



รายงานโครงการวิจัย

การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน  
Building up of Carbon Bank under Field and  
Renewable Energy Crops Production Areas

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี  
Suphakarn Luanmanee

2560



รายงานโครงการวิจัย

การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน  
Building up of Carbon Bank under Field and  
Renewable Energy Crops Production Areas

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี  
Suphakarn Luanmanee

2560

## สารบัญ

	หน้า
คณะผู้วิจัย	1
บทนำ	2
บทคัดย่อ	4
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	6
กิจกรรมที่ 1 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	7
บทคัดย่อ	7
บทนำ	9
ระเบียบวิธีวิจัย	12
ผลการทดลอง	17
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	51
กิจกรรมที่ 2 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย	53
บทคัดย่อ	53
บทนำ	54
ระเบียบวิธีวิจัย	55
ผลการทดลอง	57
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	76
เอกสารอ้างอิง	77
กิจกรรมที่ 3 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง	78
บทคัดย่อ	78
บทนำ	79
ระเบียบวิธีวิจัย	80
ผลการทดลอง	82
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	104
เอกสารอ้างอิง	105
กิจกรรมที่ 4 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง	106
บทคัดย่อ	106
บทนำ	107
ระเบียบวิธีวิจัย	108
ผลการทดลอง	110
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	118
เอกสารอ้างอิง	119

## คณะผู้วิจัย

นางสาวศุภกาญจน์	ล้วนมณี	กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาววนิดา	โนบรرتها	กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นายดาวรุ่ง	คงเทียน	ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นางสาวสุทัศนีย์	วงศ์ศุภไทย	ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นางสาวศรีสุดา	ทิพย์รักษ์	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นายชยันต์	ภักดีไทย	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นางวัลลีย์	อมรพล	ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นางสาวพรพรรณ	สุทธิแย้ม	ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นายกอบเกียรติ	ไพศาลเจริญ	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นายสมควร	คลังช้าง	กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางนงลักษณ์	ปั้นลาย	ศูนย์วิจัยและพัฒนากาษตรลพบุรี
นายปรีชา	กาเพ็ชร	ศูนย์วิจัยและพัฒนากาษตรสุโขทัย
นางทัศนีย์	บุตรทอง	ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นางสาวแววตา	พลกุล	กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นายณัฐพงศ์	ศรีสมบัติ	กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นายจำนงค์	ชัยถาวร	ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นายเนติรัฐ	ชุมสุวรรณ	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นางสาวนภาพร	ค่านวนทิพย์	ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นางสาวสุพรรณณี	เป็งคำ	ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นายปัทมกร	พงวาเรศ	ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นายเกษม	ชูสอน	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นายเจิม	จาประโคน	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นายอนันต์	ทองภู	กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

## บทนำ

ภาวะโลกร้อนมีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรอันเนื่องมาจากกิจกรรมความต้องการของมนุษย์ซึ่งเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลก โดยปัจจุบันความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 380 ส่วนในล้านส่วน จากเดิมเมื่อ 150 ปีก่อนที่มีเพียง 280 ส่วนในล้านส่วน

การกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ในพื้นที่เกษตร เป็นแนวทางหนึ่งที่หลายประเทศนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ซึ่งอาศัยการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของพืช ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปเก็บสะสมไว้ในส่วนของเนื้อเยื่อพืช (ลำต้น ใบ ผล และราก) และเมื่อเศษซากพืชเหล่านี้หลุดร่วงหรือตายลง สารอินทรีย์เหล่านั้นจึงถูกย่อยสลาย และส่วนที่ย่อยสลายยากจะเหลือตกค้างอยู่ในดินในรูปของฮิวมัสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรีย์วัตถุ โดยเรียกกระบวนการดังกล่าวนี้ว่า “Soil carbon sequestration” (Lal, 2004; Lal *et al.*, 2007; Yonekura *et al.*, 2010) ปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่ปัจจัยหลักๆ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ และการทำการเกษตร ทำให้มีการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดิน และปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ ในทางกลับกันหากมีการจัดการดิน-ปุ๋ย-น้ำและพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพกับพื้นที่ปลูกพื้นที่ทำการเกษตรก็จะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญแหล่งหนึ่ง

ประเด็นปัญหาคือประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ดินไร้ต่างๆไปสามารถเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินน้อยกว่าเขตอบอุ่นเนื่องจากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นเร็ว ทำให้มี CO<sub>2</sub> ปลดปล่อยออกมา นอกจากนี้การกัดกร่อนผิวดินก็เป็นตัวเร่งให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนออกไปจากพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีวิธีการจัดการดิน-ปุ๋ย-น้ำและพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการสูญเสีย และหรือสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ ทำให้เกิดการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้มากขึ้น เพื่อให้ดินเป็นเสมือนธนาคารในการกักเก็บคาร์บอน

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการจัดการดิน ปุ๋ยและน้ำอย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในระบบการผลิตข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองหลังนาและสภาพไร่

วิธีการวิจัย ประกอบด้วย 4 กิจกรรม

**กิจกรรมที่ 1 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์** ประกอบด้วย 4 การทดลอง ได้แก่

1.1 ศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ.นครสวรรค์

1.2 ศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ.ลพบุรี

1.3 ศึกษาวิธีการจัดการปุ๋ยและน้ำอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.4 ศึกษาการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ต่างๆ

**กิจกรรมที่ 2 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย** ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่

2.1 ศึกษาการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตอ้อย จ.ขอนแก่น

2.2 ศึกษาวิธีการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำอย่างเหมาะสมต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตอ้อย

**กิจกรรมที่ 3 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง** ประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่

3.1 ศึกษาการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ.ระยอง

3.2 ศึกษาการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ.ขอนแก่น

3.3 ศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ.ขอนแก่น

**กิจกรรมที่ 4 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง** ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่

4.1 ศึกษาการจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพ นา

4.2 ศึกษาการจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพไร่

## บทคัดย่อ

ภาวะโลกร้อนมีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และภาคการเกษตรเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแหล่งหนึ่ง การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ที่ดินในการผลิตพืชสามารถทำได้โดยการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย อย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการจัดการดิน ปุ๋ยและน้ำอย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในระบบการผลิตข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองหลังนาและสภาพไร่ จากการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

### กิจกรรมที่ 1 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การติดตามการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในแปลงทดลองระยะยาวที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินสมอทอด พบว่าการใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่ทำให้สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่ที่มีค่าเกินดุล 113 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ สมดุลของคาร์บอนมีค่าเกินดุล 55 กิโลกรัม C ต่อไร่ อย่างไรก็ตาม คาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินยังมีการสลายตัวได้ตลอดเวลา และจากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนจากปี พ.ศ.2527 ถึงปี พ.ศ.2558 พบว่า การใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่ คาร์บอนในดินลดลงในอัตราต่ำ 1 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน คาร์บอนในดินลดลงในอัตรา 53 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี แต่หากไม่ใส่ปุ๋ยจะทำให้คาร์บอนในดินลดลงในอัตราสูงสุด 72 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์นั้นทำให้สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ ซึ่งจะส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และมีศักยภาพในการผลิตพืชได้อย่างยั่งยืน ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินสมอทอดซึ่งมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถือว่าเพียงพอต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่อาจเกิดความไม่ยั่งยืนในระยะยาวเนื่องจากทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดน้อยถอยลงและจะส่งผลกระทบต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในที่สุด ดังนั้นวิธีการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินสมอทอดควรใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกพืชหมุนเวียนตระกูลถั่วและปลูกพืชคลุมดินซึ่งจะช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดีที่สุด

สำหรับผลของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน พบว่า การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสู่บรรยากาศมากกว่าการจัดการระบบปลูกพืช โดยพบว่าการใส่มูลไก่ หรือใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.16 และ 2.12 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.90 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่าง ข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว และข้าวโพดตามด้วยถั่วแบบปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 1.93-2.03 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปลดปล่อยจากผิวดินเฉลี่ย 1.69 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี การใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่

2) การจัดการดินแบบไถพรวนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.1 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่วิธีการไม่ไถพรวนดินมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.0 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีพบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.00 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี และหากไม่ใส่ปุ๋ยเคมีพบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.2 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ส่วนการใช้ฟางข้าวคลุมดินมีแนวโน้มทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงกว่าการไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน โดยวิธีการที่ใช้ฟางข้าวคลุมดินมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.3 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี แต่หากไม่มีการคลุมดินด้วยฟางข้าวพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เฉลี่ย 2.9 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี อย่างไรก็ตาม การจัดการดินแบบไถพรวนดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และใช้ฟางข้าวคลุมดิน พบว่ามีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน 159 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี สูงกว่าวิธีการที่ไม่ไถพรวนดิน ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี และไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ซึ่งทำให้ดินมีคาร์บอนลดลงมากถึง 9.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี

3) การจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่เป็นดินเหนียวโดยการให้น้ำเสริมตามความต้องการของพืชทำให้ดินมีอุณหภูมิลดต่ำลง จึงทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ลดน้อยลงกว่าระบบที่อาศัยน้ำฝน

### **กิจกรรมที่ 2 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย**

จากการศึกษาผลของการจัดการน้ำต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยในดินร่วนปนทรายจังหวัดขอนแก่น พบว่า การให้น้ำที่ระดับ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นดิน (AWC) ทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นจาก 0.26 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.33 เปอร์เซ็นต์ ถ้าให้น้ำที่ระดับ 25.0 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC อินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นเป็น 0.31 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สภาพที่อาศัยน้ำฝนหรือมีการให้น้ำในปริมาณมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนต่ำ ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยในดินร่วนปนทรายขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่าปัจจัยอื่น โดยการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเกิดขึ้นมากในช่วงระยะที่อ้อยมีอายุ 196-285 วันหลังปลูก หรือในระยะสร้างน้ำตาลซึ่งอ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด

การให้น้ำในการผลิตอ้อยในดินร่วนปนทรายทำให้ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่ากรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝน และส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินลดลง และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อย ทำให้ดินมีการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> น้อยกว่าในสภาพน้ำฝน แต่หากมีการใช้กากตะกอนหมักกรองอ้อย พบว่าในสภาพที่มีการให้น้ำ ส่งเสริมให้เกิดการสลายตัวของกากตะกอนหมักกรองและทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> มากกว่าในสภาพอาศัยน้ำฝน

### **กิจกรรมที่ 3 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง**

จากการศึกษาผลของระบบปลูกพืช การจัดการปุ๋ยและเศษซากพืช ต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจากแปลงทดลองระยะยาวจังหวัดระยองและจังหวัดขอนแก่น สามารถสรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดีที่สุด แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือการไถกลบเศษซากพืชในการปรับปรุงดินนั้นจะทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเล็กน้อย ดังนั้นในการพิจารณาวิธีการจัดการดินปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตมันสำปะหลังต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตที่สามารถรักษาคุณภาพดินและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันสำปะหลังต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และควรมีการไถกลบเศษซากพืชหรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

### **กิจกรรมที่ 4 การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง**



### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1) การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง จึงทำให้มีการดูดใช้คาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในการสังเคราะห์แสงและสร้างชีวมวลได้มาก ดังนั้นเมื่อไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในดิน คาร์บอนบางส่วนในเศษซากพืชจะถูกเก็บสะสมไว้ในดิน แต่หากใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดิน คาร์บอนในปุ๋ยอินทรีย์จะถูกย่อยสลายและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ จึงทำให้พื้นที่ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในปริมาณสูงกว่าในพื้นที่ที่ใส่ปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เป็นการเพิ่มเติมปริมาณคาร์บอนให้แก่ดินได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ทำให้ดินมีการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้น ในขณะที่การผลิตพืชโดยไม่ใส่ปุ๋ยใดๆ เลย แม้ว่าจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ แต่เมื่อคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยน้ำหนักของผลผลิตแล้วกลับพบว่า การผลิตพืชโดยไม่ใส่ปุ๋ยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตในปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงดิน ดังนั้น เพื่อเพิ่มความมั่นคงด้านอาหารและการลดผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ ควรแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน

2) การจัดการน้ำมีผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน โดยพื้นที่ที่มีการให้น้ำอย่างเหมาะสมจะสามารถลดอุณหภูมิผิวดินลงได้ จึงทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมีปริมาณลดลง อย่างไรก็ตาม การจัดการน้ำเพื่อให้ดินมีความชื้นที่เหมาะสมมีผลทำให้วัสดุอินทรีย์หรือปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่มีการสลายตัวได้ดีจึงทำให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ใส่ปุ๋ยเคมี

3) การจัดการระบบปลูกพืชมีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน เนื่องจากพืชแต่ละชนิดสามารถสร้างชีวมวลได้มากน้อยต่างกัน พืชที่สร้างชีวมวลได้มากเมื่อไถกลบเศษซากพืชดังกล่าวกลับลงไปในดิน จะช่วยให้คาร์บอนในเศษซากพืชที่เหลือจากการย่อยสลายถูกกักเก็บไว้ในดิน

4) ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยภายใต้โครงการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลฐานในการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยต่อไปได้

5) การวิจัยการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินต้องใช้เวลายาวนานในการติดตามการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นควรที่จะศึกษาในแปลงทดลองระยะยาว ซึ่งกรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการดิน ปุ๋ย เศษซากพืช และระบบปลูกพืช ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่าง ๆ ของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน โดยมีแปลงทดลองระยะยาวจำนวน 7 แปลงทดลอง กระจายอยู่หลายพื้นที่ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ 1 แปลง ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น 2 แปลง ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง 1 แปลง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา 1 แปลง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรี 1 แปลง และศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ 1 แปลง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยในแปลงทดลองระยะยาวเหล่านี้มีคุณค่าทางวิชาการมาก ควรให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง

**กิจกรรมที่ 1**  
**การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**  
**Building up of Carbon Bank under Maize Production Areas**

**ชื่อผู้วิจัย**

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี วนิดา โนบรรเทา ดาวรุ่ง คงเทียน สุทัศนีย์ วงศ์สุปไทย กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ  
 นงลักษณ์ ปั่นลาย แววตา พลกุล ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ จำนงค์ ชัญฉวาร ทัศนีย์ บุตรทอง อนันต์ ทองภู

**คำสำคัญ**

ธนาคารคาร์บอน การกักเก็บคาร์บอน อินทรีย์วัตถุ คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเรือนกระจก พืชไร่ ข้าวโพด  
 Carbon Bank, Carbon Sequestration, Organic matter, Carbon dioxide, Greenhouse gas,  
 Field Crops, Maize

**บทคัดย่อ**

ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดินในแปลงทดลองระยะยาวที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียว ชุดดินสมอทอดจังหวัดนครสวรรค์และดินร่วนเหนียวชุดดินวังสะพุงจังหวัดลพบุรี และศึกษาผลของระบบปลูกพืช การจัดการปุ๋ยและน้ำต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน จากการวิจัยพบว่าการใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่ ทำให้มีการกักเก็บคาร์บอนได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยทำให้สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่มีค่าเกินดุล 113 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ สมดุลของคาร์บอนมีค่าเกินดุล 55 กิโลกรัม C ต่อไร่ อย่างไรก็ตาม คาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินยังคงมีการสลายตัวได้ตลอดเวลา และจากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนจากปี พ.ศ.2527 ถึงปี พ.ศ.2558 พบว่า การใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่ คาร์บอนในดินลดลงเพียง 1 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน คาร์บอนในดินลดลงในอัตรา 53 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี แต่หากไม่ใส่ปุ๋ยจะทำให้คาร์บอนในดินลดลงในอัตราสูงสุด 72 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์นั้นทำให้สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ ซึ่งจะส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และมีศักยภาพในการผลิตพืชได้อย่างยั่งยืน ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินสมอทอดซึ่งมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถือว่าเพียงพอต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่อาจเกิดความไม่ยั่งยืนในระยะยาวเนื่องจากทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดน้อยถอยลงและจะส่งผลกระทบต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในที่สุด ดังนั้นวิธีการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินสมอทอดควรใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกพืชหมุนเวียนตระกูลถั่วและไถกลบเศษซากพืชซึ่งจะช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดีที่สุด สำหรับผลของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน พบว่า การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสู่บรรยากาศมากกว่าการจัดการระบบปลูกพืช โดยพบว่าการใส่มูลไก่ หรือใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.16 และ 2.12 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.90 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่าง ข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว และข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 1.93-2.03 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตาราง

เมตรต่อปี ในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปลดปล่อยจากผิวดินเฉลี่ย 1.69 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี การใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่

นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการดินแบบไถพรวนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.1 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่วิธีการไม่ไถพรวนดินมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.0 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีพบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.00 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี และหากไม่ใส่ปุ๋ยเคมีพบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.2 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ส่วนการใช้ฟางข้าวคลุมดินมีแนวโน้มทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงกว่าการไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน โดยวิธีการที่ใช้ฟางข้าวคลุมดินมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.3 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี แต่หากไม่มีการคลุมดินด้วยฟางข้าวพบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.9 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี อย่างไรก็ตาม การจัดการดินแบบไถพรวนดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีและใช้ฟางข้าวคลุมดิน พบว่ามีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน 159 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี สูงกว่าวิธีการที่ไม่ไถพรวนดิน ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ซึ่งทำให้ดินมีคาร์บอนลดลงมากถึง 9.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี

ในขณะที่การจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่เป็นดินเหนียวโดยการให้น้ำเสริมตามความต้องการของพืชทำให้ดินมีอุณหภูมิลดต่ำลง จึงทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ลดน้อยลงกว่าระบบที่อาศัยน้ำฝน

## บทนำ

ภาวะโลกร้อน หรือในบางครั้งจะเรียกว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) ถือเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของโลกในปัจจุบัน คือปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก และมหาสมุทรสูงขึ้น โดยมีก๊าซเรือนกระจกหลัก 6 ชนิด ได้แก่ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) และก๊าซโอโซน (The National Academies Reports, 2008) ซึ่งโดยมากจะกล่าวถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีปริมาณสูงที่สุด เป็นตัวการกักเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้ไม่ให้คายออกไปสู่บรรยากาศเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มจำนวนมากขึ้นในชั้นบรรยากาศโลก ก็จะทำหน้าที่กักเก็บความร้อนที่ได้จากดวงอาทิตย์ไว้มากขึ้นเรื่อย ๆ จนเกินความต้องการ เปรียบเสมือนโลกมีผ้าห่มผืนที่มีความหนาขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้แสงอาทิตย์หรือความร้อนบางส่วนที่ควรจะต้องถูกสะท้อนกลับออกไปนอกโลกบ้าง แต่กลับไม่สามารถสะท้อนหรือคายออกไปได้ มีผลทำให้เกิดการสะสมความร้อนมากเพิ่มสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) อันนำมาสู่ภาวะโลกร้อนนั่นเอง (The U.S. Environmental Protection Agency, 2010) WRI (2006) รายงานว่าในจำนวนก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ นั้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการปล่อยสู่บรรยากาศมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 77 มีเทนร้อยละ 14 ไนตรัสออกไซด์ร้อยละ 8 และก๊าซ HCFs, PFCs และ SF6 เท่ากับร้อยละ 1 การที่ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลกได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะตั้งแต่ในช่วงยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมานั้น ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนที่มีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และเกิดผลกระทบต่อเนื่องไปยังระบบนิเวศและชีวิตความเป็นอยู่ของผู้นั้นซึ่งอาจเป็นผลกระทบที่มีความหลากหลายแตกต่างกัน (IPCC, 2001) ประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงก็คือ ภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้นอยู่นี้เป็นปรากฏการณ์ในระดับโลกและคาดว่าจะยังคงดำเนินต่อไปอีกหลายทศวรรษเป็นอย่างน้อยและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลสืบเนื่องจากภาวะโลกร้อนนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละภูมิภาคของโลก (IPCC, 2007)

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั่วโลกในปี พ.ศ. 2548 พบว่า การทำการเกษตรปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 5.1 ถึง 6.1 กิกกะตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Gt CO<sub>2</sub>-eq) ต่อปี (ประมาณ 10-12% ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์) โดยเป็นมีเทน (CH<sub>4</sub>) 3.3 Gt CO<sub>2</sub>-eq ต่อปี และไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) 2.8 Gt CO<sub>2</sub>-eq ต่อปี โดย CH<sub>4</sub> และ N<sub>2</sub>O ที่ปลดปล่อยจากการเกษตรเกิดขึ้นประมาณ 50% และ 60%ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ก๊าซเรือนกระจกตามลำดับ ส่วน CO<sub>2</sub> ถึงแม้ว่าจะมีการปลดปล่อยออกมาแต่ก็จะถูกพืชนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณการปลดปล่อยสุทธิค่อนข้างต่ำ 0.04 Gt CO<sub>2</sub> ต่อปี (Smith et al., 2007) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมสุทธิ (Gross emission) ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2537 เมื่อคิดเทียบเท่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> equivalent) มีปริมาณเท่ากับ 285.844 gigagram (Gg) โดยในจำนวนนี้ร้อยละ 70.64 มาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 23.30 มาจากก๊าซมีเทนและไนโตรเจนออกไซด์จำนวนร้อยละ 6.06 โดยการเกษตรมีการปล่อยสุทธิมากเป็นอันดับสองรองจากการใช้พลังงาน ปริมาณสุทธิของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเกษตรเทียบเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์ 77,405.90 Gg หรือร้อยละ 27.08 ของการปลดปล่อยรวม (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553) การทำการเกษตรเป็นทั้งแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแหล่งลดก๊าซเรือนกระจก โดยการกักเก็บคาร์บอนในดินการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกโดยคิดเป็นศักยภาพเชิงเทคนิคประมาณร้อยละ 89 ในขณะที่การลดการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากดินคิดเป็นร้อยละ 9 และ 2 ตามลำดับ (Smith et al., 2007)

วัฏจักรของคาร์บอน (carbon cycle) คาร์บอนเป็นธาตุองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่สำคัญล้วนแต่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบทั้งสิ้น คาร์บอนปรากฏอยู่ในบรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนั้นยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของหินปูน มหาสมุทรที่มีปริมาณคาร์บอนมากกว่าในบรรยากาศถึง 50 เท่า วัฏจักรของคาร์บอนจะหมุนเวียนอยู่ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม หรือระหว่างคาร์บอนอินทรีย์ และคาร์บอนอนินทรีย์ คาร์บอนในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการแลกเปลี่ยนระหว่างบรรยากาศมหาสมุทร และพื้นดิน การแลกเปลี่ยนถูกควบคุมโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจการแลกเปลี่ยนที่มากที่สุดคือการแลกเปลี่ยนระหว่างบรรยากาศและสิ่งมีชีวิตบนพื้นดิน แหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญ ได้แก่ มหาสมุทร ต้นไม้ และดิน (Ciais et al., 2000)

การกักเก็บคาร์บอนในดิน (Soil carbon sequestration) ดินเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ใหญ่และสำคัญอีกแห่งหนึ่ง ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดิน (soil carbon pool) มีประมาณ 3.3 เท่าในบรรยากาศ (atmospheric pool) และ 4.3 เท่าของที่ถูกเก็บไว้โดยมวลชีวภาพ (biotic pool) คาร์บอนในดินอยู่ในรูปสารอินทรีย์ (soil organic carbon, SOC) และอนินทรีย์ (soil inorganic carbon, SIC) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีค่าผันแปรสูงขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากสภาพธรรมชาติมาใช้ในการเกษตรมีผลทำให้สารอินทรีย์ลดลงมากถึงร้อยละ 60 ในเขตหนาว และอาจมากถึงร้อยละ 75 หรือมากกว่าในเขตร้อน การลดลงของปริมาณสารอินทรีย์ทำให้ดินเสื่อมสภาพ (IPCC, 2000) การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศนั้นเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นควบคู่กัน แต่จะเป็นไปในทิศทางใดมากกว่ากันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การจัดการดิน การใช้ปุ๋ย เนื้อดิน ความชื้น อุณหภูมิ สิ่งมีชีวิตในดิน และพืชที่ปลูก เป็นต้น Grant et al. (2001) พบว่า การใช้วิธีการจัดการดินผสมผสานหลายวิธีร่วมกัน เช่น การลดการไถพรวน การปลูกพืชหมุนเวียน การใส่วัสดุอินทรีย์ และการปลูกพืชคลุมดิน มีประสิทธิภาพต่อการเก็บสะสมคาร์บอนในดินมากกว่าการจัดการดินด้วยวิธีใดเพียงวิธีหนึ่ง Rasmussen and Parton (1994) ได้อธิบายว่าคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นในดินส่วนใหญ่ได้มาจากคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในพืช จากการที่พืชดูดใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในสังเคราะห์แสง สร้างการเจริญเติบโต เมื่อรากพืชและเศษซากพืชที่คลุมดินหรือไถกลับลงไปในดินสลายตัวก็จะมีคาร์บอนส่วนหนึ่งเหลือตกค้างอยู่ในดินโดยเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นรูปที่สลายตัวได้ช้าลง

การจัดการในพื้นที่ปลูกพืชเป็นกลไกสำคัญในการลดก๊าซเรือนกระจก การไถกลับเศษซากพืชกลับลงไปในพื้นที่ ทำให้คาร์บอนถูกเก็บสะสมไว้ในดิน ศุภกาญจน์ และคณะ (2552) พบว่า การไถกลับเศษซากข้าวโพดที่เหลืออยู่ในแปลง เช่น ส่วนของต้น ใบ และกาบฝัก ทำให้มีคาร์บอนในไร่กลับคืนลงไปในดินเฉลี่ย 493 กิโลกรัม C ต่อไร่ นอกจากนี้ยังมีคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินจากส่วนของรากข้าวโพดเฉลี่ย 526 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่การปลูกถั่วเขียวเป็นพืชตามมีความสำคัญในการเพิ่มปริมาณคาร์บอนในดินเช่นกัน โดยพบว่าการไถกลับถั่วเขียวทำให้มีคาร์บอนกักเก็บไว้ในดินเฉลี่ย 379 กิโลกรัม C ต่อไร่ และเมื่อไถกลับเศษซากข้าวโพดและพืชตามกลับลงไปในดินติดต่อกันเป็นระยะเวลา 34 ปี พบว่า ดินมีอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด โดยแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่มีการไถกลับเศษซากข้าวโพดและถั่วเขียวติดต่อกันทุกปีเป็นเวลานานถึง 34 ปี ทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นจากปีเริ่มต้น 23.4 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นอัตราการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินเท่ากับ 37 กรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่ Matsumoto et al (2008) พบว่าการไถกลับเศษซากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินสติก ทำให้มีคาร์บอนในไร่กลับลงไปในดิน 1,296 – 1,632 กิโลกรัม C ต่อไร่ โดยเป็นคาร์บอนจากส่วนของเศษซากต้น ใบ และกาบฝัก 176 – 352 กิโลกรัม C ต่อไร่ และจากส่วนของราก 1,120 – 1,280 กิโลกรัม C ต่อไร่ นอกจากนี้ ศุภกาญจน์ และคณะ (2552) ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นพืชตามแล้วไถกลับทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นจากปีเริ่มต้น 35.9% คิดเป็นอัตราการกักเก็บคาร์บอนไว้ใน

ดินเท่ากับ 57 กรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ซึ่งคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นนี้ได้จากการที่พืชนำคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในการสังเคราะห์แสง สร้างการเจริญเติบโตและเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ รวมทั้งในส่วนของราก ดังนั้นเมื่อไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในดินก็จะทำให้คาร์บอนที่เก็บสะสมไว้ในพืชหลังจากผ่านการย่อยสลายแล้ว ก็จะเหลือตกค้างอยู่ในดินในรูปของฮิวมัสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรีย์วัตถุ หรือที่เรียกกระบวนการดังกล่าวนี้ว่า “Soil carbon sequestration” (Lal, 2004 and Lal et al., 2007)

น้ำในดิน เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการผลิตพืชและการปรับตัวของพืชภายใต้สภาพการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ โดยมีผลต่อการสร้างมวลชีวภาพของพืช และการสร้างผลผลิต การใช้แบบจำลองด้านการผลิตพืช AquaCrop ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) โดยอาศัยความข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำในดิน สภาพภูมิอากาศ และข้อมูลด้านสรีระวิทยาของพืช และการใช้น้ำต่อหน่วยผลผลิตพืช (Crop water productivity) (Steduno et al, 2012) สามารถนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช และควบคุมจัดการน้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตพืชต่อ การแก้ไขจัดการน้ำในสถานะแล้ง เพื่อควบคุมผลผลิตพืชที่อาจลดลงจากการเกิดการขาดน้ำ water stress ในหน้าแล้งหลังการทำนา เนื่องจากการขาดน้ำของพืชทำให้อัตราการสร้างมวลชีวภาพของพืชลดลง ซึ่งเป็นข้อจำกัดด้านผลผลิตของการผลิตพืชภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางการเกษตรและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนในดินที่อาจลดลงด้วย

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีการผลิต 2558 ประมาณ 7.156 ล้านไร่ ซึ่งหากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บสะสมคาร์บอนในดินและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้จะเป็นการช่วยลดหรือชดเชยการเกิดภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่ง

## ระเบียบวิธีวิจัย

### 1. ศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ.นครสวรรค์

ดำเนินการในแปลงทดลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะยาวกึ่งสาธิต ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ที่มีการดำเนินการทดลองอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 สำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินจากการจัดการระบบปลูกพืชและการใช้ปุ๋ย ประกอบด้วยกรรมวิธี 12 กรรมวิธี เก็บข้อมูล 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี กรรมวิธีประกอบด้วยระบบปลูกพืชที่มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลัก 3 ระบบ ได้แก่ ระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่าง ระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว และระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบ ซึ่งข้าวฟ่างและถั่วเขียวเป็นพืชที่เกษตรกรนิยมปลูกมากในพื้นที่ ส่วนถั่วแปบเป็นพืชที่นิยมใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน ในแต่ละระบบปลูกพืชมีการจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวโพด 4 วิธี ดังนี้ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 33 กิโลกรัมต่อไร่ และยูเรีย (46-0-0) อัตรา 24 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อให้ได้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ 3) ใส่มูลไก่แกลบ 1,000 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีที่ 2 และใส่มูลไก่แกลบตามกรรมวิธีที่ 3 ดังนั้นจะประกอบด้วย 12 กรรมวิธีดังนี้

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)

ในการดำเนินงาน มีการรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน สมบัติของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความลึกของชั้นดิน ความหนาแน่นรวม ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดินก่อนปลูกแต่ละปี โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 15-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

ขนาดแปลงย่อย 40x18 เมตร ปลูกข้าวโพดโดยใช้ระยะระหว่างระยะปลูก 75x20 เซนติเมตร สำหรับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ ให้ซังมูลไก่อหว่านให้ทั่วแปลงก่อนปลูกและคลุกเคล้าให้เข้ากันกับดิน ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ อัตราของกรรมวิธีที่กำหนดร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมพร้อมปลูก 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

วัดการปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพื้นผิวดินในรอบ 24 ชั่วโมง ทุก 2 สัปดาห์ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในแปลงทดลอง เช่น หลังการไถพรวน หลังใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี โดยใช้

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล 20 มิลลิลิตร บรรจุในขวดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร สูง 7.5 เซนติเมตร แล้วครอบด้วยถังพลาสติกที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.0283 ตารางเมตรและสูง 20 เซนติเมตร หุ้มด้วยฟอยล์ทึบแสงโดยให้ขอบถังฝังลงในดินลึกประมาณ 2.5 เซนติเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ที่อิ่มตัวเพื่อตกตะกอนคาร์บอนเนต แล้วไทเทรตหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับแบเรียมคลอไรด์โดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล พร้อมทั้งเก็บดินมาวิเคราะห์ความชื้น วัดอุณหภูมิดินที่ 0-10 เซนติเมตร และอุณหภูมิอากาศ ทุกครั้งที่มีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วิเคราะห์สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่จากปริมาณคาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่โดยปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืชในพื้นที่ หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตและส่วนต่างๆ ของพืช (ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ) ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในแต่ละปี และจัดทำบัญชีคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการบริหารจัดการพื้นที่แตกต่างกัน และประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของกรรมวิธีต่างๆ พิจารณากรรมวิธีที่ให้ผลตอบแทนสูงโดยไม่กระทบต่อสภาพแวดล้อม สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดินไว้ได้

บันทึกข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินที่ระยะต่างๆ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกต่างๆ ข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของข้าวโพดและพืชตาม วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของแต่ละกรรมวิธีและข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของข้าวโพดและพืชตามเพื่อนำมาคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ใส่กลับลงไปในดินและที่สูญหายออกไปจากพื้นที่

## 2. ศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ.ลพบุรี

ดำเนินการในแปลงทดลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะยาวที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรีจังหวัดลพบุรี ในชุดดินวังสะพุง ที่มีการดำเนินการทดลองอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 โดยปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลักและปลูกถั่วเขียวเป็นพืชตาม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block 3 ซ้ำ 8 กรรมวิธี (ตารางที่ 1)

ปลูกข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ในแปลงทดลองขนาด 5.25x6.00 เมตร โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีให้ได้ปริมาณธาตุอาหาร 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ รองกันพร้อมปลูก และครั้งที่ 2 หลังปลูก 3 สัปดาห์โดยใส่ปุ๋ยยูเรีย 16.3 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อให้ได้ปริมาณไนโตรเจน 7.5 กิโลกรัม N ต่อไร่ เก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุ 120 วัน ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 15 ตารางเมตรต่อแปลงย่อย หลังจากนั้นปลูกถั่วเขียวหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด ใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร และเก็บเกี่ยวถั่วเขียวในพื้นที่เก็บเกี่ยว 15 ตารางเมตร

ดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดิน โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล (ภาพที่ 1) ภายใน 1 รอบวัน ทุกๆ 2 สัปดาห์ และทุกครั้งที่มีการกิจกรรมเกิดขึ้นในแปลงทดลอง เช่น ไถพรวน ใส่ปุ๋ยเคมี พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิดินและอากาศ และเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ความชื้นในแต่ละครั้งที่ทำการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกแต่ละปีที่ระดับความลึก 0-15 15-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้



การวิเคราะห์ดิน ได้แก่ 1) pH โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (Rayment and Higginson, 1992) คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที และ วัด pH ด้วยเครื่อง pH meter แบบ Glass electrode 2) อินทรีย์คาร์บอนในดิน โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) ย่อยดินด้วยกรดซัลฟิวริก เข้มข้น และ โพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 1 นอร์มัล หาปริมาณคาร์บอน โดยไตเตรทด้วยสารละลาย แอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล 3) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยสกัดดินด้วยน้ำยา Bray II (แอมโมเนียมฟลูออไรด์ ความเข้มข้น 0.03 นอร์มัล ผสมกับกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล) วัด ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ โดยทำให้เกิดสีตามวิธี Molybdenum blue (Watanabe and Olsen, 1965) วัด ความเข้มของสีเทียบกับสารละลายมาตรฐานด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโน เมตร 4) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วยแอมโมเนียมอะซิเตท ความเข้มข้น 1 นอร์มัล pH 7.0 (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV) เทียบกับสารละลาย มาตรฐาน

การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในพีซ โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) ย่อยดินด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และโพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 1 นอร์มัล แล้วนำไปไตเตรทด้วย สารละลายแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล

คำนวณสมดุลของคาร์บอนในพื้นที่ จากปริมาณคาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่ หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่ สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิต และประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน (carbon sequestration)

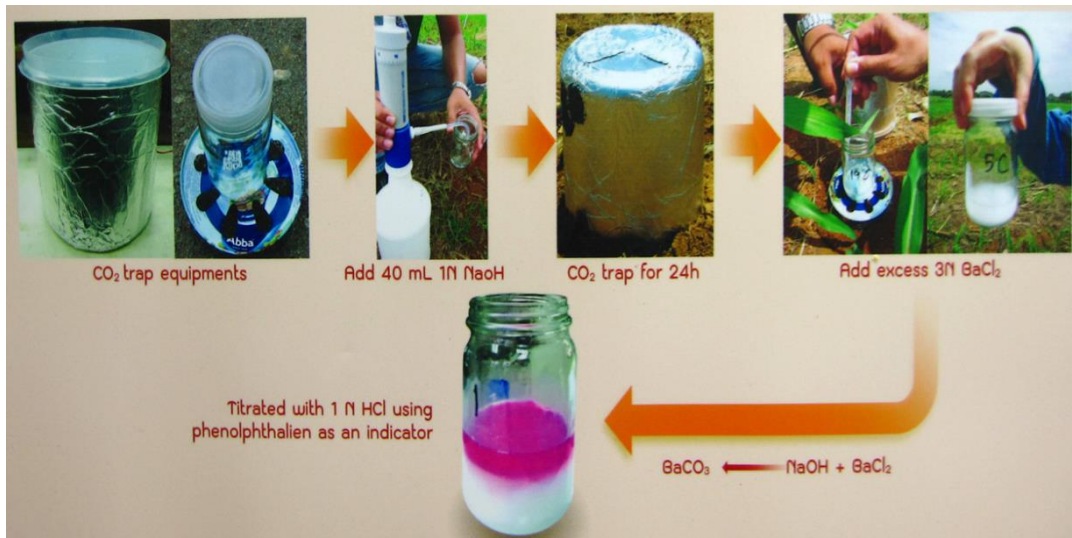
รวบรวมข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน และสมบัติทั่วไปของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความลึกของชั้นดิน ความหนาแน่นรวม ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ก่อนปลูกแต่ละปี

บันทึกข้อมูล ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากดินแต่ละระยะ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกต่างๆ ข้อมูลการ เจริญเติบโต การให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเขียว ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

#### ตารางที่ 1 กรรมวิธีและอักษรย่อของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	อักษรย่อกรรมวิธี
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไถพรวนปกติ	0-0-0+Till+NoRS
2. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ไถพรวน	0-0-0+No-till+NoRS
3. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไถพรวนปกติ + พางข้าวคลุมดิน	0-0-0+Till+RS
4. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ไถพรวน + พางข้าวคลุมดิน	0-0-0+No-till+RS
5. ใส่ปุ๋ยเคมี + ไถพรวนปกติ	Chem+Till+NoRS
6. ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ไถพรวน	Chem +No-till+NoRS
7. ใส่ปุ๋ยเคมี + ไถพรวนปกติ + พางข้าวคลุมดิน	Chem +Till+RS
8. ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ไถพรวน + พางข้าวคลุมดิน	Chem +No-till+RS

หมายเหตุ: ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราคำแนะนำค่าวิเคราะห์ดิน 15-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ พางข้าวคลุมดินใน อัตรา 1 ตันต่อไร่



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน (ปรับปรุงจาก Anderson, 1982)

### 3. ศึกษาวิธีการจัดการปุ๋ยและน้ำอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือการให้น้ำ มี 2 ระดับ ได้แก่ 1) อาศัยน้ำฝน 2) ให้น้ำตามความต้องการของพืช (อ้างอิง FAO Blaney-Criddle) โดยวิธีนี้ น้ำหยด ปัจจัยรอง คือการใช้ดินและปุ๋ยมี 5 ระดับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่แนะนำ 10-10-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ 3) ใส่มูลไก่แกลบ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (โดยน้ำหนักแห้ง) 4) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่แนะนำ 10-10-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ + มูลไก่แกลบ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 5) ใส่ปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าของอัตราที่แนะนำ (15-15-7.5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) + มูลไก่แกลบ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ สมบัติของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความลึกของชั้นดิน ความหนาแน่นรวม ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดินก่อนปลูกแต่ละปี โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 15-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

ดำเนินการในแปลงทดลอง ขนาดของแปลงย่อย 6x7 เมตร ปลูกข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 20 เซนติเมตร ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมใส่รองกันร่องพร้อมปลูก ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 รองกันร่องพร้อมปลูก และครั้งที่ 2 หลังปลูก 3 สัปดาห์ พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x5 เมตร

คำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องให้ โดยใช้สมการ  $ET_c = K_c \times ET_o$  โดยที่  $ET_c$  เป็นปริมาณความต้องการน้ำของข้าวโพด (มิลลิเมตรต่อวัน)  $K_c$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพด  $ET_o$  เป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน) ตามวิธีของ FAO Blaney-Criddle

วัดการปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินทุก 2 สัปดาห์ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในแปลงทดลอง เช่น หลังการไถพรวน หลังใส่ปุ๋ยเคมี พร้อมทั้งเก็บดินมาวิเคราะห์ความชื้น วัดอุณหภูมิผิวดินที่ 0-10 เซนติเมตร และอุณหภูมิอากาศ ทุกครั้งที่มีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วิเคราะห์สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่จากปริมาณคาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่โดยปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืชในพื้นที่ หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตและส่วนต่างๆ ของข้าวโพด ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในแต่ละปี และจัดทำบัญชีคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มี

การบริหารจัดการพื้นที่แตกต่างกัน และประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของกรรมวิธีต่างๆ พิจารณากรรมวิธีที่ให้ผลตอบแทนสูงโดยไม่กระทบต่อสภาพแวดล้อม สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดินไว้ได้

การบันทึกข้อมูล บันทึกข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกต่างๆ ก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูลปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน ในมูลไก่เกลบ ข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงที่อายุ 30 และ 60 วัน ข้อมูลน้ำหนักสดของต้นใบ และฝัก ในพื้นที่เก็บเกี่ยว ข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความชื้น ของต้น ใบ เมล็ดและซัง ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วน of ต้น ใบ เมล็ด และซัง และข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

## ผลการทดลอง

### 1. ศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ.นครสวรรค์

#### 1.1) สภาพภูมิอากาศ

ในฤดูปลูกปี 2557 ปลูกข้าวโพดวันที่ 21 พฤษภาคม 2557 ในช่วง 1-2 เดือนหลังปลูก ข้าวโพดได้รับน้ำฝนอย่างสม่ำเสมอ แต่เกิดภาวะฝนทิ้งช่วงประมาณ 3 สัปดาห์ตั้งแต่วันที่ 21 กรกฎาคม 2557 ถึงวันที่ 11 สิงหาคม 2557 (ภาพที่ 2) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อ การสร้างน้ำหนักรวมของข้าวโพดได้ โดยตลอดช่วงฤดูปลูกข้าวโพดได้รับปริมาณน้ำฝนรวม 585 มิลลิเมตร หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดในวันที่ 17 กันยายน 2557 ได้ดำเนินการปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ โดยไม่มีการเตรียมดิน โดยปลูกในวันที่ 22 กันยายน 2557 ในช่วง 1 เดือนหลังปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ พืชได้รับน้ำฝนอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งสิ้นสุดฤดูฝนวันที่ 29 ตุลาคม 2557 (ภาพที่ 2)

ในฤดูปลูกปี 2558 ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 14 พฤษภาคม 2558 พบว่า ในฤดูปลูกดังกล่าวเกิดสภาวะแห้งแล้งยาวนานตั้งแต่ 14 มิถุนายน 2558 จนกระทั่งถึงวันที่ 28 กรกฎาคม 2558 รวมระยะเวลายาวนานถึง 45 วัน (ภาพที่ 2) ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดอย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ข้าวโพดออกดอกและสะสมน้ำหนักรวมในเมล็ด ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำในปริมาณสูงสุด แต่ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพด จึงทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตต่ำและไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ในช่วงปลายฤดูปลูก พบว่ามีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูงและสม่ำเสมอ (ภาพที่ 2) ดังนั้นจึงทำให้ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ ที่ปลูกในวันที่ 22 กันยายน 2558 เจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง

#### 1.2) การให้ผลผลิตของข้าวโพด

ปี 2557 จากการทดลองพบว่าข้าวโพดที่ปลูกในระบบที่ปลูกถั่วเขียวเป็นพืชตามให้ผลผลิตค่อนข้างสูงกว่าข้าวโพดที่ปลูกในระบบที่ปลูกข้าวฟ่างและถั่วแปบเป็นพืชตาม การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ การใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมี 10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่ให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย แต่พบว่าการใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตของพืชตามแต่อย่างใด (ตารางที่ 1) สำหรับน้ำหนักรวมของต้นใบข้าวโพดและน้ำหนักรวมของต้นใบของพืชตามจะนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณคาร์บอนที่เสกกลับลงไปในพื้นที่ต่อไป ซึ่งขณะนี้อยู่ระหว่างวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพดและพืชตาม

ปี 2558 จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ปี 2558 ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การผลิตข้าวโพดในช่วงต้นฤดู พบว่าข้าวโพดให้ผลผลิตต่ำมากทุกกรรมวิธี แต่พืชที่ปลูกหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพด ได้แก่ ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ ให้ผลผลิตสูง โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่อัตรา 1 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ สูงสุด ตามด้วยกรรมวิธีที่ใส่มูลไก่อัตรา 1 ตันต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

#### 1.3) การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการติดตามการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวโพดแตกต่างกัน พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเกิดขึ้นมากในพื้นที่ที่มีพืชปลูก (ภาพที่ 3 และ 5) ทั้งนี้เนื่องจากเกิดกิจกรรมของรากพืช ในช่วงที่รากพืชมีการหายใจ ก็จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา และเมื่อสังเกตรูปแบบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ภาพที่

3 และ 5) กับความชื้นดิน (ภาพที่ 4 และ 6) ก็พบว่ามีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน เนื่องจากหากดินมีความชื้นที่พอเหมาะก็จะทำให้เกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินและเกิดการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ต่างๆ ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในระบบปลูกพืชทั้ง 3 ระบบ พบว่าไม่แตกต่างกัน โดยปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 1.93-2.03 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปลดปล่อยจากผิวดินเฉลี่ย 1.69 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี แต่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างชัดเจน โดยพบว่าการใส่มูลไก่ หรือใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.16 และ 2.12 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ มากกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวและกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.90 และ 1.78 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

อย่างไรก็ตาม ในการใช้ที่ดินในการผลิตพืชนั้น ควรพิจารณาประสิทธิภาพการผลิตพืชควบคู่ไปกับการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งการรักษาผลผลิตของดินในการผลิตพืชอย่างยั่งยืน ทั้งนี้เพื่อก่อให้เกิดการผลิตที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ทำลายทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากข้อมูลการให้ผลผลิตของข้าวโพดและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับพบว่า กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตสูงที่สุด 3.48 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อผลผลิตข้าวโพด 1 กิโลกรัม ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตต่ำสุด 1.74 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อผลผลิตข้าวโพด 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 4)

#### 1.4) สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คาร์บอนที่ดินได้รับมาจากการการไถกลบเศษซากพืชลงไปในพื้นที่และจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนคาร์บอนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่เกิดจากการนำเอาส่วนต่างๆของพืชออกไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของผลผลิตและสูญหายไปในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในการย่อยสลายเศษซากวัสดุอินทรีย์ในดินและจากการหายใจของจุลินทรีย์และรากพืช จากผลการทดลองพบว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่างสูญเสียคาร์บอนมากที่สุด เฉลี่ย 292 กิโลกรัม C ต่อไร่ เนื่องจากข้าวฟ่างสร้างชีวมวลและน้ำหนักรากสูง ผลผลิตมากกว่าถั่วเขียวและถั่วแปบ ดังนั้นเมื่อนำเอาผลผลิตออกไปจากพื้นที่จึงทำให้คาร์บอนสูญหายออกไปมากกว่าถั่วเขียวและถั่วแปบตามลำดับ โดยระบบที่ปลูกข้าวโพด-ถั่วเขียว สูญเสียคาร์บอนเฉลี่ย 90 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่ระบบที่ปลูกข้าวโพด-ถั่วแปบมีคาร์บอนเกินดุลเฉลี่ย 41 กิโลกรัม C ต่อไร่ ส่วนผลการจัดการปุ๋ยต่อสมดุลของคาร์บอน พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยทำให้คาร์บอนสูญหายไประบบมากที่สุดเฉลี่ย 332 กิโลกรัม C ต่อไร่ รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี เฉลี่ย 291 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่มูลไก่ และใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่ มีคาร์บอนเหลือตกค้างอยู่ในพื้นที่ เฉลี่ย 113 และ 55 กิโลกรัม C ต่อไร่ (ตารางที่ 5)

#### 1.5) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน

ผลวิเคราะห์สมบัติของดินในปี 2557 ถึงปี 2559 พบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินภายใต้ระบบปลูกพืชทั้ง 3 ระบบ ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่มีแนวโน้มว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนค่อนข้างสูงกว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียวและระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่างเล็กน้อย (ภาพที่ 7) ในขณะที่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินอย่างเด่นชัด โดยกรรมวิธีที่ใส่มูลไก่และกรรมวิธีที่ใส่มูลไก่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวและกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ (ตารางที่ 6-8 และภาพที่ 8)

การติดตามการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนเป็นระยะเวลา 35 ปี พบว่า ระบบปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบสามารถรักษาระดับของอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ดีกว่าระบบปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียวและข้าวฟ่าง (ภาพที่ 7) ส่วนการจัดการปุ๋ยโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ หรือใส่ปุ๋ยเคมี 10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ ทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงน้อยที่สุด ตามด้วยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน (ภาพที่ 8) จะเห็นว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดมีปริมาณลดน้อยถอยลงทุกปีแม้จะมีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและโลกกลมเศษซากพืชกลับลงไปในดินก็ตาม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มเติมให้กับดินหรือโลกกลมพืชตระกูลถั่วที่ให้ชีวมวลสูงเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนไว้ในดินและรักษาผลผลิตภาพของดินในการผลิตพืชได้อย่างยั่งยืนต่อไป

### 1.7) การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

จากตารางที่ 9 เมื่อพิจารณาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินพบว่ามีค่าติดลบเกือบทุกกรรมวิธี แสดงว่าปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปจากพื้นที่เกิดขึ้นมากกว่าที่ตรวจวัดได้จากการศึกษาในครั้งนี้ โดยกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดลงสูงสุดเฉลี่ย 72 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี หากใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดลงเฉลี่ย 53 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่มูลไก่ และใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่ ทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดลง เฉลี่ย 1 และ 12 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่กลับมีการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินน้อยกว่ากรรมวิธีที่ใส่มูลไก่เพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใส่ปุ๋ยเคมีมีผลทำให้สัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์จึงทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินเกิดการสลายตัวและสูญหายไปได้มากกว่า

### ตารางที่ 1 ผลผลิตและน้ำหนักแห้งต้นใบของข้าวโพดและพืชตาม (ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ)ปี 2557/58

กรรมวิธี	ผลผลิตข้าวโพด (กก./ไร่)	น้ำหนักแห้งต้นใบ ข้าวโพด (กก./ไร่)	ผลผลิตพืชตาม (กก./ไร่)	น้ำหนักแห้งต้นใบ พืชตาม (กก./ไร่)
1. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ข้าวฟ่าง	352±39	444±42	332±18	542±50
2. ข้าวโพด (10-5-5)-ข้าวฟ่าง	926±30	764±57	282±13	473±29
3. ข้าวโพด (มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	859±54	921±113	283±55	534±15
4. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	781±78	517±29	307±54	560±43
5. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วเขียว	397±14	416±6	112±9	199±12
6. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วเขียว	837±42	693±55	98±13	186±21
7. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วเขียว	917±30	976±19	93±16	164±20
8. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วเขียว	886±102	883±35	114±23	205±25
9. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วแปบ	474±18	517±30	43±3	185±4
10. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วแปบ	760±31	601±19	34±6	163±11
11. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วแปบ	735±58	745±51	44±6	199±11
12. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วแปบ	846±31	591±73	39±9	172±29

หมายเหตุ 1) ค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวโพด น้ำหนักแห้งต้นใบข้าวโพด ผลผลิตพืชตาม น้ำหนักแห้งต้นใบพืชตาม ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (4 ซ้ำ)  
2) วันเก็บเกี่ยว: ข้าวโพด 17 กันยายน 2557 ถั่วเขียว 3 ธันวาคม 2557 ถั่วแปบ 27 ธันวาคม 2557 และข้าวฟ่าง 15 มกราคม 2558

### ตารางที่ 2 ผลผลิตและน้ำหนักสดต้นใบของข้าวโพดและพืชตาม (ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ)ปี 2558/59

กรรมวิธี	ผลผลิตข้าวโพด (กก./ไร่)	น้ำหนักสดต้นใบ ข้าวโพด (กก./ไร่)	ผลผลิตพืชตาม (กก./ไร่)	น้ำหนักสดต้นใบ พืชตาม (กก./ไร่)
1. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ข้าวฟ่าง	235±16	930 ± 77	243±26	897±115
2. ข้าวโพด (10-5-5)-ข้าวฟ่าง	220±37	1,505 ± 100	414±21	1,246±22
3. ข้าวโพด (มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	127±28	1,867 ± 104	661±21	1,639±106
4. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	111±25	1,500 ± 158	795±36	2,322±51
5. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วเขียว	221±31	612 ± 10	38±2	212±7
6. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วเขียว	316±77	1,316 ± 43	106±13	460±61
7. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วเขียว	227±83	2,023 ± 131	112±11	397±48
8. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วเขียว	269±37	2,027 + 57	128±10	510±35
9. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วแปบ	257±33	540 ± 26	41±3	346±14
10. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วแปบ	318±72	1,169 ± 53	54±5	690±18
11. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วแปบ	89±9	1,743 ± 245	66±5	948±26
12. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วแปบ	89±40	1,755 ± 28	67±5	1,007±60

หมายเหตุ 1) ค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวโพด น้ำหนักแห้งต้นใบข้าวโพด ผลผลิตพืชตาม น้ำหนักแห้งต้นใบพืชตาม ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (4 ซ้ำ)  
2) วันปลูก: ข้าวโพด 14 พฤษภาคม 2558 ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วแปบ 22 กันยายน 2558  
3) วันเก็บเกี่ยว: ข้าวโพด 14 กันยายน 2558 ถั่วเขียว 11 พฤศจิกายน 2558 ถั่วแปบ 27 ธันวาคม 2558 และข้าวฟ่าง 4 มกราคม 2559

**ตารางที่ 3** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากผิวดินภายใต้ระบบปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการปุ๋ยแตกต่างกัน

กรรมวิธี	17/12/2013 – 16/12/2014		17/12/2014 – 16/12/2015		Average 2 years	
	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /y	t CO <sub>2</sub> /rai/y	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /y	t CO <sub>2</sub> /rai/y	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /y	t CO <sub>2</sub> /rai/y
1. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย) -ข้าวฟ่าง	1.88	3.01	1.61	2.57	1.75	2.79
2. ข้าวโพด (10-5-5) -ข้าวฟ่าง	1.87	2.99	1.88	3.01	1.88	3.00
3. ข้าวโพด (มูลไก่) -ข้าวฟ่าง	2.19	3.50	2.29	3.67	2.24	3.59
4. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่) -ข้าวฟ่าง	2.17	3.47	2.16	3.45	2.17	3.46
5. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย) -ถั่วเขียว	1.59	2.55	1.78	2.85	1.69	2.70
6. ข้าวโพด (10-5-5) -ถั่วเขียว	1.87	2.98	1.88	3.01	1.88	3.00
7. ข้าวโพด (มูลไก่) -ถั่วเขียว	2.20	3.52	1.95	3.12	2.08	3.32
8. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่) -ถั่วเขียว	2.19	3.50	1.95	3.12	2.07	3.31
9. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย) -ถั่วแปบ	1.83	2.93	1.96	3.14	1.90	3.04
10. ข้าวโพด (10-5-5) -ถั่วแปบ	2.02	3.24	1.84	2.94	1.93	3.09
11. ข้าวโพด (มูลไก่) -ถั่วแปบ	2.34	3.75	2.00	3.20	2.17	3.48
12. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่) -ถั่วแปบ	2.35	3.76	1.94	3.11	2.15	3.44
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง	2.03	3.24	1.98	3.18	2.01	3.21
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วเขียว	1.96	3.14	1.89	3.03	1.93	3.09
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วแปบ	2.13	3.41	1.93	3.10	2.03	3.26
ค่าเฉลี่ย ไม่ใส่ปุ๋ย	1.78	2.84	1.78	2.85	1.78	2.85
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย 10-5-5	1.93	3.08	1.87	2.99	1.90	3.04
ค่าเฉลี่ย ใส่มูลไก่	2.23	3.57	2.08	3.33	2.16	3.45
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย+มูลไก่	2.22	3.55	2.02	3.23	2.12	3.39
พื้นที่ว่างเปล่า	1.67	2.68	1.71	2.74	1.69	2.71



**ตารางที่ 4** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ต่อหน่วยผลผลิตของข้าวโพด ในฤดูปลูกปี 2557

กรรมวิธี	CO <sub>2</sub> emission (kg CO <sub>2</sub> /rai)	Yield (kg/rai)	kg CO <sub>2</sub> emission/kg yield
1. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ข้าวฟ่าง	1,386	352	3.94
2. ข้าวโพด (10-5-5)-ข้าวฟ่าง	1,377	926	1.49
3. ข้าวโพด (มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	1,619	859	1.88
4. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	1,625	781	2.08
5. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วเขียว	1,311	397	3.30
6. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วเขียว	1,299	837	1.55
7. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วเขียว	1,749	917	1.91
8. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วเขียว	1,796	886	2.03
9. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วแปบ	1,512	474	3.19
10. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วแปบ	1,648	760	2.17
11. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วแปบ	1,806	735	2.46
12. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วแปบ	1,894	846	2.24
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง	1,502	730	2.35
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วเขียว	1,539	759	2.20
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วแปบ	1,715	734	2.51
ค่าเฉลี่ย ไม่ใส่ปุ๋ย	1,403	408	3.48
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย 10-5-5	1,441	841	1.74
ค่าเฉลี่ย ใส่มูลไก่	1,725	837	2.08
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย+มูลไก่	1,772	838	2.12

**ตารางที่ 5** สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินสมอทอด จ.นครสวรรค์

กรรมวิธี	Chicken	Crops'	Crops'	CO <sub>2</sub>	C	C	C
	manure	residues	removed	emitted	Input	loss	balance
----- (kg C/rai) -----							
1. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ข้าวฟ่าง	0	430	366	427	430	579	-362
2. ข้าวโพด (10-5-5)-ข้าวฟ่าง	0	716	933	426	716	1146	-643
3. ข้าวโพด (มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	208	1136	886	507	1344	1140	-49
4. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	208	1135	962	494	1343	1209	-114
5. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วเขียว	0	423	355	364	423	537	-296
6. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วเขียว	0	845	651	424	845	863	-230
7. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วเขียว	208	1052	726	502	1260	977	31
8. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วเขียว	208	1214	802	486	1422	1044	135
9. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วแปบ	0	447	369	417	447	578	-339
10. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วแปบ	0	1058	602	458	1058	831	-1
11. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วแปบ	208	1313	628	534	1521	895	359
12. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วแปบ	208	1134	660	537	1342	929	144
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง	104	854	787	463	958	1250	-292
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วเขียว	104	883	633	444	987	1077	-90
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วแปบ	104	988	565	487	1092	1051	41
ค่าเฉลี่ย ไม่ใส่ปุ๋ย	0	434	363	403	434	766	-332
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย 10-5-5	0	873	729	436	873	1164	-291
ค่าเฉลี่ย ใส่มูลไก่	208	1167	747	515	1375	1261	113
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย+มูลไก่	208	1161	808	506	1369	1314	55

**ตารางที่ 6** ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-15 15-30 30-50 และ 50-100 ซม. ภายใต้กรรมวิธีต่างๆ ก่อนปลูกข้าวโพด (เก็บตัวอย่าง 8 เมษายน 2557)

กรรมวิธี	อินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน (ชม.)			
	0-15	15-30	30-50	50-100
1. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ข้าวฟ่าง	0.96	1.01	1.05	0.77
2. ข้าวโพด (10-5-5)-ข้าวฟ่าง	1.20	0.91	0.89	0.84
3. ข้าวโพด (มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	1.46	0.97	0.98	0.98
4. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	1.28	0.86	0.95	0.90
5. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วเขียว	1.00	0.91	0.95	0.85
6. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วเขียว	1.15	0.79	0.85	0.78
7. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วเขียว	1.38	1.21	1.17	0.85
8. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วเขียว	1.33	0.91	0.87	1.26
9. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วแปบ	1.02	1.01	1.04	1.08
10. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วแปบ	1.26	0.98	0.97	0.97
11. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วแปบ	1.39	1.04	0.90	1.12
12. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วแปบ	1.53	1.16	1.02	1.20
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง	1.22	0.94	0.97	0.87
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วเขียว	1.21	0.96	0.96	0.94
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วแปบ	1.30	1.05	0.98	1.09
ค่าเฉลี่ย ไม่ใส่ปุ๋ย	0.99	0.98	1.01	0.90
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย 10-5-5	1.20	0.89	0.91	0.86
ค่าเฉลี่ย ใส่มูลไก่	1.41	1.08	1.02	0.98
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย+มูลไก่	1.38	0.98	0.95	1.12

**ตารางที่ 7** ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-15 15-30 30-50 และ 50-100 ซม. ภายใต้กรรมวิธีต่างๆ ก่อนปลูกข้าวโพด (เก็บตัวอย่าง 20 มีนาคม 2558)

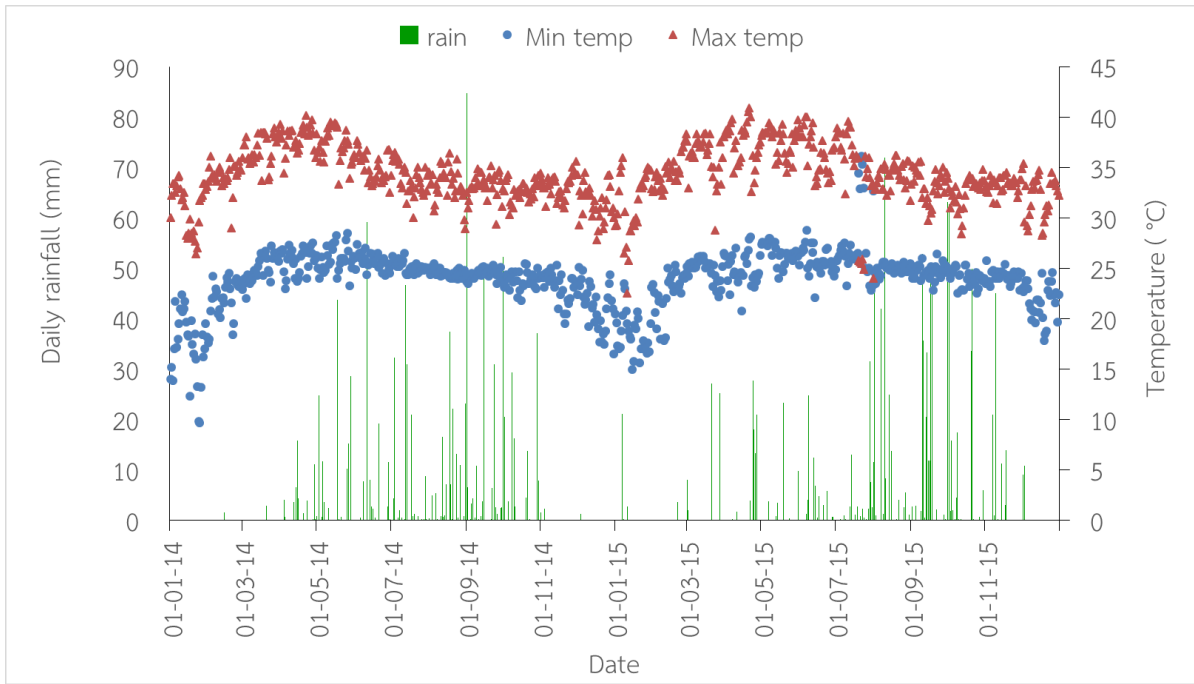
กรรมวิธี	อินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน (ชม.)			
	0-15	15-30	30-50	50-100
1. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ข้าวฟ่าง	0.89	0.81	0.58	0.63
2. ข้าวโพด (10-5-5)-ข้าวฟ่าง	1.08	0.76	0.55	0.72
3. ข้าวโพด (มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	1.05	0.80	0.75	0.95
4. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	1.24	0.74	0.87	0.72
5. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วเขียว	0.87	0.79	0.74	0.54
6. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วเขียว	0.98	0.74	0.70	0.59
7. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วเขียว	1.43	0.89	0.75	0.60
8. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วเขียว	1.35	0.83	0.80	0.93
9. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วแปบ	0.96	0.74	0.80	0.56
10. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วแปบ	1.00	0.93	0.85	0.49
11. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วแปบ	1.21	0.86	0.78	0.49
12. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วแปบ	1.16	0.86	0.82	0.67
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง	1.02	0.81	0.70	0.60
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วเขียว	1.23	0.85	0.76	0.68
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วแปบ	1.25	0.81	0.83	0.77
ค่าเฉลี่ย ไม่ใส่ปุ๋ย	1.07	0.78	0.69	0.75
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย 10-5-5	1.16	0.81	0.75	0.67
ค่าเฉลี่ย ใส่มูลไก่	1.08	0.85	0.81	0.55
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย+มูลไก่	0.91	0.78	0.70	0.58

**ตารางที่ 8** ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (%) ที่ระดับความลึก 0-15 15-30 30-50 และ 50-100 ซม. ภายใต้กรรมวิธีต่างๆ (เก็บตัวอย่างดิน วันที่ 4 มกราคม 2559)

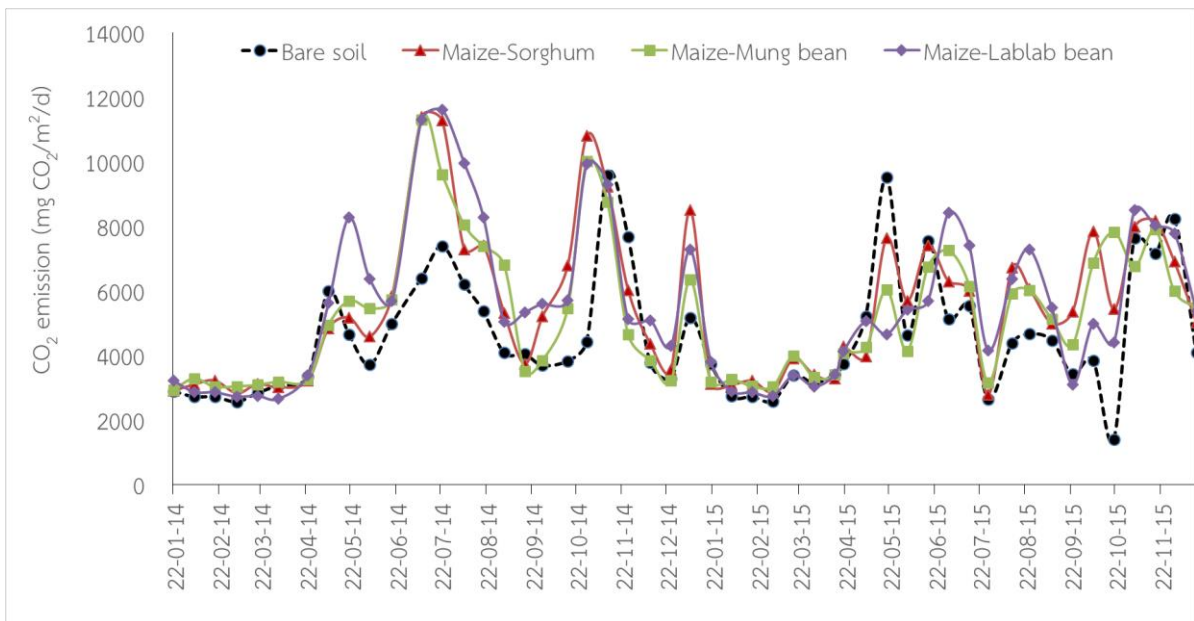
กรรมวิธี	อินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน (ชม.)			
	0-15	15-30	30-50	50-100
1. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ข้าวฟ่าง	1.00	0.98	0.81	0.43
2. ข้าวโพด (10-5-5)-ข้าวฟ่าง	1.16	1.00	0.89	0.54
3. ข้าวโพด (มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	1.32	1.18	0.90	0.41
4. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	1.29	1.09	0.90	0.48
5. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วเขียว	0.93	0.87	0.58	0.36
6. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วเขียว	1.03	0.93	0.74	0.52
7. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วเขียว	1.32	1.10	0.81	0.41
8. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วเขียว	1.24	1.16	0.87	0.45
9. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วแปบ	1.05	1.02	0.87	0.49
10. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วแปบ	1.10	0.96	0.85	0.47
11. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วแปบ	1.33	1.24	0.91	0.53
12. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วแปบ	1.30	1.20	0.99	0.57
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง	1.19	1.06	0.88	0.47
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วเขียว	1.13	1.02	0.75	0.44
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วแปบ	1.20	1.11	0.91	0.52
ค่าเฉลี่ย ไม่ใส่ปุ๋ย	0.99	0.96	0.75	0.43
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย 10-5-5	1.10	0.96	0.83	0.51
ค่าเฉลี่ย ใส่มูลไก่	1.32	1.17	0.87	0.45
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย+มูลไก่	1.28	1.15	0.92	0.50

**ตารางที่ 9** อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินสมอทอด จ.นครสวรรค์

กรรมวิธี	2527	2556	2557	2558	การกักเก็บคาร์บอน (กก.C/ไร่/ปี)
1. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ข้าวฟ่าง	6273	4608	4246	3939	-75
2. ข้าวโพด (10-5-5)-ข้าวฟ่าง	6734	5735	6085	5515	-39
3. ข้าวโพด (มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	5283	5975	6604	4779	-16
4. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ข้าวฟ่าง	6223	6714	6312	6120	-3
5. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วเขียว	6782	5378	5442	4755	-65
6. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วเขียว	5954	5001	5398	4621	-43
7. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วเขียว	4923	5819	6131	6347	46
8. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วเขียว	6587	6454	6515	6610	1
9. ข้าวโพด (ไม่ใส่ปุ๋ย)-ถั่วแปบ	7322	5827	5321	5017	-74
10. ข้าวโพด (10-5-5)-ถั่วแปบ	7483	6375	6466	5123	-76
11. ข้าวโพด (มูลไก่)-ถั่วแปบ	6831	7086	6679	5838	-32
12. ข้าวโพด (10-5-5+มูลไก่)-ถั่วแปบ	6365	6923	7032	5330	-33
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง	6128	5758	5812	5088	-34
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วเขียว	6061	5663	5872	5583	-15
ค่าเฉลี่ย ข้าวโพด-ถั่วแปบ	7000	6553	6375	5327	-54
ค่าเฉลี่ย ไม่ใส่ปุ๋ย	6792	5271	5003	4571	-72
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย 10-5-5	6724	5704	5983	5086	-53
ค่าเฉลี่ย ใส่มูลไก่	5679	6293	6471	5654	-1
ค่าเฉลี่ย ใส่ปุ๋ย+มูลไก่	6391	6697	6620	6020	-12

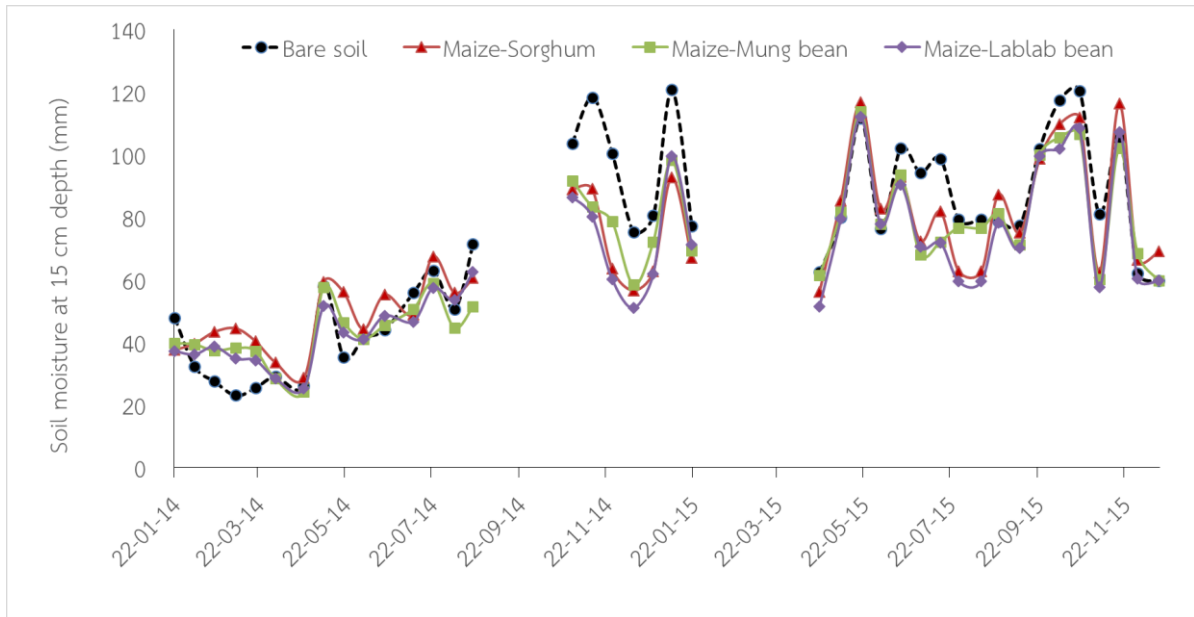


ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝนรายวันและอุณหภูมิอากาศ ณ สถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์ (ตากฟ้า) ต.สุขสำราญ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558

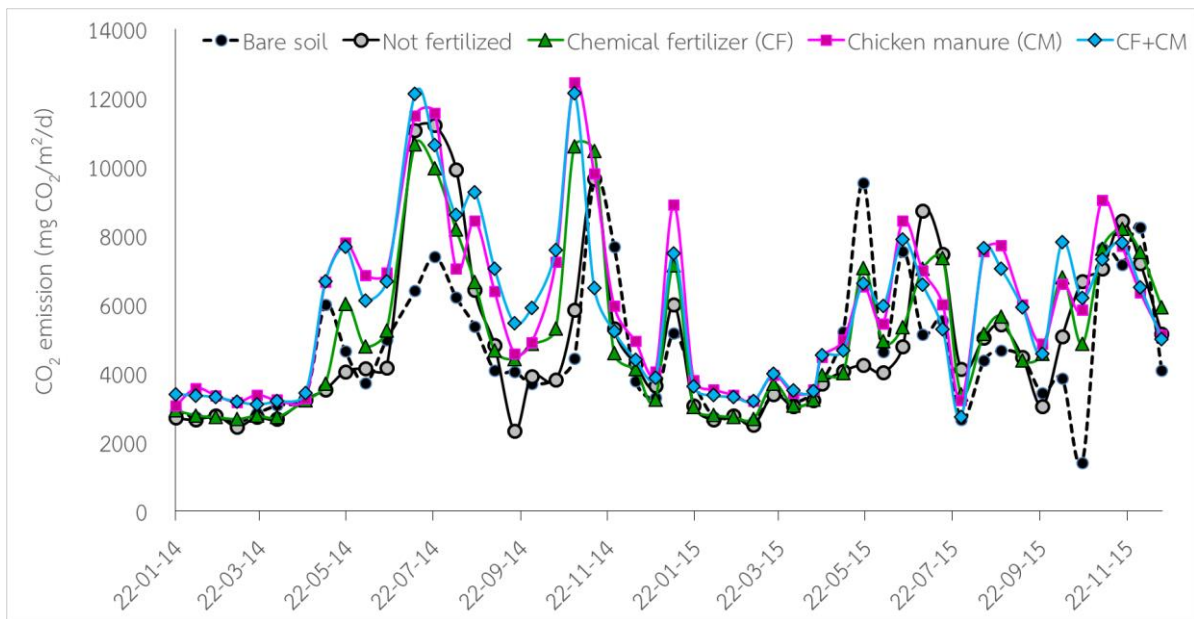


ภาพที่ 3 ผลของระบบปลูกพืชต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากดินในระบบปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามด้วยข้าวฟ่างในชุดดินสมอทอด ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์

6 พฤษภาคม 2557	ใส่ปุ๋ยมูลไก่ และไถพรวน	21 พฤษภาคม 2557	ปลูกข้าวโพด
4 มิถุนายน 2557	ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1	4 มิถุนายน 2557	ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2
17 กันยายน 2557	เก็บเกี่ยวข้าวโพด	22 กันยายน 2557	ปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ
3 ธันวาคม 2557	เก็บเกี่ยวถั่วเขียว	27 ธันวาคม 2557	เก็บเกี่ยวถั่วแปบ
15 มกราคม 2558	เก็บเกี่ยวข้าวฟ่าง	14 พฤษภาคม 2558	ปลูกข้าวโพด
14 กันยายน 2558	เก็บเกี่ยวข้าวโพด	22 กันยายน 2558	ปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ
11 พฤศจิกายน 2558	เก็บเกี่ยวถั่วเขียว	27 ธันวาคม 2558	เก็บเกี่ยวถั่วแปบ
4 มกราคม 2559	เก็บเกี่ยวข้าวฟ่าง		

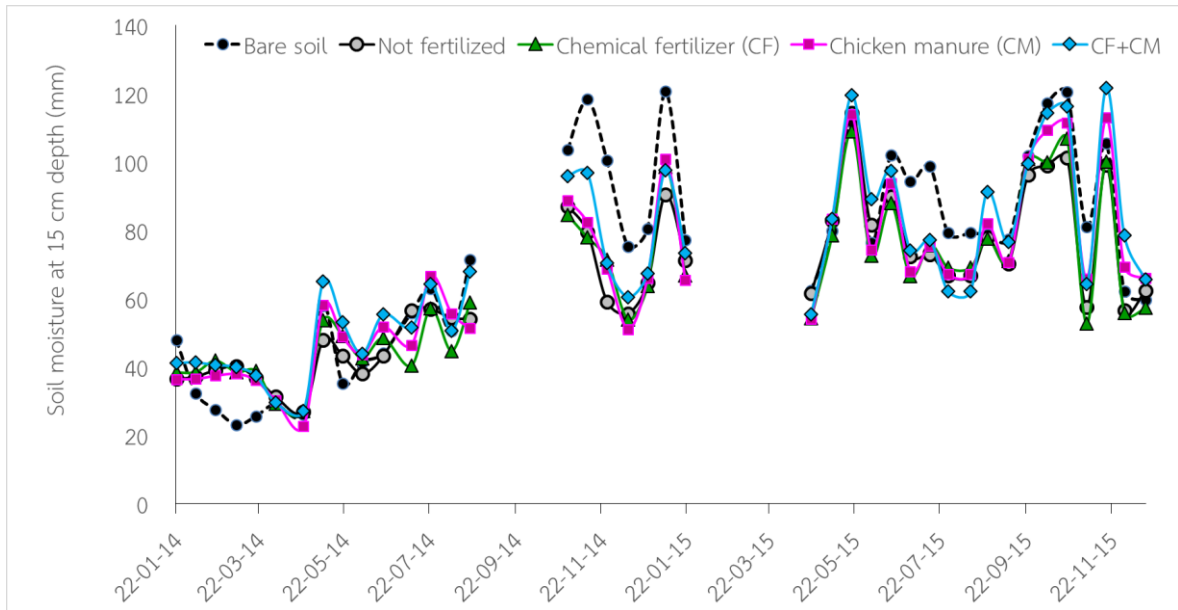


ภาพที่ 4 ความชื้นดินที่ระดับความลึก 30 ซม. จากผิวดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ชุดดินสมอทอดภายใต้ระบบปลูกพืชแตกต่างกัน

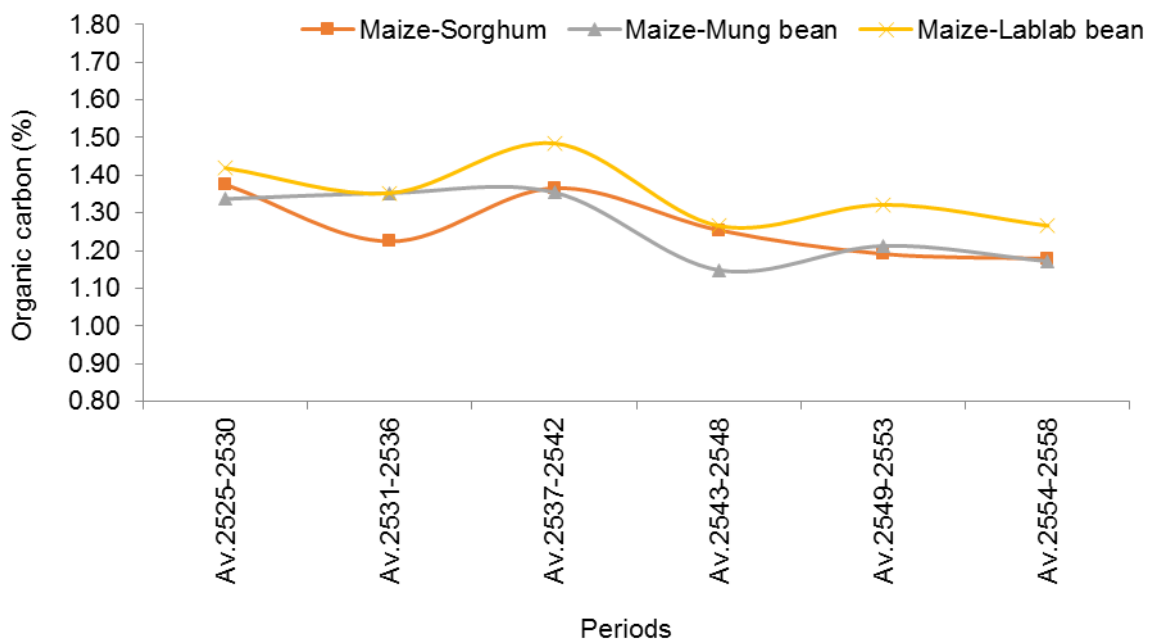


ภาพที่ 5 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากดินในระบบปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามด้วยข้าวฟ่างในชุดดินสมอทอด ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ปี 2557/58

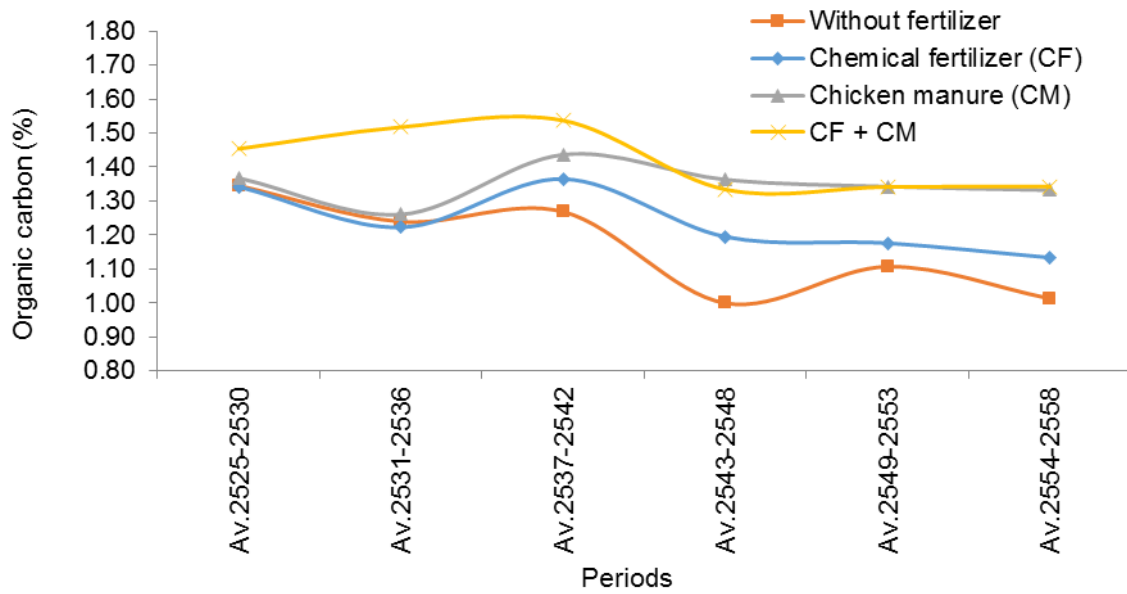
6 พฤษภาคม 2557	ใส่ปุ๋ยมูลไก่ และไถพรวน	21 พฤษภาคม 2557	ปลูกข้าวโพด
4 มิถุนายน 2557	ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1	4 มิถุนายน 2557	ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2
17 กันยายน 2557	เก็บเกี่ยวข้าวโพด	22 กันยายน 2557	ปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ
3 ธันวาคม 2557	เก็บเกี่ยวถั่วเขียว	27 ธันวาคม 2557	เก็บเกี่ยวถั่วแปบ
15 มกราคม 2558	เก็บเกี่ยวข้าวฟ่าง	14 พฤษภาคม 2558	ปลูกข้าวโพด
14 กันยายน 2558	เก็บเกี่ยวข้าวโพด	22 กันยายน 2558	ปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ
11 พฤศจิกายน 2558	เก็บเกี่ยวถั่วเขียว	27 ธันวาคม 2558	เก็บเกี่ยวถั่วแปบ
4 มกราคม 2559	เก็บเกี่ยวข้าวฟ่าง		



ภาพที่ 6 ความชื้นดินที่ระดับความลึก 30 ซม. จากผิวดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ชุดดินสมอทอดที่มีการจัดการปุ๋ยแตกต่างกัน



ภาพที่ 7 ผลของการจัดการระบบปลูกพืชที่มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลักอย่างต่อเนื่องระยะยาว ต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 8 ผลของการจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อเนื้อระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระยะเวลาต่างๆ

## 2. ศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ.ลพบุรี

### 2.1) ลักษณะของหน้าตัดดินในพื้นที่ทดลอง

จากการขุดเจาะสำรวจหน้าตัดดินขนาดหลุม  $1.5 \times 1.5 \times 1.5$  ลูกบาศก์เมตร ในพื้นที่แปลงทดลอง จำนวน 3 หลุมที่ระยะห่างจากหน้าตัดที่ 1 ถึงหน้าตัดดินที่ 2 เท่ากับ 27 เมตร และระยะห่างจากหน้าตัดดินที่ 2 ถึงหน้าตัดดินที่ 3 เท่ากับ 32 เมตร พบว่า ดินในพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินวังสะพุง (loamy, isohyperthermic, Typic Haplustalfs) ชั้นดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนถึงร่วนปนทราย สีดินมีค่า Hue 2.5YR ถึง 5YR ค่า Value 3 และ ค่า Chroma 4 กล่าวคือดินจะมีน้ำตาลแดงคล้ำ พบปริมาณกรวด 25-30 เปอร์เซ็นต์ และชั้นดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีดินมีค่า Hue 2.5YR ค่า Value 3 และ ค่า Chroma 6 หรือเป็นสีแดงคล้ำ พบหินกรวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 มิลลิเมตร ประมาณ 25 – 70 เปอร์เซ็นต์ มีความลึกของหน้าตัดดิน 75 – 110 เซนติเมตร (ตารางที่ 10) ซึ่งความลึกของหน้าตัดดินดังกล่าวนี้จะมีผลจำกัดการไซซอนของรากลงสู่ชั้นดินล่าง ดังนั้นเมื่อเกิดสภาวะแห้งแล้ง พืชอาจแสดงอาการขาดน้ำได้ง่าย ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการผลิตของข้าวโพดได้

### 2.2) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน

จากผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกในปี 2557 (ตารางที่ 11) พบว่า ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรจากผิวดิน ดินมีอินทรีย์คาร์บอนสะสมเฉลี่ย 8 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดิน 5.1 กรัมต่อกิโลกรัม และ 4.3 กรัมต่อกิโลกรัม ที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินมีปริมาณลดลงตามระดับชั้นความลึก

ส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินในปี 2558 ที่ระดับความลึก 0-15 15-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร พบว่าที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร กรรมวิธีไม่ไถพรวน (9.5 กรัมต่อกิโลกรัม) และไถพรวนปกติ (9.3 กรัมต่อกิโลกรัม) ดินมีอินทรีย์คาร์บอนไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีหรือไม่ใช้ปุ๋ยเคมีก็ตาม แต่พบว่าการใช้ฟางข้าวคลุมดิน (10.0 กรัมต่อกิโลกรัม) สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้สูงกว่าไม่ใช้ฟางข้าวคลุม (8.8 กรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนที่ระดับความลึกต่างๆ อินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดินมีปริมาณไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 12)

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ระหว่างปี 2557 และ ปี 2558 จะเห็นว่าการใช้ฟางข้าวคลุมดิน ทำให้ดินก่อนปลูกในปี 2558 มีอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินเพิ่มขึ้น จาก 8.6 กรัมต่อกิโลกรัม เป็น 10.0 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 13)

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินที่แปลงทดลองเป็นเวลา 39 ปี พบว่าการไถพรวนดินปกติ ไม่ว่าจะไม่ใช้ปุ๋ยเคมีหรือใช้ปุ๋ยเคมี แต่หากมีการใช้ฟางข้าวคลุมดินจะสามารถรักษาคาร์บอนไว้ในดินได้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนการไม่ไถพรวนดิน ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินต่ำกว่าการไถพรวนดินปกติ แต่เมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับใช้ฟางข้าวคลุมดิน ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินไม่แตกต่างจากการไถพรวนดิน (ภาพที่ 9 และ 10)

### 2.3) ผลผลิตข้าวโพด

จากผลของการจัดการดินที่ต่างกัน พบว่า ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวโพดทั้ง 2 ฤดูปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 14) และพบว่ากรรมวิธีไถพรวนดินปกติหรือไม่ไถพรวนดิน เมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ส่วนกรรมวิธีไถพรวนดิน และไม่ไถพรวนดิน และไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ข้าวโพดให้ผลผลิตต่ำสุด (296 กิโลกรัมต่อไร่) เนื่องจากข้าวโพดมีการเจริญเติบโตไม่ดี แต่หากมีการคลุมดินด้วย



ฟางข้าว ข้าวโพดให้ผลผลิต 364 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นหากมีการจัดการดินแบบไม่ไถพรวนหากต้องการรักษาผลผลิตของข้าวโพด จึงควรมีการใช้ปุ๋ยเคมีหรือมีการคลุมดินร่วมด้วย

#### 2.4) ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของข้าวโพด

ในตารางที่ 15 แสดงน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ต้น ใบ ชัง เปลือกหุ้มฝัก และเมล็ด ของข้าวโพดพันธุ์ นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรี โดยปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพดนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณคาร์บอนที่คืนกลับสู่ดิน และปริมาณที่สูญหายออกไปจากพื้นที่ โดยติดไปกับส่วนของเมล็ดหรือชังของข้าวโพด ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงกรรมวิธีการจัดการดินที่รักษาสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ได้ดีที่สุดในที่จะเห็นได้ว่าปริมาณคาร์บอนที่คืนกลับสู่ดินและสูญเสียบอกไปจากพื้นที่มีปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน

#### 2.5) ผลผลิตและมวลชีวภาพของพืชตาม (ถั่วเขียว)

ในปี 2557 หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพด ได้ปลูกถั่วเขียวเป็นพืชตาม การให้ผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักต้นใบของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 60 ภายใต้การจัดการดินและปุ๋ยที่แตกต่างกัน ต่ำมาก (ตารางที่ 16) ทั้งนี้เนื่องมาจากได้รับผลกระทบจากการระบาดของของแมลงตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เป็นสาเหตุให้ถั่วเขียวมีการเจริญเติบโตไม่ดีและให้ผลผลิตต่ำ ส่วนในปี 2558 ไม่สามารถเก็บผลผลิตได้เนื่องจากสภาพแห้งแล้งและแมลงทำลายไม่สามารถเก็บผลผลิตได้

#### 2.6) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการติดตามการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ นครสวรรค์ 3 ในดินชุดวังสะพุง (ตารางที่ 17) ระหว่าง เดือนมิถุนายน 2557 ถึง เดือนมิถุนายน 2559 รวม 2 ปี โดยเริ่มเก็บข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดช่วงปลูกข้าวโพด ปลูกพืชตาม (ถั่วเขียว) จนถึงช่วงพักดิน พบว่า การจัดการดินแบบไถพรวนปกติและไม่ไถพรวนดิน มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณเฉลี่ย 4.9 และ 5.0 ตัน CO<sub>2</sub> ต่อไร่ต่อปี หรือ 3.1 และ 3.2 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ในกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี (4.8 ตัน CO<sub>2</sub> ต่อไร่ต่อปี) หรือไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (5.1 ตัน CO<sub>2</sub> ต่อไร่ต่อปี) ไม่มีความแตกต่างเช่นกัน ส่วนการใช้ฟางข้าวคลุมดินมีแนวโน้มทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงกว่าการไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดินเล็กน้อย โดยมีปริมาณเฉลี่ย 5.3 และ 4.7 ตัน CO<sub>2</sub> ต่อไร่ต่อปี ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ฟางข้าวคลุมดินเป็นการรักษาความชื้นในดินเมื่อดินมีความชื้นเหมาะสม จะส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน เกิดการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ต่างๆในดิน ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากผิวดินยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของรากพืช ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงที่ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเต็มที่ จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงขึ้น (ภาพที่ 11 และ 12)

เมื่อวิเคราะห์ถึงผลของการจัดการดินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการไม่ไถพรวนดินและไม่ใช้ปุ๋ยเคมี หรือการไม่ไถพรวนดิน ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี และมีการใช้ฟางข้าวคลุมดิน ทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิต มากกว่ากรรมวิธีการจัดการดินแบบอื่นๆ โดยในการผลิตข้าวโพด 1 กิโลกรัม และการไม่ไถพรวนดินและไม่ใช้ปุ๋ยเคมี มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน 6.0 กิโลกรัม (ตารางที่ 18)

## 2.7) อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินได้มาจากการทิ้งเศษซากข้าวโพดไว้ในพื้นที่หลังการเก็บเกี่ยวและใช้วัสดุอินทรีย์ (ฟางข้าวคลุมดิน) ผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีไถพรวนปกติ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ฟางคลุมดิน มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ คิดเป็นอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน 162 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือกรรมวิธีการไม่ไถพรวนดิน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ฟางคลุมดิน มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน 159 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 19) ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าทั้งการไถพรวนดิน หรือการใช้ฟางข้าวคลุมดิน สามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินได้มากกว่าการไม่ไถพรวนดิน หรือไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน

## 2.8) สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เมื่อวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ พบว่ามีค่าติดลบเกือบทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 20) แสดงว่าปริมาณคาร์บอนสูญหายออกไปจากพื้นที่ มากกว่าปริมาณที่คืนกลับสู่ดิน ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่า การไถพรวนดินสามารถกักเก็บคาร์บอนในดิน ได้ดีกว่าการไม่ไถพรวนดิน นอกจากนี้ยังพบว่า การไม่ไถพรวนดินไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ทำให้ดินมีการสูญเสียคาร์บอนถึง 9.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีไม่ไถพรวน ใช้ปุ๋ยเคมีและไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน มีการสูญเสียคาร์บอนไปจากดิน 6.8 กิโลกรัม C ต่อไร่

**ตารางที่ 10** ลักษณะของหน้าตัดดินชุดดินวังสะพุง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรี อ.โคกตูม จ.ลพบุรี

Profile No.	Depth (cm)	Soil color	Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Gravel (%)	pH
Profile No.1	0-13	5 YR 3/4 (Dark reddish brown)	Loam	50.99	35.18	13.83	27.1	5.8
UTM 47P	13-27	2.5 YR 3/4 (Dark reddish brown)	Loam	45.99	35.18	18.83	31.4	5.7
693718	27-50	2.5 YR 3/6 (Dark red)	Clay loam	40.99	20.18	38.83	53.1	5.1
1636909	50-75	2.5 YR 3/6 (Dark red)	Clay	35.99	15.18	48.83	69.5	4.0
Alt.46.7 m								
Profile No.2	0-18	5 YR 3/4 (Dark reddish brown)	Sandy loam	55.63	30.36	14.01	~ 25	6.1
UTM 47P	18-107	2.5 YR 3/6 (Dark red)	Clay	40.81	15.36	43.83	66.1	6.2
693745								
1636912								
Alt. 48.8 m								
Profile No.3	0-24	5 YR 3/4 (Dark reddish brown)	Sandy loam	55.63	30.36	14.01	~ 25	6.7
UTM 47P	24-39	2.5 YR 3/4 (Dark reddish brown)	Sandy loam	60.81	20.36	18.83	~ 35	6.5
693777	39-110	2.5 YR 3/6 (Dark red)	Clay	35.63	20.36	44.01	66.1	6.2
1636913								
Alt. 50.4 m								

**ตารางที่ 11** ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (กรัม/กก.) ก่อนปลูกปี 2557 ที่ระดับความลึกต่างๆจากผิวดิน ที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรี จ. ลพบุรี

กรรมวิธี	อินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน (ชม.)		
	0-15	15-30	30-50
1. 0-0-0+Till+NoRS	7.9	5.0	4.3
2. 0-0-0+No-till+NoRS	6.9	4.8	4.8
3. 0-0-0+Till+RS	9.4	5.2	4.7
4. 0-0-0+No-till+RS	7.3	4.4	4.2
5. Chem+Till+NoRS	7.8	4.9	3.8
6. Chem +No-till+NoRS	7.3	4.7	4.6
7. Chem +Till+RS	9.3	6.2	3.5
8. Chem +No-till+RS	8.4	5.3	4.9
เฉลี่ย	8.0	5.1	4.3

**ตารางที่ 12** ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (กรัม/กก.) ในดินก่อนปลูกปี 2558 ที่ระดับความลึก 0-15 15-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร ภายใต้การจัดการดินที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	อินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน (ชม.)			
	0-15	15-30	30-50	50-100
1. 0-0-0+Till+NoRS	8.8	3.7	3.7	3.6
2. 0-0-0+No-till+NoRS	8.8	3.7	3.4	3.7
3. 0-0-0+Till+RS	10.4	4.5	3.7	4.0
4. 0-0-0+No-till+RS	10.1	4.0	3.9	4.2
5. Chem+Till+ NoRS	8.5	4.1	3.9	3.7
6. Chem +No-till+ NoRS	9.0	4.0	3.5	3.8
7. Chem +Till+RS	9.5	4.4	4.0	3.4
8. Chem +No-till+RS	10.0	3.8	3.5	4.6
Till	9.3	4.2	3.8	3.7
No-till	9.5	3.9	3.6	4.1
Chem	9.3	4.1	3.7	3.9
0-0-0	9.5	4.0	3.7	3.9
RS	10.0	4.2	3.8	4.1
NoRS	8.8	3.9	3.6	3.7

**ตารางที่ 13** ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ในดินปี 2557และปี 2558 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ภายใต้การจัดการดินที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (ก./กก.)			
	ก่อนปลูกปี 2557	เก็บเกี่ยว	ก่อนปลูกปี 2558	เก็บเกี่ยว
1. 0-0-0+Till+NoRS	7.9±1.4	7.1±0.8	8.8±1.3	8.3±1.5
2. 0-0-0+No-till+NoRS	6.9±0.7	6.7±0.8	8.8±1.1	7.7±1.0
3. 0-0-0+Till+RS	9.4±1.7	9.6±1.5	10.4±1.4	10.1±2.0
4. 0-0-0+No-till+RS	7.3±0.9	7.8±1.9	10.1±2.6	9.3±1.8
5. Chem+Till+NoRS	7.8±1.0	6.5±0.2	8.5±0.6	8.4±0.8
6. Chem +No-till+NoRS	7.3±0.7	6.5±0.6	9.0±2.4	7.9±0.6
7. Chem +Till+RS	9.4±0.9	8.8±1.0	9.5±0.6	10.0±0.7
8. Chem +No-till+RS	8.4±0.1	8.6±0.8	10.0±2.4	9.5±1.2
Till	8.6±1.5	8.0±1.6	9.3±1.2	9.2±1.5
No-till	7.5±1.0	7.4±1.3	9.5±2.0	8.6±1.4
Chem	8.2±1.6	7.6±1.3	9.3±1.7	8.9±1.3
0-0-0	7.9±0.9	7.8±0.6	9.5±1.3	8.9±0.9
RS	8.6±1.0	8.7±1.4	10.0±1.5	9.7±1.2
NoRS	7.5±1.6	6.7±1.6	8.8±1.7	8.1±1.7

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดิน±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

**ตารางที่ 14** ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 (กก./ไร่) ที่ความชื้น 15% ภายใต้การจัดการดินที่แตกต่างกัน ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรี จ. ลพบุรี

กรรมวิธี	ผลผลิตปี2557	ผลผลิตปี2558	เฉลี่ยกรรมวิธี	ค่าแตกต่างกรรมวิธี 2 ปี
1. 0-0-0+Till+NoRS	536 de	674 b	605	-138 <sup>ns</sup>
2. 0-0-0+No-till+ NoRS	371 e	224 c	297	147 <sup>ns</sup>
3. 0-0-0+Till+RS	719 cd	805 ab	762	-86 <sup>ns</sup>
4. 0-0-0+No-till+RS	336 e	391 c	364	-55 <sup>ns</sup>
5. Chem+Till+ NoRS	990 ab	948 ab	969	42 <sup>ns</sup>
6. Chem +No-till+ NoRS	759 bcd	861 ab	810	-102 <sup>ns</sup>
7. Chem +Till+RS	1037 a	888 ab	962	-149 <sup>ns</sup>
8. Chem +No-till+RS	920 abc	991 a	956	-71 <sup>ns</sup>
เฉลี่ยปี	709	723	716	-14

CV. 20.3%

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

**ตารางที่ 15** ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพด

กรรมวิธี	ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพด (ตันคาร์บอน/ไร่)						
	เมล็ด	ต้น	ใบ	ซัง	เปลือก	คืนกลับในแปลง	สูญหายจากพื้นที่
1. 0-0-0+Till+NoRS	0.41	0.11	0.27	0.24	0.16	0.54	0.65
2. 0-0-0+No-till+ NoRS	0.23	0.09	0.31	0.14	0.11	0.51	0.37
3. 0-0-0+Till+RS	0.26	0.05	0.22	0.13	0.06	0.33	0.39
4. 0-0-0+No-till+ RS	0.27	0.09	0.25	0.14	0.14	0.48	0.41
5. Chem+Till+ NoRS	0.46	0.20	0.34	0.33	0.23	0.77	0.79
6. Chem +No-till+ NoRS	0.41	0.15	0.36	0.26	0.16	0.67	0.67
7. Chem +Till+ RS	0.33	0.11	0.27	0.19	0.15	0.53	0.52
8. Chem +No-till+ RS	0.16	0.05	0.17	0.08	0.10	0.32	0.24
Till	0.37	0.12	0.28	0.22	0.15	0.54	0.59
No-till	0.27	0.10	0.27	0.16	0.13	0.50	0.42
Chem	0.34	0.13	0.29	0.22	0.16	0.57	0.56
0-0-0	0.29	0.09	0.26	0.16	0.12	0.47	0.46
RS	0.26	0.08	0.23	0.14	0.11	0.42	0.39
NoRS	0.38	0.14	0.32	0.24	0.17	0.62	0.62

**ตารางที่ 16** ผลผลิตและน้ำหนักแห้งของถั่วเขียว ปี 2557

กรรมวิธี	ผลผลิต	น้ำหนักแห้ง
	(กก./ไร่)	ต้น+ใบ (กก./ไร่)
1. 0-0-0+Till+NoRS	34±6	146±38
2. 0-0-0+No-till+ NoRS	27±4	128±28
3. 0-0-0+Till+RS	54±5	255±57
4. 0-0-0+No-till+ RS	27±20	114±83
5. Chem+Till+ NoRS	63±15	215±17
6. Chem +No-till+ NoRS	34±17	141±51
7. Chem +Till+ RS	55±26	182±77
8. Chem +No-till+ RS	45±14	144±74

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (3 ซ้ำ)

**ตารางที่ 17** ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ย ตั้งแต่เดือน มิ.ย. 2557 - มิ.ย. 2559

กรรมวิธี	CO <sub>2</sub> emission	
	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /y	tCO <sub>2</sub> /rai/y
1. 0-0-0+Till+NoRS	2.7	4.4
2. 0-0-0+No-till+NoRS	2.8	4.5
3. 0-0-0+Till+RS	3.2	5.2
4. 0-0-0+No-till+ RS	3.4	5.4
5. Chem+Till+NoRS	3.0	4.8
6. Chem +No-till NoRS	3.2	5.1
7. Chem +Till+ RS	3.3	5.3
8. Chem +No-till+ RS	3.3	5.2
Till	3.1	4.9
No-till	3.2	5.0
Chem	3.0	4.8
0-0-0	3.2	5.1
RS	3.3	5.3
NoRS	2.9	4.7

Bare soil no-till = 2.6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/y

Bare soil tillage = 2.8 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/y

**ตารางที่ 18** ผลของการจัดการดินต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อหน่วยผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นถิ่นนครสวรรค์ 3 ที่ จ. ลพบุรี

กรรมวิธี	ปริมาณการปล่อย (kg CO <sub>2</sub> /rai/crop)	ผลผลิตข้าวโพด (kg/rai)	ปริมาณการปล่อย CO <sub>2</sub> ต่อหน่วยผลผลิต (kg CO <sub>2</sub> /crop yield)
1. 0-0-0+Till+NoRS	1,724 *	605 **	2.8
2. 0-0-0+No-till+NoRS	1,793	298	6.0
3. 0-0-0+Till+RS	1,756	762	2.3
4. 0-0-0+No-till+ RS	1,868	364	5.1
5. Chem+Till+NoRS	1,812	969	1.9
6. Chem +No-till+NoRS	1,704	810	2.1
7. Chem +Till+ RS	1,927	962	2.0
8. Chem +No-till+ RS	1,201	956	1.3

หมายเหตุ \* ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปลูกข้าวโพดจนถึงเก็บเกี่ยว  
\*\* ผลผลิตเฉลี่ย 2 ปี

**ตารางที่ 19** อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. ลพบุรี

กรรมวิธี	ปีเริ่มต้น					C storage rate (kgC/rai/y)
	2519 (kgC/rai)	2537 (kgC/rai)	2547 (kgC/rai)	2552 (kgC/rai)	2558 (kgC/rai)	
1. 0-0-0+Till+NoRS	2355	2471	4958	4392	4739	61
2. 0-0-0+No-till+NoRS	2355	2714	5688	5928	5091	70
3. 0-0-0+Till+RS	2355	3790	7097	9014	8546	159
4. 0-0-0+No-till+RS	2355	2682	5375	7672	5688	85
5. Chem+Till+NoRS	2355	2309	4734	5161	4466	54
6. Chem +No-till+NoRS	2355	2848	6351	6473	5349	77
7. Chem +Till+RS	2355	3989	6846	11014	8679	162
8. Chem +No-till+RS	2355	2850	6104	8808	6146	97
Till						109
No-till						82
Chem						98
0-0-0						94
RS						126
NoRS						66

หมายเหตุ : อัตราการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน (Fronning et al, 2008)

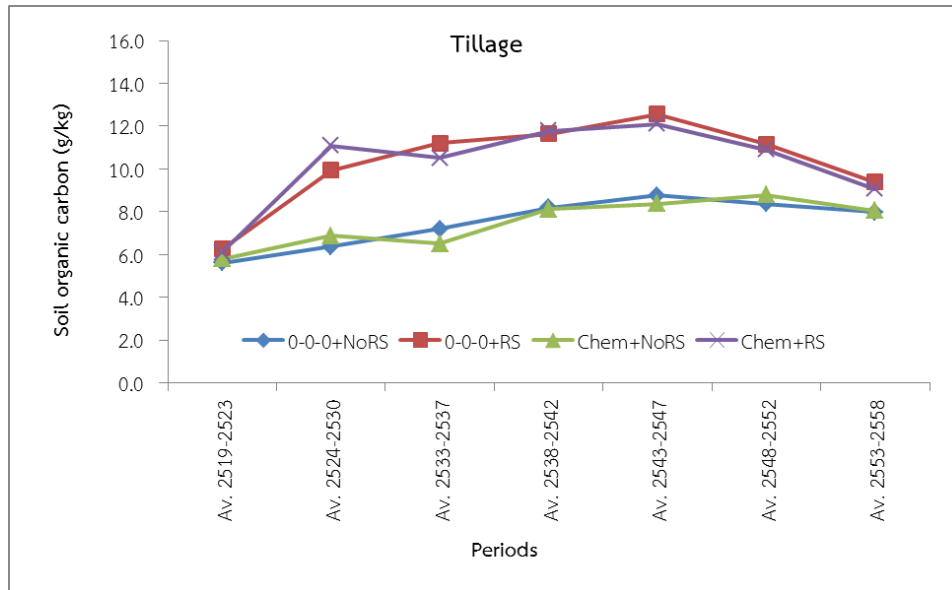
$$= (\text{ปริมาณคาร์บอนในปีปัจจุบัน} - \text{ปริมาณคาร์บอนในปีเริ่มต้น}) / \text{จำนวนปี}$$

ตารางที่ 20 สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จังหวัดลพบุรี

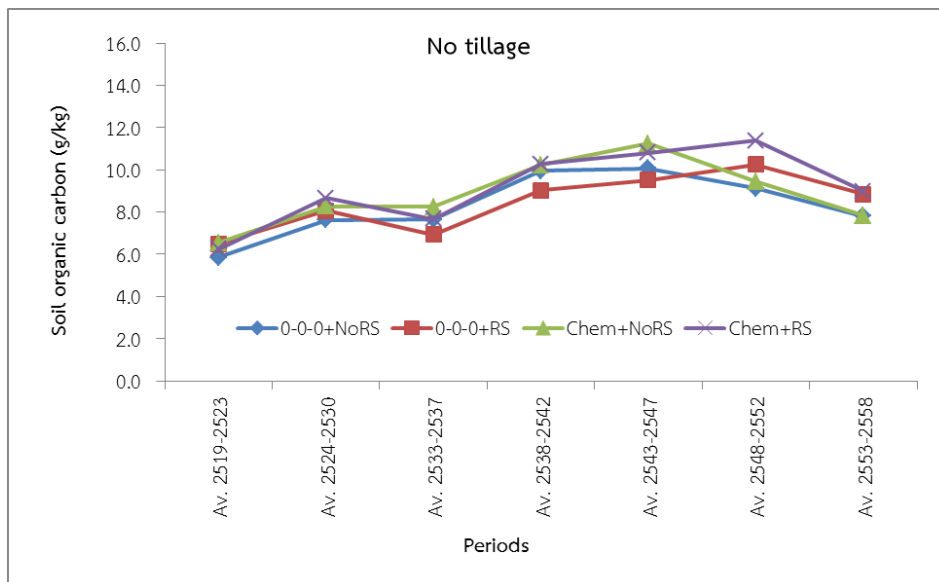
Treatments	Stover	Rice straw	C input	Grain	Cob	CO <sub>2</sub> emission	soil respiration	C loss	C balance
	----- (t C/rai) -----								
1. 0-0-0+Till+NoRS	18.4	0	18.4	8.3	2.0	46.4	23.2	23.2	-4.8
2. 0-0-0+No-till+ NoRS	14.6	0	14.6	6.7	2.0	47.5	23.8	23.8	-9.2
3. 0-0-0+Till+RS	14.4	8.5	22.9	10.0	1.9	54.9	27.5	27.5	-4.6
4. 0-0-0+No-till+ RS	14.5	8.5	23	5.9	1.5	57.7	28.8	28.8	-5.8
5. Chem+Till+ NoRS	23.4	0	23.4	13.7	2.9	51.4	25.7	25.7	-2.3
6. Chem +No-till+ NoRS	20.1	0	20.1	12.0	2.9	53.8	26.9	26.9	-6.8
7. Chem +Till+ RS	21.5	8.5	30.0	14.0	2.4	56.2	28.1	28.1	1.9
8. Chem +No-till+ RS	19.9	8.5	28.4	13.3	2.4	55.9	27.9	27.9	0.5
Till			23.7					26.1	-2.5
No-till			21.5					26.9	-5.3
Chem			25.0					26.9	-1.9
0-0-0			23.3					27.6	-4.4
RS			25.5					26.7	-1.2
NoRS			23.3					27.3	-4.0

หมายเหตุ : CO<sub>2</sub> emission ที่ปล่อยจากผิวดิน เกิดขึ้นจาก 2 ส่วน คือ จากการหายใจของรากพืช 1 ส่วน และจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน 1 ส่วน ดังนั้น C loss จึงคิดเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกิจกรรมของจุลินทรีย์ หรือ soil respiration

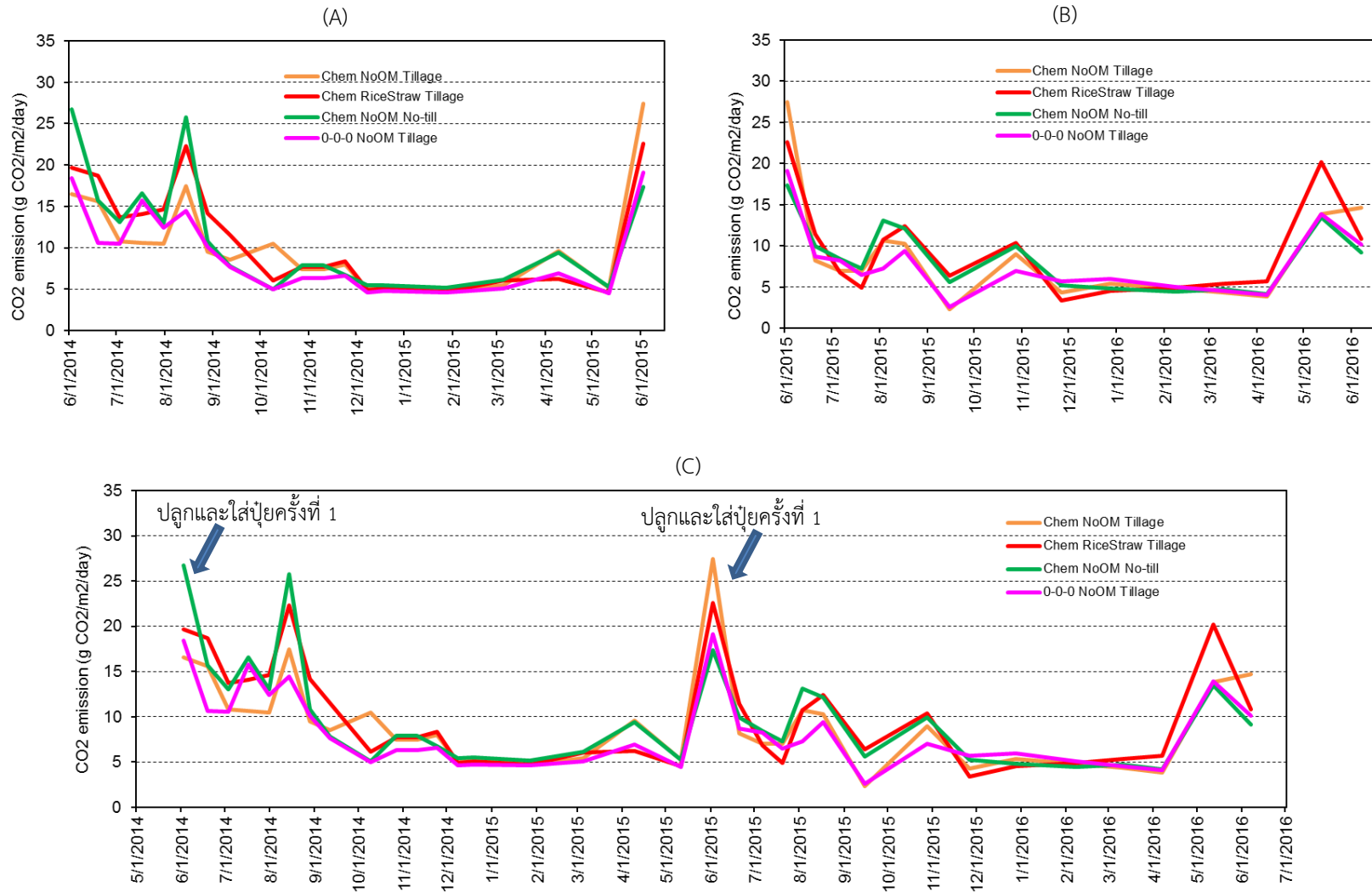




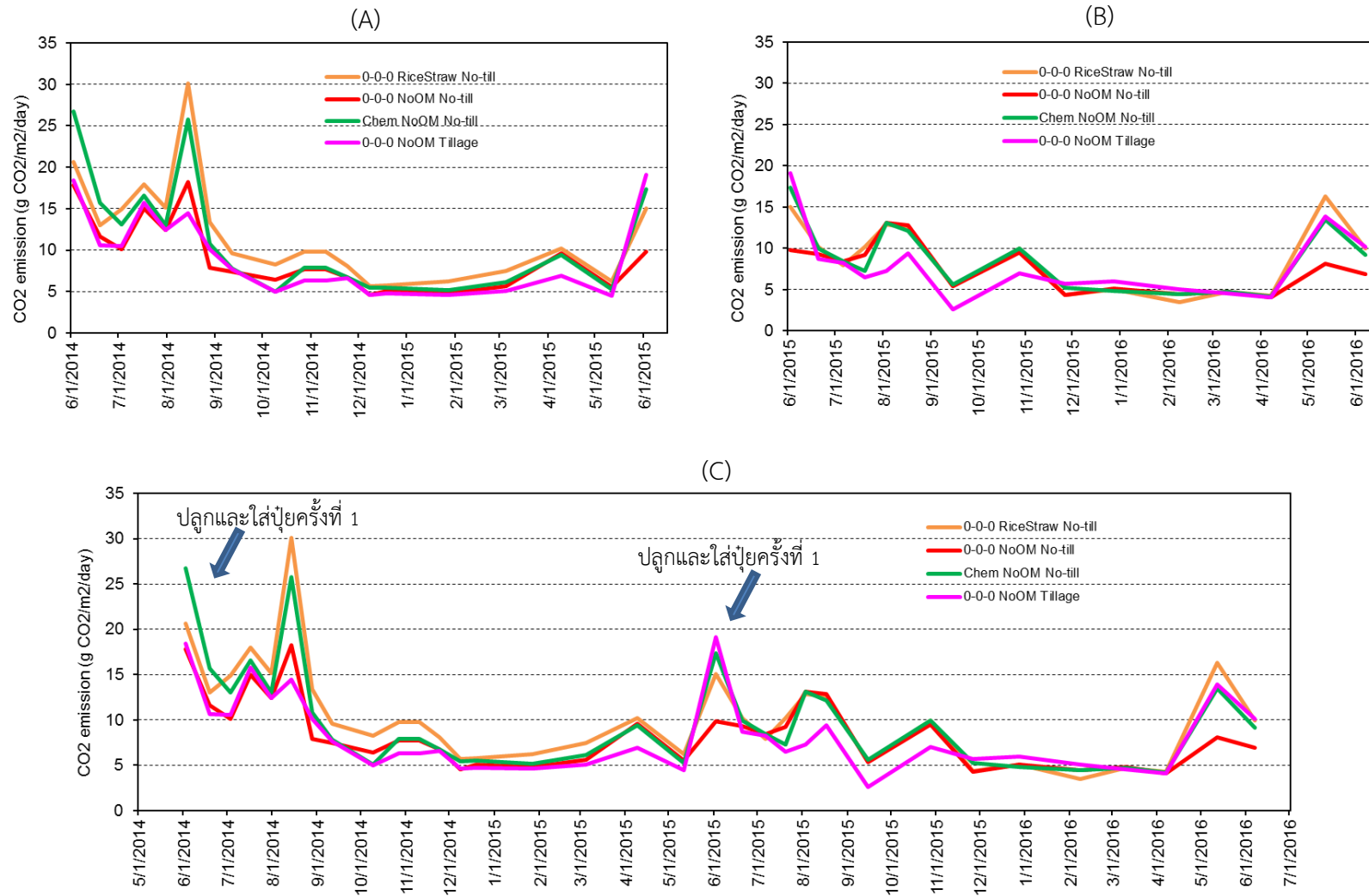
ภาพที่ 9 ผลของไถพรวนดินและการจัดการดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวในระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 10 ผลของไม่ไถพรวนดินและการจัดการดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวในระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 11 ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ในปี 2557 (A) และ 2558 (B) และ ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบ 2 ปี (C) ภายใต้การจัดการดินแบบไถพรวนปกติและใช้ปุ๋ยเคมี



ภาพที่ 12 ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ในปี 2557 (A) และ 2558 (B) และ ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบ 2 ปี (C) ภายใต้การจัดการดินแบบไม่ไถพรวนปกติและไม่ใช้ปุ๋ยเคมี

### 3. ศึกษาวิธีการจัดการปุ๋ยและน้ำอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

#### 3.1) สมบัติของดินก่อนปลูก

ทำการทดลองในชุดดินลพบุรีซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว หน้าดินลึกพบชั้นปูนและเม็ดหินปูนกระจายที่ระดับความลึก 80 เซนติเมตรลงไป ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนปลูกปี 2557 ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร พบว่า ดินมีปฏิกริยาดินเป็นด่าง โดยดินบนและดินล่างมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 8.22 และ 8.30 ตามลำดับ และปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงเท่ากับ 2.48 เปอร์เซ็นต์ และ 2.13 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินบน และในดินล่างอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบนระดับสูง และในดินล่างอยู่ในระดับกลาง 115 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 21) จากผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกทำให้สามารถประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้ โดยควรใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเป็น 10-10-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่

ในปี 2558 ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินชุดดินลพบุรีก่อนปลูก ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร พบว่า ดินมีปฏิกริยาดินเป็นด่างอ่อนๆ โดยดินบนและดินล่างมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 7.80 และ 6.98 ตามลำดับ และปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงเท่ากับ 2.53 เปอร์เซ็นต์ และ 2.43 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินบนอยู่ในระดับปานกลางและในดินล่างอยู่ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบนอยู่ในระดับสูง และในดินล่างอยู่ในระดับปานกลาง 124 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

#### 3.2) ปริมาณคาร์บอนและธาตุอาหารพืชที่ได้จากมูลไก่เกลบ

คุณสมบัติของมูลไก่เกลบที่ใช้ในการปรับปรุงดิน จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารพบว่า มีความชื้น 9.98 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักสด ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงมากเท่ากับ 60.41 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 35.04 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 13:1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 3.17 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 2.06 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 23) ดังนั้นเมื่อใส่มูลไก่ 1,000 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ จะมีคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ใส่ลงไปในดิน 315 23.4 28.5 และ 18.5 กิโลกรัม ตามลำดับ

#### 3.3) สภาพภูมิอากาศและการให้น้ำเสริม

ปี 2557 ปลูกข้าวโพดวันที่ 12 มิถุนายน 2557 โดยพบว่าหลังข้าวโพดอายุ 39 วัน พบฝนทิ้งช่วงประมาณ 3 สัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 21 กรกฎาคม 2557 ถึงวันที่ 11 สิงหาคม 2557 ซึ่งข้าวโพดกำลังเข้าสู่ระยะออกดอก ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อการออกดอกและให้ผลผลิต โดยข้าวโพดได้รับปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกจนถึงอายุ 90 วันหลังปลูก เท่ากับ 500 มิลลิเมตร ส่วนกรรมวิธีที่การให้น้ำโดยคำนวณจากอัตราการคายระเหยน้ำของข้าวโพดตามวิธีของ Blaney-Criddle พบว่า ปริมาณน้ำที่ให้เสริมตามความต้องการน้ำของข้าวโพดเท่ากับ 369 มิลลิเมตร ทำให้ข้าวโพดได้รับปริมาณน้ำตั้งแต่อายุ 1-90 วันหลังปลูก รวมเท่ากับ 869 มิลลิเมตร (ตารางที่ 24)

ปี 2558 ปลูกข้าวโพดวันที่ 15 กรกฎาคม 2558 พบว่าหลังข้าวโพดอายุได้ 1 เดือนหลังปลูกจนกระทั่งถึงระยะออกดอกเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน ตั้งแต่วันที่ 17 สิงหาคม 2558 ถึงวันที่ 9 กันยายน 2558 เป็น

ระยะเวลา 14 วัน ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเพียง 21 มิลลิเมตร จึงส่งผลกระทบต่ออาการออกดอกและให้ผลผลิตของข้าวโพดได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝน อย่างไรก็ตามข้าวโพดที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนได้รับปริมาณน้ำฝนรวมทั้งตั้งแต่ปลูกจนถึงอายุ 90 วันหลังปลูก เท่ากับ 734 มิลลิเมตร ส่วนกรรมวิธีที่ให้น้ำเสริมโดยคำนวณจากอัตราการคายระเหยน้ำของข้าวโพดตามวิธีของ Blaney-Criddle พบว่า ปริมาณน้ำที่ให้น้ำเสริมตามความต้องการน้ำของข้าวโพด ตั้งแต่อายุ 1-90 วันหลังปลูก เท่ากับ 239 มิลลิเมตร และเมื่อรวมกับปริมาณน้ำฝนจะได้ปริมาณน้ำทั้งหมดเท่ากับ 973 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝน ข้าวโพดได้รับปริมาณน้ำรวม 734 มิลลิเมตร (ตารางที่ 25)

### 3.4) การให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลของการจัดการน้ำและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในปี 2557 พบว่า กรรมวิธีที่มีการให้น้ำ ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,073 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่ากรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝนซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 865 กิโลกรัมต่อไร่ หรือให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 24 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนได้รับผลกระทบจากภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานในช่วงระยะออกดอก ดังนั้นเมื่อมีการให้น้ำเสริมตามความต้องการของข้าวโพด จึงลดผลกระทบต่อการสร้างผลผลิตของข้าวโพดได้ ส่วนการจัดการปุ๋ยทั้ง 5 กรรมวิธีไม่ทำให้ผลผลิตข้าวโพดแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการให้น้ำและการจัดการปุ๋ยที่มีต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพด (ตารางที่ 26) อย่างไรก็ตาม ในปี 2558 ซึ่งฝนมีการกระจายตัวดี จึงทำให้การจัดการน้ำไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวโพดแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดได้รับน้ำฝนในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการ แม้ไม่มีการให้น้ำเสริม แต่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการให้ผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมี 15 - 15 - 7.5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่เกลสอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมี 10 - 10 - 5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่เกลสอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในอัตรา 10 - 10 - 5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (ตารางที่ 27)

### 3.5) การปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>

จากการติดตามปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ในชุดดินลพบุรีที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ฤดูปลูกปี 2557 ตั้งแต่วันที่ 16 มิถุนายน 2557 ถึงวันที่ 17 ธันวาคม 2557 (154 วัน) พบว่า กรรมวิธีที่มีการให้น้ำเสริมมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 0.79 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อ 154 วัน น้อยกว่าในกรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝนซึ่งมีการปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 0.85 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อ 154 วัน (ตารางที่ 28) เช่นเดียวกับผลของการติดตามปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในฤดูปลูกปี 2558 ตั้งแต่วันที่ 14 พฤษภาคม 2558 ถึงวันที่ 10 ตุลาคม 2558 (142 วัน) พบว่า กรรมวิธีที่มีการให้น้ำเสริมมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 0.75 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อ 142 วัน น้อยกว่าในกรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝนซึ่งมีการปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 0.82 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อ 142 วัน (ตารางที่ 29) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกรรมวิธีที่มีการให้น้ำเสริมมีผลทำให้อุณหภูมิผิวดินลดลง จึงทำให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ส่วนผลของการจัดการปุ๋ยต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า กรรมวิธีที่ใส่มูลไก่เกลสมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำที่สุด จากการตรวจวัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ระหว่างวันที่ 16 มิถุนายน 2557 ถึงวันที่ 17 ธันวาคม 2557 พบว่ามีการปลดปล่อยเฉลี่ย 0.75 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อ 154 วัน (ตารางที่ 28) และจากการ

ตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างวันที่ 14 พฤษภาคม 2558 ถึงวันที่ 10 ตุลาคม 2558 พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 0.71 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อ 142 วัน (ตารางที่ 29)

**ตารางที่ 21** สมบัติทางเคมีของดินชุดดินลพบุรี ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ภายใต้การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูปลูกปี 2557

Depth (cm)	pH <sub>1:1</sub> water	OM (%)	Avai. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
0-20	8.22	2.48	4	115
20-50	8.30	2.13	3	97

**ตารางที่ 22** สมบัติทางเคมีของดินชุดดินลพบุรี ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ภายใต้การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูปลูกปี 2558

Depth (cm)	pH <sub>1:1</sub> water	OM (%)	Avai. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
0-20	7.80	2.53	12	124
20-50	6.98	2.43	29	97

**ตารางที่ 23** ผลวิเคราะห์มูลไก่ผสมแกลบที่ใช้ในการทดลอง

Organic material	Moisture (%)	pH <sub>1:1</sub> water	Organic C (%)	Organic matter (%)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
Chicken manure	9.98	6.69	35.04	60.41	2.60	3.17	2.06

**ตารางที่ 24** ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำที่ให้เสริมภายใน 90 วันหลังจากเริ่มปลูกข้าวโพด ฤดูปลูกปี 2557

Management	Total Rain (mm)	Total Irrigated (mm)	Total Water (mm)
Rainfed	500	0	500
Irrigated	500	369	869

**ตารางที่ 25** ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำที่ให้เสริมภายใน 90 วันหลังจากเริ่มปลูกข้าวโพด ฤดูปลูกปี 2558

Management	Total Rain (mm)	Total Irrigated (mm)	Total Water (mm)
Rainfed	734	0	734
Irrigated	734	239	973

**ตารางที่ 26** ปริมาณผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินลพบุรีที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ฤดูปลูกปี 2557

Fertilizer Management	Grain yield (kg/rai)		
	Rainfed	Irrigated	Average
0 - 0 - 0	872	1,036	954
chicken manure 1,000 kg/rai	823	1,031	927
10 - 10 - 5	895	1,075	985
10 - 10 - 5 + chicken manure 1 t/rai	898	1,112	1,005
15 - 15 - 7.5+ chicken manure 1 t/rai	893	1,111	975
Average	865b	1,073a	

CV (a) = 7.94 % CV (b) = 7.63 %

**ตารางที่ 27** ปริมาณผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินลพบุรีที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ฤดูปลูกปี 2558

Fertilizer Management	Grain yield (kg/rai)		
	Rainfed	Irrigated	Average
0 - 0 - 0	1,010	1,083	1,047c
chicken manure 1,000 kg/rai	1,014	1,137	1,076bc
10 - 10 - 5	1,125	1,163	1,144b
10 - 10 - 5 + chicken manure 1 t/rai	1,132	1,214	1,173ab
15 - 15 - 7.5+ chicken manure 1 t/rai	1,247	1,267	1,257a
Average	1,106	1,173	

CV (a) = 20.33 %      CV (b) = 5.83 %

**ตารางที่ 28** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ในชุดดินลพบุรีที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ฤดูปลูกปี 2557 ตั้งแต่วันที่ 16 มิถุนายน 2557 ถึงวันที่ 17 ธันวาคม 2557

Fertilizer Management	CO <sub>2</sub> emission (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /154 d)		
	Rainfed	Irrigated	Average
0 - 0 - 0	0.89	0.77	0.83
chicken manure 1,000 kg/rai	0.81	0.83	0.82
10 - 10 - 5	0.81	0.70	0.75
10 - 10 - 5 + chicken manure 1 t/rai	0.92	0.77	0.85
15 - 15 - 7.5+ chicken manure 1 t/rai	0.80	0.85	0.85
Average	0.85	0.79	

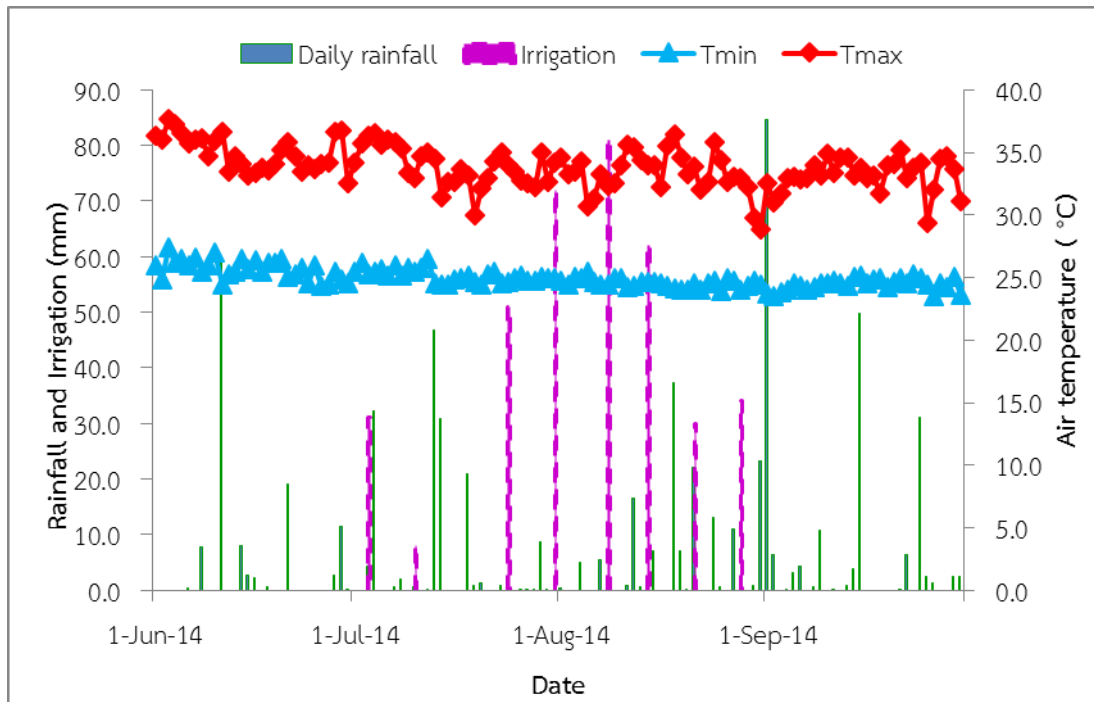
Bare soil = 0.54 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/154d

**ตารางที่ 29** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ในชุดดินลพบุรีที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ฤดูปลูกปี 2557 ตั้งแต่วันที่ 14 พฤษภาคม 2558 ถึงวันที่ 1 ตุลาคม 2558

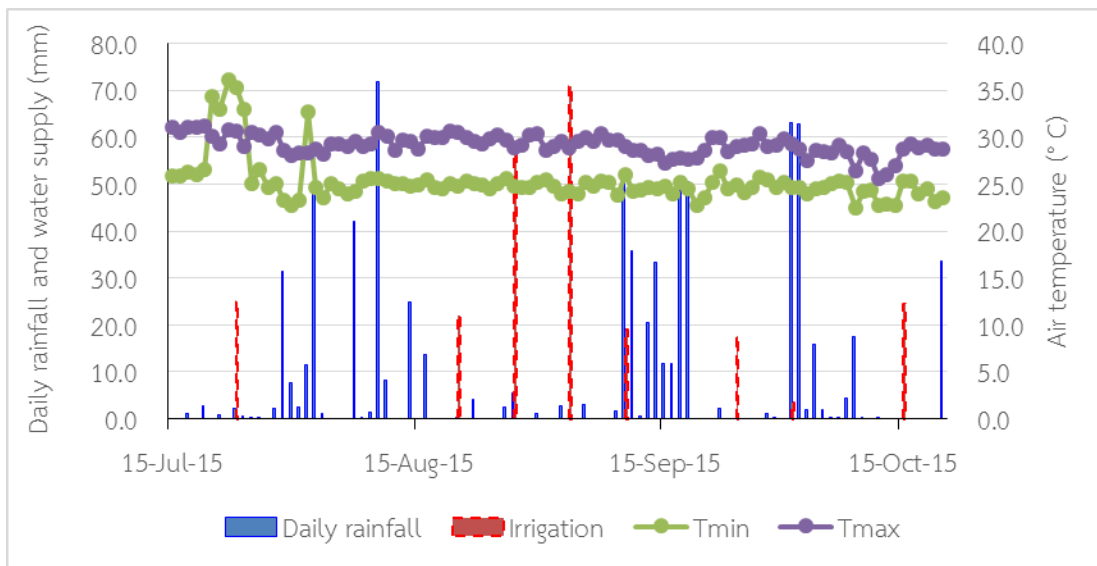
Fertilizer Management	CO <sub>2</sub> emission (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /142 d)		
	Rainfed	Irrigated	Average
0 - 0 - 0	0.85	0.74	0.79
chicken manure 1,000 kg/rai	0.86	0.73	0.79
10 - 10 - 5	0.70	0.72	0.71
10 - 10 - 5 + chicken manure 1 t/rai	0.82	0.77	0.80
15 - 15 - 7.5+ chicken manure 1 t/rai	0.86	0.78	0.82
Average	0.82	0.75	

Bare soil = 0.64 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/140d

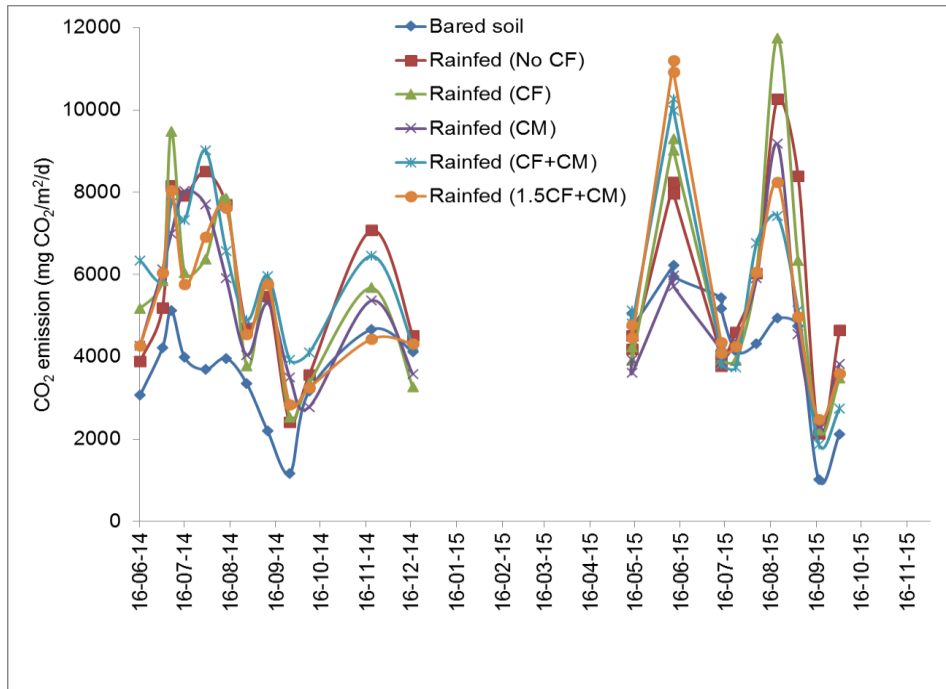




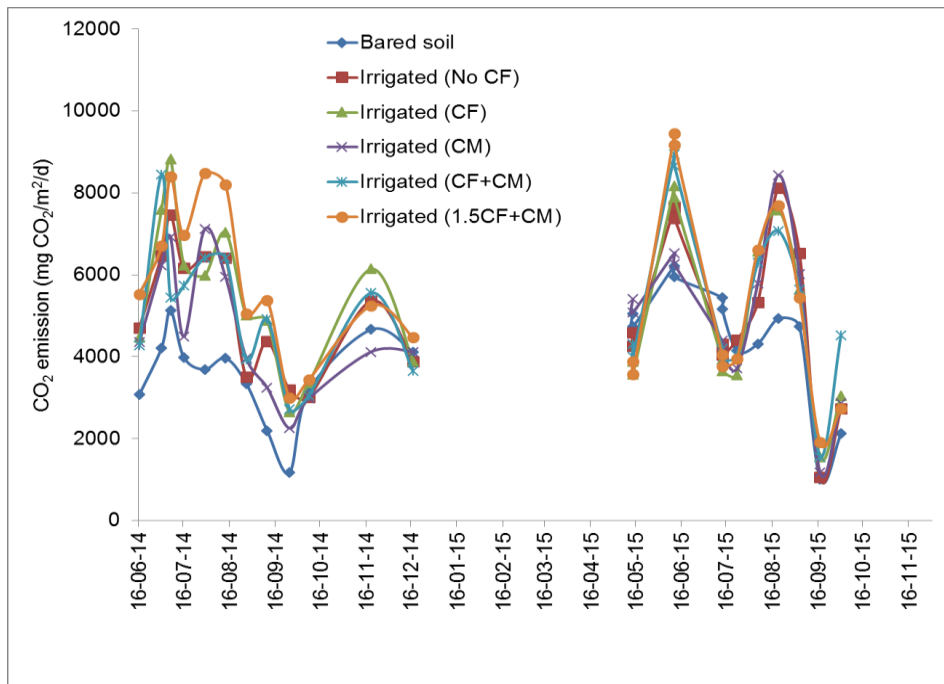
ภาพที่ 13 ปริมาณน้ำฝนรายวัน ปริมาณน้ำที่ให้เสริมโดยระบบน้ำหยด และอุณหภูมิในช่วงฤดูปลูกปี 2557



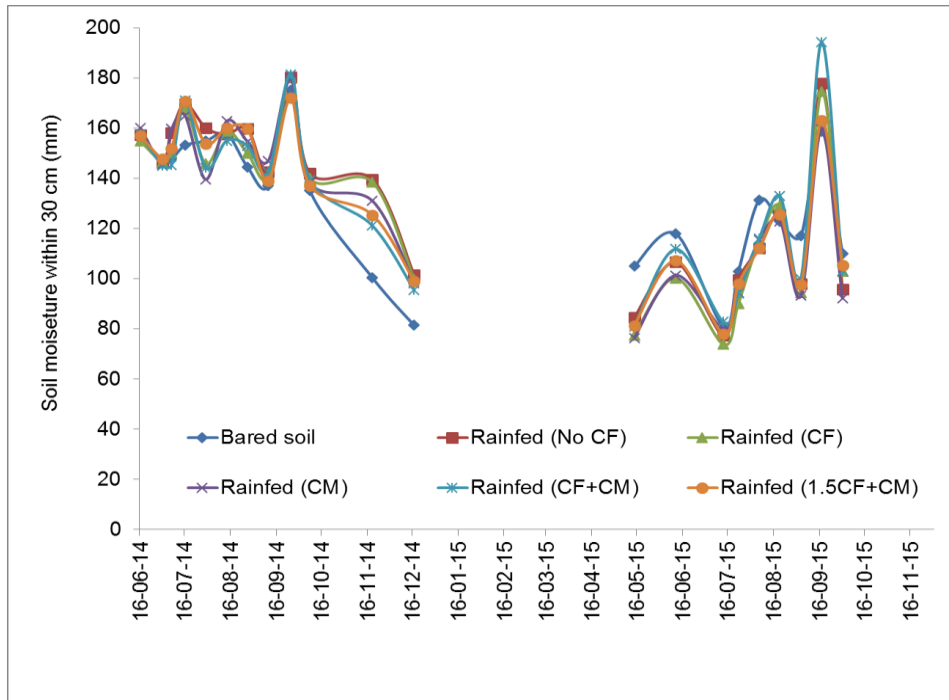
ภาพที่ 14 ปริมาณน้ำฝนรายวัน ปริมาณน้ำที่ให้เสริมโดยระบบน้ำหยด และอุณหภูมิในช่วงฤดูปลูกปี 2558



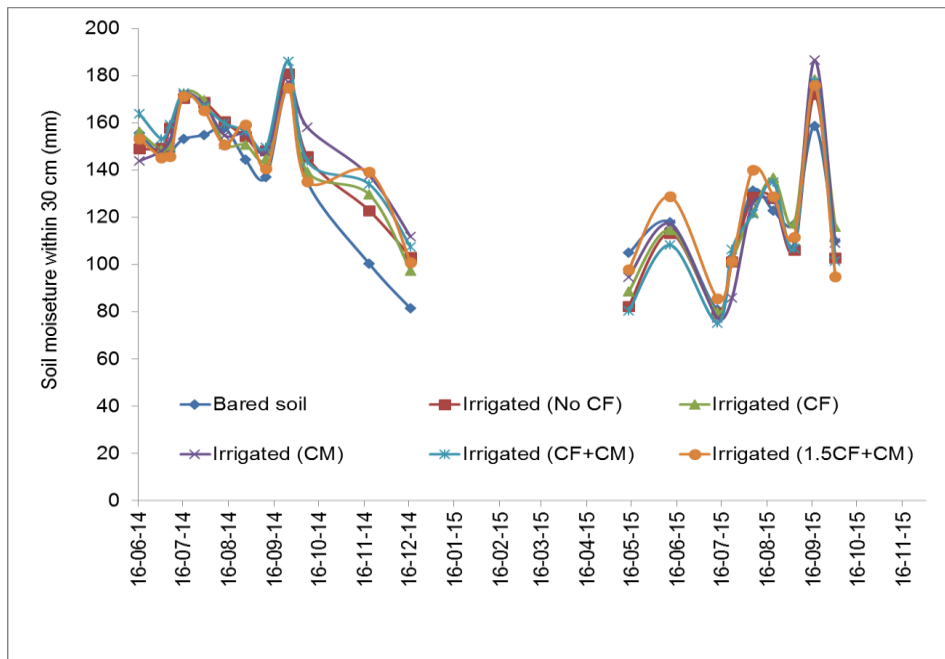
ภาพที่ 15 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดในสภาพที่อาศัยน้ำฝน ในช่วงฤดูปลูกปี 2557



ภาพที่ 16 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดในสภาพที่อาศัยน้ำฝน ในช่วงฤดูปลูกปี 2558



ภาพที่ 17 ความชื้นดินที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดในสภาพที่อาศัยน้ำฝน ในช่วงฤดูปลูกปี 2557



ภาพที่ 18 ความชื้นดินที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดในสภาพที่อาศัยน้ำฝน ในช่วงฤดูปลูกปี 2558

## สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

1) การติดตามการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในแปลงทดลองระยะยาวที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินสมอทอด พบว่าการใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่ทำให้สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่ที่มีค่าเกินดุล 113 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ สมดุลของคาร์บอนมีค่าเกินดุล 55 กิโลกรัม C ต่อไร่ อย่างไรก็ตาม คาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินยังคงมีการสลายตัวได้ตลอดเวลา และจากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนจากปี พ.ศ.2527 ถึงปี พ.ศ.2558 พบว่า การใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่ คาร์บอนในดินลดลงในอัตราต่ำ 1 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน คาร์บอนในดินลดลงในอัตรา 53 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี แต่หากไม่ใส่ปุ๋ยจะทำให้คาร์บอนในดินลดลงในอัตราสูงสุด 72 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์นั้นทำให้สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ ซึ่งจะส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และมีศักยภาพในการผลิตพืชได้อย่างยั่งยืน ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินสมอทอดซึ่งมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถือว่าเพียงพอต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่อาจเกิดความไม่ยั่งยืนในระยะยาวเนื่องจากทำให้อินทรีย์คาร์บอนลดน้อยถอยลงและจะส่งผลกระทบต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในที่สุด ดังนั้นวิธีการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินสมอทอดควรใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการปลูกพืชหมุนเวียนตระกูลถั่วและไถกลบเศษซากพืชซึ่งจะช่วยเพิ่ม การกักเก็บคาร์บอนและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดีที่สุด

สำหรับผลของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน พบว่า การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสู่บรรยากาศมากกว่าการจัดการระบบปลูกพืช โดยพบว่าการใส่มูลไก่ หรือใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.16 และ 2.12 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.90 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่าง ข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว และข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเฉลี่ย 1.93-2.03 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปลดปล่อยจากผิวดินเฉลี่ย 1.69 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี การใส่มูลไก่ 1 ตันต่อไร่

2) การจัดการดินแบบไถพรวนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.1 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่วิธีการไม่ไถพรวนดินมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.0 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีพบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.00 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี และหากไม่ใส่ปุ๋ยเคมีพบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.2 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี ส่วนการใช้ฟางข้าวคลุมดินมีแนวโน้มทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงกว่าการไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน โดยวิธีการที่ใช้ฟางข้าวคลุมดินมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.3 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี แต่หากไม่มีการคลุมดินด้วยฟางข้าวพบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.9 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อปี อย่างไรก็ตาม การจัดการดินแบบไถพรวนดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีและใช้ฟางข้าวคลุมดิน พบว่ามีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน 159 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี สูงกว่าวิธีการที่ไม่ไถพรวนดิน ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ซึ่งทำให้ดินมีคาร์บอนลดลงมากถึง 9.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี การสะสมคาร์บอนในดินยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการทั้งในด้านของสภาพพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ และวิธีการจัดการ ดังนั้น เมื่อมีการนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้ไปใช้ประโยชน์ จำเป็นต้องปรับใช้ให้เหมาะสมกับ

สภาพในแต่ละพื้นที่ โดยควรปรับปริมาณการใส่ปุ๋ยให้เหมาะสมกับสภาพของดินและความต้องการของพืช เพิ่มการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อลดการใส่ปุ๋ยเคมี และปรับปรุงวิธีการใส่ปุ๋ยให้ถูกต้องตามชนิดและอัตรา ฤกษ์วิธี และฤกษ์เวลา

3) การจัดการน้ำโดยการให้น้ำเสริมตามความต้องการของพืชทำให้ดินมีอุณหภูมิลดต่ำลง ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ลดน้อยลงกว่าระบบที่อาศัยน้ำฝน

## เอกสารอ้างอิง

- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี เข้มพร เพชรภรณ์ สมฤทัย ตันเจริญ นงลักษณ์ ปั่นลาย ศิริขวัญ ภู่นา. 2552. ผลการ  
จัดการดินและปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตข้าวโพดในระยะยาว, น. 66-75, ใน ผลการปฏิบัติงานประจำปี  
งบประมาณ 2552 เล่มที่ 2 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร  
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจ  
การเกษตร. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. 215 หน้า
- สำนักหอสมุด และศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2553. ประมวล  
สารสนเทศพร้อมใช้วิกฤตการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change crisis). กรม  
วิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 17 หน้า
- Ciais, P., W. Cramer, P. Jarvis, H. Khesghi, C. Nobre, S. Semenov and W. Steffen. 2000. Global  
perspective, pp. 69-96. In IPCC Special on Report Land Use, Land Use Change, and  
Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press,  
Cambridge.
- 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.
- IPCC. 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working  
Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate  
Change (IPCC). Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. IPCC Secretariat, Geneva,  
Switzerland.
- Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. Geoderma 123: 1-22.
- 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.
- 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 Sci.  
Plant Nutr. 54: 277-288.
- Rasmussen, P.E. and W.J. Parton. 1994. Long-Term Effects of Residue Management in Wheat-  
Fallow: I. Inputs, Yield, and Soil Organic Matter. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 523-530.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice,  
B. Scholes, O. Sirotenko. 2007. Agriculture. In Climate Change 2007: Mitigation, in B.  
Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds), Contribution of Working  
Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate  
Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY,  
USA.

- Steduno, P., T. C. Hsiao, E. Fereres and D. Raes. 2012. Crop yield response to water. FAO Irrigation & Drainage Paper No. 66. Rome, Italy: FAO.
- The National Academies Reports. 2008. Understanding and Responding to Climate Change. Available Source: [www.national-academies.org](http://www.national-academies.org). May 11, 2011.
- The U.S. Environmental Protection Agency. 2010. Climate Change Indicators in the United States. Environmental Protection Agency, Washington, United States.
- Yonekura, Y.S.O, Y. Kiyono, D. Aksa, K. Morisada, N. Tanaka and M. Kanzaki. 2010. Changes in Soil Carbon Stock after Deforestation and Subsequent Establishment of “Imperata” Grassland in the Asian Humid Tropics. *Plant Soil*. 329: 495-507.

**กิจกรรมที่ 2**  
**การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย**  
**Building up of Carbon Bank under Sugarcane Production Areas**

**ชื่อผู้วิจัย**

ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ ชัยนัต ภัคดีไทย กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ปรีชา กาเพ็ชร ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

**คำสำคัญ**

การกักเก็บคาร์บอน อินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเรือนกระจก อ้อย  
 Carbon Sequestration, Organic carbon, Organic matter, Carbon dioxide,  
 Greenhouse gas, Sugarcane

**บทคัดย่อ**

ปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย จึงได้ทำการศึกษาวิธีการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำอย่างเหมาะสมต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในในระบบการผลิตอ้อยในอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ผลการทดลองพบว่า การให้น้ำที่ระดับความชื้น 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นดิน (AWC) ทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นจาก 0.26 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการให้น้ำที่ระดับความชื้น 25.0 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC อินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นเป็น 0.31 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สภาพที่อาศัยน้ำฝนหรือมีการให้น้ำในปริมาณมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนต่ำและพบว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยในดินร่วนปนทรายขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่าปัจจัยอื่น โดยการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเกิดขึ้นมากในช่วงระยะที่อ้อยมีอายุ 196-285 วันหลังปลูก หรือในระยะสร้างน้ำตาลซึ่งอ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด การให้น้ำในการผลิตอ้อยในดินร่วนปนทรายทำให้ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่ากรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝน และส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินลดลง การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อยทำให้ดินมีการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> น้อยกว่าในสภาพน้ำฝน แต่หากมีการใช้กากตะกอนหมักกรองอ้อย พบว่าในสภาพที่มีการให้น้ำ ส่งเสริมให้เกิดการสลายตัวของกากตะกอนหมักกรองและทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> มากกว่าในสภาพอาศัยน้ำฝน



## บทนำ

ภาวะโลกร้อนมีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรอันเนื่องมาจากกิจกรรมความต้องการของมนุษย์ซึ่งเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลก โดยปัจจุบันความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 380 ส่วนในล้านส่วน จากเดิมเมื่อ 150 ปีก่อนที่มีเพียง 280 ส่วนในล้านส่วน การกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ในพื้นที่เกษตร เป็นแนวทางหนึ่งที่หลายประเทศนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ซึ่งอาศัยการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของพืช ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปเก็บสะสมไว้ในส่วนของเนื้อเยื่อพืช (ลำต้น ใบ ผล และราก) และเมื่อเศษซากพืชเหล่านี้หลุดร่วงหรือตายลง สารอินทรีย์เหล่านั้นจึงถูกย่อยสลาย และส่วนที่ย่อยสลายยากจะเสียดักค้างอยู่ในดินในรูปของฮิวมัสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรีย์วัตถุ โดยเรียกกระบวนการดังกล่าวนี้ว่า “Soil carbon sequestration” (Lal, 2004; Lal et al., 2007; Yonekura et al., 2010) ปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่ปัจจัยหลักๆ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ และการทำการเกษตร ทำให้มีการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดิน และปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ ในทางกลับกันหากมีการจัดการดิน-ปุ๋ย-น้ำและพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพกับพื้นที่ปลูก พื้นที่ทำการเกษตรก็จะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญแหล่งหนึ่ง แต่ประเด็นปัญหาคือประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ดินไร้ต่างๆไปสามารถเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินน้อยกว่าเขตอบอุ่นเนื่องจากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นเร็ว ทำให้มี CO<sub>2</sub> ปลดปล่อยออกมา นอกจากนี้การกัดกร่อนผิวดินก็เป็นตัวเร่งให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนออกไปจากพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีวิธีการจัดการดิน-ปุ๋ย-น้ำและพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการสูญเสีย หรือสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ ทำให้เกิดการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้มากขึ้น เพื่อให้ดินเป็นเสมือนธนาคารในการกักเก็บคาร์บอน

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อยในปีการผลิต 2558 ประมาณ 9.591 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ซึ่งหากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บสะสมคาร์บอนในดินและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้จะเป็นการช่วยลดหรือชลอการเกิดภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่ง

## ระเบียบวิธีวิจัย

### 1. ศึกษาการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตอ้อย จ.ขอนแก่น

ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองอ้อยต่อในชุดดินวารินที่มีการดำเนินการด้านการจัดการน้ำและปุ๋ยอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 และมีการวางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยวิธีการดังนี้ 1) ปุ๋ยอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน 2) ปุ๋ยอ้อยโดยให้น้ำเสริมด้วยระบบน้ำหยด 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นของดินภายในระดับความลึก 1 เมตร (AWC) เมื่ออ้อยอายุ 30-240 วัน 3) ปุ๋ยอ้อยโดยให้น้ำเสริม 25.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC 4) ปุ๋ยอ้อยโดยให้น้ำเสริม 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC 5) ปุ๋ยอ้อยโดยให้น้ำเสริม 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC โดยทุกวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 24-9-18 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ขนาดแปลงย่อย 9x9 เมตร แปลงย่อยห่างกัน 1.5 เมตร เพื่อเป็นร่องระบายน้ำ ใต้ตออ้อยปีที่ 5 หลังจากเก็บเกี่ยว ตัดแต่งตอให้ชิดดินเมื่อมีฝนแบ่งใส่ปุ๋ยเคมีเป็นสามครั้งเท่าๆ กัน สำหรับอ้อยตอ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใส่ 1/3 ของอัตราที่กำหนดในแต่ละกรรมวิธี หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยตอ 4 ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย 1/3 ของอัตราที่กำหนดเมื่ออ้อยมีอายุ 2-3 เดือน และ ครั้งที่ 3 ใส่ 1/3 ของอัตราที่กำหนดเมื่ออ้อยมีอายุ 4-5 เดือนหลังปลูก โดยใส่เป็นแถวข้างร่องปลูกห่างจากแถวอ้อยประมาณ 10-15 เซนติเมตร เก็บเกี่ยวและสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยเมื่ออายุประมาณ 12 เดือน (วันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2558)

วิธีปฏิบัติการทดลองรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ สมบัติของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความลึกของชั้นดิน ความหนาแน่นรวม ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณอินทรีย์วัตถุ วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-100 เซนติเมตร ก่อนปลูกอ้อยแต่ละปี รวมถึงวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

การบันทึกข้อมูล วัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินภายใต้การจัดการดินต่างกันในระยะเวลาต่างๆ ภายใน 1 รอบวัน ทุกๆ 4 สัปดาห์ และทุกครั้งที่มีการกิจกรรมเกิดขึ้นในแปลงทดลอง เช่น ไถพรวน ใส่ปุ๋ย เป็นต้น พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิดินและอากาศ และเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ความชื้นในแต่ละครั้งที่ทำการตัดจับก๊าซ ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกต่างๆ ข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำที่ระยะ 6 เดือน และก่อนเก็บเกี่ยว ข้อมูลน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นใบสด ใบแห้งของตัวอย่างสุ่ม ข้อมูลน้ำหนักสดของต้นและใบ ในพื้นที่เก็บเกี่ยว ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย

### 2. ศึกษาวิธีการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำอย่างเหมาะสมต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตอ้อย

ดำเนินการในแปลงทดลองภายในศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พิกัดแปลง UTM 48Q 267338<sup>E</sup> 1823867<sup>N</sup> 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่แนะนำ 18-3-12 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ และกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 5) ใส่ปุ๋ยเคมี 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ + กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ สมบัติของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความลึกของชั้นดิน ความหนาแน่นรวม ความสามารถ

ในการอุ้มน้ำของดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณอินทรีย์วัตถุ วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-100 เซนติเมตร ก่อนปลูกอ้อยแต่ละปี รวมถึงวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ดำเนินการในแปลงทดลอง ขนาดของแปลงย่อย 9x9 เมตร โดยเว้นแต่ละแปลงย่อยห่างกัน 1.5 เมตรเพื่อเป็นร่องระบายน้ำปลูกอ้อย และไว้ต่ออ้อยแบบระบบปลูกพืชเดี่ยว (sole crop) ใช้ระยะแถวปลูก 1 เมตร วางลำเหลื่อมสลับโคนและปลาย โดยปลูกและเก็บเกี่ยวตามฤดูกาลของเกษตรกรปฏิบัติ แบ่งใส่ปุ๋ยเคมีเป็นสองครั้งเท่าๆกัน ครั้งที่ 1 โรยในร่องก่อนปลูกด้วยปุ๋ยครั้งที่อัตราที่กำหนด และที่เหลืออีกครึ่งอัตราใส่เป็นแถวข้างร่องปลูกห่างจากแถวอ้อยประมาณ 10-15 เซนติเมตร เมื่ออ้อยมีอายุ 4-5 เดือนหลังปลูก วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-100 เซนติเมตร ก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยว วิเคราะห์ความชื้น อินทรีย์คาร์บอน และธาตุอาหารในกากตะกอนหม้อกรองอ้อย เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-100 เซนติเมตร หากความชื้นทุก 7 วัน และคำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องให้ โดยใช้สมการ

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

$$ET_c = \text{ปริมาณความต้องการน้ำของอ้อย (มิลลิเมตรต่อวัน)}$$

$$K_c = \text{สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย}$$

$$ET_o = \text{ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน) คำนวณโดยใช้สมการของ Blaney-Criddle}$$

Criddle

วัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินภายใต้การจัดการดินต่างกันในระยะเวลาดังกล่าว ภายใน 1 รอบวัน ทุกๆ 4 สัปดาห์ และทุกครั้งที่มีการเกิดขึ้นในแปลงทดลอง เช่น ไถพรวน ใส่ปุ๋ย เป็นต้น

## ผลการทดลอง

### 1. ศึกษาการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตอ้อย จังหวัดขอนแก่น

#### 1.1) ผลของการจัดการน้ำต่อสมบัติของดินในดินในพื้นที่ปลูกอ้อย

วิเคราะห์ดินก่อนดำเนินการทดลองในปี 2552 ดินชั้นไทรพรวน (0-20 เซนติเมตร) ที่ทำการทดลองมีเนื้อดินทรายปนร่วน (loamy sand) มีปริมาณดินเหนียวต่ำ (5.1 เปอร์เซ็นต์) เป็นกรดจัด (pH 5.0) มีอินทรีย์วัตถุต่ำมาก (0.45 เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างต่ำ (41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีค่าความหนาแน่นดิน 1.62 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้นสนาม 15.8 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) และหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 5 คุณสมบัติทางเคมีดินชั้นไทรพรวน (0-20 เซนติเมตร) (ตารางที่ 3) อินทรีย์วัตถุของดินยังไม่มีเปลี่ยนแปลงมาก แต่การให้น้ำมีแนวโน้มทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะให้น้ำเสริมที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ที่มี pH 5.82 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการให้น้ำเสริมที่ระดับ 12.5 25.0 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นทุกวิธีการให้น้ำ (ตารางที่ 1)

ผลวิเคราะห์ดินก่อนดำเนินการทดลองในปี 2552 ดินที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร ที่ทำการทดลอง พบว่า เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน (loamy sand) เป็นกรดจัด (pH 5.0) มีอินทรีย์วัตถุต่ำมาก (0.46 เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างต่ำ (40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีค่าความหนาแน่นดิน 1.71 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้นสนาม 19.5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) และหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 5 คุณสมบัติทางเคมีดินที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร พบว่า อินทรีย์วัตถุของดินลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการให้น้ำ และทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะให้น้ำเสริมที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ที่มี pH 5.80 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มลดลงโดยเฉพาะเมื่อมีการให้น้ำเสริมที่ระดับ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นทุกวิธีการให้น้ำ (ตารางที่ 3)

#### 1.2) ผลของการจัดการน้ำต่อผลผลิตอ้อย

การให้น้ำในแปลงอ้อยที่ปลูกต่อเนื่องเป็นปีที่ 6 (อ้อยต่อปีที่ 5) ซึ่งเก็บเกี่ยวในวันที่ 21 ธันวาคม 2558 พบว่า การให้น้ำเมื่อปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 12.5 25.0 37.5 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน (Available water capacity, AWC) ให้ความยาวลำอ้อย 201 194 205 และ 207 เซนติเมตร ยาวกว่าอ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนอย่างเห็นได้ชัด (103 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4) เนื่องจาก ปริมาณน้ำฝนของปี 2557 และ 2558 แสดงไว้ในภาพที่ 1 แสดงให้เห็นช่วงขาดฝนในช่วงปลายปี 2557 และต้นปี 2558 ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 10 มิลลิเมตร มีถึงประมาณ 200 วัน ส่งผลให้อ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าอ้อยที่ปลูกโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับต่างๆ แต่พบว่าอ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำไม่แตกต่างกับวิธีการให้น้ำวิธีอื่น (19.67 29.00 26.77 28.10 และ 27.70 มิลลิเมตร ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาจำนวนลำเก็บเกี่ยวและน้ำหนักผลผลิตจะเห็นได้ว่าการให้น้ำเสริมแบบน้ำหยดที่ 12.5 25.0 37.5 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ให้จำนวนลำเก็บเกี่ยว (9,264 9,165 9,363 และ 9,461 ลำต่อไร่ ตามลำดับ) และน้ำหนักผลผลิต (9.33, 8.16, 9.09 และ 9.87 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) มากกว่าอ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวซึ่งให้จำนวนลำเก็บเกี่ยว 2,943 ลำต่อไร่ และน้ำหนักผลผลิตเพียง 3.01 ตันต่อไร่ (ตารางที่ 4)

### 1.3) ผลของการจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกอ้อยต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงปลายเดือนธันวาคม (หลังเก็บเกี่ยว) ถึงเดือนปลายเดือนมกราคม พบว่า ในทุกกรรมวิธีการให้น้ำมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ไม่แตกต่างกัน ส่วนการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงปลายเดือนมีนาคมซึ่งเป็นช่วงที่ฝนตก พบว่า การให้น้ำเสริมแบบหยด 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด รองลงมาคือ การให้น้ำเสริมแบบหยด 37.5 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ตามลำดับ ส่วนการให้น้ำแบบอาศัยน้ำฝนปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำสุด การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ปลายเดือนมิถุนายน ถึงปลายเดือนกันยายน วิธีการให้น้ำโดยอาศัยน้ำฝนมีการปลดปล่อยสูงสุด รองลงมาคือ การให้น้ำเสริมแบบหยด 25.0 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ตามลำดับ และในช่วงฤดูแล้ง (เดือนตุลาคม) จนถึงก่อนการเก็บเกี่ยว (เดือนธันวาคม) วิธีการให้น้ำโดยอาศัยน้ำฝนมีการปลดปล่อยสูงสุด รองลงมาคือ การให้น้ำเสริมแบบหยด 50.0 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

อุณหภูมิในอากาศในแต่ละวิธีการให้น้ำแตกต่างกันน้อยมาก (ภาพที่ 3) แสดงให้เห็นว่า การให้น้ำด้วยวิธีการต่างกันไม่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ เช่นเดียวอุณหภูมิในดินที่แตกต่างกันน้อยมากในแต่ละวิธีการวิธีการให้น้ำ ยกเว้นในช่วงต้นเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนกรกฎาคมที่ซึ่งอุณหภูมิดินในวิธีการอาศัยน้ำฝนสูงกว่าการให้น้ำเสริมแบบน้ำหยดที่ 12.5 25.0 37.5 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC แสดงให้เห็นว่า การให้น้ำเสริมแบบน้ำหยดช่วยลดอุณหภูมิดิน (ภาพที่ 4)

การให้น้ำแต่ละวิธีไม่ทำให้ความชื้นดินแตกต่างกันอย่างเด่นชัด ยกเว้นในช่วงเมื่อเริ่มมีฝน (กลางเดือนกุมภาพันธ์) การให้น้ำเสริมแบบหยด 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ให้ความชื้นดินสูงสุด และต่ำสุดคือวิธีให้น้ำแบบอาศัยน้ำฝนในช่วงเดือนกันยายนซึ่งฝนชุก พบว่า การให้น้ำเสริมแบบหยด 50 เปอร์เซ็นต์ของ AWC มีความชื้นในดินสูงสุด และเรียงลำดับตามปริมาณน้ำที่ให้ (37.5 25.0 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC) และต่ำสุดคือวิธีให้น้ำแบบอาศัยน้ำฝน และในช่วงปลายเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงแล้ง พบว่า วิธีให้น้ำแบบอาศัยน้ำฝนมีความชื้นในดินต่ำกว่าวิธีการให้น้ำเสริมแบบหยดและแปลงว่าง แสดงให้เห็นว่า การให้น้ำเพิ่มช่วงแล้ง มีผลมาถึงความสามารถเก็บน้ำในดินได้แตกต่างกันด้วย (ภาพที่ 5)

คำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสม ตามสมการ

$$Cumulative CO_2 (t) = \sum_i^a \frac{X_i + X_{i+1}}{2} \cdot (t_{i+1} - t_i)$$

เมื่อ  $X_i$  เป็นค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อวัดครั้งที่ 1 ที่  $t_i$  วัน และครั้งที่ 2 ที่  $t_{i+1}$ -วัน และ  $n$  คือวันที่วัดครั้งสุดท้าย

การสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนสะสมจากการปลดปล่อยบริเวณหน้าดินในการปลูกอ้อย 361 วัน (ภาพที่ 6) พบว่าการปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนจากการปลดปล่อยบริเวณหน้าดิน 118 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกับการปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 12.5 25.0 37.5 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ซึ่งสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนจากการปลดปล่อยบริเวณหน้าดิน 100 102 105 และ 106 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เมื่อเก็บตัวอย่างส่วนต่างของอ้อยที่ปลูกต่อเนื่องเป็นปีที่ 6 (อ้อยต่อปีที่ 5) ในช่วงเก็บเกี่ยว พบว่า การให้น้ำที่ต่างกันไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในลำต้น ใบสด และใบแห้งแตกต่างกันดังตารางที่ 5 โดยอ้อยที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวมีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำต้น, ใบสด และใบแห้ง 33.7 15.0

และ 28.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่อ้อยที่ปลูกโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 12.5, 25.0, 37.5 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC มีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำต้น ใบสด และใบแห้ง 44.8 - 48.5 33.1 - 48.8 และ 42.7 - 47.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อเทียบกับการเก็บกักคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพรวม (ใบสด, ใบแห้ง และลำต้น) ของอ้อย แสดงในตารางที่ 5 พบว่า การปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC มีคาร์บอนเก็บกักรวม 14.76 ตันต่อไร่ ส่วนการปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริมแบบหยดที่ระดับ 12.5, 25.0 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ของ AWC มีคาร์บอนเก็บกักรวม 8.93 11.72 และ 10.88 ตันต่อไร่ ในขณะที่การปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวมีคาร์บอนเก็บกักรวม 6.75 ตันต่อไร่ และพบว่า ส่วนลำต้นหรือผลผลิตซึ่งเป็นส่วนที่ต้องนำออกจากแปลงสามารถเก็บกักอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าส่วนของใบสด และใบแห้ง

**ตารางที่ 1** สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-100 เซนติเมตร ก่อนการทดลองปลูกอ้อย พันธุ์ของแก่น 3 ที่ปลูกในชุดดินวาริน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

Parameter	ระดับความลึก (เซนติเมตร)		
	0-20	20-50	50-100
pH (1:1=Soil:Water)	5.0	5.0	4.7
Organic carbon (%)	0.26	0.27	0.18
Organic matter (%)	0.45	0.46	0.32
Available P (mg kg <sup>-1</sup> )	46	51	17
Exchangeable K (mg kg <sup>-1</sup> )	41	40	29
Exchangeable Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	127	120	18
Exchangeable Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	23	19	-
Cation exchangeable capacity (CEC; cmole kg <sup>-1</sup> )	3.5	2.2	-
Maximum water holding capacity (% by volume)	35.6	36.7	35.1
Moisture at field capacity (% by volume)	15.8	19.5	29.6
Moisture at permanent wilting point (% by volume)	4.2	7.0	15.7
Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	1.62	1.71	1.49
Water permeability (K-sat.; cm hr <sup>-1</sup> )	5.70	0.25	1.00
Textural class	Loamy sand	Loamy sand	Sandy loam
Clay (% by weight)	5.1	7.7	16.8

**ตารางที่ 2** สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร หลังเก็บเกี่ยวอ้อยตอปีที่ 5 (พันธุ์ของแก่น 3) ที่มีการให้น้ำต่างกัน ที่ปลูกในชุดดินวาริน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

กรรมวิธี	สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร							
	pH (1:1)	EC (1:5) dS/m	OC (%)	OM (%)	avail.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	Exch.Ca (mg/kg)	Exch.Mg (mg/kg)
Rainfed	5.01 b	0.0166	0.28	0.48	42.38	77.25	85.60 b	11.44
12.5%AWC	5.27 ab	0.0153	0.33	0.57	33.33	110.92	142.02 ab	20.98
25%AWC	5.42 ab	0.0145	0.31	0.54	38.31	105.67	119.67 ab	16.38
37.5%AWC	5.36 ab	0.0169	0.31	0.54	36.89	92.72	126.30 ab	16.08
50%AWC	5.82 a	0.0153	0.27	0.47	48.39	60.92	182.60 a	25.12
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV. (%)	6.04	21.76	76.99	76.99	27.08	32.64	34.59	42.12

ตัวเลขที่อยู่ในช่วงสมมติเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 3** สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร หลังเก็บเกี่ยวอ้อยต่อปีที่ 5 (พันธุ์ของแก่น 3) ที่มีการให้น้ำต่างกัน ที่ปลูกในชุดดินวาริน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

กรรมวิธี	สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร							
	pH (1:1)	EC (1:5) dS/m	OC (%)	OM (%)	avail.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	Exch.Ca (mg/kg)	Exch.Mg (mg/kg)
Rainfed	5.01 d	0.013 a	0.24 a	0.41 a	44.57	67.75	86.75 b	7.75 b
12.5%AWC	5.36 c	0.011 b	0.21 ab	0.36 ab	49.37	52.82	115.90 ab	12.81 a
25%AWC	5.56 b	0.010 b	0.21 ab	0.36 ab	42.38	52.58	112.90 ab	11.74 ab
37.5%AWC	5.66 ab	0.011 ab	0.20 b	0.35 b	34.51	83.92	121.93 ab	12.40 ab
50%AWC	5.80 a	0.010 b	0.20 b	0.34 b	45.27	57.58	140.67 a	15.19 a
F-test	*	*	*	*	ns	ns	*	*
CV. (%)	1.78	10.07	8.47	8.47	34.18	41.57	19.87	20.81

ตัวเลขที่อยู่ในช่วงสมมติเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 4** การให้น้ำที่มีผลต่อความยาวลำ เส้นผ่าศูนย์กลางลำ จำนวนลำเก็บเกี่ยว และน้ำหนักผลผลิตของอ้อยต่อปีที่ 5 (พันธุ์ของแก่น 3) ปลูกในชุดดินวาริน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

กรรมวิธีให้น้ำ	ความยาวลำ (เซนติเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (มิลลิเมตร)	จำนวนลำเก็บเกี่ยว	น้ำหนักผลผลิต (ตัน/ไร่)
Rainfed	103 b	19.67	2,943 b	3.01 b
12.5%AWC	201 a	29.00	9,264 a	9.33 a
25%AWC	194 a	26.77	9,165 a	8.16 a
37.5%AWC	205 a	28.10	9,363 a	9.09 a
50%AWC	207 a	27.70	9,461 a	9.87 a
F-test	*	ns	*	*
CV. (%)	19.76	30.71	18.80	24.39

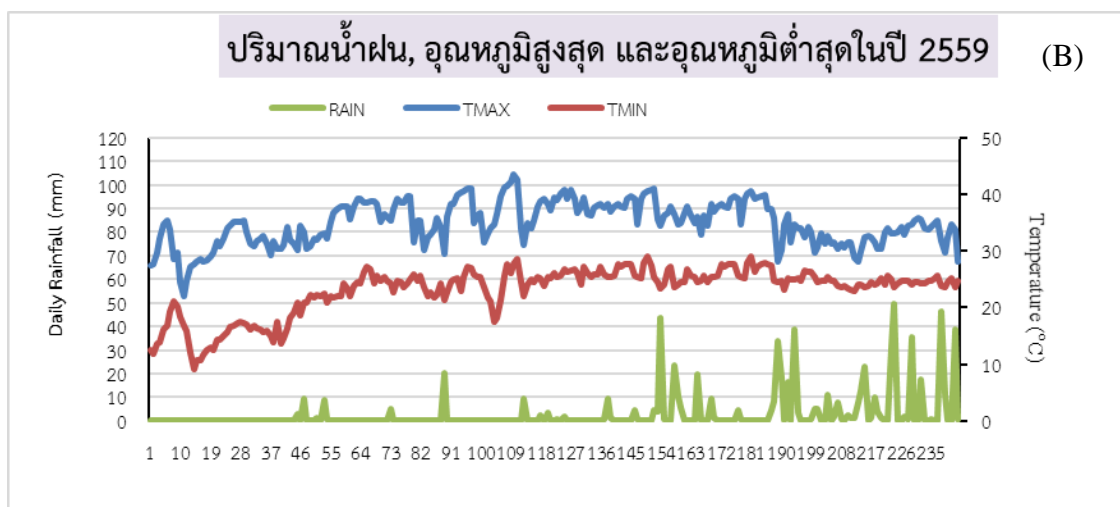
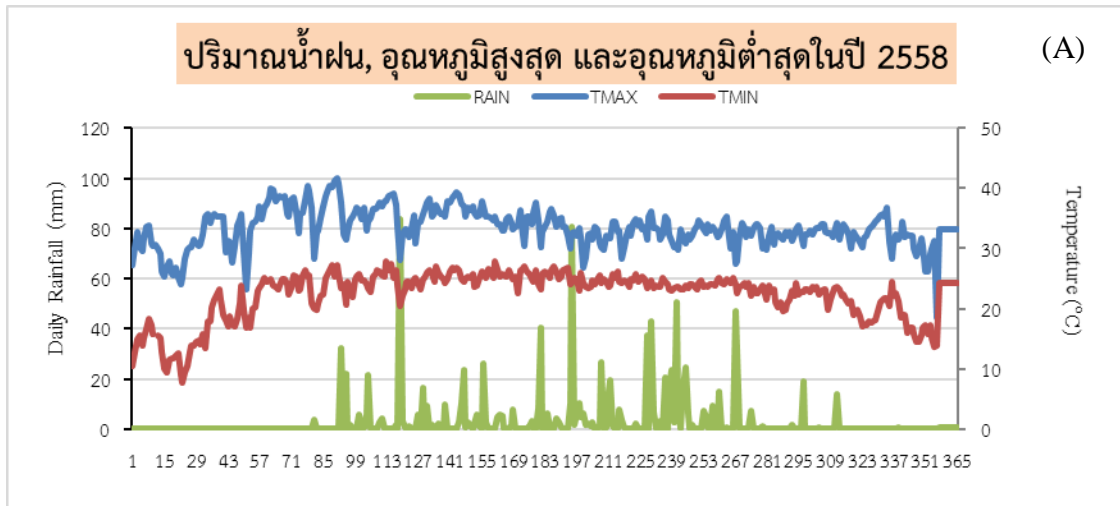
ตัวเลขที่อยู่ในช่วงสมมติเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 5** การให้น้ำที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของส่วนต่างๆ ของอ้อยต่อปีที่ 5 (พันธุ์ของแก่น 3) ปลูกในชุดดินวาริน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

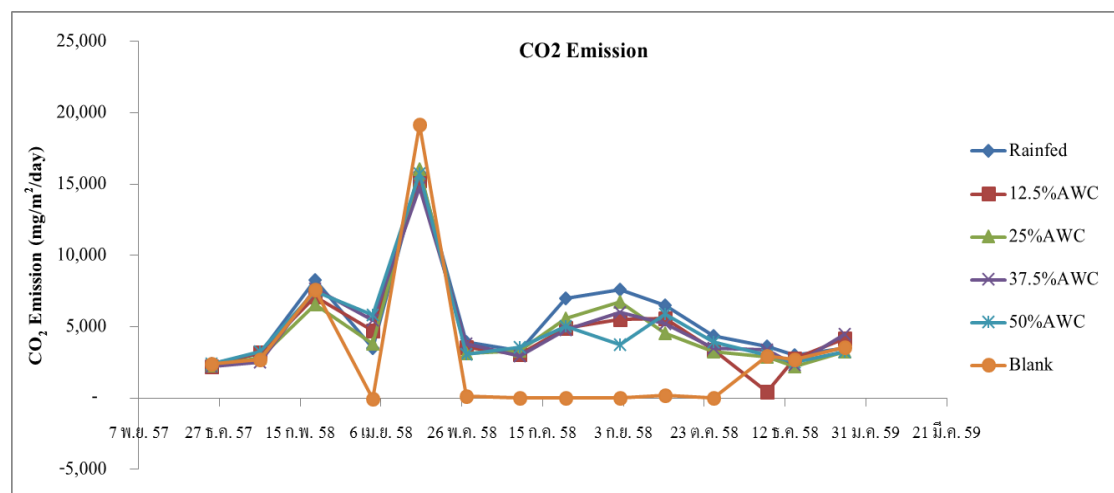
กรรมวิธีให้น้ำ	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน				ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน		
	ลำต้น (%)	ใบสด (%)	ใบแห้ง (%)	ใบสด (ตัน/ไร่)	ใบแห้ง (ตัน/ไร่)	ลำต้น (ตัน/ไร่)	รวม (ตัน/ไร่)
Rainfed	33.69	15.00	28.68	0.38 b	0.57	5.80 b	6.75
12.5%AWC	44.78	33.05	42.73	0.64 ab	0.99	7.30 ab	8.93
25%AWC	48.16	46.69	43.68	1.15 a	0.77	9.80 ab	11.72
37.5%AWC	45.84	46.49	47.60	1.15 a	1.03	12.58 a	14.76
50%AWC	48.48	48.82	45.69	0.90 ab	0.89	9.09 ab	10.88
F-test	ns	ns	ns	*	ns	*	
CV. (%)	33.90	44.20	25.81	44.72	40.41	32.88	

ตัวเลขที่อยู่ในช่วงสมมติเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

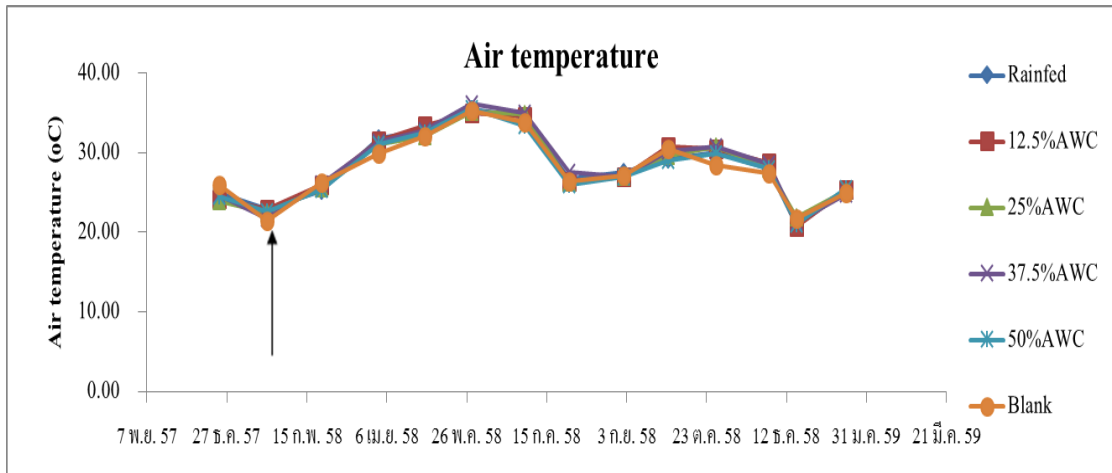




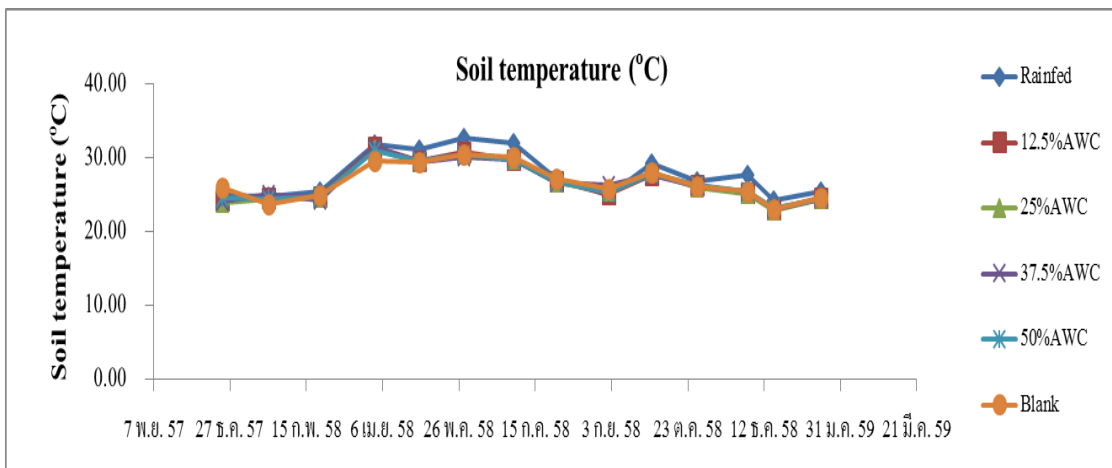
ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝน, อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดในปี 2558 (A) และ 2559 (B)  
ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น



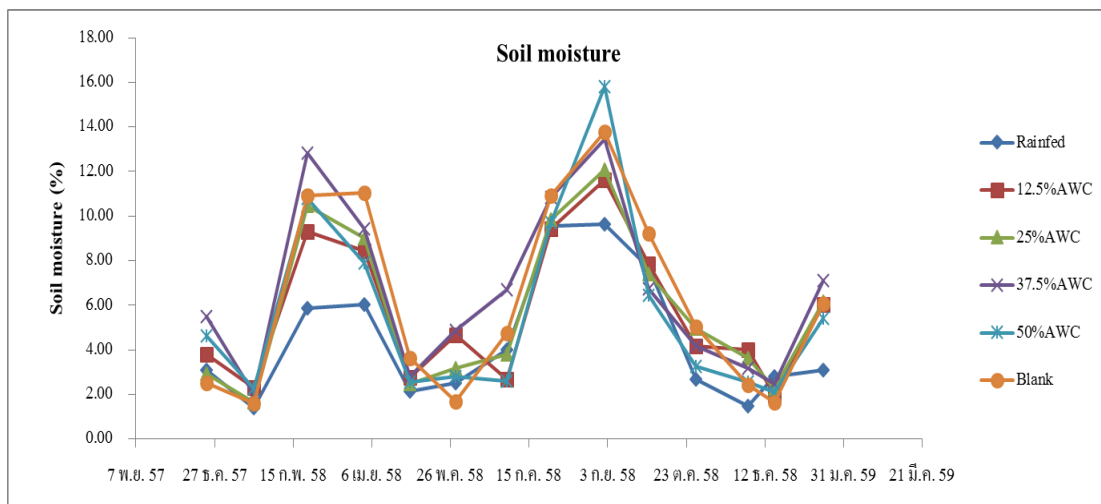
ภาพที่ 2 ผลของการให้น้ำต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยต่อปีที่ 5 (พันธุ์ของแก่น 3) ในชุดดินวาริน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ในปี 2558



ภาพที่ 3 อุณหภูมิอากาศในพื้นที่ปลูกอ้อยต่อปีที่ 5 (พันธุ์ของแค้น 3) ในชุดดินวาริน  
ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี 2558



ภาพที่ 4 ผลของการให้น้ำต่ออุณหภูมิดินในพื้นที่ปลูกอ้อยต่อปีที่ 5 (พันธุ์ของแค้น 3) ในชุดดินวาริน  
ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ในปี 2558



ภาพที่ 5 ผลของการให้น้ำต่อความชื้นดินในพื้นที่ปลูกอ้อยต่อปีที่ 5 (พันธุ์ของแค้น 3) ในชุดดินวาริน  
ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ในปี 2558

## 2. ศึกษาวิธีการจัดการปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำอย่างเหมาะสมต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตอ้อย

### 2.1) ผลวิเคราะห์ดินและวัสดุอินทรีย์ก่อนปลูก

ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.62 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 0.36 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.55 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 0.32 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 6) ส่วนภาคตะกอนหม้อกรองอ้อย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.91 มีอินทรีย์คาร์บอน 11.9 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อใส่ภาคตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตันต่อไร่ จะมีคาร์บอนใส่ลงไปในดิน 119 กิโลกรัม C ต่อไร่

### 2.2) การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อยปลูก

#### อ้อยปลูก

การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนลำต่อกอของอ้อยปลูก แต่มีผลต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีอาศัยน้ำฝนอ้อยมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่ากรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย โดยมีขนาด 32-34 มิลลิเมตร และกรรมวิธีอาศัยน้ำฝนร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (18-3-12 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) ให้ขนาดของลำมากที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย พบว่าอ้อยมีความสูงมากกว่ากรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝนแต่ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ วิธีการใช้ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินที่แตกต่างกันทำให้อ้อยมีความสูงแตกต่างกันในทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่วิธีการใช้ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดิน อ้อยมีความสูงไม่แตกต่างกันในทางสถิติแต่มีความแตกต่างกันในกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 7)

ผลของการจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตอ้อยปลูก พบว่าในกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีอาศัยน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิต 19.16 ตันต่อไร่ และ 12.87 ตันต่อไร่ ตามลำดับ วิธีการใช้ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินที่แตกต่างกันทำให้อ้อยให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (18-3-12 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) ให้ผลผลิตสูงสุด 18.19 ตันต่อไร่ และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ย โดยการจัดการน้ำร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อ้อยให้ผลผลิตสูงสุด 24.28 ตันต่อไร่ (ตารางที่ 8) แต่การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่ทำให้ค่า CCS ของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

#### อ้อยต่อ

การจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนลำต่อกอและความสูงของอ้อยต่อ แต่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำอย่างมีนัยสำคัญ โดยการปลูกอ้อยในกรรมวิธีปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (18-3-12 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) ให้ขนาดของลำเล็กที่สุดคือ 29 มิลลิเมตร ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ ให้ขนาดลำไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ผลของการจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตอ้อยต่อ 1 พบว่าในกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิต 12.17 ตันต่อไร่ และ 7.93 ตันต่อไร่ ตามลำดับ กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อการให้ผลผลิตของอ้อยต่ออย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (18-3-12 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) ให้ผลผลิตสูงสุด 12.53 ตันต่อไร่ (ตารางที่ 10) ในขณะที่การจัดการน้ำไม่มีผลต่อค่า CCS ของอ้อยต่อ 1 แต่การ

จัดการปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อค่า CCS ของอ้อยต่อ 1 อย่างมีนัยสำคัญ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (18-3-12 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) ให้ค่าเฉลี่ย CCS สูงสุด 14.95 (ตารางที่ 10)

### 2.3) การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูก

#### อ้อยปลูก

การติดตามการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในสภาพอาศัยน้ำฝนและมีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย พบว่า ในทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินมีการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ในปริมาณสูงเมื่ออ้อยมีอายุ 231 วันหลังปลูก เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ผิวดินตื้นและเป็นระยะที่อ้อยมีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้น (ระยะสร้างน้ำตาล (196-285 วัน) โดยในสภาพการปลูกอาศัยน้ำฝนพบปริมาณ CO<sub>2</sub> สูงในกรรมวิธีที่ใช้อัตราปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (18-3-12 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่) และกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย พบปริมาณ CO<sub>2</sub> สูงในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย 27-4.5-18 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อยเป็นวัสดุปรับปรุงดิน และปริมาณ CO<sub>2</sub> ที่ปลดปล่อยจากทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินเริ่มลดลงหลังจากอ้อยอายุ 231 วันหลังปลูก เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินแบบเดียวกันแต่จัดการน้ำในทุกกรรมวิธี ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกรรมวิธีที่ปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า กรรมวิธีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย ยกเว้นการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อยที่พบว่าในกรรมวิธีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่ากรรมวิธีที่ปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝน (ตารางที่ 11)

#### อ้อยต่อ 1

การติดตามการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในสภาพอาศัยน้ำฝนและมีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย พบว่ามีการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ในปริมาณสูงในทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินเมื่ออ้อยมีอายุ 245 วันหลังการตัดอ้อย เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ผิวดินตื้นและเป็นระยะที่อ้อยมีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้น (ระยะสร้างน้ำตาล (196-285วัน) โดยในสภาพการปลูกอาศัยน้ำฝนพบปริมาณ CO<sub>2</sub> สูงในกรรมวิธีที่ไม่มี การใส่ปุ๋ย และกรรมวิธีที่มีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย พบปริมาณ CO<sub>2</sub> สูงในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรองอ้อยเป็นวัสดุปรับปรุงดิน และปริมาณ CO<sub>2</sub> ที่ปลดปล่อยจากทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินเริ่มลดลงหลังจากอ้อยอายุ 245 วันหลังปลูก เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินแบบเดียวกันแต่จัดการน้ำในทุก ๆ กรรมวิธี ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกรรมวิธีที่ปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า กรรมวิธีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย (ตารางที่ 12)

### 2.4) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละช่วงอายุของอ้อย

เมื่อนำปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากพื้นที่ปลูกอ้อยในแต่ละช่วงอายุมาหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเจริญเติบโตของอ้อยและปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ในช่วงเวลาที่เป็นอ้อยปลูก เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินในสภาพอาศัยน้ำฝนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินเฉลี่ย 3,437 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อไร่ต่อปี ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่เมื่อมีการจัดการน้ำตามความต้องการของอ้อยร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงเหลือ 2,888 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อไร่ปี (ตารางที่ 13) ในขณะที่ในช่วงระยะเวลาที่เป็นอ้อยต่อ 1 พบว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3,147 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อไร่ต่อปี มากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และเมื่อมีการจัดการน้ำตาม

ความต้องการของอ้อยร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง โดยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ย 2,578 กิโลกรัม CO<sub>2</sub> ต่อไร่ปี (ตารางที่ 14) โดยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นมากในระยะเวลาที่อ้อยมีอายุ 210-270 วันหลังปลูกซึ่งอ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตสูง (ภาพที่ 7, 8, 11 และ 12)

## 2.5) สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย

จากตารางที่ 15 จะเห็นได้ว่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่อ้อยดูดใช้จากบรรยากาศมาใช้ในการสังเคราะห์แสง และเจริญเติบโตได้ถูกสะสมในส่วนของลำมากที่สุด ดังนั้นเมื่อนำผลผลิตลำออกจากแปลงจึงทำให้คาร์บอนสูญหายไปปริมาณมาก เฉลี่ย 3,371 – 5,731 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่คาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่ที่มีปริมาณน้อย เฉลี่ย 444 – 898 กิโลกรัม C ต่อไร่

**ตารางที่ 6** ค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

ระดับ ความลึก (ซ.ม.)	pH	Organic matter (%)	Organic Carbon (%)	Available P (มก.P/ดิน 1 กก.)	Exchangeable K (มก.K/ดิน 1 กก.)
0-20	5.9	0.62	0.36	47	53
20-50	5.9	0.55	0.32	44	41

<sup>1</sup> Peech (1965) <sup>2</sup> Walkley and Black (1934) <sup>3</sup> Bray and Kurtz (1945) <sup>4</sup> Schollenberger and Simon (1945)

**ตารางที่ 7** เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ความสูงและจำนวนลำของของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีการจัดการน้ำ และปุ๋ยแตกต่างกัน

กรรมวิธี	เส้นผ่านศูนย์กลางลำ(มม.)			ความสูง (ซม.)			จำนวนลำ/กอ		
	RF <sup>1/</sup>	IR <sup>2/</sup>	เฉลี่ย	RF	IR	เฉลี่ย	RF	IR	เฉลี่ย
0-0-0	33 ab	32 a-d	32	252	312	282 b	5	6	6
Filter cake	32 a-d	30 d	31	323	324	324 a	7	6	6
18-3-12	34 a	30 cd	32	217	386	301 ab	4	8	6
18-3-12+Filter Cake	32 abc	31 bcd	32	316	283	299 ab	6	5	5
27-4.5-18+Filter Cake	34 ab	31 bcd	32	290	328	309 ab	6	6	6
เฉลี่ย	33	31		280	327		6	5	
F-Test	(a) = * (b) = ns (a) x (b) = *			(a) = ns (b) = * (a) x (b) = ns			(a) = ns (b) = ns (a) x (b) = ns		
CV (%)	(a)	3.72		(a)	34.74		(a)	15.11	
	(b)	4.29		(b)	11.02		(b)	17.81	

ตัวเลขที่อยู่ในช่วงสมมติเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<sup>1/</sup>สภาพอาศัยน้ำฝน <sup>2/</sup>จัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย

**ตารางที่ 8** ผลผลิตและค่า CCS ของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน

กรรมวิธี	ผลผลิต(ตันต่อไร่)			CCS		
	RF <sup>1/</sup>	IR <sup>2/</sup>	เฉลี่ย	RF	IR	เฉลี่ย
0-0-0	10.40 e	13.55 cde	11.98	13.90	13.88	13.89
Filter cake	12.97 cde	17.46 bc	15.28	11.47	15.07	13.27
18-3-12	11.95 de	24.28 a	18.19	11.91	15.01	13.46
18-3-18 + Filter Cake	15.80 bcd	20.20 b	18.00	12.14	15.05	13.59
27-4.5-18+ Filter Cake	13.24 cde	20.33 ab	16.78	12.64	15.67	14.15
เฉลี่ย	12.87	19.16		12.41	14.93	
F-Test	(a)=*, (b)=* (a) x (b) = *			(a)=ns, (b)=ns (a) x (b) = ns		
CV (%)	(a)	15.92		(a)	9.64	
	(b)	14.52		(b)	6.77	

ตัวเลขที่อยู่ในช่วงสมมติเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<sup>1/</sup>สภาพอาศัยน้ำฝน <sup>2/</sup>จัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย

**ตารางที่ 9** เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ความสูงและจำนวนลำของอ้อยต่อ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน

กรรมวิธี	เส้นผ่านศูนย์กลางลำ(มม.)			ความสูง(ซ.ม.)			จำนวนลำ		
	RF <sup>1/</sup>	IR <sup>2/</sup>	เฉลี่ย	RF	IR	เฉลี่ย	RF	IR	เฉลี่ย
0-0-0	30 ab	31 a	30	199	239	219	6	6	6
Filter cake	31 a	30 ab	30	215	238	227	7	6	6
18-3-12	29 b	31 a	30	167	285	226	6	7	6
18-3-18+Filter Cake	31 a	31 a	31	227	212	219	7	6	7
27-4.5-18+Filter Cake	30 ab	30 ab	30	199	259	229	7	6	6
เฉลี่ย	30	31		201	247		6	6	
F-Test	(a) = ns (b) = ns (a) x (b) = *			(a) = ns (b) = ns (a) x (b) = ns			(a) = ns (b) = ns (a) x (b) = ns		
CV (%)	(a)	2.02			33.58			10.92	
	(b)	3.59			9.73			18.34	

ตัวเลขที่อยู่ในช่วงสมมุติเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<sup>1/</sup>สภาพอาศัยน้ำฝน <sup>2/</sup>จัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย

**ตารางที่ 10** ผลผลิตและค่า CCS ของอ้อยต่อ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน

กรรมวิธี	ผลผลิต(ตันต่อไร่)			CCS		
	RF <sup>1/</sup>	IR <sup>2/</sup>	เฉลี่ย	RF	IR	เฉลี่ย
0-0-0	5.03	8.40	6.71 b	14.36	15.4	14.88 ab
Filter cake	7.75	12.24	10.00 a	12.90	15.4	14.15 ab
18-3-12	10.00	15.07	12.53 a	14.40	15.5	14.95 a
18-3-18 + Filter Cake	9.17	11.37	10.28 a	13.26	14.6	13.93 b
27-4.5-18+ Filter Cake	7.72	13.77	10.75 a	13.26	16.2	14.73 ab
เฉลี่ย	7.93	12.17		13.64	15.42	
F-Test	(a)=ns, (b)=* (a) x (b) = ns			(a)=ns, (b)=* (a) x (b) = ns		
CV (%)	(a)	50.20		(a)	14.19	
	(b)	24.28		(b)	5.54	

ตัวเลขที่อยู่ในช่วงสมมุติเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<sup>1/</sup>สภาพอาศัยน้ำฝน <sup>2/</sup>จัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย

ตารางที่ 11 การปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (อ้อยปลูก) ที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน

การปลดปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub> (มก. CO <sub>2</sub> /ตร.ม./วัน)							
Water management	Age (DAP)	0-0-0	Filter cake	18-3-12	18-3-12 + Filter Cake	27-4.5-18 + Filter Cake	Bare soil
Rainfed	43	3,926	4,055	3,926	3,783	3,965	4,017
	78	3,537	3,563	3,796	3,537	3,576	3,084
	100	3,550	3,913	3,965	4,068	3,718	3,550
	128	6,711	7,554	7,170	7,268	6,815	5,869
	169	5,403	6,698	5,727	5,750	5,545	6,297
	206	9,776	7,831	10,188	10,358	11,406	9,887
	231	11,864	11,026	12,899	10,515	11,851	10,398
	259	8,669	5,696	8,970	8,721	8,957	11,655
	289	6,980	5,173	5,055	4,963	5,081	6,823
	318	3,444	3,300	3,994	2,606	3,706	4,531
	352	3,693	2,789	2,881	3,090	2,960	4,073
	375	2,907	2,711	3,051	2,606	2,999	3,156
	Crop requirements	43	4,120	3,965	3,654	4,081	4,509
78		4,483	4,768	3,498	4,146	4,457	3,537
100		5,934	5,986	4,768	5,390	4,638	3,965
128		9,212	10,093	8,577	8,694	8,046	4,405
169		5,727	6,556	4,677	5,183	5,856	5,766
206		7,635	8,512	5,290	6,914	8,145	7,779
231		9,638	8,708	9,533	10,319	10,817	8,525
259		5,238	7,215	5,801	6,849	7,988	11,393
289		4,832	5,670	5,487	4,727	5,160	6,849
318		2,711	3,365	3,379	2,933	3,929	4,033
352	2,056	2,907	2,161	2,043	1,977	3,365	
375	2,226	2,396	2,449	1,388	2,331	2,907	



ตารางที่ 12 การปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (อ้อยตอ1) ที่มีการจัดการน้ำ และปุ๋ยแตกต่างกัน

		การปลดปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub> (มก. CO <sub>2</sub> /ตร.ม./วัน)					
Water management	Age (DAP)	0-0-0	Filter cake	18-3-12	18-3-12 + Filter Cake	27-4.5-18 + Filter Cake	Bare soil
Rainfed	36	2,776	3,248	2,855	3,496	3,287	3,038
	63	3,994	3,785	3,771	3,706	3,837	4,020
	93	5,002	3,745	3,274	3,771	3,195	3,575
	125	4,963	5,827	5,513	5,867	6,521	5,186
	155	3,156	3,693	3,667	4,636	3,365	3,418
	185	6,775	6,815	6,730	6,749	6,540	6,631
	245	10,395	9,937	9,793	8,863	9,714	9,845
	275	7,975	5,945	7,687	5,068	7,477	9,088
	304	7,360	5,133	5,710	4,060	6,325	5,382
	338	3,837	3,418	3,496	4,557	4,518	4,623
367	3,483	3,418	3,287	3,758	3,313	3,470	
Crop requirements	36	2,881	3,287	3,536	2,986	3,156	3,379
	63	3,745	4,164	4,086	3,235	3,850	3,562
	93	3,627	3,785	3,221	3,816	3,640	3,667
	125	5,958	6,600	5,736	5,592	6,954	5,683
	155	5,225	5,382	4,937	4,583	6,037	3,274
	185	6,507	6,573	5,636	6,350	7,070	5,407
	245	7,789	7,763	6,335	8,116	8,103	7,540
	275	7,111	5,081	4,007	3,832	6,037	5,500
	304	6,731	5,290	4,321	4,497	4,623	4,898
	338	4,335	3,470	3,339	4,138	4,060	4,243
367	3,313	3,365	2,658	3,614	4,046	4,544	

**ตารางที่ 13** สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และช่วงอายุของอ้อยปลูก

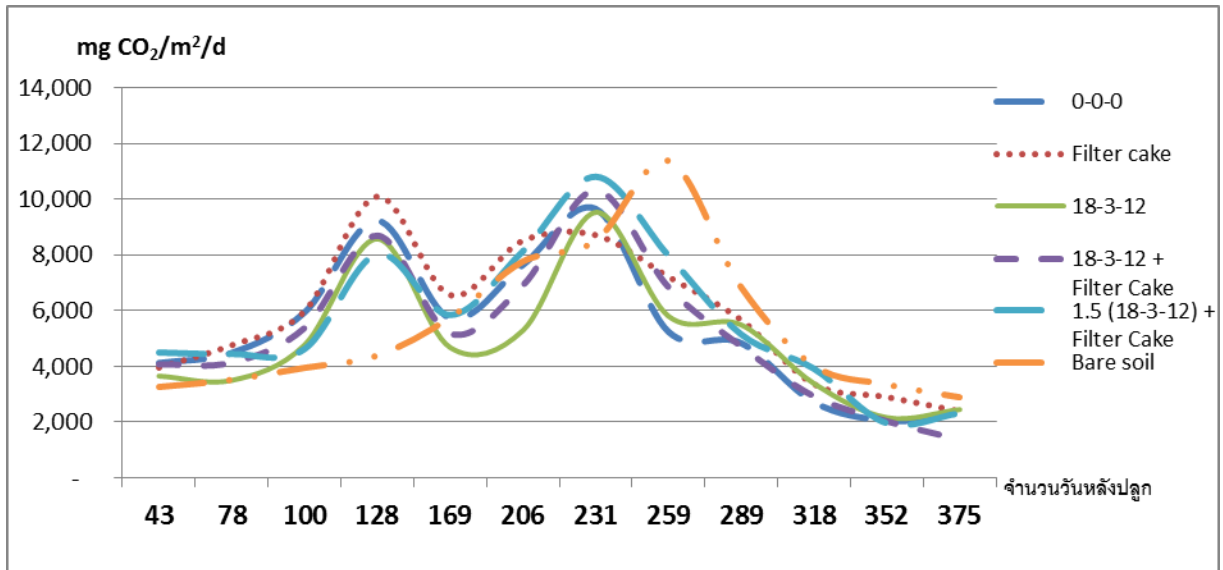
การจัดการปุ๋ย	สมการสหสัมพันธ์	
	X: อายุของอ้อยปลูก Y : ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub>	
	อาศัยน้ำฝน	ให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อยปลูก
0-0-0	$y = -0.2298x^2 + 97.377x - 1880.7$ $R^2 = 0.6161^*$	$y = -0.1759x^2 + 64.131x + 1595.6$ $R^2 = 0.6819^{**}$
Filter cake	$y = -0.1928x^2 + 77.021x - 149$ $R^2 = 0.6208^*$	$y = -0.1968x^2 + 74.535x + 1085.5$ $R^2 = 0.7709^{**}$
18-3-12	$y = -0.2448x^2 + 101.57x - 1830.1$ $R^2 = 0.5951^*$	$y = -0.1564x^2 + 60.814x + 825.7$ $R^2 = 0.5453^*$
18-3-18+Filter Cake	$y = -0.2305x^2 + 93.97x - 1380.7$ $R^2 = 0.6397^*$	$y = -0.1959x^2 + 73.646x + 603.68$ $R^2 = 0.6892^{**}$
27-4.5-18+Filter Cake	$y = -0.2451x^2 + 101.94x - 1980.6$ $R^2 = 0.5932^*$	$y = -0.2061x^2 + 80.403x + 173.01$ $R^2 = 0.6902^{**}$

**ตารางที่ 14** สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และช่วงอายุของอ้อยต่อ 1

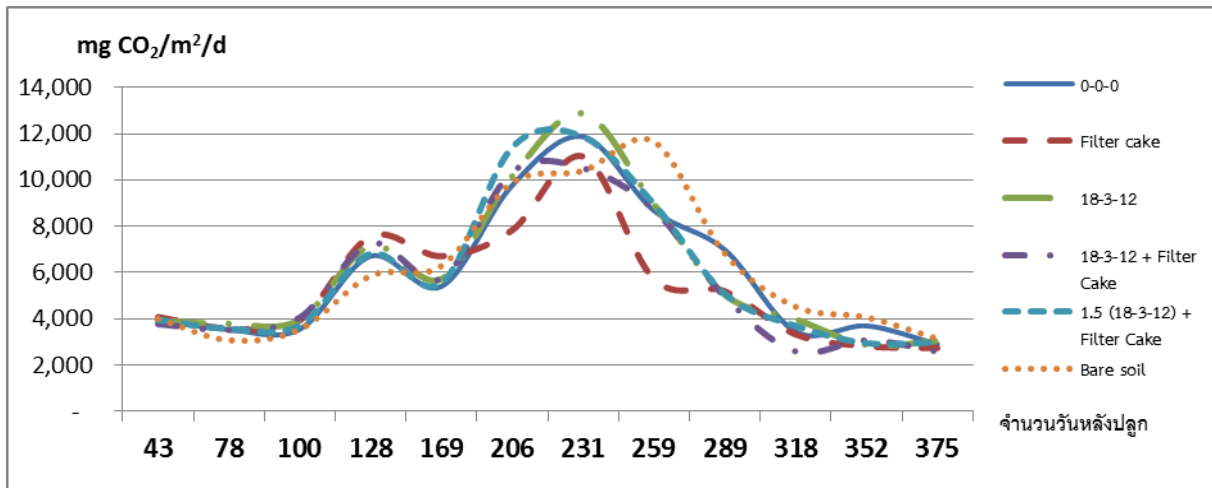
การจัดการปุ๋ย	สมการสหสัมพันธ์	
	X: อายุของอ้อยปลูก Y : ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub>	
	อาศัยน้ำฝน	ให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อยปลูก
0-0-0	$y = -0.1535x^2 + 68.455x - 294.92$ $R^2 = 0.5035ns$	$y = -0.1433x^2 + 62.737x + 91.156$ $R^2 = 0.8065^*$
Filter cake	$y = -0.1416x^2 + 59.953x + 350.86$ $R^2 = 0.4975ns$	$y = -0.1298x^2 + 52.58x + 1191.3$ $R^2 = 0.724ns$
18-3-12	$y = -0.1568x^2 + 68.515x - 494.56$ $R^2 = 0.5617^*$	$y = -0.0951x^2 + 36.628x + 1952.1$ $R^2 = 0.6723^*$
18-3-18+Filter Cake	$y = -0.1158x^2 + 48.893x + 1187.2$ $R^2 = 0.5173ns$	$y = -0.1106x^2 + 46.832x + 986.24$ $R^2 = 0.5489^*$
27-4.5-18+Filter Cake	$y = -0.1158x^2 + 48.893x + 1187.2$ $R^2 = 0.5173ns$	$y = -0.1425x^2 + 59.501x + 726.59$ $R^2 = 0.7436^*$

ตารางที่ 15 ปริมาณสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อยในอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยแตกต่างกัน

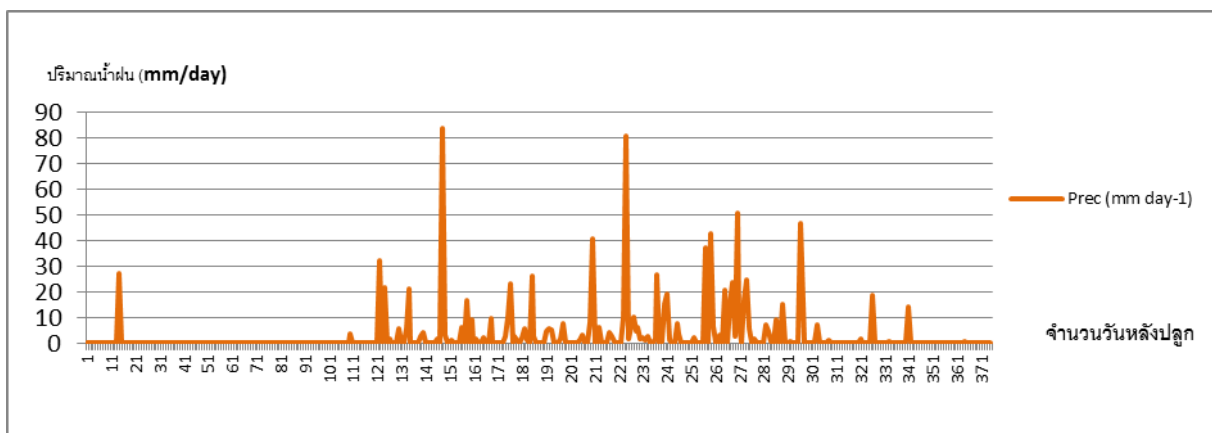
กรรมวิธี	ปริมาณ คาร์บอน (กก./ไร่)						
	Filtercake	ใบสด	ใบแห้ง	C input	ลำ	C Emission	C loss
สภาพอาศัยน้ำฝน							
0-0-0	0	241	204	445	4,364	914	5,278
Filter cake	119	294	119	532	3,391	852	4,243
18-3-12	0	258	228	486	3,428	938	4,366
18-3-12 + Filter Cake	119	303	266	688	3,736	886	4,622
27-4.5-18+ Filter Cake	119	178	147	444	3,371	924	4,295
จัดการน้ำตามความต้องการของอ้อย							
0-0-0	0	484	264	748	5,442	861	6,303
Filter cake	119	570	209	898	4,762	950	5,712
18-3-12	0	503	302	805	4,252	788	5,040
18-3-12 + Filter Cake	119	391	159	669	5,731	842	6,573
27-4.5-18+ Filter Cake	119	377	248	744	4,076	918	4,994



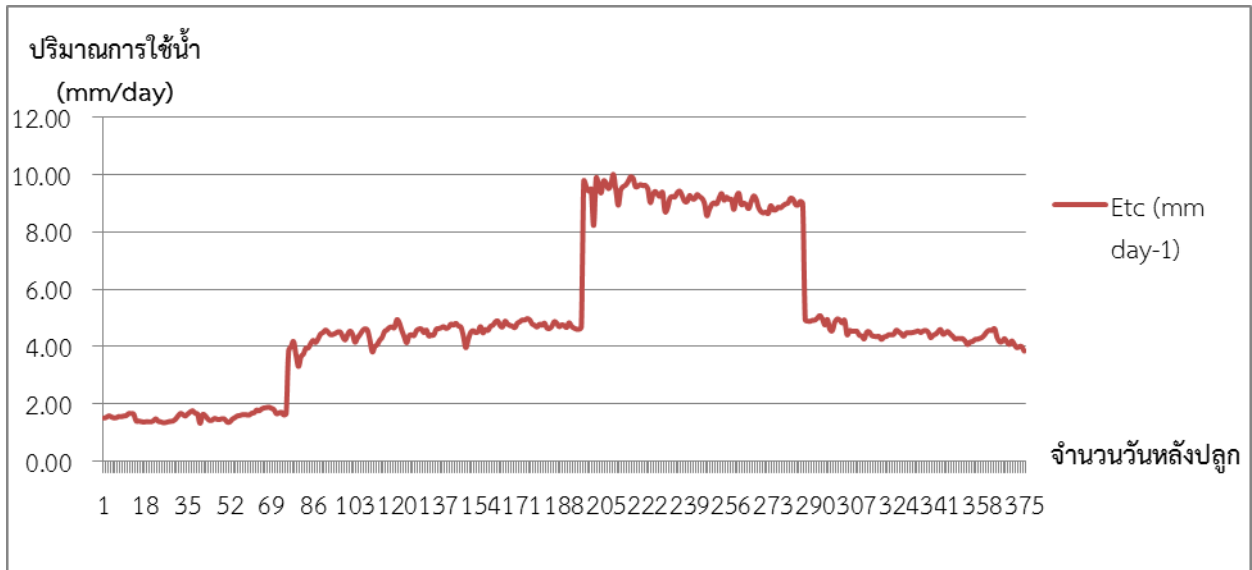
ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงปริมาณการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> จากพื้นที่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยมีการจัดการน้ำ



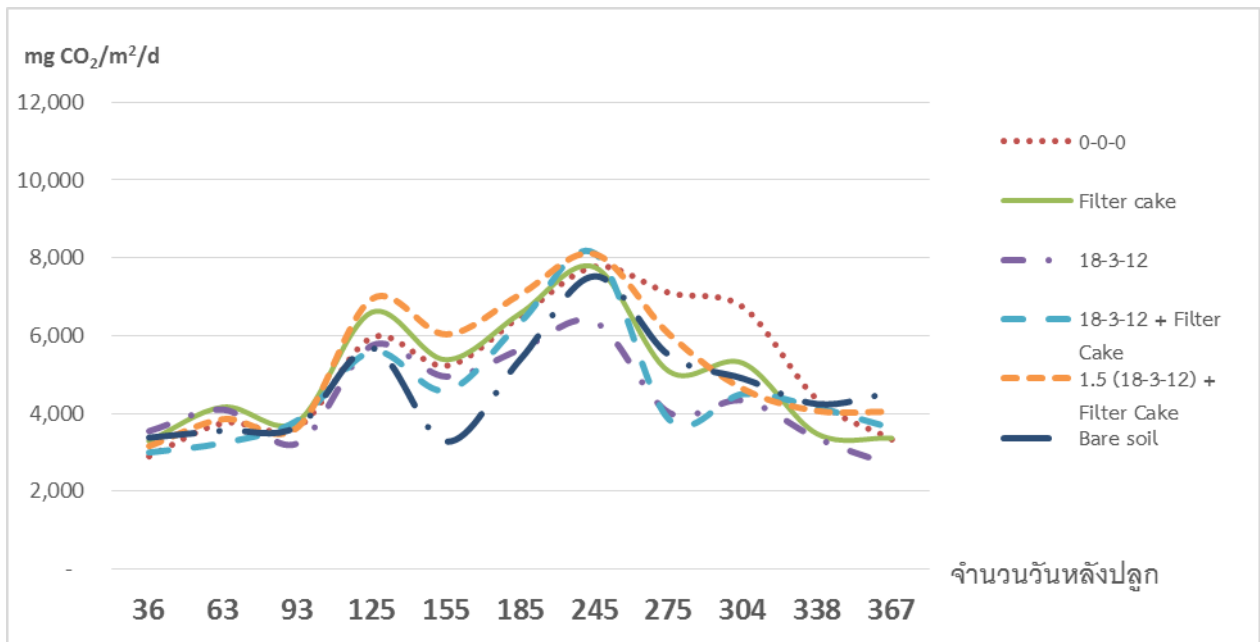
ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงปริมาณการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> จากพื้นที่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยไม่มีการจัดการน้ำ



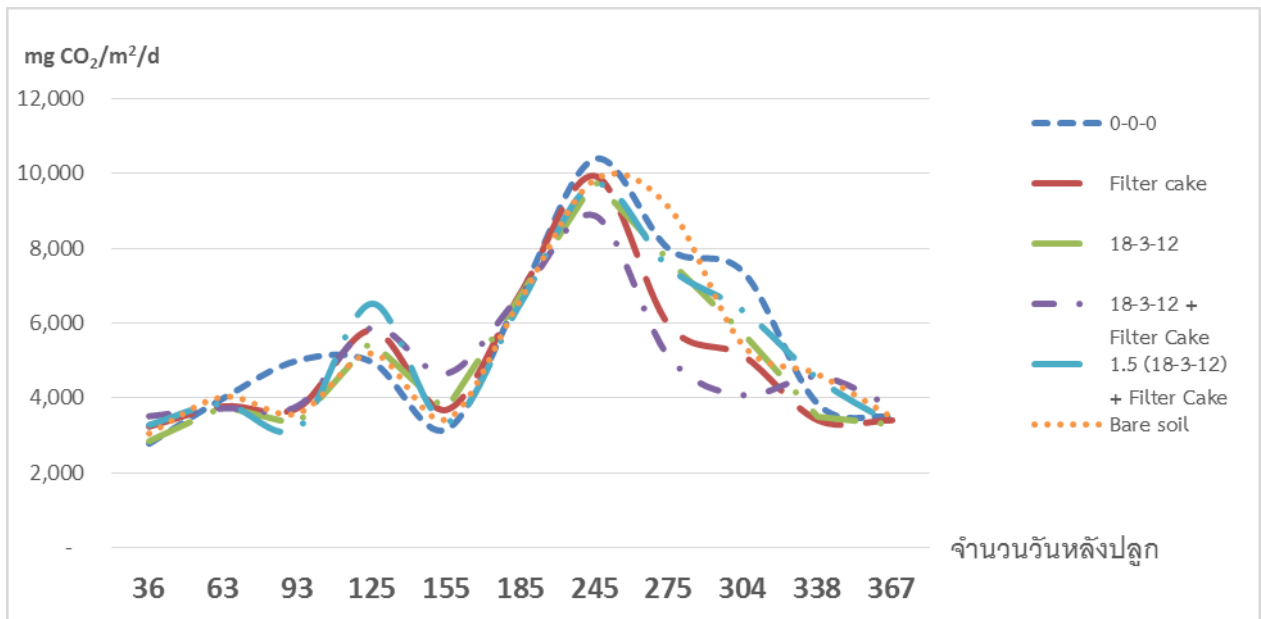
ภาพที่ 9 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนในแปลงทดลองหลังการปลูกอ้อย



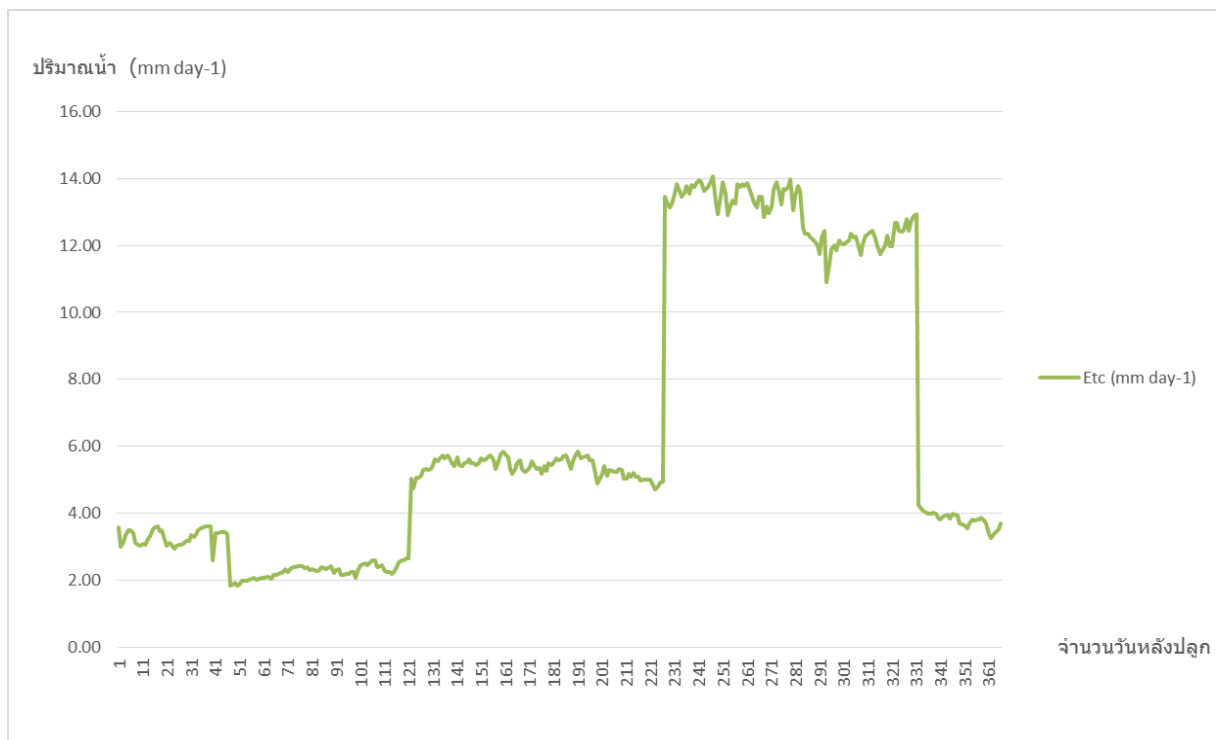
ภาพที่ 10 แผนภาพแสดงปริมาณการใช้น้ำของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3



ภาพที่ 11 ปริมาณการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> จากพื้นที่ปลูกอ้อยต่อ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 โดยมีการจัดการน้ำ



ภาพที่ 12 ปริมาณการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> จากพื้นที่ปลูกอ้อยต่อ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 โดยไม่มีการจัดการน้ำ



ภาพที่ 13 ความต้องการน้ำของอ้อยต่อ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

- 1) การให้น้ำที่ระดับ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นดิน (AWC) ทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินในปีที่ 6 เพิ่มขึ้นจาก 0.26 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.33 เปอร์เซ็นต์ ถ้าให้น้ำที่ระดับ 25.0 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของ AWC อินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นเป็น 0.31 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สภาพที่อาศัยน้ำฝนหรือมีการให้น้ำในปริมาณมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของ AWC ทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนต่ำ
- 2) การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกอ้อยในดินร่วนปนทรายขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่าปัจจัยอื่น โดยการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินเกิดขึ้นมากในช่วงระยะที่อ้อยมีอายุ 196-285 วันหลังปลูก หรือในระยะสร้างน้ำตาลซึ่งอ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด
- 3) การให้น้ำในการผลิตอ้อยในดินร่วนปนทรายทำให้ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่ากรรมวิธีที่อาศัยน้ำฝน และส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินลดลง
- 4) การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการให้น้ำเสริมตามความต้องการของอ้อย ทำให้ดินมีการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> น้อยกว่าในสภาพน้ำฝน แต่หากมีการใช้กากตะกอนหมักกรองอ้อย พบว่าในสภาพที่มีการให้น้ำ ส่งเสริมให้เกิดการสลายตัวของกากตะกอนหมักกรองและทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> มากกว่าในสภาพอาศัยน้ำฝน

### เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. 215 หน้า
- Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. *Geoderma* 123: 1-22.
- 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.
- Yonekura, Y.S.O, Y. Kiyono, D. Aksa, K. Morisada, N. Tanaka and M. Kanzaki. 2010. Changes in Soil Carbon Stock after Deforestation and Subsequent Establishment of “Imperata” Grassland in the Asian Humid Tropics. *Plant Soil*. 329: 495-507.



**กิจกรรมที่ 3**  
**การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง**  
**Building up of Carbon Bank under Cassava Production Areas**

**ชื่อผู้วิจัย**

ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ วัลลีย์ อมรพล ชัยนงค์ ภัคดีไทย กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี  
 สมควร คล่องช้าง เนติรัฐ ชุมสุวรรณ เกษม ชูสอน เจริญ จาประโคน

**คำสำคัญ**

ธนาคารคาร์บอน การกักเก็บคาร์บอน อินทรีย์วัตถุ พีชไร่ มันสำปะหลัง  
 Carbon Bank, Carbon Sequestration, Organic matter, Field Crops, Cassava

**บทคัดย่อ**

จากการศึกษาผลของระบบปลูกพืช การจัดการปุ๋ยและเศษซากพืช ต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจากแปลงทดลองระยะยาวจังหวัดระยองและจังหวัดขอนแก่น สามารถสรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดีที่สุด แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือการไถกลบเศษซากพืชในการปรับปรุงดินนั้นจะทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเล็กน้อย ดังนั้นในการพิจารณาวิธีการจัดการดินปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตมันสำปะหลังต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตที่สามารถรักษาคุณภาพดินและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันสำปะหลังต้องมีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และควรมีการไถกลบเศษซากพืชหรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

## บทนำ

ภาวะโลกร้อนมีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตร ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลก โดยปัจจุบันความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 380 ส่วนในล้านส่วน จากเดิมเมื่อ 150 ปีก่อนที่มีเพียง 280 ส่วนในล้านส่วน การทำการเกษตรหากมีการจัดการดิน-ปุ๋ย ไม่ถูกต้องและเหมาะสม เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น เช่น การสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ในสภาพที่มีอากาศก็จะเกิดก๊าซ CO<sub>2</sub> แต่ถ้าในสภาพน้ำขังก็จะเกิดก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพดินไร่ไม่เหมาะสม ก็อาจเพิ่มการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) มีการยอมรับมากขึ้นว่าการทำเกษตรอินทรีย์เป็นการทำการเกษตรที่สามารถหยุดยั้ง (mitigation) ภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือโลกร้อนได้ เนื่องจากระบบเกษตรอินทรีย์สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) และมีเทน (CH<sub>4</sub>) รวมทั้งเพิ่มการดูดซับธาตุคาร์บอนไว้ในดิน (carbon sequestration) ได้มากกว่าการเกษตรในระบบเคมีปกติ (Goh, 2009) แต่ประเด็นปัญหาคือประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน ดินไร่ต่างๆไปสามารถเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินน้อยกว่าเขตอบอุ่นเนื่องจากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นเร็ว ทำให้มี CO<sub>2</sub> ปลดปล่อยออกมา นอกจากนี้การกัดกร่อนผิวดินก็เป็นตัวเร่งให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนออกไปจากพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีวิธีการจัดการดิน-ปุ๋ย และพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการสูญเสีย และหรือสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ ทำให้เกิดการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้มากขึ้น เพื่อให้ดินเป็นเสมือนธนาคารในการกักเก็บคาร์บอน

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในปีการผลิต 2558 ประมาณ 9.320 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ซึ่งหากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บสะสมคาร์บอนในดินและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้จะเป็นการช่วยลดหรือชลอการเกิดภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่ง

## ระเบียบวิธีวิจัย

### 1. ศึกษาการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จังหวัดระยอง

ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองมันสำปะหลังระยะยาวในดินร่วนปนทรายชุดดินห้วยโป่งจังหวัดระยอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 4 ซ้ำ 5 วิธีการ ได้แก่

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ย
- 2) ไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ต้นต่อไร่ (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 1 ต้นต่อไร่ (โดยน้ำหนักสด)
- 5) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ต้นต่อไร่

ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ปีที่ 1 เมื่อ 20 พฤษภาคม 2557 และปีที่ 2 เมื่อ 19 มิถุนายน 2558 ขนาดของแปลงย่อย 7x8 เมตร ปลูกมันสำปะหลังด้วยระยะปลูก 1x1 เมตร การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำโดยหว่านให้ทั่วแปลงแล้วพรวนกลบ ส่วนปุ๋ยเคมีใส่หลังปลูก 1 เดือน เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในปีที่ 1 เมื่อ 31 พฤษภาคม 2558 และปีที่ 2 เมื่อ 31 ธันวาคม 2558 และทำการวัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินภายใต้การจัดการดินต่างกันในระยะเวลาดังกล่าว ภายใน 1 รอบวัน ทุกๆ 4 สัปดาห์ และทุกครั้งที่มีกิจกรรมเกิดขึ้นในแปลงทดลอง เช่น ไถพรวน ใส่ปุ๋ย เป็นต้น วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม IRRISTAT (Anon,1984)

### 2. ศึกษาการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จังหวัดขอนแก่น

ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองมันสำปะหลังระยะยาวในชุดดินยโสธร จังหวัดขอนแก่น วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 4 ซ้ำ 5 วิธีการ ได้แก่

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ย
- 2) ไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ต้นต่อไร่ (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 ต้นต่อไร่ (โดยน้ำหนักสด)
- 5) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ต้นต่อไร่

ดำเนินการทดลองโดยมีขนาดของแปลงย่อย 8x10 เมตร ปลูกมันสำปะหลังด้วยระยะปลูก 1x1 เมตร การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำโดยหว่านให้ทั่วแปลงแล้วพรวนกลบ ส่วนปุ๋ยเคมีใส่หลังปลูก 1 เดือน เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุ 1 ปี หลังจากเก็บเกี่ยวในแต่ละปี วิธีที่ 1 3 และ 4 ได้นำต้นใบแห้งออกนอกแปลงทั้งหมด ส่วนวิธีที่ 2 และ 5 นำต้นใบแห้งในแปลงและจากแหล่งอื่นสับกลบลงไปใช้อัตรา 3 ต้นต่อไร่

สุ่มเก็บตัวอย่างดิน วิเคราะห์ธาตุอาหารพืชก่อนปลูก วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-100 เซนติเมตร ก่อนปลูกมันสำปะหลังแต่ละปี สุ่มเก็บตัวอย่างเศษซากต้นใบมันสำปะหลัง และปุ๋ยหมัก นำมาวิเคราะห์ความชื้น อินทรีย์คาร์บอน และธาตุอาหาร

วัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินทุก 1 เดือน และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในแปลงทดลอง เช่น หลังการไถพรวน หลังไถกลบเศษซากพืช หลังใส่ปุ๋ยหมัก หลังใส่ปุ๋ยเคมี พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ความชื้น วัดอุณหภูมิดินที่ 0-10 เซนติเมตร และอุณหภูมิอากาศ ด้วยทุกครั้ง

### 3. ศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จังหวัดขอนแก่น

ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองมันสำปะหลังระยะยาวในชุดดินยโสธร จ.ขอนแก่น เป็นแปลงทดลองกึ่งสาธิต ประกอบด้วยระบบปลูกพืช 3 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี 2) ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนกับถั่วลิสงตามด้วยถั่วมะแฮะปีเว้นปี 3) ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสงทุกๆปี โดยในระบบปลูกพืชทั้ง 3 ระบบมีการจัดการปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง 4 วิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยหมัก 800 กิโลกรัมต่อไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยหมัก 800 กิโลกรัมต่อไร่

ทำการทดลองในแปลงย่อยขนาด 20x20 เมตร การใส่ปุ๋ยหมักทำโดยหว่านให้ทั่วแปลงแล้วพรวนกลบปลูกมันสำปะหลังด้วยระยะปลูก 1x1 เมตร ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนกับถั่วลิสงและถั่วมะแฮะ ปลูกมันสำปะหลัง 1 ปี แล้วปีต่อไปปลูกถั่วลิสง ระยะปลูกของถั่วลิสง 50x50 เซนติเมตร ปลูก 2 ต้นต่อหลุม สำหรับถั่วลิสงใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บเกี่ยวถั่วลิสงหลังจากเปลือกด้านในเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และหลังเก็บเกี่ยวถั่วลิสง ปลูกถั่วมะแฮะตามโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย เก็บเกี่ยวฝักถั่วมะแฮะเมื่อแก่เต็มที่และไถกลบเศษซากถั่วกลับลงไปในดิน โดยปลูกสลับกันปีเว้นปี ส่วนระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสง ปลูกมันสำปะหลังด้วยระยะปลูก 1x1 เมตร ปลูกถั่วลิสงแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง โดยปลูกถั่วลิสงกึ่งกลางแถวมันสำปะหลัง ใช้ระยะระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร จำนวน 2 ต้นต่อหลุม เก็บเกี่ยวถั่วลิสงฝักสด เมื่อเมล็ดเต็มฝัก และสับซากถั่วลิสงคลุกลงดิน ใส่ปุ๋ยเคมีให้กับมันสำปะหลัง โดยปุ๋ย ¼ ส่วนของอัตราที่กำหนด ใส่รองกันหลุมพร้อมปลูก และปุ๋ยอีก ¾ ส่วน ใส่หลังปลูก 1 เดือน เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุ 1 ปี หลังจากเก็บเกี่ยวทำการตัดลำที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ ส่วนเศษซากที่เหลือไถกลบลงไปในดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดิน วิเคราะห์ธาตุอาหารพืชก่อนปลูก วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร ก่อนปลูกมันสำปะหลังแต่ละปี วิเคราะห์ความชื้น อินทรีย์คาร์บอน และธาตุอาหารในเศษซากต้นใบมันสำปะหลัง และปุ๋ยหมัก วัดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินทุก 1 เดือน และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในแปลงทดลอง เช่น หลังการไถพรวน หลังไถกลบเศษซากพืช หลังใส่ปุ๋ยหมัก หลังใส่ปุ๋ยเคมี พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ความชื้น วัดอุณหภูมิดินที่ 0-10 เซนติเมตร และอุณหภูมิอากาศ ด้วยทุกครั้ง วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในเศษซากพืช และผลผลิต คำนวณสมดุลของคาร์บอนและไนโตรเจนในพื้นที่ ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในดิน โดยผ่านกระบวนการเจริญเติบโตของพืช

## ผลการทดลอง

### 1. ศึกษาการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชอย่างต่อเนืองระยะยาวต่อการกักเก็บ คาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จังหวัดระยอง

#### 1.1) สภาพภูมิอากาศตลอดฤดูปลูก

ปริมาณน้ำฝน ฤดูปลูกปี 2557/2558 มีการกระจายตัวของฝนค่อนข้างสม่ำเสมอในช่วง 6 เดือนแรก มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก (20 พ.ค. 2557 – 31 พ.ค. 2558) เท่ากับ 1511.2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) ฤดูปลูกปี 2558/2559 มีฝนทิ้งช่วงในระยะแรกของการเจริญเติบโต ในช่วง 4 เดือนแรก มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก (19 มิ.ย. 2558 – 31 ธ.ค. 2558) เท่ากับ 1632.2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2)

#### 1.2) สมบัติของดินในพื้นที่ทดลอง

พื้นที่ทดลองเป็นชุดดินห้วยโป่ง ตำบลห้วยโป่ง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ผลการวิเคราะห์ดิน มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน ดินบนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.8 – 5.7 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบนอยู่ระหว่าง 0.96 – 1.86 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 22 – 282 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ อยู่ระหว่าง 19 – 45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยระดับวิกฤติของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินในการปลูกมันสำปะหลังคือ 4.6 (CIAT, 1979) ระดับวิกฤติของอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.80 เปอร์เซ็นต์ ระดับวิกฤติฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 7 และ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (โชติ 2539) (ตารางที่ 1) มีความหนาแน่นรวมของดินอยู่ระหว่าง 1.50 – 1.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีอินทรีย์คาร์บอนอยู่ระหว่าง 0.55 – 1.08 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) และผลวิเคราะห์ดินหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตปีที่ 2 พบว่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์ และมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลดลง (ตารางที่ 3 -5)

#### 1.3) การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในแปลงทดลองระยะยาวที่มีการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชวิธีต่าง ๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 ถึงปี พ.ศ.2558 พบว่า มีเพียงกรรมวิธีเดียวที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 5)

#### 1.4) ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ในปีที่ 1 (2557/2558) การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 เก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด 5,301 และ 1,456 กิโลกรัมต่อไร่ ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ และใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมัก 1 ตันต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตหัวสด 5,215 และ 3,975 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตแป้ง 1,435 และ 1,099 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง กับการไม่ใส่ปุ๋ย และ การไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตหัวสด 982 และ 363 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตแป้ง 1,906 และ 602 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ในปีที่ 2 (2558/2559) พบว่า การปลูกมันสำปะหลังระยอง 11 โดยใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด 3,317 และ 757 กิโลกรัมต่อไร่ ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมัก 1 ตันต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตหัวสด 2,738 และ 622 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง กับการใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง

3 ต้นต่อไร่ การไถกลบต้นไผ่สำหรับ 3 ต้นต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย ที่ให้ผลผลิตหัวสด 1,665 และ 396 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตแป้ง 1,417 และ 324, 756 และ 161 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 7) อย่างไรก็ตาม การให้ผลผลิตในปีที่ 2 อยู่ในระดับต่ำเนื่องจากมีฝนทิ้งช่วงในระยะแรกของการเจริญเติบโต ในช่วง 4 เดือนแรก ทำให้มันสำปะหลังชะงักการเจริญเติบโต

#### 1.5) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง

ในปีที่ 1 (2557/2558) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่อายุ 12 เดือน พบว่า มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของหัวมากที่สุด รองลงมาคือ ส่วนของเหง้า ต้น และ ใบ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นไผ่สำหรับ 3 ต้นต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมทุกส่วนมากที่สุด แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการใส่ปุ๋ยกรรมวิธีอื่น ๆ ทุกกรรมวิธี โดยปริมาณคาร์บอนที่มันสำปะหลังดูดใช้ ได้ถูกกักเก็บอยู่ในราก เหง้า ต้น และใบของมันสำปะหลัง เฉลี่ย 603 130 124 และ 110 กิโลกรัม C ต่อไร่ (ตารางที่ 8)

ในปีที่ 2 (2558/2559) พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่อายุ 12 เดือน ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และมีปริมาณต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากมีฝนทิ้งช่วงในระยะแรกของการเจริญเติบโต ในช่วง 4 เดือนแรก ทำให้มันสำปะหลังชะงักการเจริญเติบโต ให้ได้ผลผลิตต่ำ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ จึงมีปริมาณต่ำไปด้วย (ตารางที่ 9)

#### 1.6) การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการติดตามการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ในแต่ละระยะ พบว่า ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย จังหวัดระยอง ในฤดูปลูกปี 2557/58 มีการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> อยู่ในช่วง 2,000 – 6,000 มิลลิกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อวัน และในฤดูปลูกปี 2558/59 มีการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> อยู่ในช่วง 2,000 – 9,000 มิลลิกรัม CO<sub>2</sub> ต่อตารางเมตรต่อวัน ทั้งนี้ การใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับไถกลบต้นไผ่สำหรับ 3 ต้นต่อไร่ และการใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมัก 1 ต้นต่อไร่ มีการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> มากที่สุด

**ตารางที่ 1** ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อสมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ฤดูปลูกปี 2557

Treatment	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	pH <sup>1</sup>	OM <sup>2</sup> %	Avai.P <sup>3</sup> (mg/kg)	Exch.K <sup>4</sup> (mg/kg)	Texture
1. No fertilizer	1.56	4.4	0.96	30.3	19.0	Sandy loam
2. Crop residues	1.57	4.6	1.31	21.8	20.5	Sandy loam
3. 16-8-16	1.54	3.8	1.17	86.0	33.8	Sandy loam
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	1.61	5.7	1.86	281.8	44.5	Sandy loam
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	1.50	4.0	1.62	85.8	40.3	Sandy loam

<sup>1</sup> Peech (1965) <sup>2</sup> Walkley and Black (1934) <sup>3</sup> Bray and Kurtz (1945) <sup>4</sup> Schollenberger and Simon (1945) <sup>5</sup> Hydrometer method

**ตารางที่ 2** ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ฤดูปลูกปี 2557

Treatment	Bulk density g/cm <sup>3</sup>	Organic carbon	
		%	kg/rai
1. No fertilizer	1.56	0.55	2,746
2. Crop residues	1.57	0.76	3,818
3. 16-8-16	1.54	0.68	3,351
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	1.61	1.08	5,564
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	1.50	0.94	4,512
Average	1.56	0.80	3,998

**ตารางที่ 3** ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อสมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ฤดูปลูกปี 2558

Treatment	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	pH <sup>1</sup>	OM <sup>2</sup> %	Avai.P <sup>3</sup> (mg/kg)	Exch.K <sup>4</sup> (mg/kg)
1. No fertilizer	1.66	4.0	0.84	6	14
2. Crop residues	1.48	4.3	1.33	15	16
3. 16-8-16	1.60	4.0	1.28	105	16
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	1.69	6.2	1.92	270	48
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	1.33	4.0	1.24	64	33

<sup>1</sup> Peech (1965) <sup>2</sup> Walkley and Black (1934) <sup>3</sup> Bray and Kurtz (1945) <sup>4</sup> Schollenberger and Simon (1945) <sup>5</sup> Hydrometer method

**ตารางที่ 4** ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ฤดูปลูกปี 2558

Treatment	Bulk density g/cm <sup>3</sup>	Organic carbon	
		% OC	kg/rai
1. No fertilizer	1.66	0.49	2,603
2. Crop residues	1.48	0.77	1,897
3. 16-8-16	1.60	0.74	3,789
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	1.69	1.11	6,003
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	1.33	0.72	3,064
Average	1.55	0.77	3,471

**ตารางที่ 5** ปริมาณคาร์บอนไว้ในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง

Treatment	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (กรัม/ม <sup>2</sup> )				
	ปี 2519	ปี 2528	ปี 2538	ปี 2548	ปี 2558
1. No fertilizer	3351	1960	2161	1392	1627
2. Crop residues	3245	2039	2075	2092	1186
3. 16-8-16	3139	1869	2110	2058	2368
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	3203	1855	2695	3150	3752
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	3075	1848	2823	2436	1915

**ตารางที่ 6** ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ฤดูปลูกปี 2557/58

Treatment	Yield (Kg./rai)	Starch (%)	Starch yield (Kg./rai)	HI
1. No fertilizer	982 c	28.1	363 c	0.59 ab
2. Crop residues	1,906 bc	28.9	602 bc	0.58 b
3. 16-8-16	5,215 a	27.4	1,435 a	0.68 a
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	3,795 ab	28.9	1,099 ab	0.47 c
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	5,301 a	27.5	1,456 a	0.57 b
Average	3,440	28.2	991	0.58
F-Test	**	ns	**	*
CV. (%)	26.1	4.1	20.3	8.6

ns: not significant \*,\*\* : Significant at 5,1 % level of probability

Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)



**ตารางที่ 7** ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ฤดูปลูกปี 2558/59

Treatment	Yield	Starch	Starch yield	HI
	(Kg./rai)	(%)	(Kg./rai)	
1. No fertilizer	756 e	21.1	161 c	0.47 c
2. Crop residues	1,417 d	22.7	324 b	0.57 b
3. 16-8-16	3,317 a	22.5	757 a	0.59 b
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	2,738 ab	22.6	622 a	0.60 a
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	1,665 c	22.1	396 b	0.47 c
Average	1,978	22.2	452	0.54
F-Test	**	ns	*	**
CV. (%)	19.8	6.3	26.0	9.2

ns: not significant \* , \*\* : Significant at 5,1 % level of probability

Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

**ตารางที่ 8** ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อปริมาณคาร์บอนในส่วนของใบ ต้น เหง้า ราก ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ฤดูปลูกปี 2557/58

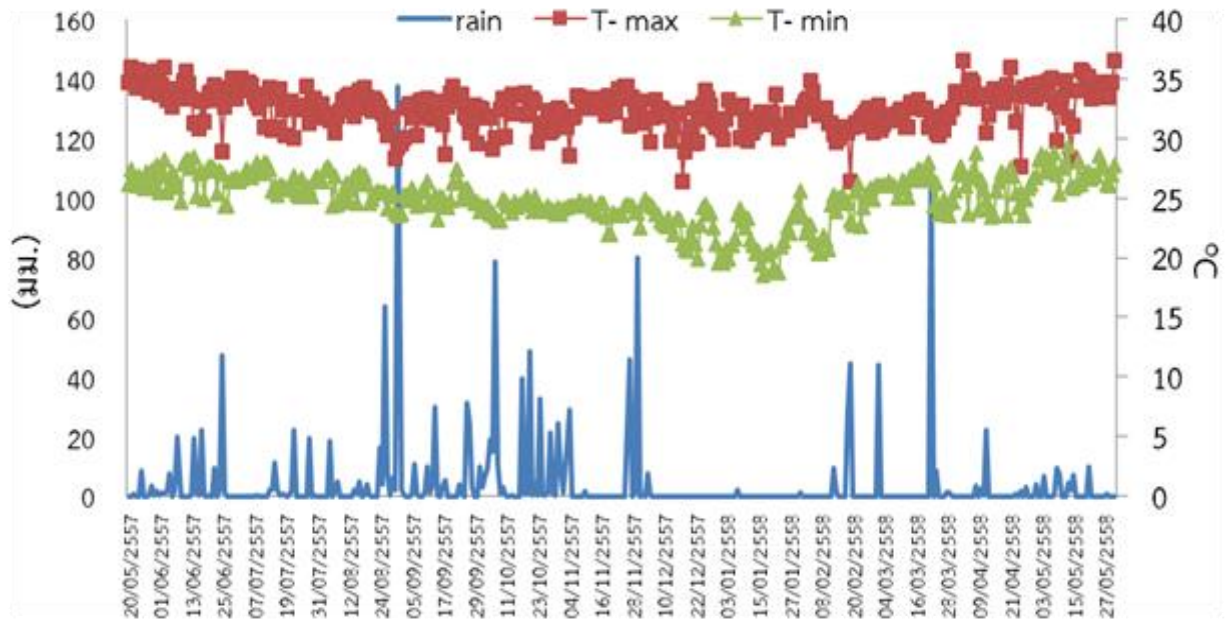
Treatment	Carbon (kg C/Year)				
	Leaves	Stem	Stalk	Root	Total
1. No fertilizer	43 c	36 c	59 c	252 c	390 d
2. Crop residues	80 b	79 c	99 b	335 bc	593 cd
3. 16-8-16	132 a	93 b	108 b	764 ab	1,097 bc
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	152 a	207 a	197 a	527 bc	1,082 b
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	145 a	203 a	187 a	1,135 a	1,670 a
Average	110	124	130	603	966
F-Test	21.5	24.3	19.8	28.4	26.1
CV. (%)	**	**	**	**	**

\*\* : Significant at 1 % level of probability

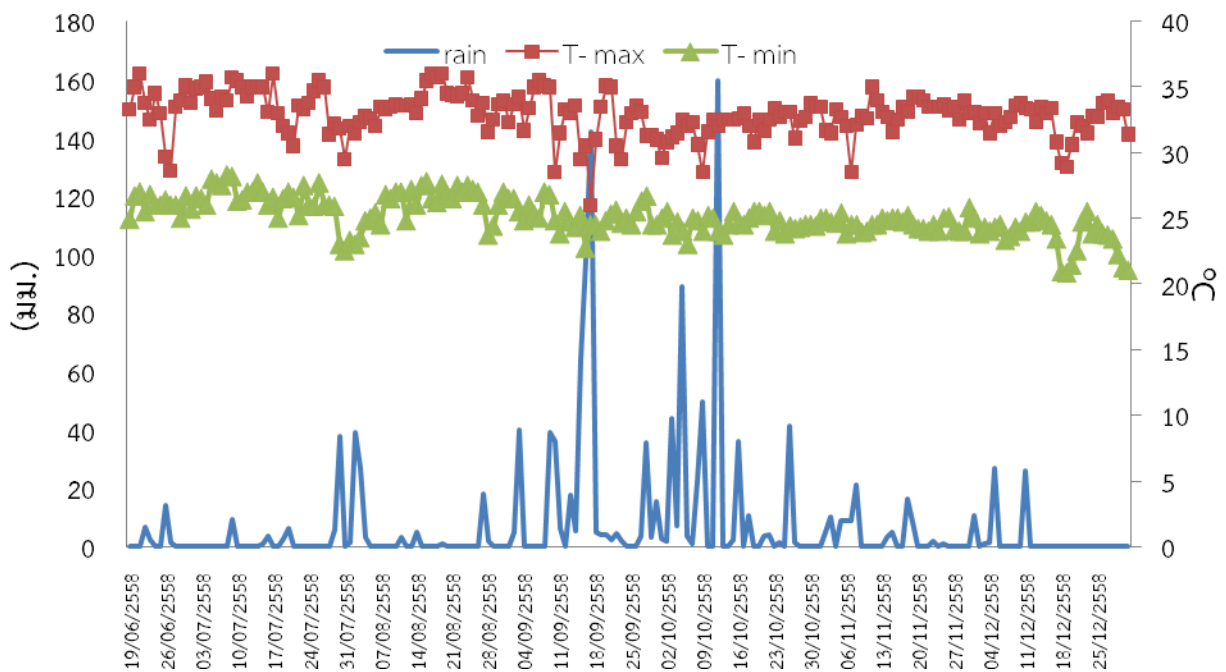
Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

**ตารางที่ 9** ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อปริมาณคาร์บอนในส่วนของใบ ต้น เหง้า ราก ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ฤดูปลูกปี 2558/59

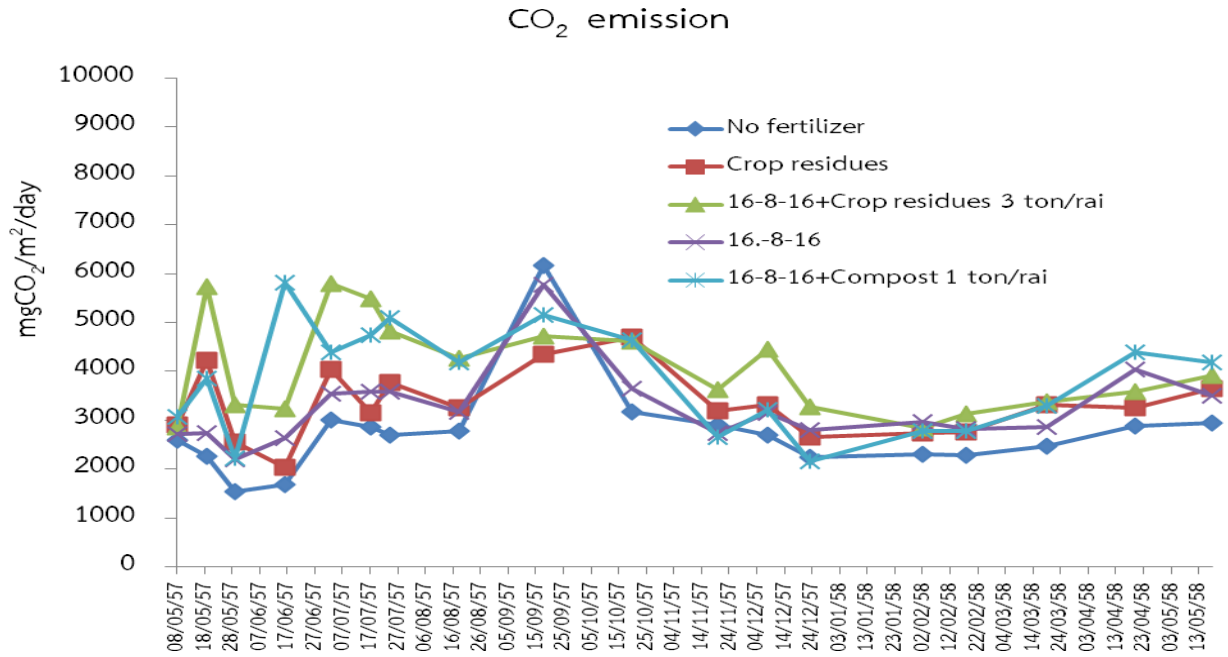
Treatment	Carbon (kg C/Year)				
	Leaves	Stem	Stalk	Root	Total
1. No fertilizer	44	45	46	49	184
2. Crop residues	42	45	43	50	180
3. 16-8-16	43	43	44	47	178
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	44	44	44	50	182
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	44	44	42	47	177
Average	43	44	44	49	



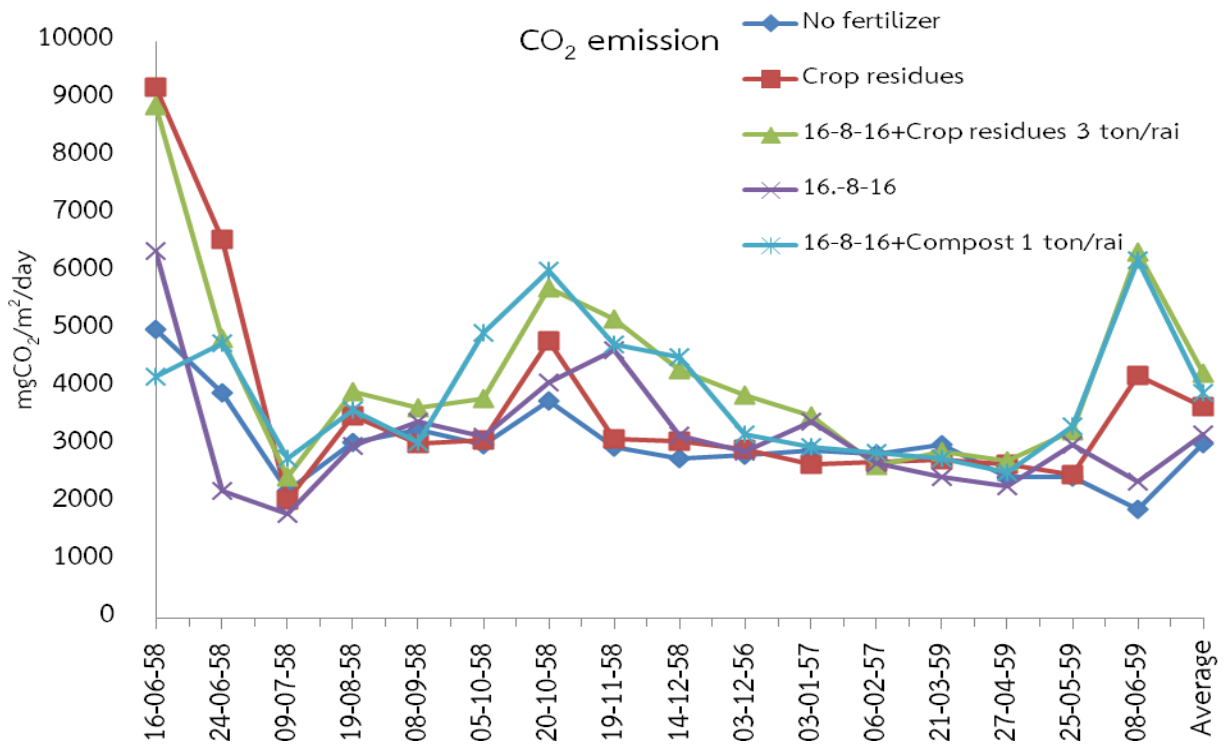
ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝนรายวัน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ในฤดูปลูกปี 2557/58  
(หมายเหตุ 20 เม.ย. 2557 – 31 ก.พ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนรวม 1551.2 มิลลิเมตร)  
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง กลุ่มงานอากาศเกษตรห้วยโป่ง



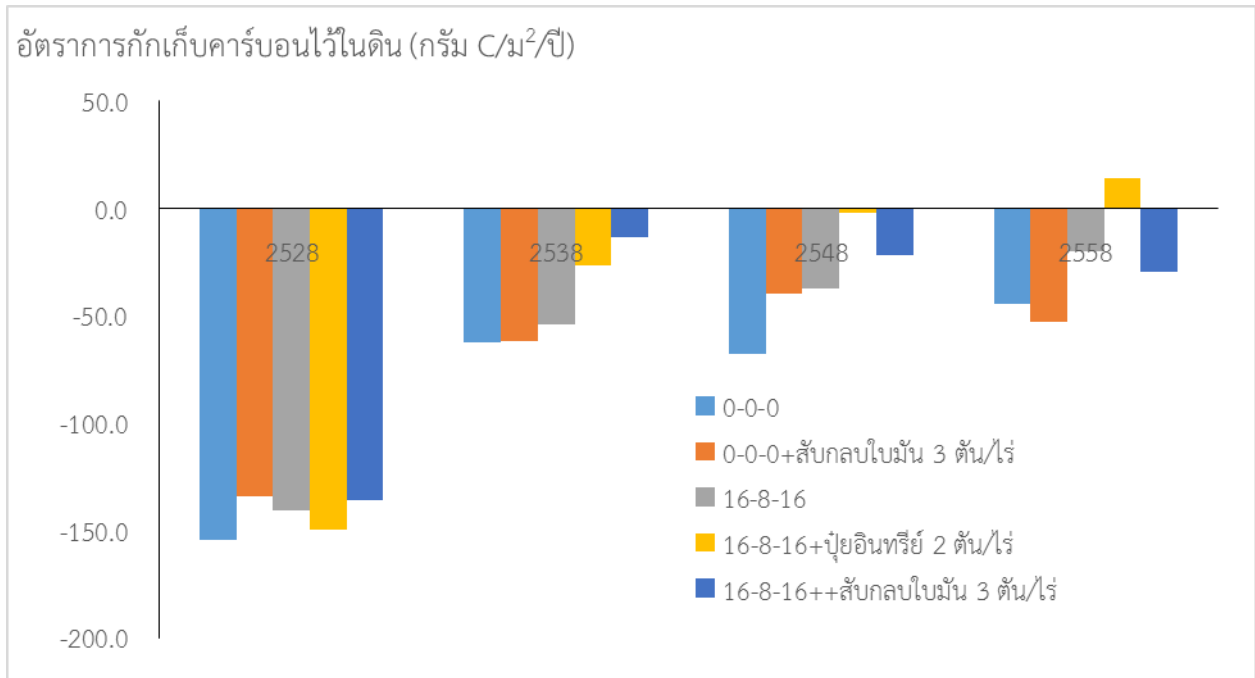
ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝนรายวัน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ในฤดูปลูกปี 2558/59  
(หมายเหตุ 19 มิ.ย. 2558 – 31 ธ.ค. 2558 มีปริมาณน้ำฝนรวม 1632.2 มิลลิเมตร)  
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง กลุ่มงานอากาศเกษตรห้วยโป่ง



ภาพที่ 3 ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ในฤดูปลูกปี 2557/58



ภาพที่ 4 ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ในฤดูปลูกปี 2558/59



ภาพที่ 5 ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ในฤดูปลูกปี 2558/59

## 2. ศึกษาการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ.ขอนแก่น

### 2.1) ผลของการใส่ปุ๋ยต่อปริมาณธาตุอาหารในดิน

ก่อนการปลูกมันสำปะหลังปี 2558 ค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินก่อนการปลูกมันสำปะหลัง หลังจากมีการปลูกต่อเนื่องมาเป็นปีที่ 39 ที่ระดับความลึกดิน 0-20 ซม. การไม่ได้ใส่ปุ๋ยทำให้ pH ดินเป็นกรดจัด 4.62 แต่การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวทำให้ pH ดินเป็นกรดจัดเพิ่มขึ้น 4.26 การใส่ปุ๋ยเศษซากมันสำปะหลังและปุ๋ยหมักเพิ่ม pH ดินมากขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด คือ 6.58 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและอินทรีย์คาร์บอนต่ำสุดในดินเมื่อปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยหมักสามารถรักษาปริมาณอินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอนได้สูงสุด คือ 0.67 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยเคมีและเศษซากมันสำปะหลังเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสได้สูงที่สุด ในขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นมากที่สุดจากการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมัก แต่โพแทสเซียมเพิ่มได้จากการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวและเศษซากมันสำปะหลัง ที่ระดับความลึกดิน 20-50 เซนติเมตร. pH ดินใกล้เคียงกับดินชั้นบน แต่อินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอนเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากัน แต่การใส่ปุ๋ยและเศษซากมันสำปะหลัง และปุ๋ยหมัก ทำให้มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังมีค่าต่ำกว่าในดินชั้นบน แต่สำหรับฟอสฟอรัสเหลืออยู่ในดินมากที่สุดทั้งที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวและไม่มีการใส่ปุ๋ย ส่วนโพแทสเซียมในดินชั้นล่างเหลือมากที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับเศษซากมันสำปะหลัง แต่แคลเซียมและแมกนีเซียมมีเหลือมากที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมัก (ตารางที่ 10)

ฤดูกาลปี 2558/59 เนื่องจากสภาพแห้งแล้ง การกระจายของฝนไม่ดี ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำมาก โดยวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับเศษซากมันสำปะหลังให้ผลผลิตสูงสุดและรองลงมาได้แก่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมัก คือ 3.14 และ 2.93 ตันต่อไร่ โดยการไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตเพียง 1.19 ตันต่อไร่ และถึงแม้ว่ามีวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิต 1.41 ตันต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับเศษซากมันสำปะหลัง หรือเศษซากมันสำปะหลังอย่างเดียวให้ความเข้มข้นแป้งสูงสุด คือ 14.0 และ 13.1 เปอร์เซ็นต์ แต่การใส่ปุ๋ยอย่างเดียวให้ความเข้มข้นแป้งต่ำที่สุด คือ 11.6 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถเก็บกักอินทรีย์คาร์บอนในมันสำปะหลัง โดยมีในส่วนของต้นและใบหรือส่วนเหนือดินสูงขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับเศษซากมันสำปะหลังและปุ๋ยหมัก ที่มีปริมาณถึง 110 และ 111 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ส่วนของหัวมีปริมาณสูงมาก คือ 380 และ 387 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เป็นส่วนที่ทำให้สูญเสียคาร์บอนออกไปกับผลผลิต ถ้ารวมปริมาณเก็บกักในมันสำปะหลังในแต่ละฤดูมีปริมาณถึง 490 และ 498 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 11)

### 2.2) ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน

เมื่อเริ่มต้นมีการเตรียมดินที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยเพิ่มจากเมื่อดินไม่ถูกรบกวน(วิธีตรวจสอบ) โดยการไม่ใส่ปุ๋ยปลดปล่อยออกมาน้อยที่สุด และเพิ่มตามลำดับจากไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมัก ใส่เศษซากมันสำปะหลัง และมากที่สุดคือปุ๋ยเคมีร่วมกับเศษซากมันสำปะหลัง แต่ในช่วงที่แปลงถูกรบกวนจากการปลูกมันสำปะหลังและการใส่ปุ๋ย คาร์บอนไดออกไซด์ก็ปลดปล่อยออกมากที่สุดในวิธีการที่ใส่ปุ๋ยร่วมกับเศษซากมันสำปะหลังและร่วมกับปุ๋ยหมัก แต่เมื่อความชื้นดินลดลงในฤดูแล้งและไม่มีกิจกรรมเกิดขึ้นการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ก็ต่ำลง มาอยู่ในระดับเดียวกันกับดินที่ไม่ถูกรบกวน โดยการปลดปล่อยที่สูงที่สุดอยู่ในระดับมากกว่า 25 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน โดยในช่วงที่ไม่มีกิจกรรมการปลดปล่อยอยู่ในระดับ 5-10 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน แต่เมื่อเทียบค่าเป็นอินทรีย์คาร์บอนมีค่าอยู่ในช่วง 7 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน แต่เมื่อไม่มีกิจกรรมจะมีค่าอยู่ที่ 2 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน (ภาพที่ 6)

ความชื้นมีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ จะเห็นว่าในช่วงที่มีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูง เมื่อเริ่มเตรียมดินมีความชื้นดินประมาณ 30 มิลลิเมตร และในช่วงที่มีการกำจัดวัชพืชและ

ใส่ปุ๋ย ที่ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงมีความชื้นเกือบถึง 40 มิลลิเมตร แต่ในช่วงที่ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยมีความชื้นดินอยู่ในช่วงไม่เกิน 10 แต่การใส่ปุ๋ยไม่มีผลทำให้ความชื้นดินแตกต่างกัน (ภาพที่ 7) ทั้งอุณหภูมิในดินและอากาศจากการใส่ปุ๋ยและจากการใส่ปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมัก หรือเศษซากพืช หรือใส่เฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ (ภาพที่ 8 และ 9)

### 2.3) ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

ค่าอินทรีย์คาร์บอนแสดงในตารางที่ 11 ในการปลูกมันสำปะหลัง 356 วัน พบว่าสะสมในมวลชีวภาพของมันสำปะหลังรวมสูงสุดในการปลูกมันสำปะหลังที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักและเศษซากมันสำปะหลัง คือ 498 และ 490 กิโลกรัมอินทรีย์คาร์บอนต่อไร่ แต่ส่วนใหญ่สะสมอยู่ในหัว ที่ต้องนำออกจากแปลง อินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำมาก โดยที่ระดับ 0-20 เซนติเมตร อินทรีย์คาร์บอนสะสมมากที่สุดจากการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมัก สูงมากกว่าวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยและใส่เฉพาะปุ๋ยเคมีอย่างเด่นชัด การใส่ซากมันสำปะหลัง เป็นการเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนได้ถึง 166 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นได้เพียง 60 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การสูญเสียจากการปลดปล่อยออกจากหน้าดินสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับเศษซากมันสำปะหลัง คือ 1,031 กิโลกรัมต่อไร่ ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมัก หรือเศษซากมันสำปะหลังอย่างเดียว (ตารางที่ 12)

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในแปลงทดลองระยะยาวที่มีการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชวิธีต่าง ๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 ถึงปี พ.ศ.2558 พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 16-8-16 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ มีการกักเก็บคาร์บอนในดินได้ดีที่สุด โดยมีคาร์บอนกักสะสมในดิน 1,123 กรัม C ต่อตารางเมตร (ตารางที่ 13 และภาพที่ 10)

**ตารางที่ 10** สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร ก่อนปลูกมันสำปะหลัง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่  
ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558

Fertilizer Application	pH (1:1 in water)	OM (%)	OC (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)	BD (g/cm <sup>2</sup> )
0-20 cm								
1. No fertilizer	4.62	0.31	0.18	19.0	84	68	6	1.50
2. Crop residues	5.58	0.48	0.28	14.3	177	220	27	1.50
3. 16-8-16	4.26	0.42	0.24	21.0	175	86	6	1.50
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	6.58	0.67	0.39	14.6	162	848	77	1.50
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	4.91	0.53	0.31	24.8	149	107	13	1.50
20-50 cm								
1. No fertilizer	4.52	0.31	0.18	36.8	84	68	5	1.60
2. Crop residues	4.85	0.33	0.19	4.0	105	179	23	1.60
3. 16-8-16	4.25	0.48	0.28	34.1	105	92	11	1.60
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	5.55	0.40	0.23	16.9	105	628	61	1.60
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	4.47	0.47	0.27	25.6	152	134	14	1.60

St = Cassava stover 3 Mg/rai, CP = Compost 2 Mg/rai F= Chemical fertilizer as 16-8-16 at the rate of 100 kg/rai  
, None = No fertilizer application

**ตารางที่ 11** ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ณ  
ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59

Fertilizer Management	Cassava Yield (Mg rai <sup>-1</sup> )	starch (%)	OC DW (kg/rai)		
			Aboveground	Tuber	Total
1. No fertilizer	1.19	12.2	14	160	175
2. Crop residues	1.21	13.1	44	166	210
3. 16-8-16	1.41	11.6	70	185	255
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	2.93	12.8	111	387	498
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	3.14	14.0	110	380	490

St = Cassava stover 3 Mg/rai, CP = Compost 2 Mg/rai F= Chemical fertilizer as 16-8-16 at the rate of 100 kg/rai  
, None = No fertilizer application

**ตารางที่ 12** ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่  
ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59

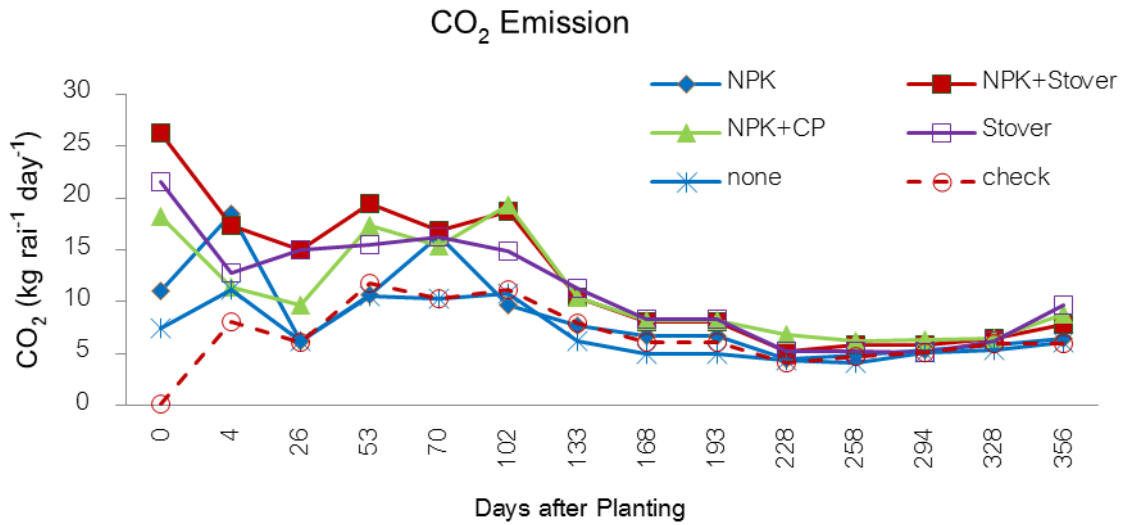
Fertilizer Application	Storage in Cassava Biomass (kg OC/rai)			stock in soil (kg OC/rai)		Input in Treatments (OC kg/rai)		Accumulative loss of OC from soil surface (kg/rai/crop)
	Tuber	above ground	Total	0-20 cm	20-50 cm	Cassava stover	compost	
No fertilizer	160	14	175	0.85	0.92			642
Crop residues	166	44	210	1.34	0.99	166		957
16-8-16	185	70	255	1.16	1.43			756
16-8-16 + Compost	387	111	498	1.86	1.18		40	982
16-8-16 + Crop residues	380	110	490	1.47	1.38	166		1,031

St = Cassava stover 3 Mg/rai (C = 27.5%), CP = Compost 2 Mg/rai (OC = 20%) F= Chemical fertilizer as 16-8-16 at the rate of 100 kg/rai , None = No fertilizer application

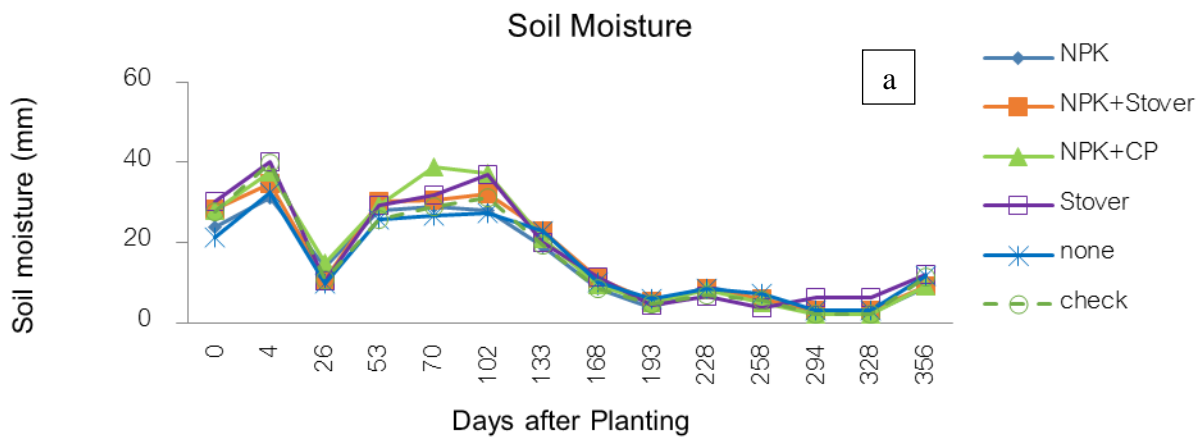
**ตารางที่ 13** ปริมาณคาร์บอนไว้ในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

Treatment	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (กรัม C/ม <sup>2</sup> )				
	ปี 2519	ปี 2528	ปี 2538	ปี 2548	ปี 2558
1. No fertilizer	1450	750	733	784	583
2. Crop residues	1459	601	755	722	857
3. 16-8-16	1509	692	941	869	739
4. 16-8-16+Compost 1 ton/rai	1459	1168	1030	1204	1123
5. 16-8-16+Crop residues 3 ton/rai	1410	912	1078	998	924

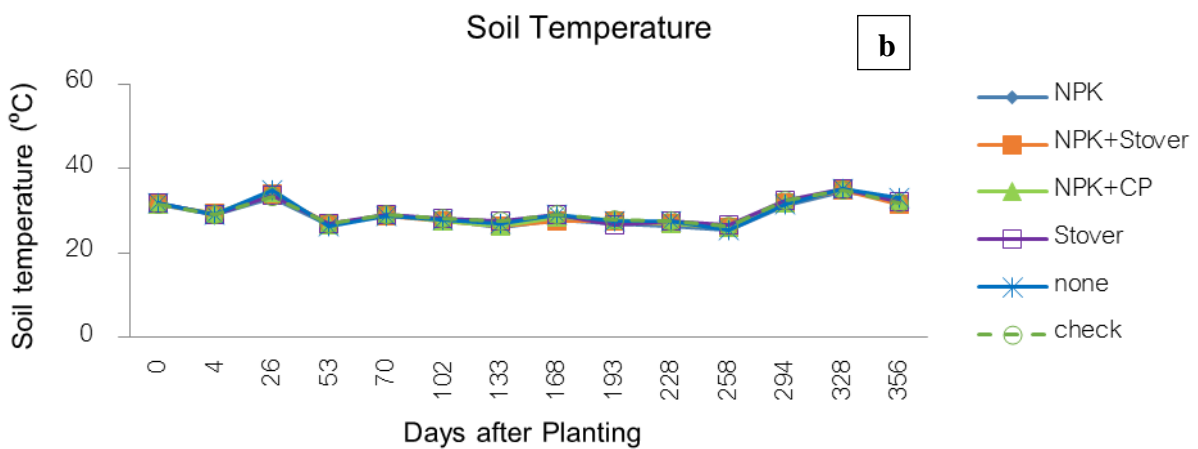




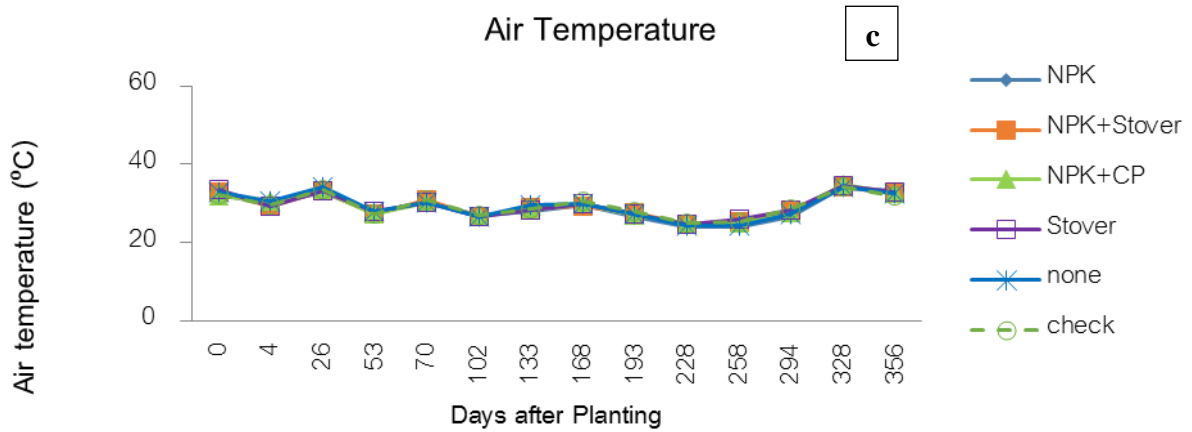
ภาพที่ 6 ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59



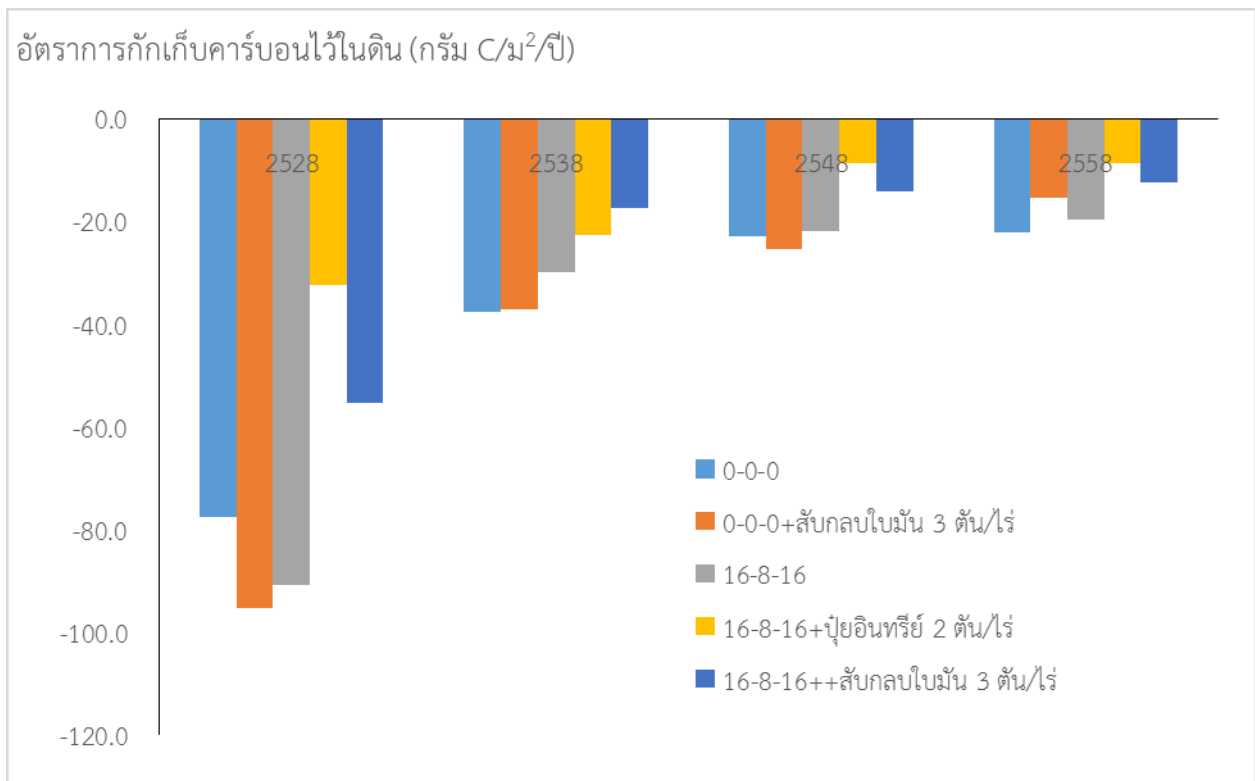
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในดินร่วนปนทรายที่มีการจัดการปุ๋ย และเศษซากพืชแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในดินร่วนปนทรายที่มีการจัดการปุ๋ย และเศษซากพืชแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในดินร่วนปนทรายที่มีการจัดการปุ๋ย และเศษซากพืชแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59



ภาพที่ 10 ผลของการจัดการปุ๋ยและเศษซากพืชต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ในฤดูปลูกปี 2558

### 3. ศึกษาการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตมันสำปะหลัง จ.ขอนแก่น

#### 3.1 ผลของระบบปลูกพืชและการใส่ปุ๋ยต่อปริมาณธาตุอาหารในดิน

ก่อนการปลูกมันสำปะหลังปี 2558 ค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินก่อนการปลูกมันสำปะหลัง แสดงในตารางที่ 1 ปุ๋ยหมักทำให้ pH ดินเพิ่มขึ้นในทุกระบบการปลูกพืช ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวมีผลทำให้ pH ดินลดลงต่ำกว่าทุกวิธีการใส่ปุ๋ยในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนและแซม อินทรีย์วัตถุในดินและอินทรีย์คาร์บอน ต่ำมากในทุกระบบการปลูกพืช (0.18-0.43 เปอร์เซ็นต์ และ 0.11-0.25 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัสในระบบปลูกมันสำปะหลังอย่างเดียวมีฟอสฟอรัสสูงกว่าเมื่อมีการปลูกถั่วลันเตาหมุนเวียนหรือแซม เนื่องจากพืชตระกูลถั่วใช้ฟอสฟอรัสสูง แต่โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม สูงมากกว่าวิธีอื่นเมื่อใส่ปุ๋ยหมัก และมีแนวโน้มสูงมากกว่าในระบบหมุนเวียน น่าจะเนื่องจากการปลูกถั่วลันเตาในระบบพืชหมุนเวียนมีการใส่ปุ๋ยและยับยั้งให้แก่ถึงความหนาแน่นดินรวมต่ำกว่าในระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนกับถั่วลันเตา (ตารางที่ 14)

#### 3.2 ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตและการสร้างชีวมวลของมันสำปะหลัง ถั่วลันเตาและถั่วมะแฮะ

ผลผลิตมันสำปะหลังในวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยต่ำสุด โดยการปลูกต่อเนื่องให้ผลผลิต 2.06 ตันต่อไร่ แต่เมื่อปลูกถั่วแซมทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงเหลือ 1.94 ตันต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยหมักเพิ่มผลผลิตได้อย่างเด่นชัดในทั้งสองระบบปลูกพืช แต่เมื่อใส่ปุ๋ยหมักแล้วเพิ่มปุ๋ยเคมี ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงมากกว่าใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียว (ตารางที่ 15)

ระบบปลูกถั่วลันเตาหมุนเวียนกับมันสำปะหลัง ผลผลิตเมล็ดถั่วลันเตาให้ผลผลิตสูงสุด คือ 327 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อปลูกถั่วลันเตาในแปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักให้มันสำปะหลัง แต่ปลูกตามในแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีให้มันสำปะหลังกับทำให้ผลผลิตถั่วลันเตาต่ำกว่าการปลูกตามในแปลงไม่มีการใส่ปุ๋ย ทั้งนี้จะเกิดจากปุ๋ยที่เหลือตกค้างเช่นฟอสฟอรัสก่อนปลูกในแปลงสูงอยู่แล้ว เมื่อปลูกถั่วลันเตาที่ใส่ปุ๋ยเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัสจึงเพิ่มมากขึ้นอีก ทำให้สมดุลของธาตุอาหารเสีย มีผลทำให้ผลผลิตต่ำกว่าแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยให้แก่มันสำปะหลังสำหรับในระบบพืชแซม ถั่วลันเตาปลูกแซมในแปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียวให้น้ำหนักเมล็ดสูงสุด 126 กิโลกรัมต่อไร่ เศษซากถั่วลันเตาไม่แตกต่างกัน 1,009-1,750 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ในระบบพืชแซมให้น้ำหนักเศษซากสูงสุดในวิธีการใส่ปุ๋ยหมัก คือ 502 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนวิธีใส่ปุ๋ยวิธีอื่นให้เศษซากเพียง 261-396 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ผลผลิตเมล็ดถั่วมะแฮะกับสูงที่สุด เมื่อปลูกในแปลงมันสำปะหลังที่มีการให้ปุ๋ยเคมี โดยให้น้ำหนักเมล็ดสูงสุด 42 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อวิธีการอื่นๆ ให้เมล็ดเพียง 5-13 กิโลกรัมต่อไร่ และเศษซากแห้งสูงที่สุดก็เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีเช่นเดียวกัน คือ 123 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อวิธีการอื่นๆให้น้ำหนักซากแห้งเพียง 31-41 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 16)

#### 3.3 ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน

เมื่อมีการเตรียมดินปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยออกมาจากสภาพดินที่ไม่ถูกรบกวน แต่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณที่ปลดปล่อยในทั้ง 3 ระบบ และพบการปลดปล่อยมากกว่าในระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องที่มีการเข้าไปกำจัดวัชพืชในช่วงอายุประมาณ 40 วัน ซึ่งในระบบพืชแซม มีถั่วลันเตาคลุมระหว่างแถวมันสำปะหลังอยู่แล้ว จึงมีการกำจัดวัชพืชน้อยกว่า และการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดพบในช่วง 103 วัน ซึ่งทั้งระบบพืชแซมและหมุนเวียนมีการปลดปล่อยสูงกว่าระบบปลูกต่อเนื่อง เป็นช่วงที่ทั้งสองระบบข้างต้นมีถั่วลันเตาที่กำลังเจริญเติบโตเต็มที่ พบความแตกต่างของระบบปลูกพืชหมุนเวียนที่ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงมากกว่าระบบอื่นๆที่ 152 วัน เนื่องจากเป็นช่วงที่เก็บเกี่ยวถั่วลันเตาและโลกบดซากลงแปลง

แต่ไม่พบความแตกต่างเมื่อมีการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงในระบบปลูกพืชแซมในช่วงอายุ 116-118 วัน อาจเนื่องมาจากผลผลิตถั่วลิสงแซมต่ำมาก จนไม่ทำให้มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (ภาพที่ 11)

ความชื้นมีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าช่วงที่ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเป็นช่วงที่ความชื้นในดินสูงสุด โดยมีแนวโน้มว่าในช่วงนั้นความชื้นในระบบปลูกถั่วลิสงหมุนเวียนมีความชื้นในดินสูงกว่าระบบอื่น แต่น้อยกว่าวิธีตรวจสอบนอกแปลงที่ดินไม่ถูกรบกวน (ภาพที่ 12)

ทั้งอุณหภูมิในดินและอากาศไม่แตกต่างกันของระบบปลูกพืชทั้งสาม โดยพบทั้งอุณหภูมิดินและอากาศสูงสุดในช่วงแรกของการปลูกอายุ 15-40 วัน ที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 35 องศาเซลเซียส และลดต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ที่อายุ 132 -253 วัน และลงมาใกล้ 25 องศาเซลเซียส ในช่วง 102-120 วัน และ 281 วัน อุณหภูมิอากาศและดินมีความแตกต่างน้อยมาก และมันสำปะหลังยังมีอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต (ภาพที่ 13 และ 14)

ผลของการจัดการปุ๋ยทำให้ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันเล็กน้อย โดยส่วนใหญ่ในช่วงเริ่มต้น 0-63 วันหลังปลูกการใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยเคมี หรือใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมีแนวโน้มปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และที่ 15 วันหลังปลูกยังพบการปลดปล่อยในแปลงใส่ปุ๋ยหมักสูงกว่าการใส่ปุ๋ยวิธีอื่น แต่เมื่อมาถึง 132-162 วันหลังปลูก การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการใส่ปุ๋ยหมักและไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณใกล้เคียงกับการไม่ใส่ปุ๋ยและน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมัก แต่ในช่วงอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างของปริมาณการปลดปล่อยจากการใส่ปุ๋ย (ภาพที่ 15) จากค่าเฉลี่ยของความชื้นดิน พบว่าช่วงที่ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด คือช่วงที่มีความชื้นดินสูงสุด คือประมาณ 35 มิลลิเมตร ในช่วงนั้นการใส่ปุ๋ยหมักมีความชื้นมากกว่าวิธีการอื่น รองจากวิธีตรวจสอบที่ไม่มีกรปลูกพืช (ภาพที่ 16) อุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศในแปลงต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 17 และ 18)

### 3.4 ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

ค่าอินทรีย์คาร์บอนสะสมแสดงในภาพที่ 7 และตารางที่ 3 ในการปลูกมันสำปะหลัง 374 วัน สูญเสียอินทรีย์คาร์บอนจากการปลดปล่อยบริเวณหน้าดินเมื่อปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง 25.8 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนกับถั่วลิสงปลดปล่อย 27.3 กิโลกรัมต่อไร่ และระบบปลูกถั่วลิสงแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง 27.1 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยปลดปล่อยใกล้เคียงกัน คือ 27.5-28.1 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยที่ปลดปล่อย 23.4 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าวิธีตรวจสอบที่ปลดปล่อย 22.1 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งปริมาณเมื่อเทียบกับการเก็บกักในรูปมวลชีวภาพของมันเป็นสำปะหลัง ที่มีคาร์บอนเก็บกักรวม 691 และ 624 กิโลกรัมต่อไร่ ในต้นมันสำปะหลังปลูกในระบบต่อเนื่องและพืชแซม ตามลำดับ และการการใส่ปุ๋ยเคมีที่เก็บกักได้สูงสุด 882 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่การใส่ปุ๋ยหมัก 844 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการไม่ใส่ปุ๋ยเก็บกักได้เพียง 333 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 16) แต่อย่างไรก็ดี อินทรีย์คาร์บอนที่เก็บได้ส่วนใหญ่เก็บกักในส่วนของหัว ซึ่งต้องนำออกจากแปลงไป

จากการคำนวณอินทรีย์คาร์บอนในดินก่อนการปลูกมันสำปะหลังที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร พบว่ามีค่าต่ำกว่า 1 ยกเว้นการใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ที่มีปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในดินที่มีค่า 1.05 และ 1.02 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยหมักเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนได้ถึง 274 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนั้นเศษซากถั่วลิสงและถั่วมะแฮะ สามารถเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนเข้าไปในระบบหมุนเวียนถึง 580 และ 26 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การปลูกถั่วลิสงโดยใส่ปุ๋ยหมักและไม่ใส่ปุ๋ยให้ซากที่มีปริมาณคาร์บอนถึง 456 และ 419 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

**ตารางที่ 14** ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

Cropping System	Fertilizer Management	pH (1:1 in water)	OM (%)	OC (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)	BD (g/cm <sup>2</sup> )
Mono	None	5.4	0.18	0.11	30	100	90	16	1.50
	CF	5.5	0.25	0.15	29	148	45	9	1.54
	CP	6.3	0.34	0.19	32	199	222	24	1.51
	CP+0.5CF	5.6	0.36	0.21	46	87	196	18	1.52
Rotation	None	5.2	0.24	0.14	13	132	94	14	1.36
	CF	4.6	0.36	0.21	29	116	67	13	1.44
	CP	6.2	0.38	0.22	9	173	258	25	1.26
	CP+0.5CF	5.5	0.43	0.25	55	145	193	18	1.50
Intercrop	None	5.4	0.29	0.25	4	158	112	16	1.59
	CF	4.7	0.28	0.17	24	116	107	13	1.58
	CP	6.0	0.40	0.23	24	110	281	25	1.59
	CP+0.5CF	5.5	0.33	0.19	11	155	180	15	1.55

CP = Compost rate 800 kg/rai, CF = Chemical fertilizer as 15-7-18 at the rate of 100 kg/rai and 0.5 CF = Chemical fertilizer as 15-7-18 at the rate of 50 kg/rai

OM = Organic matter and OC = Organic carbon and BD = Soil bulk density

**ตารางที่ 15** ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตและการสร้างชีวมวลของมันสำปะหลัง ถั่วลิสง และถั่วมะแฮะ ที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

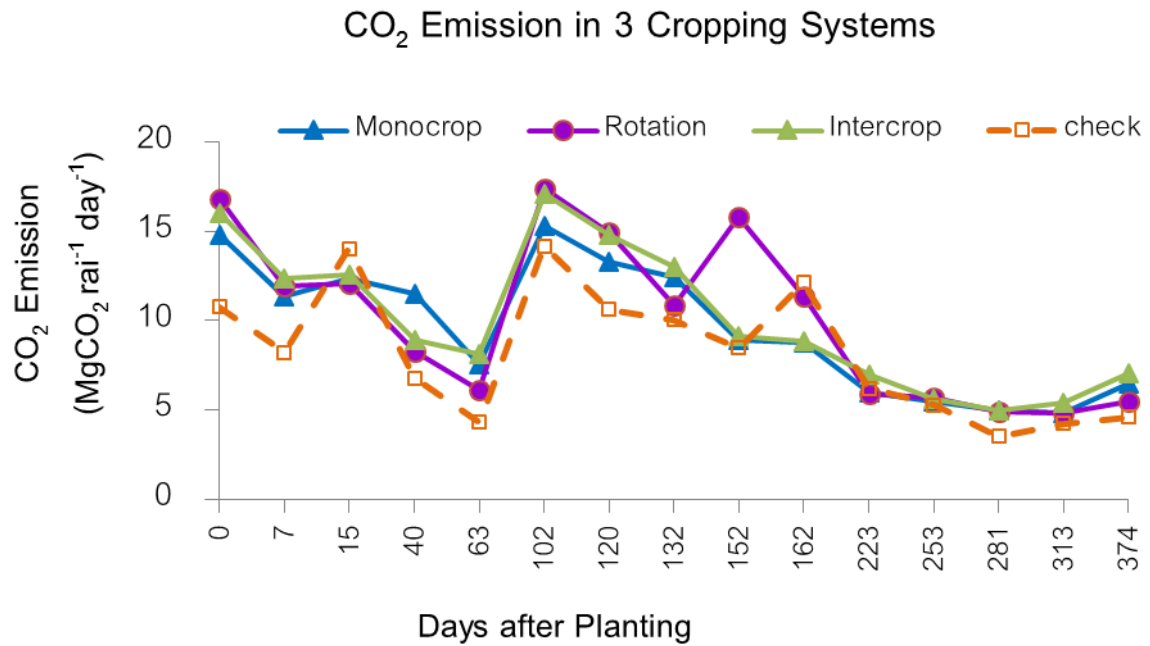
Cropping System	Fertilizer Management	Cassava Yield (Mg rai <sup>-1</sup> )	starch (%)	Peanut DW(kg/rai)		Pigeonpea DW (kg/rai)	
				Seed	Residue	Seed	Residue
Mono	None	2.06	17.0				
	CF	4.81	15.4				
	CP	5.87	16.1				
	CP+0.5CF	3.59	13.2				
Rotation	None	-	-	286	1,750	5	33
	CF	-	-	215	1,174	42	123
	CP	-	-	327	1,724	13	31
	CP+0.5CF	-	-	232	1,009	6	41
Intercrop	None	1.94	16.1	116	296		
	CF	4.89	15.9	43	261		
	CP	4.80	11.6	126	502		
	CP+0.5CF	3.89	13.0	97	396		

CP = Compost rate 800 kg/rai, CF = Chemical fertilizer as 15-7-18 at the rate of 100 kg/rai and 0.5 CF == Chemical fertilizer as 15-7-18 at the rate of 50 kg/rai

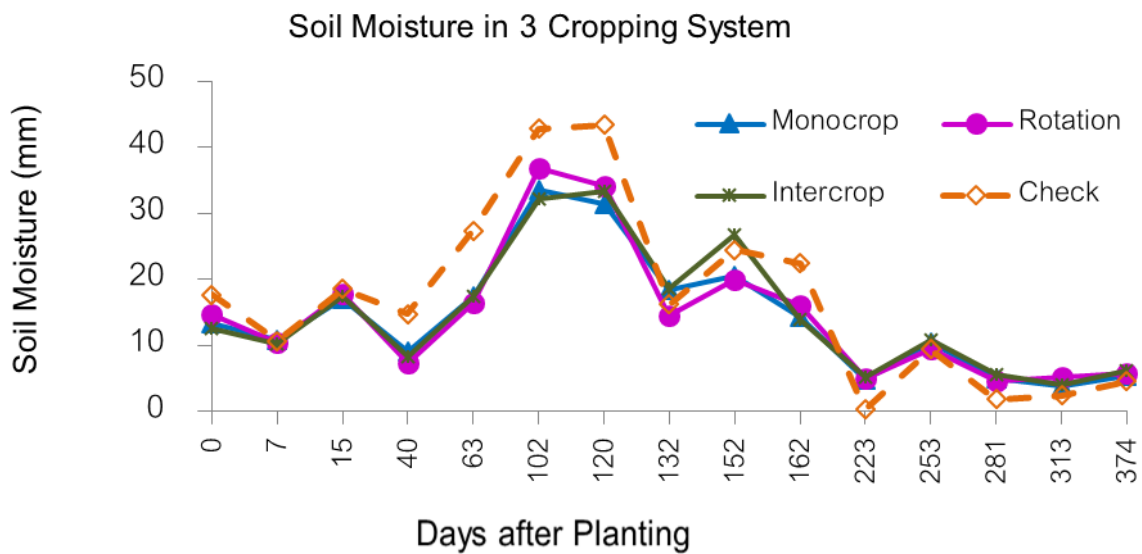
OM = Organic matter and OC = Organic carbon

**ตารางที่ 16** ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

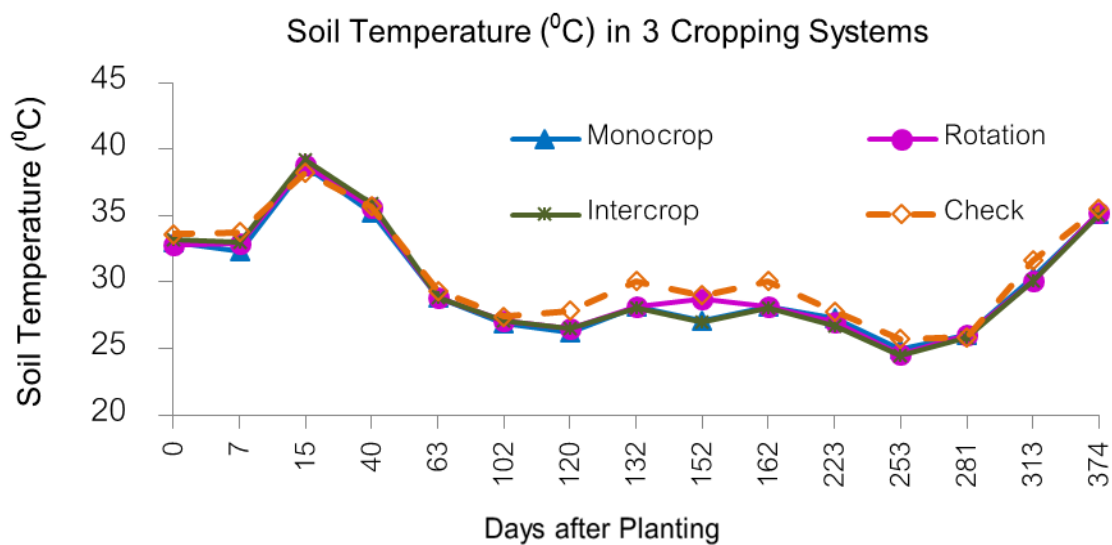
Cropping Systems	Organic carbon Storage (kg/rai)					Organic carbon input				Organic carbon loss from emission kg/rai/crop
	Cassava biomass (kg/rai)				stock* in soil 0-20 cm	compost	Residue			
	Tuber	stalk	leaf	Total			peanut	pigeonpea	Total	
Monocrop	579	100	12	691	0.82	274	0	0	274	25.8
Rotation	0	0	0	0	0.97	0	580	26	606	27.3
Intercrop	509	102	14	624	0.91	274	149	0	424	27.1
Fertilizer application										
none	283	46	5	333	0.66	0	419	15	435	23.4
15-7-18	682	171	28	882	0.87	0	294	57	351	28.1
CP800	732	101	11	844	1.05	274	456	14	745	28.0
7.5-3.5-9+CP800	479	88	7	573	1.02	274	288	19	581	27.5



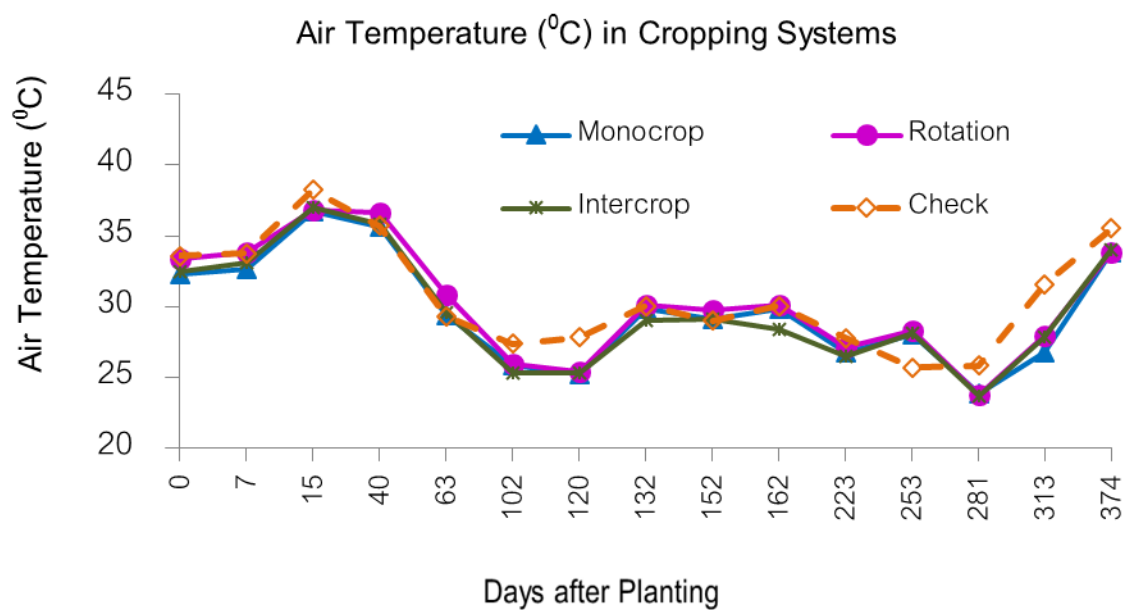
ภาพที่ 11 ผลของระบบปลูกพืชต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง เป็นพืชหลัก ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59



ภาพที่ 12 ความชื้นดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ในระบบปลูกพืชที่มีมันสำปะหลังเป็นพืชหลัก ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59



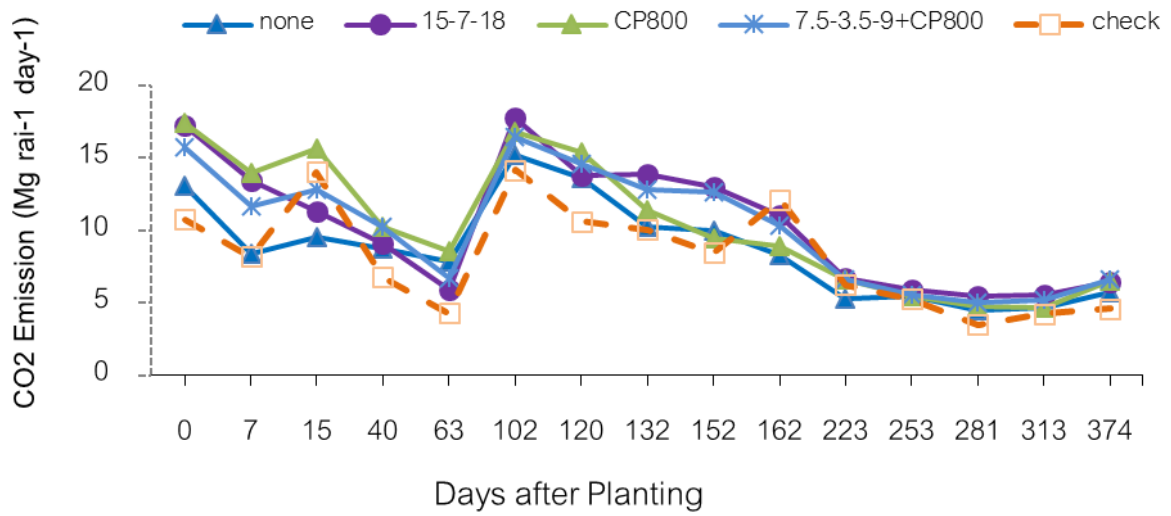
ภาพที่ 13 อุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ในระบบปลูกพืชที่มีมันสำปะหลังเป็นพืชหลัก ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59



ภาพที่ 14 อุณหภูมิอากาศในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชหลัก ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59

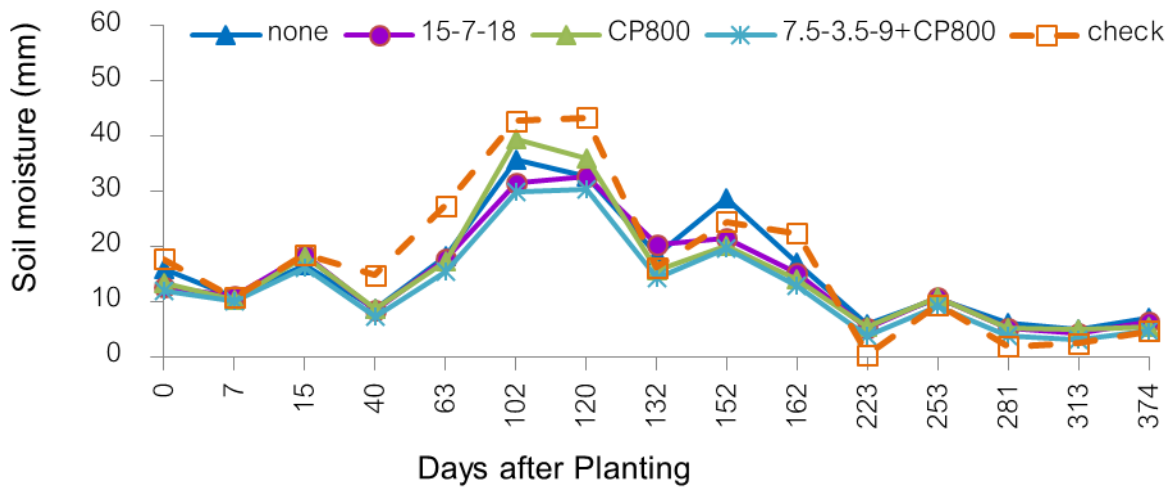


### CO2 Emission with Different Fertilizer Application

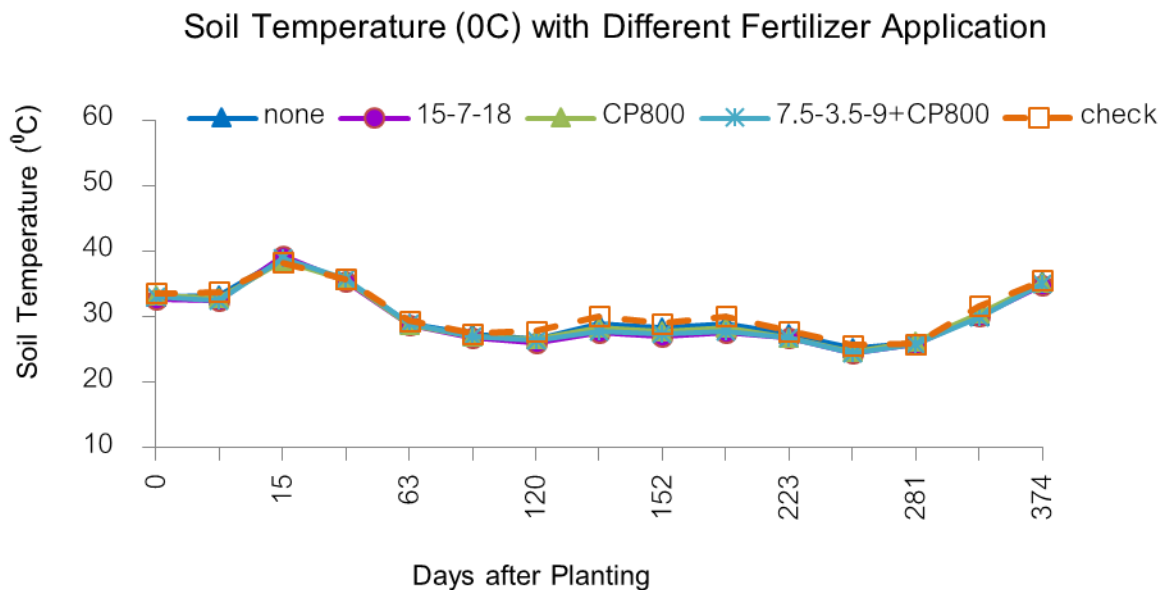


ภาพที่ 15 ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง เป็นพืชหลัก ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59

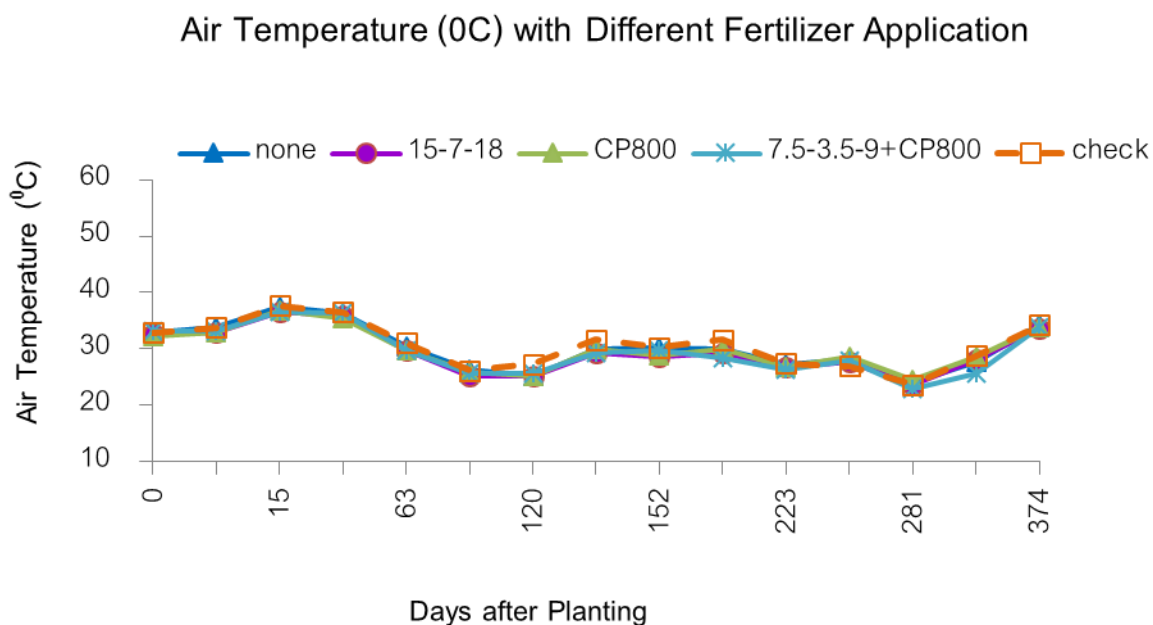
### Soil Moisture with Different Fertilizer Application



ภาพที่ 16 ความชื้นดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชหลักที่มีการจัดการปุ๋ยแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59



ภาพที่ 17 อุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชหลักที่มีการจัดการปุ๋ยแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59



ภาพที่ 18 อุณหภูมิอากาศในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชหลักที่มีการจัดการปุ๋ยแตกต่างกัน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูปลูกปี 2558/59

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของระบบปลูกพืช การจัดการปุ๋ยและเศษซากพืช ต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจากแปลงทดลองระยะยาวจังหวัดระยองและจังหวัดขอนแก่น สามารถสรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดีที่สุด แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือการไถกลบเศษซากพืชในการปรับปรุงดินนั้นจะทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเล็กน้อย ดังนั้นในการพิจารณาวิธีการจัดการดินปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตมันสำปะหลังต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพการผลิตที่สามารถรักษาคุณภาพดินและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันสำปะหลังต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และควรมีการไถกลบเศษซากพืชหรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

### เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. 215 หน้า
- Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. *Geoderma* 123: 1-22.
- 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.
- Yonekura, Y.S.O, Y. Kiyono, D. Aksa, K. Morisada, N. Tanaka and M. Kanzaki. 2010. Changes in Soil Carbon Stock after Deforestation and Subsequent Establishment of “Imperata” Grassland in the Asian Humid Tropics. *Plant Soil*. 329: 495-507.

**กิจกรรมที่ 4**  
**การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง**  
**Building up of Carbon Bank under Soybean Production Areas**

**ชื่อผู้วิจัย**

พรพรรณ สุทธิรัมย์ นภาพร คำนวนทิพย์ สุพรรณณี เป็งคำ ปัทมกร พงวาเรศ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

**คำสำคัญ**

ธนาคารคาร์บอน การกักเก็บคาร์บอน อินทรีย์วัตถุ พีซีไร่ ถั่วเหลือง  
 Carbon Bank, Carbon Sequestration, Organic matter, Field Crops, Soybean

**บทคัดย่อ**

ศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพนาและสภาพไร่ ปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วยวิธีการจัดการดินและปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การไถพรวน การใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม การใช้น้ำหมักจากผลไม้และสมุนไพร ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ผลการทดลองพบว่า ทั้งในสภาพนาและสภาพไร่ การใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และ/หรือ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม สามารถเพิ่มเติมปริมาณคาร์บอนกลับลงไปในดินได้มากกว่าการจัดการดินและปุ๋ยรูปแบบอื่น ๆ โดยกรรมวิธีที่มีการไถพรวนดิน ใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและน้ำหมักจากผลไม้และสมุนไพรตามระบบเกษตรอินทรีย์ ทำให้ดินมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการจัดการดินและปุ๋ยตามระบบเกษตรอินทรีย์พบว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าการจัดการดินและปุ๋ยในระบบที่ใช้ปุ๋ยเคมี อีกทั้งยังให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ

## บทนำ

ภาวะโลกร้อนมีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตร ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลก โดยปัจจุบันความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 380 ส่วนในล้านส่วน จากเดิมเมื่อ 150 ปีก่อนที่มีเพียง 280 ส่วนในล้านส่วน การทำการเกษตรหากมีการจัดการดิน-ปุ๋ย ไม่ถูกต้องและเหมาะสม เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น เช่น การสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ในสภาพที่มีอากาศก็จะเกิดก๊าซ CO<sub>2</sub> แต่ถ้าในสภาพน้ำขังก็จะเกิดก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพดินไร่ไม่เหมาะสม ก็อาจเพิ่มการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) มีการยอมรับมากขึ้นว่าการทำเกษตรอินทรีย์เป็นการทำการเกษตรที่สามารถหยุดยั้ง (mitigation) ภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือโลกร้อนได้ เนื่องจากระบบเกษตรอินทรีย์สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) และมีเทน (CH<sub>4</sub>) รวมทั้งเพิ่มการดูดซับธาตุคาร์บอนไว้ในดิน (carbon sequestration) ได้มากกว่าการเกษตรในระบบเคมีปกติ (Goh, 2009) แต่ประเด็นปัญหาคือประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน ดินไร่นานานๆไปสามารถเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินน้อยกว่าเขตอบอุ่นเนื่องจากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นเร็ว ทำให้มี CO<sub>2</sub> ปลดปล่อยออกมา นอกจากนี้การกัดกร่อนผิวดินก็เป็นตัวเร่งให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนออกไปจากพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีวิธีการจัดการดิน-ปุ๋ย และพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการสูญเสีย และหรือสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ ทำให้เกิดการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้มากขึ้น เพื่อให้ดินเป็นเสมือนธนาคารในการกักเก็บคาร์บอน

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวแล้วเหลือทิ้งในปีการผลิต 2558 ประมาณ 217,171 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ซึ่งหากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บสะสมคาร์บอนในดินและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้จะเป็นการช่วยลดหรือชลอการเกิดภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่ง

## ระเบียบวิธีวิจัย

### 1. ศึกษาการจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพนา

กรรมวิธีการทดลอง RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ประกอบด้วย

- 1) ไถพรวน ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี  
(tillage + no rhizobium + no fertilizer: T + no R + no F)
- 2) ไถพรวน ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ใช้ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (GAP)  
(tillage + rhizobium + fertilizer: T + R + F)
- 3) ไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ใช้ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (tillage + compost + rhizobium + fertilizer: T + C + R + F)
- 4) ไม่เตรียมดิน ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ใช้ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่  
(No tillage + rhizobium + fertilizer: No T + R + F)
- 5) ไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม น้ำหมักชีวภาพจากผลไม้และสมุนไพร ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมี (tillage + compost + rhizobium + bio-extract + no chemical control: T + R + Organic)

T1-T4 ป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยใช้สารเคมี ตามความจำเป็น ส่วน T5 พ่นน้ำหมักชีวภาพสัปดาห์ละครั้ง ขนาดแปลงทดลองย่อย 3x5 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 2x4 เมตร ทำการทดลองในปี 2557-2559 (ถั่วเหลืองฤดูแล้ง 3 ฤดู และข้าวนาปี 2 ฤดู) ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ใช้ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ระยะปลูกถั่วเหลือง 50x20 เซนติเมตร. ดูแลรักษาตามกรรมวิธี ทำการเก็บก๊าซ CO<sub>2</sub> เนื้อผิวดินในแปลงปลูก ทุก 2 สัปดาห์ (ทุกกรรมวิธี ทุก ซ้ำ และจากที่ว่างข้างแปลง) ด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ขวดละ 20 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทด้วย HCl ความเข้มข้น 1 นอร์มัล พร้อมเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 20 50 และ 75 เซนติเมตร เพื่อหาความชื้น

บันทึกข้อมูลสภาพภูมิอากาศระหว่างการทำทดลอง สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในแปลงปลูกที่ระยะเวลาต่างๆ หรือทุก 2 สัปดาห์ พร้อมความชื้นดิน และอุณหภูมิของดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงที่อายุ 30 วัน และก่อนเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดของต้นใบ และฝัก ในพื้นที่เก็บเกี่ยว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตัวอย่างสุ่ม แยกเป็นส่วนของต้น ใบ เมล็ด และเปลือกฝัก ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของถั่วเหลือง ผลผลิตของถั่วเหลือง

### 2. ศึกษาการจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพไร่

วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ดังนี้

- 1) ไถพรวน ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี  
(tillage + no rhizobium + no fertilizer: T + no R + no F)
- 2) ไถพรวน ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ใช้ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (GAP)  
(tillage + rhizobium + fertilizer: T + R + F)
- 3) ไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (tillage + compost + rhizobium + fertilizer: T + C + R + F)
- 4) ไถพรวน ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมี 0-9-6 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่  
(tillage + rhizobium + P + K: T + R + P+K)

- 5) ไถพรวน + ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ + ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม + น้ำหมักชีวภาพจากผลไม้และสมุนไพร  
ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมี (tillage + compost + rhizobium + bio-extract + no chemical  
control: T + R + Organic)

T1-T4 ป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยใช้สารเคมีตามความจำเป็น ส่วน T5 พ่นน้ำหมักชีวภาพสัปดาห์ละครั้ง  
(อัตราส่วนต่อน้ำ 1: 200) ขนาดแปลงทดลองย่อย 3x5 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 2x4 เมตร ระยะปลูก 50x20  
เซนติเมตร ดูแลรักษาตามกรรมวิธี ทำการเก็บก๊าซ CO<sub>2</sub> เหนือผิวดินในแปลงปลูก ทุก 2 สัปดาห์ (ทุกกรรมวิธี ทุก  
ซ้ำ และจากที่ว่างข้างแปลง) ด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ขวดละ 20 ml แล้วไตเตรทด้วย HCl  
ความเข้มข้น 1 N พร้อมเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 20 50 และ 75 เซนติเมตร เพื่อหาความชื้นดิน ก่อนปลูกถั่ว  
เหลือง ทำการปลูกพืชบำรุงดินแล้วไถกลบ ดำเนินการ 3 ปี (2557-2559) ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

บันทึกข้อมูลสภาพภูมิอากาศระหว่างการทำทดลอง สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน ปริมาณการ  
ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในแปลงปลูกที่ระยะเวลาต่างๆ หรือทุก 2 สัปดาห์ พร้อมความชื้นดิน  
และอุณหภูมิของดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร การเจริญเติบโต ได้แก่ ความ  
สูงที่อายุ 30 วัน และก่อนเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดของต้นใบ และฝัก ในพื้นที่เก็บเกี่ยว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของ  
ตัวอย่างสุ่ม แยกเป็นส่วนของต้น ใบ เมล็ด และเปลือกฝัก ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในส่วนต่างๆของถั่ว  
เหลือง ผลผลิตของถั่วเหลือง



## ผลการทดลอง

### 1. ศึกษาการจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพนา

วันปลูก วันเก็บเกี่ยว และจำนวนครั้งในการเก็บก๊าซ แต่ละปี แสดงในตารางที่ 1 ผลการทดลอง แสดงในรูปสมดุลของคาร์บอน (C- balance) ซึ่งประกอบด้วย คาร์บอนที่ใส่ลงไปในดิน ได้แก่ คาร์บอนที่ได้จากปุ๋ยอินทรีย์ และ จากเศษซากพืชที่เหลืออยู่ในดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งได้แก่ รากถั่วเหลือง และคาร์บอนที่สูญเสียไปจากดิน ประกอบด้วย คาร์บอนจากส่วนของพืชที่นำออกจากแปลง ได้แก่ ผลผลิตเมล็ด ต้น ใบ (รวมใบที่ร่วงลงพื้นในระยะใกล้เก็บเกี่ยว) และเปลือกฝักถั่ว พบว่า การปลูกถั่วเหลืองหลังนาในปีแรก (2557) กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยหมัก ได้แก่ กรรมวิธีที่ 5 ที่มีการไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้และสมุนไพรโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (T+C+R+organic) และ กรรมวิธีที่ 3 ที่มีการไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (T+C+R+F) มีการสูญเสียคาร์บอนน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น โดยค่าสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ เท่ากับ -139.7 และ -143.4 กิโลกรัม C ต่อไร่ ขณะที่ กรรมวิธีที่ 1 ที่มีการไถพรวน แต่ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (T+no R+no F) กรรมวิธีที่ 2 ที่มีการไถพรวน ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ใช้ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (GAP) (T+R+F) และ กรรมวิธีที่ 4 ที่มีการไถพรวน ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (T+R+F) มีค่าสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ เท่ากับ -621.3 -677.1 และ -715.7 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) (กรรมวิธีที่ 4 เป็น T+R+F เนื่องจากเริ่มการทดลองต้องทำการเตรียมดินก่อน)

จากข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC: Soil Organic Carbon) ของแปลงทดลอง พบว่า หลังเก็บเกี่ยว ในปี 2557 2558 และ 2559 กรรมวิธีที่ 5 ที่มีการไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้และสมุนไพรโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (T+C+R+organic) อินทรีย์คาร์บอน (SOC) ในดินหลังเก็บเกี่ยวเท่ากับ 419.7 299.0 และ 296.6 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ สูงกว่ากรรมวิธีอื่น (ภาพที่ 1) หรือกล่าวได้ว่า การใช้ปุ๋ยหมักปรับปรุงดินก่อนปลูกถั่วเหลือง อัตรา 2 ตันต่อไร่ ทั้งในระบบเคมี และอินทรีย์ ช่วยในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดีกว่าไม่ใช้

นอกจากนี้ อัตราการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากดินตลอดฤดูปลูกถั่วเหลือง พบว่า การปลูกแบบอินทรีย์มีการปล่อยก๊าซสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ในปี 2557 (228.1 กิโลกรัม C ต่อไร่) แต่ในปี 2558 และ 2559 การปลูกแบบอินทรีย์ (156.8 และ 119.0 กิโลกรัม C ต่อไร่) มีการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ใกล้เคียงกับกรรมวิธีอื่น (149.0-161.1 กิโลกรัม C ต่อไร่ และ 97.3-130.8 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 2)

อย่างไรก็ตาม ผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทุกกรรมวิธี และมีค่าเฉลี่ย 321.8 กิโลกรัม ต่อไร่ ในปีที่ 2 (2558) และ 3 (2559) พบเช่นเดียวกัน โดยกรรมวิธีที่ 5 ที่มีการไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้และสมุนไพรโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีที่ 3 มีการไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ให้ค่า C-balance 157.5 และ 19.6 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในปี 2558 และเท่ากับ 28.0 และ -184.1 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในปี 2559 แม้ว่า ผลผลิตเมล็ดจากการผลิตแบบอินทรีย์ (T5) จะต่ำกว่ากรรมวิธี T1 T2 T3 และ T4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปี 2558 (141.5 กิโลกรัมต่อไร่) และ 2559 (181.7 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 วันปลูก วันเก็บเกี่ยว จำนวนครั้งของการเก็บก๊าซ CO<sub>2</sub> ปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูก และค่าความร้อนสะสม (GDD) ในการทดลองฤดูแล้ง 3 ปี (2557-2559)

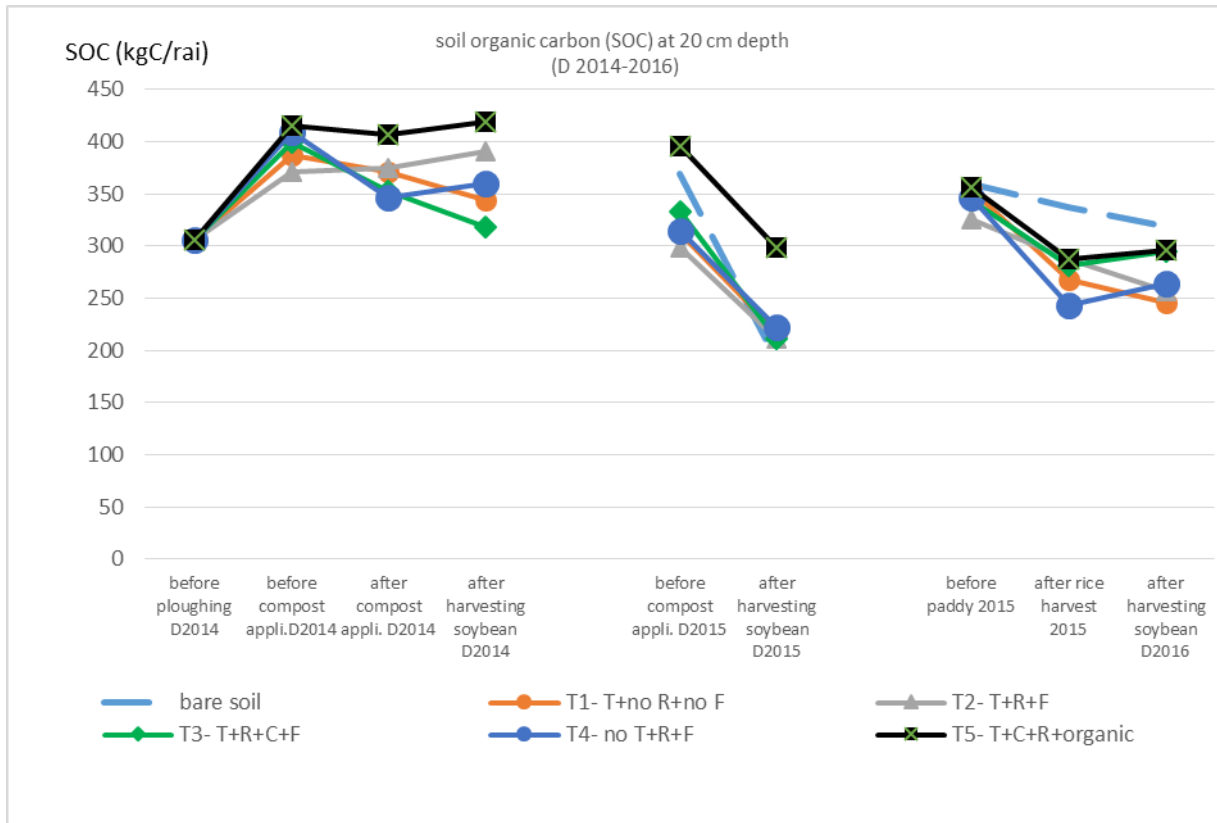
ปี	วันปลูก - วันเก็บเกี่ยว	จำนวนครั้งของการเก็บก๊าซ CO <sub>2</sub>	ปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูก (มม.)	Growing Degree Day (GDD -°C)
<b>D 2557</b>				
ถั่วเหลือง	28 ธ.ค. 2556 - 17 เม.ย. 2557	9 ครั้ง: 26 ธ.ค. 2556 - 18 เม.ย. 2557	40.8 + irrigation	1,584.1
ข้าว (หอมนิล)	31 ก.ค. 2557 - 15 ธ.ค. 2557	-	481.3	
<b>D 2558</b>				
ถั่วเหลือง	15 ม.ค. 2558 - 27 เม.ย. 2558	8 ครั้ง: 24 ธ.ค. 2557 - 29 เม.ย. 2558	111.8 + irrigation	1,669.0
ข้าว(ขดมล 105)	20 ก.ค. 2558 - 25 พ.ย. 2558	-	435.1	
<b>D 2559</b>				
ถั่วเหลือง	12 ธ.ค. 2558 - 23 มี.ค. 2559	8 ครั้ง: 25 พ.ย. 2558 - 14 มี.ค. 2559	49.8 + irrigation	1,499.0

ตารางที่ 2 สมดุลของคาร์บอนจากการจัดการธาตุอาหาร 5 กรรมวิธีในการปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้ง และผลผลิตถั่วเหลือง ปี 2557-2559 ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

Total C (kg C/rai)		Bare soil	T1 T+no R+no F	T2 T+R+F	T3 T+C+R+F	T4 noT+R+F	T5 T+C+R+organic
<b>D 2014</b>							
C-input	C จากปุ๋ยอินทรีย์	0	0	0	525.9	0	525.9
	C จากเศษซากพืช (ราก)						
	<b>total C-input</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>525.9</b>	<b>0.0</b>	<b>525.9</b>
C-loss	C จากการปล่อย CO <sub>2</sub> จากดิน (ตลอดฤดูปลูก)	245.4	136.5	141.6	146.0	143.0	228.1
	C จากเศษซากพืชที่นำออกไป		484.8	535.5	523.3	572.7	437.6
	-เมล็ด		270.0	274.7	306.3	316.6	201.5
	-ต้น		72.9	108.4	76.6	91.5	72.9
	-ใบ		0.00	0.00	1.01	1.17	5.66
	-เปลือกฝัก		141.9	152.4	139.4	163.4	157.5
	<b>total C-loss</b>	<b>245.4</b>	<b>621.3</b>	<b>677.1</b>	<b>669.3</b>	<b>715.7</b>	<b>665.6</b>
	C-balance (input-loss)	-245.4	-621.3	-677.1	-143.4	-715.7	-139.7
	Seed yield 2014 (kg/rai)		313.4	325.6	350.9	377.2	241.9
F-test ns; CV 21.9%; grand mean = 321.8 kg/rai							

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

Total C (kg C/rai)		Bare soil	T1 T+no R+no F	T2 T+R+F	T3 T+C+R+F	T4 noT+R+F	T5 T+C+R+organic
<b>D 2015</b>							
C-input	C จากปุ๋ยอินทรีย์	0	0	0	525.9	0	525.9
	C จากเศษซากพืช (ราก)						
<b>total C-input</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>525.9</b>	<b>0.0</b>	<b>525.9</b>
C-loss	C จากการปล่อย CO <sub>2</sub> จากดิน (ตลอดฤดูปลูก)	221.2	149.0	161.1	155.5	151.4	156.8
	C จากเศษซากพืชที่นำออกไป		291.9	350.6	350.7	394.3	211.6
	-เมล็ด		143.9	174.4	184.7	181.4	107.2
	-ต้น		69.8	96.9	84.8	119.4	58.0
	-ใบ		21.4	11.9	4.7	24.1	
	-เปลือกฝัก		56.8	67.4	76.5	69.4	46.4
	<b>total C-loss</b>		<b>221.2</b>	<b>440.9</b>	<b>511.7</b>	<b>506.3</b>	<b>545.6</b>
<b>C-balance (input-loss)</b>		<b>-221.2</b>	<b>-440.9</b>	<b>-511.7</b>	<b>19.6</b>	<b>-545.6</b>	<b>157.5</b>
Seed yield 2015 (kg/rai)			190.0 ab	226.0 a	248.0 a	242.3 a	141.5 b
F-test **: CV 17.9%							
<b>D 2016</b>							
C-input	C จากปุ๋ยอินทรีย์	0	0	0	525.91	0	525.91
	C จากเศษซากพืช (ราก)		50.8	65.0	81.4	70.7	57.5
<b>total C-input</b>		<b>0.0</b>	<b>50.8</b>	<b>65.0</b>	<b>607.3</b>	<b>70.7</b>	<b>583.4</b>
C-loss	C จากการปล่อย CO <sub>2</sub> จากดิน (ตลอดฤดูปลูก)	140.4	100.7	127.0	130.8	97.3	119.0
	C จากเศษซากพืชที่นำออกไป		577.7	588.1	660.6	773.6	436.4
	-เมล็ด		210.4	257.3	284.4	240.1	141.2
	-ต้น		100.2	138.7	138.1	179.0	110.9
	-ใบ		142.2	55.1	75.0	174.2	76.5
	-เปลือกฝัก		124.9	137.0	163.2	180.4	107.8
	<b>total C-loss</b>		<b>140.4</b>	<b>678.3</b>	<b>715.1</b>	<b>715.1</b>	<b>791.4</b>
<b>C-balance (input-loss)</b>		<b>-140.4</b>	<b>-627.5</b>	<b>-650.1</b>	<b>-184.1</b>	<b>-800.2</b>	<b>28.0</b>
Seed yield 2016 (kg/rai)			266.2 b	328.8 ab	358.1 a	300.9 ab	181.7 c
F-test **: CV 16.4%							



ภาพที่ 1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินจากแปลงถั่วเหลืองที่จัดการธาตุอาหารต่าง ๆ กัน  
ในฤดูแล้งสภาพหลังนา ปี 2557-2559 (ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่)

## 2. ศึกษาการจัดการปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพไร่

วันปลูก วันเก็บเกี่ยว และจำนวนครั้งในการเก็บเกี่ยว แต่ละปี แสดงในตารางที่ 3 ผลการทดลอง แสดงในรูปสมดุลของคาร์บอน (C- balance) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนที่ใส่ลงไปดิน ได้แก่ คาร์บอนจากปุ๋ยอินทรีย์ และจากเศษซากพืชที่เหลืออยู่ในดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งได้แก่ รากถั่วเหลือง และ คาร์บอนที่สูญเสียไปจากดิน ประกอบด้วยคาร์บอนจากส่วนของพืชที่นำออกจากแปลง ได้แก่ ผลผลิตเมล็ด ต้น ใบ (รวมใบที่ร่วงลงพื้นในระยะใกล้เก็บเกี่ยว) และเปลือกฝักถั่ว พบว่า การปลูกถั่วเหลืองสภาพไร่ปลายฝน กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยหมัก ได้แก่ กรรมวิธีที่ 3 ที่มีการไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม และใช้ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (T+C+R+F) และกรรมวิธีที่ 5 ที่มีการไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม และน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้และสมุนไพร แต่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมี (T+C+R+organic) มีการสูญเสีย C น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น เช่นเดียวกับในสภาพนาฤดูแล้ง โดยค่า C-balance เท่ากับ -0.2 และ -120.1 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในปี 2557 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) และเช่นเดียวกับในปีที่ 2 (2558) ซึ่งค่า C-balance เท่ากับ -69.7 และ -125.7 กิโลกรัม C ต่อไร่ สูงกว่าค่า C-balance ของกรรมวิธีอื่น ๆ

จากการติดตามการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ตลอดฤดูปลูก พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันทุกกรรมวิธี ทั้งในปี 2557 2558 และ 2559 ในการทดลองสภาพไร่ปลายฤดูฝน โดยมีค่าในช่วง 110.5-139.0 176.3-206.9 และ 82.1-127.1 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ การสะสม C ไว้ในดินในวิธีจัดการธาตุอาหารต่าง ๆ จากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน พบว่า การปลูกถั่วเหลืองแบบอินทรีย์ หรือกรรมวิธีที่ 5 ให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่นหลังจากเก็บเกี่ยว โดยเท่ากับ 400.7 530.9 และ 391.3 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในปี 2557 2558 และ 2559 ตามลำดับ (ภาพที่ 2) สรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยหมักปรับปรุงดินก่อนปลูกถั่วเหลืองในสภาพไร่ ปลายฤดูฝน สะสม C ไว้ในดินได้ดีกว่าไม่ใช้ ทั้งในระบบเคมี และอินทรีย์

สำหรับผลของการจัดการปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตเมล็ดถั่วเหลือง พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ที่มีการไถพรวน ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม และใช้ปุ๋ยเคมี 0-9-6 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (T+R+P+K) กรรมวิธีที่ 3 ที่มีการไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม และใช้ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (T+C+R+F) กรรมวิธีที่ 5 ที่มีการไถพรวน ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมและน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้และสมุนไพร แต่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมี (T+C+R+organic) และ กรรมวิธีที่ 2 ที่มีการไถพรวน ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ตามวิธีของ GAP (T+R+F) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 136.5 124.0 116.5 และ 112.0 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 ที่ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมและไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (86.0 กก./ไร่) ส่วนปี 2558 ผลผลิตเมล็ดต่ำ เพราะสภาพฝนทิ้งช่วงบ่อย ๆ กรรมวิธี 1 ที่ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมและไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (T+no R+no F) กรรมวิธีที่ 4 ที่มีการไถพรวน ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม และใช้ปุ๋ยเคมี 0-9-6 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (T+R+P+K) และ กรรมวิธีที่ 3 ที่มีการไถพรวน ใส่ ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม และใช้ปุ๋ยเคมี 3-6-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ (T+C+R+F) ให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีอื่น เฉลี่ย 78.4 77.9 และ 55.0 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และปี 2559 ถั่วเหลืองให้ผลผลิตต่ำเช่นกัน โดยกรรมวิธีที่ 1-4 ให้ผลผลิต 41.9 43.2 45.8 และ 49.6 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่ากรรมวิธีที่ 5 ซึ่งให้ 11.1 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 3 วันปลูก วันเก็บเกี่ยว จำนวนครั้งของการเก็บก๊าซ CO<sub>2</sub> ปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูก และค่าความร้อนสะสม (GDD) ในการทดลองสภาพไร่ ปลายฤดูฝน 3 ปี (2557-2559)

ปี	วันปลูก - วันเก็บเกี่ยว	จำนวนครั้งของการเก็บก๊าซ CO <sub>2</sub>	ปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูก(มม.)	Growing Degree Day (GDD -°C)
LR 2557	6 ส.ค. 2557 – 6 พ.ย. 2557	10 ครั้ง: 20 มิ.ย. 2557 – 24 พ.ย. 2557	460.1	1,664.7
LR 2558	23 มิ.ย. 2558 – 9 ต.ค. 2558	7 ครั้ง: 9 มิ.ย. 2558 – 16 ต.ค. 2558	475.8	2,015.6
LR 2559	6 มิ.ย. 2559 - 13 ก.ย. 2559	3 ครั้ง: 26 พ.ค. 2559 – 28 ก.ย. 2559*	574.7	1,835.9

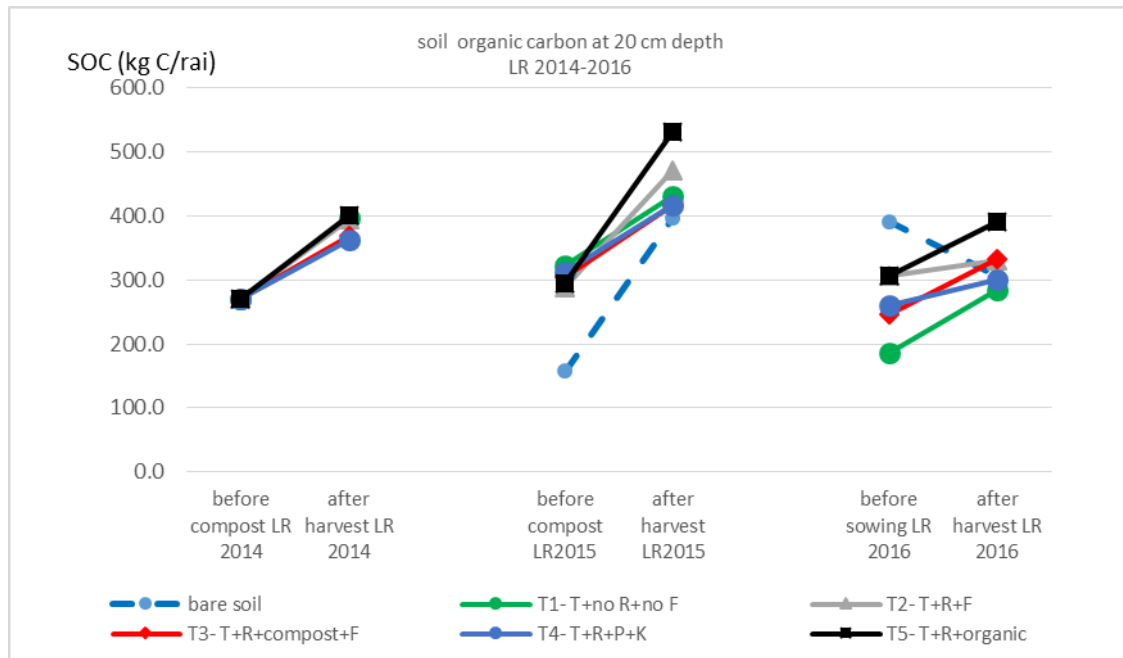
\*เนื่องจาก burette แตก จึงทำได้เพียง 3 ครั้ง

ตารางที่ 4 สมดุลของคาร์บอนจากการจัดการธาตุอาหาร 5 กรรมวิธีในการปลูกข้าวเหลืองสภาพไร่ปลายฤดูฝน และผลผลิตข้าวเหลือง ปี 2557-2559 ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

Total C (kg C/rai)		Bare soil	T1 T+no R+no F	T2 T+R+F	T3 T+C+R+F	T4 T+R+P+K	T5 T+C+R+organic
<b>LR 2014</b>							
C-input	C จากปุ๋ยอินทรีย์	0	0	0	525.9	0	525.9
	C จากเศษซากพืช (ราก)						
	<b>total C-input</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>525.9</b>	<b>0.0</b>	<b>525.9</b>
C-loss	C จากการปล่อย CO <sub>2</sub> จากดิน (ตลอดฤดูปลูก)	140.1	139.0	110.5	126.0	118.8	133.8
	C จากเศษซากพืชที่นำออกไป		296.0	376.4	400.1	396.8	512.2
	-เมล็ด		79.85	104.24	117.42	134.54	116.68
	-ต้น		87.49	102.24	123.86	126.03	223.01
	-ใบ		10.63	13.63	12.13	9.97	7.68
	-เปลือกฝัก		118.04	156.26	146.71	126.30	164.85
	<b>total C-loss</b>	<b>140.1</b>	<b>435.1</b>	<b>486.9</b>	<b>526.2</b>	<b>515.7</b>	<b>646.0</b>
	<b>C-balance (input-loss)</b>	<b>-140.1</b>	<b>-435.1</b>	<b>-486.9</b>	<b>-0.2</b>	<b>-515.7</b>	<b>-120.1</b>
	<b>seed yield (kg/rai)* (CV = 16.1%)</b>		<b>86.0 b</b>	<b>112.0 ab</b>	<b>124.0 a</b>	<b>136.5 a</b>	<b>116.5 a</b>
<b>LR 2015</b>							
C-input	C จากปุ๋ยอินทรีย์	0	0	0	525.91	0	525.91
	C จากเศษซากพืช (ราก)		12.40	13.07	14.46	10.91	11.21
	<b>total C-input</b>	<b>0.0</b>	<b>12.4</b>	<b>13.1</b>	<b>540.4</b>	<b>10.9</b>	<b>537.1</b>
C-loss	C จากการปล่อย CO <sub>2</sub> จากดิน (ตลอดฤดูปลูก)	279.4	176.3	189.1	202.2	199.6	206.9
	C จากเศษซากพืชที่นำออกไป		353.5	540.7	407.9	331.5	455.9
	-เมล็ด		57.30	33.26	39.89	57.69	30.36
	-ต้น		186.47	312.71	262.57	142.49	274.00
	-ใบ		48.56	125.90	45.87	65.86	72.55
	-เปลือกฝัก		61.12	68.77	59.58	65.46	79.00
	<b>total C-loss</b>	<b>279.4</b>	<b>529.8</b>	<b>729.8</b>	<b>610.1</b>	<b>531.1</b>	<b>662.8</b>
	<b>C-balance (input-loss)</b>	<b>-279.4</b>	<b>-517.4</b>	<b>-716.7</b>	<b>-69.7</b>	<b>-520.2</b>	<b>-125.7</b>
	<b>seed yield 2015 (kg/rai)</b>		<b>78.4 a</b>	<b>46.7 b</b>	<b>55.0 ab</b>	<b>77.9 a</b>	<b>42.6 b</b>
	<b>F-test *; CV 30.4%</b>						

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Total C (kg C/rai)		Bare soil	T1		T2	T3	T4	T5
			T+no R+no F	T+R+F	T+C+R+F	T+R+P+K	T+C+R+organic	
<b>LR 2016</b>								
C-input	C จากปุ๋ยอินทรีย์	0	0	0	525.9	0	525.9	
	C จากเศษซากพืช (ราก) (รอมลวิเคราะห์)							
<b>total C-input</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>525.9</b>	<b>0.0</b>	<b>525.9</b>	
C-loss	C จากการปล่อย CO <sub>2</sub> จากดิน (ตลอดฤดูปลูก)	113.0	117.5	127.1	97.1	82.1	106.7	
	C จากเศษซากพืชที่ นำออกไป (รอมล วิเคราะห์)							
	-เมล็ด							
	-ต้น							
	-ใบ							
	-เปลือกฝัก							
<b>total C-loss</b>								
<b>C-balance (input-loss)</b>								
Seed yield 2016 (kg/rai)			41.9 a	43.2 a	45.8 a	49.6 a	11.1 b	
F-test *; CV 44.4%								



ภาพที่ 2 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินจากแปลงถั่วเหลืองที่จัดการธาตุอาหารต่าง ๆ กัน ในสภาพไร่ปลายนฤดูฝน ปี 2557-2559 (ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่)



### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในระบบการผลิตถั่วเหลืองในสภาพนาและสภาพไร่ สามารถสรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และ/หรือ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม สามารถเพิ่มเติมปริมาณคาร์บอนกลับลงไปในดินได้มากกว่าการจัดการดินและปุ๋ยรูปแบบอื่น ๆ โดยกรรมวิธีที่มีการไถพรวนดิน ใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 2 ตันต่อไร่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและน้ำหมักจากผลไม้และสมุนไพรตามระบบเกษตรอินทรีย์ ทำให้ดินมีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการจัดการดินและปุ๋ยตามระบบเกษตรอินทรีย์พบว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมากกว่าการจัดการดินและปุ๋ยในระบบที่ใช้ปุ๋ยเคมีอีกทั้งยังให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ดังนั้นหากต้องการปลูกถั่วเหลืองในระบบเกษตรอินทรีย์ต้องใส่ปุ๋ยหมักในอัตราสูงกว่า 2 ตันต่อไร่ เพื่อให้มีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช

### เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. 215 หน้า
- Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. *Geoderma* 123: 1-22.
- 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.
- Yonekura, Y.S.O, Y. Kiyono, D. Aksa, K. Morisada, N. Tanaka and M. Kanzaki. 2010. Changes in Soil Carbon Stock after Deforestation and Subsequent Establishment of “Imperata” Grassland in the Asian Humid Tropics. *Plant Soil*. 329: 495-507.