

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการตอบสนอง
ของผลผลิตข้าว และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน

โดย

นายสาธิต กาละพวง
นายพัฒน์พงษ์ เกิดหล้า
นางชุตินา จันทรเจริญ
นางทรายแก้ว อนากาศ
นางสาวพิลาสลักษณ์ ลุ่นลิ้ว

รหัสโครงการวิจัย 57 59 03 12 20104 020 102 01 11

กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
พฤษภาคม 2560

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญตารางภาคผนวก	ข
สารบัญภาพภาคผนวก	ง
แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์	1
บทคัดย่อ	2
หลักการและเหตุผล	3
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตการศึกษา	4
การตรวจเอกสาร	4
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินงาน	12
อุปกรณ์และวิธีการ	12
ผลการทดลองและวิจารณ์	15
สรุปผลการทดลอง	26
ประโยชน์ที่ได้รับ	26
ข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก	30

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติบางประการของวัสดุปรับปรุงดิน	15
2	สมบัติทางเคมีของดินก่อนดำเนินการ	16
3	ผลของอัตราการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว	17
4	ผลของอัตราการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว	18
5	ผลของอัตราการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว	19
6	ผลของอัตราการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว	20
7	ผลของอัตราการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตข้าว	21
8	จำนวนต้น จำนวนรวง และความสูงข้าว	22
9	จำนวนเมล็ดดี เปอร์เซนต์เมล็ดลีบ และน้ำหนัก 100 เมล็ด	23
10	น้ำหนักฟาง	24
11	ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 1	25
12	ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 2	25
13	ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 3	26

สารบัญตารางภาคผนวก

ตาราง		หน้า
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก ที่		
1	การประเมินค่า pH ของดิน (ดิน:น้ำ = 1:1)	31
2	การประเมินระดับอินทรีย์วัตถุในดิน (Walkly and Black method)	31
3	การประเมินระดับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเหนียวที่สกัดด้วย DA	32
4	การประเมินระดับธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA	32
ภาคผนวก ข ที่		
1	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินปีที่ 1	32
2	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินปีที่ 2	32
3	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินปีที่ 3	33
4	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปีที่ 1	33
5	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปีที่ 2	33
6	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปีที่ 3	33
7	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 1	34
8	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 2	34
9	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 3	34
10	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 1	34
11	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 2	35
12	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 3	35
13	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 1	35
14	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 2	35
15	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 3	36
16	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรในปีที่ 1	36
17	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรในปีที่ 2	36
18	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรในปีที่ 3	36

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตาราง ภาคผนวก		หน้า
ภาคผนวก ข ที่		
19	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 1	37
20	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 2	37
21	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 3	37
22	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 1	37
23	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 2	38
24	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 3	38
25	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 1	38
26	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 2	38
27	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 3	39
28	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 1	39
29	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 2	39
30	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 3	39
31	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดในปีที่ 1	40
32	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดในปีที่ 2	40
33	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดในปีที่ 3	40
34	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 1	40
35	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 2	41
36	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 3	41
ภาคผนวก ค ที่		
1	ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 1	42
2	ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 2	44
3	ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 3	46

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพ ภาคผนวกที่		หน้า
1	แผนที่แสดงกลุ่มชุดดินและตำแหน่งแปลงทดลองในตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์	48
2	Soil Profile Description แปลงวิจัยข้าวบ้านน้ำลอก หมู่ที่ 13 ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ พิกัด 640439E 1924282N	49
3	กิจกรรมการดำเนินงาน	50

แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทะเบียนวิจัย 57 59 03 12 20104 020 102 01 11
 ชื่อโครงการ ผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการตอบสนองของ
 ผลผลิตข้าว และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน
 ผู้รับผิดชอบ นายสาธิต กาละพวง
 หน่วยงาน กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
 ที่ปรึกษาโครงการ ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
 นายเมธิน ศิริวงศ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
 ผู้ร่วมดำเนินการ นายพัฒนพงษ์ เกิดหล้า กลุ่มวิชาการฯ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
 นางชุติมา จันทร์เจริญ กลุ่มวิชาการฯ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
 นางทรายแก้ว อนาคต กลุ่มวิชาการฯ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
 นางสาวพิลาสลักษณ์ ลุ่นลั่ว กลุ่มวิชาการฯ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8

เริ่มต้น ตุลาคม พ.ศ. 2556 สิ้นสุด มีนาคม พ.ศ. 2560

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 3 ปี

สถานที่ดำเนินการ	พิกัด	ชุดดิน	กลุ่มชุดดิน	ชนิดดิน
จังหวัดอุดรธานี อำเภอกุดรัง	640439E	เรณู (Rn)	กลุ่มชุดดินที่ 17	ร่วนปนทราย
ตำบลบ่อทอง บ้านน้ำลอก หมู่ที่ 13	1924282N			

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	รวม
2557	-	110,000	110,000
2558	-	110,000	110,000
2559	-	110,000	110,000

แหล่งงบประมาณที่ใช้ เงินงบประมาณปกติ งบประมาณงานวิจัยเพื่อการพัฒนาที่ดิน
 (ตามขั้นตอนการจัดสรรงบประมาณประจำปี)

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดประกอบตามฟอร์มที่กำหนดมาแล้วด้วย

ลงชื่อ.....

(นายสาธิต กาละพวง)

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ.....

(.....)

ประธานคณะกรรมการกลั่นกรองผลงานวิชาการของหน่วยงานต้นสังกัด

วัน

เดือน

พ.ศ.

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 57 59 03 12 20104 020 102 01 11

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการตอบสนองของผลผลิตข้าว และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน
Influence of Crop Residue with Chemical Fertilizer on Rice Yield and Soil Properties

กลุ่มชุดดินที่ กลุ่มชุดดินที่ 17 (Soil group no.17) ชุดดินเรณู

ผู้ดำเนินการ	นายสาธิต กาละพวก	Mr. Sathit Kalapuak
	นายพัฒนพงษ์ เก็ดหล้า	Mr. Patpong Kirdlum
	นางชุตินา จันทรเจริญ	Mrs. Chutima Chancharoen
	นางทรายแก้ว อนากาศ	Mrs. Saikaew Anakad
	นางสาวพิลาสลักษณ์ ลุ่นลิ้ว	Miss. Pilatluk Lunliu

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน และการตอบสนองของผลผลิตข้าว เมื่อมีการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ในพื้นที่เขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอก ตำบลบ่อทอง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block) จำนวน 9 ดำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ได้แก่ ดำรับการทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ($N=21.4$ $P_2O_5=4.0$ และ $K_2O=0$ กิโลกรัมต่อไร่ (ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน) ดำรับการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N=12.0$ $P_2O_5=8.0$ และ $K_2O=6.0$ กิโลกรัมต่อไร่) ดำรับการทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ดำรับการทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ดำรับการทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ดำรับการทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับถ่านกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ดำรับการทดลองที่ 7 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับถ่านกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ดำรับการทดลองที่ 8 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับถ่านกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ดำรับการทดลองที่ 9 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลวัวอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่

ผลการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับวัสดุปรับปรุงดินอัตราต่างๆ ตามดำรับการทดลองในดินนากลุ่มชุดดินที่ 17 ชุดดินเรณู ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างและปริมาณอินทรีย์วัตถุเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จึงไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เช่นเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง แสดงให้เห็นถึงปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใส่ร่วมกับวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้พอดีกับการดูดใช้ของข้าว นอกจากนี้การตอบสนองของผลผลิตข้าวก็ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเช่นกัน แต่มีแนวโน้มว่าดำรับการทดลองที่มีการใส่ถ่านซังข้าวโพดบดและถ่านกลบ ทำให้ข้าวสามารถให้ผลผลิตดีกว่าการไม่ใส่วัสดุดังกล่าวภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และทำให้มีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 650-1,750 บาทต่อไร่ เมื่อเทียบกับวิธีของเกษตรกร โดยมีข้อเสนอแนะว่า ควรเพิ่มระยะเวลาสำหรับการวิจัยด้านการใช้วัสดุปรับปรุงดินให้ยาวนานขึ้น เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

หลักการและเหตุผล

เขตพัฒนาที่ดินเป็นพื้นที่ที่กรมพัฒนาที่ดินได้ผสมผสานกิจกรรมต่างๆ ด้านการพัฒนาที่ดินลงในพื้นที่เพื่อใช้เป็นศูนย์กลางการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร ในอันที่จะลดความเสี่ยง การกระจายรายได้ ลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนสนับสนุนแผนการผลิตของเกษตรกรตามแผนฟื้นฟูการเกษตร ให้เกษตรกรเห็นถึงทางเลือกที่เหมาะสมกับสภาพดิน และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ให้เป็นตัวอย่างแก่เกษตรกรนำไปตัดสินใจในการวางแผนและดำเนินการเอง สำหรับในเขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอก ตำบลบ่อทอง อำเภอน้ำขุ่น จังหวัดอุดรธานี พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ ได้แก่ นาข้าว มีพื้นที่ประมาณ 1,407 ไร่ ทำนาปีละครั้งโดยอาศัยน้ำฝน และแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เนื้อดินเป็นดินทรายปนแฉะ ความสามารถในการอุ้มน้ำไม่ดี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8, 2549) ที่ผ่านมาเกษตรกรไม่ได้ปรับปรุงดินบำรุงด้วยอินทรีย์วัตถุ จึงทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดรุนแรงมากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยเคมีลดลง เกษตรกรจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีสูงขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ประจำหน่วยพัฒนาที่ดินอำเภอน้ำขุ่น พบว่า พื้นที่บริเวณเขตพัฒนาที่ดินนี้มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 600 ไร่ ซึ่งข้าวโพดที่เหลือจากการกะเทาะเมล็ดแล้วมีได้นำมาใช้ประโยชน์ เกษตรกรใช้วิธีเผาทิ้ง มีเพียงส่วนน้อยที่จะขายให้แก่คนต่างถิ่นที่ซื้อไปเพื่อทำถ่านอัดแท่ง ซึ่งถ่านไม้หรือถ่านที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะมีร่วน เมื่อใส่ถ่านลงในดินจะช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุดมได้ดีขึ้น ส่งผลให้รากพืชขยายตัวอย่างรวดเร็ว ช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ และมีจุลินทรีย์อยู่หลายชนิดจะเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูก แต่ถ่านที่นำมาใช้ปรับปรุงดินควรเป็นเศษถ่าน ขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร (นิรนาม, 2546) นอกจากนี้ยังมีแกลบที่เหลือใช้ตามโรงสีภายในหมู่บ้านหากนำมาเผาให้เป็นถ่าน สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้โดยช่วยลดความเป็นกรดของดิน กระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ดิน และยังมีบทบาทช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง (ทัศนีย์, 2551)

ดังนั้นการศึกษาผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่น เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงบำรุงดิน เช่น การใช้ถ่านจากข้าวโพด ถ่านแกลบ และมูลวัวในนาข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี จะทำให้ได้แนวทางในการปรับปรุงดินที่ถูกต้อง ง่าย สะดวก ช่วยลดต้นทุนการผลิต ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มผลผลิต ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า และยังเป็นแนวทางที่จะพัฒนาการผลิตของเกษตรกรไปสู่การผลิตข้าวที่มีคุณภาพและยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวข้าว
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่นปรับปรุงบำรุงดินร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่ต่างกันต่อผลผลิตข้าว
3. เพื่อต้องการให้เกษตรกรเห็นคุณค่าและประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่น ในอันที่จะลดต้นทุนการผลิตข้าว และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวที่ปลูกในแต่ละดำริบการทดลอง

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่นปรับปรุงบำรุงดินในอัตราต่างกัน เพื่อให้ได้อัตราการใช้ที่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยว โดยเน้นให้เกษตรกรเห็นคุณค่าและประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่น และเพื่อเป็นแนวทางลดต้นทุนการผลิตข้าว โดยดำเนินการทดลองร่วมกับเกษตรกรในเขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอก ตำบลบ่อทอง อำเภothองแสนขัน จังหวัดอุดรดิตถ์

การตรวจเอกสาร

1. สภาพทางกายภาพของพื้นที่ดำเนินการ

พื้นที่เขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอกหมู่ที่ 4 และหมู่ที่ 13 ตำบลบ่อทอง อำเภothองแสนขัน จังหวัดอุดรดิตถ์ จัดอยู่ในพื้นที่สูงภาคเหนือ เนื้อที่ประมาณ 5,456 ไร่ อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 90-317 เมตร สภาพพื้นที่มีลักษณะราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบจะอยู่บริเวณที่ราบลุ่มตอนกลางของแปลงสำรวจใช้ทำนาข้าว และสภาพที่ที่เป็นลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนชันเล็กน้อย มีความลาดชัน 5-12 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ด้านตะวันตกและตะวันออกเฉียงใต้ของแปลงสำรวจใช้ในการปลูกพืชไร่ ไม้ผลยืนต้น และป่าเบญจพรรณ พบว่า ปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ยตลอดปี 1,410.3 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 73 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8, 2549)

1.1 ชุดดินในพื้นที่ดำเนินการ

ชุดดินที่ใช้ปลูกข้าว ได้แก่ ชุดดินเรณู (Rn) สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบ ถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชันประมาณ 1-4 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย มีจุดประสีน้ำตาลแก่ สีแดงปนเหลือง และสีแดง เป็นดินลึก การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ความสามารถให้น้ำซึมผ่านปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้าถึงปานกลาง มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลปนเทา ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.0-5.5 ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินเหนียวปนทราย สีพื้นเป็นสีเทาอ่อน สีเทาปนชมพูถึงสีน้ำตาลปนเหลือง มีจุดประสีน้ำตาลแก่ สีแดงและสีแดงปนเหลือง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

2. ข้าวและพันธุ์ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดำเนินการ

2.1 ข้าวเป็นธัญพืชที่อยู่ในวงศ์ (Family) Gramineae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย และยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่ผลผลิตต่อไร่ต่ำ เกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย การใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวนับว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเป็นอย่างยิ่ง ถ้าหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลือง ยังมีผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานานๆ จะทำลายความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุในดิน ทำให้จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในดินมีจำนวนลดลง มีผลทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ ดินมีสภาพเป็นกรด จับตัวกันเป็นก้อนแข็ง (นิรนาม, ม.ป.ป.)

2.2 ข้าวเหนียวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 (RD-MAEJO2) คณะกรรมการวิจัยและพัฒนาข้าวมีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2558 ผสมพันธุ์ครั้งแรกในฤดูนาปี 2547 ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยใช้ข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งใช้เป็นพันธุ์รับกับข้าวเหนียวหอมพันธุ์ กข.6 ซึ่งใช้เป็นพันธุ์ให้ยีน wx ซึ่งควบคุมความเป็นข้าวเหนียว ด้วยวิธีผสมกลับ และใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก ผลิตเมธิตข้าวที่ 1 ทำการผสมกลับ 4 ครั้ง แต่ละชั่วของการผสมกลับใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยคัดเลือกต้นที่เป็น Wxwx และผสมกลับไปหาพันธุ์รับ คือ ข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 จนได้ต้น BC4F1 ที่มียีนไธป์เป็น Wxwx และผสมตัวเองได้เมธิต BC4F2 คัดเลือกเมธิตข้าวเหนียวนำไปปลูก และผสมตัวเองได้เมธิต BC4F3 ปลูกศึกษาพันธุ์ 4 แถว จำนวน 2 ฤดู คือ นาปี 2551 และนาปรัง 2552 คัดเลือกได้สายพันธุ์ข้าวเหนียว MJUG04002-BC4F5

ผลการคัดเลือกทำให้ได้พันธุ์ข้าวเหนียวไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 135 วัน ลักษณะกอเบะ ความสูงประมาณ 110 เซนติเมตร ลำต้นแข็งปานกลาง ใบสีเขียว มุมปลายใบตั้งตรง การแก่ของใบแก่ช้า ใบธงยาว 32.16 เซนติเมตร กว้าง 1.20 เซนติเมตร มุมใบธงตั้งตรง รวงยาว 29.75 เซนติเมตร จำนวนเมธิตต่อรวง 113 เมธิต เมธิตร่วงง่าย ข้าวเปลือกสีฟาง มีหางบ้าง มีความยาวเฉลี่ย 10.65 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร หยา 1.95 มิลลิเมตร ข้าวกล้องสีขาวยาวเฉลี่ย 7.50 มิลลิเมตร กว้าง 2.16 มิลลิเมตร หยา 1.79 มิลลิเมตร จัดเป็นข้าวรูปร่างเมธิตเรียวยาว ปริมาณโปรตีนในเมธิตข้าวกล้อง 8.50 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นหอมอ่อนเหมือนข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ประมาณ 865 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นข้าวเหนียวมีกลิ่นหอมอ่อน เมธิตเรียวยาว ต้นเตี้ย และไม่ไวต่อช่วงแสงสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี (กรมการข้าว, 2559)

3. สารปรับปรุงบำรุงดิน

สารปรับปรุงบำรุงดิน (soil amendments) คือ สารที่ใส่ลงไปในดินแล้ว สามารถปรับปรุงบำรุงดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชให้ดีขึ้น เป็นการปรับปรุงทั้งสมบัติทางกายภาพ เคมี และความอุดมสมบูรณ์ของดินหรือสภาพทางชีวภาพในดินยกเว้นปุ๋ยเคมี ทำให้ของแข็ง ของเหลว และอากาศ มีสัดส่วนเหมาะสมต่อการดำรงชีพของพืชมากขึ้น เช่น การระบายน้ำ การแทรกซึมน้ำ การถ่ายเทอากาศ ซึ่งมีผลทำให้พืชสามารถใช้ น้ำ อากาศและธาตุอาหารพืชในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ วัสดุอินทรีย์หรือวัสดุเหลือใช้ เช่น เศษพืช ผลพลอยได้จากการผลิตพืช ปุ๋ยอินทรีย์ ปูนขาว โดโลไมท์และสารสังเคราะห์ต่างๆ สามารถนำมาใช้เพื่อปรับปรุงบำรุงดินได้ (ปิยะ, 2553)

3.1 ถ่านชีวภาพ (biochar) เป็นวัสดุที่ได้จากการเผาผลาญชีวภาพภายใต้สภาวะมีออกซิเจนต่ำ ซึ่งถ่านที่ได้มีคุณสมบัติในการหมุนเวียนธาตุอาหารพืช เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดินจึงส่งผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้วัสดุที่ใช้เผาถ่านชีวภาพแต่ละชนิดจะให้สมบัติทางเคมีแตกต่างกัน จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันด้วย (เสาวคนธ์, 2557) ทั้งนี้เนื่องจากถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่มีปริมาณคาร์บอนที่ทนทานต่อการย่อยสลายในปริมาณมากโดยเฉพาะมีอะโรมาติกคาร์บอน ดังนั้น ถ่านชีวภาพจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน และสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (พัชรี และคณะ, 2557)

อรสา (2552) ได้สรุปประโยชน์ของถ่านชีวภาพโดยทั่วไปไว้ ดังนี้

1) ช่วยบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เนื่องจากถ่านชีวภาพมีความสามารถลดคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศในระยะยาวได้ ด้วยการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

2) ช่วยปรับปรุงดินและผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากเมื่อนำถ่านชีวภาพลงดิน ลักษณะความเป็นร่วนซุยของถ่านชีวภาพจะช่วยกักเก็บน้ำและอาหารในดิน และเป็นที่อยู่ให้กับจุลินทรีย์สำหรับทำกิจกรรมเพื่อสร้างอาหารให้ดิน เมื่อดินอุดมสมบูรณ์จะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้น

3) ช่วยผลิตพลังงานทดแทน เนื่องจากกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพจากมวลชีวภาพ ด้วยการแยกสลายด้วยความร้อนจะให้พลังงานชีวภาพที่สามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนเพื่อการขนส่งและในระบบอุตสาหกรรมได้

4) ช่วยในกระบวนการจัดการของเสียประเภทวัสดุอินทรีย์ได้ เนื่องจากเทคโนโลยีไบโอชาร์มีศักยภาพในการกำจัดของเสียที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นมิตรได้

สำหรับถ่านชีวภาพที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส (กระบวนการสลายตัวของสารด้วยความร้อนในสภาวะไร้อากาศหรืออับอากาศ) มีคุณสมบัติที่ดีในการส่งเสริมสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน ดังนี้

1) คุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีผลต่อสมบัติทางเคมีของดิน ถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาไหม้ในสภาวะอับอากาศจะมีความพรุนสูง มีโครงสร้างทางเคมีเป็นพวก High aromatic ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงและเกิดหมู่ฟังก์ชันต่างๆ โดยเฉพาะคาร์บอกซิล (COO^-) คือ มีประจุลบสุทธิที่พื้นที่ผิวปริมาณมาก หรือทำให้มีความจุแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูง ประกอบกับถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่มีความพรุนสูงจึงมีพื้นที่สัมผัสมากด้วย จึงทำให้สามารถดูดซับธาตุอาหารพืชซึ่งอยู่ในรูปไอออนได้เป็นจำนวนมากและช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารโดยการชะละลาย ไม่ว่าธาตุอาหารในดินจะได้รับจากปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ หรือธาตุอาหารที่มีอยู่เดิมในดิน เนื่องจากถ่านชีวภาพมีคุณสมบัติเป็นต่าง ดังนั้น เมื่อใส่ในดินจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ถ่านชีวภาพยังให้ธาตุอาหารต่างๆ แก่พืชได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้หรือวัสดุอินทรีย์ที่นำมาเผา (ทิพานันท์ และศิวพร, 2554; อิศริยาภรณ์, 2552)

2) คุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดิน การใส่ถ่านชีวภาพมีรูพรุนมาก จะช่วยในการการกักเก็บน้ำและอาหารในดินได้เป็นอย่างดี จึงทำให้สามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินสำหรับการเพาะปลูก และช่วยทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง (Steiner, 2009) รวมทั้งถ่านชีวภาพยังทำให้ดินโปร่ง สามารถถ่ายเทอากาศได้ดี (Islam, 1999) และเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชและปลดปล่อยธาตุอาหารให้พืชอย่างช้าๆ

3) คุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีผลต่อสมบัติทางชีวภาพของดิน การใส่ถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงดิน ทั้งถ่านชีวภาพและจุลินทรีย์ในดินจะมีส่วนสนับสนุนซึ่งกันและกัน กล่าวคือ โครงสร้างของถ่านชีวภาพที่เป็นรูพรุนจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว ประกอบกับความเป็นต่างของถ่านชีวภาพจะช่วยยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้สูงขึ้น เหมาะต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์มากขึ้น ในขณะเดียวกัน จุลินทรีย์ก็ทำให้ถ่านชีวภาพเกิดการเปลี่ยนสภาพได้ ถึงแม้ว่าถ่านชีวภาพจะมีสารพวก่อโรมาติกซึ่งคงทนต่อการย่อยสลายมากกว่าอินทรีย์สารที่ไม่ได้ผ่านการเผาไหม้ ด้วยลักษณะรูพรุนและขนาดของรูพรุนของถ่านชีวภาพที่มีขนาดเล็กมากจึงเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น เชื้อแอกทิโนมัยซิส (*Actinomyces*) ไตรคอร์เดอร์มา (*Trichoderma*) และบาซิลลัส (*Bacillus*) เป็นต้น ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการควบคุมจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อสาเหตุโรคพืช ซึ่งจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อสาเหตุโรคพืชมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของถ่านชีวภาพ ทำให้เข้าไปอยู่อาศัยไม่ได้ และจะถูกครอบงวนโดยการเป็นปรสิตของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า (ทิพานันท์ และศิวพร, 2554)

3.2 ถ่านกลบ

ถ่านกลบ หรือภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า “กุนตัง” (kuntan) มีการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินหรือให้ธาตุอาหารพืชมาเป็นเวลาหลายร้อยปีในญี่ปุ่น แต่ในยุคปัจจุบันควรทบทวนนำวิธีปฏิบัติเช่นนี้มาใช้ในแง่สิ่งแวดล้อม เพราะการเพิ่มคาร์บอนในดินเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดภาวะโลกร้อน (ประทีป, 2551) ถ่านกลบมีแร่ธาตุ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเผาแล้วสารประกอบอินทรีย์จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอนและน้ำส้มควันกลบ ซึ่งกระบวนการเผาซิลิกา (SiO_2) 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งเป็นวัสดุที่มีประสิทธิภาพที่ให้ซิลิกาแก่พืชรากพืชต่างๆ โดยเฉพาะข้าวและอ้อย มีโพแทสเซียมและฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ 2.25 เปอร์เซ็นต์ และ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีสมบัติเป็นด่าง ($\text{pH} > 8$) พบว่า การใช้ถ่านกลบเป็นวัสดุเพาะกล้าทำให้ต้นกล้าแข็งแรง การเจริญเติบโตสม่ำเสมอ เช่น แตงกวา แคนตาลูป มะเขือ แตงโม และกะหล่ำปลี เป็นต้น และชาวสวนในอินโดนีเซียนิยมนำถ่านกลบมาเป็นวัสดุปลูกไม้ประดับกันอย่างกว้างขวาง (ทัศนีย์, 2551)

3.3 ถ่านซังข้าวโพด

ถ่านซังข้าวโพดที่คนทั่วไปเข้าใจ คือ ถ่านอัดแท่งที่ทำจากซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการการเผาโดยสมบูรณ์แล้วนำมาบด ผสมกับแป้งมันและน้ำ แล้วอัดเป็นแท่งตามต้องการ ใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังให้ความร้อนสูงกว่าถ่านไม้ แต่ในที่นี้คือ ถ่านที่ได้จากการเผาซังข้าวโพดด้วยถัง 200 ลิตร แบบตั้งหรือกองสุมแล้วจุดไฟเผา แล้วนำมาบดให้มีขนาดเล็กลงประมาณ 5 มิลลิเมตร เพราะถ่านไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มนั้นเมื่ออยู่ในลักษณะป่น สามารถนำมาใช้เพื่อการปรับปรุงบำรุงดินได้ จึงได้นำแนวทางนี้มาทดสอบประสิทธิภาพในการปรับปรุงดิน โดยเปลี่ยนจากถ่านไม้เป็นถ่านจากซังข้าวโพดที่เกษตรกรเผาทิ้ง แต่ยังไม่มียี่ห้อและอัตราการใช้ที่เหมาะสม นอกจากนี้ในบางพื้นที่นำถ่านซังข้าวโพดมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชในกระถาง การเผาถ่านซังข้าวโพดด้วยวิธีการกองสุมจะทำให้ได้ปริมาณมากกว่าการเผาด้วยเตา 200 ลิตร จำนวน 35 และ 33 กิโลกรัมจากน้ำหนัก 100 กิโลกรัมตามลำดับ (สำนักงานพลังงานภาค 9, ม.ป.ป.)

3.4 มูลวัว

มูลวัวเป็นวัสดุอินทรีย์ที่ค่อนข้างง่ายในท้องถิ่น ยงยุทธและคณะ (2551) พบว่า ในมูลวัวประกอบด้วย ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ปริมาณ 1.9 0.7 2.0 1.3 0.7 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นว่ามูลวัวมีธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ การจะแนะนำให้เกษตรกรใช้มูลวัวอย่างเดียวในนาปลูกข้าวดังเช่นโบราณนั้นคงจะเป็นไปไม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของประเสริฐ (2543) ว่าการใช้มูลวัวอย่างเดียวเพื่อการเพิ่มผลผลิตข้าวนั้น จะต้องใช้อัตรา 1.5-3.0 ตัน ซึ่งเป็นอุปสรรคในการจัดหา ควรใช้มูลวัวอัตราต่ำร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นวิธีที่ดีกว่า

4. การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (รสมาริน, 2552)

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นการใช้ปุ๋ยเคมีให้ประสิทธิภาพมากขึ้น หากผู้ใช้สามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีส่วนสัมพันธ์ต่อการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตพืช โดยปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง (แต่ไม่ถูกละเลย) คือ การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยทั่วไปเกษตรกรมักใช้วิธีสังเกตการเจริญเติบโตของพืช หากเห็นว่าแคะแกร็น ใบสีเหลืองซีด แสดงอาการขาดธาตุอาหาร ก็จะทำให้การใส่ปุ๋ยเพิ่มในบริเวณนั้น ซึ่งเป็นการวัดความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น แต่ในปัจจุบันการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินสามารถทำได้ละเอียดและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ทำให้เกษตรกรสามารถนำค่าวิเคราะห์ดินที่ได้ไปประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และนำไปเลือกใช้ชนิดหรืออัตราของปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

โดยพิจารณาจากปริมาณความต้องการธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดและธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน หากดินมีธาตุอาหารชนิดใดอยู่มาก ก็ใส่ธาตุอาหารชนิดนั้นน้อย

ดินในประเทศไทยมีมากกว่า 200 ชนิด แต่ละชนิดมีศักยภาพแตกต่างกัน ในการจำแนกชนิดดินใช้สมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก เช่น เนื้อดิน สีดิน ความลึกของดิน และความเป็นกรดเป็นด่าง สิ่งเหล่านี้เป็นสมบัติของชนิดดินที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก ซึ่งแตกต่างจากความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ผันแปรไปตามการใช้ประโยชน์ที่ดินและวิธีการจัดการไร่นาของเกษตรกร แนวคิดในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินนั้นจึงเกิดจากการนำข้อมูลชนิดดิน และข้อมูลวิเคราะห์ N-P-K ในดินตามสภาพปัจจุบัน มาประกอบการตัดสินใจใช้ปุ๋ยเคมีให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โปรแกรมจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินนั้น เป็นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีส่วนสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช เช่น พันธุ์พืช แสงแดด อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ชนิดดิน ฯลฯ เพื่อช่วยคำนวณหาปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีความสอดคล้องกับความต้องการของพืชมากขึ้น อย่างไรก็ตามความถูกต้องและแม่นยำของการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละโปรแกรมนั้นจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของแบบจำลอง การวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ อย่างแม่นยำ และมีส่วนสัมพันธ์กับพืชอย่างแท้จริง รวมถึงต้องผ่านการทดสอบผลของการวิเคราะห์ซ้ำหลายๆ ครั้ง จนเกิดความเชื่อมั่นในแบบจำลองนั้นจริงๆ ในปัจจุบันมีการใช้โปรแกรมการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเกิดขึ้นหลายโปรแกรม เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน ในส่วนของกรมพัฒนาที่ดินได้มีการพัฒนา โปรแกรมการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง เพื่อการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ และสะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานต้องระบุชนิดดิน ระบุชนิดของพืชที่ต้องการปลูก (โปรแกรมนี้สามารถเลือกชนิดพืชได้ 14 ชนิด ได้แก่ ข้าว (ไวแสง/ไมไวแสง) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย (ปลูก/ तो) มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์มน้ำมัน สับปะรด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ถั่วฝักยาว และมันคุด) พร้อมค่าวิเคราะห์ดินซึ่งหากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในภาวะปัจจุบัน โปรแกรมจะนำข้อมูลวิเคราะห์ดินจากค่าเฉลี่ยของชนิดดินนั้นๆ มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาคำแนะนำที่เหมาะสมในการจัดการการปลูกพืชในพื้นที่นั้นๆ โดยในคำแนะนำนั้นจะประกอบไปด้วย

- วันปลูกที่เหมาะสม
- ผลผลิตที่คาดหวัง (กิโลกรัม/ไร่)
- คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมี พร้อมการเปรียบเทียบราคาปุ๋ยที่คำนวณจากปริมาณธาตุอาหารที่แนะนำ
- คำแนะนำการจัดการดิน ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ การใช้วัสดุปูนในการปรับความเป็นกรดของดิน

ซึ่งทั้งหมดนี้จะมีระบบตรวจสอบข้อมูลคำแนะนำการจัดการ พร้อมระดับความเชื่อมั่นของคำแนะนำ เพื่อประกอบการตัดสินใจสำหรับนำไปปฏิบัติต่อไป

4.1 ความต้องการธาตุอาหารหลักของข้าว

4.1.1 ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบอยู่ในกรดอะมิโน นิวคลีโอไทด์ เอ็นไซม์ โคเอ็นไซม์ คลอโรฟิลล์ และสารประกอบสำคัญในพืชอีกหลายชนิด ไนโตรเจนในใบพืชประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในคลอโรพลาสต์ และมีการคาดว่าพืชที่มีใบจำนวนมาก ประมาณครึ่งหนึ่งของไนโตรเจนทั้งหมดจะอยู่ในออร์แกนัลส์ (ยงยุทธ และสุรเดช, 2521) ไนโตรเจนโดยทั่วไปอยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจนอินทรีย์ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) ไนโตรเจนในดินที่เป็นประโยชน์ประมาณ 95-99 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ในรูปอินทรีย์ทั้งในเศษพืชและสัตว์ในรูปอินทรีย์วัตถุที่ค่อนข้างอยู่ตัว หรือในจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ไนโตรเจนรูปนี้ไม่สามารถเป็นประโยชน์โดยการกระทำของจุลินทรีย์ ไนโตรเจนอินทรีย์จำนวนน้อยอาจอยู่ในสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ เช่น ยูเรียที่อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ สำหรับไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอนินทรีย์ เช่น NH_4^+ และ NO_3^- เป็นต้น ไนโตรเจนทั้งสองรูปนี้ รากพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที (วิจิตร, 2552)

ข้าวที่ขาดไนโตรเจน ใบจะมีสีเขียวจางหรือสีเหลือง ใบแก่เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว การขาดไนโตรเจนจะเกิดขึ้นที่ใบแก่ที่อยู่ส่วนล่างของต้นมากกว่าใบยอด และใบจะร่วงก่อนกำหนด พืชจะมีการเจริญเติบโตช้า ลำต้นมีทรงพุ่มเล็ก การแตกแขนงช้า ให้ผลผลิตต่ำ คุณภาพลดลง พืชที่ได้รับไนโตรเจนมากเกินไปมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมากเกินไปเกิดอาการเหี่ยวใบ สร้างดอกผลน้อยลง มีลำต้นอ่อนแอ ล้มง่าย ความต้านทานโรคและแมลงลดลง และให้ผลผลิตต่ำ (อภิพรณ, 2541) ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตและการ แตกกอของข้าว เป็นองค์ประกอบของเม็ดสีในเซลล์พืช การขาดไนโตรเจนพบได้ทั่วไป โดยเฉพาะในดินนาเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือในดินที่ขาดการจัดการที่เหมาะสม เป็นต้น ข้าวที่ขาดไนโตรเจนจะพบที่ใบแก่หรือบางครั้งใบทั้งหมดเป็นสีเขียวอ่อน ปลายใบเหลือง ถ้าข้าวขาดไนโตรเจนอย่างรุนแรงใบแก่จะตาย เหลือเพียงใบอ่อนที่มีลักษณะใบแคบ สั้นและตั้งตรง มีสีเขียวปนเหลือง ต้นข้าวแคระแกร็น แตกกอน้อย เมล็ดดีด่อร่วงลดลง ส่งผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลงด้วย (วิจิตร, 2552)

1) การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน (อภิพรณ, 2541)

การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนเกิดจากปฏิกิริยาทางชีวภาพ (biological reaction) โดยมีเอนไซม์หรือจุลินทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ด้วย การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในธรรมชาติแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.1) Aminization เป็นการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในสารอินทรีย์รูปต่างๆ ให้เป็นเอมีน ($R-NH_2$) หรือกรดอะมิโน

1.2) Ammonification เป็นการเปลี่ยนรูปของเอมีนไปเป็นรูปของแอมโมเนียหรือเกลือแอมโมเนียม (NH_4^+)

1.3) Nitrification เป็นการเปลี่ยนรูปของ NH_4^+ เป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-)

1.4) Denitrification เป็นกระบวนการรีดักชัน (reduction) เปลี่ยนรูปของ NO_3^- หรือ NH_4^+ ในดินไปเป็นแก๊ส N_2 , N_2O และ NO

4.1.2 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารจำเป็นของพืช เพราะเป็นส่วนหนึ่งของสารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของพืช และเป็นตัวช่วยในการแปลงปฏิกิริยาชีวเคมีที่สำคัญจำนวนมากในพืช ฟอสฟอรัสมีความโดดเด่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการจับและเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นสารประกอบที่เป็นประโยชน์ในพืช หน้าที่สำคัญ 2 ประการของธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่มีต่อการพัฒนาการและการผลิตพืชให้เป็นไปอย่างปกติ คือ เป็นส่วนประกอบที่จำเป็นที่สุดของ DNA ซึ่งเป็น “memory unit” ทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และยังเป็นส่วนประกอบของ RNA ซึ่งเป็นสารประกอบที่แปลรหัสพันธุกรรม DNA เพื่อสร้างโปรตีนและสารประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับโครงสร้างพืช สร้างเมล็ด และถ่ายโอนพันธุกรรม นอกจากนี้ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของ ATP ซึ่งเป็น “energy unit” ของพืช ATP ซึ่งถูกสร้างในขณะเกิดการสังเคราะห์แสงมีฟอสฟอรัสในโครงสร้างของมันและในกระบวนการตั้งแต่ต้นกล้าจนถึงการสร้างเมล็ด ดังนั้น ฟอสฟอรัสจึงจำเป็นต่อความแข็งแรงของพืชทุกชนิด ธาตุฟอสฟอรัสมีประโยชน์ในการกระตุ้นพัฒนาการของราก เพิ่มความแข็งแรงของลำต้น ช่วยในการสร้างดอกและการผลิตเมล็ด พืชผลแก่เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น (วิจิตร, 2552)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ คือ $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} ฟอสฟอรัสในดินที่อยู่ในรูปของ $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} จะมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบอนินทรีย์ของดินให้กลายเป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์แก่พืช เรียกว่า การตรึงฟอสเฟต (P-fixation หรือ P-immobilization) โดยปกติในดินกรด ธาตุเหล็กและอลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัส กลายเป็นสารประกอบสลับซับซ้อนที่ละลายได้ยาก ส่วนในดินล้าแคลเซียมและแมกนีเซียมทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัส

กลายเป็นแคลเซียมและแมกนีเซียมฟอสเฟตที่ละลายได้ยาก ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินจึงเกิดขึ้นในช่วงที่ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6.5-7.0 เท่านั้น เนื่องจากฟอสฟอรัสในดินมักทำปฏิกิริยากับดินและถูกดูดซับอยู่ในดิน การเคลื่อนตัวของอนุมูลโมโนฟอสเฟต (H_2PO_4^-) จึงมีน้อยมาก ดังนั้น ฟอสฟอรัสจึงจัดเป็นธาตุเคลื่อนย้ายได้ยากในดิน ซึ่งตรงข้ามกับไนโตรเจน คุณสมบัตินี้จึงช่วยป้องกันมิให้มีการสูญเสียฟอสฟอรัสไปจากดินได้ง่าย (อภิพรหม, 2541)

ข้าวที่ขาดฟอสฟอรัส จะมีการแคระแกร็น แตกกอน้อย ใบแคบ สั้น ตั้งตรงและมีสีเขียวเข้ม ลำต้นผอมเรียว ข้าวจะชะงักการเจริญเติบโต จำนวนใบ จำนวนรวงและจำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง ใบอ่อนสมบูรณ์ดี แต่ใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายในที่สุด ถ้าพันธุ์ข้าวที่ปลูกสามารถผลิต Anthocyanin ได้ ใบอาจเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือสีม่วงในดินที่เป็นกรด การขาดฟอสฟอรัสมักจะเกิดร่วมกับเหล็กเป็นพิษ (อภิพรหม, 2541)

4.1.3 โพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก นับเป็นธาตุอาหารที่มีประจุบวก (แคตไอออน) ที่พืชดูดใช้เป็นปริมาณมากที่สุดในบรรดาแคตไอออนต่างๆ ความแตกต่างระหว่างโพแทสเซียมกับธาตุอาหารหลักสองตัวแรก (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) คือ โพแทสเซียมไม่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเนื้อเยื่อพืช เช่น ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของโปรตีน ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก แต่โพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีในพืช นับตั้งแต่การสังเคราะห์แสง การหายใจ การลำเลียงสารประกอบที่ได้จากการสังเคราะห์แสง การสร้างโปรตีนและน้ำมันในพืช และมีบทบาทในการกระตุ้นเอนไซม์ต่างๆ ดังนั้น หากพืชขาดโพแทสเซียมจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง นอกจากนี้โพแทสเซียมยังมีอิทธิพลต่อโครงสร้างระดับอวัยวะพืชและเซลล์พืช เช่น เพิ่มการสร้างผนังเซลล์ (cell wall) ทำให้พืชต้านทานโรคดีขึ้นและช่วยเพิ่มเซลล์ที่เก็บสำรองอาหารที่สังเคราะห์ (แป้งและน้ำตาล) ในเมล็ดธัญพืช เป็นต้น (ปัทมา, 2543)

โพแทสเซียมในดินเกิดจากการสลายตัวของแร่ feldspar, mica และดินเหนียวพวก illite พบอยู่ในรูปสารละลายในดินมากกว่าฟอสฟอรัส รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ K^+ ที่ละลายเป็นอิสระและรูปของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K^+) ซึ่งถูกดูดซับอยู่รอบๆ อนุภาคดินเหนียว หากจะแบ่งโพแทสเซียมในดินออกเป็นรูปต่างๆ ตามความเป็นประโยชน์ต่อพืช อาจแบ่งได้ดังนี้ (อภิพรหม, 2541)

1) รูปที่เป็นประโยชน์ทันที (readily available form) คือ รูปที่อยู่ในสารละลายดิน (soil solution K^+) รวมทั้งรูปที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งถูกดูดซับอยู่รอบผิวของอนุภาคดินเหนียว (exchangeable K^+)

2) รูปที่เป็นประโยชน์ได้ช้า (slowly available form) คือ รูปที่ถูกตรึงอยู่ระหว่างแผ่นแร่ของอนุภาคดินเหนียวพวก illite vermiculite และแร่ดินเหนียวชนิดอื่นๆ ที่มีลักษณะผลึกแบบ 2:1 ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากจะถูกปลดปล่อยออกมาเสียก่อน ปกติโพแทสเซียมในรูปนี้จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ ชดเชยรูปที่ถูกพืชนำไปใช้

3) รูปที่ยังไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (relatively unavailable form) ได้แก่ รูปที่อยู่ในแร่พวก feldspar, mica และแร่อื่นๆ เป็นแหล่งของโพแทสเซียมในดินในระยะยาว เพราะโพแทสเซียมจะถูกปลดปล่อยให้ละลายออกมาทีละน้อย โดยสารละลายกรดคาร์บอนิก

ข้าวที่ขาดโพแทสเซียมจะแสดงอาการ คือ ใบขนาดเล็กแคบสีเขียวอมน้ำเงิน การแตกกอล่าช้าออกไป มีดวงคลอโรซิสเกิดกระจายอย่างไม่เป็นระเบียบและต่อมาจะกลายเป็นแผลเนโครซิส แพร่ขยายตามแนวยาวของใบแก่ โดยเริ่มจากปลายใบและต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมแดง ในที่สุดใบจะกลายเป็นสี

น้ำตาลและแห้งตาย เริ่มจากส่วนปลายใบอ่อนที่เกิดภายหลังมักจะมีสีเขียวอมเหลืองซีด อาการขาดโพแทสเซียมในข้าว รู้จักในชื่อ “grey speck” รากของต้นข้าวที่ขาดโพแทสเซียมจะมีปลั่งออกซีดส์จะลดลง (วิจิตร, 2552)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เสาวคนธ์ (2557) ได้ศึกษาผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่และแกลบต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพ (ไม้ไผ่ และถ่านแกลบ) ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยในโตรเจนได้ดีขึ้น และให้ผลผลิตข้าวดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ส่วนด้านการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังเก็บเกี่ยว พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพทำให้อินทรีย์วัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีข้อเสนอแนะว่าควรใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีในระยะที่ข้าวสร้างรวงอ่อน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยในโตรเจนเพิ่มขึ้น

พัชร และคณะ (2558) ได้ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพยูคาลิปตัสและฟางข้าวเพื่อการผลิตข้าวและลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส และใช้ฟางข้าวอัตรา 1-4 ตันต่อไร่ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกัน การใช้ถ่านชีวภาพที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีความคงทนต่อการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ซึ่งจะลดประชากรจุลินทรีย์ที่สร้าง CH_4 (methanogens) แต่จะทำให้ประชากรจุลินทรีย์ที่ใช้ CH_4 (methanogens) ลดลง ดังนั้น การใช้วัสดุอินทรีย์ทั้งสองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนในดิน โดยถ่านชีวภาพกักเก็บคาร์บอนในดินได้สูงกว่าฟางข้าว

ศิริลักษณ์ และอรสา (2556) ได้ศึกษาการประยุกต์ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยคอกอัตราส่วน 75:25 ทำให้น้ำมีความสูงและน้ำหนักสูงกว่าทุกตำรับการทดลองและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าถ่านชีวภาพช่วยทำให้ความค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามได้อ้างถึง Fontaine (2004) ที่ระบุว่า การใช้ถ่านชีวภาพเพื่อการปรับปรุงดินสำหรับการเกษตรและการสะสมคาร์บอนในดินนั้น ต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 5 ปีขึ้นไป จึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านอินทรีย์วัตถุและการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสามารถระบุการเพิ่มผลผลิตของพืชได้ชัดเจน

ปรเมศ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ข้าวเหนียวดำ ภายใต้การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันในพื้นที่ดินเค็ม ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวเหนียวดำ การจัดการปุ๋ย และถ่านชีวภาพ แต่พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองที่มีผลผลิตสูงสุด ส่วนผลการวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยว พบว่า การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวม และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินมีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีผลทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ การนำไฟฟ้าของเกลือ โพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิจิตา (2556) ได้ศึกษาผลของถ่านชีวภาพที่มีต่อผลผลิตข้าวและคุณภาพดินเหนียวปนทราย กรณีศึกษาตำบลป่าเต็ง อำเภอกำแพงกระเจาน จังหวัดเพชรบุรี พบว่า สมบัติของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลผลิตและการเจริญเติบโตของข้าว ได้แก่ ความสูง น้ำหนักแห้ง (ลำต้นและ

ราก) จำนวนต้นต่อพื้นที่ การแตกกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนรวงต่อพื้นที่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่ถ่านชีวภาพ พบว่า เมื่อใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยคอกทำให้สมบัติของดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวมากขึ้น และให้ผลผลิตได้ดียิ่งขึ้น

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาการดำเนินการ เริ่มต้น เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556
สิ้นสุด เดือนมีนาคม พ.ศ. 2560

สถานที่ดำเนินการ

สถานที่ตั้ง บ้านน้ำลอก หมู่ 13 ตำบลบ่อทอง อำเภอกองแสนขัน
จังหวัดอุดรธานี พิกัดแปลง 640439E 1924282N

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. อุปกรณ์

- ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 16-20-0 และ 0-0-60
- วัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ ถ่านซังข้าวโพด ถ่านกลบ และมูลวัว
- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน และเครื่องชั่ง
- ถุงตาข่ายสำหรับตากตัวอย่างพืช
- สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช

2. วิธีดำเนินงาน

2.1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง แบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block - RCB) จำนวน 9 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ทั้งหมด 27 แปลง แปลงทดลองมีขนาด 6 x 6 เมตร

T1 = แปลงควบคุม (วิธีเกษตรกร)

T2 = ใส่ปูนตามอัตราความต้องการปูน + ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน

T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน

T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน

T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน

T6 = ใส่ถ่านกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน

T7 = ใส่ถ่านกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน

T8 = ใส่ถ่านกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน

T9 = ใส่มูลวัวอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.2.1 สำรวจ และคัดเลือกแปลงทดลองในพื้นที่เกษตรกรในเขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอก ตำบลบ่อทอง อำเภอกองแสนขัน จังหวัดอุดรธานี เตรียมเกษตรกรที่ร่วมโครงการวิจัย ถ่ายทอดความรู้ให้เกษตรกรที่ร่วมโครงการวิจัยทราบถึงหลักการเหตุผลที่ทำการวิจัย

2.2.2 เตรียมแปลงทดลองโดยแบ่งแปลงย่อยขนาด 6 x 6 เมตร (จำนวน 27 แปลงย่อย)

2.2.3 เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0–15 เซนติเมตร ก่อนทำการทดลองและหลังเก็บเกี่ยวทุกปี

2.2.4 จัดเตรียมพันธุ์ข้าว ถ่านซังข้าวโพด ถ่านกลบ มูลวัว และปุ๋ยเคมีในแต่ละดำรับการทดลอง ดูแลรักษา สรรวจแปลงอย่างสม่ำเสมอ กำจัดวัชพืช และแมลงศัตรูพืชตามความจำเป็น ดังนี้

ดำรับที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ($N=21.4$ $P_2O_5=4.0$ และ $K_2O=0$ กิโลกรัมต่อไร่)

ดำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N=12.0$ $P_2O_5=8.0$ และ $K_2O=6.0$ กิโลกรัมต่อไร่)

ดำรับที่ 3 ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N=12.0$ $P_2O_5=8.0$ และ $K_2O=6.0$ กิโลกรัมต่อไร่)

ดำรับที่ 4 ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N=12.0$ $P_2O_5=8.0$ และ $K_2O=6.0$ กิโลกรัมต่อไร่)

ดำรับที่ 5 ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N=12.0$ $P_2O_5=8.0$ และ $K_2O=6.0$ กิโลกรัมต่อไร่)

ดำรับที่ 6 ใส่ถ่านกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N=12.0$ $P_2O_5=8.0$ และ $K_2O=6.0$ กิโลกรัมต่อไร่)

ดำรับที่ 7 ใส่ถ่านกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N=12.0$ $P_2O_5=8.0$ และ $K_2O=6.0$ กิโลกรัมต่อไร่)

ดำรับที่ 8 ใส่ถ่านกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N=12.0$ $P_2O_5=8.0$ และ $K_2O=6.0$ กิโลกรัมต่อไร่)

ดำรับที่ 9 ใส่มูลวัวอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N=12.0$ $P_2O_5=8.0$ และ $K_2O=6.0$ กิโลกรัมต่อไร่)

หมายเหตุ : การใส่ปุ๋ยเคมีทุกดำรับการทดลองใส่ครั้งที่ 1 เมื่อข้าวอายุได้ 25-30 วัน ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวอายุได้ 55-60 วัน โดยปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละเท่ากัน ส่วนปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใส่ครั้งแรกเพียงครั้งเดียว สำหรับวัสดุปรับปรุงบำรุงดินตั้งแต่ดำรับการทดลองที่ 3-9 ใส่ขณะเตรียมดินครั้งเดียวต่อปี

2.2.5 การบันทึกข้อมูล

1) ข้อมูลดิน ได้แก่

1.1) สมบัติทางเคมีของดิน เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ก่อนการทดลองและหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต นำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยวิธีการ ดิน : น้ำ 1 : 1 วัดด้วย pH meter ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (%OM) โดยวิธีการ Walkley and Black method ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยใช้วิธี Double acid และปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available K) โดยวิธีการ ammonium acetate 1 N pH 7 อัตราส่วน 1 ต่อ 20 เนื้อดิน (Texture) (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547)

2) ข้อมูลพืช ได้แก่

2.1) ผลผลิตต่อไร่และองค์ประกอบผลผลิตข้าว

2.2) น้ำหนักฟาง

2.3) ข้อมูลด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยบันทึกข้อมูลค่าใช้จ่ายของแต่ละดำรับ

การทดลอง

2.2.6 วิเคราะห์ข้อมูลแปลงทดลองข้าว ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตข้าว และน้ำหนักฟางต่อไร่ โดยการหาความแปรปรวนทางสถิติและหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.2.7 เขียนรายงานผลการวิจัย

- 1) รายงานความก้าวหน้ารายเดือน และรายงานความก้าวหน้าแบบ ต-1ด
- 2) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ (วจ.3) เมื่อสิ้นสุดโครงการ (เดือนมีนาคม 2560)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติบางประการของวัสดุปรับปรุงดิน

จากผลการวิเคราะห์วัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ถ่านแกลบมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 17.08-23.54 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 9.91-13.65 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) อยู่ในช่วง 14-16 ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.61-0.95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.51-0.99 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.43-0.67 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.19-7.16 และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.42 - 1.09 เดซิซีเมนต่อเมตร (ตารางที่ 1)

สำหรับถ่านซังข้าวโพดมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 18.67-23.42 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 10.83-13.58 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) อยู่ในช่วง 14-17 ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.76-0.78 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.42-0.80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 1.77-2.98 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 8.84-9.66 และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.53 -3.70 เดซิซีเมนต่อเมตร (ตารางที่ 1)

ส่วนมูลวัวมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 51.41-54.83 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 29.82-31.81 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) อยู่ในช่วง 18-20 ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 1.49-1.72 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.76-1.39 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 2.03-2.86 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.57-8.78 และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 4.15-5.91 เดซิซีเมนต่อเมตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของวัสดุปรับปรุงดิน

วัสดุปรับปรุงดิน	OM (%)	OC (%)	C/N ratio	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	pH	EC (dS/m)
ถ่านแกลบปีที่ 1	23.54	13.65	14	0.95	0.84	0.67	6.19	1.09
ถ่านแกลบปีที่ 2	19.64	11.39	14	0.79	0.51	0.55	7.16	0.96
ถ่านแกลบปีที่ 3	17.08	9.91	16	0.61	0.99	0.43	6.81	0.42
ถ่านซังข้าวโพดปีที่ 1	23.42	13.58	17	0.78	0.75	2.98	9.66	3.70
ถ่านซังข้าวโพดปีที่ 2	22.83	13.24	17	0.76	0.42	2.61	9.65	3.43
ถ่านซังข้าวโพดปีที่ 3	18.67	10.83	14	0.78	0.80	1.77	8.84	1.53
มูลวัวปีที่ 1	54.05	31.35	20	1.54	0.81	2.30	8.78	5.91
มูลวัวปีที่ 2	51.41	29.82	20	1.49	0.76	2.86	8.68	5.35
มูลวัวปีที่ 3	54.83	31.81	18	1.72	1.39	2.03	7.57	4.15

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2559)

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

2.1 สมบัติของดินก่อนการทดลอง

จากการวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลอง พบว่า ดินมีความเป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 4.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง คือ 2.92 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่

เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก คือ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ คือ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินก่อนดำเนินการ

สมบัติของดิน	ระดับ	ผลการวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	กรดจัด	4.6
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปานกลาง	2.92
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ต่ำมาก	2
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ต่ำ	20
ลักษณะเนื้อดิน		ร่วนปนทราย

ที่มา: กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 (2557) และกลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 (2549)

2.2 สมบัติของดินภายหลังทำการทดลอง

2.2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ก่อนการปลูกข้าว ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 4.6 กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 ได้มีคำแนะนำให้ใส่ปูนโดโลไมท์เพื่อยกระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินอัตรา 1,177 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ทางผู้วิจัยและคณะผู้วิจัยลงความเห็นว่าไม่มีความจำเป็นต้องใส่ เนื่องจากดินนาเมื่อมีการขังน้ำจะมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้นซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าว (ยงยุทธ, 2548) เพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงได้ทำการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินภายหลังการขังน้ำ 15 วัน โดยใช้กระดาษลิตมัส พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเปลี่ยนจาก 4.6 เป็น 6.5

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 2 8 และ 9 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 4.63 4.63 และ 4.73 ตามลำดับ สำหรับตำรับการทดลองอื่นๆ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงเล็กน้อย (ตารางที่ 3)

ปีที่ 2 พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทุกตำรับการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นจากปีแรก แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองที่ใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน โดยตำรับการทดลองที่ 9 มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าทุกตำรับการทดลอง โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดเท่ากับ 5.30 ส่วนตำรับการทดลองที่ 1 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำสุดเท่ากับ 4.83 (ตารางที่ 3)

ปีที่ 3 พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทุกตำรับการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นจากปีแรก แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองที่ใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน โดยตำรับการทดลองที่ 7 มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าทุกตำรับการทดลอง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดเท่ากับ 5.03 ส่วนตำรับการทดลองที่ 1 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำสุดเท่ากับ 4.67 (ตารางที่ 3)

จากผลการทดลองทั้งสามปี พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณวัสดุปรับปรุงดินที่ใส่มีปริมาณไม่มากพอที่จะยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างในดินได้ แต่อย่างไรก็ตามดินมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้น

ตารางที่ 3 ผลของอัตราการใช้วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
T1= ใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 21.4-4-0 กิโลกรัมต่อไร่)	4.53 ab	4.83	4.67
T2 = ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำจากการวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่)	4.63 ab	4.97	4.87
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	4.43 b	4.90	4.80
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	4.47 b	4.93	4.90
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	4.53 ab	4.97	4.70
T6 = ใส่ถ่านกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	4.50 b	4.90	4.83
T7 = ใส่ถ่านกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	4.53 ab	4.90	5.03
T8 = ใส่ถ่านกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	4.63 a	4.90	4.93
T9 = ใส่มูลโคอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	4.73 a	5.30	4.93
CV (%)	2.56	3.02	2.65

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

2.2.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ปีที่ 1 พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ในช่วง 2.52-3.34 เปอร์เซนต์ การใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองมีผลต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตำรับการทดลองที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ยกเว้นตำรับการทดลองที่ 8 และ 9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเท่ากับ 2.52 และ 2.83 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (ตารางที่ 4)

ปีที่ 2 พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ในช่วง 2.63-3.60 เปอร์เซนต์ การใส่วัสดุปรับปรุงดินทุกตำรับการทดลองมีผลต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งตำรับการทดลองที่ 7 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.60 เปอร์เซนต์ และตำรับการทดลองที่ 1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.63 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 4)

ปีที่ 3 พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ในช่วง 2.26-3.29 เปอร์เซนต์ การใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองมีผลต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตำรับการทดลองที่มีการใส่สารปรับปรุงดิน ยกเว้นตำรับการทดลองที่ 8 และ 9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเท่ากับ 2.68 และ 2.70 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (ตารางที่ 4)

จากผลการทดลองทั้งสามปี พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ Fontaine (2004) ที่ระบุว่า การใช้ถ่านชีวภาพเพื่อการปรับปรุงดินสำหรับการเกษตรและการสะสมคาร์บอนในดินนั้นต้องใช้เวลาอย่างมากกว่า 5 ปีขึ้นไป จึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านอินทรีย์วัตถุและการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสามารถระบุการเพิ่มผลผลิตของพืชได้ชัดเจน

ตารางที่ 4 ผลของอัตราการใช้วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว

ตำรับทดลอง	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
T1= ใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 21.4-4-0 กิโลกรัมต่อไร่)	2.72 cd	2.63 d	2.67 ab
T2 = ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำจากการวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่)	2.79 d	2.66 d	2.26 b
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	3.34 a	3.45 ab	3.06 a
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	3.28 ab	3.46 ab	3.07 a
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	3.10 bc	3.49 ab	2.96 a
T6 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	3.06 bc	3.48 ab	3.29 a
T7 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	2.93 cd	3.60 a	3.15 a
T8 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	2.52 e	3.30 bc	2.68 ab
T9 = ใส่มูลโคอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	2.83 d	3.17 c	2.70 ab
CV (%)	4.18	4.61	11.06

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

2.2.3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปีที่ 1 พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวในทางสถิติ (ตารางที่ 5)

ปีที่ 2 พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในช่วง 1.33-2.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวในทางสถิติ (ตารางที่ 5)

ปีที่ 3 พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในช่วง 1.00-2.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 2, 8 และ 9 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกับตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

จากผลการทดลองทั้งสามปี พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณวัสดุปรับปรุงดินรวมถึงปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไป พอต่อการนำไปใช้ของข้าวในแต่ละปี

ตารางที่ 5 ผลของอัตราการใช้วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว

ตำรับทดลอง	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
T1 = ใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 21.4-4-0 กิโลกรัมต่อไร่)	1.00	2.33	1.00 c
T2 = ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำจากการวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่)	1.00	2.67	1.67 ab
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1.00	2.67	1.33 bc
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1.00	2.33	1.00 c
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1.00	2.00	1.00 c
T6 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1.00	1.33	1.00 c
T7 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1.00	1.33	1.00 c
T8 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1.00	2.00	1.67 ab
T9 = ใส่มูลโคอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1.00	2.00	2.00 a
CV (%)	19.15	29.34	26.76

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

2.2.4) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปีที่ 1 พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในช่วง 13.33-20.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวในทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 6 และ 7 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากันและมีค่าสูงสุดเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนการทดลอง ส่วนตำรับการทดลองอื่นๆ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าลดลง โดยตำรับการทดลองที่ 2 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 13.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 6)

ปีที่ 2 พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าอยู่ในช่วง 18.67-28.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 6 7 8 และ 9 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6)

ปีที่ 3 พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในช่วง 16.00-20.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวในทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 4 5 และ 9 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากันและมีค่าสูงสุดเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับในดินก่อนการทดลอง ส่วนตำรับการทดลองอื่นๆ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าลดลง (ตารางที่ 6)

จากผลการทดลองทั้งสามปี พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณวัสดุปรับปรุงดินรวมถึงปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไป พอต่อการนำไปใช้ของข้าวในแต่ละปี

ตารางที่ 6 ผลของอัตราการใช้วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว

ตำรับทดลอง	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
T1 = ใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 21.4-4-0 กิโลกรัมต่อไร่)	16.67	18.67 d	16.00
T2 = ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำจากการวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่)	13.33	21.33 cd	16.00
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	16.67	22.67 bcd	17.33
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	16.67	22.67 bcd	20.00
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	16.67	22.67 bcd	20.00
T6 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	20.00	24.00 abc	17.33
T7 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	20.00	24.00 abc	16.00
T8 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	16.67	26.67 ab	16.00
T9 = ใส่มูลโคอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	16.67	28.00 a	20.00
CV (%)	28.24	9.58	14.32

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

3. การตอบสนองผลผลิตข้าวต่อการใส่วัสดุปรับปรุงดิน

3.1 ผลผลิตข้าว (ความชื้น 15 เปอร์เซนต์)

ปีที่ 1 พบว่า ข้าวให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 1,058.64-1,174.42 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อผลผลิตข้าวในทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 5 ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1,174.42 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับการทดลองที่ 2 ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 1,058.64 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 7)

ปีที่ 2 พบว่า ข้าวให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 702.82-854.08 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อผลผลิตข้าวในทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 5 ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 854.08 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับการทดลองที่ 9 ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 702.82 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 7)

ปีที่ 3 พบว่า ข้าวให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 1,041.39-1,266.56 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อผลผลิตข้าวในทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 7 ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1,266.56 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับการทดลองที่ 6 ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 1,041.39 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 7)

จากผลการทดลองทั้งสามปี พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ถ่านแกลบและถ่านซังข้าวโพดบด ทำให้ข้าวสามารถให้ผลผลิตดีกว่าการไม่ใส่วัสดุดังกล่าวภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งประเมินจากการให้ผลผลิตข้าวในปีที่ 2 มีค่าสูงกว่าตำรับที่ 1 2 และ 9 ที่ประสบปัญหาขาดแคลนน้ำในช่วงของการเพาะปลูก แม้ว่าผลผลิตจะต่ำกว่าปีที่ 1 และ 3 ทั้งนี้เนื่องจากเกิดภัยแล้งที่ยาวนานตั้งแต่ต้นปี 2557 ถึงกลางปี 2559 การเพาะปลูกจึงล่าช้ากว่าฤดูปกติประมาณ 2 เดือน (ปีที่ 1 และ 3 ปลูกในช่วงต้นเดือนกรกฎาคม ส่วนปีที่ 2 ปลูกในเดือนต้นกันยายน)

ตารางที่ 7 ผลของอัตราการใช้วัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตข้าว

ตำรับทดลอง	ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
T1= ใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 21.4-4-0 กิโลกรัมต่อไร่)	1,062.60	715.46	1,080.05
T2 = ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำจากการวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่)	1,058.64	708.37	1,058.28
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,130.73	720.44	1,105.56
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,151.10	808.77	1,159.60
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,174.42	854.08	1,109.50
T6 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,061.43	789.52	1,041.39
T7 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,088.45	798.09	1,266.56
T8 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,138.50	790.36	1,121.32
T9 = ใส่มูลโคอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,146.69	702.82	1,130.33
CV (%)	8.03	9.62	8.29

3.2 องค์ประกอบผลผลิตข้าว

3.2.1 จำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ปีที่ 1 พบว่า จำนวนต้นข้าวอยู่ในช่วง 256.67-386.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยตำรับการทดลองที่ 4 มีจำนวนต้นสูงสุดเท่ากับ 386.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนตำรับการทดลองที่ 5 มีจำนวนต้นต่ำสุดเท่ากับ 256.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จากจำนวนต้นต่อพื้นที่ห่างกันมาก ทำให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ปีที่ 2 พบว่า จำนวนต้นข้าวอยู่ในช่วง 296.00-463.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยตำรับการทดลองที่ 4 มีจำนวนต้นสูงสุดเท่ากับ 463.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนตำรับการทดลองที่ 1 มีจำนวนต้นต่ำสุดเท่ากับ 296.00 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ปีที่ 3 พบว่า จำนวนต้นข้าวอยู่ในช่วง 233.67-351.33 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยตำรับการทดลองที่ 8 มีจำนวนต้นสูงสุดเท่ากับ 351.33 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนตำรับการทดลองที่ 2 มีจำนวนต้นต่ำสุดเท่ากับ 233.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

3.2.2 จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ปีที่ 1 พบว่า ข้าวมีจำนวนรวงอยู่ในช่วง 248.33-378.00 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยตำรับการทดลองที่ 4 มีจำนวนรวงสูงสุดเท่ากับ 378.00 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนตำรับการทดลองที่ 5 มีจำนวนรวงต่ำสุดเท่ากับ 248.33 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จากจำนวนรวงต่อพื้นที่ห่างกันมาก ทำให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ปีที่ 2 ข้าวมีจำนวนรวงอยู่ในช่วง 228.00-392.67 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยตำรับการทดลองที่ 4 มีจำนวนรวงสูงสุดเท่ากับ 392.67 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนตำรับการทดลองที่ 1 มีจำนวนรวงต่ำสุดเท่ากับ 228.00 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ปีที่ 3 ข้าวมีจำนวนรวงอยู่ในช่วง 215.33-325.00 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยตำรับการทดลองที่ 8 มีจำนวนรวงสูงสุดเท่ากับ 325.00 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนตำรับการทดลองที่ 2 มีจำนวนรวงต่ำสุดเท่ากับ 215.33 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

3.2.3 ความสูงข้าว

ปีที่ 1 พบว่า ความสูงข้าวมีค่าอยู่ในช่วง 83.23-91.00 เซนติเมตร โดยดำรับการทดลองที่ 8 ความสูงข้าวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 91.00 เซนติเมตร ส่วนดำรับการทดลองที่ 9 ความสูงข้าวมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 83.23 เซนติเมตร และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ปีที่ 2 พบว่า ความสูงข้าวมีค่าอยู่ในช่วง 91.47-100.93 เซนติเมตร โดยดำรับการทดลองที่ 1 ความสูงข้าวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 100.93 เซนติเมตร ส่วนดำรับการทดลองที่ 6 ความสูงข้าวมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 91.47 เซนติเมตร และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ปีที่ 3 พบว่า ความสูงข้าวมีค่าอยู่ในช่วง 79.60-84.37 เซนติเมตร โดยดำรับการทดลองที่ 4 ความสูงข้าวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 84.37 เซนติเมตร ส่วนดำรับการทดลองที่ 2 ความสูงข้าวมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 79.60 เซนติเมตร และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 จำนวนต้น จำนวนรวง และความสูงข้าว

ดำรับ ทดลอง	จำนวนต้น (ต้นต่อ 1 ตารางเมตร)			จำนวนรวง (รวงต่อ 1 ตารางเมตร)			ความสูง (เซนติเมตร)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
T1	277.67 cd	296.00	256.67	271.67 bc	228.00	246.67	84.20	100.93	81.73
T2	353.00 abc	353.67	233.67	347.33 ab	237.00	215.33	86.57	95.43	79.60
T3	373.33 ab	354.33	296.67	361.00 ab	286.33	259.33	83.90	91.77	80.43
T4	386.67 a	463.67	271.67	378.00 a	392.67	254.33	83.73	96.67	84.37
T5	256.67 d	443.67	316.00	248.33 c	343.67	295.67	87.60	94.20	81.83
T6	286.33 bcd	397.00	278.00	283.33 bc	351.33	253.33	87.73	91.47	80.63
T7	308.33 abcd	436.00	303.33	298.00 abc	356.67	285.67	89.27	93.03	83.53
T8	278.33 cd	342.33	351.33	270.33 bc	313.00	325.00	91.00	96.03	80.17
T9	294.00 bcd	375.33	260.00	291.00 abc	284.33	231.00	83.23	94.80	81.00
CV (%)	15.10	22.86	18.67	15.29	25.59	19.77	5.01	5.00	3.37

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

3.2.4 จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

ปีที่ 1 พบว่า ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงอยู่ในช่วง 100.95-126.23 เมล็ด โดยดำรับการทดลองที่ 7 ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 126.23 เมล็ด ส่วนดำรับการทดลองที่ 2 ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 100.95 เมล็ด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ปีที่ 2 พบว่า ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงอยู่ในช่วง 122.07-149.23 เมล็ด โดยดำรับการทดลองที่ 3 ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 126.23 เมล็ด ส่วนดำรับการทดลองที่ 6 ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 122.07 เมล็ด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ปีที่ 3 พบว่า ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงอยู่ในช่วง 138.63-173.80 เมล็ด โดยดำรับการทดลองที่ 9 ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 173.80 เมล็ด ส่วนดำรับการทดลองที่ 8 ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 138.63 เมล็ด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

3.2.5 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวง

ปีที่ 1 พบว่า ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวงอยู่ในช่วง 10.16-17.57 เปอร์เซ็นต์ โดยดำรับการทดลองที่ 2 ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 17.57 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดำรับการทดลองที่ 7 ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 10.16 เปอร์เซ็นต์ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ปีที่ 2 พบว่า ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวงอยู่ในช่วง 11.08 -19.77 เปอร์เซ็นต์ โดยดำรับการทดลองที่ 9 ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 19.77 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดำรับการทดลองที่ 5 ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 11.08 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ปีที่ 3 พบว่า ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวงอยู่ในช่วง 4.43 -7.36 เปอร์เซ็นต์ โดยดำรับการทดลองที่ 3 ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 7.36 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดำรับการทดลองที่ 6 ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 4.43 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

3.2.6 น้ำหนัก 100 เมล็ด

ปีที่ 1 พบว่า ข้าวให้น้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ในช่วง 2.71-2.88 กรัม โดยดำรับการทดลองที่ 7 ข้าวให้น้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุดเท่ากับ 2.85 กรัม ส่วนดำรับการทดลองที่ 2 ข้าวให้น้ำหนัก 100 เมล็ดต่ำสุดเท่ากับ 2.71 กรัม และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ปีที่ 2 พบว่า ข้าวให้น้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ในช่วง 2.55-2.74 กรัม โดยดำรับการทดลองที่ 4 ข้าวให้น้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุดเท่ากับ 2.74 กรัม ส่วนดำรับการทดลองที่ 2 ข้าวให้น้ำหนัก 100 เมล็ดต่ำสุดเท่ากับ 2.55 กรัม และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ปีที่ 3 พบว่า ข้าวให้น้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ในช่วง 2.47-2.69 กรัม โดยดำรับการทดลองที่ 1 ข้าวให้น้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุดเท่ากับ 2.69 กรัม ส่วนดำรับการทดลองที่ 6 ข้าวให้น้ำหนัก 100 เมล็ดต่ำสุดเท่ากับ 2.47 กรัม และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 จำนวนเมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบ และน้ำหนัก 100 เมล็ด

ดำรับ ทดลอง	เมล็ดดี (เมล็ดต่อรวง)			เมล็ดลืบ (เปอร์เซ็นต์ต่อรวง)			น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
T1	106.44	139.80	155.07	17.47	12.27 bc	5.43 b	2.84	2.73	2.69
T2	100.95	141.20	165.67	17.57	13.18 bc	4.58 b	2.71	2.55	2.53
T3	107.51	149.23	166.30	12.12	12.30 bc	7.36 a	2.85	2.63	2.50
T4	114.03	143.80	166.30	13.27	15.01 b	5.73 ab	2.84	2.74	2.49
T5	117.15	142.70	169.67	17.50	11.08 c	5.45 b	2.85	2.65	2.50
T6	119.72	122.07	157.27	15.25	13.60 bc	4.43 b	2.77	2.66	2.47
T7	126.23	131.37	144.47	10.16	13.03 bc	5.23 b	2.88	2.62	2.51
T8	112.09	127.70	138.63	17.21	14.48 bc	5.03 b	2.77	2.60	2.54
T9	115.85	132.50	173.80	17.14	19.77 a	5.85 ab	2.87	2.63	2.60
CV (%)	9.54	10.61	8.93	20.19	13.10	16.81	4.11	3.82	4.67

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

3.3 น้ำหนักฟาง

ปีที่ 1 พบว่า ปริมาณน้ำหนักฟางมีค่าอยู่ระหว่าง 1,162.67-1,509.33 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทำการทดลองที่ 4 น้ำหนักฟางมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,509.33 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนทำการทดลองที่ 3 น้ำหนักฟางมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1,162.67 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10)

ปีที่ 2 พบว่า ปริมาณน้ำหนักฟางมีค่าอยู่ระหว่าง 1,269.33-1,584.00 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทำการทดลองที่ 1 น้ำหนักฟางมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,584.00 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนทำการทดลองที่ 9 น้ำหนักฟางมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1,269.33 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10)

ปีที่ 3 พบว่า ปริมาณน้ำหนักฟางมีค่าอยู่ระหว่าง 890.67-1,349.33 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทำการทดลองที่ 8 น้ำหนักฟางมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,349.33 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนทำการทดลองที่ 1 น้ำหนักฟางมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 890.67 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 น้ำหนักฟาง

ทำการทดลอง	น้ำหนักฟาง (กิโลกรัมต่อไร่)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
T1= ใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 21.4-4-0 กิโลกรัมต่อไร่)	1,221.33	1,584.00	890.67
T2 = ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำจากการวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่)	1,237.33	1,354.67	1,093.33
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,162.67	1,360.00	1,312.00
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,509.33	1,528.00	1,301.33
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดบดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,280.00	1,461.33	1,200.00
T6 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,440.00	1,386.67	1,056.00
T7 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,338.67	1,482.67	1,322.67
T8 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,397.33	1,338.67	1,349.33
T9 = ใส่มูลโคอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี N-P ₂ O ₅ -K ₂ O อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่	1,221.33	1,269.33	1,125.33
CV (%)	11.97	11.30	15.17

4. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ปีที่ 1 พบว่า การปลูกข้าวในทำการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 3,232.97 และ 3,136.67 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ทำให้มีรายได้สุทธิเท่ากับ 7,329.26 และ 7,386.20 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การใส่วัสดุปรับปรุงดินตามทำการทดลองที่ 3-8 จะทำให้เสียค่าด้านวัสดุปรับปรุงดิน ค่าแรงหว่าน และค่าเตาเผาถ่านเพิ่มขึ้นเป็นเงินตั้งแต่ 750-1,750 บาทต่อไร่ สำหรับทำการทดลองที่ 9 แม้ว่าจะเสียค่าด้านวัสดุปรับปรุงดิน (ใส่มูลวัว 300 กิโลกรัมต่อไร่) และค่าแรงหว่าน เพิ่มขึ้นเท่ากับ 650 บาทต่อไร่ แต่ทำให้เกษตรกรมีรายได้สุทธิสูงสุดเท่ากับ 7,611.45 บาทต่อไร่ รองลงมาคือทำการทดลองที่ 2 และ 3 ให้รายได้สุทธิเท่ากับ 7,386.20 และ 7,352.77 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าทำการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีของเกษตรกร (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 1

ดำรับ การ ทดลอง	ผลผลิต (กก./ไร่)	มูลค่า ผลผลิต (บาท/ไร่)	ต้นทุน (บาท/ไร่)						รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)
			คางที่	ผั้นแปร	ปุ๋ยเคมี	วัสดุ ปรับปรุงดิน	หว่านวัสดุ ปรับปรุงดิน	รวม	
T1	1,062.60	10,562.23	-	2,372.00	860.97	-	-	3,232.97	7,329.26
T2	1,058.64	10,522.87	-	2,372.00	764.67	-	-	3,136.67	7,386.20
T3	1,130.73	11,239.44	500.00	2,372.00	764.67	200.00	50.00	3,886.67	7,352.77
T4	1,151.10	11,441.90	500.00	2,372.00	764.67	600.00	150.00	4,386.67	7,055.23
T5	1,174.42	11,673.69	500.00	2,372.00	764.67	1,000.00	250.00	4,886.67	6,787.02
T6	1,061.43	10,550.64	500.00	2,372.00	764.67	200.00	50.00	3,886.67	6,663.97
T7	1,088.45	10,819.19	500.00	2,372.00	764.67	600.00	150.00	4,386.67	6,432.52
T8	1,138.50	11,316.66	500.00	2,372.00	764.67	1,000.00	250.00	4,886.67	6,429.99
T9	1,146.69	11,398.12	-	2,372.00	764.67	500.00	150.00	3,786.67	7,611.45

ปีที่ 2 พบว่า การปลูกข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 ซึ่งไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน มีรายได้สุทธิเท่ากับ 4,994.87 บาทต่อไร่ ในขณะที่การใส่วัสดุปรับปรุงดินตามดำรับการทดลองที่ 6 (ใส่ถ่านแกลบ 100 กิโลกรัมต่อไร่) แม้ว่าจะเสียค่าวัสดุปรับปรุงดิน ค่าแรงหว่าน และค่าเตาเผาถ่าน เพิ่มขึ้นเป็นเงินเท่ากับ 750 บาทต่อไร่ แต่ทำให้เกษตรกรมีรายได้สุทธิสูงสุดเท่ากับ 5,192.83 บาทต่อไร่ รองลงมาคือดำรับการทดลองที่ 2 ให้รายได้สุทธิเท่ากับ 5,009.61 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าดำรับการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีของเกษตรกร (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 2

ดำรับ การ ทดลอง	ผลผลิต (กก./ไร่)	มูลค่า ผลผลิต (บาท/ไร่)	ต้นทุน (บาท/ไร่)						รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)
			คางที่	ผั้นแปร	ปุ๋ยเคมี	วัสดุปรับปรุง ดิน	หว่านวัสดุ ปรับปรุงดิน	รวม	
T1	715.46	8,227.84	-	2,372.00	860.97	-	-	3,232.97	4,994.87
T2	708.37	8,146.28	-	2,372.00	764.67	-	-	3,136.67	5,009.61
T3	720.44	8,285.07	500.00	2,372.00	764.67	200.00	50.00	3,886.67	4,398.40
T4	808.77	9,300.84	500.00	2,372.00	764.67	600.00	150.00	4,386.67	4,914.17
T5	854.08	9,821.97	500.00	2,372.00	764.67	1,000.00	250.00	4,886.67	4,935.30
T6	789.52	9,079.50	500.00	2,372.00	764.67	200.00	50.00	3,886.67	5,192.83
T7	798.09	9,178.05	500.00	2,372.00	764.67	600.00	150.00	4,386.67	4,791.38
T8	790.36	9,089.18	500.00	2,372.00	764.67	1,000.00	250.00	4,886.67	4,202.51
T9	702.82	8,082.49	-	2,372.00	764.67	500.00	150.00	3,786.67	4,295.82

ปีที่ 3 พบว่า การปลูกข้าวในดำรับการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 3,128.13 และ 3,079.40 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ทำให้มีรายได้สุทธิเท่ากับ 8,784.77 และ 8,593.41 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่วัสดุปรับปรุงดินตามดำรับการทดลองที่ 7 (ใส่ถ่านแกลบ 300 กิโลกรัมต่อไร่) แม้ว่าจะเสียค่าวัสดุปรับปรุงดิน ค่าแรงหว่าน และค่าเตาเผาถ่าน เพิ่มขึ้นเป็นเงินเท่ากับ 1,250 บาทต่อไร่ แต่ทำให้เกษตรกรมีรายได้สุทธิสูงสุดเท่ากับ 9,640.72 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าดำรับการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีของเกษตรกร (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 3

ลำดับ การ ทดลอง	ผลผลิต (กก./ไร่)	มูลค่า ผลผลิต (บาท/ไร่)	ต้นทุน (บาท/ไร่)						รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)
			คงที่	ผันแปร	ปุ๋ยเคมี	วัสดุ ปรับปรุงดิน	หว่านวัสดุ ปรับปรุงดิน	รวม	
T1	1,080.05	11,912.91	-	2,372.00	756.13	-	-	3,128.13	8,784.77
T2	1,058.28	11,672.81	-	2,372.00	707.40	-	-	3,079.40	8,593.41
T3	1,105.56	12,194.36	500.00	2,372.00	707.40	200.00	50.00	3,829.40	8,364.97
T4	1,159.60	12,790.42	500.00	2,372.00	707.40	600.00	150.00	4,329.40	8,461.02
T5	1,109.50	12,237.82	500.00	2,372.00	707.40	1,000.00	250.00	4,829.40	7,408.43
T6	1,041.39	11,486.54	500.00	2,372.00	707.40	200.00	50.00	3,829.40	7,657.15
T7	1,266.56	13,970.12	500.00	2,372.00	707.40	600.00	150.00	4,329.40	9,640.72
T8	1,121.32	12,368.21	500.00	2,372.00	707.40	1,000.00	250.00	4,829.40	7,538.82
T9	1,130.33	12,467.55	-	2,372.00	707.40	500.00	150.00	3,729.40	8,738.16

สรุปผลการทดลอง

1. การใส่วัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ ถ่านแกลบและถ่านซังข้าวโพดบด อัตรา 100 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ และมูลวัว 500 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินนากลุ่มชุดดินที่ 17 ชุดดินเรณู มีแนวโน้มทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น
2. การใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละลำดับการทดลองไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ถ่านแกลบและถ่านซังข้าวโพดบดมีผลต่อการให้ผลผลิตข้าว ในสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่าการไม่ใส่วัสดุดังกล่าว
3. ทุกลำดับการทดลองที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน จะทำมีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 650-1,750 บาทต่อไร่ เมื่อเทียบกับวิธีของเกษตรกร

ประโยชน์ที่ได้รับ

ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับอัตราการใช้วัสดุปรับปรุงดินในท้องถิ่น ความคุ้มค่าและสร้างนักวิจัยใหม่

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณให้ดำเนินการล่าช้า 2 ปี หลังจากเสนอขอโครงการวิจัย ผลการวิจัยที่ได้จึงไม่ตอบสนองกับความต้องการของเกษตรกร เนื่องจากซังข้าวโพดหายากขึ้น เพราะเกษตรกรปรับเปลี่ยนรูปแบบการกะเทาะข้าวโพด เพื่อประหยัดต้นทุนในด้านการเก็บเกี่ยว ซึ่งแต่เดิมก่อนกะเทาะจะมีการปอกเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดออกก่อน แล้วค่อยนำมากะเทาะ โดยเครื่องกะเทาะจะแยกเมล็ดออกจากซังข้าวโพดที่เป็นแท่ง แต่ในปัจจุบันได้เปลี่ยนรูปแบบเป็นการกะเทาะทั้งฝัก (ทั้งเปลือกหุ้มฝัก และซังปนรวมกัน) ทำให้ไม่ได้ซังข้าวโพดที่จะนำมาเผาเป็นถ่านได้ จึงไม่สามารถใช้ถ่านซังข้าวโพดบดในการปรับปรุงดินในพื้นที่เขตพัฒนาที่ดินแห่งนี้ได้ เพราะจะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตให้เกษตรกร หากต้องนำมาจากที่อื่นๆ ดังนั้น ควรมีการศึกษาแบบและวิธีการใช้ประโยชน์จากเศษซังข้าวโพดแทน

2. งานวิจัยด้านการใช้วัสดุปรับปรุงดิน ควรมีระยะเวลาการวิจัยที่ยาวนานขึ้น ซึ่งจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนขึ้น

3. การใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรในพื้นที่นี้ยังคงมากกว่าคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้มีค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีสูงกว่าประมาณ 58-108 บาทต่อไร่ ดังนั้น ควรมีการให้ความรู้ในเรื่องการใช้ปุ๋ยคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน และการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพให้แก่เกษตรกรในพื้นที่

4. การนำวัสดุปรับปรุงดิน (ถ่านแกลบ หรือถ่านซังข้าวโพดบด หรือมูลวัว) อาจทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวเพิ่มขึ้น แต่เกษตรกรมีความจำเป็นใส่ลงไปบ้าง ทั้งนี้เพื่อเก็บรักษาธาตุอาหารพืชไว้ใช้อย่างยั่งยืน จึงถือได้ว่าเป็นการลงทุนเพื่ออนาคตของลูกหลาน และเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า นอกจากนี้จากการสังเกตจะเห็นว่าไส้เดือนเข้ามาอาศัยตามคันนาเพิ่มขึ้นทุกปี ดังนั้น ควรมีการศึกษาเรื่องสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดินเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2559. องค์ความรู้เรื่องข้าว. แหล่งที่มา <http://brrd.in.th/rkb/contents/view/category:17/title:index.phpfile=content.php&id=148>.Htm. 1 กุมภาพันธ์ 2560.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดิน เพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- พัชรี แสงจันทร์ นิภา ธรรมโสม Chhin Phy และดวงสมร ตูลาพิทักษ์. 2558. การใช้ถ่านชีวภาพยุคาลิปตัส และฟางข้าวเพื่อการผลิตข้าวและลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. วารสารแก่นเกษตร. 43 (ฉบับพิเศษ 1) : 373-379.
- กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน. 2549. รายงานการสำรวจดินงานจัดการทรัพยากรที่ดินบริเวณบ้านน้ำลอก หมู่ที่ 4, 13 ตำบลบ่อทอง อำเภอบ่อทองแสนขัน จังหวัดอุดรธานี. กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, พิษณุโลก.
- กระทรวงพลังงาน. ม.ป.ป. คู่มือการผลิตและการเผาถ่านด้วยเตา 200 ลิตร. สำนักวิชาการพลังงานภาค 9, พิษณุโลก.
- ทิพานันท์ อุปนิสากร และศิวพร ปรีชา. 2554. การเจริญเติบโตของดาวเรือง (*Tagetes erecta* L.) ในดินที่ปรับปรุงด้วยถ่านชีวภาพจากไม้หางนกยูงฝรั่ง (*Delonix regia* (Bojer) Raf.). วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทัศนีย์ อัดตันนทน์. 2551. การใช้ถ่านแกลบปรับปรุงบำรุงดินในยุบยแพ่งช่วยลดโลกร้อน เทคโนโลยีจากญี่ปุ่น. วารสารเคหการเกษตร 32 (4) : 222-225.
- ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. 2551. เตาเผาถ่านแกลบมหัศจรรย์ สำหรับใช้ผลิตกุนตัง (Kuntan) ในระดับครัวเรือน. วารสารเคหการเกษตร 32 (5) : 219-223.
- ประเสริฐ สองเมือง. 2543. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าว และธัญพืชเมืองหนาว กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. สารปรับปรุงดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- ปัทมา วิตยากร. 2543. ความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นสูง. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- นลินี ว่องมณฑลฤทธิ กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ระวีวรรณ สุวรรณศรี และสุชาติ บุญเลิศนิรันดร์. 2547. การพัฒนาแกลบและถ่านแกลบจากโรงสีข้าวเพื่อประโยชน์ในการเกษตรกรรม. วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล กระทรวงศึกษาธิการ, พระนครศรีอยุธยา.
- นิรนาม ก. 2546. การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้. นิตยสารเทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่ 4 (39) : 62-65 แหล่งที่มา (http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/charcoal_fun๒.php). 21 กันยายน 2554.
- นิรนาม ข. ม.ป.ป. ความสำคัญของข้าว. แหล่งที่มา <http://www.agric-prod.mju.ac.th/agronomy/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B8%84%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7.htm> 21 กันยายน 2554.

- ยงยุทธ โอสดสภา และสุรเดช จินตกานนท์. 2521. **คำบรรยายวิชาธาตุอาหารพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ โอสดสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- วิจิตร วังไ. 2552. **ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล**. วี.บี.บุ๊คเซ็นเตอร์, กรุงเทพมหานคร.
- วิชุดา กัลยาศิริ. 2556. **ผลของถ่านชีวภาพที่มีต่อผลผลิตข้าวและคุณภาพดินเหนียวปนทราย กรณีศึกษา ตำบลป่าเต็ง อำเภอกำแพงแสน จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ และอรสา สุกสว่าง. 2556. **การประยุกต์ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อการเกษตร**. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 39 (2) : 212-225.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547ก. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1**. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- _____. 2547ข. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 2**. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- เสาวคนธ์ เหมวงษ์. 2557. **ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่และแกลบต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 16 (1) : 69-75.
- อภิพรธ พุกภักดี. 2541. **หลักการผลิตพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- อรสา สุกสว่าง. 2552. **เทคโนโลยีถ่านชีวภาพ: วิธีแก้ปัญหาโลกร้อน ดิน และความยากจนในภาคเกษตรกรรม**. การประชุมวิชาการเรื่อง สภาวะโลกร้อน: ความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน, 5-6 พฤศจิกายน 2552 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
- อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. 2552. **การใช้ถ่านจากการเผาในสภาพอับอากาศในการปรับปรุงดิน**. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 4(1), 22-37.
- Islam, A. F. M. S., Kitaya, Y., Hirai, H., Yanase, M., Mori, G., and Kiyota, M. 1999. **Effects of placing rice husk charcoal inside soil ridges for soil aeration and growth and yield of sweet potato in wet lowland**. *Journal of Root Crops*, 25 (1), 85-97.
- Steiner, C. 2009. **Soil charcoal amendments maintain soil fertility and establish a carbon sink-research and perspets**. *Soil Ecology Research Development*, 1-4.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน

ตารางภาคผนวก ก ที่ 1 การประเมินค่า pH ของดิน (ดิน:น้ำ = 1:1)

	ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด	(ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก	(extremely acid)	3.5-4.5
เป็นกรดจัดมาก	(very strongly acid)	4.6-5.0
เป็นกรดจัด	(strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง	(moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย	(slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง	(neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย	(slightly alkali)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง	(moderately alkali)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด	(strongly alkali)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก	(very strongly alkali)	> 9.0

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547ก)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 2 การประเมินระดับอินทรีย์วัตถุในดิน (Walkly and Black method)

	ระดับ (rating)	พิสัย (range) (เปอร์เซ็นต์)
ต่ำมาก	(very low)	< 0.5
ต่ำ	(low)	0.5-1.0
ค่อนข้างต่ำ	(moderately low)	1.0-1.5
ปานกลาง	(moderately)	1.5-2.5
ค่อนข้างสูง	(moderately high)	2.5-3.5
สูง	(high)	3.5-4.5
สูงมาก	(very high)	> 4.5

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547ก)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 3 การประเมินระดับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเหนียวที่สกัดด้วย DA

	ระดับ (rating)	ฟอสฟ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก	(very low)	<5
ต่ำ	(low)	5-8
ปานกลาง	(moderately)	9-16
สูง	(high)	17-30
สูงมาก	(very high)	>30

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547ข)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 4 การประเมินระดับธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA

	ระดับ	ฟอสฟ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก	(very low)	<15
ต่ำ	(low)	16-30
ปานกลาง	(moderately)	31-60
สูง	(high)	61-120
สูงมาก	(very high)	>120

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547ข)

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของสมบัติทางเคมีของดิน ผลผลิตและองค์ประกอบ ผลผลิตของข้าว

ตารางภาคผนวก ข ที่ 1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0674	0.0337	
Treatment	8	0.2852	0.0356	2.60ns
Error	16	0.2193	0.0137	
Total	26	0.5719	0.0220	

Grand mean = 4.57 cv = 2.56% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.1089	0.0544	
Treatment	8	0.4400	0.0550	2.46ns
Error	16	0.3578	0.0224	
Total	26	0.9067	0.0349	

Grand mean = 4.95 cv = 3.02% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0363	0.0181	
Treatment	8	0.3274	0.0409	2.48ns
Error	16	0.2637	0.0165	
Total	26	0.6274	0.0241	

Grand mean = 4.85 cv = 2.65% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.1821	0.0910	
Treatment	8	1.7087	0.2136	13.97**
Error	16	0.2446	0.0153	
Total	26	2.1354	0.0821	

Grand mean = 2.95 cv = 4.18% ** = P < 0.01

ตารางภาคผนวก ข ที่ 5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0124	0.0062	
Treatment	8	3.1860	0.3982	17.73**
Error	16	0.3594	0.0225	
Total	26	3.5579	0.1368	

Grand mean = 3.25 cv = 4.61% ** = P < 0.01

ตารางภาคผนวก ข ที่ 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0558	0.0279	
Treatment	8	2.4484	0.3061	3.04*
Error	16	1.6128	0.1008	
Total	26	4.1170	0.1583	

Grand mean = 2.87 cv = 11.06% ** = P < 0.05

ตารางภาคผนวก ข ที่ 7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	4816.6667	2408.3333	
Treatment	8	32.0000	4.0000	1.00ns
Error	16	64.0000	4.0000	
Total	26	4912.6667	188.9487	

Grand mean = 10.44 cv = 19.15% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0741	0.0370	
Treatment	8	5.8519	0.7315	1.98ns
Error	16	5.9259	0.3704	
Total	26	11.8519	0.4558	

Grand mean = 2.07 cv = 29.34% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 9 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0741	0.0370	
Treatment	8	3.6296	0.4537	3.77*
Error	16	1.9259	0.1204	
Total	26	5.6296	0.2165	

Grand mean = 1.30 cv = 26.76% * = $P < 0.05$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	96.2963	48.1481	
Treatment	8	96.2963	12.0370	0.52ns
Error	16	370.3704	23.1481	
Total	26	562.9630	21.6524	

Grand mean = 17.04 cv = 28.24% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	15.4074	7.7037	
Treatment	8	182.5185	22.8148	4.53**
Error	16	80.5926	5.0370	
Total	26	278.5185	10.7123	

Grand mean = 23.41 cv = 9.59% ** = $P < 0.01$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	15.4074	7.7037	
Treatment	8	82.9630	10.3704	1.63ns
Error	16	101.9259	6.3704	
Total	26	200.2963	7.7037	

Grand mean = 17.63 cv = 14.32% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	39963.1861	19981.5931	
Treatment	8	48233.8723	6029.2340	0.76ns
Error	16	127598.7995	7974.9250	
Total	26	215795.8580	8299.8407	

Grand mean = 1,112.51 cv = 8.03% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 14 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	4194.8189	2097.4095	
Treatment	8	71106.5850	8888.3231	1.64ns
Error	16	86730.4585	5420.6537	
Total	26	162031.8624	6231.9947	

Grand mean = 765.33 cv = 9.62% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 15 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	14432.8880	7216.4440	
Treatment	8	105160.4299	13145.0537	1.53ns
Error	16	137799.0874	8612.4430	
Total	26	257392.4053	9899.7079	

Grand mean = 1,119.18 cv = 8.29% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 16 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร
ในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	11851.6296	5925.8148	
Treatment	8	52150.9630	6518.8704	2.92*
Error	16	35711.0370	2231.9398	
Total	26	99713.6296	3835.1396	

Grand mean = 312.70 cv = 15.11% * = $P < 0.05$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 17 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร
ในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	43906.8889	21953.4444	
Treatment	8	72394.0000	9049.2500	1.17ns
Error	16	123673.1111	7729.5694	
Total	26	239974.0000	9229.7692	

Grand mean = 384.67 cv = 22.86% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 18 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร
ในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	14444.7407	7222.3704	
Treatment	8	30367.1852	3795.8981	1.34ns
Error	16	123673.1111	2835.8287	
Total	26	90185.1852	3468.6610	

Grand mean = 285.26 cv = 18.67% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 19 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร
ในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	8062.8889	4031.4444	
Treatment	8	49481.3333	6185.1667	2.84*
Error	16	34876.4444	2179.7778	
Total	26	92420.6667	3554.6410	

Grand mean = 305.44 cv = 15.29% * = $P < 0.05$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 20 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร
ในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	18101.5556	9050.7778	
Treatment	8	75400.0000	9425.0000	1.49ns
Error	16	100964.4444	6310.2778	
Total	26	194466.0000	7479.4615	

Grand mean = 310.33 cv = 25.60% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 21 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร
ในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	12246.5185	6123.2593	
Treatment	8	27509.1852	3438.6481	1.27ns
Error	16	43212.1481	2700.7593	
Total	26	82967.8519	3191.0712	

Grand mean = 262.93 cv = 19.77% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	53.1430	26.5715	
Treatment	8	182.5119	22.8140	1.22ns
Error	16	299.6904	18.7307	
Total	26	535.3453	20.5902	

Grand mean = 86.36 cv = 5.01% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 23 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	53.1430	26.5715	
Treatment	8	182.5119	22.8140	1.22ns
Error	16	299.6904	18.7307	
Total	26	535.3453	20.5902	

Grand mean = 86.36 cv = 5.01% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 24 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	104.8955	52.4478	
Treatment	8	60.1201	7.5150	0.99ns
Error	16	120.9311	7.5582	
Total	26	285.9467	10.9979	

Grand mean = 81.48 cv = 3.37% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 25 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	689.8387	344.9193	
Treatment	8	1394.8197	174.3525	1.49ns
Error	16	1870.7257	116.9204	
Total	26	3955.3840	152.1302	

Grand mean = 113.33 cv = 9.54% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 26 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	3.6496	1.8248	
Treatment	8	1843.7189	230.4649	1.09ns
Error	16	3367.6897	210.4806	
Total	26	5215.0582	200.5792	

Grand mean = 136.71 cv = 10.61% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 27 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	177.7119	88.8560	
Treatment	8	3372.3343	421.5418	2.07ns
Error	16	3255.0278	203.4392	
Total	26	6805.0740	261.7336	

Grand mean = 159.68 cv = 8.93% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 28 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	51.0349	25.5174	
Treatment	8	187.1847	23.3981	2.45ns
Error	16	152.6857	9.5429	
Total	26	390.9053	15.0348	

Grand mean = 15.30 cv = 20.19% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 29 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	4.0992	2.0496	
Treatment	8	151.5856	18.9482	5.74**
Error	16	52.7719	3.2982	
Total	26	208.4567	8.0176	

Grand mean = 13.86 cv = 13.11% ** = $P < 0.01$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 30 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	13.7881	6.8941	
Treatment	8	17.7106	2.2138	2.63*
Error	16	13.4491	0.8406	
Total	26	44.9478	1.7288	

Grand mean = 5.45 cv = 16.81% * = $P < 0.05$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 31 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักราก 100 เมล็ดในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0033	0.0016	
Treatment	8	0.0715	0.0089	0.66ns
Error	16	0.2154	0.0135	
Total	26	0.2902	0.0112	

Grand mean = 2.82 cv = 4.11% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 32 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักราก 100 เมล็ดในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0033	0.0015	
Treatment	8	0.0846	0.0106	1.03ns
Error	16	0.1643	0.0103	
Total	26	0.2519	0.0097	

Grand mean = 2.65 cv = 3.83% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 33 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักราก 100 เมล็ดในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0468	0.0234	
Treatment	8	0.1145	0.0143	1.02ns
Error	16	0.2241	0.0140	
Total	26	0.3855	0.0148	

Grand mean = 2.54 cv = 4.67% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 34 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักรากฟางต่อไร่ในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	28363.8519	61553.7778	
Treatment	8	247400.2963	40746.6667	1.65ns
Error	16	410804.1481	24668.4444	
Total	26	686568.2963	32452.9231	

Grand mean = 1418.37 cv = 11.29% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 35 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	123107.5556	61553.7778	
Treatment	8	325973.3333	40746.6667	1.65ns
Error	16	394695.1111	24668.4444	
Total	26	843776.0000	32452.9231	
Grand mean = 1312 cv = 11.97% ns = not significant				

ตารางภาคผนวก ข ที่ 36 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	154301.6296	77150.8148	
Treatment	8	573174.5185	71646.8148	1.65ns
Error	16	515906.3704	32244.1481	
Total	26	1243382.5185	47822.4046	
Grand mean = 1183.41 cv = 15.17% ns = not significant				

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ตารางภาคผนวก ค ที่ 1 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 1

รายการ	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7	ตำรับที่ 8	ตำรับที่ 9
1. การเตรียมดิน									
ค่าไถเตรียมดิน (ปั่นพร้อมตีเทือก) 1 ครั้งๆ ละ 300 บาทต่อไร่	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
ค่าแรงขนย้ายพร้อมหว่านวัสดุปรับปรุงดิน 0.5 บาทต่อกิโลกรัม			50.00	150.00	250.00	50.00	150.00	250.00	150.00
2. การปลูก									
ค่าแรงหว่านข้าว ข้าวโม่งละ 60 บาทต่อไร่ๆ ละ 1 ชม.	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
3. ค่าแรงงานในการดูแลรักษา									
ค่าแรงใส่ปุ๋ย 2 ครั้งๆ ละ 60 บาทต่อไร่	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
ค่าแรงฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช 1 ครั้งๆ ละ 100 บาท	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ค่าแรงฉีดสารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช 2 ครั้งๆ ละ 100 บาท	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
4. การเก็บเกี่ยว									
ค่าแรงเก็บเกี่ยว 600 บาทต่อไร่	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
5. ค่าวัสดุการเกษตร									
ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว 14 บาทต่อกิโลกรัม (25 กิโลกรัมต่อไร่)	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0	574.57	155.66	155.66	155.66	155.66	155.66	155.66	155.66	155.66
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0	286.40	429.03	429.03	429.03	429.03	429.03	429.03	429.03	429.03
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60		179.98	179.98	179.98	179.98	179.98	179.98	179.98	179.98
ถ่านกลบ 2.0 บาทต่อกิโลกรัม									
(ค่าขนย้าย และเผาให้เป็นถ่าน)			200.00	600.00	1000.00				
ถ่านซังข้าวโพดบด 2.0 บาทต่อกิโลกรัม									
(ค่าขนย้าย และเผาให้เป็นถ่าน พร้อมบด)						200.00	600.00	1000.00	
มูลวัว 1.67 บาทต่อกิโลกรัม									500.00
ค่าสารเคมีกำจัดวัชพืช 375 บาทต่อไร่	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00
ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช 50 บาทต่อไร่	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00

ตารางภาคผนวก ค ที่ 1 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 1 (ต่อ)

รายการ	ดำรับที่ 1	ดำรับที่ 2	ดำรับที่ 3	ดำรับที่ 4	ดำรับที่ 5	ดำรับที่ 6	ดำรับที่ 7	ดำรับที่ 8	ดำรับที่ 9
ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ทางการเกษตร 217 บาทต่อไร่	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00
ต้นทุนผันแปร	3,232.97	3,136.67	3,386.67	3,886.67	4,386.67	3,386.67	3,886.67	4,386.67	3,786.67
ต้นทุนคงที่ (เตาเผาถ่าน) 2,500 บาทต่อไร่ อายุ 5 ปี			500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	
ต้นทุนรวม	3,232.97	3,136.67	3,886.67	4,386.67	4,886.67	3,886.67	4,386.67	4,886.67	3,786.67
ผลผลิตต่อไร่	1,062.60	1,058.64	1,130.73	1,151.10	1,174.42	1,061.43	1,088.45	1,138.50	1,146.69
รายได้ (ข้าวราคา 9.94 บาทต่อกิโลกรัม)	10,562.23	10,522.87	11,239.44	11,441.90	11,673.69	10,550.64	10,819.19	11,316.66	11,398.12
รายได้สุทธิ	7,329.26	7,386.20	7,352.77	7,055.23	6,787.02	6,663.97	6,432.52	6,429.99	7,611.45

ตารางภาคผนวก ค ที่ 2 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 2

รายการ	ดำรับที่ 1	ดำรับที่ 2	ดำรับที่ 3	ดำรับที่ 4	ดำรับที่ 5	ดำรับที่ 6	ดำรับที่ 7	ดำรับที่ 8	ดำรับที่ 9
1. การเตรียมดิน									
ค่าไถเตรียมดิน (ปั่นพร้อมตีเทือก) 1 ครั้งๆ ละ 300 บาทต่อไร่	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
ค่าแรงขนย้ายพร้อมหว่านวัสดุปรับปรุงดิน 0.5 บาทต่อกิโลกรัม			50.00	150.00	250.00	50.00	150.00	250.00	150.00
2. การปลูก									
ค่าแรงหว่านข้าว ข้าวโม่งละ 60 บาทต่อไร่ๆ ละ 1 ชม.	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
3. ค่าแรงงานในการดูแลรักษา									
ค่าแรงใส่ปุ๋ย 2 ครั้งๆ ละ 60 บาทต่อไร่	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
ค่าแรงฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช 1 ครั้งๆ ละ 100 บาท	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ค่าแรงฉีดสารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช 2 ครั้งๆ ละ 100 บาท	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
4. การเก็บเกี่ยว									
ค่าแรงเก็บเกี่ยว 600 บาทต่อไร่	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
5. ค่าวัสดุการเกษตร									
ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว 14 บาทต่อกิโลกรัม (25 กิโลกรัมต่อไร่)	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0	574.57	155.66	155.66	155.66	155.66	155.66	155.66	155.66	155.66
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0	286.40	429.03	429.03	429.03	429.03	429.03	429.03	429.03	429.03
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60		179.98	179.98	179.98	179.98	179.98	179.98	179.98	179.98
ถ่านกลบ 2.0 บาทต่อกิโลกรัม									
(ค่าขนย้าย และเผาให้เป็นถ่าน)			200.00	600.00	1000.00				
ถ่านซังข้าวโพดบด 2.0 บาทต่อกิโลกรัม									
(ค่าขนย้าย และเผาให้เป็นถ่าน พร้อมบด)							200.00	600.00	1000.00
มูลวัว 1.67 บาทต่อกิโลกรัม									500.00
ค่าสารเคมีกำจัดวัชพืช 375 บาทต่อไร่	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00
ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช 50 บาทต่อไร่	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ทางการเกษตร 217 บาทต่อไร่	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00

ตารางภาคผนวก ค ที่ 2 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 2 (ต่อ)

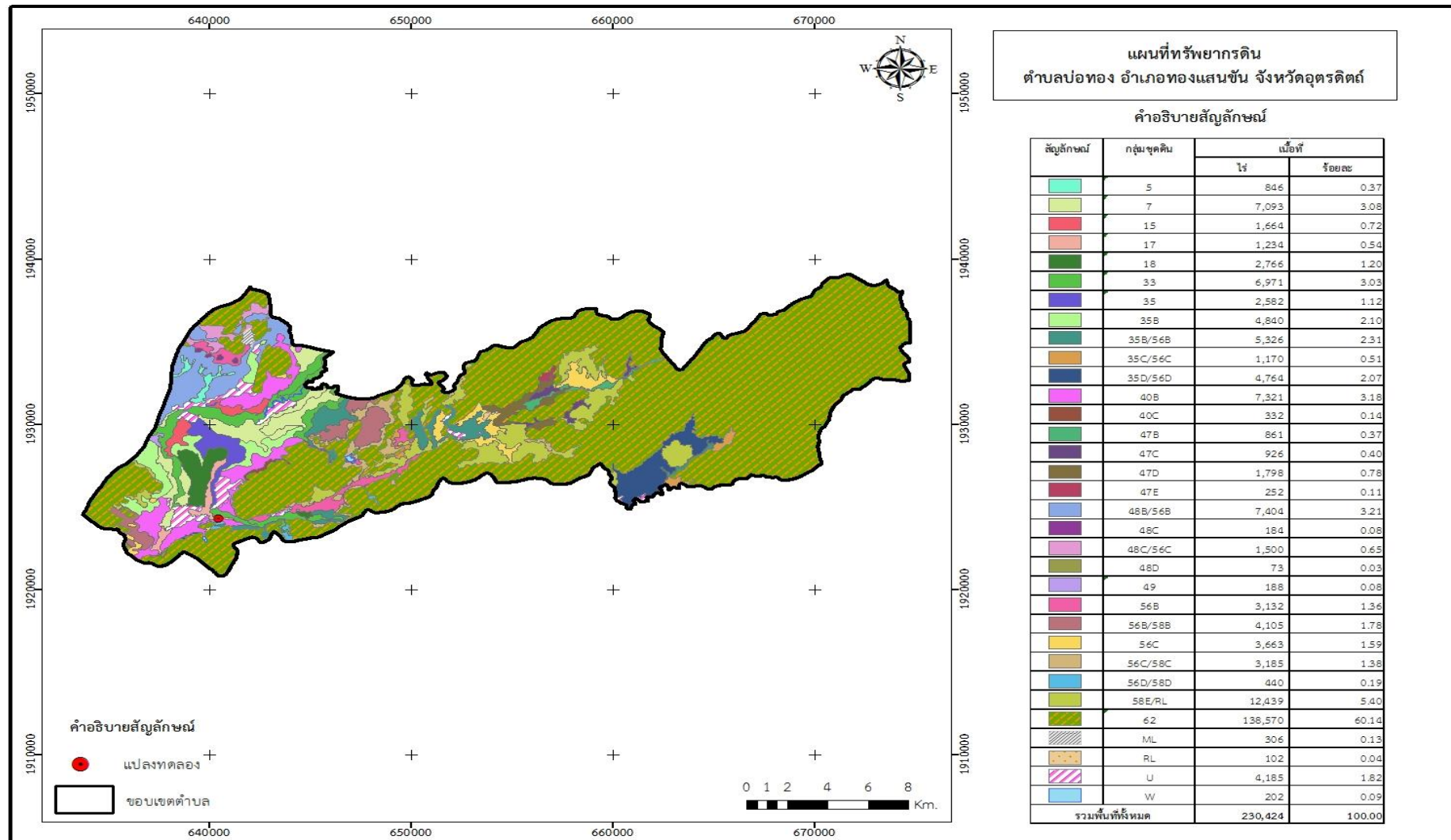
รายการ	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7	ตำรับที่ 8	ตำรับที่ 9
ต้นทุนผันแปร	3,232.97	3,136.67	3,386.67	3,886.67	4,386.67	3,386.67	3,886.67	4,386.67	3,787.67
ต้นทุนคงที่ (เตาเผาถ่าน) 2,500 บาทต่อไร่ อายุ 5 ปี			500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	
ต้นทุนรวม	3,232.97	3,136.67	3,886.67	4,386.67	4,886.67	3,886.67	4,386.67	4,886.67	3,786.67
ผลผลิตต่อไร่	715.46	708.37	720.44	808.77	854.08	789.52	798.09	790.36	702.82
รายได้ (ข้าวราคา 11.50 บาทต่อกิโลกรัม)	8,227.84	8,146.28	8,285.07	9,300.84	9,821.97	9,079.50	9,178.05	9,089.18	8,082.49
รายได้สุทธิ	4,994.87	5,009.61	4,398.40	4,914.17	4,935.31	5,192.83	4,791.38	4,202.51	4,295.82

ตารางภาคผนวก ค ที่ 3 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 3

รายการ	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7	ตำรับที่ 8	ตำรับที่ 9
1. การเตรียมดิน									
ค่าไถเตรียมดิน (ปั่นพร้อมตีเทือก) 1 ครั้งๆ ละ 300 บาทต่อไร่	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
ค่าแรงขนย้ายพร้อมหว่านวัสดุปรับปรุงดิน 0.5 บาทต่อกิโลกรัม			50.00	150.00	250.00	50.00	150.00	250.00	150.00
2. การปลูก									
ค่าแรงหว่านข้าว ข้าวโม่งละ 60 บาทต่อไร่ๆ ละ 1 ชม.	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
3. ค่าแรงงานในการดูแลรักษา									
ค่าแรงใส่ปุ๋ย 2 ครั้งๆ ละ 60 บาทต่อไร่	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
ค่าแรงฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช 1 ครั้งๆ ละ 100 บาท	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ค่าแรงฉีดสารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช 2 ครั้งๆ ละ 100 บาท	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
4. การเก็บเกี่ยว									
ค่าแรงเก็บเกี่ยว 600 บาทต่อไร่	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
5. ค่าวัสดุการเกษตร									
ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว 14 บาทต่อกิโลกรัม (25 กิโลกรัมต่อไร่)	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0	485.90	131.64	131.64	131.64	131.64	131.64	131.64	131.64	131.64
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0	270.24	404.82	404.82	404.82	404.82	404.82	404.82	404.82	404.82
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60		170.94	170.94	170.94	170.94	170.94	170.94	170.94	170.94
ถ่านแกลบ 2.0 บาทต่อกิโลกรัม									
(ค่าขนย้าย และเผาให้เป็นถ่าน)			200.00	600.00	1000.00				
ถ่านซังข้าวโพดบด 2.0 บาทต่อกิโลกรัม									
(ค่าขนย้าย และเผาให้เป็นถ่าน พร้อมบด)							200.00	600.00	1000.00
มูลวัว 1.67 บาทต่อกิโลกรัม									500.00
ค่าสารเคมีกำจัดวัชพืช 375 บาทต่อไร่	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00
ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช 50 บาทต่อไร่	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ทางการเกษตร 217 บาทต่อไร่	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00	217.00

ตารางภาคผนวก ค ที่ 3 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 3 (ต่อ)

รายการ	ดำรับที่ 1	ดำรับที่ 2	ดำรับที่ 3	ดำรับที่ 4	ดำรับที่ 5	ดำรับที่ 6	ดำรับที่ 7	ดำรับที่ 8	ดำรับที่ 9
ต้นทุนผันแปร	3,128.13	3,079.40	3,329.40	3,829.40	4,329.40	3,329.40	3,829.40	4,329.40	3,729.40
ต้นทุนคงที่ (เดาเผ่าถ่าน) 2,500 บาทต่อไร่ อายุ 5 ปี			500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	
ต้นทุนรวม	3,128.13	3,079.40	3,829.40	4,329.40	4,829.40	3,829.40	4,329.40	4,829.40	3,729.40
ผลผลิตต่อไร่	1,080.05	1,058.28	1,105.56	1,159.60	1,109.50	1,041.39	1,266.56	1,121.32	1,130.33
รายได้ (ข้าวราคา 11.03 บาทต่อกิโลกรัม)	11,912.91	11,672.81	12,194.36	12,790.42	12,237.82	11,486.54	13,970.12	12,368.21	12,467.55
รายได้สุทธิ	8,784.77	8,593.41	8,364.97	8,461.02	7,408.43	7,657.15	9,640.72	7,538.82	8,738.16



ที่มา : กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 (2549)

ภาพภาคผนวกที่ 1 แผนที่แสดงกลุ่มชุดดินและตำแหน่งแปลงทดลองในตำบลบ่อทอง อำเภอบึงสามพัน จังหวัดบุรีรัมย์



ชุดดิน	ชุดดินเรณู กลุ่มชุดดินที่ 17 Rn-sIA/ds,Eo)
Classification	Fine-loamy, mixed, semiactive isohyperthermic (Aeric) Plinthic Paleaquults.
การระบายน้ำ	ค่อนข้างเร็ว
ความลาดชัน	ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ (0-2 %)

ชื่อชั้นดิน	ความลึก (ซม.)	คำอธิบายชั้นดิน
Ap	0-15	ดินสีเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลเข้ม ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นเล็กน้อย เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัด (pH 5.5)
Bt ₁	15-30	ดินสีแดงจาง มีจุดประสีเหลืองปนแดง ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นเล็กน้อย เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0)
Bt ₂	30-60	ดินสีแดงอ่อน มีจุดประสีเหลืองปนแดง ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นเล็กน้อย และมีจุดประสีแดง ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาด 5-20 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นมาก เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)
Bt ₃	60-95	ดินสีเทาปนแดง มีจุดประสีเหลืองปนแดง ปริมาณน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาด 2-5 มิลลิเมตร มีสีใกล้เคียงกับสีพื้น และมีจุดประสีแดง ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาด 5-20 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นมาก เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาของดินเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.0)
Bt ₄	95-115	ดินสีเทาปนแดง มีจุดประสีเหลืองปนแดง ปริมาณน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร มีสีใกล้เคียงกับสีพื้น และมีจุดประสีแดง ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาด 5-20 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นมาก เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)
Bt ₅	115-140	ดินสีเทาปนแดง มีจุดประสีเหลืองปนแดง ปริมาณน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาด 2-5 มิลลิเมตร มีสีใกล้เคียงกับสีพื้น และมีจุดประสีแดง ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาด 20-76 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นมาก เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)
Btg ₁	140-160	ดินสีเทาอ่อน มีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาล ปริมาณน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาด 5-20 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นเล็กน้อย มีจุดประสีแดงปนเหลือง ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาด 2-5 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นมาก และมีจุดประสีแดง ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาด 20-76 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นเล็กน้อย เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายปนกรวดเล็กน้อย ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)

ที่มา : กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 (2549)

ภาพภาคผนวกที่ 2 Soil Profile Description แปลงวิจัยข้าวบ้านน้ำลอก หมู่ที่ 13 ตำบลบ่อทอง อำเภอกองแสนขัน จังหวัดอุดรธานี พิกัด 640439E 1924282N



คัดเลือกแปลงทดลอง



เตรียมถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ มูลวัว และปุ๋ยเคมี



ไถเตรียมแปลงทดลอง พร้อมปักคั่นนา



ใส่วัสดุปรับปรุงดินพร้อมคราดกลบ



ให้น้ำข้าวหลังหว่าน 15 วัน



ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และ 2

ภาพภาคผนวกที่ 3 กิจกรรมการดำเนินงาน (ต่อ)



เก็บเกี่ยวและหาล้องค์ประกอบผลผลิตข้าว



เก็บและเตรียมตัวอย่างดิน เพื่อนำส่งวิเคราะห์

ภาพภาคผนวกที่ 3 กิจกรรมการดำเนินงาน (ต่อ)