128	2,471	2,711	2,254	2,488	-102
Maize- Mung bean	6,061	2,380	2,688	2,399	2,659	-95
Maize- Lablab bean	7,000	2,520	2,826	2,367	2,656	-121
Fertilizer management						
No Fertilizer	6,792	2,202	2,287	2,015	2,196	-128
Chemical fertilizer	6,724	2,228	2,571	2,167	2,500	-117
Chicken manure	5,679	2,693	3,078	2,653	2,846	-79
CF+CM	6,391	2,705	3,032	2,526	2,808	-100

กรมวิชาการเกษตร

Note: Soil organic carbon accumulation rate (Froning *et al*. 2008)

= (C content in soil in the present year – C content in soil in the beginning year)/number of years

กรมวิชาการเกษตร

Table 16 Amount of CO_2 emission under different fertilizer management and cropping systems at Nakorn Sawan Field Crops Research and Development Center

Treatments	2017-2018		2018-2019		2019-2020		Average 3 years	
	Kg CO_2 m^{-2} y^{-1}	t CO_2 rai^{-1} y^{-1}	Kg CO_2 m^{-2} y^{-1}	t CO_2 rai^{-1} y^{-1}	Kg CO_2 m^{-2} y^{-1}	t CO_2 rai^{-1} y^{-1}	Kg CO_2 m^{-2} y^{-1}	t CO_2 rai^{-1} y^{-1}
1. Maize (No fertilizer) - sorghum	1.55	2.49	2.07	3.31	1.54	2.47	1.72	2.76
2. Maize (CF) - sorghum	2.10	3.36	1.83	2.92	1.8	2.99	1.91	3.09
3. Maize (CM) - sorghum	1.97	3.15	2.35	3.76	2.27	3.63	2.20	3.51
4. Maize (CF+CM) - sorghum	2.09	3.35	2.55	4.08	2.02	3.24	2.22	3.56
5. Maize (No fertilizer) - mung bean	1.38	2.20	1.67	2.68	1.55	2.48	1.53	2.45
6. Maize (CF) - mung bean	1.44	2.31	1.98	3.16	1.65	2.64	1.69	2.70
7. Maize (CM) - mung bean	1.88	3.01	2.10	3.36	1.84	2.95	1.94	3.11
8. Maize (CF+CM) - mung bean	1.90	3.04	2.33	3.74	2.12	3.39	2.12	3.39
9. Maize (No fertilizer) - lablab bean	1.42	2.28	1.86	2.98	1.62	2.59	1.63	2.62
10. Maize (CF) - lablab bean	1.64	2.62	2.22	3.55	1.78	2.85	1.88	3.01
11. Maize (CM) - lablab bean	1.80	2.89	2.26	3.61	2.04	3.27	2.03	3.26
12. Maize (CF+CM) - lablab bean	1.94	3.11	2.58	4.13	2.13	3.40	2.22	3.55
Cropping system								
Maize- Sorghum	1.93	2.97	2.20	3.52	1.93	3.08	2.02	3.19
Maize- Mung bean	1.65	2.59	2.02	3.23	1.79	2.86	1.82	2.89
Maize- Lablab bean	1.70	2.71	2.23	3.57	1.89	3.03	1.94	3.10
Fertilizer management								
No Fertilizer	1.45	2.30	1.87	2.99	1.57	2.51	1.63	2.60
Chemical fertilizer	1.73	2.74	2.01	3.21	1.77	2.83	1.84	2.93
Chicken manure	1.88	2.94	2.23	2.58	2.05	3.28	2.05	2.93
CF+CM	1.97	3.04	2.49	3.98	2.09	3.34	2.18	3.45
Bare soil	1.30	2.08	1.31	2.10	3.15	2.16	1.92	2.11

Note: CF=Chemical fertilizer 10-5-5 N-P_2O_5-K_2O kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

CM=Chicken manure 1,000 kg/rai

CF+CM=10-5-5 N-P_2O_5-K_2O kg/rai + CM 1,000 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 17 Amount of CO_2 emission per unit of maize grain yield in 2017 at Nakorn Sawan Field Crops Research and Development Center

Treatments	CO_2 emission* (kg CO_2 rai^{-1} $crop^{-1}$)	Maize grain yield (kg rai^{-1} $crop^{-1}$)	CO_2 emission per unit (kg CO_2 kg grain $yield^{-1}$)
1. Maize (No fertilizer) - sorghum	821*	214	3.84
2. Maize (CF) - sorghum	1,340	788	1.70
3. Maize (CM) - sorghum	1,131	1,048	1.08
4. Maize (CF+CM) - sorghum	1,126	1,252	0.9
5. Maize (No fertilizer) - mung bean	764	331	2.31
6. Maize (CF) - mung bean	784	880	0.89
7. Maize (CM) - mung bean	1,240	1,181	1.05
8. Maize (CF+CM) - mung bean	1,191	1,169	1.02
9. Maize (No fertilizer) - lablab bean	784	556	1.41
10. Maize (CF) - lablab bean	986	1,290	0.76
11. Maize (CM) - lablab bean	1,170	1,352	0.87
12. Maize (CF+CM) - lablab bean	1,121	1,464	0.77
Cropping system			
Maize- Sorghum	1,105	825	1.34
Maize- Mung bean	995	890	1.12
Maize- Lablab bean	1,015	1,165	0.87
Fertilizer management			
No Fertilizer	790	367	2.15
Chemical fertilizer	1,037	986	1.05
Chicken manure	1,180	1,194	0.99
CF+CM	1,146	1,295	0.88

Note: * Amount of CO_2 emission from soil sure face during maize growing period to harvest

กรมวิชาการเกษตร

Table 18 Carbon balance in a maize field under different fertilizer management and cropping systems in 2018 at Nakorn Sawan Field Crops Research and Development Center

Treatments	Chicken manure	Crop's residues	Crops removed	CO_2 emitted	C input	C loss	C balance
	(kg C rai^{-1})						
1. Maize (No fertilizer) - sorghum	0	934	798	710	934	1,153	-574
2. Maize (CF) - sorghum	0	1,453	1,337	838	1,453	1,756	-722
3. Maize (CM) - sorghum	246	1,747	1,314	1,060	1,992	1,844	-381
4. Maize (CF+CM) - sorghum	246	1,844	1,669	962	2,090	2,150	-542
5. Maize (No fertilizer) – mung bean	0	811	584	711	1,056	940	-239
6. Maize (CF) - mung bean	0	769	805	761	1,260	1,186	-306
7. Maize (CM) - mung bean	246	1,015	927	864	1,448	1,359	-343
8. Maize (CF+CM) - mung bean	246	1,202	1,038	1,001	1,442	1,539	-597
9.Maize (No fertilizer) - lablab bean	0	1,196	861	715	1,254	1,219	-322
10. Maize (CF) - lablab bean	0	1,001	790	811	1,247	1,196	-354
11. Maize (CM) - lablab bean	146	1,506	1,224	933	1,751	1,691	-406
12. Maize (CF+CM) - lablab bean	121	1,338	922	987	1,584	1,416	-325
Cropping system							
Maize- Sorghum	123	1,495	1,279	893	1,617	1,726	-555
Maize- Mung bean	123	1,056	839	834	1,302	1,256	-371
Maize- Lablab bean	123	1,213	949	861	1,459	1,380	-352
Fertilizer management							
No Fertilizer	0	918	748	712	1,082	1,104	-378
Chemical fertilizer	0	1,156	977	803	1,320	1,379	-461
Chicken manure	246	1,485	1,155	952	1,731	1,631	-377
CF+CM	246	1,459	1,210	983	170	1,702	-488

Note: CF=Chemical fertilizer 10-5-5 N-P_2O_5-K_2O kg/rai, CM=Chicken manure 1,000 kg/rai
CF+CM=10-5-5 N-P_2O_5-K_2O kg/rai + CM 1,000 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 19 Soil properties before planting at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province

Soil depth (cm.)	Bulk Density (g cm^{-2})	pH (1:1)	Organic matter (%)	Organic Carbon (g C kg^{-1})	Available P (mg kg^{-1})	Exchangeable K (mg kg^{-1})
0-15	1.35	6.72	2.57	14.9	30.96	186.3
15-30	1.41	6.73	1.88	10.9	42.31	177.0
30-50	1.36	6.71	1.39	8.1	22.05	125.3
Average	1.37	6.72	1.95	11.3	31.77	162.9

Table 20 Production of maize whole ears at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province (2017)

Treatment	Till	No-Till	Average
0-0-0	1,120 a	1,411 b	1,266 b
0-10-10	1,021 a	1,514 ab	1,268 b
15-10-10	1,146 a	1,603 a	1,375 ab
22.5-10-10	1,082 a	1,629 a	1,356 ab
30-10-10	1,133 a	1,700 a	1,417 a
Average	1,101	1,571	1,336
Subplot (b)	2.53 ns		
MxS (c)	1.74 ns		
CV. (%), (b)	8.9		

Table 21 Production of maize whole ears at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province (2018)

Treatment	Till	No-Till	Average
0-0-0	1,197 a	786 a	991 a
0-10-10	1,223 a	811 a	1,017 a
15-10-10	1,138 a	997 a	1,068 a
22.5-10-10	1,307 a	1,075 a	1,191 a
30-10-10	1,317 a	1,027 a	1,172 a
Average	1,236	939	1,088
Subplot (b)	1.79 ns		
MxS (c)	<1		
CV. (%), (b)	17.5		

กรมวิชาการเกษตร

Table 22 Production of maize whole ears at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province (2019)

Treatment	Till	No-Till	Average
0-0-0	948 b	384 c	666 c
0-10-10	1,137 ab	518 bc	817 bc
15-10-10	1,371 a	759 abc	1,065 ab
22.5-10-10	1,201 ab	796 ab	998 ab
30-10-10	1,341 ab	1,006 a	1,174 a
Average	1,200	693	946
Subplot (b)	4.97 **		
MxS (c)	<1		
CV. (%), (b)	26.9		

Table 23 Average amount of carbon content in each part of maize at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province (2017-2019)

Treatment		carbon content (kg C rai $^{-1}$)						
		Stems	Leaves	Shell	Grain	Cobs	C return to field	C loss
Tillage								
	0-0-0	313.5	392.6	181.0	580.8	129.4	887.1	710.2
	0-10-10	355.4	448.4	184.5	664.2	139.5	988.3	803.7
	15-10-10	361.8	436.0	188.7	638.9	138.9	986.6	777.7
	22.5-10-10	386.7	413.6	197.9	671.9	144.2	998.1	816.1
	30-10-10	378.5	430.2	198.1	701.1	147.3	1006.8	848.4
No-tillage								
	0-0-0	244.3	383.3	153.3	493.8	110.9	780.9	604.7
	0-10-10	333.7	402.2	194.5	629.0	132.7	930.4	761.8
	15-10-10	335.1	452.0	196.4	667.5	139.0	983.4	806.5
	22.5-10-10	339.6	449.3	194.7	641.2	138.4	983.5	779.5
	30-10-10	355.4	465.6	201.4	677.7	143.6	1022.4	821.3
Tillage		359.2	424.2	190.0	651.4	139.9	973.4	791.2
No-tillage		321.6	430.5	188.0	621.9	132.9	940.1	754.8
No chemical fert.		278.9	388.0	167.2	537.3	120.1	834.0	657.4
Chemical fert. application		355.8	437.2	194.5	661.4	140.4	987.4	801.9

กรมวิทยาศาสตร์

Table 24 Accumulation of soil organic carbon in maize field at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province from 2017 to 2019

Treatments	Av. SOC start (g C kg^{-1})	Av. SOC content (g C kg^{-1})	Change of SOC content (g C kg^{-1} $year^{-1}$)
Tillage			
0-0-0	24.3	24.27	-16.67
0-10-10	21.04	24.03	0.17
15-10-10	20.04	24.42	0.11
22.5-10-10	24.14	24.9	0.66
30-10-10	21.27	24.7	0.15
No-tillage			
0-0-0	28.23	20.09	-0.06
0-10-10	29.7	18.37	-0.04
15-10-10	29.8	19.92	-0.05
22.5-10-10	30.66	20.46	-0.05
30-10-10	27.69	18.75	-0.06
Tillage	22.16	24.46	0.22
No-tillage	29.22	19.52	-0.05
No chemical fert.	26.3	22.2	-8.4
Chemical fert. application	25.5	21.9	0.1

Table 25 Amount of carbon dioxide emission (CO_2) from soil surface in maize field at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province from 2017 to 2019

Treatments	CO_2 emission (g CO_2 $m^{-2}day^{-1}$)	CO_2 emission (t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)			Average CO_2 emission (t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)	Average C loss (kg C rai^{-1} $year^{-1}$)
		2560	2561	2562		
Tillage						
0-0-0	5.93	3.58	3.42	3.38	3.46	0.94
0-10-10	7.09	3.92	3.97	4.54	4.14	1.13
15-10-10	6.70	3.29	4.39	4.05	3.91	1.07
22.5-10-10	6.23	3.54	3.75	3.63	3.64	0.99
30-10-10	6.74	3.56	3.87	4.37	3.94	1.07
No-tillage						
0-0-0	6.00	3.51	3.85	3.16	3.51	0.96
0-10-10	6.37	3.75	3.94	3.46	3.72	1.01
15-10-10	5.96	3.43	3.64	3.38	3.48	0.95

กรมวิชาการเกษตร

22.5-10-10	6.53	3.33	3.91	4.19	3.81	1.04
30-10-10	5.66	3.26	3.55	3.11	3.3	0.90
Tillage	6.54	3.58	3.88	3.99	3.82	1.04
No-tillage	6.10	3.45	3.78	3.46	3.56	0.97
No chemical fert.	5.97	3.55	3.64	3.27	3.49	0.95
Chemical fert. application	6.41	3.51	3.88	3.84	3.74	1.02

กรมวิชาการเกษตร

Table 26 Carbon balance in maize field at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province from 2017 to 2019

Treatments		Stem	Leaves	Sheath	Total C input	CO_2 emission	C loss	C balance
		kg C rai $^{-1}$						
Till								
	0-0-0	313.5	392.6	181.0	887.1	942.9	471.5	415.7
	0-10-10	355.4	448.4	184.5	988.3	1,128.3	564.2	424.2
	15-10-10	361.8	436.0	188.7	986.5	1,065.8	532.9	453.6
	22.5-10-10	386.7	413.6	197.9	998.2	991.9	496.0	502.3
	30-10-10	378.5	430.2	198.1	1006.8	1,072.2	536.1	470.7
No-Till								
	0-0-0	244.3	383.3	153.3	780.9	955.4	477.7	303.2
	0-10-10	333.7	402.2	194.5	930.4	1,012.9	506.5	424.0
	15-10-10	335.1	452.0	196.4	983.5	948.8	474.4	509.1
	22.5-10-10	339.6	449.3	194.6	983.5	1,038.6	519.3	464.2
	30-10-10	355.4	465.6	201.3	1022.3	900.4	450.2	572.1
Till		359.2	424.2	190.0	973.4	1040.2	520.1	453.3
NoTill		321.6	430.5	188	940.1	971.2	485.6	454.5
No chemical fert.		278.9	388.0	167.2	834.0	949.2	474.6	359.4
Chemical fert. application		355.8	437.2	194.5	987.4	1019.9	509.9	477.5

กรมวิชาการเกษตร

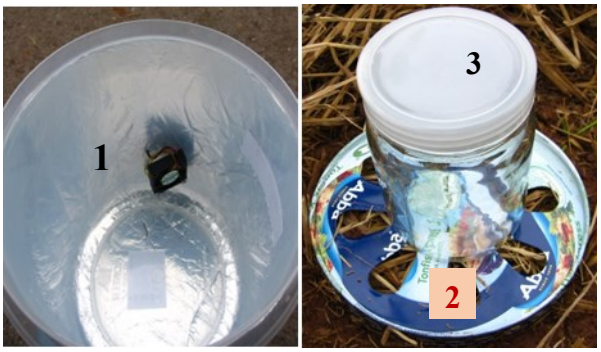


Figure 1 A device for capturing carbon dioxide emission from soil surface Modified from Anderson(1982)

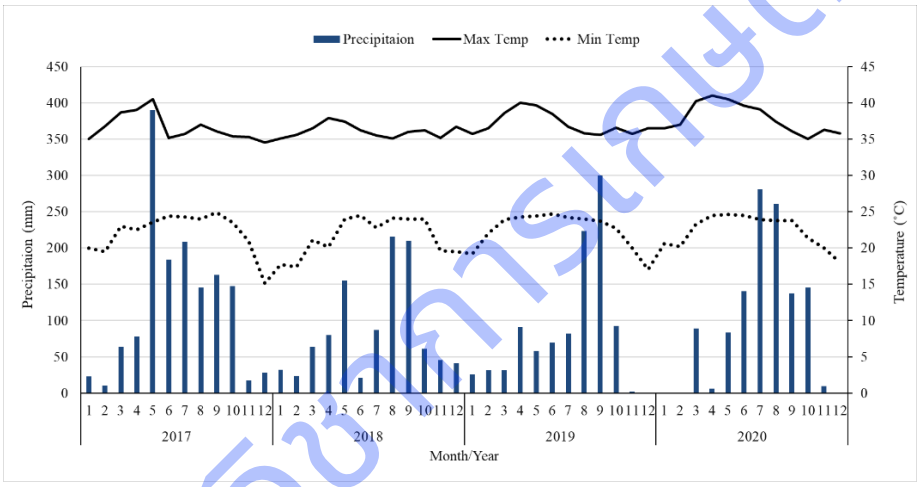


Figure 2 Monthly precipitation and monthly maximum – minimum air temperature at the Lopburi Seed Research and Development Center from 2017to 2020

กรมวิชาการเกษตร

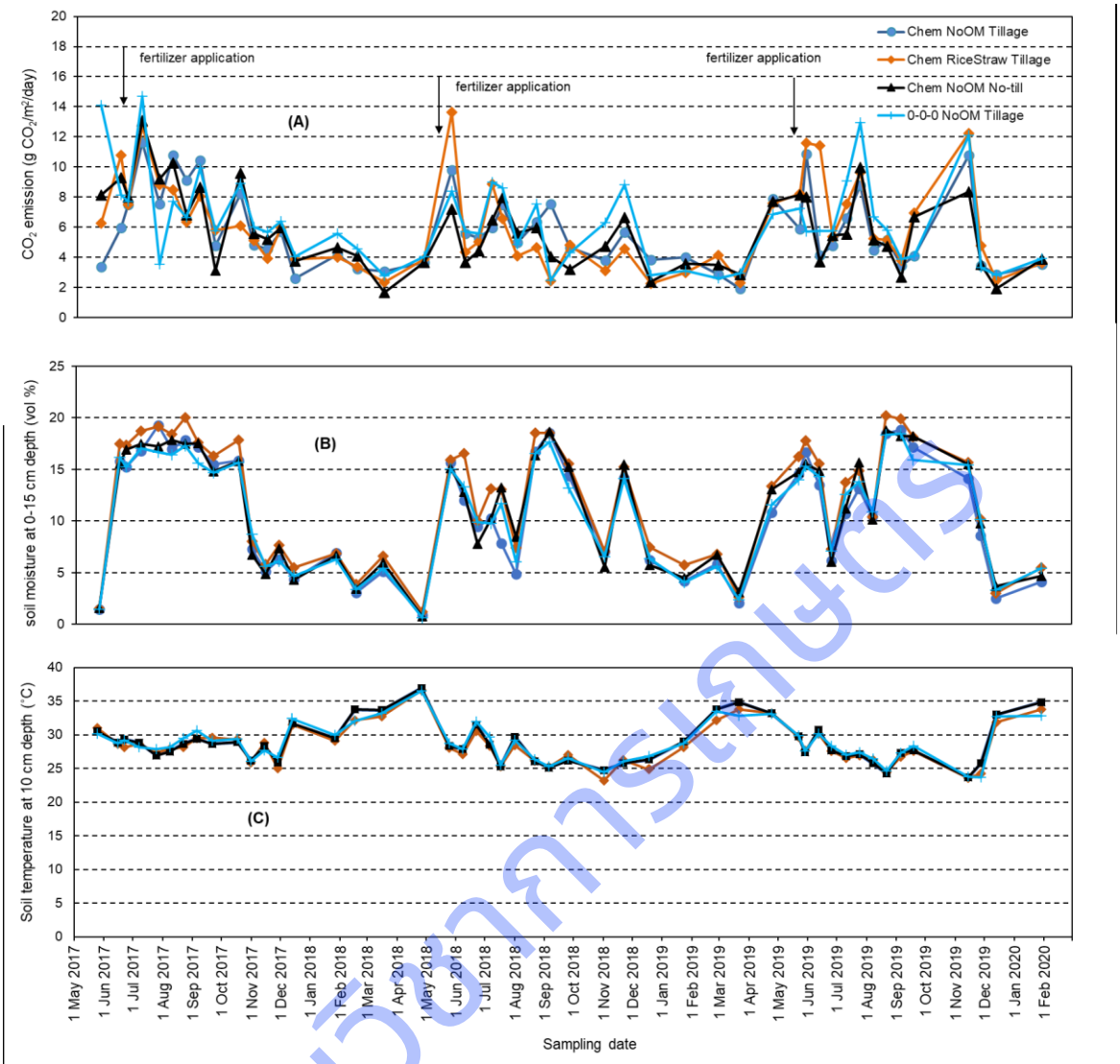


Figure 3 Amount of CO_2 emission from soil surface (A), soil moisture (B), and soil temperature (C) at Maize – mung bean cultivated field from May 2017 to February 2020

กรมวิชาการเกษตร

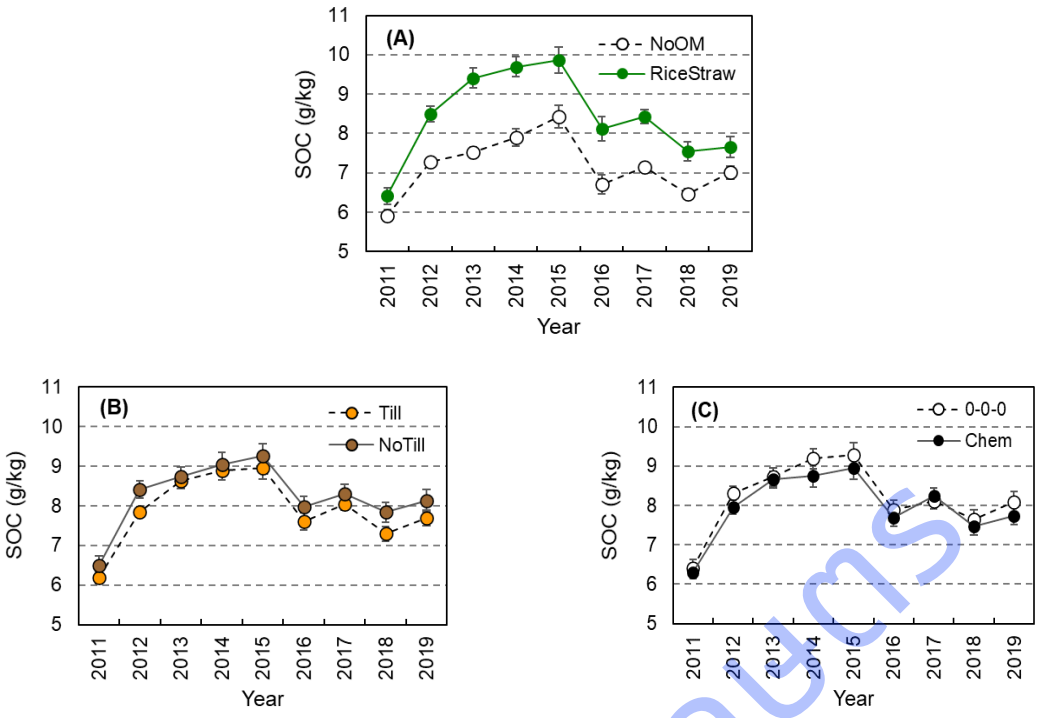
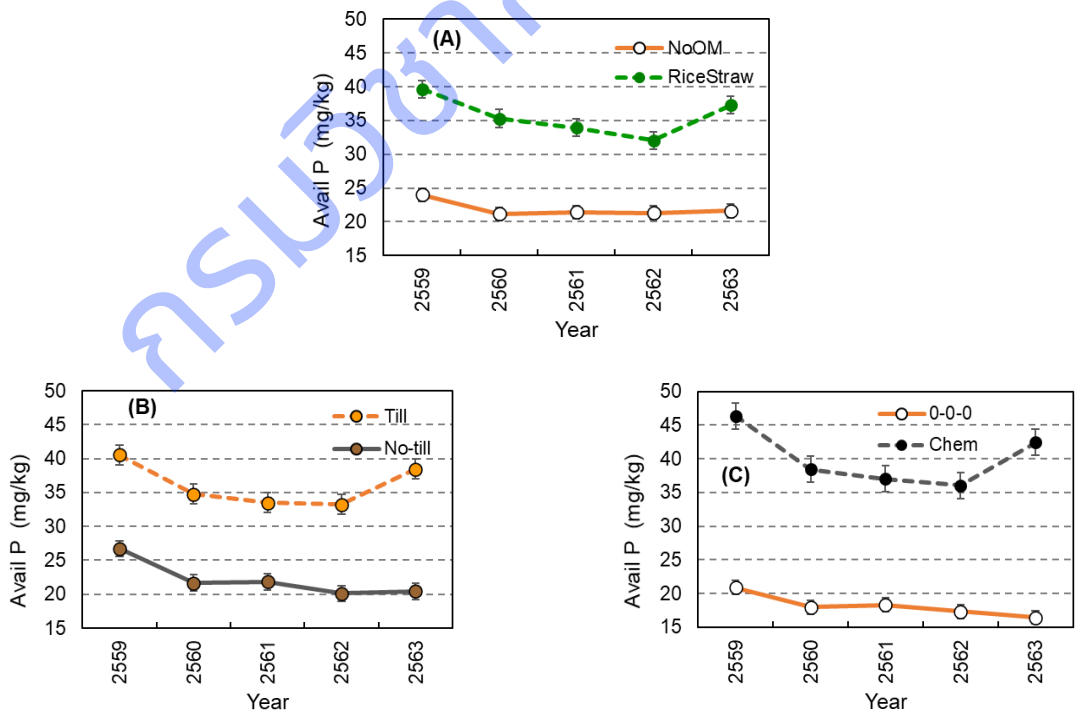


Figure 4 Change of organic carbon in soil, (A) Rice straw mulch (RiceStraw) and no organic matter application (NoOM), (B) Tillage (Till) and no tillage (No-till), and (C) chemical fertilizer application (Chem) and no chemical fertilizer application (0-0-0)



กรมวิชาการเกษตร

Figure 5 Change of available phosphorus in soil, (A) Rice straw mulch (RiceStraw) and no organic matter application (NoOM), (B) Tillage (Till) and no tillage (No-till), and (C) chemical fertilizer application (Chem) and no chemical fertilizer application (0-0-0)

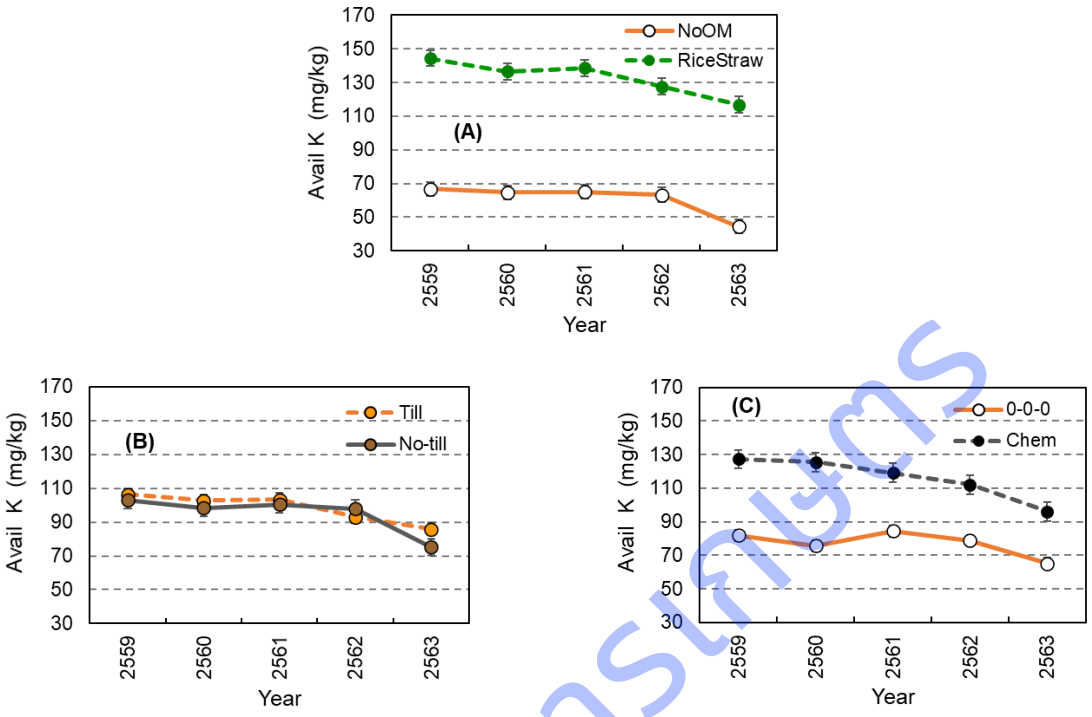
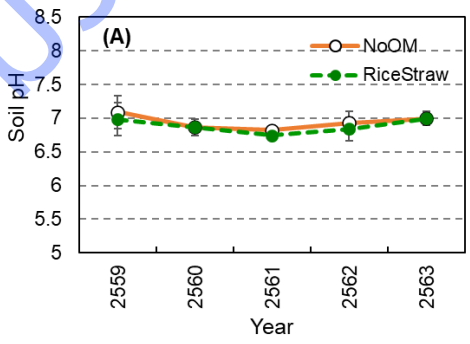


Figure 6 Change of exchangeable potassium in soil, (A) Rice straw mulch (RiceStraw) and no organic matter application (NoOM), (B) Tillage (Till) and no tillage (No-till), and (C) chemical fertilizer application (Chem) and no chemical fertilizer application (0-0-0)



กรมวิชาการเกษตร

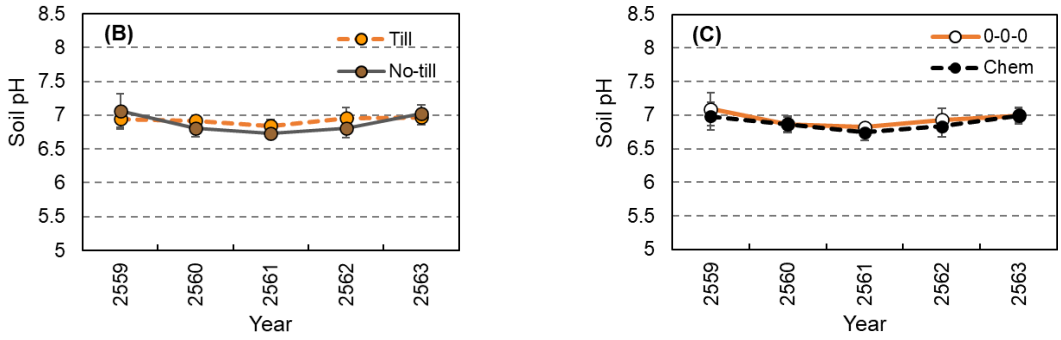


Figure 7 Change of soil pH, (A) Rice straw mulch (RiceStraw) and no organic matter application (NoOM), (B) Tillage (Till) and no tillage (No-till), and (C) chemical fertilizer application (Chem) and no chemical fertilizer application (0-0-0)

กรมวิชาการเกษตร

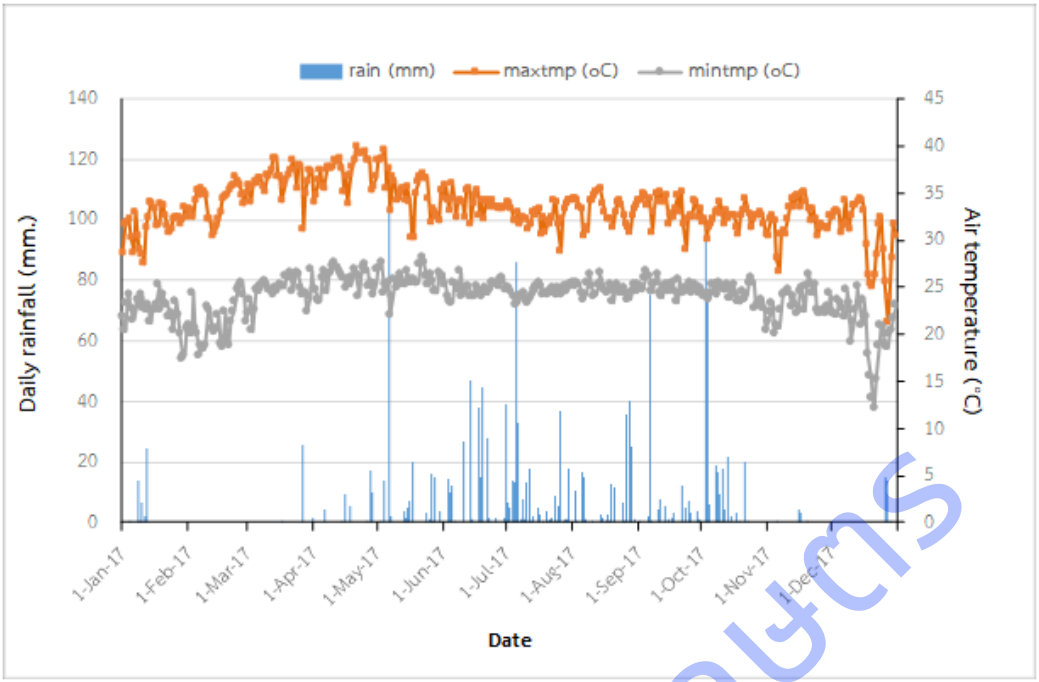


Figure 8 Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Tak Fa) from January to December 2017

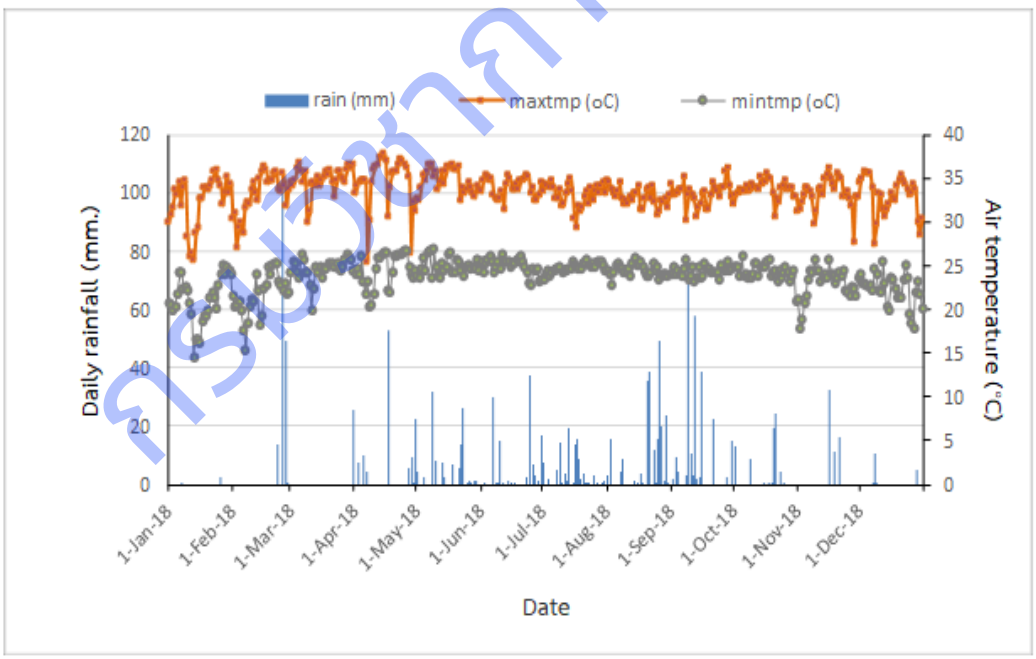


Figure 9 Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Tak Fa) from January to December 2018

กรมอุตุนิยมวิทยา

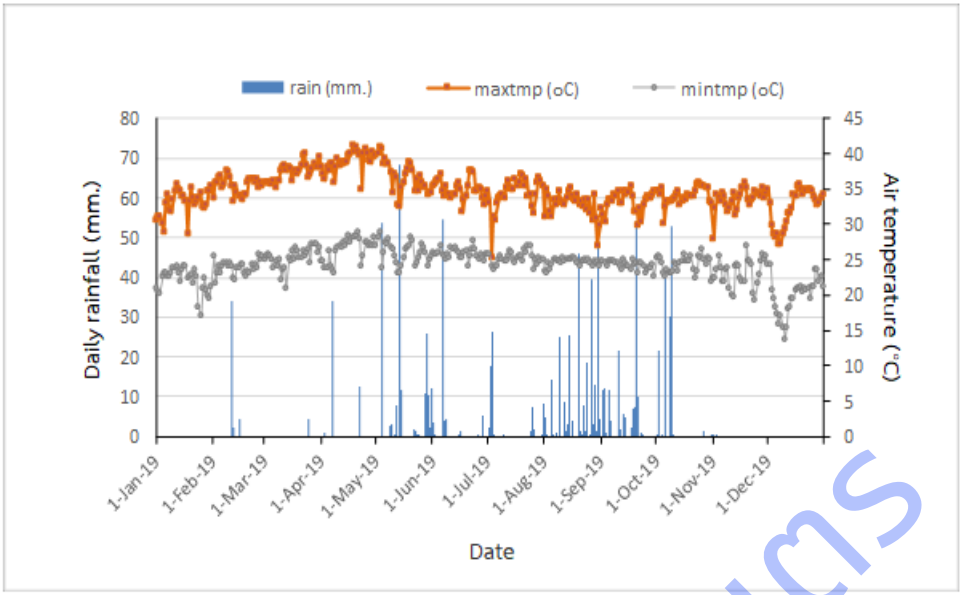


Figure 10 Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Tak Fa) from January to December 2019

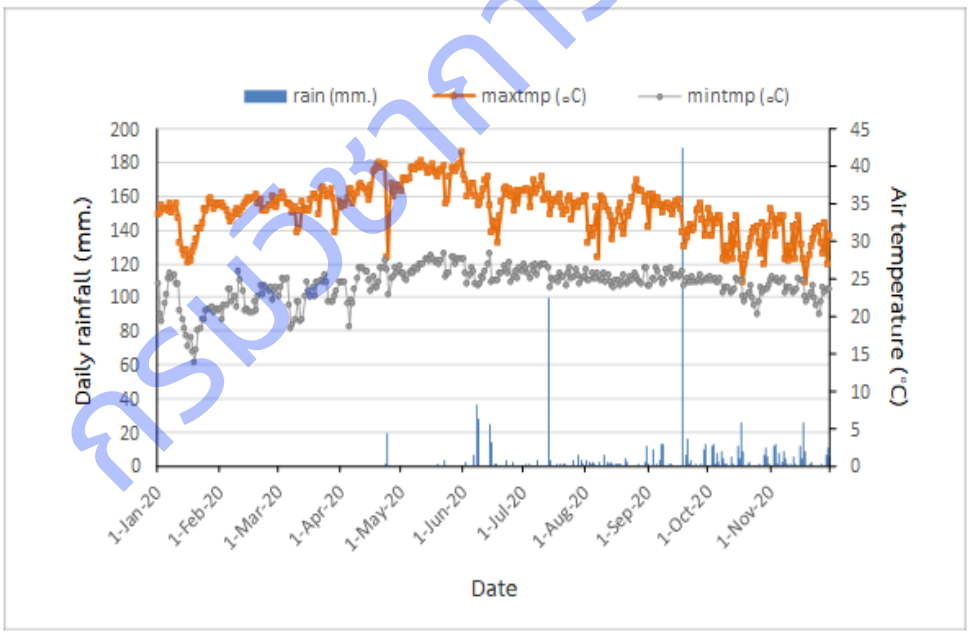


Figure 11 Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Tak Fa) from January to November 2020

กรมอุตุนิยมวิทยา

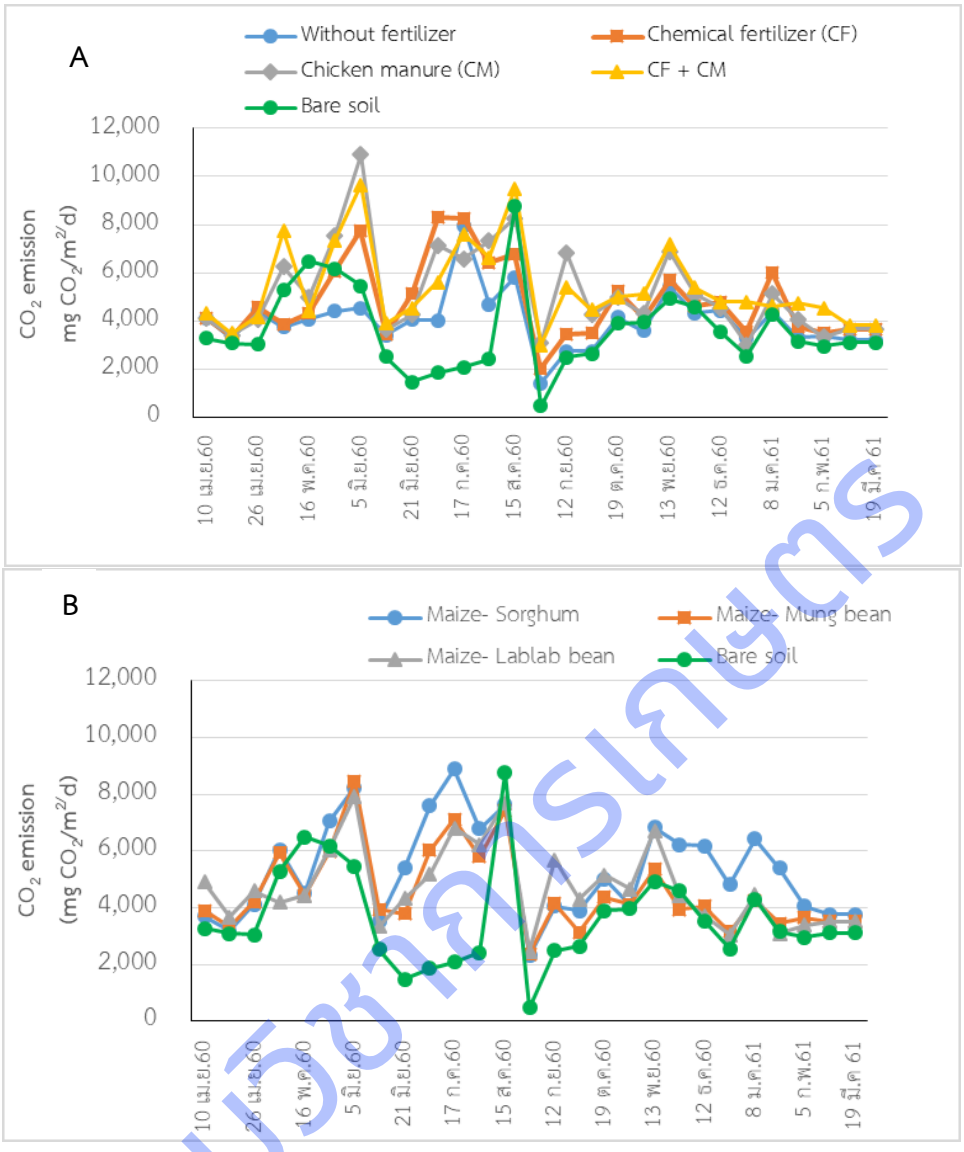


Figure 12 Amount of CO_2 emission from the soil surface under different fertilizer management (A) and cropping systems (B) in 2017/2018

24th Apr. 2017 Appyling chicken manure
15th May 2017 Planting maize
22nd May. 2017 1st applying fertilizer
6th Jun. 2017 2nd applying fertilizer
10th Sep. 2017 Harvesting maize
17th Oct. 2017 Planting 2nd crops
17th Feb. 2018 Harvesting the 2nd crops

กรมวิชาการเกษตร

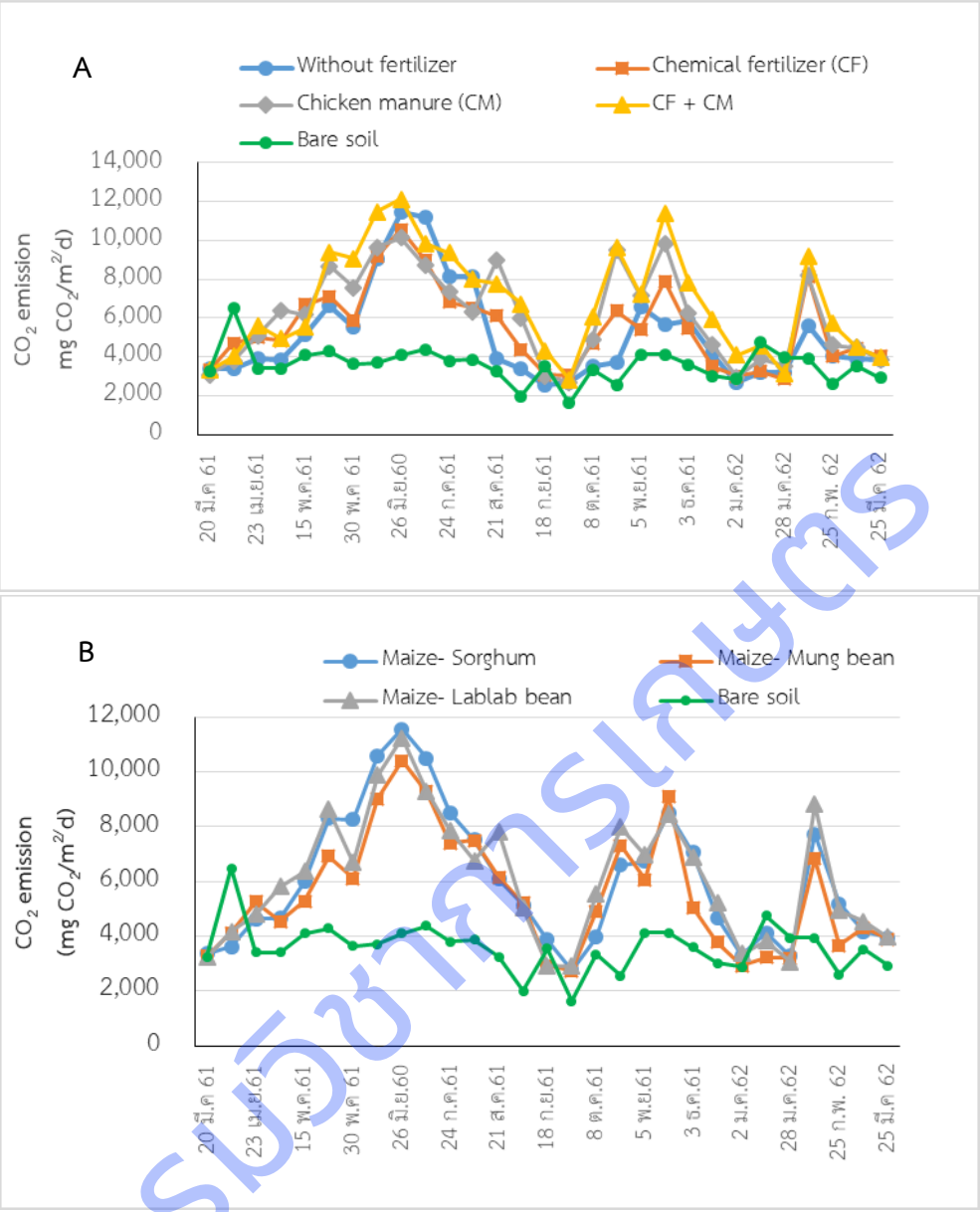


Figure 13 Amount of CO_2 emission from the soil surface under different fertilizer management (A) and cropping systems (B) in 2018/2019

27th Apr. 2018 Appyling chicken manure 9th May 2018 Planting maize

16nd May. 2018 1st applying fertilizer 28th Jun. 2018 2nd applying fertilizer

4th Sep. 2018 Harvesting maize 20th Sep. 2018 Planting 2nd crops

29th Nov. 2018 Harvesting mung bean 26th Jan. 2018 Harvesting sorghum and lablab bean

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

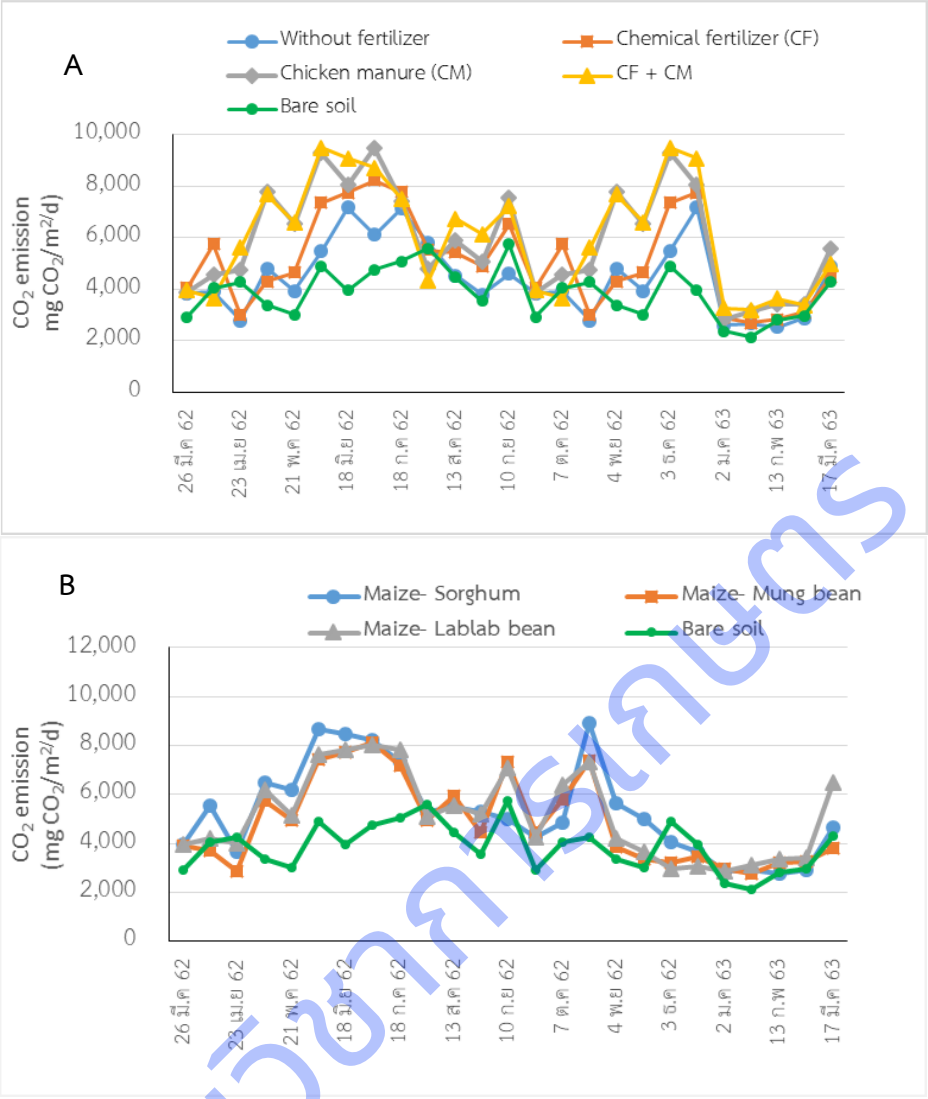


Figure 14 Amount of CO_2 emission from the soil surface under different fertilizer management (A) and cropping systems (B) in 2019/2020

22th Apr. 2019 Appyling chicken manure
13th May 2019 Planting maize
20nd May. 2019 1st applying fertilizer
4th Jun. 2019 2nd applying fertilizer
9th Sep. 2019 Harvesting maize
19th Sep. 2019 Planting 2nd crops
8th Jan. 2019 Harvesting the 2nd crops

กรมวิชาการเกษตร

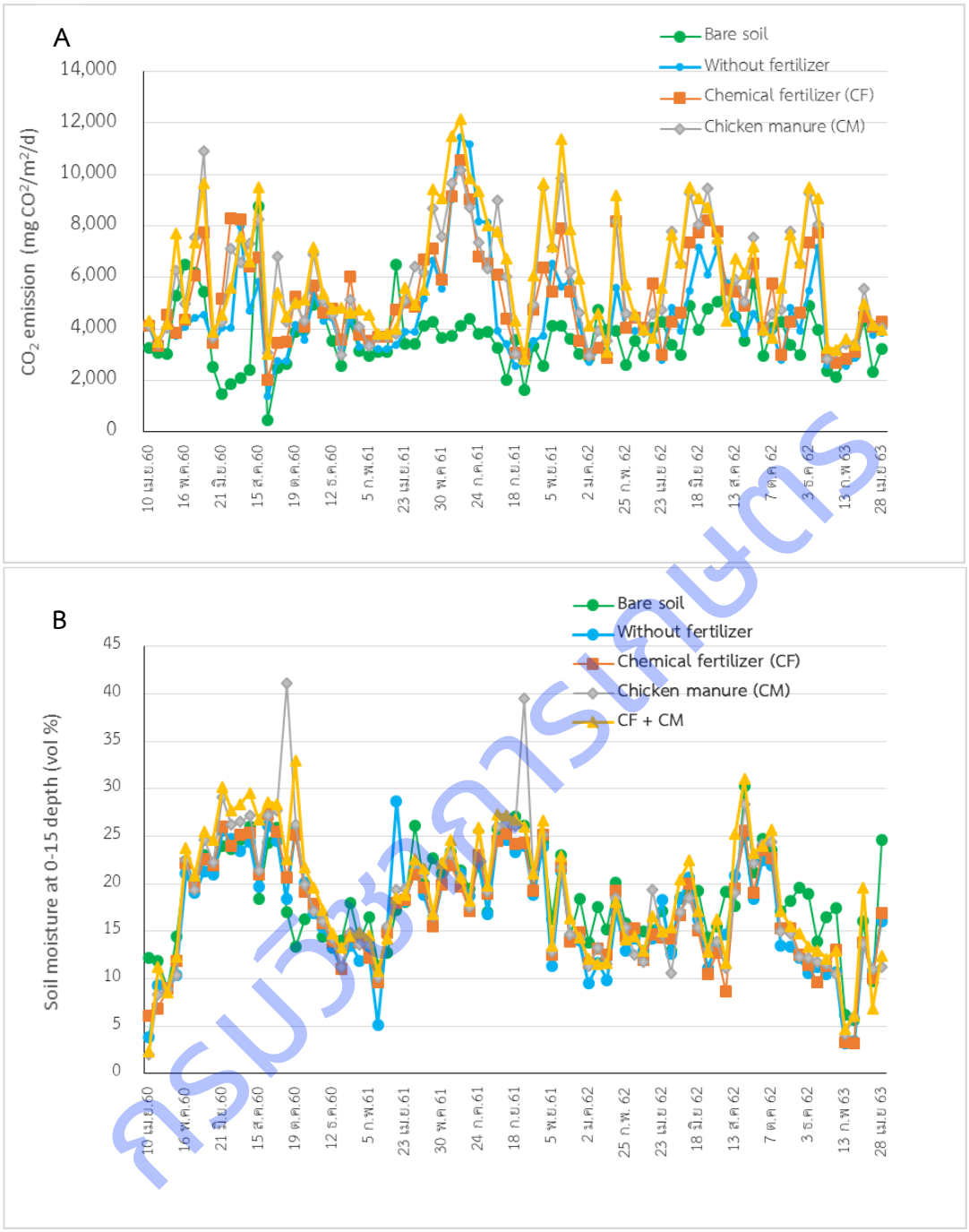


Figure 15 Amount of CO_2 emission from the soil surface (A) and soil moisture (B) under different fertilizer management and cropping systems in maize field form April 2017 to April 2020

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

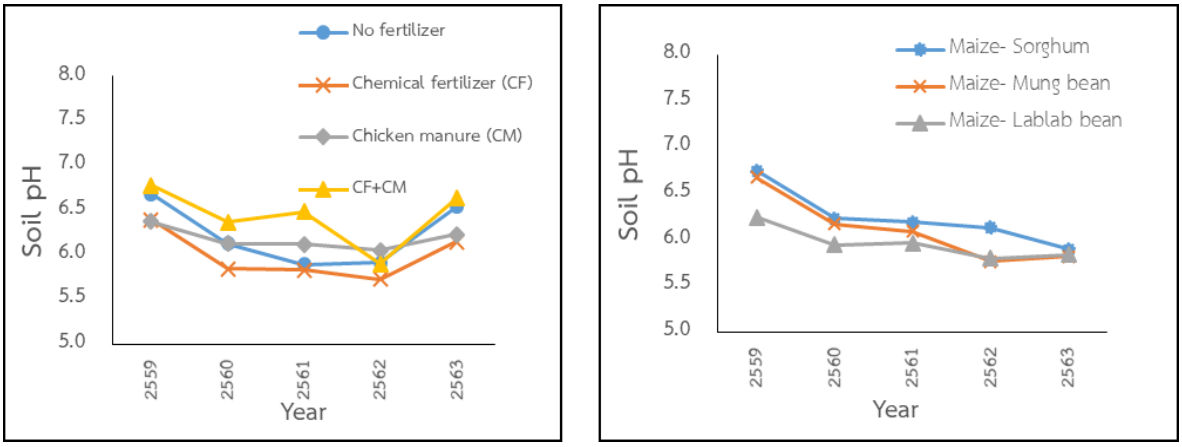


Figure 16 Change of soil pH under different fertilizer management (A) and cropping systems (B) in maize field

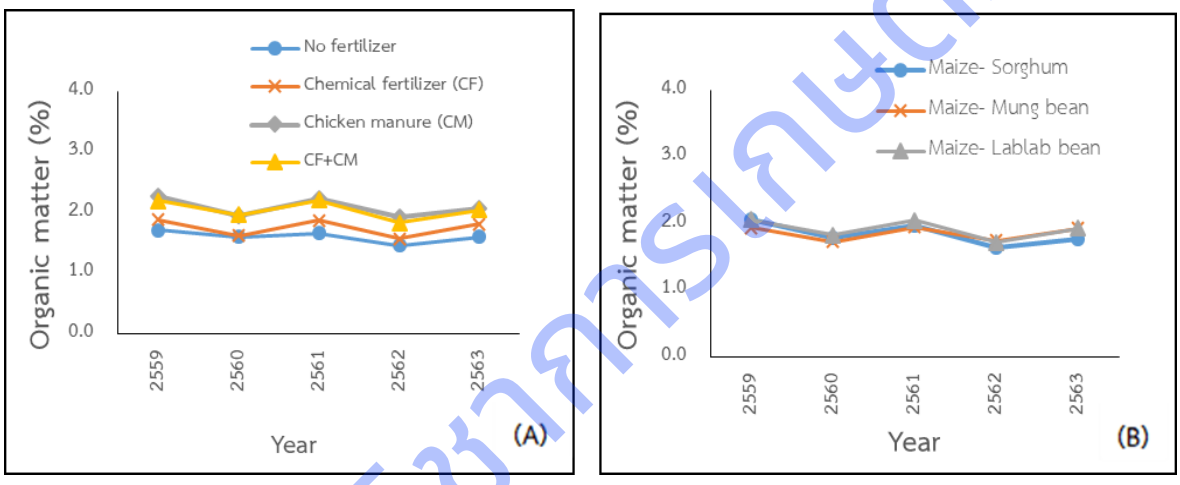


Figure 17 Change of soil organic matter under different fertilizer management (A) and cropping systems (B) in maize field

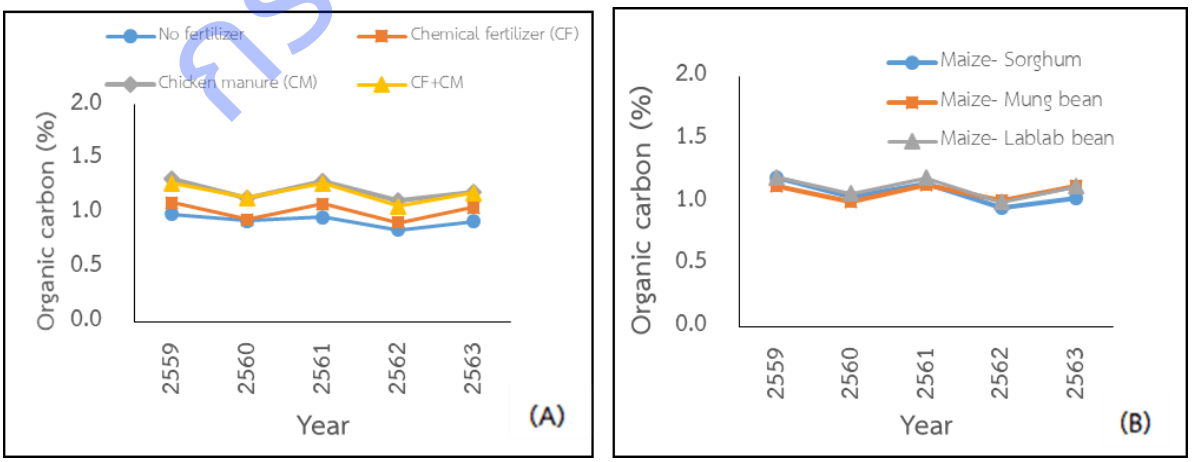


Figure 18 Change of soil organic carbon under different fertilizer management (A) and cropping systems (B) in maize field

กรมวิชาการเกษตร

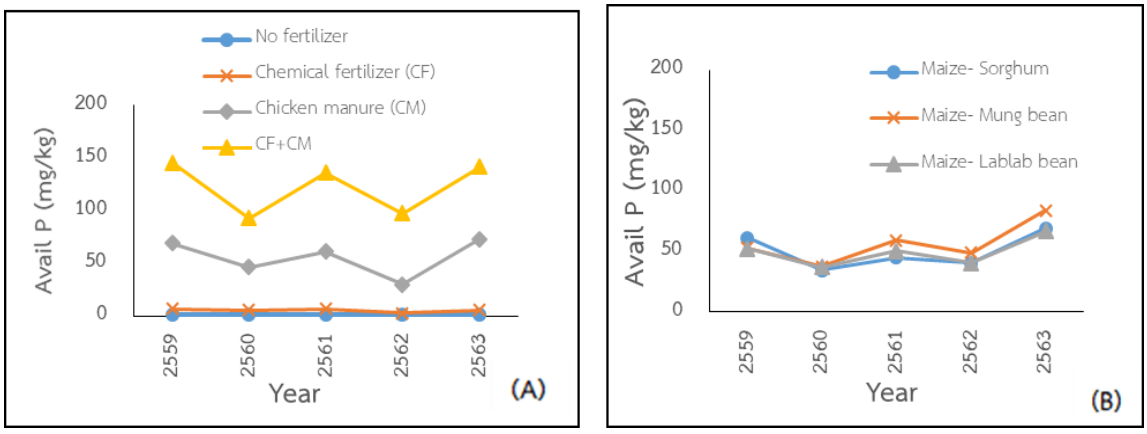


Figure 19 Change of available phosphorus in soil under different fertilizer management (A) and cropping systems (B) in maize field

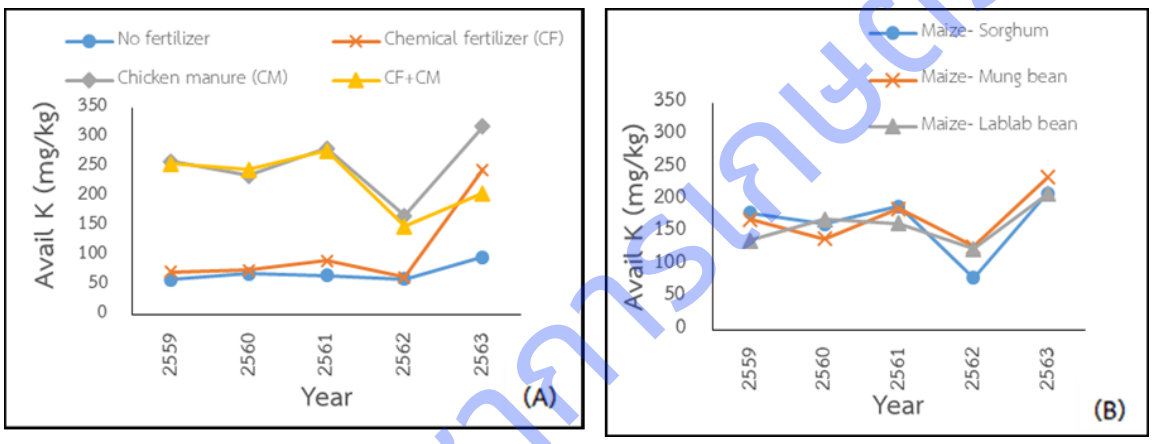
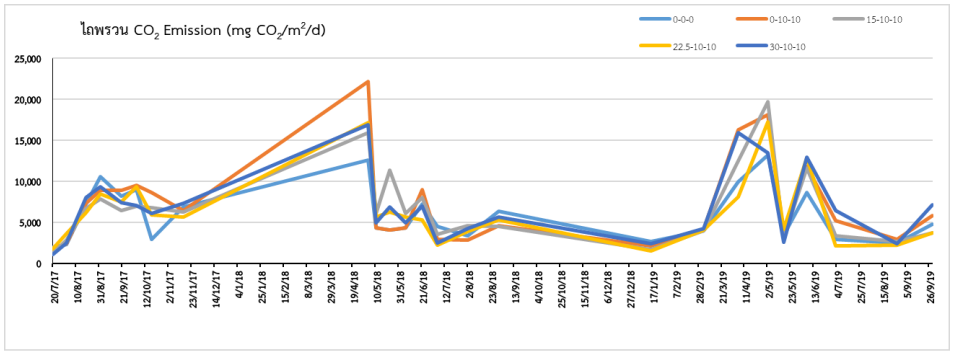
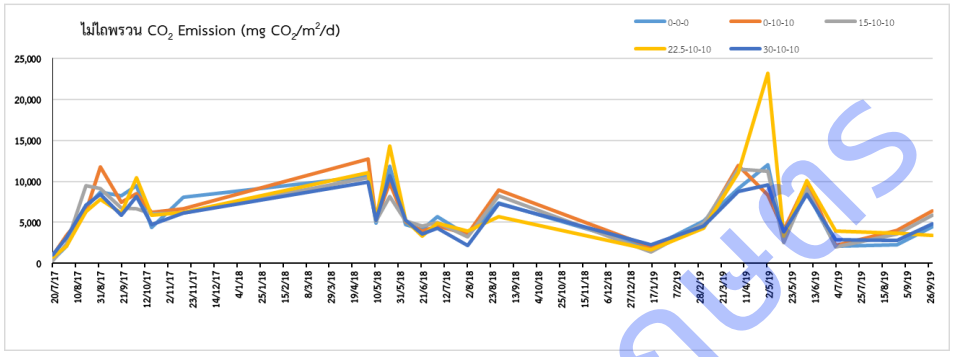


Figure 20 change of exchageable potassium in soil under different fertilizer management (A) and cropping systems (B) in maize field

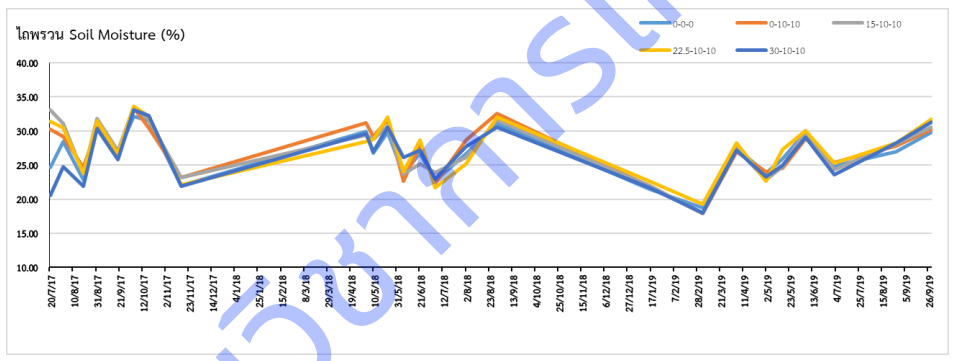
กรมวิชาการเกษตร

(A)





(B)



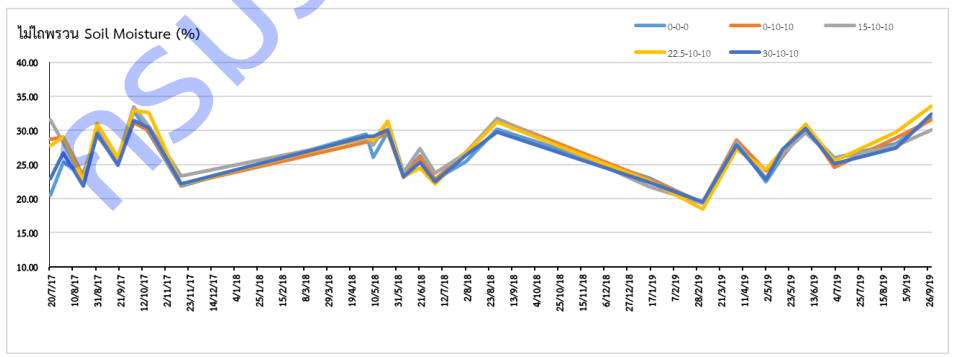


Figure 21 Carbon dioxide emission (CO_2) from soil surface (A) and soil moisture at 0-15 cm depth (B) in a maize field at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province from 2017 to 2019

ศูนย์วิทยทรัพยากร

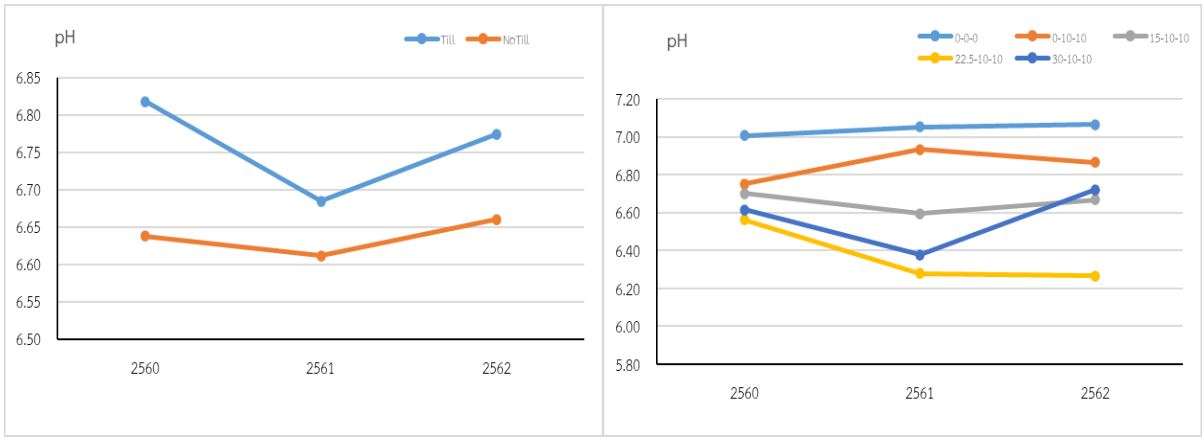


Figure 22 Effect of fertilizer management with long-term no-tillage practice on soil pH changes in a maize field at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province

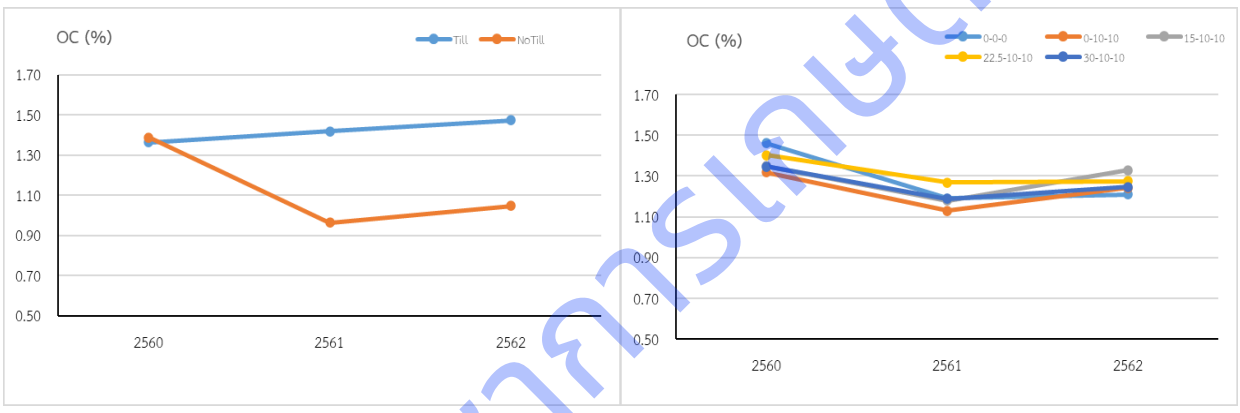


Figure 23 Effect of fertilizer management with long-term no-tillage practice on the change of soil organic carbon in a maize field at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province

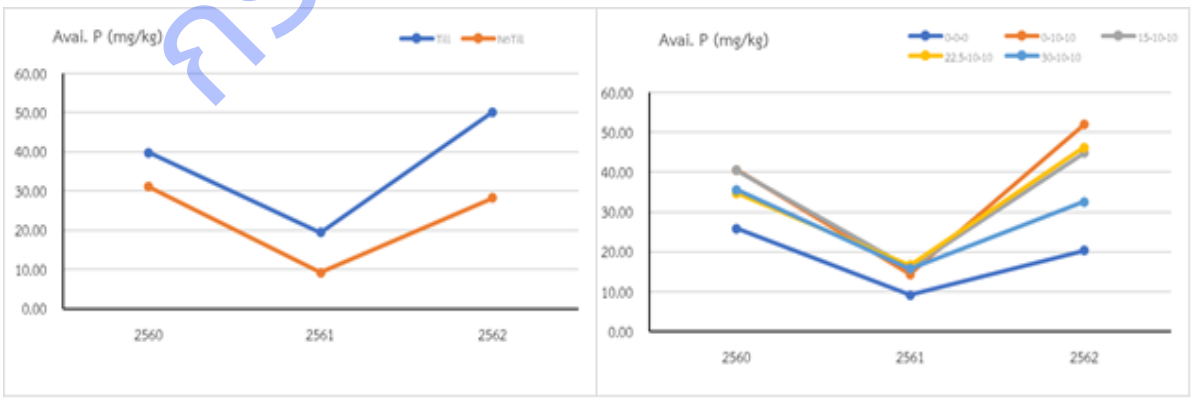


Figure 24 Effect of fertilizer management with long-term no-tillage practice on the change of available phosphorus in soil in a maize field at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima Province

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 2

การจัดการน้ำร่วมกับการจัดการปุ๋ยในพื้นที่ปลูกอ้อย

Water Management Integrated with Fertilizer Management in Sugarcane Cultivation Areas

ชื่อผู้วิจัย

ชยันต์ ภักดีไทย เนติรัฐ ชุมสุวรรณ ศรีสุดา ทิพยรักษ์

Chayan Pakdeethai Netirat Chumsuwan Srisuda Thippayarugs

คำสำคัญ (Key words)

การกักเก็บคาร์บอน อินทรียวัตถุ คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเรือนกระจก อ้อย

Carbon Sequestration, Organic matter, Carbon dioxide, Greenhouse gas, Sugarcane

บทคัดย่อ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น อินทรีย์คาร์บอนในดินมีการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย จึงได้ทำการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำอย่างเหมาะสมในดินทรายปนร่วนต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในพื้นที่ปลูกอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ผลการทดลองพบว่า การให้น้ำอ้อยที่ระดับความชื้น 25.0-37.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นดิน (%AWC) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการปลูกอ้อยแบบให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อย และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อยอัตรา 1 ตันต่อไร่ ส่งเสริมให้อ้อยให้ผลผลิตสูง การให้น้ำที่ระดับความชื้น 12.5 %AWC ทำให้สูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากดินน้อยสุด และพบว่าการปลูกอ้อยแบบให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อย ร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และกากตะกอนหม้อกรองอ้อย มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 เฉลี่ยตลอดฤดูปลูกไม่แตกต่างจากการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยในดินร่วนปนทรายขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่าปัจจัยอื่น และมีปริมาณการปล่อย CO_2 จากผิวดินมากสุดในช่วงระยะที่อ้อยมีอายุ 196-285 วันหลังปลูก หรือในระยะสร้างน้ำตาล ซึ่งอ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด

Abstracts

Thailand is located in the tropical monsoons; soil organic carbon decomposes rapidly and it is constantly changing depending on many factors. Therefore, the effect of fertilizer management combination with appropriate watering in sandy soils on soil carbon storage and greenhouse gas emissions were studied in the area of sugarcane ratoon: varieties Khon Kaen 3 cultivation at Khon Kaen Field Crops Research Center, Khon Kaen Province. The results showed that watering at 25.0-

สงวนลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

37.5 percent of soil moisture capacity (%AWC) combined with chemical fertilizers application based on soil analysis or sugarcane cultivation with supplementary water to crop requirements and application chemical fertilizers based on soil analysis combined with the use of filter cake at the rate of 1 t rai^{-1}, promotes sugarcane to produce high yields. Applying water at 12.5 %AWC resulted in the least loss of organic carbon from soil. And found that the sugarcane cultivation with supplementary water to crop requirements together with the use of fertilizers based on soil analysis and filter cake, an average amount of carbon dioxide (CO_2) emissions throughout the growing season is no different from that of rainfed sugarcane cultivation. CO_2 emissions from soil surface in sugarcane plantation area in sandy loam are more dependent on sugarcane growth rates than other factors. And had the highest surface CO_2 emissions during sugarcane age 196-285 days after planting or during sugar production period. In which sugarcane has the highest growth rate.

บทนำ (Introduction)

ภาวะโลกร้อนมีสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรอันเนื่องมาจากกิจกรรมความต้องการของมนุษย์ซึ่งเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลก โดยปัจจุบันความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 380 ส่วนในล้านส่วน จากเดิมเมื่อ 150 ปีก่อนที่มีเพียง 280 ส่วนในล้านส่วน การกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ในพื้นที่เกษตรเป็นแนวทางหนึ่งที่หลายประเทศนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่ปัจจัยหลักๆ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ และการทำการเกษตร ทำให้มีการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดิน และปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ ในทางกลับกันหากมีการจัดการดิน-ปุ๋ย-น้ำและพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพกับพื้นที่ปลูก พื้นที่ทำการเกษตรก็จะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญแหล่งหนึ่ง ประเทศไทยยังจัดเป็นกลุ่มที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 25 ของโลก และเป็นลำดับที่ 2 ในอาเซียน รองจากประเทศอินโดนีเซีย จากการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เพื่อประเมินความต้องการข้อมูลด้านการเกษตรที่ต้องจัดเก็บเพิ่มตามคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของ IPCC โดยจำแนกตามแหล่งปล่อย เช่น นาข้าว ปศุสัตว์ การจัดการพื้นที่ ฯลฯ และรายสินค้าที่สำคัญ เช่น ข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง อ้อย ปาล์มน้ำมัน ฯลฯ และอื่น ๆ โดยจัดทำฐานข้อมูลการคำนวณและแสดงตัวอย่างการคำนวณตามวิธีการการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment; LCA) ครอบคลุมตั้งแต่การผลิตจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า การปลูกพืชไร่ล้วนแต่ทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังกล่าว ส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งการปลูกอ้อยในปี 2554 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 2.2 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปีการเพาะปลูก 2562/63 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 11.959 ล้านไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2563) ซึ่งหากสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกอ้อยได้ จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และช่วยลดก๊าซ

กรมวิชาการเกษตร

คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช จึงเป็นการช่วยบรรเทาการเกิดภาวะโลกร้อน และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองตั้งแต่ปี 2560 ถึงปี 2563 เพื่อศึกษาถึงผลของการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพร่วมกับการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีการวิจัย

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

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

กรมวิชาการเกษตร

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 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 ข้อมูลการ

กรมวิชาการเกษตร

เจริญเติบโต การให้ผลผลิตของอ้อย และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของอ้อย ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของอ้อย เพื่อนำมาคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ใส่กลับลงไปในดินและที่สูญหายออกไปจากพื้นที่

เวลาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

เวลาดำเนินการวิจัย	เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2560 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2563
สถานที่ดำเนินการวิจัย	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

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 (Table 27)

สำหรับปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกปี 2560/61 เท่ากับ 1,268 มิลลิเมตร ฤดูปลูกปี 2561/62 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,145 มิลลิเมตร และฤดูปลูกปี 2562/63 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,090 มิลลิเมตร (Figure 25)

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 เซนติเมตร (Table 28) ยาวกว่าอ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนอย่างเด่นชัด (157 เซนติเมตร) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในวันที่ 8 มกราคม 2561 การให้น้ำเสริมที่ระดับต่างๆไม่ส่งผลให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งการให้น้ำเสริมที่ระดับ 12.5 % AWC อ้อยให้ผลผลิต 9.5 ตันต่อไร่ และให้ค่า CCS เท่ากับ 13.49 จึงทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลที่สูงถึง 1277 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 29)

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 (Table 30) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในวันที่ 8 มกราคม 2562 การให้น้ำเสริมที่ระดับต่างๆ ไม่ส่งผลให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งการให้น้ำเสริมที่ระดับ 12.5 % AWC อ้อยให้ผลผลิต 12.9 ตันต่อไร่ และให้ค่า CCS เท่ากับ 12.8 จึงทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลที่สูงถึง 1661 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 31)

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 และมีขนาดเส้น

กรมวิชาการเกษตร

ผ่านศูนย์กลางลำ 1.12 เซนติเมตร (Table 32) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในวันที่ 9 มกราคม 2563 การให้น้ำเสริมที่ระดับต่างๆ ไม่ส่งผลให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งการให้น้ำเสริมที่ระดับ 12.5 % AWC อ้อยให้ผลผลิต 7.74 ตันต่อไร่ และให้ค่า CCS เท่ากับ 17.8 จึงทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลที่สูงถึง 1357 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 33)

3) ผลของการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของอ้อยตอ 8-10 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างส่วนต่างๆของอ้อยตอ 8 -10 ในช่วงเก็บเกี่ยว พบว่า การให้น้ำที่ต่างกันไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในลำต้น ใบสด และใบแห้งแตกต่างกัน (Table 34) อ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวมีอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำต้น 49.9 เปอร์เซ็นต์ ใบสด 50.5 เปอร์เซ็นต์ และใบแห้ง 50.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ 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 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อคิดเป็นปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพใบแห้ง และลำต้นของอ้อย (Table 35) 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

เมื่อเริ่มดำเนินการทดลองกรรมวิธีการให้น้ำ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ มีปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินมากที่สุด 3.69 กรัม C ต่อกิโลกรัม และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลดลงเหลือ 3.67 กรัม C ต่อกิโลกรัม (Table 36) 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 (Figure 26) 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

กรมวิชาการเกษตร

ตัน C ต่อไร่ต่อปี (Table 37) 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

กรมวิชาการเกษตร

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 (Table 38) ส่วนกากตะกอนหม้อกรองอ้อย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.91 มีอินทรีย์คาร์บอน 7.9 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตันต่อไร่ จะมีคาร์บอนใส่ลงไปในดิน 60.4กิโลกรัม C ต่อไร่ (Table 39)

2) ปริมาณน้ำฝนแต่ละปีในพื้นที่ทดลอง

สำหรับปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกปี 2560/61 เท่ากับ 1,268 มิลลิเมตร ฤดูปลูกปี 2561/62 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,145 มิลลิเมตร และฤดูปลูกปี 2562/63 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,090 มิลลิเมตร (Figure 25)

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 (Table 40) 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 (Table 41)

สำหรับฤดูปลูกปี 2561/62 การเจริญเติบโตของอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุ 12 เดือน การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนลำต่อกอของอ้อยตอ แต่มีผลต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาว

กรมวิชาการเกษตร

ลำมากกว่ากรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝน และกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ อ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำมากสุด 2.93 เซนติเมตร และ 253 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 42) 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 (Table 43)

ส่วนฤดูปลูกปี 2562/63 การเจริญเติบโตของอ้อยตอ 2 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุ 12 เดือน พบว่า การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนลำต่อกอของอ้อยตอ แความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำ โดยกรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝนอ้อยร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 18-3-12 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ อ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนลำที่เก็บเกี่ยวมากสุด (Table 44) 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 โดยการจัดการน้ำร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อ้อยให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 10.2 ตันต่อไร่ แต่การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่ทำให้ค่า CCS ของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ (Table 45)

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 (Table 46) เมื่อคิดเป็นปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพในส่วนของใบแห้ง และลำต้นของอ้อย พบว่า การปลูกอ้อยด้วยการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในลำต้นอ้อย (2850 กิโลกรัม C ต่อไร่) มากกว่าการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน (2392 กิโลกรัม C ต่อไร่) และการปลูกอ้อยด้วยการจัดการน้ำตามความต้องของอ้อยร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรอง 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในลำต้นสูงสุด 2988 กิโลกรัม C ต่อไร่ (Table 47) ส่วนการกักเก็บคาร์บอนในใบแห้ง พบกว่าการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P_2O_5-

กรมวิชาการเกษตร

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 (Table 48, 49 and 50; Figure 26 and 27) 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 (Table 51) 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 นอกจากนี้เมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินในสภาพอาศัยน้ำฝนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินเฉลี่ยมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่เมื่อมีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินลงได้ (Table 51)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

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 พบว่าในสภาพที่มีการให้น้ำ ส่งเสริมให้เกิดการสลายตัวของกากตะกอนหม้อกรอง จึงทำให้มีการปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากผิวดินในระยะแรกมากกว่าการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน

กรมวิชาการเกษตร

Table 27 Soil properties before planting at Khon Kaen Field Crops Research Center

Soil depth (cm)	pH [1] (1:1)	OM [1] (%)	OC (%)	Available P [3] (mg kg^{-1})	Exchangeable K [4] (mg kg^{-1})	Texture [5]
48Q 267936E 1824015N						
0-20	6.3	0.59	0.34	29	45	Sand
20-50	6.0	0.51	0.29	15	55	Sand

Note: [1] Peech (1965), [2] Walkley and Black (1965), [3] Bray and Kurtz (1945), [4] Schollenberger and Simon (1945), [5] Hydrometer method

Table 28 Trunks length, number of trunks and trunk diameter of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (ratoon 8, 12 month) with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Trunks length (cm.)	Number of trunks	Trunk diameter (cm.)
1) Rainfed	157 b	4.1 ab	2.50
2) 12.5 %AWC	249 a	4.9 a	2.70
3) 25.0 %AWC	265 a	3.3 b	2.67
4) 37.5 %AWC	281 a	3.6 ab	2.62
5) 50.0 %AWC	261 a	4.9 a	2.80
F-test	*	*	ns
CV. (%)	10.84	17.95	8.09

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT
ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

Table 29 Yield component of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (ratoon 8, 12 month) with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Number of harvested trunks (trunk rai^{-1})	Yield (t rai^{-1})	CCS	Sugar yield (kg rai^{-1})
1) Rainfed	4,464	4.90 b	13.93	635 b
2) 12.5 %AWC	7,190	9.50 a	13.49	1,277 ab
3) 25.0 %AWC	7,091	9.93 a	11.56	1,141 ab
4) 37.5 %AWC	6,479	10.56 a	9.79	955 ab
5) 50.0 %AWC	6,242	10.36 a	13.37	1,383 a
F-Test	ns	*	ns	*
CV. (%)	28.13	9.05	12.43	33.46

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

กรมการข้าว

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

กรมวิชาการเกษตร

Table 30 Trunks length, number of trunks and trunk diameter of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (ratoon 9, 12 month) with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Trunks length (cm.)	Number of trunks	Trunk diameter (cm.)
1) Rainfed	179 b	7.6	2.74
2) 12.5 %AWC	253 a	6.1	2.85
3) 25.0 %AWC	243 a	5.7	2.95
4) 37.5 %AWC	237 a	6.5	3.06
5) 50.0 %AWC	264 a	5.9	3.03
F-test	*	ns	ns
CV. (%)	10.03	20.62	7.24

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

Table 31 Yield component of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (ratoon 9, 12 month) with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Number of harvested trunks (trunk rai^{-1})	Yield (t rai^{-1})	CCS	Sugar yield (kg rai^{-1})
1) Rainfed	4,405 b	3.90 c	12.26	494 c
2) 12.5 %AWC	8,296 a	12.88 a	12.83	1,661 a
3) 25.0 %AWC	7,546 ab	12.48 a	11.47	1,421 ab
4) 37.5 %AWC	9,798 a	8.92 b	11.51	944 bc
5) 50.0 %AWC	8,158 a	10.92 ab	13.20	1,412 ab
F-Test	*	*	ns	*
CV. (%)	25.46	13.26	20.45	28.97

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

Table 32 Trunks length, number of trunk and trunk diameter of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (ratoon 10, 12 month) with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Trunks length (cm.)	number of trunks	Trunk diameter (cm.)
1) Rainfed	48 b	2.4 b	1.12 b
2) 12.5 %AWC	207 a	6.3 a	2.62 a
3) 25.0 %AWC	194 a	5.4 a	2.45 a
4) 37.5 %AWC	181 a	6.5 a	2.76 a

กรมวิชาการเกษตร

Treatment	Trunks length (cm.)	number of trunks	Trunk diameter (cm.)
5) 50.0 %AWC	195 a	5.6 a	2.69 a
F-test	*	ns	ns
CV. (%)	13.76	24.14	24.32

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

กรมวิชาการเกษตร

Table 33 Yield component of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (ratoon 10, 12 month) with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Number of harvested trunks (trunk rai^{-1})	Yield (t rai^{-1})	CCS	Sugar yield (kg rai^{-1})
1) Rainfed	790 b	0.33 b	14.08 b	45
2) 12.5 %AWC	6,933 a	7.74 a	17.83 a	1,357
3) 25.0 %AWC	6,124 a	5.83 a	16.70 ab	1,003
4) 37.5 %AWC	5,136 a	4.67 ab	17.73 a	827
5) 50.0 %AWC	6,005 a	6.23 a	17.90 a	1,096
F-Test	*	*	*	ns
CV. (%)	28.22	46.56	7.33	47.99

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT
ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

Table 34 Average of organic carbon in each part of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (ratoon 8-10) with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Organic carbon (%)		
	Trunk	Fresh leaves	Dry leaves
1) Rainfed	49.9	50.5	50.1
2) 12.5 %AWC	50.1	49.0	48.9
3) 25.0 %AWC	49.0	49.1	50.1
4) 37.5 %AWC	50.3	47.3	50.0
5) 50.0 %AWC	53.9	49.7	49.8
F-test	ns	ns	ns
CV. (%)	1.51	2.24	2.97

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT
ns: non-significant

Table 35 The amount of total carbon in each part of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (ratoon 8-10) with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Total carbon content (t C rai^{-1})		
	Trunk	Fresh leaves	Dry leaves
1) Rainfed	449	24	38
2) 12.5 %AWC	1534	86	138
3) 25.0 %AWC	1469	80	145
4) 37.5 %AWC	1232	65	123

กรมวิชาการเกษตร

5) 50.0 %AWC	1517	80	157

กรมวิชาการเกษตร

Table 36 Change of soil organic carbon content at 0-20 cm depth in sugarcane: Khon Kaen varieties 3 plantations area with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center from 2017 to 2020

Treatment	Av. SOC start (g C kg^{-1})	Av. SOC End (g C kg^{-1})	Change of SOC content (g C kg^{-1} $year^{-1}$)
1) Rainfed	2.85	2.74	-4.5
2) 12.5 %AWC	3.38	3.25	-3.8
3) 25.0 %AWC	3.15	3.11	-12.5
4) 37.5 %AWC	3.69	3.67	-25.0
5) 50.0 %AWC	2.78	2.79	50.0

Table 37 The amount of CO_2 emissions in sugarcane: Khon Kaen varieties 3 plantations area with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center from 2017 to 2020

Treatment	CO_2 emission (g CO_2 $m^{-2}day^{-1}$)	CO_2 emission from soil surface (t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)			Average C loss (t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)	Average C loss (t C rai^{-1} $year^{-1}$)
		2017/18	2018/19	2019/20		
1) Rainfed	4.62	2.90	3.16	2.58	2.88	0.79
2) 12.5 %AWC	4.81	2.56	2.80	2.77	2.71	0.74
3) 25.0 %AWC	4.32	2.44	2.72	2.29	2.48	0.68
4) 37.5 %AWC	4.52	2.79	2.91	2.07	2.59	0.71
5) 50.0 %AWC	4.60	2.60	2.98	2.33	2.64	0.72

Table 38 Basic soil properties before planting at Khon Kaen Field Crops Research Center

Soil depth (cm)	pH (1:1)	Organic matter (%)	Organic Carbon (%)	Available P (mg kg^{-1})	Exchangeable K (mg kg^{-1})
0-20	5.3	0.36	0.21	37	51
20-50	4.8	0.26	0.15	58	74

กรมวิชาการเกษตร

Table 39 Chemical analysis of filter cake use in this study

Parameter	Value
pH (1:10)	7.1
EC (1:10)	5.2
Moisture Content (%)	23.5
Total Nitrogen (%)	1.2
Total Phosphate (%)	3.5
Total Potash (%)	0.6
Organic Matter (%)	13.6
Organic Carbon (%)	7.9
C/N	7/1
Ca (%)	4.9
Mg (%)	0.4
Fe (%)	0.9
Mn (%)	0.2

Table 40 Trunk diameter, trunks length and number of harvested trunks of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (12 months) with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center

	Trunk diameter (cm.)			Trunks length (cm.)			number of harvested trunks		
Treatment	RF[1/]	IR[2/]	Av.	RF	IR	Av.	RF	IR	Av.
0-0-0	2.80	2.91	2.85 b	299	347	323 c	3.9 c	4.4 bc	4.2
Filter cake	2.76	2.98	2.87 b	343	325	334 bc	4.5 bc	3.9 c	4.2
18-3-12	2.97	2.92	2.95 ab	336	365	350 ab	5.5 ab	4.6 bc	5.1
18-3-12+Filter Cake	2.87	3.12	3.00 a	351	381	366 a	5.3 ab	5.4 ab	5.3
27-4.5-18+Filter Cake	2.88	3.06	2.97 ab	373	362	368 a	5.8 a	5.0 abc	5.4
Average	2.86	3.00		340	356		5.0	4.7	
F-Test	(a) = ns, (b) = *			(a) = ns, (b) = *			(a) = ns, (b) = *		
	(a) x (b) = ns			(a) x (b) = ns			(a) x (b) = *		
CV. (%)	(a)		7.14	8.30			5.36		
	(b)		3.58	5.32			14.59		

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

[1/] Rainfed [2/] Water management with crop requirements

กรมวิชาการเกษตร

Table 41 Harvested produce, Commercial Cane Sugar (CCS) and sugar yield of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (12 months) with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center

	Harvested produce (t rai $^{-1}$)			CCS			Sugar yield (kg rai $^{-1}$)		
Treatment	RF	IR	Av.	RF	IR	Av.	RF	IR	Av.
0-0-0	20.00	24.94	22.47 bc	13.56	13.86	13.71 a	2,756	3,486	3,121
Filter cake	18.88	20.23	19.55 c	11.17	13.26	12.22 ab	2,153	2,713	2,433
18-3-12	22.06	24.42	23.24 ab	9.31	12.39	10.85 b	2,050	3,025	2,538
18-3-12+Filter Cake	23.18	26.51	24.84 ab	12.85	10.90	11.87 ab	2,986	2,890	2,938
27-4.5-18+Filter Cake	23.29	29.07	26.18 a	10.71	10.70	10.70 b	2,512	3,077	2,795
Average	21.48 b	25.03 a		11.52	12.22		2,492	3,038	
F-Test	(a) = *, (b) = *			(a) = ns, (b) = *			(a) = ns, (b) = ns		
	(a) x (b) = ns			(a) x (b) = ns			(a) x (b) = ns		
CV. (%)	(a)	6.88		12.88			25.05		
	(b)	12.80		14.35			22.97		

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

[1/] Rainfed [2/] Water management with crop requirements

Table 42 Trunk diameter, trunks length and number of harvested trunks of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (12 months): ratoon 1 with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center

	Trunk diameter (cm.)			Trunks length (cm.)			number of harvested trunks		
Treatment	RF[1/]	IR[2/]	Av.	RF	IR	Av.	RF	IR	Av.
0-0-0	2.81	2.83	2.82	205	226	216 b	4.6	4.5	4.6
Filter cake	2.71	2.93	2.82	237	233	235 a	4.3	4.4	4.3
18-3-12	2.95	2.94	2.95	227	245	236 a	4.6	5.2	4.9
18-3-12+Filter Cake	2.72	2.92	2.82	238	250	244 a	5.4	5.3	5.3
27-4.5-18+Filter Cake	2.82	2.93	2.87	242	253	248 a	4.6	4.4	4.5
Average	2.80	2.91		230	242		4.7	4.8	
F-Test	(a) = ns (b) = ns			(a) = ns (b) = *			(a) = ns (b) = ns		
	(a) x (b) = ns			(a) x (b) = ns			(a) x (b) = ns		
CV. (%)	(a)	13.75		18.48			18.48		
	(b)	5.66		4.74			16.66		

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

[1/] Rainfed [2/] Water management with crop requirements

กรมวิชาการเกษตร

Table 43 Harvested produce, Commercial Cane Sugar (CCS) and sugar yield of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (12 months): ratoon 1 with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Harvested produce (t rai $^{-1}$)			CCS			Sugar yield (kg rai $^{-1}$)		
	RF[1/]	IR[2/]	Av.	RF	IR	Av.	RF	IR	Av.
0-0-0	10.20	14.67	12.43	16.85	17.40	17.13	1,712	2,549	2,130
Filter cake	13.50	14.53	14.02	17.57	18.03	17.80	2,369	2,618	2,494
18-3-12	11.83	16.63	14.23	16.98	17.07	17.02	2,013	2,838	2,425
18-3-12+Filter Cake	12.17	16.90	14.53	18.29	16.81	17.55	2,214	2,839	2,527
27-4.5-18+Filter Cake	12.23	16.97	14.60	17.57	17.42	17.49	2,148	2,936	2,542
Average	11.99 b	15.94 a		17.45	17.34		2,091	2,756	
F-Test	(a) = *, (b) = ns (a) x (b) = ns			(a) = ns, (b) = ns (a) x (b) = ns			(a) = ns, (b) = ns (a) x (b) = ns		
CV. (%)	(a)	14.50		3.26			11.51		
	(b)	14.37		4.45			15.47		

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

[1/] Rainfed [2/] Water management with crop requirements

Table 44 Trunk diameter, trunks length and number of harvested trunks of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (12 months): ratoon 2 with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Trunk diameter (cm.)			Trunks length (cm.)			number of harvested trunks		
	RF[1/]	IR[2/]	Av.	RF	IR	Av.	RF	IR	Av.
0-0-0	2.56	2.65	2.61	153	191	172 bc	2.7 c	4.0	3.3
Filter cake	2.76	2.61	2.69	172	200	186 a	3.8 ab	3.6	3.7
18-3-12	2.80	2.59	2.70	141	199	170 c	3.1 bc	4.0	3.5
18-3-12+Filter Cake	3.05	2.68	2.87	165	205	185 ab	4.2 a	4.2	4.2
27-4.5-18+Filter Cake	2.65	2.69	2.67	186	201	194 a	3.9 ab	3.7	3.8
Average	2.77	2.65		163	199		3.5	3.9	
F-Test	(a) = ns, (b) = ns (a) x (b) = ns			(a) = ns, (b) = * (a) x (b) = ns			(a) = ns, (b) = ns (a) x (b) = *		
CV. (%)	(a)	18.18		28.72			31.44		
	(b)	7.51		6.17			13.61		

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

กรมวิชาการเกษตร

[1/] Rainfed [2/] Water management with crop requirements

กรมวิชาการเกษตร

Table 45 Harvested produce, Commercial Cane Sugar (CCS) and sugar yield of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 (12 months): ratoon 2 with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center

	Harvested produce (t rai $^{-1}$)			CCS			Sugar yield (kg rai $^{-1}$)		
Treatment	RF[1/]	IR[2/]	Av.	RF	IR	Av.	RF	IR	Av.
0-0-0	5.23	7.77	6.50 c	17.67	17.40	17.54	910	1,342	1,126 b
Filter cake	7.20	8.70	7.95 abc	16.82	18.03	17.43	1,221	1,567	1,394 ab
18-3-12	4.53	8.97	6.75 bc	16.91	17.07	16.99	766	1,549	1,158 b
18-3-12+Filter Cake	6.07	10.67	8.37 ab	18.29	16.81	17.55	1,098	1,771	1,435 ab
27-4.5-18+Filter Cake	7.67	10.97	9.32 a	17.57	17.42	17.49	1,349	1,904	1,627 a
Average	6.14	9.41		17.45	17.34		1,069	1,626	
F-Test	(a) = ns, (b) = *			(a) = ns, (b) = ns			(a) = ns, (b) = ns		
	(a) x (b) = ns			(a) x (b) = ns			(a) x (b) = ns		
CV. (%)	(a)	66.24		3.26			63.12	19.13	
	(b)	19.12		4.35			19.13		

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: significantly P value < 0.05

[1/] Rainfed [2/] Water management with crop requirements

Table 46 The average of organic carbon in each part of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 with continuous water management

	Organic carbon (%)								
	Trunk			Fresh leaves			Dry leaves		
Treatment	RF[1/]	IR[2/]	Av.	RF	IR	Av.	RF	IR	Av.
0-0-0	52.9	51.6	52.2	50.3	49.2	50.9	47.4	48.0	47.7
Filter cake	53.0	51.7	52.4	50.3	48.8	50.7	47.4	47.9	47.7
18-3-12	52.6	51.6	52.1	49.9	49.4	51.1	48.2	48.3	48.3
18-3-12+Filter Cake	52.4	51.4	51.9	49.5	48.8	50.7	48.3	48.9	48.6
27-4.5-18+Filter Cake	52.2	51.2	51.7	49.6	48.8	50.8	49.2	49.6	49.4
Average	52.6	51.5		49.9	49.0		48.1	48.5	

Table 47 The average amount of total carbon in each part of sugarcane: Khon Kaen varieties 3 with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center

	Total carbon content (kg C rai $^{-1}$)								
	Trunk			Fresh leaves			Dry leaves		
Treatment	RF[1/]	IR[2/]	Av.	RF	IR	Av.	RF	IR	Av.
0-0-0	2506	2954	2730	93	105	99	176	202	189

กรมวิชาการเกษตร

Filter cake	2579	2988	2783	94	108	101	183	207	195
18-3-12	2395	2925	2660	90	107	98	181	198	189
18-3-12+Filter Cake	2335	2751	2543	91	103	97	184	210	197
27-4.5-18+Filter Cake	2145	2632	2388	84	102	93	189	213	201
Average	2392	2850		90	105		182	206	

กรมวิชาการเกษตร

Table 48 Carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface in sugarcane cultivation area: Khon Kaen varieties 3 with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center (2016/2017)

		Treatment					
Water management	Age (DAP)	0-0-0	Filter cake (FC)	18-3-12	18-3-12+FC	27-4.5-18+FC	Bare soil
Rainfed	23	2,947	2,353	2,999	2,534	2,663	2,611
	54	4,574	5,039	4,160	4,444	3,824	4,315
	82	3,620	2,663	2,430	2,676	2,715	2,676
	113	5,455	6,153	5,378	4,886	6,438	5,972
	143	9,379	12,636	9,973	9,999	9,068	8,732
	175	2,967	3,820	4,440	4,751	4,492	4,828
	205	4,214	3,206	4,770	4,899	4,369	4,318
	241	8,429	4,292	9,256	6,076	6,283	7,420
	267	6,069	4,570	5,837	5,216	6,742	5,733
	310	3,768	2,760	4,906	4,777	4,777	3,898
	332	2,708	4,130	2,967	3,018	2,605	2,269
	372	3,768	2,863	3,768	3,303	2,812	2,967
Crop requirements	23	2,689	2,611	2,792	2,947	2,999	3,103
	54	4,108	4,987	4,186	4,806	4,031	5,013
	82	2,870	3,413	2,637	2,624	2,560	3,141
	113	5,378	4,447	5,481	4,835	4,680	4,240
	143	8,500	8,732	12,223	10,051	8,551	9,043
	175	3,820	4,285	5,428	4,104	4,673	4,725
	205	4,163	3,904	3,361	4,033	4,344	5,662
	241	9,928	7,472	5,843	3,852	6,981	8,429
	267	5,526	6,793	4,001	6,018	5,759	7,802
	310	3,949	5,009	2,708	5,164	5,501	4,958
	332	2,838	3,070	2,191	2,605	2,941	3,122
	372	3,329	2,967	3,096	2,812	3,329	2,631

กรมวิชาการเกษตร

Table 49 Carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface in sugarcane cultivation area: Khon Kaen varieties 3 with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center (2017/2018)

		Treatment					
Water management	Age (DAP)	0-0-0	Filter cake (FC)	18-3-12	18-3-12+FC	27-4.5-18+FC	Bare soil
Rainfed	43	4,266	3,180	3,025	3,749	3,413	2,534
	95	8,429	4,292	9,256	6,076	6,283	7,420
	131	5,791	6,774	4,059	6,645	5,042	6,696
	159	5,055	3,839	4,977	3,865	5,572	3,969
	188	3,620	4,007	5,791	8,092	6,153	5,016
	217	2,676	3,477	4,227	4,227	4,977	5,804
	257	3,811	4,354	3,733	4,457	3,578	4,690
	288	4,615	3,684	3,012	4,072	4,253	3,943
	316	3,154	1,836	2,094	1,836	2,198	2,353
	334	4,466	2,812	2,838	2,605	3,406	2,967
Crop requirements	43	2,689	2,870	2,663	3,671	3,128	4,007
	95	9,928	7,472	5,843	3,852	6,981	8,429
	131	4,757	4,757	4,318	6,748	5,404	6,231
	159	5,339	2,960	4,667	4,693	4,279	6,011
	188	3,723	3,904	4,007	7,136	4,861	7,110
	217	2,702	4,667	2,934	4,305	5,339	6,425
	257	4,018	3,397	3,242	4,819	4,147	4,354
	288	4,486	3,762	3,064	4,331	4,822	3,762
	316	3,413	1,706	1,525	2,379	1,939	2,430
	334	3,096	2,967	2,915	2,605	2,889	3,148

กรมวิชาการเกษตร

Table 50 Carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface in sugarcane cultivation area: Khon Kaen varieties 3 with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center (2018/2019)

		Treatment					
Water management	Age (DAP)	0-0-0	Filter cake (FC)	18-3-12	18-3-12+FC	27-4.5-18+FC	Bare soil
Rainfed	9	4,466	2,812	2,838	2,605	3,406	2,967
	74	4,253	2,934	3,348	3,658	3,529	3,426
	103	6,308	2,068	3,464	2,818	2,404	2,766
	135	4,731	4,188	4,721	3,904	4,240	4,783
	194	4,602	3,956	5,921	4,550	5,300	4,292
	229	4,641	4,744	4,589	5,080	5,236	5,520
	256	6,399	3,219	3,245	3,762	3,865	3,788
	284	4,602	3,206	5,016	3,904	4,473	4,602
	324	4,525	4,188	4,447	4,550	4,628	4,059
Crop requirements	9	3,096	2,967	2,915	2,605	2,889	3,148
	74	3,710	3,141	3,400	3,529	3,503	3,607
	103	6,851	3,103	5,042	6,308	6,360	7,368
	135	3,671	3,801	4,163	4,085	3,180	4,214
	194	4,499	4,835	4,033	4,188	3,697	4,421
	229	4,848	4,925	4,382	5,804	5,184	6,916
	256	4,744	3,943	3,969	3,555	3,607	3,452
	284	3,697	4,137	3,951	4,421	3,801	4,111
	324	3,982	4,938	4,240	4,447	4,137	4,473

Table 51 An average of carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface in sugarcane cultivation area: Khon Kaen varieties 3 with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center

Water management	CO_2 emission ($g\ CO_2\ m^{-2}\ day^{-1}$)	CO_2 emission from soil surface ($t\ CO_2\ rai^{-1}\ year^{-1}$)			Average ($t\ CO_2\ rai^{-1}\ year^{-1}$)	Average C loss ($t\ C\ rai^{-1}\ year^{-1}$)
		2017/18	2018/19	2019/20		
Rainfed						
0-0-0	4.67	2.88	2.52	2.93	2.78	0.76
Filter cake	3.91	2.72	2.08	2.14	2.31	0.63
18-3-12	4.46	3.03	2.39	2.59	2.67	0.73
18-3-12+Filter Cake	4.32	2.84	2.52	2.37	2.57	0.70
27-4.5-18+Filter Cake	4.38	2.85	2.43	2.54	2.61	0.71
Crop requirements						
0-0-0	4.45	2.85	2.41	2.62	2.63	0.72

กรมวิชาการเกษตร

Filter cake	4.19	2.90	2.14	2.42	2.49	0.68
18-3-12	4.00	2.69	1.91	2.43	2.35	0.64
18-3-12+Filter Cake	4.33	2.70	2.41	2.56	2.56	0.70
27-4.5-18+Filter Cake	4.29	2.81	2.40	2.41	2.54	0.69

กรมวิชาการเกษตร

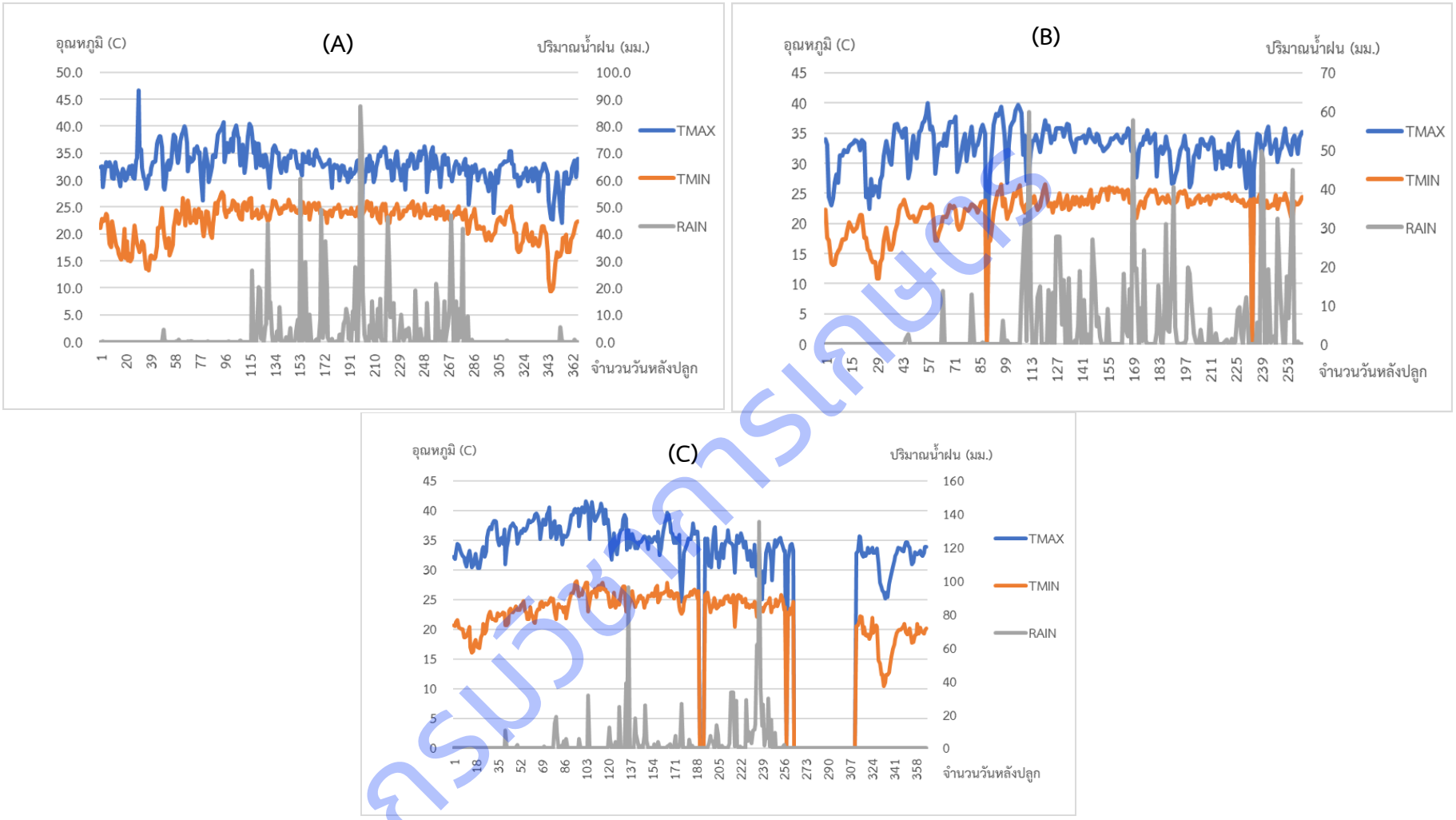


Figure 25 Precipitation and maximum - minimum temperature at Khon Kaen Field Crops Research Center from (A) 2017 to 2018, (B) 2018 to 2019, and (C) 2019 to 2020

กรมวิชาการเกษตร

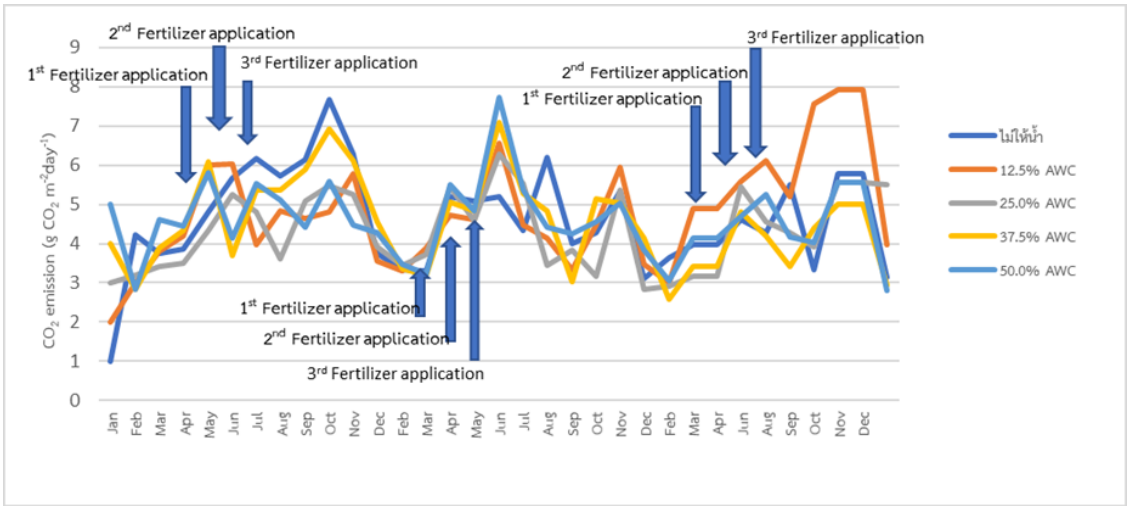
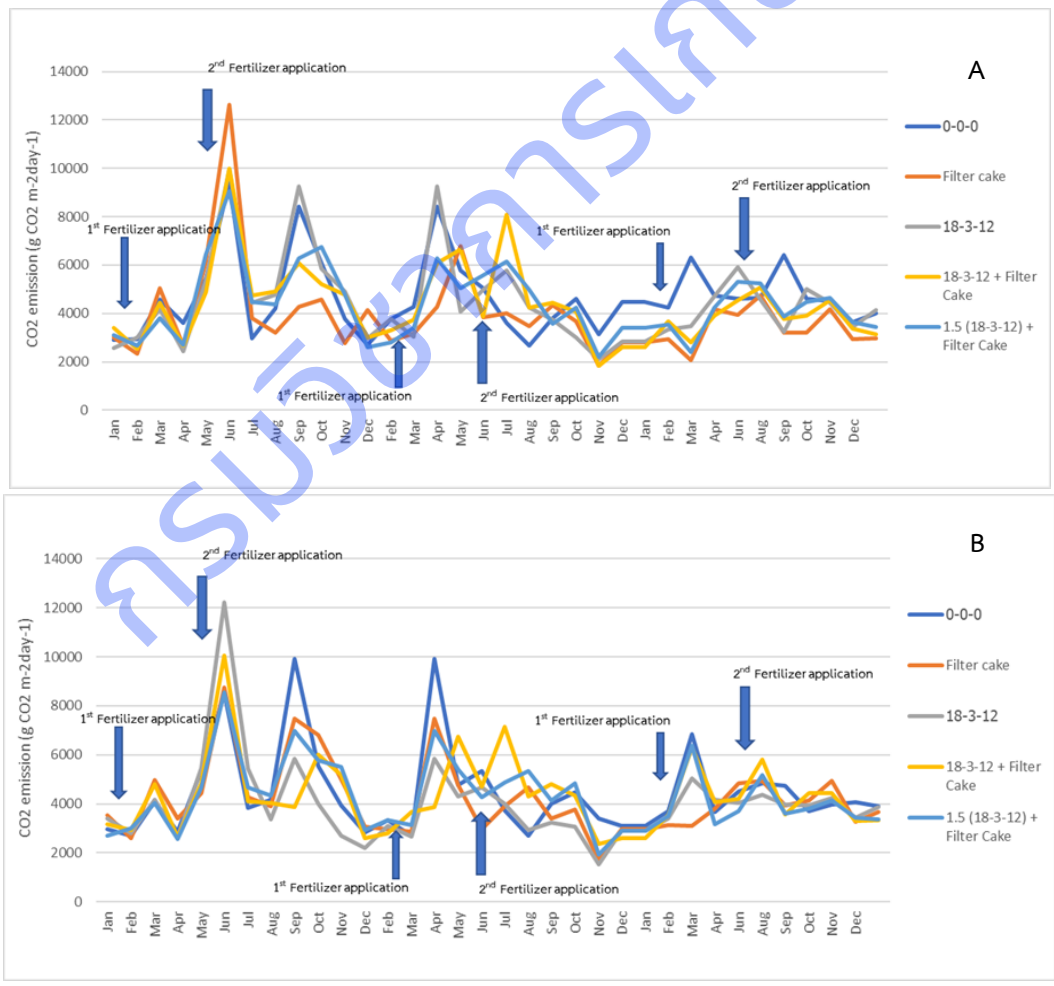


Figure 26 The amount of CO_2 emissions in sugarcane: Khon Kaen varieties 3 plantations area from 2017 to 2020 with continuous water management at Khon Kaen Field Crops Research Center



กรมวิชาการเกษตร

Figure 27 Carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface in sugarcane: Khon Kaen varieties 3 cultivation area with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center from 2017 to 2019, (A) Rainfed and (B) Crop requirements

Figure 28 Carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface in sugarcane: Khon Kaen varieties 3 cultivation area with different water and fertilizer management at Khon Kaen Field Crops Research Center from 2017 to 2019, (A) Rainfed and (B) Crop requirements

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 3

การจัดการดิน ปุ๋ยและระบบปลูกพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

Soil, Fertilizers Management and Cropping Systems in Cassava Cultivation Areas

ชื่อผู้วิจัย

วัลลีย์ อมรพล ชยันต์ ภักดีไทย เนติรัฐ ชุมสุวรรณ ศรีสุดา ทิพยรักษ์

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สมฤทัย ตันเจริญ สมควร คล้องช้าง

Wanlee Amonpon Chayan Pakdeethai Netirat Chumsuwan Srisuda Thippayarugs

Suphakarn Luanmanee Somrutai Tancharoen Somkuan Klongchang

คำสำคัญ (Key words)

การกักเก็บคาร์บอน อินทรียวัตถุในดิน ก๊าซเรือนกระจก พืชไร่ มันสำปะหลัง

Carbon Sequestration, Soil organic matter, Greenhouse gas, Field Crops, Cassava

บทคัดย่อ

การจัดการดิน และระบบการปลูกพืช มีผลต่ออัตราการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน ดังนั้นจึงได้ศึกษาผลของการจัดการดิน และปุ๋ย และระบบปลูกพืชที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ดำเนินการในแปลงทดลองระยะยาวที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง ซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย และที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ผลการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับไถกลบเศษซากต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง และการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน ควบคู่ไปกับการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ส่วนระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว และใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อยอัตรา 1 ตันต่อไร่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการปุ๋ยมีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินมากกว่าระบบการปลูกพืช ซึ่งในการปรับปรุงดิน หากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือการไถกลบเศษซากพืชทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

Abstracts

Soil management and cropping system, affect the rate of carbon storage in the soil. Therefore, the effect of soil and fertilizers management and cropping systems on the change of organic carbon in the soil and greenhouse gas emissions were studied in cassava cultivation areas conducted in a long-term trial at Rayong Field Crops Research Center, Rayong Province, which is

กรมวิชาการเกษตร

sandy loam soil and at Khon Kaen Field Crops Research Center, Khon Kaen Province. The results showed that application of chemical fertilizers based on soil analysis combined with organic fertilizer application at 1 t rai^{-1} or with cassava leaves and stems residues of 3 t rai^{-1} was an effective in increasing cassava yields and carbon storage in soil, along with increasing the amount of plant nutrients in the soil such as phosphorus and potassium. The cassava intercropping with mung bean and filter cake application at 1 t rai^{-1} was an effective in increasing organic carbon content in soil. It was also found that fertilizer management had a greater effect on carbon dioxide (CO_2) emissions from the soil surface than the cultivation system. Moreover, if chemical fertilizers are applied in combination with organic fertilizers or crop residue to improve soil fertility, there is more CO_2 emission from the soil surface than using chemical fertilizers alone.

บทนำ (Introduction)

ภาวะโลกร้อนมีสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตร ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลก โดยปัจจุบันความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 380 ส่วนในล้านส่วน จากเดิมเมื่อ 150 ปีก่อนที่มีเพียง 280 ส่วนในล้านส่วน การทำการเกษตรหากมีการจัดการดิน-ปุ๋ย ไม่ถูกต้องและเหมาะสม เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น เช่น การสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ในสภาพที่มีอากาศจะเกิดก๊าซ CO_2 แต่ถ้าในสภาพน้ำขังจะเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพดินไร่ไม่เหมาะสม อาจเพิ่มการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์(N_2O) แต่ประเด็นปัญหาคือประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน ดินไร่ทั่วๆไปสามารถเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินน้อยกว่าเขตอบอุ่นเนื่องจากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นเร็ว ทำให้มี CO_2 ปลดปล่อยออกมา นอกจากนี้การกัดกร่อนผิวดินยังเป็นตัวเร่งให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนออกไปจากพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีวิธีการจัดการดิน-ปุ๋ย และพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการสูญเสีย และหรือสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เป็นดินทราย ปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำมาก ซึ่งในปีการเพาะปลูก 2562/63 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 9.439 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564 ค) หากสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังได้ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ด้วย ซึ่งเป็นการช่วยบรรเทาการเกิดภาวะโลกร้อน และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองตั้งแต่ปี 2560 ถึงปี 2563 เพื่อศึกษาถึงผลของการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพร่วมกับการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

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

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)

กรมวิชาการเกษตร

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 ปลูกมันสำปะหลังต้นฤดูฝน 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

กรมวิชาการเกษตร

วิเคราะห์สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่จากปริมาณคาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่จากวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืชในพื้นที่ หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิตและส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง 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 ข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของอ้อย และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของอ้อย ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของอ้อย เพื่อนำมาคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ใส่กลับลงไปในดินและที่สูญหายออกไปจากพื้นที่

เวลาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

เวลาดำเนินการวิจัย	เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2560 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2563
สถานที่ดำเนินการวิจัย	ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

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 (Table 52) โดยระดับวิกฤติของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินในการปลูกมันสำปะหลังคือ 4.6 ระดับวิกฤติของอินทรียวัตถุเท่ากับ 0.80 เปอร์เซ็นต์ ระดับวิกฤติฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 7 และ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (โชติ, 2539)

ฤดูปลูกปี 2560/2561 (11 พฤษภาคม 2560 - 23 พฤกษาคม 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 (Figure 29)

2) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง

ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560/2561 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ เดือน 12วันที่ 23พฤษภาคม 2561พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา16 -8-กิโลกรัม 16 N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ตัน 1 ต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง 6,2 และ 488, กิโลกรัมต่อไร่ 356รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา16 -8-กิโลกรัม 16 N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง 5,2 และ 841, กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ 195ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา16 -8-กิโลกรัม 16 N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง ตันต่อไร่ 3และการไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง ตันต่อไร่ 3มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสดเพียง5 , 555และ 2,2 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตแป้ง 635, 069และ 944 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และมีดัชนีการเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 0.57-0.) 72Table 53)

ส่วนฤดูที่ 2 ปี2561 / 2562ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวอายุ 11 เดือน วันที่ 24 พบว่า 2562 พฤษภาคมการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา16 -8-กิโลกรัม 16 N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง ตันต่อไร่ 3 มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 3,กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตแป้ง 609 กิโลกรัมต่อไร่ 825 สูงสุดโดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ระหว่าง 22. 7- 25. 7เปอร์เซ็นต์ และค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 0.44-0.) 60Table 54) อย่างไรก็ตามการปลูกมันสำปะหลังในฤดูฝนปี2561/ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำ 2562 ทั้งนี้เนื่องจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน และมันสำปะหลังมีอาการหัวเน่า

กรมวิชาการเกษตร

สำหรับฤดูปลูกที่ 3 ปี2562 / 2563ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ เดือน 12 วันที่ 2563 มิถุนายน 16 พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำเนื่องจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตาม การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 โดยการใส่ปุ๋ย16-8- กิโลกรัม 16N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา ตันต่อไร่ 3 ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด 4, 951 และ 316 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) Table 55)

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 (Table 56)

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 (Table 57) 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 กลับทำให้การสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นถึง 2.08 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี นั่นแสดงว่า วัสดุอินทรีย์จากต้นใบมันสำปะหลัง มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินได้มากกว่าปุ๋ยอินทรีย์

5) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง

กรมวิชาการเกษตร

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 (Table 58; Figure 30 and 31)

6) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง

จากผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาว พบว่า ปริมาณของอินทรียวัตถุในดินเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยไม่แตกต่างจากก่อนเริ่มทดลอง เช่นเดียวกับความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ที่ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน การใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-กิโลกรัม 16 N-P_2O_5-K_2Oต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ตันต่อไร่ 1ทำให้ปริมาณฟอสฟอสรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจากมิลลิกรัมต่อ 295 กิโลกรัมเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 333 หลังสิ้นสุดการทดลอง เช่นเดียวกับปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นจาก 75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 151 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็น ตามลำดับ)Figure 32)

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 (Table 59) ส่วนดินล่างพบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.4-6.0 อินทรียวัตถุ 0.36-0.53 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 5-67 และ 21-54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 60)

ปริมาณน้ำฝนในฤดูปลูกปี 2560 มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก 1,445 มิลลิเมตร ส่วนฤดูปลูกปี 2561 มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,094 มิลลิเมตร และฤดูปลูกปี 2562 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 1,069 มิลลิเมตร (Figure 33)

2) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ในฤดูปลูกปี 2560/2561 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ 11 เดือน พบว่าการจัดการปุ๋ยแต่ละกรรมวิธีไม่ทำให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้งที่แตกต่างกัน แต่การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา16 -8- 16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ตันต่อไร่ มันสำปะหลัง 1พันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 6017 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตแป้ง 1463 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา16 -8-กิโลกรัม 16 N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา ตันต่อไร่ 3มันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง5 552 และ 1379 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ)Table 61)

ส่วนฤดูปลูกปี2561 / 2562ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และเก็บเกี่ยวอายุ 11 เดือน กลับพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา16 -8-กิโลกรัม 16 N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง ตันต่อไร่ 3 มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้ง แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ โดยมันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสด 4309 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 22.9 คิดเป็นปริมาณผลผลิตแป้ง 976 กิโลกรัมต่อไร่)Table 62)

สำหรับฤดูปลูกปี2562 / 2563ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 12 และเก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ เดือน 12 พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ตอสนองต่อกรรมวิธีสับกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา ตันต่อไร่ 3 โดยมันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4523 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 23.8 เท่ากับผลผลิตแป้ง 1068 กิโลกรัมต่อไร่)Table 63)

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 (Table 64)

4) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จากผลการศึกษาการจัดการปุ๋ย ร่วมกับการไถกลบเศษซากพืชลงดินในช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่าการจัดการแบบดังกล่าวทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง แต่กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ยังคงรักษาปริมาณอินทรียวัตถุในดินไว้ไม่แตกต่างจากก่อนเริ่มการทดลองในปี 2560 (Table 65) เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงและการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC stock change) ตั้งแต่ปี 2560 ถึงปี 2563 การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ พบว่ามีการสูญเสียคาร์บอนไปจากดินมากสุดถึง 2.3 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ และไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ สูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากดิน 1.1 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี (Table 65)

5) ผลของการจัดการปุ๋ยและไถกลบเศษซากพืชลงดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

กรมวิชาการเกษตร

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 5.24 กรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน คิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน 29.51 ตัน CO_2 ต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-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 (Table 66; Figure 34)

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-กิโลกรัม 16 N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ตันต่อไร่ 1ทำให้ปริมาณฟอสฟอสรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจาก 118 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็น 217 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหลังสิ้นสุดการทดลอง) Table 67)

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 (Table 68) 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 (Table 69)

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) Table 70) ส่วนฤดูปลูกปี2561 / 2562กลับพบว่าระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว (C3) และระบบการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี (C1) ร่วมกับใช้ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา1 00 กิโลกรัมต่อไร่ (F3) มันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเฉลี่ย 5.09 และ 4.85 ตันต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับฤดูปลูกปี2562 / 2563พบว่า ระบบการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี (C1) และระบบการ

ปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว (C3) ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันถึงแม้จะมีการจัดการดิน และปุ๋ยแบบต่างๆ ร่วมด้วยก็ตาม โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยอยู่ระหว่า 3.28-4.79 ตันต่อไร่)Table 70)

ในด้านผลผลิตของถั่วเขียวที่ปลูกเป็นพืชแซมในมันสำปะหลัง ผลผลิตไม่แตกต่างกันในแต่ละปี โดยในปี 2560 การปลูกถั่วเขียวแซมในแปลงมันสำปะหลังให้ผลผลิต 90 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมีการใช้ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อย้อย อัตรา 1 ตันต่อไร่ให้กับมันสำปะหลัง)Table 70) 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)Table 70)

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 (Table 71) ส่วนด้านการจัดการปุ๋ย พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (F3) ส่งเสริมให้มันสำปะหลังดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ได้ถึง 3851 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในส่วนต่างๆของมันสำปะหลัง 1050 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี

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 (Table 72)

กรมวิชาการเกษตร

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 (Table 73: figure 35 and 36) 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 (Table 74)

7) ผลการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ผลของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง พบว่า ระบบปลูกไม่มีผลให้คุณสมบัติของดินต่างกัน แต่การจัดการปุ๋ยมีผลทำให้คุณสมบัติดินต่างกัน โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ช่วยลดความเป็นกรดของดิน โดยเฉพาะกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ ในขณะกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ดินมีความเป็นกรดมากยิ่งขึ้น (Table 75) เมื่อพิจารณาอินทรียวัตถุในดิน พบว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยช่วยเพิ่ม และรักษาปริมาณอินทรียวัตถุให้ใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีอินทรียวัตถุในดินเพียง 0.29 เปอร์เซ็นต์ (Table 76) นอกจากนี้กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยอย่างเห็นได้ชัด (Table 77 and 78) โดยภาพรวมระบบปลูกมันสำปะลังไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน แต่จะเห็นได้ว่าอินทรียวัตถุในดินของระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วมีแนวโน้มสูงกว่าระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องและระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากการศึกษาผลของระบบปลูกพืช 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 ดังนั้นในการพิจารณาวิธีการจัดการดินปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตมันสำปะหลังต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตที่สามารถรักษาคุณภาพดินและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากผลการวิจัยการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันสำปะหลังต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และควรมีการไถกลบเศษซากพืชหรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และในกรณีที่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ควรมีการไถกลบเศษซากพืช หรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วเพื่อเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน

กรมวิชาการเกษตร

Table 52 Soil chemical characteristics at 0-20 cm depth before planting at Rayong Field Crops Research Center

Treatment	pH	OM	Avai. P	Exch. K	Bulk density	Texture
		%	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	(g cm^{-3})	
1. 0-0-0	4.4	0.96	30	19	1.56	Sandy loam
2. Crop residues	4.6	1.31	22	21	1.57	Sandy loam
3. 16-8-16	3.8	1.17	86	34	1.54	Sandy loam
4. 16-8-16+Compost	5.7	1.86	281	45	1.61	Sandy loam
5. 16-8-16+Crop residues	4.0	1.62	86	40	1.50	Sandy loam

Table 53 Long-term management of fertilizers and crop residues management on yield components of cassava varieties Rayong 11 at Rayong Field Crops Research Center in 2017/2018

Treatment	Height	Yield	Starch	Starch yield	HI
	(cm)	(mg kg^{-1})	(%)	(mg kg^{-1})	
1. 0-0-0	132 c	2,289 c	27.9 a	881 c	0.68 a
2. Crop residues	161 b	2,635 c	26.9 a	994 c	0.57 c
3. 16-8-16	190 a	5,841 ab	26.6 ab	2,195 ab	0.66 ab
4. 16-8-16+Compost	186 a	6,488 a	24.9 b	2,356 a	0.72 a
5. 16-8-16+Crop residues	194 a	5,555 b	26.2 ab	2,069 b	0.60 bc
Average	172	4,562	26.5	1,699	0.65
CV. (%)	8.1	10.1	4.6	10.3	7.0

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

Table 54 Long-term management of fertilizers and crop residues management yield components of cassava varieties Rayong 11 at Rayong Field Crops Research Center in 2018/2019

Treatment	Yield	Starch content	Starch yield	HI
	(mg kg^{-1})	(%)	(mg kg^{-1})	
1. 0-0-0	1,202 d	25.7 a	308 c	0.59 ab
2. Crop residues	2,019 c	25.6 a	517 b	0.57 b
3. 16-8-16	2,787 b	23.2 ab	646 b	0.60 ab
4. 16-8-16+Compost	1,206 d	20.6 b	251 c	0.44 c
5. 16-8-16+Crop residues	3,609 a	22.7 b	825 a	0.56 b
Average	2,165	23.6	509	0.55
CV. (%)	18.0	8.4	19.6	7.7

กรมวิชาการเกษตร

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

Table 55 Effect of fertilizers and crop residues long-term management on yield components of cassava varieties Rayong 11 at Rayong Field Crops Research Center in 2019/2020

Treatment	Yield (mg kg^{-1})	Starch content (%)	Starch yield (mg kg^{-1})	HI
1. 0-0-0	1,560 c	24.5 ab	383 c	0.55 a
2. Crop residues	2,615 b	25.1 a	658 b	0.53 a
3. 16-8-16	2,553 b	22.9 bc	585 b	0.55 a
4. 16-8-16+Compost	1,263 c	17.5 d	227 c	0.36 b
5. 16-8-16+Crop residues	4,316 a	22.1 c	951 a	0.51 a
Average	2,461	22.4	561	0.50
CV. (%)	19.5	5.9	19.6	9.1

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

Table 56 Organic carbon in each part, total C content, and amount of CO_2 adsorb by cassava varieties Rayong 11 from 2017 to 2019 at Rayong Field Crops Research Center

Treatment	Leaves	Stem	Stalk	Root	Total C content	Amount of CO_2 adsorb by plant
	(kg C rai $^{-1}$ year $^{-1}$)					(kg CO_2 rai $^{-1}$ year $^{-1}$)
1. 0-0-0	46	35	69	319	469	1718
2. Crop residues	76	89	98	451	714	2618
3. 16-8-16	88	98	116	661	964	3533
4. 16-8-16+Compost	89	67	96	445	697	2556
5. 16-8-16+Crop residues	136	156	161	844	1298	4758

Table 57 Soil organic carbon (SOC) and carbon stock in soil at 0-20 cm soil depth at Rayong Field Crops Research Center

Treatment	SOC start	2017/18	2018/19	2019/20	Av. SOC content	Change of SOC content
	(g C kg^{-1})	(g C kg^{-1})			(g C kg^{-1})	(g C kg^{-1} year^{-1})
1. 0-0-0	5.6	5.4	5.7	7.9	6.3	0.44
2. Crop residues	7.6	7.2	7.4	7.4	7.3	-1.25
3. 16-8-16	6.8	7.2	7.2	7.5	7.3	2.04
4. 16-8-16+Compost	10.8	10.3	10.7	10.7	10.6	-0.03
5. 16-8-16+Crop residues	9.4	9.6	9.8	10.1	9.8	2.08

กรมวิชาการเกษตร

Table 58 Amount of CO_2 emission from the soil surface in cassava cultivation at Rayong Field Crops Research Center

Treatment	CO_2 emission ($mg\ CO_2\ m^{-2}\ day^{-1}$)	CO_2 emission ($t\ CO_2\ rai^{-1}\ year^{-1}$)			Average ($t\ CO_2\ rai^{-1}\ year^{-1}$)
		2017/18	2018/19	2019/20	
1. No fertilizer	3,193	12.1	11.2	11.6	11.6
2. Crop residues	3,956	15.2	12.5	13.0	13.6
3. 16-8-16	3,444	13.7	11.6	11.7	12.4
4. 16-8-16+Compost	4,171	17.7	12.1	12.8	14.2
5. 16-8-16+Crop residues	3,902	14.6	12.0	13.7	13.4

Table 59 Soil chemical characteristics (0-20 cm depth) before planting at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	pH (1:1)	Organic matter (%)	Organic carbon ($g\ kg^{-1}$)	Avail. P ($mg\ kg^{-1}$)	Exch. K ($mg\ kg^{-1}$)
1. 0-0-0	4.8	0.40	2.32	11	14
2. Crop residues	5.4	0.55	3.19	15	23
3. 16-8-16	4.6	0.46	2.67	21	43
4. 16-8-16+Compost	6.6	0.69	4.00	118	48
5. 16-8-16+Crop residues	4.9	0.63	3.65	23	51

Table 60 Soil chemical characteristics (20-50 cm depth) before planting at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	pH (1:1)	Organic matter (%)	Organic cabon ($g\ kg^{-1}$)	Avail. P ($mg\ kg^{-1}$)	Exch. K ($mg\ kg^{-1}$)
1. 0-0-0	4.6	0.36	2.09	5	21
2. Crop residues	4.9	0.42	2.44	9	34
3. 16-8-16	4.4	0.41	2.38	20	44
4. 16-8-16+Compost	6.0	0.53	3.07	67	53
5. 16-8-16+Crop residues	5.1	0.52	3.02	25	54

Table 61 Long-term management of fertilizers and crop residues management on yield components of cassava varieties Rayong 11 at Khon Kaen Field Crops Research Center in 2017/2018

Treatment	Yield	Starch content	Starch yield

กรมวิชาการเกษตร

	(mg kg^{-1})	(%)	(mg kg^{-1})
1. 0-0-0	773 c	27.43	212 c
2. Crop residues	2,573 b	23.9	614 bc
3. 16-8-16	3,242 b	23.5	776 b
4. 16-8-16+Compost	6,071 a	24.27	1,463 a
5. 16-8-16+Crop residues	5,552 a	24.8	1,379 a
F-test	*	ns	*
CV. (%)	24.91	6.8	26.28

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, *: P value < 0.05

กรมวิชาการเกษตร

Table 62 Long-term management of fertilizers and crop residues management on yield components of cassava varieties Rayong 11 at Khon Kean Field Crops Research Center in 2018/2019

Treatment	Yield (mg kg^{-1})	Starch content (%)	Starch yield (mg kg^{-1})
1. 0-0-0	584 d	24.35 a	142 c
2. Crop residues	1,786 cd	22.23 b	397 bc
3. 16-8-16	3,713 ab	22.48 b	826 a
4. 16-8-16+Compost	2,730 bc	19.75 c	538 b
5. 16-8-16+Crop residues	4,309 a	22.90 ab	976 a
F-test	*	*	*
CV. (%)	36.08	4.95	32.33

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT
*: P value < 0.05

Table 63 Long-term management of fertilizers and crop residues management on yield components of cassava varieties Rayong 12 at Khon Kaen Field Crops Research Center in 2019/2020

Treatment	Yield (mg kg^{-1})	Starch content (%)	Starch yield (mg kg^{-1})
1. 0-0-0	950 b	25.93 a	246 b
2. Crop residues	4,523 a	23.75 ab	1,068 a
3. 16-8-16	3,702 a	22.50 b	849 a
4. 16-8-16+Compost	3,497 a	24.70 ab	839 a
5. 16-8-16+Crop residues	4,187 a	22.88 b	957 a
F-test	*	ns	*
CV. (%)	42.81	8.24	43.67

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT
ns: non-significant, *: P value < 0.05

Table 64 Organic carbon in each part, total C content, and amount of CO_2 adsorb by cassava varieties Rayong 11 from 2017 to 2019 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Leaves	Stem	Stalk	Root	Total C content	Amount of CO_2 adsorb by plant
	kg C rai^{-1} $year^{-1}$					($kgCO_2$ rai^{-1} $year^{-1}$)
1. 0-0-0	6	25	11	95	137	504

กรมวิชาการเกษตร

2. Crop residues	17	64	23	314	417	1530
3. 16-8-16	26	135	31	508	700	2565
4. 16-8-16+Compost	40	218	59	547	864	3168
5. 16-8-16+Crop residues	54	331	65	729	1179	4324

กรมวิชาการเกษตร

Table 65 Soil organic carbon (SOC) and carbon stock in soil at 0-20 cm soil depth at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	SOC start	2017/18	2018/19	2019/20	Av. SOC content	Change of SOC content
	(g C kg^{-1})		(g C kg^{-1})		(g C kg^{-1})	(g C kg^{-1} $year^{-1}$)
1. 0-0-0	2.3	2.3	1.7	1.7	1.9	-1.7
2. Crop residues	3.2	3.2	2.3	2.6	2.7	-1.1
3. 16-8-16	2.6	2.6	2.3	2.8	2.6	0.6
4. 16-8-16+Compost	4.0	4.0	3.1	3.5	3.5	-1.1
5. 16-8-16+Crop residues	3.6	3.6	3.2	3.1	3.3	-2.3

Table 66 Amount of CO_2 emission from soil surface in cassava cultivation field (varieties Rayong 11) at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	CO_2 emission	CO_2 emission (t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)			Average
	(g CO_2 m^{-2} day^{-1})	2017/18	2018/19	2019/20	(t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)
1. No fertilizer	3.84	18.36	19.81	20.65	19.61
2. Crop residues	4.97	32.59	30.15	20.89	27.88
3. 16-8-16	4.45	23.98	26.63	21.19	23.93
4. 16-8-16+Compost	5.14	34.43	29.16	21.19	28.26
5. 16-8-16+Crop residues	5.24	30.47	36.29	21.77	29.51

กรมวิชาการเกษตร

Table 67 Change of soil quality in cassava plantation area from 2017 to 2019 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	pH (1:1)			Organic matter (%)			Available P (mg kg^{-1})			Exchangeable K (mg kg^{-1})		
	2017/18	2018/19	2019/20	2017/18	2018/19	2019/20	2017/18	2018/19	2019/20	2017/18	2018/19	2019/20
1. 0-0-0	4.8	4.2	4.3	0.40	0.30	0.29	11	5	7	14	20	18
2. Crop residues	5.4	4.8	4.9	0.55	0.40	0.44	15	16	59	23	26	30
3. 16-8-16	4.6	4.0	4.4	0.46	0.40	0.48	21	24	27	43	39	67
4. 16-8-16+Compost	6.6	6.3	6.1	0.69	0.53	0.60	118	167	217	48	47	63
5. 16-8-16+Crop residues	4.9	4.3	4.5	0.63	0.56	0.54	23	30	52	51	42	46

Table 68 Chemical analysis of filter cake use in each year for this study

Parameter	2017/18	2018/19	2019/20
1.pH (1:10)	5.6	5.6	4.2
2. Moisture Content (%)	68.2	68.2	29.5
3. Total Nitrogen (%)	1.5	1.5	0.7
4. Total Phosphorus (% P_2O_5)	1.7	1.7	1.5
5. Total Potassium (% K_2O)	0.5	0.5	1.7
6. Organic Carbon (%)	36.4	36.4	13.8
7. C/N	24/1	24/1	11/1
8. Cao (%)	1.7	1.7	-
9. MgO (%)	0.4	0.4	-

กรมวิชาการเกษตร

Table 69 Basic soil properties before planting at Khon Kaen Field Crops Research Center, 2017

Treatment	pH				OM (%)				Avail. P (mg kg $^{-1}$)				Exch. K (mg kg $^{-1}$)				BD (g cm^{-3})			
	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.
F1	5.2	5.2	5.3	5.2 c	0.28	0.30	0.30	0.29c	30d	35c	23c	29	14c	11c	11c	12	1.55	1.59	1.58	1.57
F2	6.0	6.1	6.3	6.2 a	0.37	0.44	0.43	0.42a	66a	59ab	56b	60	20bc	36a	33a	30	1.55	1.46	1.52	1.51
F3	4.5	4.6	4.8	4.6 d	0.35	0.35	0.36	0.35b	40cd	50b	44b	45	29a	28b	25b	28	1.53	1.54	1.55	1.54
F4	5.2	5.7	5.0	5.3 c	0.36	0.46	0.39	0.40a	48bc	73a	58b	60	28ab	34ab	37a	33	1.48	1.47	1.51	1.49
F5	5.8	6.1	5.7	5.9 b	0.41	0.40	0.41	0.41a	58ab	62ab	79a	66	25ab	29b	33a	29	1.48	1.56	1.43	1.49
F6	5.2	4.9	5.4	5.1 c	0.35	0.38	0.33	0.35b	51abc	61ab	50b	54	28ab	30ab	24b	27	1.50	1.52	1.51	1.51
Av.	5.3	5.4	5.4		0.35	0.39	0.37		49	57	52		24	28	27		1.52	1.52	1.52	
CV. (%)	(a)	3.74			(a)	11.25			(a)	36.57			(a)	16.24						
	(b)	5.04			(b)	8.14			(b)	16.93			(b)	15.13						
F-test	(a)	ns			(a)	ns			(a)	ns			(a)	ns						
	(b)	**			(b)	*			(b)	**			(b)	**						
	(a)x(b)	ns			(a)x(b)	ns			(a)x(b)	*			(a)x(b)	**						

Note: Mean followed by a common letter are not different at P value < 0.05 by DMRT

ns: non-significant, **: P value < 0.01, *: P value < 0.05

C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

Table 70 Effect of fertilizer management and long-term continuous cropping system on yield of cassava varieties Rayong 86-13, mung bean and cowpea from 2017 to 2020 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Cropping system	Fertilizer management	2017/18			2018/19			2019/20		
		Cassava Yield (t rai^{-1})	Mung bean yield (kg rai^{-1})	Cow pea yield (kg rai^{-1})	Cassava Yield (t rai^{-1})	Mung bean yield (kg rai^{-1})	Cow pea yield (kg rai^{-1})	Cassava Yield (t rai^{-1})	Mung bean yield (kg rai^{-1})	Cow pea yield (kg rai^{-1})
C1: Mono	F1	1.59	-	-	0.83	-	-	1.55	-	-
	F2	3.22	-	-	1.60	-	-	3.28	-	-
	F3	3.85	-	-	4.85	-	-	4.79	-	-
	F4	4.35	-	-	3.93	-	-	3.45	-	-
	F5	3.51	-	-	3.08	-	-	4.22	-	-
	F6	3.27	-	-	3.51	-	-	4.56	-	-
C2: Rotation	F1	-	26	10	3.15	-	-	-	85	-
	F2	-	79	77	4.57	-	-	-	131	-
	F3	-	50	20	6.02	-	-	-	75	-
	F4	-	79	47	4.71	-	-	-	113	-
	F5	-	72	21	5.56	-	-	-	83	-
	F6	-	130	29	3.94	-	-	-	48	-
C3: Intercrop	F1	0.47	44	-	0.84	55	-	1.46	50	-
	F2	2.39	90	-	1.51	94	-	3.44	59	-
	F3	3.38	14	-	5.09	45	-	3.90	35	-
	F4	2.99	82	-	2.61	108	-	4.34	63	-
	F5	1.64	45	-	1.78	83	-	3.96	53	-
	F6	2.15	59	-	2.07	81	-	3.73	89	-

Note: C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

Table 71 Organic carbon in each part, total C content, and amount of CO_2 adsorb by cassava varieties Rayong 86-13 from 2017 to 2019 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Cropping system	Fertilizer management	Carbon content (kg C rai $^{-1}$ year $^{-1}$)					Amount of CO_2 adsorb by plant ($kgCO_2$ rai $^{-1}$ year $^{-1}$)
		Leaves	Root	Stalk	Stem	Total	
C1: Mono	F1	34	206	38	45	323	1186
	F2	44	390	51	85	571	2092
	F3	85	697	70	160	1012	3709
	F4	72	585	62	128	847	3104
	F5	63	562	62	115	803	2943
	F6	64	588	63	119	833	3054
C2: Rotation	F1	49	470	54	69	642	2354
	F2	86	729	51	136	1002	3674
	F3	78	873	49	196	1196	4385
	F4	100	833	62	163	1158	4246
	F5	95	740	66	154	1055	3868
	F6	64	661	59	114	898	3293
C3: Intercrop	F1	40	148	34	35	257	941
	F2	48	375	46	66	535	1962
	F3	74	651	69	150	943	3458
	F4	94	476	65	150	784	2876
	F5	61	389	54	97	601	2202
	F6	58	422	51	86	617	2262
C1: Mono		60	505	58	109	731	2682
C2: Rotation		79	718	57	139	992	3637
C3: Intercrop		62	410	53	97	623	2284
	F1	41	274	42	50	407	1494
	F2	59	498	49	96	703	2576
	F3	79	740	63	169	1050	3851
	F4	89	631	63	147	930	3409
	F5	73	564	61	122	819	3005
	F6	62	557	57	106	783	2870

Note: C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

Table 72 Effect of fertilizer management and long-term continuous cropping system on soil organic carbon (SOC) and carbon stock (0-20 cm) in cassava field: varieties Rayong 86-13 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Cropping system	Fertilizer management	Av. SOC start (g C kg^{-1})	Av. SOC end (g C kg^{-1})	Change of SOC content (g C kg^{-1} $year^{-1}$)
C1: Mono	F1	1.64	2.00	5.56
	F2	2.17	2.52	5.71
	F3	2.03	2.31	7.14
	F4	2.08	2.52	4.55
	F5	2.37	2.28	-22.22
	F6	2.00	2.50	4.00
C2: Rotation	F1	1.76	2.18	4.76
	F2	2.57	2.83	7.69
	F3	2.04	2.61	3.51
	F4	2.65	2.81	12.50
	F5	2.35	2.76	4.88
	F6	2.21	2.47	7.69
C3: Intercrop	F1	1.72	2.07	5.71
	F2	2.50	2.63	15.38
	F3	2.08	2.50	4.76
	F4	2.29	2.58	6.90
	F5	2.36	2.67	6.45
	F6	1.92	2.58	3.03
C1: Mono		2.05	2.36	0.79
C2: Rotation		2.26	2.61	6.84
C3: Intercrop		2.15	2.51	7.04
	F1	1.71	2.08	5.34
	F2	2.41	2.66	9.60
	F3	2.05	2.47	5.14
	F4	2.34	2.64	7.98
	F5	2.36	2.57	-3.63
	F6	2.04	2.52	4.91

Note: C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

Table 73 Effect of fertilizer management and long-term continuous cropping system on carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface in cassava field: varieties Rayong 86-13 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Cropping system	Fertilizer management	CO_2 emission (g CO_2 m^{-2} day^{-1})	CO_2 emission (t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)				Average C loss (t C-CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)
			2017/18	2018/19	2019/20	Average	
	F1	5.99	3.37	3.81	3.31	3.50	0.95
	F2	6.61	3.74	4.27	3.57	3.86	1.05
	F3	6.21	3.44	4.26	3.19	3.63	0.99
	F4	6.83	3.98	4.37	3.62	3.99	1.09
	F5	6.51	3.79	4.15	3.47	3.80	1.04
	F6	6.57	3.93	4.12	3.46	3.84	1.05
C2: Rotation	F1	5.78	3.22	3.73	3.17	3.37	0.92
	F2	6.65	4.15	4.18	3.32	3.88	1.06
	F3	6.41	3.83	3.92	3.47	3.74	1.02
	F4	6.80	3.97	4.33	3.61	3.97	1.08
	F5	6.51	4.01	3.96	3.44	3.80	1.04
	F6	6.48	3.88	4.24	3.23	3.78	1.03
C3: Intercrop	F1	6.00	3.40	4.24	2.88	3.51	0.96
	F2	6.70	3.66	4.68	3.40	3.91	1.07
	F3	6.54	3.79	4.16	3.51	3.82	1.04
	F4	6.65	3.77	4.50	3.39	3.89	1.06
	F5	6.43	3.21	4.50	3.56	3.76	1.03
	F6	6.47	3.75	4.11	3.47	3.78	1.03
C1: Mono		6.45	3.71	4.16	3.44	3.77	1.03
C2: Rotation		6.44	3.84	4.06	3.37	3.76	1.02
C3: Intercrop		6.47	3.60	4.37	3.37	3.78	1.03
	F1	5.92	3.33	3.93	3.12	3.46	0.94
	F2	6.65	3.85	4.38	3.43	3.88	1.06
	F3	6.39	3.69	4.11	3.39	3.73	1.02
	F4	6.76	3.91	4.40	3.54	3.95	1.08
	F5	6.48	3.67	4.20	3.49	3.79	1.03
	F6	6.51	3.85	4.16	3.39	3.80	1.04

Note: C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

Table 74 Effect of fertilizer management and long-term continuous cropping system on carbon balance in cassava field: varieties Rayong 86-13 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Cropping system	Fertilizer management	Filter cake	Crop residues	Cropremoved	CO_2 emitted	C Input	C loss	C balance
		(kg C rai -1 year-1)						
C1: Mono	F1	0	114	209	923	114	671	-557
	F2	189	141	430	1019	430	940	-510
	F3	0	226	785	960	344	1265	-921
	F4	289	188	658	1053	477	1185	-708
	F5	289	187	617	1004	475	1119	-643
	F6	144	225	637	1012	341	1143	-803
C2: Rotation	F1	0	154	181	891	154	626	-472
	F2	289	316	205	1023	604	817	-212
	F3	0	198	358	986	198	851	-652
	F4	289	363	345	1047	652	868	-217
	F5	228	267	304	1002	555	805	-250
	F6	84	226	271	999	370	771	-400
C3: Intercrop	F1	0	204	165	927	204	629	-425
	F2	289	291	421	1036	568	939	-371
	F3	0	296	736	1008	296	1240	-943
	F4	289	367	555	1027	655	1068	-413
	F5	289	279	454	996	568	952	-384
	F6	144	273	479	997	417	977	-560
C1: Mono		152	180	556	995	363	1054	-690
C2: Rotation		148	254	277	992	422	790	-367
C3: Intercrop		168	285	468	999	451	968	-516
	F1	0	157	185	914	157	642	-484
	F2	255	249	352	1026	534	898	-365
	F3	0	240	626	985	279	1118	-839
	F4	289	306	519	1043	595	1041	-446
	F5	268	244	458	1001	533	959	-426
	F6	124	241	462	1003	376	964	-588

Note: C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

Table 75 Effect of fertilizer management and long-term continuous cropping system on soil pH in cassava field: varieties Rayong 86-13 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	pH (1:1 water)															
	2017				2018				2019				2020			
	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.
F1	5.2	5.2	5.3	5.2 c	4.6	4.7	4.3	4.5 c	5.0 b	4.8 bc	5.0 c	4.9	5.3	5.0	5.4	5.2 c
F2	6.0	6.1	6.3	6.2 a	5.5	5.7	5.7	5.6 a	5.7 a	5.3 a	5.7 a	5.6	5.8	5.6	6.0	5.8 a
F3	4.5	4.6	4.8	4.6 d	4.3	4.4	4.2	4.3 d	4.2 c	4.4 c	4.5 d	4.3	4.7	4.7	4.8	4.7 d
F4	5.2	5.7	5.0	5.3 c	4.8	5.4	5.0	5.1 b	5.1 b	5.1 a	5.4 ab	5.2	5.6	5.6	5.4	5.5 ab
F5	5.8	6.1	5.7	5.9 b	5.4	5.3	5.6	5.4 a	5.1 b	5.5 a	5.2 bc	5.3	5.6	5.7	5.5	5.6 ab
F6	5.2	4.9	5.4	5.1 c	4.7	5.1	5.2	5.0 b	4.8 b	4.7b c	5.1 bc	4.9	5.5	5.3	5.3	5.3 bc
Av.	5.3	5.4	5.4		4.9	5.1	5.0		5.0	5.0	5.1		5.4	5.3	5.4	
CV. (%)	(a)	3.74			(a)	4.65			(a)	2.29			(a)	2.75		
	(b)	5.04			(b)	4.34			(b)	3.82			(b)	4.73		
F-test	(a)	ns			(a)	ns			(a)	*			(a)	ns		
	(b)	**			(b)	**			(b)	**			(b)	**		
	(a)x(b)	ns			(a)x(b)				(a)x(b)	*			(a)x(b)	ns		

Note: C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

Table 76 Effect of fertilizer management and long-term continuous cropping system on soil organic matter in cassava field: varieties Rayong 86-13 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Organic matter (OM, %)															
	2017				2018				2019				2020			
	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.
F1	0.28	0.30	0.30	0.29c	0.37	0.41	0.39	0.39	0.32	0.40	0.33	0.35b	0.40c	0.39c	0.41b	0.40
F2	0.37	0.44	0.43	0.42a	0.46	0.54	0.49	0.50	0.42	0.44	0.39	0.42a	0.49a	0.52a	0.50a	0.51
F3	0.35	0.35	0.36	0.35b	0.42	0.46	0.45	0.44	0.39	0.45	0.40	0.41a	0.44bc	0.53a	0.52a	0.50
F4	0.36	0.46	0.39	0.40a	0.42	0.48	0.39	0.43	0.44	0.47	0.49	0.47a	0.52a	0.54a	0.50a	0.52
F5	0.41	0.40	0.41	0.41a	0.38	0.45	0.48	0.44	0.34	0.55	0.42	0.43a	0.45b	0.51ab	0.53a	0.49
F6	0.35	0.38	0.33	0.35b	0.44	0.45	0.46	0.45	0.45	0.39	0.45	0.43a	0.49a	0.48b	0.54a	0.50
Av.	0.35	0.39	0.37		0.41	0.46	0.44		0.39B	0.45A	0.41B		0.46	0.50	0.50	
CV. (%)	(a)	11.25			(a)	10.00			(a)	8.68			(a)	7.83		
	(b)	8.14			(b)	16.23			(b)	13.76			(b)	4.68		
F-test	(a)	ns			(a)	ns			(a)	*			(a)	ns		
	(b)	*			(b)	ns			(b)	**			(b)	**		
	(a)x(b)	ns			(a)x(b)	ns			(a)x(b)	ns			(a)x(b)	**		

Note: C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

Table 77 Effect of fertilizer management and long-term continuous cropping system on available phosphorus in soil in cassava field: varieties Rayong 86-13 at Khon Kaen Field Crops Research Center

Treatment	Available phosphorus (P, mg kg $^{-1}$)															
	2017				2018				2019				2020			
	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.
F1	30 d	35 c	23 c	29	16d	31c	14e	20	24 e	35 c	15 e	25	19 c	26 c	12 d	19
F2	66 a	59 ab	56 b	60	74 a	52 b	43 cd	56	79 a	64 b	48 bc	64	51 a	64 a	62 a	59
F3	40 cd	50 b	44 b	45	26 c	44 b	36 d	35	41 d	43 c	33 d	39	32b c	49 b	32 c	38
F4	48 bc	73 a	58 b	60	48 b	63 a	57 b	56	71 b	76 a	56 b	68	55 a	73 a	48 b	59
F5	58 ab	62 ab	79 a	66	42 b	68 a	68 a	60	61 c	78 a	71 a	70	55 a	44 b	62 a	54
F6	51 abc	61 ab	50 b	54	40 b	47 b	49 bc	45	58 c	56 b	44 c	52	43 ab	45 b	43b c	44
Av.	49	57	52		41	51	45		56	58	45		43	50	43	
CV. (%)	(a)	36.57			(a)	16.22			(a)	16.76			(a)	30.10		
	(b)	16.93			(b)	12.61			(b)	9.47			(b)	17.73		
F-test	(a)	ns			(a)	*			(a)	*			(a)	ns		
	(b)	**			(b)	**			(b)	**			(b)	**		
	(a)x(b)	*			(a)x(b)	**			(a)x(b)	**			(a)x(b)	**		

Note: C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

Table 78 Effect of fertilizer management and long-term continuous cropping system on exchangeable potassium in soil in cassava field: varieties Rayong 86-13 at Khon Kaen Field Crops Research Center

กรรมวิธี	Exchangeable K (ppm)															
	2560				2561				2562				2563			
	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.	C1	C2	C3	Av.
F1	14 c	11 c	11 c	12	16	30	13	20 b	34 b	24 c	51bc	37	25	30	24	27 b
F2	20 bc	36 a	33 a	30	29	41	30	34 a	63 a	58 ab	52 bc	57	45	46	45	45 a
F3	29 a	28 b	25 b	28	24	33	31	29 a	59 a	62 ab	66 ab	62	41	56	47	48 a
F4	28 ab	34 ab	37 a	33	28	34	27	30 a	59 a	73 a	74 a	69	47	55	49	51 a
F5	25 ab	29 b	33 a	29	31	36	27	32 a	45a b	55 b	44 c	48	41	40	58	46 a
F6	28 ab	30 ab	24 b	27	28	29	27	28 a	62 a	45 b	66 ab	58	31	48	55	45 a
Av.	24	28	27		26	34	26		54	53	59		38	46	47	
CV. (%)	(a)	16.24			(a)	37.03			(a)	18.80			(a)	36.35		
	(b)	15.13			(b)	30.44			(b)	17.61			(b)	27.91		
F-test	(a)	ns			(a)	ns			(a)	ns			(a)	ns		
	(b)	**			(b)	*			(b)	**			(b)	*		
	(a)x(b)	**			(a)x(b)	ns			(a)x(b)	*			(a)x(b)	ns		

Note: C1-C3 = Cropping system, F1-F6 = fertilizer management

กรมวิชาการเกษตร

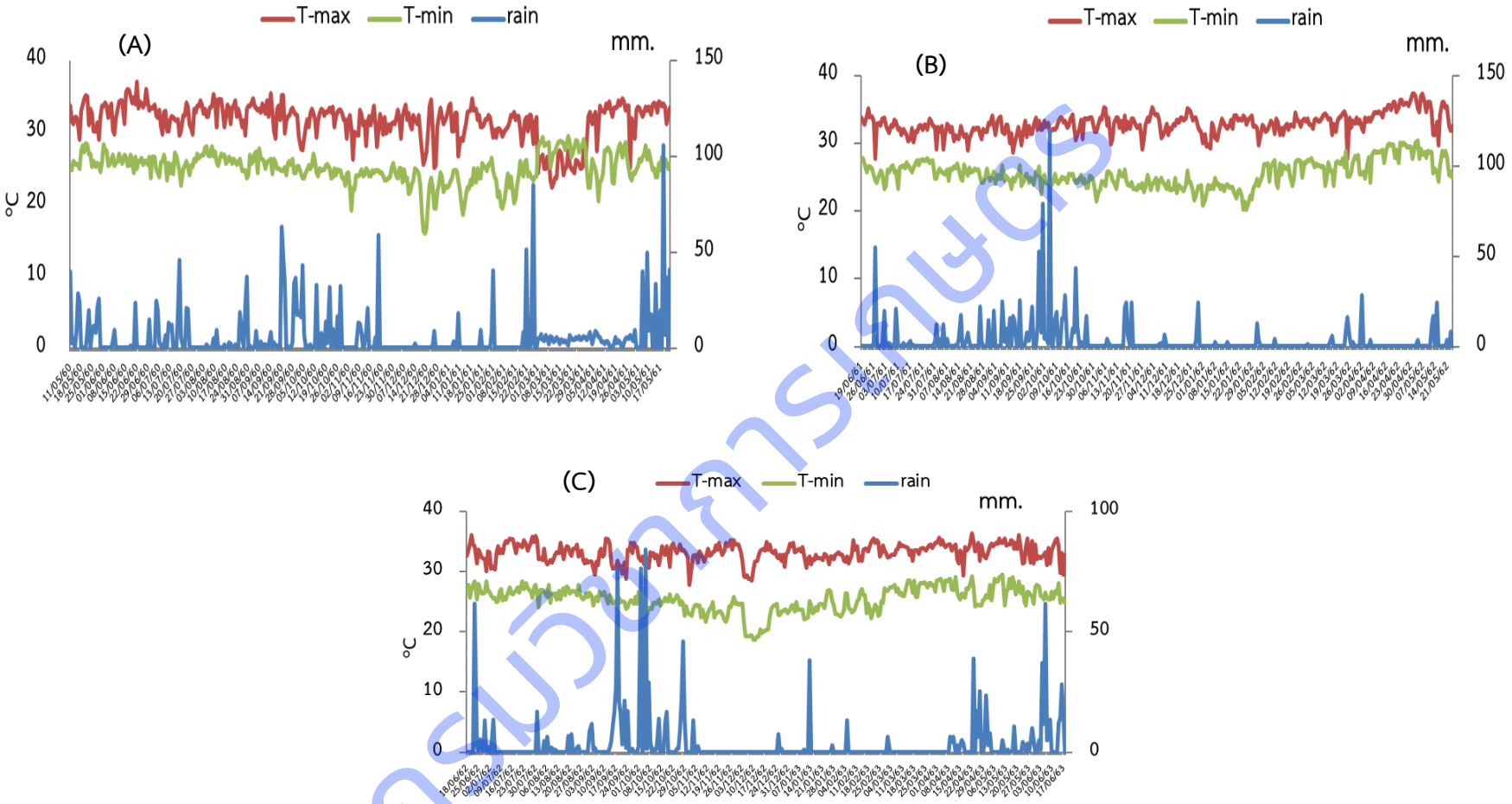


Figure 29 Precipitation and maximum - minimum temperature at Rayong Field Crops Research Center from (A) 2017 to 2018, (B) 2018 to 2019, and (C) 2019 to 2020

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Figure 30 An average of carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface at Rayong Field Crops Research Center from 2017 to 2020

กรมวิชาการเกษตร

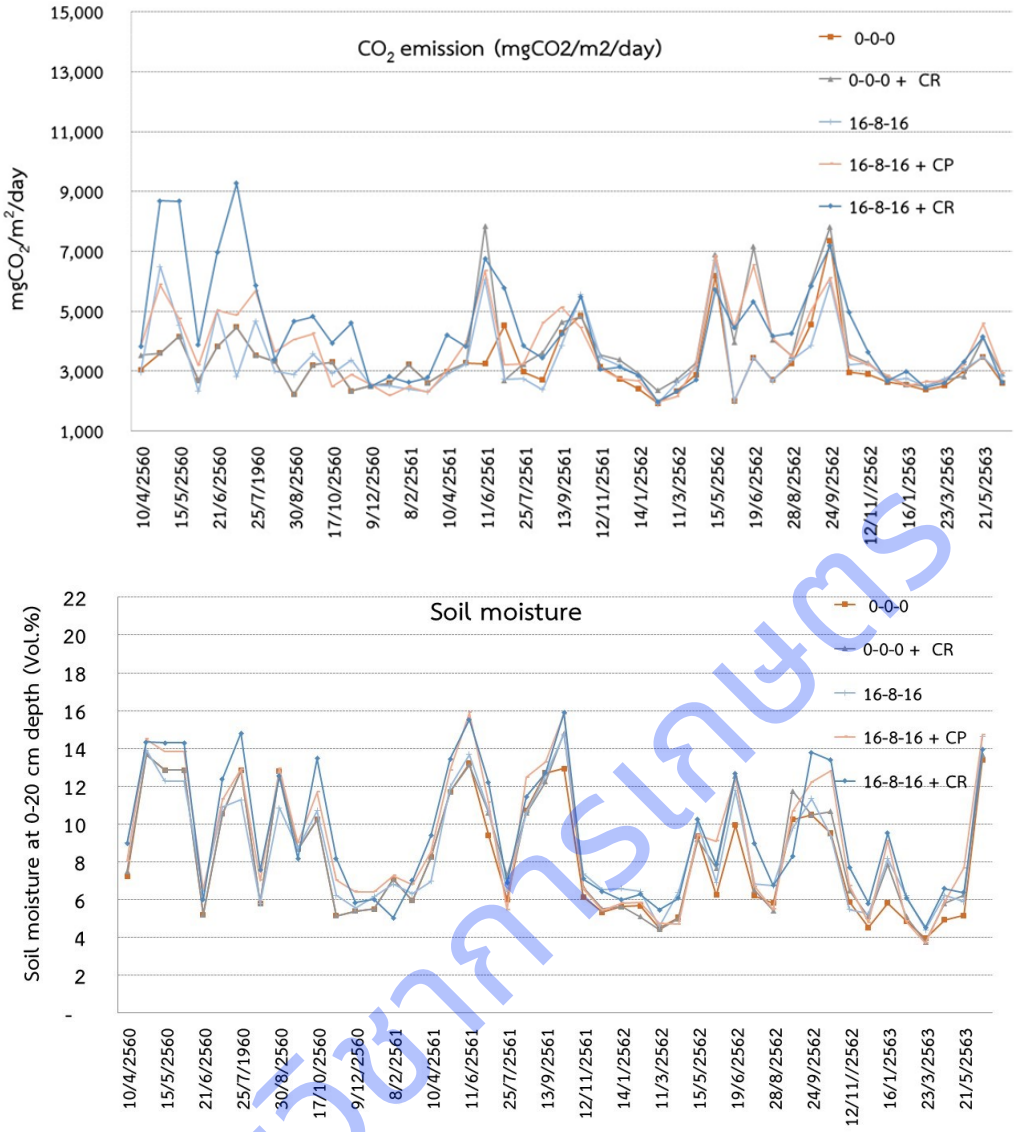


Figure 31 Amount of CO_2 emission from soil surface and soil moisture content in cassava cultivated field at Rayong Field Crops Research Center from 2017 to 2020

กรมวิชาการเกษตร

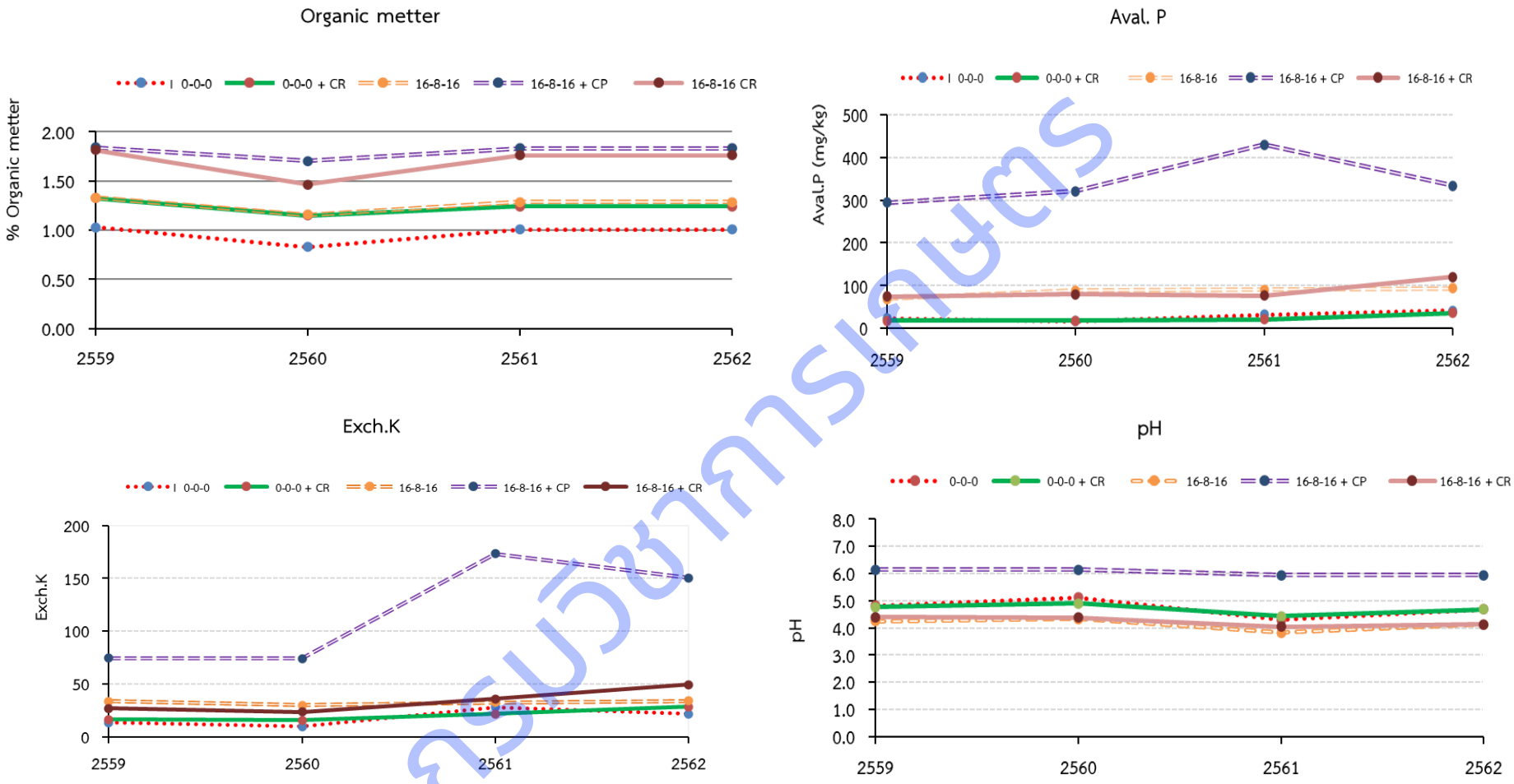


Figure 32 Effect of fertilizers and crop residues long-term management on the change of soil organic matter, available phosphorus, available potassium, and soil pH at Rayong Field Crops Research Center from 2017 to 2020

กรมวิชาการเกษตร

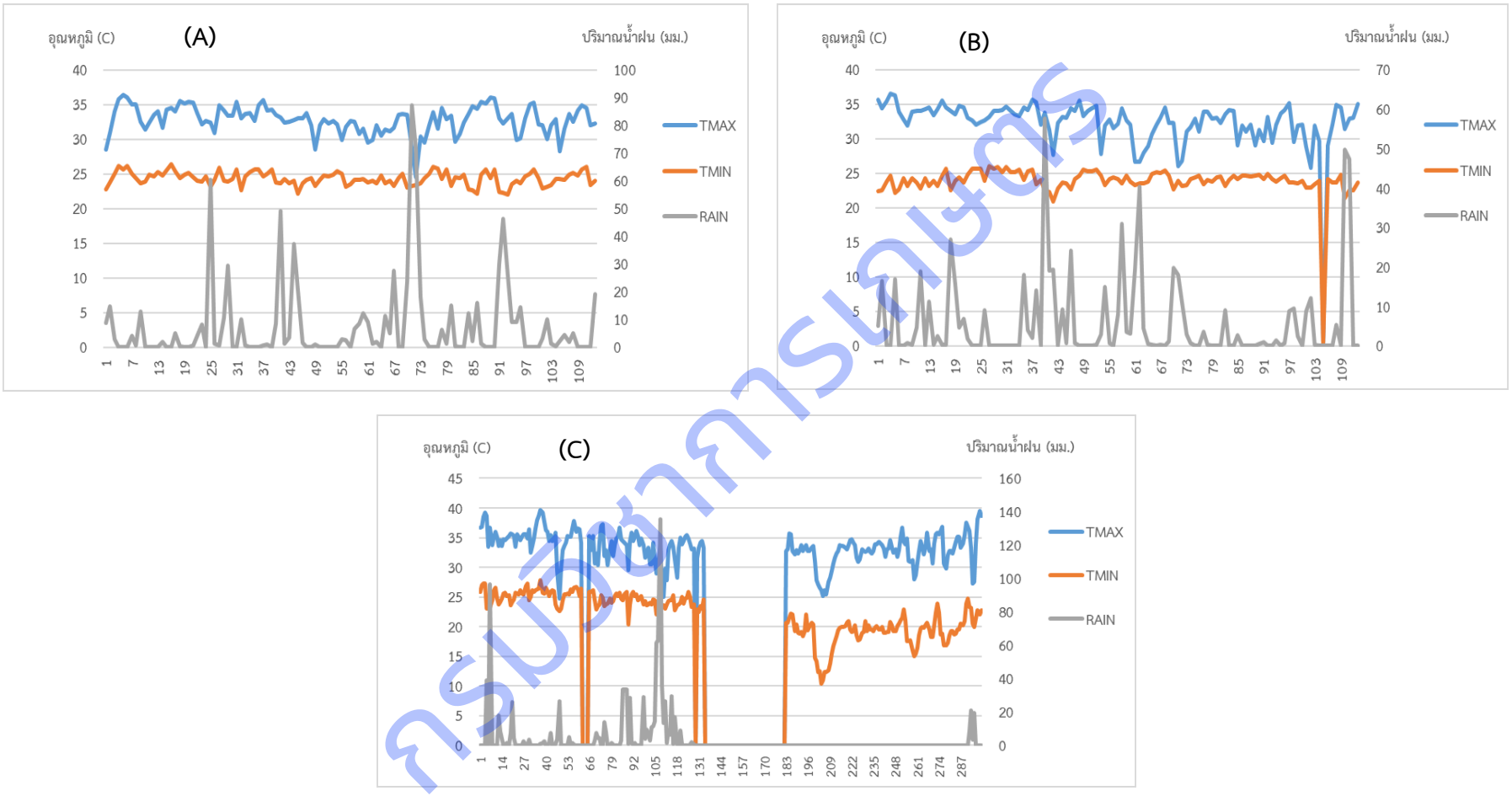


Figure 33 Precipitation and maximum - minimum temperature at Khon Kaen Field Crops Research Center from (A) 2017 to 2018, (B) 2018 to 2019, and (C) 2019 to 2020

กรมวิชาการเกษตร

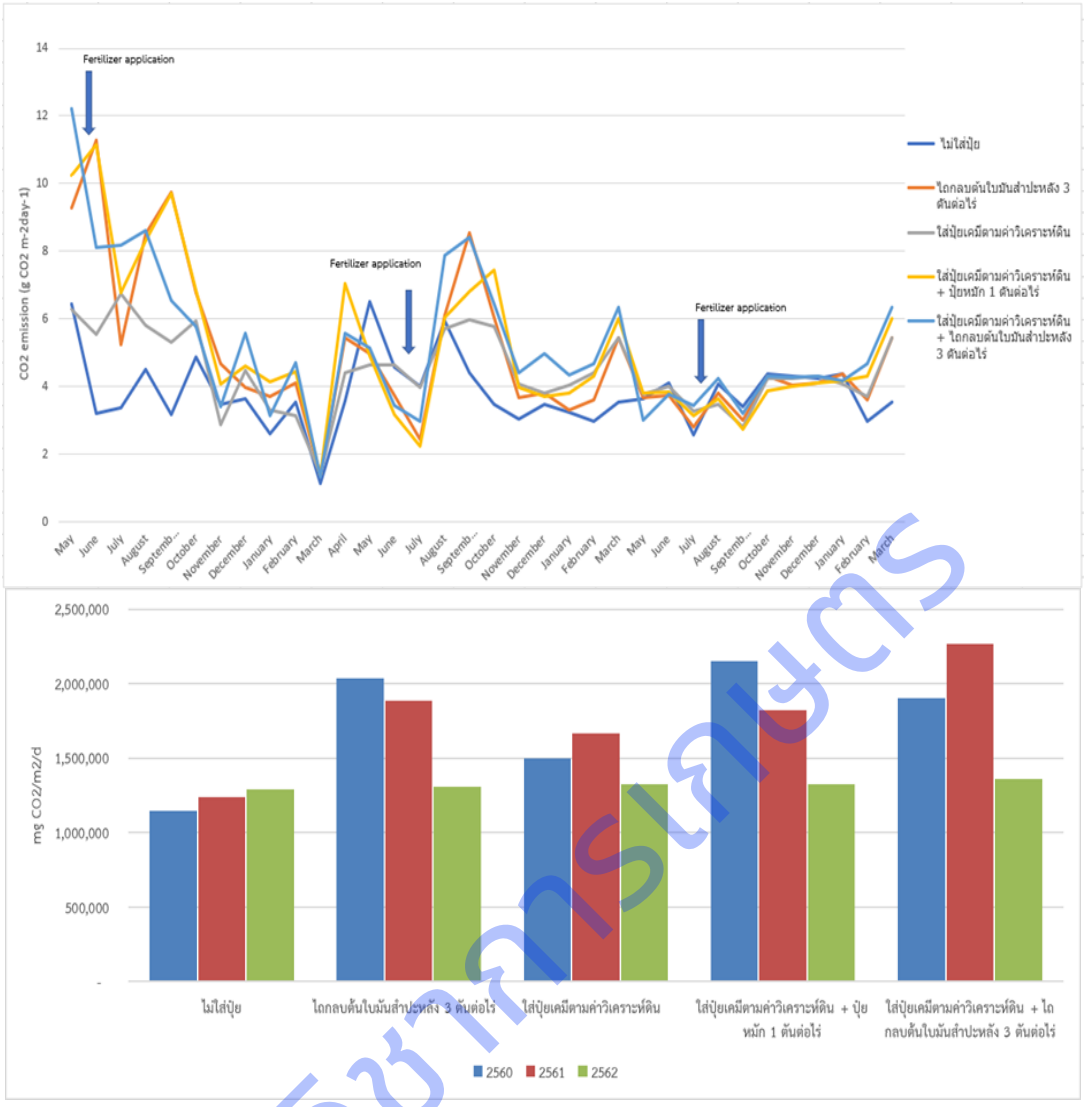


Figure 34 Amount of carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface in cassava cultivated field at Khon Kaen Field Crops Research Center from 2017 to 2020

กรมวิชาการเกษตร

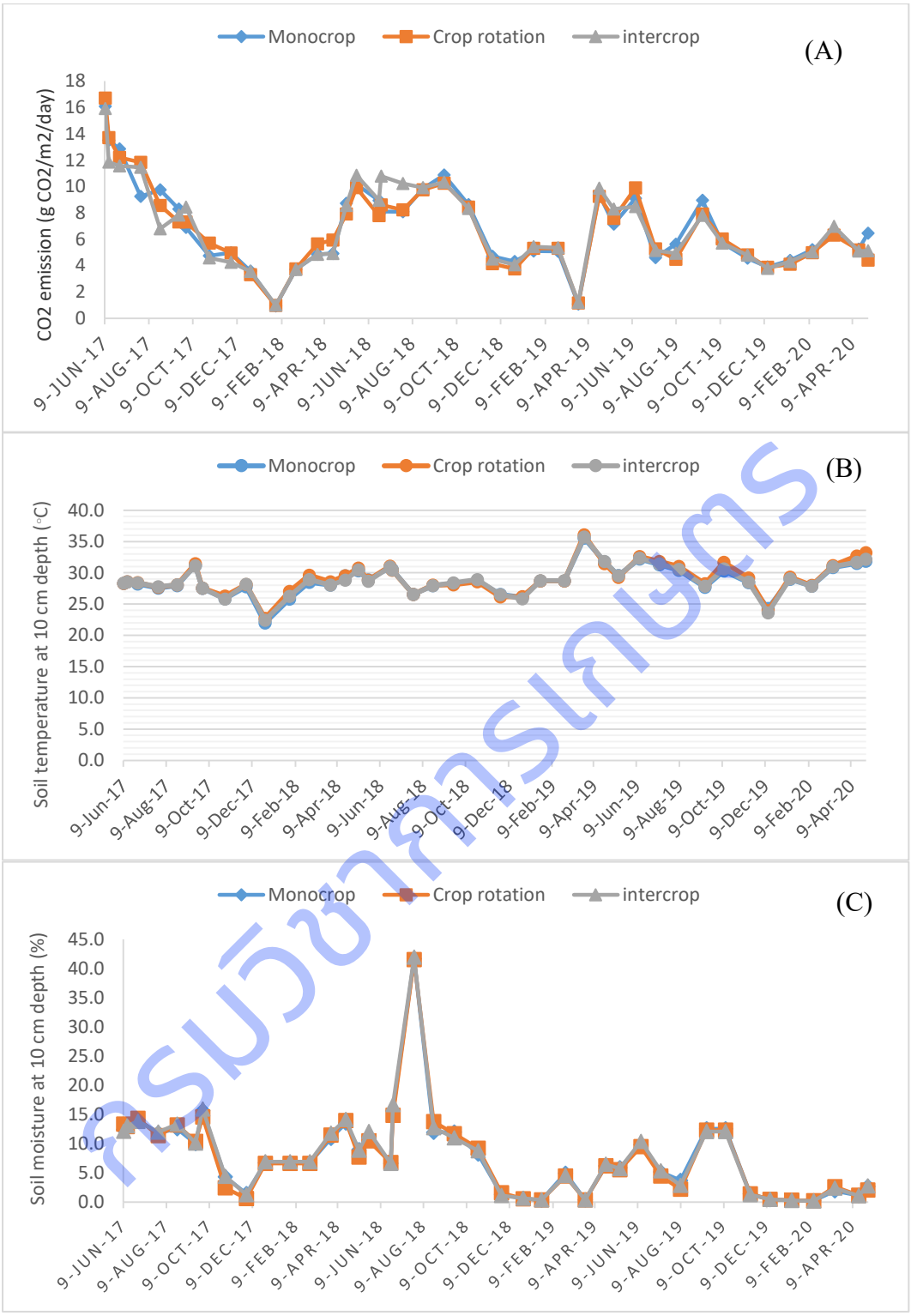


Figure 35 Effect of cropping system on carbon dioxide (CO_2) emission (A), soil temperature (B), and soil moisture (C) in cassava cultivated field at Khon Kaen Field Crops Research Center from 2017 to 2020

กรมวิชาการเกษตร

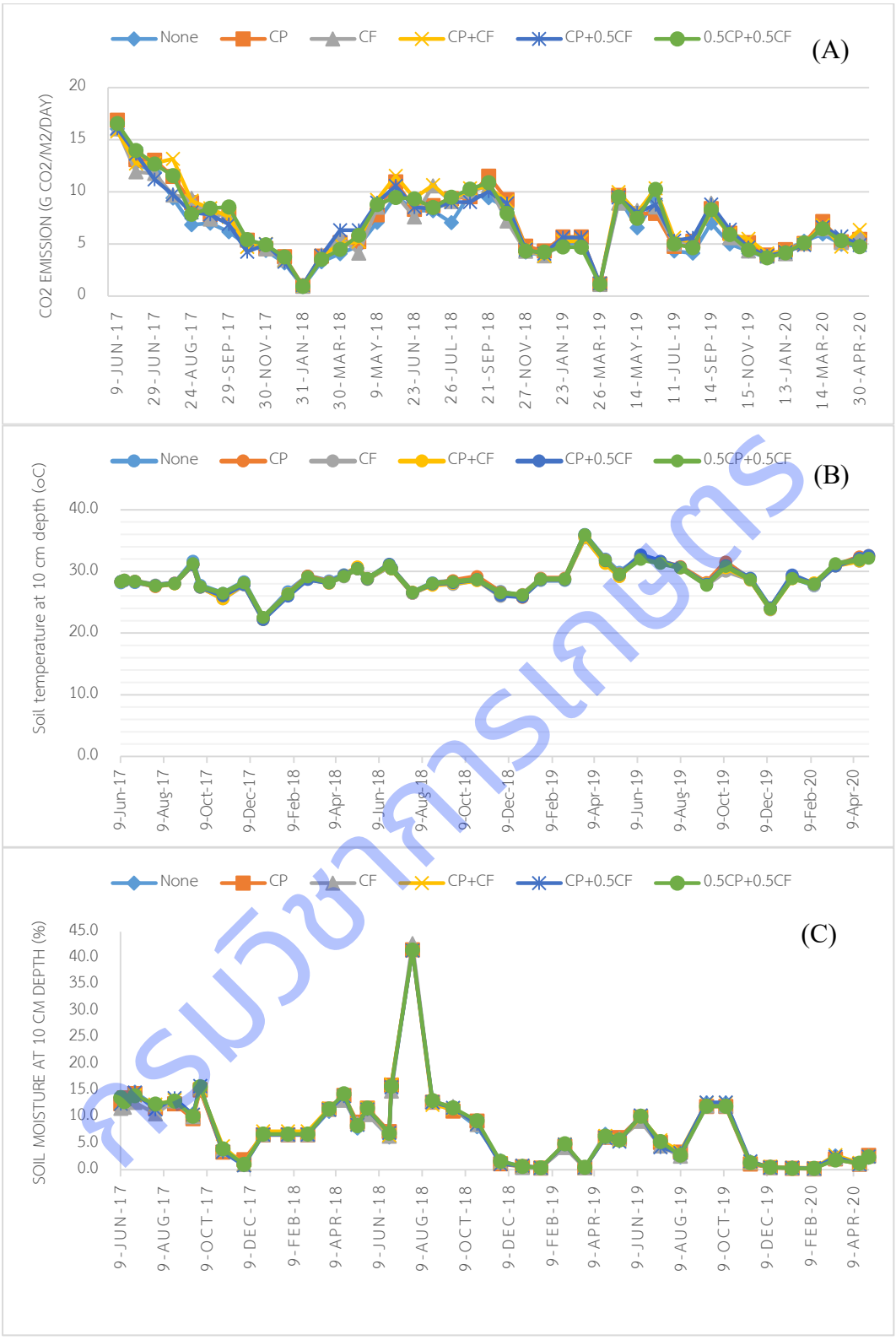


Figure 36 Effect of fertilizer management on carbon dioxide (CO_2) emission (A), soil temperature (B), and soil moisture (C) in cassava cultivated field at Khon Kaen Field Crops Research Center from 2017 to 2020

ศูนย์วิทยทรัพยากร

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 4

การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว

Soil and Fertilizer Management in Soybean and Mung bean Cultivation Areas

ชื่อผู้วิจัย

พรพรรณ สุทธิแย้ม จิราลักษณ์ ภูมิไธสง เพชรลดา นวลตาล นภาพร คำนวณทิพย์

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว เชาวนาท พฤทธิเทพ

ชูชาติ บุญศักดิ์ สุมนา งามผ่องใส

Pornparn Suddhiyam Jiraluck Phoomthaisong Phetrada Nualtan Napaporn Cumnuantip

Suphakarn Luanmanee Wilairat Pankaw Chaowanart Phruetthithep

Choochat Bunsak Sumana Ngampongsai

คำสำคัญ (Key words)

การกักเก็บคาร์บอน อินทรียวัตถุในดิน ก๊าซเรือนกระจก ถั่วเหลือง ถั่ วเขียว

Carbon Sequestration, Soil organic matter, Greenhouse gas, Soybean, Mung bean

บทคัดย่อ

การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นควบคู่กัน แต่จะเป็นไปในทิศทางใดมากกว่ากันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การจัดการดิน การใช้ปุ๋ย เนื้อดิน ความชื้น อุณหภูมิ สิ่งมีชีวิตในดิน และพืชที่ปลูก ดังนั้นจึงได้ศึกษาผลของการจัดการดิน และปุ๋ยแบบต่างๆ ได้แก่ การใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และการใช้ปุ๋ยหมักต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียวสภาพไร่ ดำเนินการทดลองปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ที่แปลงทดลองดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท ผลการทดลองพบว่า การปลูกถั่วเหลืองโดยใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม สามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินได้มากกว่าการจัดการดิน และปุ๋ยแบบอื่นๆ ส่วนการปลูกถั่วเขียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับพืชตระกูลถั่ว อัตรา 0-3-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม เพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดการดิน และปุ๋ยรูปแบบต่างๆ ในระบบการปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินไม่แตกต่างกัน

Abstracts

Carbon storage in soil and the release of carbon into the atmosphere is a co-existing activity. But in which direction it will go more depends on many factors such as soil management,

กรมวิชาการเกษตร

fertilizer use, soil texture, moisture, temperature, soil organisms, and planted plants. Therefore, the effect of soil management and various types of fertilizers, including the use of chemical fertilizers, use of rhizobium bio-fertilizer and use of compost on soil carbon storage and greenhouse gas emissions were studied in soybean and mung bean cultivation in upland condition. The experiments were conducted to grow soybeans: Chiang Mai varieties 60 at Chiang Mai Field Crops Research Center, Chiang Mai Province and mung bean: varieties Chainat 84-1 at Dong Khen Luang Experiment Site, Chainat Province. The results showed that soybean cultivation with compost application at the rate of 2 t rai^{-1} combination with chemical fertilizers application and rhizobium bio- fertilizers increased soil organic carbon more than the other soil and fertilizers managements. While mung bean cultivation, chemical fertilizers application based on soil analysis at the rate of 0-3-6 kg N-P_2O_5-K_2O rai^{-1} combination with rhizobium bio-fertilizers increase the efficiency of carbon storage in the soil. It was also found that different types of soil and fertilizer management in soybean and mung bean cultivation systems showed no different amount of carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface.

บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 380 ส่วนในล้านส่วน จากเดิมเมื่อ 150 ปีก่อนที่มีเพียง 280 ส่วนในล้านส่วน การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจึงเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือภาวะโลกร้อน ซึ่งการทำการเกษตรหากมีการจัดการดิน-ปุ๋ยไม่ถูกต้องและเหมาะสม จะเป็นปัจจัยหนึ่งที่เพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก เช่น กรณีการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ในสภาพที่มีอากาศจะเกิดก๊าซ CO_2 แต่ถ้าในสภาพน้ำขังจะเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพดินไร่ไม่เหมาะสม อาจปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์(N_2O) นอกจากนี้มีการยอมรับมากขึ้นว่าการทำเกษตรอินทรีย์เป็นการทำการเกษตรที่สามารถบรรเทา (mitigation) ภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ เนื่องจากระบบเกษตรอินทรีย์สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และมีเทน (CH_4) รวมทั้งเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน (carbon sequestration) ได้มากกว่าการเกษตรในระบบเคมีปกติ (Goh, 2009) แต่ประเด็นปัญหาคือประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน ดินไร่ทั่วๆไปสามารถเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินน้อยกว่าเขตอบอุ่นเนื่องจากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นเร็ว ทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกมา นอกจากนี้การกัดกร่อนผิวดินยังเป็นตัวเร่งให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนออกไปจากพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีวิธีการจัดการดิน-ปุ๋ย ในระบบการผลิตถั่วเหลือง และถั่วเขียวในสภาพไร่อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จะช่วยการลดการสูญเสียหรือลดการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ ทำให้เกิดการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้มากขึ้น ซึ่งในปีการเพาะปลูก 2562/63 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองประมาณ 104,193 ไร่ และพื้นที่ปลูกถั่วเขียว 803,522 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564 ง) ซึ่งหากสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกพืชดังกล่าวได้ จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บ

กรมวิชาการเกษตร

คาร์บอนไว้ในดิน และช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เป็นการช่วยบรรเทาการเกิดภาวะโลกร้อน และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองตั้งแต่ปี 2560 ถึงปี 2563 เพื่อศึกษาถึงผลของการจัดการดิน และปุ๋ยอย่างเหมาะสมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียวสภาพไร่

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีการวิจัย

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 (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

กรมวิชาการเกษตร

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 ข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของอ้อย และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของอ้อย ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของอ้อย เพื่อนำมาคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ใส่กลับลงไปในดินและที่สูญหายออกไปจากพื้นที่

เวลาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

เวลาดำเนินการวิจัย	เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2560 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2563
สถานที่ดำเนินการวิจัย	ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
	ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

ผลการวิจัย (Results)

4.1 การศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพไร่

1) สภาพภูมิอากาศ และข้อมูลทั่วไป

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองในปี 2560 มีฝนตกหนักต่อเนื่องตลอดในช่วงที่ต้องเตรียมดินปลูกปลายฤดูฝนตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงกันยายน มีฝนตกรวม 780.8 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตก 61 วัน ทำให้เตรียมดินไม่ได้และรอมาจนดำเนินการปลูกได้ในปลายเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง วันปลูก วันเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง และสภาพภูมิอากาศในฤดูปลูก แสดงใน Table 79

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)Table 80)

3) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

จากการผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ยหมัก ทำให้มีอินทรีย์คาร์บอนสะสมเพิ่มขึ้นทั้งในฤดูแล้ง และฤดูฝน ยกเว้นกรรมวิธีใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ด ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-6 กิโลกรัม P_2O_5- K_2O ต่อไร่ ที่ทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดลง (Figure 37) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากพืชมีการเจริญเติบโตต่ำ และยังพบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากรากถั่วเหลืองในกรรมวิธีดังกล่าวมีเพียง 12.0 กิโลกรัม C ต่อไร่ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ที่มีค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในรากระหว่าง 14.0 ถึง 20.6 กิโลกรัม C ต่อไร่ในฤดูแล้ง (Table 80) 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 ทุกกรรมวิธีการจัดการดินและปุ๋ยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออไซด์ในช่วง1,629 ถึง 4,014 มิลลิกรัม CO_2

กรมวิชาการเกษตร

ต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่อถั่วเหลืองอายุ 8 วัน และมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงสุด 3,103-4,344 มิลลิกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่อถั่วเหลืองอายุ 22 วัน จากนั้นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ลดลงเป็นลำดับจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (Figure 38) ส่วนความชื้นดินที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรในช่วงตรวจวัดการปล่อยก๊าซ CO_2 ดินมีความชื้นที่ 19.2-28.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 8 วัน และอยู่ในช่วง 11.11-13.75 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 93 วัน (Figure 38) ส่วนในปลายฤดูฝน การปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ในช่วง 5,168-6,816 มิลลิกรัม CO_2 ต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่ออายุ 10 วัน และลดลงเป็นลำดับจนถึง (Figure 39) ความชื้นดินที่ระดับความลึก 20 เปอร์เซ็นต์ในช่วงตรวจวัดการปล่อยก๊าซ CO_2 ดินมีความชื้นที่ 13.79-15.94 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 10 วัน และอยู่ในช่วง 16.19-17.56 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 95 วัน (Figure 39) หมายความว่าช่วงใกล้เก็บเกี่ยวมีการปล่อยก๊าซ CO_2 จากดินลดลง เนื่องจากมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและการเจริญเติบโตของพืชที่ลดลง

5) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองสภาพไร่พันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

จากการคำนวณสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในสภาพไร่ทั้งในช่วงการปลูกปลายฤดูฝน และในฤดูแล้ง พบว่าการจัดการดินและปุ๋ยทุกกรรมวิธีทำให้สมดุลคาร์บอนมีค่าติดลบ หรือมีการสูญเสียคาร์บอนไปจากดิน โดยกรรมวิธีที่ทำให้มีปริมาณคาร์บอนสูญเสียไปจากดินน้อยสุดคือ กรรมวิธี การใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 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 (Table 80) แสดงว่าการใช้ปุ๋ยหมักปรับปรุงดินก่อนปลูกถั่วเหลืองช่วยให้เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินได้มากกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยหมัก หรือวัสดุปรับปรุงดิน เช่นเดียวกับการศึกษาของพรพรรณ และคณะ (2559) ที่การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีและไรโซเบียม หรือใช้ปรับปรุงดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองอินทรีย์ให้ค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่าไม่ใช้ปุ๋ยหมักเช่นกัน ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ เป็นแนวทางการพัฒนาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สามารถให้ผลผลิตแก่ถั่วเหลือง และนำไปสู่การผลิตที่ยั่งยืน

4.2 การศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในระบบการผลิตถั่วเขียวในสภาพไร่

1) สภาพภูมิอากาศ และข้อมูลทั่วไป

ทดลองในปี 2560-2562 ดำเนินการปลูกถั่วเขียวจำนวนทั้งหมด ครั้ง ปลูกครั้งแรกในช่วงปลายฤดูฝน 6 ปลูกครั้งสุดท้ายปลายฤดูฝน ปี 2560 ปี2663 มีระยะเก็บเกี่ยวถั่วเขียวเฉลี่ย 58-71 วัน ในช่วงเวลาทำการทดลองมีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด 0.35 มิลลิเมตร สูงสุด 144 มิลลิเมตร ดังแสดงใน Table 81

2) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท

กรมวิชาการเกษตร

จากผลการศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ในฤดูปลายฝนปี 2560 พบว่า การจัดการดินและปุ๋ยทุกกรรมวิธี ถั่วเขียวให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ด ถั่วเขียวให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด 195 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3- กิโลกรัม $3P_2O_5$-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ถั่วเขียวให้ผลผลิตเมล็ด 163 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการปลูกในฤดูแล้งปี ประสบปัญหาอากาศร้อนและแล้ง การเจริญเติบโตไม่ค่อยดี 2561 ส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยของถั่วเขียวต่ำกว่าการปลูกโดยทั่วไป โดยทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตเมล็ด เฉลี่ยระหว่าง 62- 75 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 82)

การปลูกถั่วเขียวในต้นฤดูฝนปี 2561 ถั่วเขียวมีการเจริญเติบโตค่อนข้างดีกว่าการปลูกในฤดูแล้ง โดยกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3- กิโลกรัม $3P_2O_5$-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ถั่เขียวให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด 286กิโลกรัม ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเกรด12 -24- 12อัตรา กิโลกรัมต่อไร่ 25ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และวิธีผสมผสาน ที่ให้ผลผลิตเมล็ด กิโลกรัมต่อไร่ 274 และ 249ตามลำดับ (Table 82) สำหรับการปลูกในฤดูปลายฝนปี 2561 พบว่า การจัดการดินและปุ๋ยทุกกรรมวิธีไม่ทำให้ถั่วเขียวให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3- กิโลกรัม $3P_2O_5$-K_2O ต่อไร่ ถั่วเขียวให้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 231 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 82)

ส่วนการปลูกถั่วเขียวในฤดูฝนและปลายฤดูฝนปี 2562 พบว่า การให้ผลผลิตของถั่วเขียว และองค์ประกอบของผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุดทั้งฤดูฝนและปลายฤดูฝน กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ 158 และ 234(Table 82)

3) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในส่วนต่างๆ ของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ที่ปลูกในสภาพไร่ ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท

ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียว พบว่า อินทรีย์คาร์บอนสะสมอยู่ในส่วนของเมล็ดมากที่สุด 50. 0เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ลำต้น เปลือก และใบ ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ย 49.49 7.46 และ 2.) เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ 7Table 83 (ซึ่งกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียวมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในส่วนต่างๆของถั่วเขียวเฉลี่ยมากสุด 290 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เทียบเท่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถั่วเขียวดูดซับจากบรรยากาศ 1060 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา กิโลกรัมต่อไร่ 25ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมส่งเสริมให้ถั่วเขียวดูดซับคาร์บอนมาสะสมไว้ในส่วนต่างๆ เฉลี่ย 277 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี เทียบเท่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถั่วเขียวดูดซับจากบรรยากาศ 1016 กิโลกรัม CO_2 ต่อไร่ต่อปี)Table 83 (

4) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน)SOC : Soil Organic Carbonของแปลงทดลอง (2017 พบว่า หลังเก็บเกี่ยวถั่วเขียวในปี-การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน 2020 โดยใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-) กิโลกรัมต่อไร่ 25 อัตรา 12Integrated (

กรมวิชาการเกษตร

อินทรีย์คาร์บอน (SOCในดินหลังเก็บเกี่ยวเ (พิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.02 กรัม C ต่อไร่) Table 84(แต่เมื่อพิจารณาถึงอัตรา การสะสม หรืออัตราการกักเก็บคาร์บอนในดินในแต่ละปี พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 3- 3 กิโลกรัมP_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ทำให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินมากสุด 1.52 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดิน 1.32 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี ตามลำดับ และการปลูกถั่วเขียวโดยไม่มีการปรับปรุงดิน หรือใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูกทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง 0.02 กรัม C ต่อกิโลกรัมต่อปี)Table 84(

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 (Table 85 and figure 40) 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 (Table 85)

6) ผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ในสภาพไร่ ที่ศูนย์ขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง จังหวัดชัยนาท

จากผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกถั่วเขียวและหลังปลูกถั่วเขียว ปี 2560- พบว่า 2563ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตลอดการปลูกถั่วเขียว การใช้ปุ๋ยระบบผสมผสาน)Integratedหลังสิ้นการทดลอง มีปริมาณ 2563 ในปี (1 อินทรียวัตถุ.0 เปอร์เซ็นต์ จาก 02.31 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นเท่ากับ 78.เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยชีวภาพไร 3) โซเบียมR (มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 3.ด่างของ-เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด 76 ดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน)Integratedด่างของดินน้อย-มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความกรด (2 ที่สุด.6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก 6.และการไม่ใส่ปุ 96ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากถึง 7. 7 6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ.79 (Figure 41) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน)Integrated191 มีการเปลี่ยนแปลงมากถึง (.176 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยระหว่างฤดูปลูก 73. 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีการเปลี่ยนแปลงน้อยสุด22 .เปอร์เซ็นต์ มี 65 74 ค่าเฉลี่ย.มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง 7

กรมวิชาการเกษตร

ต่อโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ยกเว้นกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน)Integratedที่มีผลต่อการ (33 เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น.238 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 44.มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 8 (Figure 42) จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน)Integrated โดยใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา (2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-กิโลกรัมต่อไร่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินมาก 25 อัตรา 12 ที่สุด คือมีส่วนช่วยเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ รวมทั้งปรับปรุงธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากผลการศึกษาถึงผลของการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตถั่วเหลือง และถั่วเขียวในสภาพไร่ การใส่ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และ/หรือใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก สามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินได้มากกว่าการจัดการดินและปุ๋ยรูปแบบอื่น ๆ ตลอดจนทำให้มีปริมาณธาตุอาหารพืชเช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการจัดการดินและปุ๋ยตามวิธีดังกล่าว กลับมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าการจัดการดินและปุ๋ยในระบบที่ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดถั่วเหลือง และถั่วเขียวก่อนปลูก ส่งเสริมให้พืชมีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ และกักเก็บคาร์บอนไว้ในมวลชีวภาพมากขึ้น เมื่อไถกลบเศษซากถั่วเหลือง และถั่วเขียวลงดิน เมื่อเศษซากย่อยสลาย จึงเป็นการนำคาร์บอนลงไปกักเก็บไว้ในดินในรูปของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งนอกจากเป็นการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศแล้ว ยังเป็นการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินอีกทางหนึ่ง

กรมวิชาการเกษตร

Table 79 Planting and harvesting dates, rainfall over cropping period and growing degree day (GDD) of soybean in the upland condition, dry (D) and late rainy (LR) seasons in 2018 at Chiang Mai Field Crops Research Center

General information	D 2018	LR 2018
Planting date	30-Oct-17	6-Jul-18
Emergence date	4-Nov-17	12-Jul-18
Harvesting date	29-Jan-18	Oct 12-15, 2018
	(91 DAS)	(98-101 DAS)
Rainfall (mm)	49.6 + irrigation	466
Rain days	9	40
Maximum temperature (°C)	34.9	36.6
Minimum temperature (°C)	7.5	21.6
Growing Degree Day (GDD, °C)	1,303.2	1,779.7

Table 80 Effect of soil and fertilizer management on soybean yield varieties Chiang Mai 60 and carbon balance in the dry (D 2018) and late rainy seasons (LR 2018) at Chiang Mai Field Crops Research Center

Total C (kg C rai^{-1})	**Bare soil**	**T1 (none)**	**T2 (R+PK)**	**T3 (C+R+PK)**	**T4 (R+NPK)**	**T5 (C+R+NPK)**
D 2018						
C-input						
C from compost	0	0	0	330	0	330
C from root left in soil		11.5	12.0	16.3	14.0	20.6
C from fallen leaves		102.5	112.3	124.7	119.1	133.2
total C-input	**0.0**	**11.5**	**12.0**	**346.3**	**14.0**	**350.6**
C-loss						
C from CO_2 emission (soybean)	41.5	78.7	76.9	73.6	69.6	80.3
C from plant parts taken away		319.6	320.1	362.5	358.3	401.3
-seed		*75.2*	*94.5*	*102.1*	*109.2*	*134.7*
-stem		*157.6*	*157.2*	*193.5*	*183.4*	*175.6*
-leaves		*55.0*	*33.1*	*23.8*	*18.3*	*40.2*
-pod cover		*31.8*	*35.4*	*43.2*	*47.2*	*50.9*
total C-loss	**41.5**	**398.2**	**397.0**	**436.2**	**427.9**	**481.6**
C-balance (input-loss)	-41.5	-386.7	-385.0	-89.9	-413.9	-131.0

กรมวิชาการเกษตร

Total C (kg C rai^{-1})	Bare soil	T1 (none)	T2 (R+PK)	T3 (C+R+PK)	T4 (R+NPK)	T5 (C+R+NPK)	
		331.6					
seed yield (kg/rai) (CV = 12.4%)			355.2	399.7	370.4	382.5	**367.9**
plant height (cm) (CV = 7.2%)		44.5	43.9	45.7	43.7	45.2	**44.6**
plants/rai (CV = 4.9%)		38,400	39,550	39,700	38,250	41,450	**39,470**
100 seed DW (g) (CV = 3.5%)		17.3	18.1	18.2	18.1	18.6	**18.1**
% C-loss by emission		19.7					
			19.4	16.9	16.3	16.7	

Table 80 (Cont.)

Total C (kg C rai^{-1})	Bare soil	T1 (none)	T2 (R+PK)	T3 (C+R+PK)	T4 (R+NPK)	T5 (C+R+NPK)	
LR 2018							
C-input							
C from compost	0	0	0	219	0	219	
C from root left in soil		19.6	25.4	29.7	31.0	36.4	
C from fallen leaves		200.5	216.5	214.4	244.5	220.8	
total C-input	**0.0**	**220.0**	**242.0**	**463.1**	**275.5**	**476.2**	
C-loss							
C from CO_2 emission (soybean)	167.5	77.4	77.7	81.3	74.3	67.8	
C from plant parts taken away		579.6	595.8	607.3	609.0	520.3	
-seed		*320.0*	*320.1*	*334.2*	*337.7*		*274.0*
-stem		*115.6*	*123.5*	*129.4*	*128.6*		*137.1*
-leaves		*31.0*	*19.1*	*12.3*	*10.9*		*15.5*
-pod cover		*113.1*	*133.0*	*131.5*	*131.9*		*93.7*
total C-loss	**167.5**	**657.0**	**673.5**	**688.6**	**683.3**	**588.1**	
C-balance (input-loss)	-167.5	-437.0	-431.5	-225.5	-407.8	-111.8	
seed yield (kg/rai) (CV = 12.4%)		392.7	394.1	415.0	411.3	342.7	**391.2**
plant height (cm) (CV = 7.2%)		88.3	89.5	89.0	93.8	93.8	**90.9**
plants/rai (CV = 4.9%)		32,450	33,300	36,050	34,700	37,250	**34,750**
100 seed DW (g) (CV = 3.5%)		15.7	15.4	15.3	14.9	15.2	**15.3**
% C-loss by emission		11.8	11.5	11.8	10.9	11.5	

สนับสนุนการวิจัย

Table 81 Planting and harvesting dates, rainfall over cropping period of mung bean: varieties Chainat 84-1 in upland condition in dry (D), early rainy (ER) and late rainy seasons (LR) at Dong Khen Luang Experimental Site, Chainat Province

Season	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019
Planting date	1 Nov. 2017	2 Feb. 2018	3 May 2018	4 Oct. 2018	7 Jun. 2019	19 Sep. 2019
Harvesting date	8-11 Jan. 2018 (68-71 DAS)	9 Apr. 2018 (64 DAS)	5-6 Jul. 2018 (57-58 DAS)	6-7 Dec. 2018 (58-59 DAS)	6-10 Aug. 2019 (61-65 DAS)	25-30 Nov. 2019 (65-69 DAS)
Rainfall (mm)	144 + irrigation	12.62 + irrigation	0.81 + irrigation	0.69 + irrigation	0.51 + irrigation	0.35 + irrigation
Rain days	4	3	4	5	3	3
temperature Average °C	26.32	27.37	29.03	27.87	29.54	27.26
CO_2 emission measured date	6 times: 6 Nov. 2017-18 Jan. 2018	7 times: 5 Feb. 2018- 10 Mar. 2018	5 times: 7 May 2018- 9 Jul. 2018	7 times: 3 Oct. 2018- 12 Dec. 2018	8 times: 11 Jun. 2019- 29 Aug. 2019	9 times: 19 Sep. 019- 18 Dec. 2019

กรมวิชาการเกษตร

Table 82 Effect of soil and fertilizer management on mung bean gain yield: varieties Chainat 84-1 in dry (D), early rainy (ER) and late rainy seasons (LR) at Dong Khen Luang Experimental Site, Chainat Province

Treatment	Seed yield (kg rai^{-1})							1,000-seed weight (g)						
	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019	Av.	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019	Av.
no Fer no R	190	68	173	191	215	141	157	72.5	50.5	70.4	74.3	91.6	90.6	75.9
R	195	74	230	197	234	158	175	72.4	58.1	68.0	74.9	89.8	93.0	77.6
Fer+R	176	75	249	227	198	148	173	74.4	60.2	68.1	72.5	96.1	91.4	78.9
Fer Rec+R	163	62	286	231	194	120	170	75.5	58.1	67.9	71.5	91.6	94.3	78.2
Integrated	176	64	274	231	238	124	179	72.5	62.9	63.2	71.9	96.9	91.4	79.1
CV. (%)	13.2	26.9	13.1	12.7	17.3	21.1		2.8	15.9	6.9	2.3	4.7	2.83	

Table 83 Effect of soil and fertilizer management on carbon content in each part of mung bean: varieties Chainat 84-1 at Dong Khen Luang Experimental Site, Chainat Province

Treatment	Organic carbon (%)					Dry weight (kg rai^{-1})					Total C content	Amount of CO_2 adsorb by plant
	Seed	Stalk	Leaves	Sheath	Av	Seed	Stalk	Leaves	Sheath	Total	(kg C rai^{-1} year $^{-1}$)	(kg CO_2 rai $^{-1}$ year $^{-1}$)
no Fer no R	48.9	49.8	46.0	49.5	48.6	220	136	123	77	555	270	988
R	50.4	49.9	47.1	49.0	49.1	226	150	134	80	590	290	1062
Fer+R	48.9	49.6	46.7	49.1	48.6	228	141	119	83	570	277	1016
Fer Rec+R	51.7	49.5	46.3	49.7	49.3	190	112	92	68	461	227	833
Integrated	50.1	49.7	47.5	48.9	49.1	186	102	85	64	436	214	784

Note: No fer NO R = no chemical fertilizer, no organic fertilizer application and no rhizobium,
R = rhizobium

กรมวิชาการเกษตร

Fer+R = rhizobium +chemical fertilizer grade 12-24-12 application rate 25 kg/rai

Fer Rec+R = rhizobium +chemical fertilizer recommendation at the rate of 3-3 kg P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost + rhizobium + chemical fertilizer grade 12-24-12 application rate 25 kg/rai

Table 84 Effect of soil and fertilizer management on accumulation of soil organic carbon in mung bean: varieties Chainat 84-1 field at Dong Khen Luang Experimental Site, Chainat Province

Treatment	Av. SOC start (g C kg^{-1})								Av. SOC content	Change of SOC content
	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019	D 2020	Average	(g C kg^{-1})	(g C kg^{-1} $year^{-1}$)
no Fer no R	6.98	7.63	9.59	7.41	7.19	6.21	8.15	7.59	7.59	-0.02
R	7.48	7.67	9.08	7.71	7.22	6.51	7.66	7.62	7.62	1.32
Fer+R	7.13	7.96	9.76	7.95	7.80	6.38	7.86	7.83	7.83	0.72
Fer Rec+R	7.95	8.45	8.83	8.19	7.54	7.13	8.31	8.06	8.06	1.52
Integrated	7.77	8.35	10.86	9.03	9.76	7.15	10.21	9.02	9.02	0.27
Average	7.46	8.01	9.62	8.06	7.90	6.68	8.44			

Note: No fer NO R = no chemical fertilizer, no organic fertilizer application and no rhizobium,

R = rhizobium

Fer+R = rhizobium +chemical fertilizer grade 12-24-12 application rate 25 kg/rai

Fer Rec+R = rhizobium +chemical fertilizer recommendation at the rate of 3-3 kg P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost + rhizobium + chemical fertilizer grade 12-24-12 application rate 25 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 85 Effect of soil and fertilizer management on carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface in mung bean: varieties Chainat 84-1 field at Dong Khen Luang Experimental Site, Chainat Province from 2017 to 2020

Treatment	CO_2 emission	CO_2 emission (kg CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)				Average C loss
	(g CO_2 m^{-2} day^{-1})	2017-18	2018-19	2019-20	Average	(kg C-CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)
no Fer no R	7.59	339	426	213	326	88.9
R	7.62	337	436	224	332	90.6
Fer+R	7.83	339	427	214	327	89.1
Fer Rec+R	8.06	311	407	217	312	85.0
Integrated	9.02	330	442	239	337	91.9
Av.	8.02	331	428	221	327	89.1

Note: No fer NO R = no chemical fertilizer, no organic fertilizer application and no rhizobium,
R = rhizobium
Fer+R = rhizobium +chemical fertilizer grade 12-24-12 application rate 25 kg/rai
Fer Rec+R = rhizobium +chemical fertilizer recommendation at the rate of 3-3 kg P_2O_5-K_2O /rai
Integrated = Compost + rhizobium + chemical fertilizer grade 12-24-12 application rate 25 kg/rai

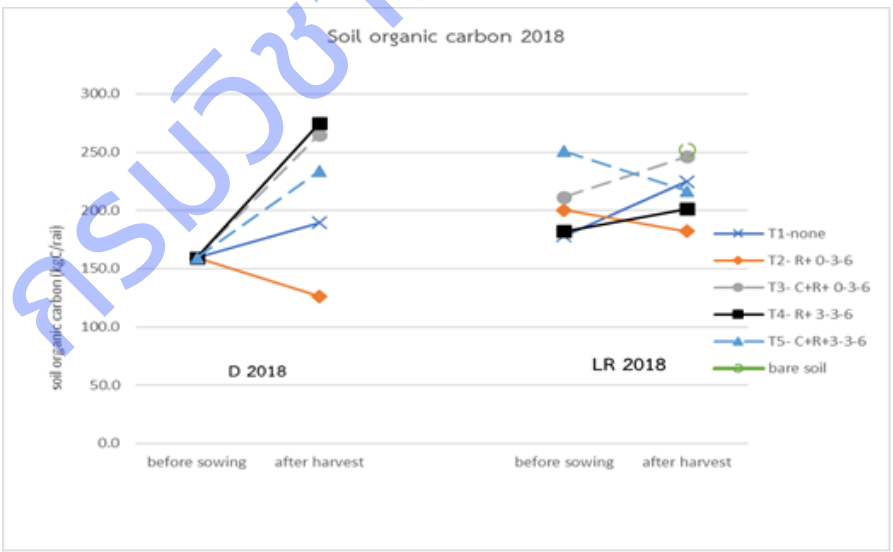


Figure 37 Soil organic carbon before sowing and after harvesting in soybean field in the dry (D 2018) and late rainy seasons (LR 2018) at Chiang Mai Field Crops Research Center

กรมวิชาการเกษตร

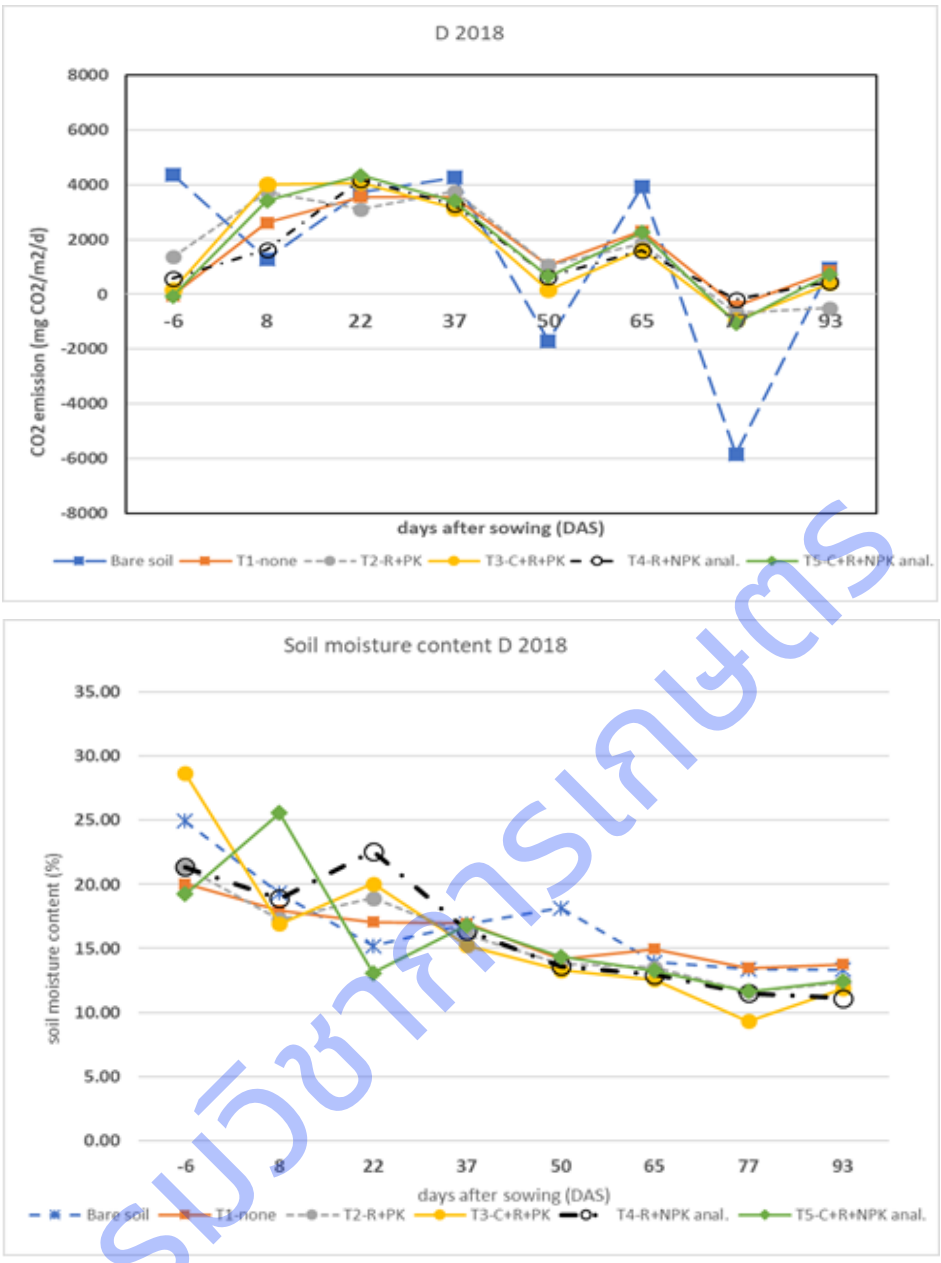


Figure 38 Carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface (A) and soil moisture (B) in soybean filed from -6 to 93 days after sowing (DAS) in the dry season 2018 (D 2018) Chiang Mai Field Crops Research Center

กรมวิชาการเกษตร

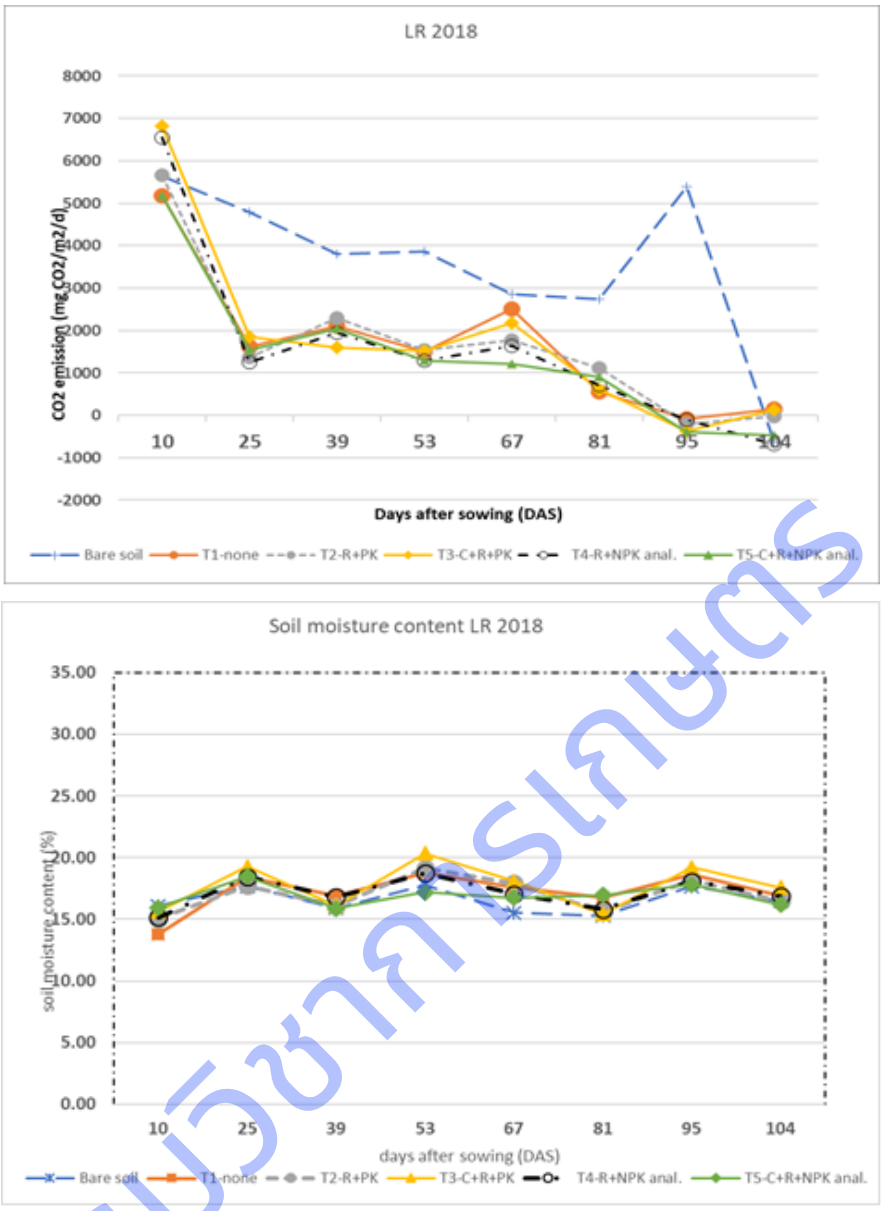


Figure 39 Carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface (A) and soil moisture (B) in soybean filed from 10 to 104 days after sowing (DAS) in the late rainy season 2018 (LR 2018) at Chiang Mai Field Crops Research Center

กรมวิชาการเกษตร

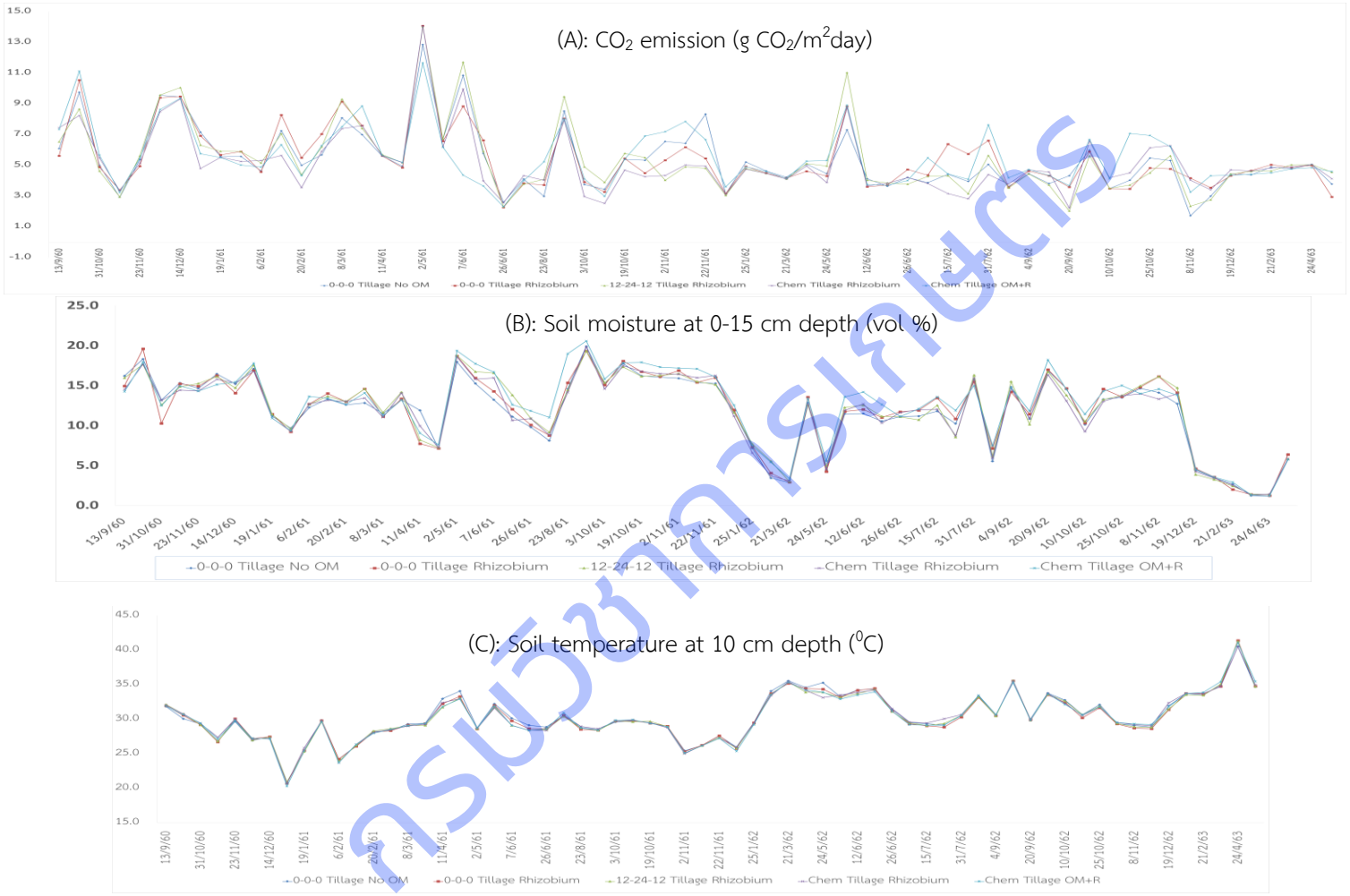


Figure 40 Carbon dioxide (CO_2) emission from soil surface (A), soil moisture at 0-15 cm depth (B), and soil temperature at 10 cm depth (C) in mung bean field at Dong Khen Luang Experimental Site, Chainat Province from 2017 to 2020

Figure 41 Effect of soil and fertilizers management on the change of soil organic carbon and soil pH at Dong Khen Luang Experimental Site, Chainat Province from 2017 to 2020

กรมวิชาการเกษตร

Figure 42 Effect of soil and fertilizers management on available phosphorus and available potassium at Dong Khen Luang Experimental Site, Chainat Province from 2017 to 2020

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองและถั่วเขียว ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1. การจัดการดินแบบไถพรวน การไม่ไถพรวน การใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่ส่งผลให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินแตกต่างกัน แต่หากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย ทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย การไม่ไถพรวน ไม่ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินแตกต่างจากการไถพรวน แต่การใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน หรือปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้ และระบบการปลูกถั่วแปบเป็นพืชตามหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพด ทำให้ดินมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าระบบที่ปลูกข้าวฟ่างและถั่วเขียวเป็นพืชตาม

2. การปลูกอ้อยด้วยการให้น้ำที่ระดับ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นดิน (%AWC) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงน้อยกว่าการปลูกอ้อยและให้น้ำที่ระดับ 25.0 และ 37.5 %AWC ในขณะที่การปลูกแบบอาศัยน้ำฝน หรือมีการให้น้ำตามความต้องการพืช ทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนไม่แตกต่างกัน แต่หากมีการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อยร่วมด้วยจะช่วยเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดิน การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อย ทำให้ดินมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ไม่แตกต่างจากการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน แต่หากมีการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อย สภาพที่มีการให้น้ำ จะส่งเสริมให้เกิดการสลายตัวของกากตะกอนหม้อกรอง จึงทำให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากผิวดินมากกว่าการปลูกอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน

3. ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับการไถกลบเศษซากต้นใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และเพิ่มธาตุอาหารพืช เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินได้ และระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในไว้ในดินได้ดีกว่า การปลูกมันสำปะหลังเชิงเดี่ยว หรือปลูกมันสำปะหลังปีเว้นปีสลับกับปลูกถั่วเขียวตามด้วยถั่วพุ่ม การปรับปรุงบำรุงดินด้วยกากตะกอนหม้อกรองอ้อย หรือปุ๋ยอินทรีย์ หรือการไถกลบเศษซากพืช หากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการพิจารณาวิธีการจัดการดินปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตมันสำปะหลังต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตที่สามารถรักษาคุณภาพดินและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากผลการวิจัยการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันสำปะหลังต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และควรมีการไถกลบเศษซากพืชหรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน

4. ในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง และถั่วเขียว การใส่ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และ/หรือใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินตลอดจนธาตุอาหารพืช เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการจัดการดินและปุ๋ยตามวิธีดังกล่าว กลับมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินพิ่มขึ้นเล็กน้อย

กรมวิชาการเกษตร

5. การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีถึงแม้จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินต่ำ แต่เมื่อพิจารณาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยน้ำหนักของผลผลิต กลับพบว่าการปลูกพืชโดยไม่ใช้ปุ๋ยเคมีมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตในปริมาณที่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นเพื่อให้การใช้ที่ดินในการผลิตพืชมีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน ควรพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตพืชควบคู่ไปกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งการรักษาคุณภาพของดินให้มีความยั่งยืน เพื่อก่อให้เกิดการผลิตที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ทำลายทรัพยากรดิน

6. จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าอัตราการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดจากเศษซาก หรือวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปในดินต่ออัตราการเปลี่ยนไปเป็นอินทรีย์คาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินต่ำ จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ช่วยอธิบายได้ว่าทำไมดินในเขตร้อนถึงมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ ดังนั้นการใส่วัสดุอินทรีย์ หรือปุ๋ยอินทรีย์ในดินเขตร้อนจึงจำเป็นต้องใส่ในปริมาณที่มากกว่าอัตราการย่อยสลาย เพื่อไม่ให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงไปเรื่อยๆ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงพลวัตของคาร์บอนในดิน ภายใต้ระบบการปลูกที่ไม่มีการไถพรวน ตามสมบัติดินที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลอย่างไรต่อพลวัตของคาร์บอนในดินเขตร้อน

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม (Bibliography)

กรมพัฒนาที่ดิน .2558. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน .***ใน*** สถานภาพทรัพยากรดิน และที่ดินของประเทศไทยชุมนุม . 120 หน้า .สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย-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].

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

กรมวิชาการเกษตร

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 Orgamic 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 diven by carbon inputs: A systhesis. Agriculture, Ecosystmens & 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 Hotel, Bangkok, Thailand. (Book of Abstracts). King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), National Innovation Agency (NIA) and Silpakorn University (SU).

กรมวิชาการเกษตร

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*** Mothods of Organic Matter in Compost and Manure Analysis. Tokyo: Japan Soil Association (in Japaneses). 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. Vaiations and determinants of carbon conten in plants: A global systhesis. 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 miaze-mung bean field with rice straw mulcj, 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.

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 nd) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

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 Rothansted 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 rain fed area 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 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