รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย การศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (โครงการวิจัยเดี่ยว)

2. โครงการวิจัย การศึกษาผลของการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่ 4 การจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองและถั่วเขียว

3. ชื่อการทดลอง การศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตถั่วเขียวในสภาพไร่

Study of Soil and Fertilizer Management on the Changes of Soil Quality and Greenhouse Gas Emissions in Mungbean Production System in Upland Conditions

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าโครงการวิจัย	วนิดา โนบรรเทา	สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
หัวหน้าการทดลอง	จิราลักษณ์ ภูมิไธสง	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท
ผู้ร่วมงาน	วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท
	เชาวนาท พฤทธิเทพ	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท
	ชูชาติ บุญศักดิ์	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท
	สุมนา งามผ่องใส	สังกัด สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

5. บทคัดย่อ

การศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยที่มีผลต่อการเปลี่ยนคุณภาพดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตถั่วเขียวในสภาพไร่ ดำเนินการระหว่าง ปี 2560-2563 ณ แปลงทดลองและขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง ชุดดินเดิมบาง เนื้อดินเป็นดินร่วนทราย โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (No fer No R) 2) ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (R) 3) ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Fer+R) 4) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Fer rec+R) และ 5) ระบบผสมผสาน ใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 (Integrated) ผลการทดลองการปลูกถั่วเขียว โดยวิธีการใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน (Integrated) ให้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 179 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด 79.1 กรัม การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Fer Rec+R) มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น (8.5 kg CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$) วิธีการใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน (Integrated) มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (SOC) ในดินหลังเก็บเกี่ยวเฉลี่ย เพิ่มขึ้น เท่ากับ 10.21 กิโลกรัม C ต่อ ไร่ จาก 7.77 กิโลกรัม C ต่อไร่ของดินก่อนการทดลอง ดังนั้นวิธีการใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน จึงเป็นวิธีที่ส่งเสริมให้ถั่วเขียวให้ผลผลิตสูงและช่วยในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดี ตลอดจนช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ในด้านธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Available K) และไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N)

คำสำคัญ: คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเรือนกระจก พืชไร่ ถั่วเขียว

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Study of soil and fertilizer management on soil quality changes and greenhouse gas emissions in mungbean production systems in upland conditions was conducted in 2017-2020 on sandy loam soil (Doem Bang soil series) at Wat Sing district, Chai Nat province. including, 1) No chemical fertilizer, no organic fertilizer and no rhizobium (No fer No R), 2) Rhizobium (R), 3) rhizobium plus chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg rai^{-1} (Fer+R) 4) rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O rai^{-1} (Fer rec+R) and 5) Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg rai^{-1} (Integrated) The results showed that the treatment Integrated gave the highest average seed yield of 179 kg rai^{-1} and 1000-seed weight (g) of 79.1. Treatment Fer rec+R has less CO_2 emissions from soil than other processes (8.5 kg CO_2 rai^{-1} year^{-1}). Soil Organic Carbon of treatment Integrated has 9.02 kg C rai^{-1}. Therefore, the method of fertilizing the combined system it is a promising method of high yielding and helps to store carbon in the soil as well. There is a tendency to improve available phosphorus, exchangeable potassium and total nitrogen in the soil.

Key words: CO_2 emission, Greenhouse gas, field crops, mungbean

6. คำนำ

ถั่วเขียว จัดเป็นพืชเพื่อการบริโภคที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศ อยู่ในกลุ่มพืชที่ผลิตใช้ในประเทศ ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้ภายในประเทศเพื่อการบริโภคโดยตรง และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ คิดเป็น 83 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตถั่วเขียวทั้งหมด ทั้งยังเป็นพืชที่มีความต้องการใช้ภายในประเทศสูง เนื่องจากมีความต้องการนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปเพิ่มมากขึ้นทุกปี นอกจากนี้ ยังเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูง อายุเก็บเกี่ยวสั้น ใช้น้ำน้อย สามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด ปลูกได้ตลอดทั้งปี รวมทั้งเป็นพืชที่ใช้ปลูกบำรุงดินได้เป็นอย่างดี และสามารถปลูกในระบบปลูกพืชได้ดี เช่น ทดแทนข้าวนาปรัง เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ เนื่องจากสามารถใช้ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินภายหลังเก็บเกี่ยวพืชหลักได้โดยไม่กระทบต่อผลผลิตมากนัก ปลูกก่อนหรือหลังการทำนาหรือพืชไร่ เพื่อตัดวงจรการระบาดของแมลงศัตรูพืช และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินจากการย่อยสลายเศษซากถั่ว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน ส่วนหนึ่งเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรอันเนื่องมาจากกิจกรรมความต้องการของมนุษย์ ซึ่งเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลก โดยปัจจุบันความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 380 ส่วนในล้านส่วน จากเดิมเมื่อ 150 ปีก่อนที่มีเพียง 280 ส่วนในล้านส่วน ภาคเกษตรกรรม มีบทบาทในเรื่องโลกร้อน 2 ด้าน คือเป็นผู้ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกพร้อม ๆ กับทำหน้าที่ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศ มาเก็บกักไว้ในมวลชีวภาพ ก๊าซ 3 ประเภทที่ถูกปลดปล่อยจากภาคเกษตรกรรม ซึ่งเกิดจากกิจกรรมการจัดการดิน พืช และการใช้ปุ๋ย ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Jones and Briffa, 1992) ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซมีเทนมีสาเหตุจากการทำนาข้าวในสภาพขังน้ำ ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์เกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรม วัชพืชและการย่อยสลายของอินทรีย์คาร์บอนในดิน

กรมวิชาการเกษตร

เป็นสาเหตุในการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ในพื้นที่เกษตร เป็นแนวทางหนึ่งที่หลายประเทศนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ซึ่งอาศัยการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของพืช ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปเก็บสะสมไว้ในส่วนของเนื้อเยื่อพืช (ลำต้น ใบ ผล และราก) และเมื่อเศษซากพืชเหล่านี้หลุดร่วงหรือตายลง สารอินทรีย์เหล่านั้นจึงถูกย่อยสลาย และส่วนที่ย่อยสลายยาก จะเหลือตกค้างอยู่ในดินในรูปของฮิวมัสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรียวัตถุ โดยเรียกกระบวนการดังกล่าวนี้ว่า “Soil carbon sequestration” (Lal, 2004; Lal *et al*., 2007; Yonekura *et al*., 2010)

ดังนั้น ภาคเกษตรสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการจัดการดิน น้ำ ปุ๋ยและพืช นาฏสุดา (2547) รายงานว่าวิธีการที่ดีที่สุดในการเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คือการเก็บกักคาร์บอนไว้ในต้นไม้และผลิตภัณฑ์ของไม้ที่มีอายุการใช้งานที่ยืนยาว ต้นไม้ และป่าไม้เป็นแหล่งเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญ โดยทั่วไปคาร์บอนอินทรีย์ประมาณครึ่งหนึ่งเก็บไว้ในมวลชีวภาพของต้นไม้ในรูปน้ำหนักแห้ง โดยเก็บสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ราก ต้น กิ่งก้าน และใบ หากมีการจัดการระบบดิน น้ำ และปุ๋ยไม่ถูกต้องและเหมาะสม จะทำให้ดินเสื่อมโทรมและศักยภาพในการผลิตลดลง เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น ในทางกลับกัน หากมีการจัดการระบบดิน น้ำ ปุ๋ย และพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพกับพื้นที่ปลูก พื้นที่ทำการเกษตรก็จะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญแหล่งหนึ่ง ดังนั้น การศึกษาวิจัยระบบการจัดการดิน ปุ๋ย ในระบบการผลิตถั่วเขียวในสภาพไร่อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จะเป็นการลดการสูญเสียหรือการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ เพื่อให้เกิดการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้มากขึ้น ให้ดินเป็นเสมือนธนาคารในการกักเก็บคาร์บอน

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว พันธุ์ชัยนาท 84-1
2. ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยอินทรีย์
3. วัสดุอุปกรณ์ในแปลงทดลอง อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
4. วัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
5. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช
6. สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช โรค และแมลง

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 4 ซ้ำ

5 กรรมวิธี ดังนี้

1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (No fer No R)
2. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ แต่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดถั่วเขียวก่อนปลูก (R)
3. ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) เกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดถั่วเขียวก่อนปลูก (Fer+R)
4. ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (0-3-3 กิโลกรัมต่อไร่ของ N-P_2O_5-K_2O) ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก (Fer rec+R)
5. ระบบผสมผสาน โดยใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (Integrated)

วิธีปฏิบัติการทดลอง

กรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการทดลองในดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) ณ แปลงทดลองและขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง ในฤดูแล้ง และฤดูฝน ปี 2561-2562 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.67 สภาพการนำไฟฟ้าของดิน 0.09 mS/cm อินทรียวัตถุ 0.97 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 67.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดิน พบว่า ต้องใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 0-3-3 กิโลกรัมต่อไร่ของ N-P_2O_5-K_2O ตามคำแนะนำของกองวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (2561) ขนาดแปลงทดลอง 3.0x5.0 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 8 ตารางเมตร ใช้ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร ถอนแยกเหลือ 2 ต้นต่อหลุมกรรมวิธีที่ 5 ไถกลบปุ๋ยหมักก่อนปลูก 20-30 วัน ดูแลรักษาตามกรรมวิธี กำจัดวัชพืช และพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูตามความจำเป็น ทำการเก็บก๊าซ CO_2 เหนือผิวดินในแปลงปลูกทุก ๆ ที่มีกิจกรรมเกิดขึ้นในแปลง (ทุกกรรมวิธี ทุกซ้ำ และจากที่ว่างข้างแปลง) ด้วยสารละลาย NaOH 1 N ขวดละ 20 ml แล้วไตเตรทด้วย HCl 1 N เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อฝักถั่วเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากผิวดินที่ระยะต่าง ๆ ได้แก่ หลังการใส่ปุ๋ย การให้น้ำ ถอนแยก กำจัดวัชพืช และช่วงที่มีการปฏิบัติงานภายในแปลง
2. ข้อมูลการปฏิบัติในแปลงทดลอง ได้แก่ วันที่ทำการไถพรวน วันปลูก วันใส่ปุ๋ยเคมี ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และวันเก็บเกี่ยว
3. ข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของถั่วเขียว และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของถั่วเขียว (ต้น ใบ เปลือกหุ้มฝัก เมล็ด)
4. ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดิน ได้แก่ เนื้อดิน ค่าการนำไฟฟ้า ความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้
5. ข้อมูลผลการวิเคราะห์พืช ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนต่างๆของถั่วเขียว (ต้น ใบ เปลือกหุ้มฝัก เมล็ด)
6. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาทำการทดลอง 2 ปี เริ่มต้น ตุลาคม 2560 - สิ้นสุด กันยายน 2562 ณ แปลงทดลองและขยายพันธุ์พืชดงเกณฑ์หลวง ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ตำบลหนองขุ่น อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ทดลองในปี 2560-2562 ดำเนินการปลูกถั่วเขียวจำนวนทั้งหมด 6 ครั้ง ปลูกครั้งแรกในช่วงปลายฤดูฝน ปี 2560 ปลูกครั้งสุดท้ายปลายฤดูฝน ปี 2662 มีระยะเก็บเกี่ยวถั่วเขียวเฉลี่ย 58-71 วัน ในช่วงเวลาทำการทดลองมีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด 0.35 มิลลิเมตร สูงสุด 144 มิลลิเมตร เก็บก๊าซ CO_2 จำนวน 6-9 ครั้ง (Table 1)

1. ผลของการจัดการดินปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของถั่วเขียว

ในฤดูปลายฝน ปี 2560 พบว่า ผลผลิตและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ทุกกรรมวิธีให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ให้ผลผลิตเมล็ด 195 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 72.4 กรัม โดยกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ให้ผลผลิตเมล็ด 163 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนัก

กรมวิชาการเกษตร

1,000 เมล็ด 75.5 กรัม (Table 2) ด้านความสูงต้น และจำนวนฝักต่อต้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 65-68 เซนติเมตร และ 13.8-14.8 ฝักต่อต้น ตามลำดับ (Table 3)

ในฤดูแล้ง ปี 2561 พบว่า การปลูกถั่วเขียว ประสบปัญหาอากาศร้อนและแล้ง การเจริญเติบโตไม่ค่อยดี ส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าการปลูกโดยทั่วไป โดยทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความสูงต้น และจำนวนฝักต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 62-75 กิโลกรัมต่อไร่ 50.5-62.9 กรัม (Table 2) 33-36 เซนติเมตร และ 5.2-6.2 ฝักต่อต้น ตามลำดับ (Table 3)

ในฤดูต้นฝน ปี 2561 พบว่า การเจริญเติบโตค่อนข้างดีกว่าการปลูกในฤดูแล้ง โดยกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ให้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุด 286 กิโลกรัม ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และวิธีผสมผสาน ที่ให้ผลผลิตเมล็ด 249 และ 274 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ทุกกรรมวิธีให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อยู่ระหว่าง 173-286 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) เมื่อพิจารณาจำนวนฝักต่อต้น พบว่า วิธีผสมผสาน มีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุด 19.1 ฝักต่อต้น ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ที่มีจำนวนฝัก 17.6 และ 17.3 ฝักต่อต้น ตามลำดับ ด้านความสูงต้น พบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และวิธีผสมผสาน มีความสูงต้น 95-97 เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากการใช้เฉพาะปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ที่มีความสูงต้น 92 เซนติเมตร (Table 3)

ในฤดูปลายฝน ปี 2561 พบว่า ผลผลิตเมล็ดและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ทุกกรรมวิธีให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและวิธีผสมผสานให้ผลผลิตเมล็ด 231 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 71.5 และ 71.9 กรัม ตามลำดับ (Table 2) ลักษณะองค์ประกอบผลผลิตบางประการของถั่วเขียว ความสูงต้น และจำนวนฝักต่อต้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 58-65 เซนติเมตร และ 13.5-16.3 ฝักต่อต้น ตามลำดับ (Table 3)

ในปี 2562 ด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียวที่ปลูกฤดูฝนและปลายฤดูฝน พบว่า การให้ผลผลิตของถั่วเขียว และองค์ประกอบของผลผลิตทั้ง 2 ฤดู ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุดทั้งฤดูฝนและปลายฤดูฝน 234 และ 158 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนในฤดูฝน ให้ผลผลิตน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความสูงต้น จำนวนฝักต่อต้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 89.8-96.9 กรัม 52-52 เซนติเมตร 10.7-13.4 ฝักต่อต้น ตามลำดับ (Table 2) เช่นเดียวกับปลายฤดูฝน ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) การให้ผลผลิตน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความสูงต้น จำนวนฝักต่อต้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 90.6-94.3 กรัม 46-55 เซนติเมตร 9.5-10.4 ฝักต่อต้น ตามลำดับ (Table 3)

2. ผลของการจัดการดินปุ๋ยต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียว

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียว พบว่า มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของเมล็ดมากที่สุด รองลงมาคือ ลำต้น เปลือก และใบ ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ย 50.0 49.7 49.2 และ 46.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของเมล็ดมีค่าอยู่ระหว่าง 48.9-51.7 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของลำต้นมีอยู่ระหว่าง 49.5-49.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของใบมีค่าอยู่ระหว่าง 46.0-47.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของเปลือกมีค่าระหว่าง 48.9-49.7 เปอร์เซ็นต์ (Table 4)

การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของเมล็ดและเปลือกฝักสูง 51.7 และ 49.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียวให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำต้น 49.9 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ปุ๋ยแบบผสมผสานให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนของลำต้น 47.5 เปอร์เซ็นต์ (Table 4)

น้ำหนักแห้งในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียว ได้แก่ เมล็ด ลำต้น เปลือกฝัก และใบ พบว่า น้ำหนักแห้งของเมล็ดมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด รองลงมาคือ ลำต้น ใบ และเปลือกฝัก ซึ่งมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 210 128 110 และ 74 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อพิจารณากรรมวิธี วิธีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียวให้ค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (เมล็ด+ลำต้น+ใบ+เปลือกฝัก) มากที่สุด คือ 590 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 4)

3. ผลของการจัดการดินปุ๋ยต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินของพื้นที่ปลูกถั่วเขียว

จากข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC : Soil Organic Carbon) ของแปลงทดลอง พบว่า หลังเก็บเกี่ยวถั่วเขียวในปี 2560-2563 การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน โดยใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (Integrated) อินทรีย์คาร์บอน (SOC) ในดินหลังเก็บเกี่ยวเท่ากับ 7.77 8.35 10.86 9.03 9.76 7.15 และ 10.21 กรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ สูงกว่ากรรมวิธีอื่น (Table 11) หรือกล่าวได้ว่า การใช้ปุ๋ยหมักบำรุงดินก่อนปลูกถั่วเขียวอัตรา 2 ตันต่อไร่ ช่วยในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดีกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยหมัก เช่นเดียวกับการทดลองของ พรพรรณ และคณะ (2560) ทดลองในถั่วเหลือง ที่พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยหมักบำรุงดินก่อนปลูกถั่วเหลืองอัตรา 2 ตันต่อไร่ ทั้งในระบบเคมี และอินทรีย์ มีอินทรีย์คาร์บอน (SOC) ในดินหลังเก็บเกี่ยวสูงกว่ากรรมวิธีอื่น และช่วยในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดีกว่าไม่ใช้

4. ผลของการจัดการดินปุ๋ยต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากผิวดินในพื้นที่ปลูกถั่วเขียว

การปล่อยก๊าซ CO_2 จากดินตลอดฤดูปลูกจากแปลงถั่วเขียวในกรรมวิธีการจัดการดินและปุ๋ย ในฤดูต่าง ๆ พบว่า ฤดูปลายฝน ปี 2560 มีค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ระหว่าง 6.98-7.95 g CO_2 m^{-2} day^{-1} ฤดูแล้ง ปี 2561 ค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่าง 7.67-8.45 g CO_2 m^{-2} day^{-1} ฤดูต้นฝน ปี 2561 มีค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่าง 8.83-10.86 g CO_2 m^{-2} day^{-1} ฤดูปลายฝน ปี 2561 มีค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 ตลอดปีอยู่ระหว่าง 7.41-9.03 g CO_2 m^{-2} day^{-1} ฤดูต้นฝน ปี 2562 มีค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่าง 7.19-9.76 g CO_2 m^{-2} day^{-1} ฤดูปลายฝน ปี 2562 มีค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่าง 6.21-7.15 g CO_2 m^{-2} day^{-1} และฤดูแล้ง ปี 2563 ค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่าง 7.66-10.21 g CO_2 m^{-2} day^{-1} ซึ่งฤดูปลายฝน ปี 2561 มีค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 สูงกว่าปีอื่น และพบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) ให้ค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 สูงกว่ากรรมวิธีอื่นในทุกฤดูปลูกอื่น ๆ เฉลี่ย 9.02 g CO_2 m^{-2} day^{-1} (Table 12)

เมื่อพิจารณาการปล่อยก๊าซ CO_2 เป็นตันต่อไร่ต่อปี พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Fer Rec+R) มีการปล่อยก๊าซ CO_2 จากดิน น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น (0.0085 t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$) การไม่ใส่ปุ๋ย แต่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีการปล่อยก๊าซ CO_2 จากดินปริมาณเท่ากัน (0.0088 t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$) ส่วนกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) ให้ค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซ CO_2 สูง (0.0090 t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$) (Table 12)

5. ผลการจัดการดินปุ๋ยต่อสมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกถั่วเขียว

สมดุลคาร์บอนในฤดูปลายฝน ปี 2560 พบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน การไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียว มีค่าสมดุลค่าบอนเท่ากับ -125.4 -126.0 -126.3 -130.3 และ -136.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 5)

ในฤดูแล้ง ปี 2561 การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสานมีค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม การไม่ใส่ปุ๋ย และ

การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียว มีค่าสมดุลค่าบอนเท่ากับ -61.0 -64.2 -64.4 -67.3 และ -72.8 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 6)

ฤดูต้นฝน ปี 2561 การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสานมีค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียว และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีค่าสมดุลค่าบอนเท่ากับ -56.9 -61.4 -63.8 -68.9 และ -69.9 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 7)

ฤดูปลายฝน ปี 2561 การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสานมีค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียว มีค่าสมดุลค่าบอนเท่ากับ -93.1 -98.3 -100.5 -108.1 และ -111.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 8)

ฤดูต้นฝน ปี 2562 การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสานมีค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียว มีค่าสมดุลค่าบอนเท่ากับ -61.6 -73.3 -77.2 -78.5 และ -92.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 9)

ฤดูปลายฝน ปี 2562 การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่าวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพียงอย่างเดียว ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน มีค่าสมดุลค่าบอนเท่ากับ -74.8 -74.9 -75.0 -84.2 และ -89.5 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 10)

จากผลการทดลอง ชี้ให้เห็นว่า สมดุลคาร์บอนจากกรรมวิธีใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน ของปี ฤดูแล้ง ปี 2561 ฤดูต้นฝนปี 2561 ฤดูปลายฝน ปี 2561 และฤดูต้นฝน 2562 มีค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่ากรรมวิธีอื่นในปีเดียวกันเท่ากับ -61.0 -56.9 -93.1 และ -61.6 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ ในฤดูปลายฝน ปี 2560 และปี 2562 การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่ากรรมอื่นในปีเดียวกันเท่ากับ -125.4 และ -74.8 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าสมดุลคาร์บอนของฤดูปลายฝน ปี 2560 และ 2561 พบว่า มีค่าสมดุลคาร์บอนสูงกว่าปีอื่นค่าเฉลี่ยเท่ากับ -128.8 และ -102.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ ตามลำดับ ฤดูปลายฝน ปี 2560 วิธีการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ให้ค่าสมดุลคาร์บอนสูงสุด -125.4 กิโลกรัม C ต่อไร่ และฤดูปลายฝน ปี 2560 การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน มีค่าสมดุลคาร์บอนสูงที่สุด -93.1 กิโลกรัม C ต่อไร่ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยหมักจะช่วยในเรื่องการกักเก็บคาร์บอนในดินได้ดี

6. ผลของการจัดการดิน ปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน ในพื้นที่ปลูกถั่วเขียว

จากผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกถั่วเขียวและหลังปลูกถั่วเขียว ปี 2560 - 2563 ก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุมี 0.78 เปอร์เซ็นต์ หลังสิ้นสุดการทดลอง ปี 2563 การใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) มีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.02 เปอร์เซ็นต์ หรือเพิ่มขึ้นเท่ากับ 31.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (R) มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 2.3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 0.76 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความกรด-ด่างของดินน้อยที่สุด 2.6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก 6.96 และการไม่ใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากถึง 7.7 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.79 ในฤดูต้นฝน ปี 2562 ทุกกรรมวิธีมีค่าความเป็นกรดมากขึ้นเนื่องจากไม่มีการปลูกถั่วเขียวในฤดูแล้ง ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากถึง 191.73 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยระหว่างฤดูปลูก 176.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกรรมวิธี

กรมวิชาการเกษตร

การใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเพียง 22.65 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 74.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ยกเว้นกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 33.44 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 238.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N) พบว่า การใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึง 31.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย 0.08 กรัมต่อกิโลกรัม (Table 13)

กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยระบบผสมผสาน (Integrated) โดยใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดินมากที่สุด คือมีส่วนช่วยเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ รวมทั้งธาตุอาหารพืชในดิน เช่น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Avail K) และไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N) ด้วย โดย Hepperly (2009) รายงานว่า การผลิตพืชอินทรีย์เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนในดินขึ้นได้ 15-28 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มไนโตรเจนในดิน 8-15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (R) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารน้อยที่สุด (Table 13)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

9.1 วิธีการใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน (Integrated) โดยใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ถั่วเขียวให้ผลผลิตเมล็ดสูงเฉลี่ย 179 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด 79.1 กรัม

9.2 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากผิวดิน 0.0085 t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$ ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีการจัดการดินและปุ๋ยอื่น

9.3 วิธีการใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน โดยใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก และปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (SOC) ในดินหลังเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 9.02 กรัม C ต่อไร่

9.4 การใส่ปุ๋ยแบบผสมผสาน (Integrated) นอกจากส่งเสริมให้ถั่วเขียวให้ผลผลิตสูง ยังช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดี และเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน เช่น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Available K) และไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N)

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- จัดทำรายงานผลงานวิจัย รายงานประจำปี และนำเสนอผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่ความรู้แก่นักวิจัยเพื่อนำไปปรับใช้กับงานวิจัยด้านอื่นต่อไป

- พัฒนางานวิจัยเพื่อพิสูจน์คุณภาพของดินในระยะยาว และนำไปเผยแพร่และปฏิบัติงานในแปลงเกษตรกร เพื่อให้มีการเรียนรู้และรู้จักปรับใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

- จัดทำเป็นข้อเสนอนโยบายการพัฒนาการเกษตรที่ช่วยบรรเทาปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

กรมวิชาการเกษตร

12. เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 2561. การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตพืชตระกูลถั่ว. หน้า 120-135. *ใน* เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตพืชเศรษฐกิจและการจัดการธาตุอาหารพืชในการผลิตพืชอินทรีย์. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

นาฏสุดา ภูมิจำนงค์. 2547. การศึกษาแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้ และกิจกรรมการ เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้พิธีสารเกียวโต. หน้า 1-16. *ใน*: รายงานการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ : ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. 16-17 สิงหาคม 2547. โรงแรมมารวย การ์เด้น. กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.

พรพรรณ สุทธิแย้ม นภาพร คำนวณทิพย์ สุพรรณณี เป็งคำ ปัทมกร พงวาเรศ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2560.การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. หน้า 106-118. *ใน*: รายงานโครงการวิจัย 2560. กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. 195 หน้า.

Jones, P.D. and K.R. Briffa. 1992. Global surface air temperature variations during the twentieth century: Part 1, spatial, temporal and seasonal details. *The Holocene*. 2: 165-179.

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

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.

กรมวิชาการเกษตร

Table 1 Planting and harvesting dates, number of CO_2 emission harvests and rainfall over cropping period of mungbean in the upland condition (dry and late rainy seasons 2017-2019)

	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019
Planting date	1.11.2017	2.2.2018	3.5.2018	4.10.2018	7.06.2019	19.9.2019
Harvesting date	8-11.1.2018 (68-71 DAS)	9.4.2018 (64 DAS)	5-6.7.2018 (57-58 DAS)	6-7.12.2018 (58-59 DAS)	6-10.8.2019 (61-65 DAS)	25-30.11.2019 (65-69 DAS)
Rainfall (mm)	144 + irrigation	12.62 + irrigation	0.81 + irrigation	0.69 + irrigation	0.51 + irrigation	0.35 + irrigation
Rain days	4	3	4	5	3	3
temperature Average ^{o}C	26.32	27.37	29.03	27.87	29.54	27.26
Number of CO_2 emission harvests	6 harvests: 6.11.2017-18.1.2018	7 harvests: 5.2.2018-10.4.2018	5 harvests: 7.5.2018-9.7.2018	7 harvests: 3.10.2018-12.12.2018	8 harvests: 11.6.2019-29.8.2019	9 harvests: 19.9.2019-18.12.2019

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

LR = Late rainy season

D = Dry season

ER = Early rainy Season

กรมวิชาการเกษตร

Table 2 Seed yield and 1,000-seed weight of mungbean sown at Dong Khen Luang Experimental Site in the 2017-2019.

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

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

LR = Late rainy season

D = Dry season

ER = Early rainy Season

กรมวิชาการเกษตร

Table 3 Plant height and No. of pod.plant^{-1} of mungbean sown at Dong Khen Luang Experimental Site in the 2017-2019.

Treatment	Plant height (cm)						No. of pod.plant^{-1}					
	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019
no Fer no R	68	33	83 b	61	57	50	14.8	5.8	15.1 c	14.1	10.3	10.3
R	67	34	92 ab	58	62	54	14.3	6.1	15.9 bc	13.5	10.5	10.5
Fer+R	67	36	96 a	64	57	55	14.5	6.2	17.3 abc	14.8	10.8	10.8
Fer Rec+R	65	34	97 a	65	52	47	13.8	5.2	17.6 ab	14.3	9.5	9.5
Integrated	68	33	95 a	65	57	46	14.7	5.4	19.1 a	16.3	10.4	10.4
C.V. (%)	4.6	8.9	6.2	6.8	9.7	7.51	8.6	16.9	8.4	9.8	10.64	10.64

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

LR = Late rainy season

D = Dry season

ER = Early rainy Season

กรมวิชาการเกษตร

Table 4 Total-C (%) and Dry weight mungbean in different treatments in the 2017.

Treatment	Total-C (%)				Dry weight (kg rai^{-1})				
	Seed	Stalk	Leaves	Pod Shell	Seed	Stalk	Leaves	Pod Shell	Total
no Fer no R	48.9	49.8	46.0	49.5	220	136	123 b-d	77	555
R	50.4	49.9	47.1	49.0	226	150	134 a-d	82	590
Fer+R	48.9	49.6	46.7	49.1	228	141	119 b-d	83	570
Fer Rec+R	51.7	49.5	46.3	49.7	190	112	92 b-e	68	461
Integrated	50.1	49.7	47.5	48.9	186	102	85 b-e	64	436
Average	50.0	49.7	46.7	49.2	210	128	110	74	
C.V. (%)	2.4	1.0	1.3	1.3	14.0	20.0	18.4	13.4	15.2

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 5 Carbon balance of the soil and fertilizer management treatments, yield of mungbean planting in the late rainy season 2017(Chai Nat Field Crops Research Center).

	Total C (g C rai^{-1})	**Bare soil**	**T1 no Fer no R**	**T2 R**	**T3 Fer+R**	**T4 Fer Rec+R**	**T5 Integrated**
C-input	C from compost	0	0	0	0	0	0
	C from root left in soil						
	total C-input	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
C-loss	C from CO_2 emission (mungbean)	**69.1**	**67.7**	**69.0**	**68.7**	**67.9**	**72.6**
	C from plant parts taken away		165.4	172.5	174.0	165.8	171.8
	- Seed		*127.3*	*136.8*	*135.7*	*130.0*	*137.6*
	- Stalk		*60.1*	*60.6*	*71.3*	*66.5*	*77.5*
	- Leaves		*42.6*	*44.7*	*46.1*	*41.1*	40.6
	- hull		*38.1*	*35.7*	*38.3*	*35.9*	*34.2*
	total C-loss	**69.1**	**233.1**	**241.5**	**242.7**	**233.7**	**244.4**
	C-balance (input-loss)	**-69.1**	**-130.3**	**-136.2**	**-125.4**	**-126.0**	**-126.3**
Seed yield (kg rai^{-1}) C.V. 13.2 %			**190**	**195**	**176**	**163**	**176**

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 6 Carbon balance of the soil and fertilizer management treatments, yield of mungbean planting in the dry season 2018 (Chai Nat Field Crops Research Center).

	Total C (g C rai^{-1})	**Bare soil**	**T1 no Fer no R**	**T2 R**	**T3 Fer+R**	**T4 Fer Rec+R**	**T5 Integrated**
C-input	C from compost	0	0	0	0	0	0
	C from root left in soil						
	total C-input	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
C-loss	C from CO_2 emission (mungbean)	**56.3**	**58.5**	**62.7**	**60.4**	**56.6**	**58.5**
	C from plant parts taken away		35.0	41.0	40.7	33.7	35.1
	- Seed		*30.28*	*35.78*	*35.55*	*29.79*	*31.01*
	- Stalk		*17.04*	*18.34*	*23.29*	*17.69*	*20.85*
	- Leaves		*9.17*	*12.54*	*13.47*	*8.36*	11.72
	- hull		*4.75*	*5.20*	*5.18*	*3.88*	*4.10*
	total C-loss	**56.3**	**93.5**	**103.7**	**101.1**	**90.2**	**93.6**
	C-balance (input-loss)	**-56.3**	**-67.3**	**-72.8**	**-64.4**	**-64.2**	**-61.0**
Seed yield (kg rai^{-1}) C.V. 26.9 %			35	39	44	28	34

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 7 Carbon balance of the soil and fertilizer management treatments, yield of mungbean planting in the early rainy season 2018 (Chai Nat Field Crops Research Center).

	Total C (g C rai^{-1})	**Bare soil**	**T1 no Fer no R**	**T2 R**	**T3 Fer+R**	**T4 Fer Rec+R**	**T5 Integrated**
C-input	C from compost	0	0	0	0	0	0
	C from root left in soil						
	total C-input	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
C-loss	C from CO_2 emission (mung bean)	**64.2**	**68.7**	**66.9**	**71.5**	**65.8**	**53.4**
	C from plant parts taken away		157.8	185.5	190.7	202.2	205.8
	- Seed		*136.75*	*163.31*	*166.22*	*178.63*	*181.74*
	- Stolk		*95.61*	*105.13*	*121.75*	*122.79*	*132.52*
	- Leaves		*69.53*	*78.32*	*76.65*	*75.75*	69.83
	- Sheath		*21.07*	*22.17*	*24.46*	*23.59*	*24.11*
	total C-loss	**64.2**	**226.5**	**252.4**	**262.1**	**268.0**	**259.2**
	C-balance (input-loss)	**-64.2**	**-61.4**	**-68.9**	**-63.8**	**-69.4**	**-56.9**
Seed yield (kg rai^{-1}) C.V. 13.1 %			173	230	249	286	274

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 8 Carbon balance of the soil and fertilizer management treatments, yield of mungbean planting in the late rainy season 2018 (Chai Nat Field Crops Research Center).

	Total C (g C rai^{-1})	**Bare soil**	**T1 no Fer no R**	**T2 R**	**T3 Fer+R**	**T4 Fer Rec+R**	**T5 Integrated**
C-input	C from compost	0	0	0	0	0	0
	C from root left in soil						
	total C-input	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
C-loss	C from CO_2 emission (mungbean)	**54.6**	**43.9**	**53.1**	**48.2**	**41.5**	**48.3**
	C from plant parts taken away		165.2	164.5	175.3	174.4	182.8
	- Seed		*121.13*	*127.32*	*136.49*	*133.33*	*147.20*
	- Stalk		*59.29*	*59.01*	*74.13*	*74.39*	*91.56*
	- Leaves		*41.69*	*47.36*	*48.85*	*43.20*	46.46
	- hull		*44.06*	*37.17*	*38.79*	*41.04*	*35.62*
	total C-loss	**54.6**	**209.1**	**217.6**	**223.5**	**215.9**	**231.1**
	C-balance (input-loss)	**-54.6**	**-108.1**	**-111.2**	**-100.5**	**-98.3**	**-93.1**
Seed yield (kg rai^{-1}) C.V. 12.7 %					191	197	227

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 9 Carbon balance of the soil and fertilizer management treatments, yield of mungbean planting in the early rainy season 2019 (Chai Nat Field Crops Research Center).

	Total C (g C rai^{-1})	**Bare soil**	**T1 no Fer no R**	**T2 R**	**T3 Fer+R**	**T4 Fer Rec+R**	**T5 Integrated**
C-input	C from compost	0	0	0	0	0	0
	C from root left in soil						
	total C-input	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
C-loss	C from CO_2 emission (mungbean)	**44.9**	**54.6**	**49.4**	**50.1**	**43.2**	**58.4**
	C from plant parts taken away		120.4	155.1	128.8	124.6	119.4
	- Seed		*105.59*	*138.04*	*114.21*	*111.17*	*102.99*
	- Stalk		*48.56*	*49.60*	*54.24*	*50.26*	*68.35*
	- Leaves		*47.91*	*62.68*	*47.42*	*44.22*	47.86
	- hull		*14.82*	*17.03*	*14.58*	*13.43*	*16.41*
	total C-loss	**44.9**	**175.0**	**204.5**	**178.8**	**167.8**	**177.8**
	C-balance (input-loss)	**-44.9**	**-78.5**	**-92.2**	**-77.2**	**-73.3**	**-61.6**
Seed yield (kg rai^{-1}) C.V. 17.3 %					215	234	198

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 10 Carbon balance of the soil and fertilizer management treatments, yield of mungbean planting in the late rainy season 2019 (Chai Nat Field Crops Research Center).

	Total C (g C rai^{-1})	**Bare soil**	**T1 no Fer no R**	**T2 R**	**T3 Fer+R**	**T4 Fer Rec+R**	**T5 Integrated**
C-input	C from compost	0	0	0	0	0	0
	C from root left in soil						
	total C-input	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
C-loss	C from CO_2 emission (mungbean)	**41.2**	**42.1**	**42.7**	**39.0**	**46.7**	**50.8**
	C from plant parts taken away		109.8	120.9	118.7	101.2	104.0
	- Seed		*94.62*	*105.68*	*103.01*	*88.27*	*91.28*
	- Stalk		*43.31*	*48.78*	*48.90*	*38.44*	*40.19*
	- Leaves		*33.62*	*39.82*	*34.00*	*25.18*	25.23
	- hull		*15.14*	*15.26*	*15.74*	*12.91*	*12.76*
	total C-loss	**41.2**	**151.8**	**163.6**	**157.7**	**147.9**	**154.9**
	C-balance (input-loss)	**-41.2**	**-74.9**	**-75.0**	**-74.8**	**-84.2**	**-89.5**
Seed yield (kg rai^{-1}) C.V. 21.1 %					141	158	148

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

R = rhizobium

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

Fer Rec+R = rhizobium plus chemical fertilizer recommendation at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O /rai

Integrated = Compost plus rhizobium and chemical fertilizer grade 12-24-12 application at the rate of 25 kg/rai

กรมวิชาการเกษตร

Table 11 Average Soil organic carbon (SOC) start and Change of SOC content of mungbean planting in the 2017-2020 (Chai Nat Field Crops Research Center).

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

กรมวิชาการเกษตร

Table 12 CO_2 emission from soil surface of mungbean planting in the 2017-2020 (Chai Nat Field Crops Research Center).

treatment	CO_2 emission (g CO_2 m^{-2} day^{-1})							CO_2 emission from soil surface (t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)			Average (t CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)					Average C loss (kg CO_2 rai^{-1} $year^{-1}$)		
	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019	D 2020	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2017	2018	2019	2020	Ave.	2018	2019	2020
no Fer no R	6.98	7.63	9.59	7.41	7.19	6.21	8.15	0.339	0.426	0.213	0.0111	0.0096	0.0070	0.0073	0.0088	1.4537	2.5770	0.2868
R	7.48	7.67	9.08	7.71	7.22	6.51	7.66	0.337	0.436	0.224	0.0110	0.0096	0.0075	0.0072	0.0088	1.4764	2.0704	0.2918
Fer+R	7.13	7.96	9.76	7.95	7.80	6.38	7.86	0.339	0.427	0.214	0.0109	0.0097	0.0070	0.0077	0.0088	1.2062	2.6394	0.6176
Fer Rec+R	7.95	8.45	8.83	8.19	7.54	7.13	8.31	0.311	0.407	0.217	0.0105	0.0087	0.0072	0.0075	0.0085	1.7184	1.5678	0.3625
Integrated	7.77	8.35	10.86	9.03	9.76	7.15	10.21	0.330	0.442	0.239	0.0113	0.0092	0.0081	0.0074	0.0090	2.0994	1.1377	0.6716
Average	7.46	8.01	9.62	8.06	7.90	6.68	8.44	0.331	0.428	0.221	0.011	0.009	0.007	0.007		1.5908	1.9985	0.4461

กรมวิชาการเกษตร

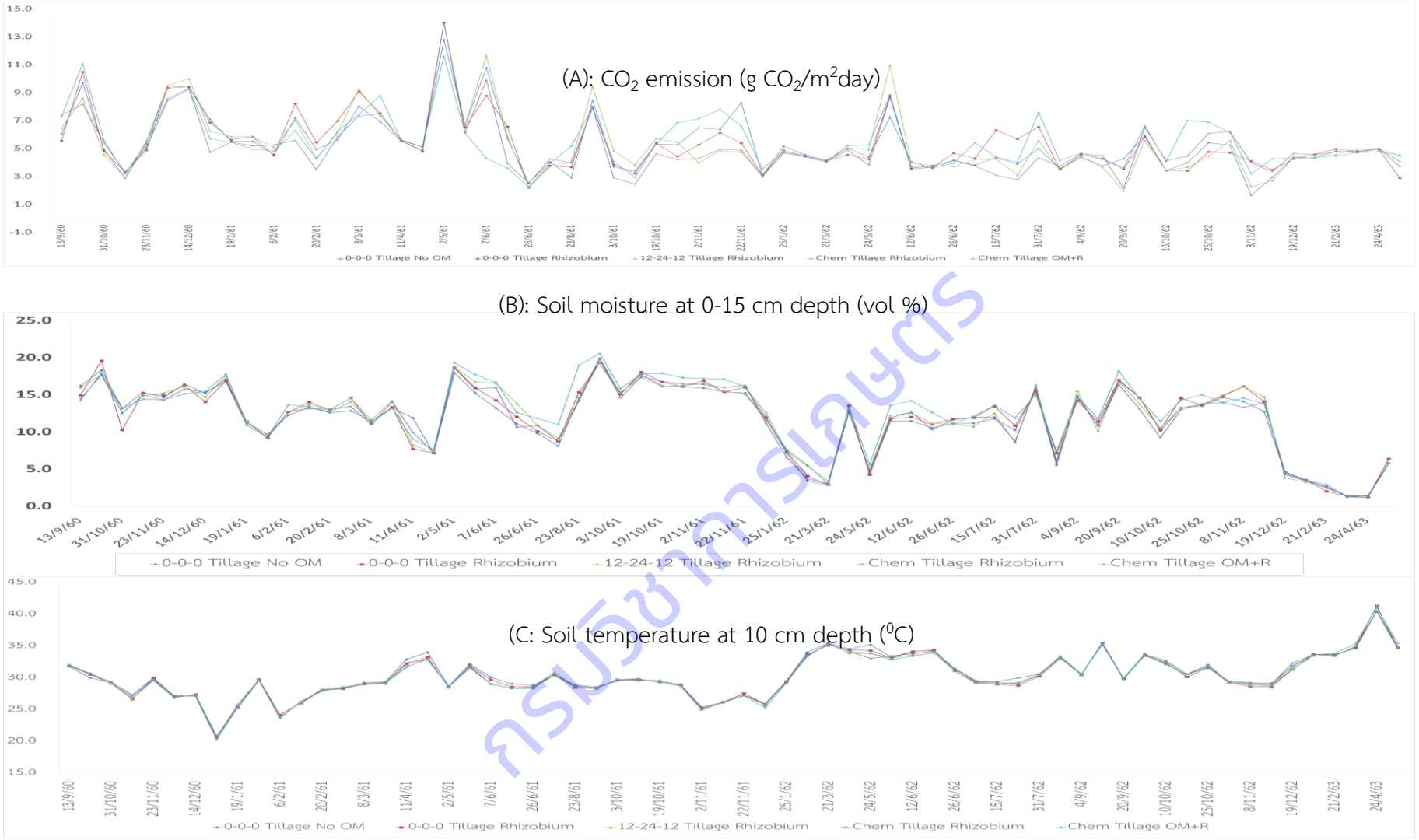
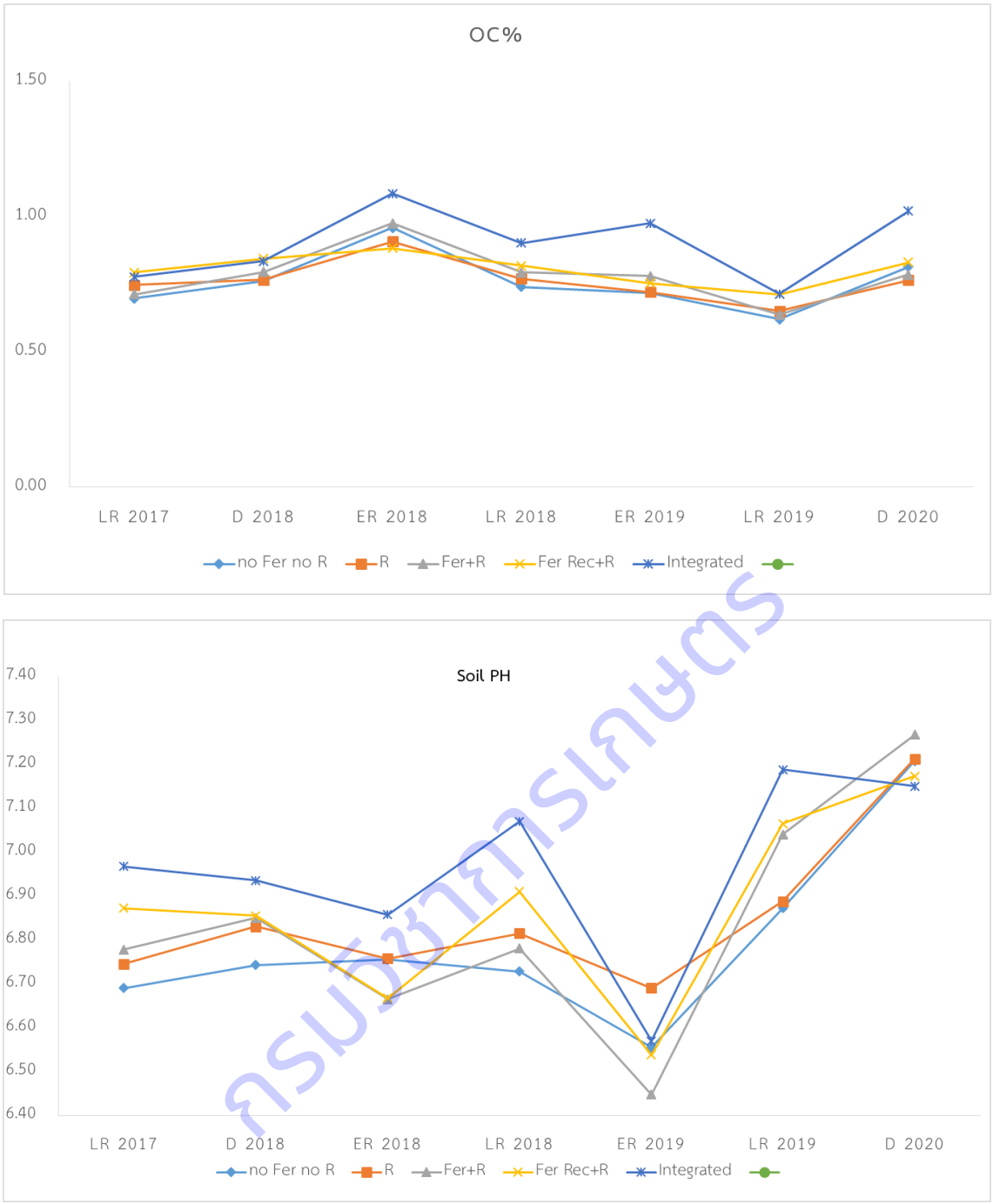


Figure 1 CO_2 emission from the soil (A) Soil moisture at 0-15 cm depth (B) Soil temperature at 10 cm depth (C) in mungbean growing period in the 2017-2020.



กรมวิชาการเกษตร

Figure 2 The transformation of organic matter in the soil in mungbean growing period in the 2017-2020.

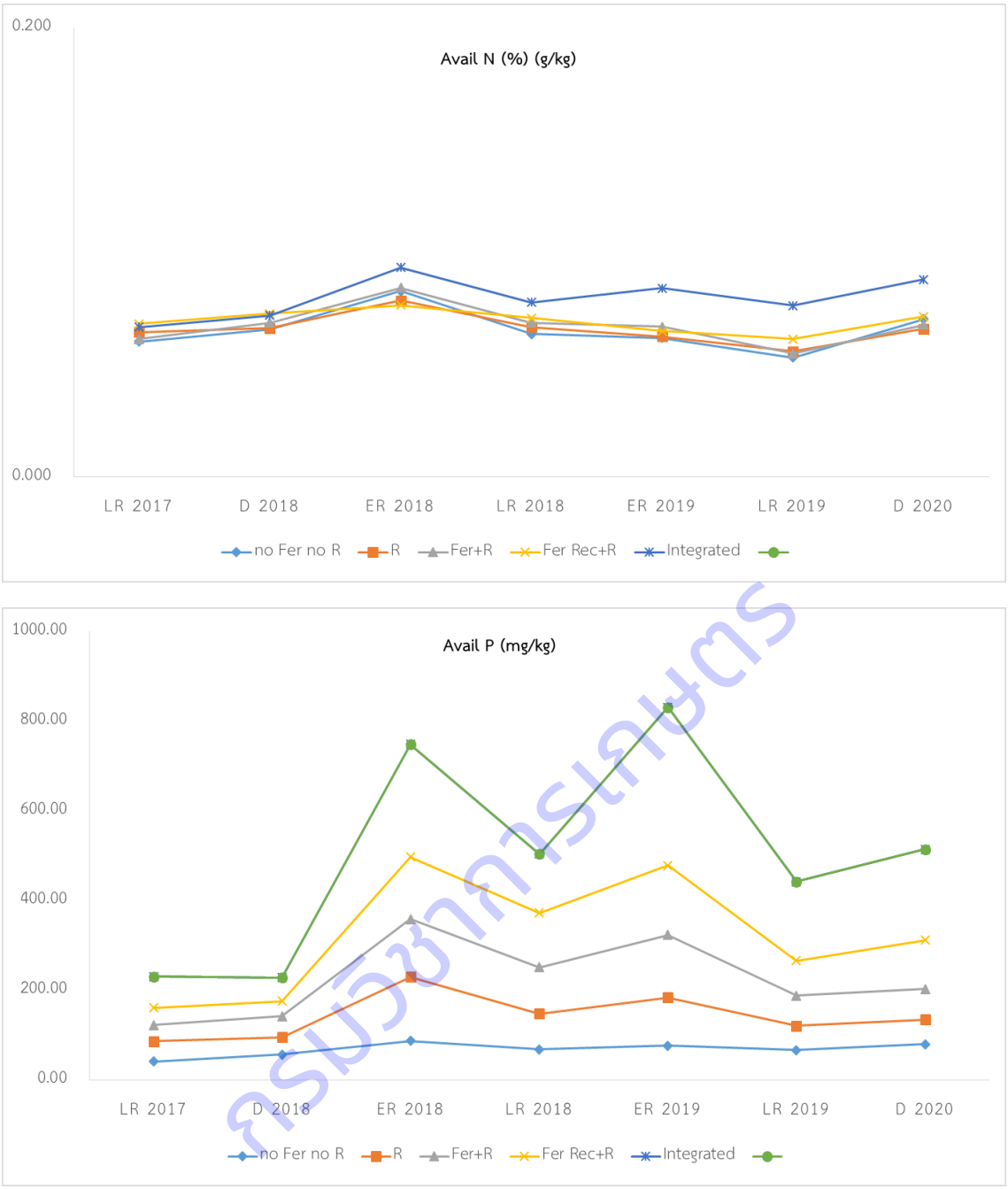


Figure 2 The transformation of organic matter in the soil in mungbean growing period in the 2017-2020.

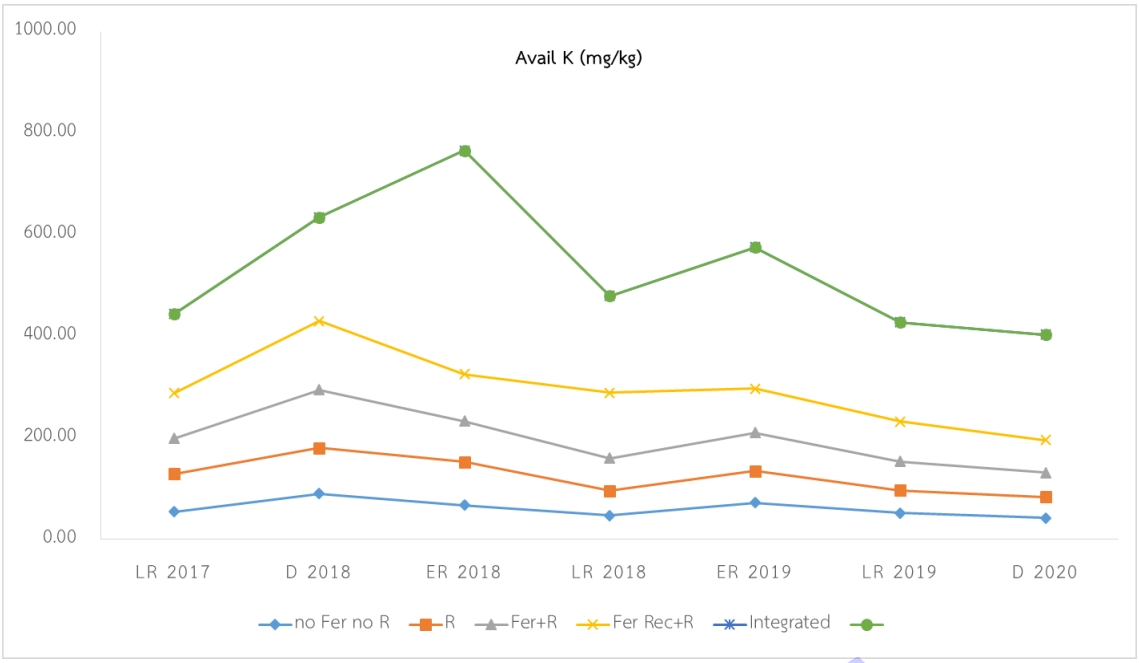


Figure 2 The transformation of organic matter in the soil in mungbean growing period in the 2017-2020.

กรมวิชาการเกษตร

Table 13 The transformation of organic matter in the soil for mungbean growing period in the 2017-2020. (Chai Nat Field Crops Research Center).

Treatment	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019	D 2020	Average
Soil PH								
no Fer no R	6.69	6.74	6.76	6.73	6.56	6.87	7.21	6.79
R	6.75	6.83	6.76	6.82	6.69	6.89	7.21	6.85
Fer+R	6.78	6.85	6.67	6.78	6.45	7.04	7.27	6.83
Fer Rec+R	6.87	6.86	6.67	6.91	6.54	7.07	7.17	6.87
Integrated	6.97	6.94	6.86	7.07	6.57	7.19	7.15	6.96
Average	6.81	6.84	6.74	6.86	6.56	7.01	7.20	
Avail N (%) (g kg^{-1})								
no Fer no R	0.06	0.07	0.08	0.06	0.06	0.05	0.07	0.07
R	0.06	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07
Fer+R	0.06	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07
Fer Rec+R	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07
Integrated	0.07	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08
Average	0.06	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	

Remarks: : LR = Late rainy season

D = Dry season

ER = Early rainy Season

กรมวิชาการเกษตร

Table 13 Cont.

Treatment	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019	D 2020	Average
Avail P (mg kg^{-1})								
no Fer no R	40.8	56.5	87.3	68.0	76.3	66.5	79.3	67.8
R	45.3	38.8	142.5	79.5	107.5	54.0	55.5	74.7
Fer+R	36.5	46.3	128.8	103.5	139.5	67.5	67.8	84.3
Fer Rec+R	38.3	34.3	138.5	121.0	155.0	77.5	109.0	96.2
Integrated	69.5	52.5	251.0	131.5	352.5	176.3	202.8	176.6
Average	46.1	45.7	149.6	100.7	166.2	88.4	102.9	
OC %								
no Fer no R	0.70	0.76	0.96	0.74	0.72	0.62	0.81	0.76
R	0.75	0.77	0.91	0.77	0.72	0.65	0.77	0.76
Fer+R	0.71	0.80	0.98	0.79	0.78	0.64	0.79	0.78
Fer Rec+R	0.79	0.85	0.88	0.82	0.75	0.71	0.83	0.81
Integrated	0.78	0.84	1.09	0.90	0.98	0.71	1.02	0.90
Average	0.75	0.80	0.96	0.81	0.79	0.67	0.84	

กรมวิชาการเกษตร

Table 13 Cont.

Treatment	LR 2017	D 2018	ER 2018	LR 2018	ER 2019	LR 2019	D 2020	Average
Avail K (mg kg^{-1})								
no Fer no R	54.5	90	67.75	47	72	52	42.25	60.79
R	74.5	90.5	85	48.5	62.5	45	41.5	63.93
Fer+R	69.5	114	80	64.25	75.25	56.5	47.75	72.46
Fer Rec+R	89.25	135	92.5	129	87.5	78.75	64	96.57
Integrated	155.5	205	440.25	190.25	277.5	195.5	207.5	238.79
Average	88.65	126.90	153.10	95.80	114.95	85.55	80.60	

กรมวิชาการเกษตร