ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการตอบสนองของผลผลิตข้าว และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน

โดย
นายสาธิต กาละพวก
นายพัฒน์พงษ์ เกิดหลำ
นางชุติมา จันทร์เจริญ
นางทรายแก้ว อนากาศ
นางสาวพิลาสลักษณ์ ลิ่วรุ่งเจริญ

รหัสโครงการวิจัย 57 59 03 12 20104 020 102 01 11

กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ตุลาคม 2561

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
วันที่ 06 พ.ย. 2562
เลขหมู่ [illegible]
เลขทะเบียน 610209

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการตอบสนองของผลผลิตข้าว และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน

โดย
นายสาธิต กาละพวก
นายพัฒน์พงษ์ เกิดหลำ
นางชุติมา จันทร์เจริญ
นางทรายแก้ว อนากาศ
นางสาวพิลาสลักษณ์ ลิ่วรุ่งเจริญ

รหัสโครงการวิจัย 57 59 03 12 20104 020 102 01 11

กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ตุลาคม 2561

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(1)
สารบัญภาพ	(2)
สารบัญตารางภาคผนวก	(3)
สารบัญภาพภาคผนวก	(6)
บทคัดย่อ	
Abstract	
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	2
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	14
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ	14
ผลการทดลองและวิจารณ์	17
สรุป	41
ข้อเสนอแนะ	41
ประโยชน์ที่ได้รับ	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	48

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติบางประการของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	18
2	สมบัติทางเคมีของดินก่อนดำเนินการ	18
3	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	20
4	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์)	22
5	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	23
6	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว 3 ปี	24
7	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	26
8	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ต้น)	28
9	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (รวง)	30
10	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อความสูงข้าว (เซนติเมตร)	31
11	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (เมล็ด)	32
12	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง (เปอร์เซ็นต์)	33
13	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง 3 ปี	34
14	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อน้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	35
15	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อน้ำหนักฟาง (กิโลกรัมต่อไร่)	36
16	ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)	38
17	ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 1	39
18	ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 2	39
19	ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรดินในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 3	40
20	ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเฉลี่ย3 ปี	41

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผังแปลงทดลอง	15

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตารางภาคผนวก

ตาราง ภาคผนวก		หน้า
ภาคผนวก ก ที่		
1	การประเมินค่า pH ของดิน (ดิน:น้ำ = 1:1)	49
2	การประเมินระดับอินทรียวัตถุในดิน (Walkly and Black method)	49
3	การประเมินระดับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเหนียวที่สกัดด้วย DA	50
4	การประเมินระดับธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA	50
ภาคผนวก ข ที่		
1	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน ปีที่ 1	50
2	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน ปีที่ 2	51
3	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน ปีที่ 3	51
4	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน	51
5	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุในดินปีที่ 1	51
6	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุในดินปีที่ 2	52
7	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุในดินปีที่ 3	52
8	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน	52
9	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 2	52
10	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 3	53
11	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน	53
12	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 1	53
13	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 2	54
14	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 3	54
15	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน	54

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตาราง ภาคผนวก ภาคผนวก ข ที่		หน้า
16	ตารางวิเคราะห์ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 1	55
17	ตารางวิเคราะห์ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 2	55
18	ตารางวิเคราะห์ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 3	55
19	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร	56
20	ตารางวิเคราะห์ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 1	56
21	ตารางวิเคราะห์ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 2	56
22	ตารางวิเคราะห์ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 3	57
23	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร	57
24	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 1	57
25	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 2	57
26	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 3	58
27	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของความสูงข้าว	58
28	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 1	58
29	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 2	58
30	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 3	59
31	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของจำนวนเมล็ดดีต่อรวง	59
32	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 1	59
33	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 2	59
34	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 3	60
35	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง	60
36	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดในปีที่ 1	60
37	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดในปีที่ 2	60
38	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดในปีที่ 3	61

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตาราง ภาคผนวก		หน้า
ภาคผนวก ข ที่		
39	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของน้ำหนัก 100 เมล็ด	61
40	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 1	61
41	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 2	61
42	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 3	62
43	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของน้ำหนักฟางต่อไร่	62
44	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 1	62
45	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 2	62
46	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 3	63
47	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของผลผลิตข้าวต่อไร่	63
ภาคผนวก ค ที่		
1	Crop Requirement ของข้าว	63
2	ปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ในแต่ละปี	64
3	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ใส่ในแต่ละปี	64
4	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ใส่ในแต่ละปี	65
ภาคผนวก ง ที่		
1	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (เกรด 2)	66
ภาคผนวก จ ที่		
1	ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 1	67
2	ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 2	69
3	ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 3	71

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพ ภาคผนวกที่		หน้า
1	แผนที่แสดงกลุ่มชุดดินและตำแหน่งแปลงทดลองในตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์	73
2	Soil Profile Description แปลงวิจัยข้าวบ้านน้ำลอก หมู่ที่ 13 ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ พิกัด E 640439 N 1924282	74
3	กิจกรรมการดำเนินงาน	75

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

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) ชุดดินเรญู

ผู้ดำเนินการ

นายสาธิต กาละพวก	Mr. Sathit Kalapuak
นายพัฒน์พงษ์ เกิดหลำ	Mr. Patpong Kirdlum
นางชุติมา จันทร์เจริญ	Mrs. Chutima Chancharoen
นางทรายแก้ว อนากาศ	Mrs. Saikaew Anakad
นางสาวพิลาสลักษณ์ ลิ่วรุ่งเจริญ	Miss. Pilatluck Lioroongcharoen

บทคัดย่อ

การวิจัย เรื่อง ผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการตอบสนองของผลผลิตข้าว และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน ดำเนินการในพื้นที่เขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอก ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ในดินนากลุ่มชุดดินที่ 17 ชุดดินเรญู ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน และการตอบสนองของผลผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 เมื่อมีการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในอัตราต่างๆ ร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 9 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร (N=21.4 P_2O_5=4.0 และ K_2O=0 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (N=12.0 P_2O_5=8.0 และ K_2O=6.0 กิโลกรัมต่อไร่) และใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบ 3 อัตรา คือ 100 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่ถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบ อัตรา 100 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ และมูลวัว 300 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ กับการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เช่นเดียวกับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าว ได้แก่ จำนวนต้นและจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ความสูง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และน้ำหนัก 100 เมล็ด ที่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติเช่นกัน การใส่ถ่านแกลบ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิต 1,038.81 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกรที่ให้ผลผลิต 979.80 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร ให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงกว่า 15.58 บาทต่อไร่ ทั้งนี้เพราะไม่มีต้นทุนการใส่วัสดุปรับปรุงดิน จึงทำให้มีผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงสุด โดยมีค่า B/C ratio เท่ากับ 2.61

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Abstract

The effect of crop residue management, combined with application of chemical fertilizer, on rice (RD-MAEJO2) yield response, soil properties and economic return was investigated in Baan Nam Lork, Bor Thong sub-district, Thong Sean Khan district, Uttaradit province. The experiment was carried out in Renu soil series, soil group no. 17, from October 2013 to September 2016. The experimental design was a randomized complete block of 9 treatments with 3 replicaions. The treatments included farmer's management (N=21.4 P_2O_5=4.0 and K_2O=0 kg/rai) with no soil conditioners, chemical fertilizer based on soil test (N=12.0 P_2O_5=8.0 and K_2O=6.0 kg/rai), corn cob charcoal at rate of 100, 300 and 500 kg/rai combined with chemical fertilizer based on soil test, rice husk charcoal at rate of 100, 300 and 500 kg/rai combined with chemical fertilizer based on soil test, and 300 kg/rai of cow dung combined with chemical fertilizer based on soil test. The results showed that there were no significant differences in soil pH, organic matter, available phosphorus, extractable potassium, yield components such as number of tillers, spikes per plants, grain per spike and its dry weight, and tillers' height, among treatments. However, application of rice husk charcoal with chemical fertilizer provided 1,038.8 kg/rai of rice yield production, which was greater than the yield response to farmer's management, while farmer's management provided greater economic return of 15.58 baht/rai. This is due to there was no cost of crop residue management for soil improvement, resulting in farmer's management provided the best economic return with the B/C ratio of 2.61.

หลักการและเหตุผล

เขตพัฒนาที่ดินเป็นพื้นที่ที่กรมพัฒนาที่ดินได้ผสมผสานกิจกรรมต่างๆ ด้านการพัฒนาที่ดินลงในพื้นที่เพื่อใช้เป็นศูนย์กลางการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร เพื่อที่จะลดความเสี่ยง การกระจายรายได้ ลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนสนับสนุนแผนการผลิตของเกษตรกรตามแผนฟื้นฟูการเกษตร ให้เกษตรกรเห็นถึงทางเลือกที่เหมาะสมกับสภาพดิน และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ให้เป็นตัวอย่างแก่เกษตรกรนำไปตัดสินใจในการวางแผนและดำเนินการเอง สำหรับในเขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอก ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ มีพื้นที่รวมประมาณ 5,456 ไร่ โดยเป็นพื้นที่นาข้าวประมาณ 1,407 ไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 613 ไร่ และที่เหลือเป็นป่าไม้ (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8, 2549) ในแต่ละปีจะมีวัตถุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น แกลบ และซังข้าวโพด ประมาณ 43.66 และ 92.40 ตันต่อพื้นที่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งเกษตรกรใช้วิธีการเผาทำลาย นอกจากจะทำให้เกิดปัญหาหมอกควันแล้ว ยังทำให้สูญเสียคาร์บอนไปในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย พื้นที่นาข้าวส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ความสามารถในการอุ้มน้ำไม่ดี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดรุนแรง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยเคมีลดลง ทำให้ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีสูงขึ้น ต้นทุนการผลิตจึงสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในพื้นที่ผลผลิตข้าวเหนียวเฉลี่ย 566 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) เกษตรกรจึงมักหาพันธุ์ข้าวใหม่ ๆ ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงมาปลูกในพื้นที่อยู่เสมอ เช่น ข้าวเหนียวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง และผลผลิตค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตามมีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่ไม่เหมาะสม และขาดการปรับปรุงบำรุงดิน ซึ่งในพื้นที่มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากพอที่จะใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ เช่น แกลบและซังข้าวโพดเมื่อนำมาหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ โดยเฉลี่ยจะได้ธาตุไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม เท่ากับ 0.46-0.26-0.70 และ 1.07-0.51-1.19 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยมีคำแนะนำให้ใช้อัตรา 2.0-4.0 ตันต่อไร่ สำหรับปุ๋ยคอก (มูลวัว) ที่แนะนำให้ใช้อัตรา 1.0-3.0 ตันต่อไร่ โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 15-30 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการปลูกข้าว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)

อย่างไรก็ตามมีอีกแนวทางหนึ่ง คือการนำแกลบและซังข้าวโพดมาผ่านกระบวนการเผาในระบบปิด ภายใต้สภาพมีออกซิเจนต่ำ จะทำให้ได้ถ่านชีวภาพ ซึ่งเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอนและมีรูพรุนตามธรรมชาติ เมื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินจะช่วยลดความเป็นกรดของดิน เพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำ และช่วยดูดยึดธาตุอาหารได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ดิน และมีศักยภาพในการปรับปรุงดินทรายจัด หรือดินเสื่อมโทรมอื่น ๆ ได้ แต่ต้องใช้ในอัตราที่มากพอจึงจะพอที่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน และผลผลิตข้าวได้ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ในอัตรามากกว่า 1 ตันต่อไร่

ดังนั้น ควรมีการศึกษาผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยการนำมาเผาเป็นถ่านชีวภาพก่อนใช้ ได้แก่ ถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบ รวมทั้งปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราที่ต่ำกว่าคำแนะนำ โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามอัตราคำแนะจากค่าวิเคราะห์ดินในนาข้าวที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย เพื่อเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรในพื้นที่เขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอก เกิดความยั่งยืนในการใช้ประโยชน์พื้นที่เกษตรกรรม ลดการเผาในพื้นที่โล่ง และปัญหาหมอกควันในฤดูแล้ง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่นในอัตราที่ต่างกันปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าว
2. เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการปลูกข้าว

การตรวจเอกสาร

1. สภาพทางกายภาพของพื้นที่

พื้นที่เขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอกหมู่ที่ 4 และหมู่ที่ 13 ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ จัดอยู่ในพื้นที่สูงภาคเหนือ ซึ่งเป็นการแบ่งเขตตามกายภาพทางภูมิศาสตร์ ซึ่งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 90-317 เมตร ปรากฏอยู่ในแผนที่ลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7017 ระวาง 5143 I ชื่อระวางแผนที่อำเภอทองแสนขัน มีเนื้อที่ประมาณ 5,456 ไร่ โดยสภาพพื้นที่ที่มีลักษณะราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบตอนกลางของเขตพัฒนาที่ดินใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าว รวมพื้นที่ประมาณ 1,407 ไร่ โดยส่วนมากเป็นชุดดินเรณู (Rn) มีเนื้อที่ประมาณ 1,170 ไร่ สภาพพื้นที่ที่เป็นลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนชันเล็กน้อย มีความลาดชัน 5-12 เปอร์เซ็นต์ ด้านทิศตะวันตกและตะวันออกเฉียงใต้ของเขตพัฒนาที่ดิน ใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้น พืชไร่ที่ปลูก ได้แก่ ข้าวโพดพื้นที่ประมาณ 613 ไร่ มันสำปะหลังพื้นที่ประมาณ 712 ไร่ และอ้อยพื้นที่ประมาณ 207 ไร่ รวมพื้นที่ประมาณ 1,532 ไร่ ไม้ผลไม้ยืนต้นที่ปลูก ได้แก่ ยูคาลิปตัส สัก ไม้ผลผสมผสาน และมะม่วง รวมพื้นที่ประมาณ 492 ไร่ นอกจากนี้เป็นป่าเบญจพรรณพื้นที่ประมาณ 1,033 ไร่ และพื้นที่อื่น ๆ พื้นที่ประมาณ 992 ไร่ ปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ยตลอดปี 1,410.3 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 73 เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8, 2549)

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

2. ข้าวและพันธุ์ข้าวที่ปลูก

ข้าวเป็นธัญพืชที่อยู่ในวงศ์ (Family) Gramineae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa L.* เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย และยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่นิยมปลูกสายพันธุ์อินเดีย (Indica) ซึ่งมีลักษณะเมล็ดเรียว ยาว แบ่งตามประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ดข้าวสาร 2 ประเภท ได้แก่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

2.1 ข้าวเจ้า ซึ่งเมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้งอมิโลส (Amylose) ประมาณร้อยละ 15-30 ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พิษณุโลก 2 ชัยนาท 1 เหลืองปะทิว สังข์หยด ดอกพะยอม กข 49 กข 41 เจ๊กเชยเสาไห้ และแก่นจันทร์ ฯลฯ เป็นต้น

2.2 ข้าวเหนียว เมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งอมิโลเพคติน (Amylopectin) เป็นส่วนใหญ่ และมีแป้งอมิโลส (Amylose) ประมาณร้อยละ 5-7 ได้แก่ พันธุ์สันป่าตอง หางยี กข 6 กข 8 กข 10 เขี้ยวงู ลืมผัว สกลนคร และกข-แม่โจ้ 2 ฯลฯ เป็นต้น (กรมการข้าว, 2559)

ข้าวเหนียวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 (RD-MAEJO2) คณะกรรมการวิจัยและพัฒนาข้าวมีมติให้เป็น พันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2558 ผสมพันธุ์ครั้งแรกในฤดูนาปี 2547 ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยใช้ข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งใช้เป็นพันธุ์รับกับข้าวเหนียวหอมพันธุ์ กข 6 ซึ่งใช้เป็นพันธุ์ให้ยีน wx ซึ่งควบคุมความเป็นข้าวเหนียว ด้วยวิธีผสมกลับ และใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก ผลิตเมล็ดชั่วที่ 1 ทำการผสมกลับ 4 ชั่ว แต่ละชั่วของการผสมกลับใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยคัดเลือกต้นที่เป็น Wxwx และผสมกลับไปหาพันธุ์รับ คือ ข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 จนได้ต้น BC4F1 ที่มียีโนไทป์เป็น Wxwx และผสมตัวเองได้เมล็ด BC4F2 คัดเลือกเมล็ดข้าวเหนียวนำไปปลูกและผสมตัวเองได้เมล็ด BC4F3 ปลูกศึกษาพันธุ์ 4 แถว จำนวน 2 ฤดู คือ นาปี 2551 และนาปรัง 2552 คัดเลือกได้สายพันธุ์ข้าวเหนียว MJUG04002-BC4F5

ผลการคัดเลือกทำให้ได้พันธุ์ข้าวเหนียวไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 135 วัน ลักษณะกอแบะ ความสูงประมาณ 110 เซนติเมตร ลำต้นแข็งปานกลาง ใบสีเขียว มุมปลายใบตั้งตรง การแก่ของใบแก่ช้า ใบธงยาว 32.16 เซนติเมตร กว้าง 1.20 เซนติเมตร มุมใบธงตั้งตรง รวงยาว 29.75 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดดีต่อรวง 113 เมล็ด เมล็ดร่วงง่าย ข้าวเปลือกสีฟาง มีหางบ้าง มีความยาวเฉลี่ย 10.65 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร หนา 1.95 มิลลิเมตร ข้าวกล้องสีขาวยาวเฉลี่ย 7.50 มิลลิเมตร กว้าง 2.16 มิลลิเมตร หนา 1.79 มิลลิเมตร จัดเป็นข้าวรูปร่างเมล็ดเรียว ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง 8.50 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นหอมอ่อนเหมือนข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1 ผลผลิตประมาณ 865 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นข้าวเหนียวมีกลิ่นหอมอ่อน เมล็ดเรียวยาว ต้นเตี้ย และไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (กรมการข้าว, 2559)

3. วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและเป็นแหล่งผลิตและส่งออกสินค้าเกษตรที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก โดยกลุ่มธุรกิจภาคเกษตรกรรมจัดอยู่ในกลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมที่มีการเจริญเติบโตสูงในระดับประเทศ จึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 59.5 ล้านตัน โดยมีปริมาณแกลบ 3.51 ล้านตัน และซังข้าวโพด 0.58 ล้านตัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558) นอกจากวัสดุที่มีสัดส่วนเหลือทิ้งอีกมาก ได้แก่ ชานอ้อย ใบและยอดอ้อย ฟางข้าว ลำต้นข้าวโพด ทะลายปาล์ม ใยกะลา และก้านปาล์ม ฯลฯ เป็นต้น แต่วัสดุดังกล่าวยังไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากนัก อีกทั้งยังมีการจัดการโดยการเผาในที่โล่งแจ้ง เป็นสาเหตุหนึ่งของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลสารสู่ชั้นบรรยากาศ (สุทธิรัตน์ และคณะ, 2560) แต่หากมีการเผาในระบบปิดหรือไพโรไลซิสแบบช้า (ได้ของเหลว ของแข็ง และแก๊ส สัดส่วนเท่ากับ 30 35 และ 35 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นการให้ความร้อนแก่วัสดุดังกล่าวโดยการจำกัดปริมาณออกซิเจน อุณหภูมิของการเผาอยู่ในช่วง 200-500 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการดูดซับ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

คาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ และยังสามารถนำถ่านชีวภาพวัสดุดังกล่าวไปใช้ในภาคเกษตรได้ (อรสา, 2552) เช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยคอก (มูลวัว) เพื่อปรับปรุงดิน ดังนี้

3.1 ถ่านชีวภาพ (biochar) เป็นวัสดุที่ได้จากการเผามวลชีวภาพภายใต้สภาพมีออกซิเจนต่ำ ซึ่งถ่านชีวภาพที่ได้มีคุณสมบัติในการหมุนเวียนธาตุอาหารพืช ซึ่งเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดินจึงส่งผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น รวมถึงเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ (Lehmann *et al*., 2003, Steiner *et al*., 2007) มีค่าความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง จึงสามารถดูดซับประจุในดินได้ดี และมีสถานะเป็นประจุลบ (ทวีวงศ์, 2554) มีค่าความหนาแน่นรวมต่ำ (Abel *et al*., 2013; Asai *et al*., 2009; Cao & Harris, 2010) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูง จึงช่วยลดความเป็นกรดของดิน กระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ดิน และยังมีบทบาทช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ (ทัศนีย์, 2551) เป็นวัสดุที่มีศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ เช่น ดินทรายจัด หรือดินเสื่อมโทรมอื่นๆ (รัตถชล และคณะ, 2560) นอกจากนี้วัสดุที่ใช้เผาถ่านชีวภาพแต่ละชนิดจะให้สมบัติทางเคมีแตกต่างกัน จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันด้วย (เสาวคนธ์, 2557) ทั้งนี้เนื่องจากถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่มีปริมาณคาร์บอนที่ทนทานต่อการย่อยสลายในปริมาณมากโดยเฉพาะมีอะโรมาติกคาร์บอน ดังนั้น ถ่านชีวภาพจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน และสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (พัชรี และคณะ, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับอรสา (2552) ได้สรุปประโยชน์ของถ่านชีวภาพโดยทั่วไปไว้ ดังนี้

1) ช่วยบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เนื่องจากถ่านชีวภาพมีความสามารถลดคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศในระยะยาวได้ ด้วยการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

2) ช่วยปรับปรุงดินและผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากเมื่อนำถ่านชีวภาพลงดิน ลักษณะความเป็นรูพรุนของถ่านชีวภาพจะช่วยกักเก็บน้ำและอาหารในดิน และเป็นที่อยู่ให้กับจุลินทรีย์สำหรับทำกิจกรรมเพื่อสร้างอาหารให้ดิน เมื่อดินอุดมสมบูรณ์จะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้น

3) ช่วยผลิตพลังงานทดแทน เนื่องจากกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพจากมวลชีวภาพด้วยการแยกสลายด้วยความร้อนจะให้พลังงานชีวภาพที่สามารถใช้เป็นพลังงานทดแทน เพื่อการขนส่งและในระบบอุตสาหกรรมได้

4) ช่วยในกระบวนการจัดการของเสียประเภทวัสดุอินทรีย์ได้ เนื่องจากเทคโนโลยีไบโอชาร์มีศักยภาพในการกำจัดของเสียที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นมิตรได้

สำหรับถ่านชีวภาพที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส (กระบวนการสลายตัวของสารด้วยความร้อนในสภาวะไร้อากาศหรืออับอากาศ) มีคุณสมบัติที่ดีในการส่งเสริมสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน ดังนี้

1) คุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีผลต่อสมบัติทางเคมีของดิน ถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาไหม้ในสภาพอับอากาศจะมีความพรุนสูง มีโครงสร้างทางเคมีเป็นพวกอะโรมาติกคาร์บอน ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงและเกิดหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ โดยเฉพาะคาร์บอกซิล คือ มีประจุลบสุทธิที่พื้นที่ผิวปริมาณมาก หรือทำให้มีความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ประกอบกับถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่มีความพรุนสูงจึงมีพื้นที่สัมผัสมากด้วย ทำให้สามารถดูดซับธาตุอาหารพืชซึ่งอยู่ในรูปไอออนได้เป็นจำนวนมากและช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารโดยการชะละลาย ไม่ว่าธาตุอาหารในดินจะได้รับจาก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ หรือธาตุอาหารที่มีอยู่เดิมในดิน เนื่องจากถ่านชีวภาพมีคุณสมบัติเป็นด่าง ดังนั้น เมื่อใส่ในดินจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ถ่านชีวภาพยังให้ธาตุอาหารต่าง ๆ แก่พืชได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้หรือวัสดุอินทรีย์ที่นำมาเผา (ทิพานันท์ และศิวพร, 2554; อิสริยาภรณ์, 2552)

2) คุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดิน การที่ถ่านชีวภาพมีรูพรุนมาก จะช่วยในการการกักเก็บน้ำและอาหารในดินได้เป็นอย่างดี จึงทำให้สามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินสำหรับการเพาะปลูก และช่วยทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง (Steiner, 2009) รวมทั้งถ่านชีวภาพยังทำให้ดินโปร่ง สามารถถ่ายเทอากาศได้ดี (Islam, 1999) และเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชและปลดปล่อยธาตุอาหารให้พืชอย่างช้า ๆ

3) คุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีผลต่อสมบัติทางชีวภาพของดิน การใส่ถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงดิน ทั้งถ่านชีวภาพและจุลินทรีย์ในดินจะมีส่วนสนับสนุนซึ่งกันละกัน กล่าวคือ โครงสร้างของถ่านชีวภาพที่เป็นรูพรุนจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว ประกอบกับความเป็นด่างของถ่านชีวภาพจะช่วยยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้สูงขึ้น เหมาะต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์มากขึ้น ในขณะเดียวกันจุลินทรีย์ก็ทำให้ถ่านชีวภาพเกิดการเปลี่ยนสภาพได้ ถึงแม้ว่าถ่านชีวภาพจะมีสารพวกอะโรมาติกซึ่งคงทนต่อการย่อยสลายมากกว่าอินทรียสารที่ไม่ได้ผ่านการเผาไหม้ ด้วยลักษณะรูพรุนและขนาดของรูพรุนของถ่านชีวภาพที่มีขนาดเล็กมากจึงเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น เชื้อแอคทิโนมัยซิส (Actinomyces) ไตรโคเดอร์มา (Trichorderma) และบาซิลลัส (Bacillus) เป็นต้น ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการควบคุมจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อสาเหตุโรคพืช ซึ่งจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อสาเหตุโรคพืชมักมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของถ่านชีวภาพ ทำให้เข้าไปอยู่อาศัยไม่ได้ และจะถูกรบกวนโดยการเป็นปรสิตของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า (ทิพานันท์ และศิวพร, 2554) จากการใช้ถ่านแกลบเป็นวัสดุรองรับจุลินทรีย์ ทำให้มีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในถ่านชีวภาพได้สูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมัก และมีชีวิตอยู่ได้นานกว่าการใช้ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุรองรับ โดยจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตสามารถมีชีวิตอยู่ได้ 300 วัน เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถมีชีวิตอยู่ได้ 150 วัน (นวลจันทร์ และคณะ, 2561)

นอกจากนี้มีรายงานว่า ถ่านชีวภาพจะมีสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำมาใช้เผา เช่น

3.1.1 ถ่านแกลบ หรือถ่านชีวภาพจากแกลบ ภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า “กุนตัง” (kuntan) มีการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินหรือให้ธาตุอาหารพืชมาเป็นเวลาหลายร้อยปีในญี่ปุ่น (ประทีป, 2551) ถ่านแกลบมีแร่ธาตุ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเผาแล้วสารประกอบอินทรีย์จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอนและน้ำส้มควันแกลบ ซึ่งกระบวนการเผามีซิลิกา 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งเป็นวัสดุที่มีประสิทธิภาพที่ให้ซิลิกาแก่พวกธัญพืชต่าง ๆ โดยเฉพาะข้าวและอ้อย มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเท่ากับ 0.12 0.10 และ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.90 (นลินี และคณะ, 2547) หากนำถ่านแกลบมาใช้เป็นวัสดุเพาะกล้าจะทำให้ต้นกล้าแข็งแรง การเจริญเติบโตสม่ำเสมอ เช่น แตงกวา แคนตาลูป มะเขือ แตงโม และกะหล่ำปลี เป็นต้น ในประเทศอินโดนีเซียชาวสวนนิยมนำถ่านแกลบมาใช้เป็นวัสดุปลูกไม้ประดับกันอย่างกว้างขวาง (ทัศนีย์, 2551)

3.1.2 ถ่านซังข้าวโพด หรือถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดเป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนสูงเท่ากับ 56.35 ตารางเมตรต่อกรัม และ 0.0405 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม สามารถดูดซับธาตุ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

อาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน และอุ้มน้ำได้ดี จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (ทวีวงศ์, 2553) โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 9.28 ปริมาณอินทรียวัตถุ 18.93 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 1.07 เปอร์เซ็นต์ (กันยาพร, 2559)

3.2 ปุ๋ยคอก (มูลวัว) เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ค่อนข้างหาง่ายในท้องถิ่น จังหวัดอุตรดิตถ์มีมูลวัวประมาณ 131,641 ตันต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ซึ่งในมูลวัวประกอบด้วย ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ปริมาณ 1.9, 0.7, 2.0, 1.3, 0.7 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) จะเห็นได้ว่าปุ๋ยคอก (มูลวัว) มีธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ การจะแนะนำให้เกษตรกรใช้มูลวัวอย่างเดียวในนาข้าวดังเช่นโบราณนั้นคงเป็นไปได้ยาก สาเหตุเนื่องจากต้องใช้ในปริมาณมากจึงจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของประเสริฐ (2543) ว่าการใช้ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อย่างเดียวเพื่อการเพิ่มผลผลิตข้าวนั้น จะต้องใช้อัตรา 1.5-3.0 ตัน ซึ่งเป็นอุปสรรคในการจัดหา ควรใช้ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตราต่ำร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นวิธีที่ดีกว่า เจริญ และคณะ (2540) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500-1,500 กิโลกรัม เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินในกลุ่มชุดดินที่ 17 ซึ่งเนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย ส่วนกรมการข้าว (2559) ได้แนะนำให้ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักอัตรา 600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในขณะที่การใส่มูลวัว 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 1 ฤดู จึงจะได้ผลิตเพิ่มขึ้น

4. การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

ดินในประเทศไทยมีมากกว่า 200 ชุดดิน แต่ละชุดดินมีศักยภาพแตกต่างกัน ในการจำแนกชุดดินใช้สมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก เช่น เนื้อดิน สีดิน ความลึกของดิน และความเป็นกรดเป็นด่าง สิ่งเหล่านี้เป็นสมบัติของชุดดินที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก ซึ่งแตกต่างจากความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ผันแปรไปตามการใช้ประโยชน์ที่ดินและวิธีการจัดการไร่นาของเกษตรกร แนวคิดในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินนั้นจึงเกิดจากการนำข้อมูลชุดดิน และข้อมูลวิเคราะห์ N-P-K ในดินตามสภาพปัจจุบัน มาประกอบการตัดสินใจใช้ปุ๋ยเคมีให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โปรแกรมจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินนั้น เป็นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีส่วนสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช เช่น พันธุ์พืช แสงแดด อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ชุดดิน ฯลฯ เพื่อช่วยคำนวณหาปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีความสอดคล้องกับความต้องการของพืชมากขึ้น อย่างไรก็ตามความถูกต้องและแม่นยำของการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละโปรแกรมนั้นจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของแบบจำลองการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ อย่างแม่นยำ และมีส่วนสัมพันธ์กับพืชอย่างแท้จริง รวมถึงต้องผ่านการทดสอบผลของการวิเคราะห์ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จนเกิดความเชื่อมั่นในแบบจำลองนั้นจริง ๆ ในปัจจุบันมีการใช้โปรแกรมการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเกิดขึ้นหลายโปรแกรม เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน ในส่วนของกรมพัฒนาที่ดินได้มีการพัฒนา โปรแกรมการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง เพื่อการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานต้องระบุชุดดิน ระบุชนิดของพืชที่ต้องการปลูก (โปรแกรมนี้สามารถเลือกชนิดพืชได้ 14 ชนิด ได้แก่ ข้าว (ไวแสง/ไม่ไวแสง) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย (ปลูก/ตอ) มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์มน้ำมัน สับปะรด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ลิ้นจี่ ลำไย ทุเรียน และมังคุด) พร้อมค่าวิเคราะห์ดินซึ่งหากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในภาวะปัจจุบัน โปรแกรมจะนำข้อมูลวิเคราะห์ดินจากค่าเฉลี่ยของชุดดินนั้น ๆ มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาคำแนะนำที่เหมาะสมในการจัดการการปลูกพืชในพื้นที่นั้น ๆ โดยในคำแนะนำนั้นจะประกอบไปด้วย

- วันปลูกที่เหมาะสม

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

- ผลผลิตที่คาดคะเน (กิโลกรัมต่อไร่)
- คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมี พร้อมการเปรียบเทียบราคาปุ๋ยที่คำนวณจากปริมาณธาตุอาหารที่แนะนำ
- คำแนะนำการจัดการดิน ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ การใช้วัสดุปูนในการปรับความเป็นกรดของดิน ซึ่งทั้งหมดนี้จะมีระบบตรวจสอบข้อมูลคำแนะนำการจัดการ พร้อมระดับความเชื่อมั่นของคำแนะนำ เพื่อประกอบการตัดสินใจสำหรับนำไปปฏิบัติต่อไป (รสมาริน, 2553)

การใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวนับว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเป็นอย่างยิ่ง ถ้าหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลือง ยังมีผลกระทบในระยะยาวต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใส่ปุ๋ยเคมีให้มีประสิทธิภาพ ผู้ใช้ต้องรู้จักพืช รู้จักดิน รู้จักปุ๋ย และรู้จักวิธีการใส่ปุ๋ย ได้แก่ การใส่ให้ถูกต้องตามชนิดของปุ๋ย ถูกที่ ถูกเวลา ถูกวิธี และถูกปริมาณ ซึ่งก็คือ การใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำ การใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัด และการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็นต้น

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นการใช้ปุ๋ยเคมีให้ประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในดิน สามรถนำมาใช้เป็นแนวทางสำหรับการแนะนำชนิดและอัตราปุ๋ยตามชนิดพืชที่ปลูก โดยดินที่มีธาตุอาหารต่ำ จะต้องเพิ่มธาตุอาหารดังกล่าวในรูปของปุ๋ยให้เพียงพอ แต่ถ้าในดินมีธาตุอาหารสูงก็เพิ่มลงไปเพียงเล็กน้อย เพราะหากใส่ปุ๋ยมากเกินความจำเป็นนอกจากเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายแล้ว อาจทำให้พืชที่ปลูกไม่ตอบสนอง ดูดใช้ธาตุอาหารอื่น ๆ ได้น้อยลง และเกิดปัญหาปุ๋ยตกค้างในดิน ดังนั้น การใส่ปุ๋ยให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่พืชควรใส่ตามความจำเป็น เพื่อให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารพืชอย่างเพียงพอ และเป็นการลดต้นทุนของเกษตรกรในการซื้อปุ๋ยอีกด้วย ปัจจุบันการวิเคราะห์ดินสามารถทำได้ละเอียดและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น เกษตรกรสามารถวิเคราะห์ได้เองโดยใช้ชุดตรวจสอบดินแบบง่าย (test kit) ทำให้เกษตรกรสามารถนำค่าวิเคราะห์ดินที่ได้จริงในพื้นที่ไปใช้ประโยชน์ สามารถเลือกใช้ชนิดหรืออัตราของปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2559)

5. ความต้องการธาตุอาหารหลักของข้าว

ในการผลิตข้าวเพื่อให้ได้น้ำหนักผลผลิต 1 ตัน ข้าวจะต้องได้รับธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน 15-20 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 2-3 กิโลกรัม โพแทสเซียม 15-20 กิโลกรัม (Dobermann and Fairhurst, 1999) หากพิจารณาตามความต้องการธาตุหลักของข้าว (crop Requirement) ในดินต้องมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่น้อยกว่า 15 และ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (คำรณ, 2556) ซึ่งธาตุอาหารดังกล่าว มีความสำคัญต่อการเจริญเติบและให้ผลผลิตข้าว ดังนี้

5.1 ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบอยู่ในกรดอะมิโน นิวคลีโอไทด์ เอ็นไซม์ โคเอ็นไซม์ คลอโรฟิลล์ และสารประกอบสำคัญในพืชอีกหลายชนิด ไนโตรเจนในใบพืชประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในคลอโรพลาสท์ และมีการคาดว่าพืชที่มีใบจำนวนมาก ประมาณครึ่งหนึ่งของไนโตรเจนทั้งหมดจะอยู่ในออร์กาเนลส์ (ยงยุทธ และสุรเดช, 2521) ไนโตรเจนโดยทั่วไปอยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจนอินทรีย์ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) ไนโตรเจนในดินที่เป็นประโยชน์ประมาณ 95-99 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ในรูปอินทรีย์ทั้งในเศษพืชและสัตว์ในรูปอินทรียวัตถุที่ค่อนข้างอยู่ตัว หรือในจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ไนโตรเจนรูปนี้ไม่สามารถเป็นประโยชน์โดยการกระทำของจุลินทรีย์ ไนโตรเจนอินทรีย์จำนวนน้อยอาจอยู่ในสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ เช่น ยูเรียที่อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ สำหรับไนโตรเจนที่เป็น

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ประโยชน์ต่อพืช ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอนินทรีย์ เช่น NH_4^+ และ NO_3^- เป็นต้น ไนโตรเจนทั้งสองรูปนี้ รากพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที (วิจิตร, 2552)

ข้าวที่ขาดไนโตรเจน ใบจะมีสีเขียวจางหรือสีเหลือง ใบแก่เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว การขาดไนโตรเจนจะเกิดขึ้นที่ใบแก่ที่อยู่ส่วนล่างของต้นมากกว่าใบยอด และใบจะร่วงก่อนกำหนด พืชจะมีการเจริญเติบโตช้า ลำต้นมีทรงพุ่มเล็ก การแตกแขนงช้า ให้ผลผลิตต่ำ คุณภาพลดลง พืชที่ได้รับไนโตรเจนมากเกินไปมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมากทำให้เกิดอาการเฝือใบ สร้างดอกผลน้อยลง มีลำต้นอ่อนแอ ล้มง่าย ความต้านทานโรคและแมลงลดลง และให้ผลผลิตต่ำ (อภิพรรณ, 2541) ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตและการ แตกกอของข้าว เป็นองค์ประกอบของเม็ดสีในเซลล์พืช การขาดไนโตรเจนพบได้ทั่วไป โดยเฉพาะในดินนาเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือในดินที่ขาดการจัดการที่เหมาะสม เป็นต้น ข้าวที่ขาดไนโตรเจนจะพบที่ใบแก่หรือบางครั้งใบทั้งหมดเป็นสีเขียวอ่อน ปลายใบเหลือง ถ้าข้าวขาดไนโตรเจนอย่างรุนแรงใบแก่จะตายเหลือเพียงใบอ่อนที่มีลักษณะใบแคบ สั้นและตั้งตรง มีสีเขียวปนเหลือง ต้นข้าวแคระแกร็น แตกกอน้อยเมล็ดดีต่อรวงลดลง ส่งผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลงด้วย (วิจิตร, 2552)

การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน เกิดจากปฏิกิริยาทางชีวภาพ (biological reaction) โดยมีเอนไซม์หรือจุลินทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ด้วย การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในธรรมชาติแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ (อภิพรรณ, 2541)

1) Aminization เป็นการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในสารอินทรีย์รูปต่าง ๆ ให้เป็นเอมีน ($R\text{-}NH_2$) หรือกรดอะมิโน

2) Ammonification เป็นการเปลี่ยนรูปของเอมีนไปเป็นรูปของแอมโมเนียหรือเกลือแอมโมเนียม (NH_4^+)

3) Nitrification เป็นการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียมเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-)

4) Denitrification เป็นกระบวนการรีดักชัน (reduction) เปลี่ยนรูปของไนเตรท หรือแอมโมเนียมในดินไปเป็นแก๊สไนโตรเจน (N_2) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และไนตริกออกไซด์ (NO)

5.2 ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารจำเป็นของพืช เพราะเป็นส่วนหนึ่งของสารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของพืช และเป็นตัวช่วยในการแปลงปฏิกิริยาชีวเคมีที่สำคัญจำนวนมากในพืช ฟอสฟอรัสมีความโดดเด่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการจับและเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นสารประกอบที่เป็นประโยชน์ในพืช หน้าที่สำคัญ 2 ประการของธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่มีต่อพัฒนาการและการผลิตพืชให้เป็นไปอย่างปกติ คือเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นที่สุดของดีเอ็นเอ ซึ่งเป็น “memory unit” ทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และยังเป็นส่วนประกอบของอาร์เอ็นเอ ซึ่งเป็นสารประกอบที่แปลรหัสพันธุกรรมดีเอ็นเอ เพื่อสร้างโปรตีนและสารประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับโครงสร้างพืช สร้างเมล็ด และถ่ายโอนพันธุกรรม นอกจากนี้ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของเอทีพี ซึ่งเป็น “energy unit” ของพืช เอทีพีซึ่งถูกสร้างในขณะเกิดการสังเคราะห์แสงมีฟอสฟอรัสในโครงสร้างของมันและในกระบวนการตั้งแต่ต้นกล้าจนถึงการสร้างเมล็ด ดังนั้น ฟอสฟอรัสจึงจำเป็นต่อความแข็งแรงของพืชทุกชนิด ธาตุฟอสฟอรัสมีประโยชน์ในการกระตุ้นพัฒนาการของราก เพิ่มความแข็งแรงของลำต้น ช่วยในการสร้างดอกและการผลิตเมล็ด พืชผลแก่เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น (วิจิตร, 2552)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ คือ โมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) และไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) ฟอสฟอรัสในดินที่อยู่ในรูปของโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตและไดไฮโดรเจนฟอสเฟตจะมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบอนินทรีย์ของดินให้กลายเป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์แก่พืช เรียกว่า การตรึงฟอสเฟต (P-fixation หรือ P-immobilization) โดยปกติในดินกรด ธาตุเหล็กและอลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัส กลายเป็นสารประกอบสลับซับซ้อนที่ละลายได้ยาก ส่วนในดินล่างแคลเซียมและแมกนีเซียมทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสกลายเป็นแคลเซียมและแมกนีเซียมฟอสเฟตที่ละลายได้ยาก ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินจึงเกิดขึ้นในช่วงที่ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6.5-7.0 เท่านั้น เนื่องจากฟอสฟอรัสในดินมักทำปฏิกิริยากับดิน และถูกดูดซับอยู่ในดิน การเคลื่อนตัวของอนุมูลโมโนฟอสเฟตจึงมีน้อยมาก ดังนั้น ฟอสฟอรัสจึงจัดเป็นธาตุเคลื่อนย้ายได้ยากในดิน ซึ่งตรงข้ามกับไนโตรเจน คุณสมบัตินี้จึงช่วยป้องกันมิให้มีการสูญเสียฟอสฟอรัสไปจากดินได้ง่าย (อภิพรรณ, 2541)

ข้าวที่ขาดฟอสฟอรัส จะมีอาการแคระแกร็น แตกกอน้อย ใบแคบ สั้น ตั้งตรงและมีสีเขียวเข้ม ลำต้นผอมเรียว ข้าวจะชะงักการเจริญเติบโต จำนวนใบ จำนวนรวงและจำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง ใบอ่อนสมบูรณ์ดี แต่ใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายในที่สุด ถ้าพันธุ์ข้าวที่ปลูกสามารถผลิตแอนโทไซยานินได้ ใบอาจเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือสีม่วงในดินที่เป็นกรด การขาดฟอสฟอรัสมักจะเกิดร่วมกับภาวะเหล็กเป็นพิษ (อภิพรรณ, 2541)

5.3 โพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก นับเป็นธาตุอาหารที่มีประจุบวก (แคทไอออน) ที่พืชดูดใช้เป็นปริมาณมากที่สุดในบรรดาแคทไอออนต่าง ๆ ความแตกต่างระหว่างโพแทสเซียมกับธาตุอาหารหลักสองตัวแรก (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) คือ โพแทสเซียมไม่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเนื้อเยื่อพืช เช่น ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของโปรตีน ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก แต่โพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีในพืช นับตั้งแต่การสังเคราะห์แสง การหายใจ การลำเลียงสารประกอบที่ได้จากการสังเคราะห์แสง การสร้างโปรตีนและน้ำมันในพืช และมีบทบาทในการเร่งปฏิกิริยา (catalysis) ของเอนไซม์ต่าง ๆ 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^+) ซึ่งถูกดูดซับอยู่รอบ ๆ อนุภาคดินเหนียว หากจะแบ่งโพแทสเซียมในดินออกเป็นรูปต่าง ๆ ตามความเป็นประโยชน์ต่อพืช อาจแบ่งได้ดังนี้ (อภิพรรณ, 2541)

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

2) รูปที่เป็นประโยชน์ได้ช้า (slowly available form) คือ รูปที่ถูกตรึงอยู่ระหว่างแผ่นแร่ของอนุภาคดินเหนียวพวก illite vermiculite และแร่ดินเหนียวชนิดอื่น ๆ ที่มีลักษณะผลึกแบบ 2:1 ซึ่ง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากจะถูกปลดปล่อยออกมาเสียก่อน ปกติโพแทสเซียมในรูปนี้จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ ชดเชยรูปที่ถูกพืชนำไปใช้

3) รูปที่ยังไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (relatively unavailable from) ได้แก่ รูปที่อยู่ในแร่พวก feldspar, mica และแร่อื่น ๆ เป็นแหล่งของโพแทสเซียมในดินในระยะยาว เพราะโพแทสเซียมจะถูกปลดปล่อยให้ละลายออกมาทีละน้อย โดยสารละลายกรดคาร์บอนิค

ข้าวที่ขาดโพแทสเซียมจะแสดงอาการ คือ ใบขนาดเล็กแคบสีเขียวอมน้ำเงิน การแตกกอล่าช้าออกไป มีดวงคลอโรซิสเกิดกระจายอย่างไม่เป็นระเบียบและต่อมาจะกลายเป็นแผลเนโครซิส แพร่ขยายตามแนวยาวของใบแก่ โดยเริ่มจากปลายใบและต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมแดง ในที่สุดใบจะกลายเป็นสีน้ำตาลและแห้งตาย เริ่มจากส่วนปลายใบอ่อนที่เกิดภายหลังมักจะมีสีเขียวอมเหลืองซีด อาการขาดโพแทสเซียมในข้าว รู้จักในชื่อ “grey speck” รากของต้นข้าวที่ขาดโพแทสเซียมจะมีพลังออกซิไดส์จะลดลง (วิจิตร, 2552)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ สามารถแบ่งเป็น 2 เรื่อง ได้แก่

6.1 การใช้ถ่านชีวภาพ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 4 ด้าน ดังนี้

6.1.1 ด้านการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตพืช จากกรายงานของอภิญญา (2556) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของไบโอชาร์ (ถ่านชีวภาพ) ชนิดต่าง ๆ และจุลินทรีย์มาใช้ในการลดการสะสมของแคดเมียมในต้นข้าวที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียม พบว่า การใส่ไบโอชาร์จากขี้เลื่อยช่วยลดการสะสมแคดเมียมในต้นข้าวได้ดีที่สุด ทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดี รองลงมาได้แก่ ไบโอชาร์จากชานอ้อย และจากแกลบตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า ไบโอชาร์จากขี้เลื่อยมีซิลิกอนทำให้เซลล์พืชแข็งแรง ทำให้ต้นข้าวทนต่อสภาวะที่มีแคดเมียมปนเปื้อนได้ดี ส่วนวิชุตา (2556) ศึกษาผลของถ่านชีวภาพที่มีต่อผลผลิตข้าวและคุณภาพดินเหนียวปนทราย กรณีศึกษาตำบลป่าเด็ง อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี โดยใช้ถ่านชีวภาพจากไม้เนื้ออ่อน (ไม้ชะเอม ไม้กระชิด ไม้สะแกวัลย์ และไม้กระดูกแตก) และซังข้าวโพด บดรวมกันอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับการใส่ปุ๋ยคอก โดยการแบ่งใส่ 2 ครั้ง (ครั้งแรกก่อนปลูก 2 สัปดาห์อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 ระยะก่อนข้าวตั้งท้อง อัตรา 600 กิโลกรัมต่อไร่) กำหนดวิธีการทดลอง 4 วิธี ได้แก่ 1) ดินเดิม 2) ดินร่วมกับถ่านชีวภาพ 3) ดินร่วมกับปุ๋ยคอก และ 4) ดินร่วมกับถ่านชีวภาพอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยคอกอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้ข้าวไร่ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์นาสาร พันธุ์เหลือง และข้าวผสม (นาสารผสมเหลือง) พบว่า ผลผลิตและการเจริญเติบโตของข้าว ได้แก่ ความสูง น้ำหนักแห้ง (ลำต้นและราก) จำนวนต้นต่อพื้นที่ การแตกกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนรวงต่อพื้นที่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่ถ่านชีวภาพ และพบว่า เมื่อใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตได้ดียิ่งขึ้น สำหรับศิริลักษณ์ และอรสา (2556) รายงานว่า อัตราส่วนของปุ๋ยคอกต่อถ่านชีวภาพ (จากฟางข้าว แกลบ และกิ่งไม้) 25:75 (คิดเป็นปุ๋ยคอกอัตรา 800 และถ่านชีวภาพอัตรา 2,400 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้คะน้ามีความสูงและน้ำหนักสูงกว่าทุกตำรับการทดลองและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนรายงานของเสาวคนธ์ (2557) ที่ศึกษาผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่และแกลบต่อผลผลิต ประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพ (จากไม้ไผ่ และแกลบ) อัตรา 60 กรัมต่อถัง (1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก หรือคิดเป็นอัตรา 2,400 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะทำให้ผลผลิตข้าวดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว นอกจากนี้จากรายงานของเกศศิรินทร์ และคณะ (2561) ที่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ศึกษาอัตราส่วนของถ่านชีวภาพต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินปลูก การเจริญเติบโต และผลผลิตของผักสลัดกรีนคอส (*Lactuca sativa* L. cv. Green Cos) พบว่า จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นผักสลัดคอสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ถ่านชีวภาพเพิ่มขึ้น ส่วนรายงานของเจษฎา และคณะ (2561) ที่ศึกษาผลของถ่านชีวภาพจากแกลบและปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในพื้นที่ดินกรด พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบ อัตรา 1.0 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก อัตรา 1.0 ตันต่อไร่ ทำให้ข้าวโพดหวานมีความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก น้ำหนักสดต่อฝัก และผลผลิตรวมสูงสุด (201.94 เซนติเมตร 16.06 เซนติเมตร 432.23 กรัม และ 2,428.00 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) และในขณะที่รายงานของปรเมศ และคณะ (2558) ซึ่งศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ข้าวเหนียวดำ ภายใต้การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันในพื้นที่ดินเค็ม ไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวเหนียวดำ การจัดการปุ๋ย และถ่านชีวภาพ แต่พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองที่มีผลผลิตสูงสุด (668 กรัมต่อ 12.8 ตารางเมตร หรือ 83.5 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนในรายงานของเสาวคนธ์ (2561) ซึ่งศึกษาผลของถ่านแกลบในนาข้าวเคมีและอินทรีย์เคมีต่อการปลดปล่อยก๊าซ มีเทน การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งแบ่งพื้นที่ปลูกข้าว 2 รูปแบบ คือ นาข้าวเคมี และนาข้าวอินทรีย์เคมี พบว่า ในแปลงข้าวเคมี การเจริญเติบโตของข้าวเมื่ออายุ 60 วันหลังปักดำ จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักแห้งฟางข้าว และน้ำหนักเมล็ด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีเกษตรกร (ใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง) โดยมีจำนวนต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกรร่วมกับถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่อย่างเดียว ให้ค่าน้ำหนักแห้งเมล็ดข้าวสูงที่สุด คือ 150 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับในแปลงข้าวอินทรีย์เคมี พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีของจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ และน้ำหนักแห้งเมล็ด มีเพียงน้ำหนักแห้งฟางข้าวซึ่งกรรมวิธีใส่ถ่านแกลบอย่างเดียวให้น้ำหนักแห้งฟางข้าวสูงที่สุด 213 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามน้ำหนักแห้งเมล็ดข้าวในกรรมวิธีใส่ถ่านแกลบอย่างเดียวกับกรรมวิธีเกษตรกร (ใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง) มีค่าไม่แตกต่างกัน (424 และ 425 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ)เช่นเดียวกับรายงานของจาวภา และคณะ (2560) ที่ศึกษาผลของการใช้ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน และการเจริญเติบโตของข้าวนาหว่านน้ำตม โดยใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และปทุมธานี 1 (main plot) การไม่ใส่ถ่านชีวภาพ และใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกในบ่อซีเมนต์ (การทดลองที่ 1) และในกระถาง (การทดลองที่ 2) พบว่า ด้านการเจริญเติบโตของข้าว พบการตอบสนองไปในทิศทางเดียวกันทั้งสองการทดลอง โดยการใช้ถ่านชีวภาพมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวในระยะแรก ที่อายุ 30 และ 45 วันหลังหว่านข้าว โดยข้าวมีความสูง จำนวนหน่อต่อต้น พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงกว่ากรรมวิธีไม่ใส่ถ่านชีวภาพ แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะต่อมา แต่พบผลกระทบในด้านลบของการใส่ถ่านชีวภาพต่อการพัฒนาของรากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 โดยทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระยะ 75 วันหลังปลูก ในการทดลองที่ 2 สำหรับพินิจภณ (2557) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชไร่ (ปลูกข้าวฟ่าง ข้าวโพดหวาน ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และถั่วเขียว โดยใช้ถ่านชีวภาพจากเศษไม้โตเร็ว อัตรา 1.6, 3.2 และ 4.8 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักและสารสกัดชีวภาพ พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพใน 1.6 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักและสารสกัดชีวภาพ พืชไร่แต่ละชนิดมีอัตราการเจริญเติบโต และน้ำหนักหนักผลผลิตสูงกว่าการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 3.2 และ 4.8 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักและสารสกัดชีวภาพ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

6.1.2 ด้านการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน จากรายงานของวิชุตา (2556) พบว่า เมื่อใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้สมบัติของดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวมากขึ้น ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับในรายงานปรเมศ และคณะ (2558) พบว่า การจัดการปุ๋ยและถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวม และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินมีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีผลทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรียวัตถุ การนำไฟฟ้าของเกลือ โพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยและถ่านชีวภาพในอัตราที่สูงมีแนวโน้มทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มมากขึ้น ส่วนรายงานของศิริลักษณ์ และอรสา (2556) พบว่า ถ่านชีวภาพช่วยทำให้ความค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุในดินชัดเจน ซึ่งอ้างถึง Fontaine (2004) ที่ระบุว่าการใช้ถ่านชีวภาพเพื่อการปรับปรุงดินสำหรับการเกษตรและการสะสมคาร์บอนในดินนั้น ต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 5 ปีขึ้นไป จึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านอินทรียวัตถุและการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสามารถระบุการเพิ่มผลผลิตของพืชได้ชัดเจน ในขณะที่รายงานของดาราารัตน์ และคณะ (2561) ซึ่งศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรม มวลชีวภาพและสังคมของจุลินทรีย์ในพื้นที่ปลูกผักในระบบปลอดสารพิษ พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากแกลบในแปลงผักอัตรา 1,000 1,500 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะช่วยบรรเทาไม่ให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงอย่างรวดเร็ว และส่งผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น โดยสัมพันธ์กับปริมาณถ่านชีวภาพที่ใส่ในแต่ละอัตรา บวร (2559) รายงานว่าการใช้ถ่านชีวภาพปรับปรุงดินเค็มเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในรายงานของเกศศิรินทร์ และคณะ (2561) พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส อัตรา 500, 1,000 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้สมบัติทางเคมีของดินปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัส มีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการใส่ถ่านชีวภาพเพิ่มขึ้น ส่วนจาวภา และคณะ (2560) รายงานว่า การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปฏิกิริยาดินสูงขึ้น ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ส่วนค่าการนำไฟฟ้าและความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าใกล้เคียงกันกับดินก่อนปลูก ส่วนพชรพล และสุขุมาภรณ์ (2561) ซึ่งศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพต่อการเติบโตและประสิทธิภาพ ของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพริกขี้หนูซูเปอร์ฮอท ภายใต้สภาวะดินเปรี้ยว พบว่า ดินเปรี้ยวที่ใส่ถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดความเข้มข้น 2.5, 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และความชื้นสัมพัทธ์ของดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแปรผันตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น และการใส่ถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดที่ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีบทบาทในการเพิ่มการเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพริกในสภาวะดินเปรี้ยวได้ โดยให้ข้อมูลว่าถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดเหมาะสำหรับเป็นวัสดุปรับปรุงดินเปรี้ยวให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพริก และเสาวคนธ์ (2557) รายงานว่า การใส่ถ่านชีวภาพทำให้อินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

6.1.3 ด้านการดูดใช้ธาตุอาหาร จากรายงานของเสาวคนธ์ (2557) ที่ศึกษาผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่และแกลบต่อผลผลิต ประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพ (จากไม้ไผ่ และแกลบ) อัตรา 60 กรัมต่อถัง (1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก หรือคิดเป็นอัตรา 2,400 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีขึ้น และให้ผลผลิตข้าวดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

6.1.4 ด้านการปลดปล่อยก๊าสมีเทน จากรายงานของพัชรี และคณะ (2558) ที่ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัสและฟางข้าวเพื่อการผลิตข้าวและลดคาร์บอนฟุตปริ้นท์อย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส และฟางข้าว อัตราเดียวกัน ได้แก่ 1, 2, 3 และ 4 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี ทำให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกัน การใช้ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัสมีความคงทนต่อการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ซึ่งจะลดประชากรของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทน (methanogens) แต่กลับเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์ที่ใช้มีเทน(methanotrophs) นอกจากนี้การใช้ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส และฟางข้าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนในดิน โดยถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัสจะกักเก็บคาร์บอนในดินได้สูงกว่าฟางข้าว

6.2 การใช้ปุ๋ยคอกมูลวัว

สำหรับผลของการใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวด้านการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตพืชนั้น จากรายงานของวนิดา (2555) ที่ศึกษาอิทธิพลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ ในชุดดินสตึกซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ อัตรา 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ 300 มิลลิลิตร ทำให้ข้าวพันธุ์ กข.15 มีความสูง จำนวนหน่อต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำ แห้งรวมส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการไม่ใส่ปุ๋ยน้ำส้มควันไม้ร่วมกับการฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ การฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ การใส่ปุ๋ยคอกมูลไก่ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยคอกมูลไก่ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ สำหรับรายงานของเกริก (2550) ซึ่งศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยต่อคุณภาพดินและน้ำในดินนาข้าว พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร แม้ว่าให้ผลผลิตต่ำกว่า แต่ให้ตอบแทนทางเศรษฐกิจสูง และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ส่วนรายงานของบุญฤทธิ์ และสมยศ (2559) ที่มีการศึกษาผลของปุ๋ยมูลสัตว์ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana Bertoni*) พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้น และการสะสมน้ำหนักต้น ใบ และรากแห้งของหญ้าหวาน มีค่ามากกว่าการใส่ปุ๋ยมูลวัว ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกันนั้น การใส่ปุ๋ยมูลสัตว์อัตรา 4.0 ตันต่อไร่ มีการเจริญเติบโตทางลำต้นของหญ้าหวานมากที่สุด รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยมูลสัตว์อัตรา 3.0 และ 2.0 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยปุ๋ยมูลสัตว์อัตราที่ต่ำที่สุดคือ 1.0 ตันต่อไร่ มีการเจริญเติบโตทางลำต้น และการสะสมน้ำหนักแห้งมีค่าน้อยที่สุด แต่ไม่พบสหสัมพันธ์ระหว่าง ชนิดของปุ๋ยมูลสัตว์ และอัตราการใส่ปุ๋ย ในรายงานของเบ็ญจพร และวันเฉลิม (2560) ซึ่งศึกษาการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในดินนาที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมี (สูตร 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ และ 46-0-0 อัตรา

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

20 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยคอกมูลวัวอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ความสูงและน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดินของข้าวสูงกว่าทุกกรรมวิธี แต่การใส่ปุ๋ยเคมี (สูตร 16-16-8 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ และ 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยพืชสด (ปอเทือง) มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าว (708 กิโลกรัมต่อไร่) และผลตอบแทนหลังหักค่าปุ๋ย (6,060 บาทต่อไร่) สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนสายชล และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมีต่อการผลิตผักบุ้งจีน รายงานว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยมูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ผักบุ้งจีนเจริญเติบโตดีที่สุด (ความสูง ความกว้างลำต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และน้ำหนักรวมสูงสุด)

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

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

สถานที่ดำเนินการ

สถานที่ตั้ง บ้านน้ำลอก หมู่ 13 ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ พิกัดแปลง E 640439 N 1924282

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. อุปกรณ์

- เมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียว (พันธุ์ กข-แม่โจ้ 2)
- ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0, 16-20-0 และ 0-0-60
- วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว)
- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน และเครื่องชั่ง
- ถุงตาข่ายสำหรับตากตัวอย่างพืช
- สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช

2. วิธีดำเนินงาน

2.1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง แบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) จำนวน 9 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

T1 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร (N=21.4 P_2O_5=4.0 และ K_2O=0 กิโลกรัมต่อไร่)

T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (N=12.0 P_2O_5=8.0 และ K_2O=6.0 กิโลกรัมต่อไร่)

T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

T6 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

T7 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

T8 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

T9 = ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.2.1 สำรวจ และคัดเลือกแปลงทดลองในพื้นที่เกษตรกรในเขตพัฒนาที่ดินบ้านน้ำลอก ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ร่วมกับเกษตรกรที่ร่วมโครงการวิจัย ถ่ายทอดความรู้ให้เกษตรกรที่ร่วมโครงการวิจัยทราบถึงหลักการเหตุผลที่ทำการวิจัย

2.2.2 จัดเตรียมพันธุ์ข้าว ถ่านแกลบ ถ่านซังข้าวโพด ปุ๋ยคอก (มูลวัว) และปุ๋ยเคมี

1) เตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2

2) เตรียมถ่านแกลบและถ่านซังข้าวโพด โดยการเผาในระบบปิดด้วยเตาที่ผลิตจากถัง 200 ลิตร ซึ่งออกแบบโดยศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตร จังหวัดปทุมธานี อุณหภูมิการเผาไหม้ประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 1 วันต่อการเผา 1 ครั้ง โดยไม่ต้องคอยปิดหน้าเตา ซึ่งเตาถูกออกแบบมาให้มีการปิดฝาถังโดยอัตโนมัติ การเผา 1 ครั้ง ใช้แกลบจำนวน 17 กิโลกรัม ซังข้าวโพด 22 กิโลกรัม ได้ถ่านชีวภาพจำนวน 10 และ 12 กิโลกรัม ตามลำดับ ได้น้ำส้มควันแกลบหรือซังข้าวโพด 400-600 ซีซีต่อครั้ง จากนั้นบดถ่านซังข้าวโพดให้มีขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักถ่านแกลบและถ่านซังข้าวโพดให้ได้ปริมาณตามตำรับการทดลอง

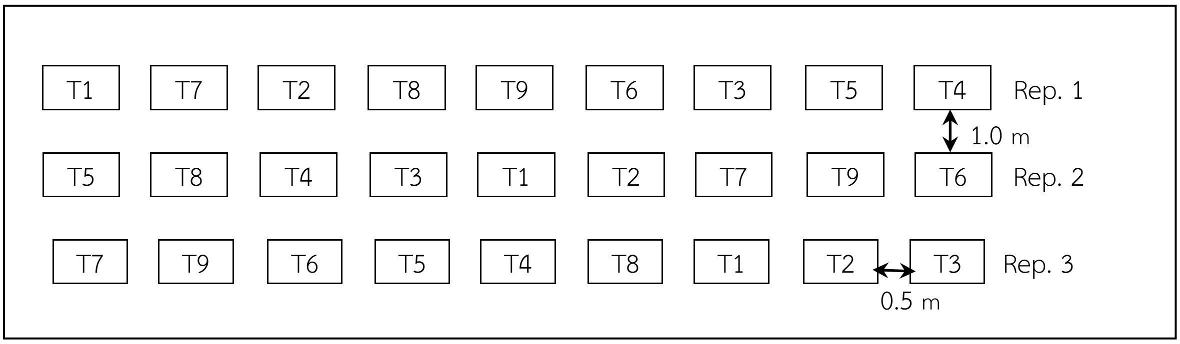
3) ชั่งปุ๋ยคอก (มูลวัว) และปุ๋ยเคมี ปริมาณตามตำรับการทดลอง

2.2.3 เตรียมแปลงทดลอง

1) แบ่งแปลงย่อยขนาด 6 x 6 เมตร (จำนวน 27 แปลงย่อย) ตามภาพที่ 1

2) ปั้นคันนา กว้าง 0.5 เมตร สูง 0.5 เมตร ระยะห่างระหว่างซ้ำ 1.0 เมตร และระหว่างแปลงย่อย 0.5 เมตร (ภาพที่ 1)

3) ทำเทือกพร้อมคราดกลบวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรตามตำรับการทดลอง



ภาพที่ 1 ผังแปลงทดลอง

2.2.4 การปลูกและดูแลรักษา

1) หว่านข้าวหลังจากทำเทือก 1 คืน อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในน้ำ 1 คืน จากนั้นนำขึ้นมาพักไว้อีก 2 วัน

2) ใส่ปุ๋ยเคมีทุกตำรับการทดลองใส่ครั้งที่ 1 เมื่อข้าวอายุได้ 25-30 วัน ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวอายุได้ 55-60 วัน โดยปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละเท่ากัน ส่วนปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใส่ครั้งแรกเพียงครั้งเดียว สำหรับถ่านแกลบและถ่านซังข้าวโพดตั้งแต่ตำรับการทดลองที่ 3-9 ใส่ขณะทำเทือกเตรียมดินทุกปี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

3) สำรวจแปลงอย่างสม่ำเสมอ กำจัดวัชพืช และแมลงศัตรูพืชตามความจำเป็น

2.2.5 การเก็บเกี่ยว

1) กำหนดขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว 10 ตารางเมตร เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ขนาด 2x5 เมตร) ในแต่ละแปลงย่อย (กรมวิชาการการเกษตร, 2552)

2) สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อหาองค์ประกอบผลผลิตข้าว 1x1 ตารางเมตร

2.2.6 เก็บตัวอย่างดิน แบบ composite sampling ที่ระดับความลึก 0–15 เซนติเมตร ก่อนทำการทดลอง และเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อยหลังเก็บเกี่ยวทุกปี

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.3.1 ข้อมูลวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สุ่มเก็บตัวอย่างถ่านแกลบ ถ่านซังข้าวโพด และมูลวัว แบบ composite sampling ทุกปี เพื่อส่งวิเคราะห์สมบัติบางประการของวัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยวิธี พืช : น้ำ 1 : 1 วัดด้วย pH meter ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%OC) โดยวิธี Walkley and Black method ปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Kjedahl method ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยใช้วิธี Vanadomolybdate (Barton) method ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available K) วัด Flame Photometer และค่าการนำไฟฟ้า (EC) โดยวิธี Conductivity method (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ก)

2.3.2 ข้อมูลดิน เตรียมตัวอย่างดิน (บด ร่อน) เพื่อส่งวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยวิธี ดิน : น้ำ 1 : 1 วัดด้วย pH meter ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM) โดยวิธี Walkley and Black method ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี Double acid ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี ammonium acetate 1 N pH 7 อัตราส่วน 1 ต่อ 20 และเนื้อดิน (Texture) โดยวิธี Hydrometer Method (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553ข)

2.3.3 ข้อมูลพืช

1) เก็บข้อมูลความสูงข้าว (วัดจากพื้นดินถึงข้อใบธง จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย ครั้งเดียวก่อนเก็บเกี่ยว)

2) เก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตข้าว เก็บข้อมูลจำนวนต้นและจำนวนรวงต่อพื้นที่ (ขนาดพื้นที่ 1x1 เมตร) จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ (สุ่มตัวอย่าง 10 รวงต่อแปลงย่อย) น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักฟาง (ขนาดพื้นที่ 1x1 เมตร)

3) เก็บข้อมูลผลผลิตต่อไร่ ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ โดยคำนวณจากพื้นที่เก็บเกี่ยว 10 ตารางเมตร

2.3.4 ข้อมูลด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยบันทึกค่าใช้จ่ายของแต่ละตำรับการทดลอง

2.4 วิเคราะห์ข้อมูลแปลงข้าว ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ความสูง องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.5 เขียนรายงานผลการวิจัย

2.5.1 รายงานความก้าวหน้ารายเดือน และรายงานความก้าวหน้าแบบ ต-1ขด

2.5.2 รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ (วจ.3) เมื่อสิ้นสุดโครงการ (เดือนมีนาคม 2560)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติบางประการของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

จากผลการวิเคราะห์วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ใช้ในการทดลองโดยเฉลี่ย 3 ปี พบว่า ถ่านแกลบมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีค่าเท่ากับ 11.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับถ่านซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 12.55 เปอร์เซ็นต์ แต่น้อยกว่ามูลวัวที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุดเท่ากับ 30.99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) โดยถ่านแกลบมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 14.67 ถ่านซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 16.00 และมูลวัวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 19.33 สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของถ่านแกลบมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.82 เดซิซีเมนต่อเมตร ถ่านซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 2.89 เดซิซีเมนต่อเมตร และมูลวัวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.14 เดซิซีเมนต่อเมตร (ตารางที่ 1)

ปริมาณไนโตรเจนในถ่านซังข้าวโพดมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับถ่านแกลบที่มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.78 เปอร์เซ็นต์ แต่น้อยกว่ามูลวัวที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุดเท่ากับ 1.58 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในถ่านซังข้าวโพดมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ ถ่านแกลบมีค่าเท่ากับ 0.78 เปอร์เซ็นต์ และมูลวัวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.99 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเดียวกันถ่านซังข้าวโพดมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์และค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าถ่านแกลบและมูลวัว กล่าวคือ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในถ่านซังข้าวโพดมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.45 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือมูลวัวมีค่าเท่ากับ 2.40 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดคือถ่านแกลบมีค่าเท่ากับ 0.55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถ่านซังข้าวโพดมีค่าสูงสุดเท่ากับ 9.38 รองลงมาคือมูลวัวมีค่าเท่ากับ 8.34 และต่ำสุดคือถ่านแกลบมีค่าเท่ากับ 6.72 (ตารางที่ 1)

ปุ๋ยคอก (มูลวัว) มีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ตามระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ.2553 ทุกรายการ ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุอาหารหลัก ค่าการนำไฟฟ้า และ C/N ratio สำหรับถ่านแกลบพบว่า มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวข้างต้น ทุกรายการ ยกเว้น ปริมาณไนโตรเจนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ (ต่ำกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก) แต่ผลรวมของปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันเกินกว่าร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก ส่วนถ่านซังข้าวโพดก็มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ทุกรายการ ยกเว้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างซึ่งมีค่าเกิน 8.5 (ตารางภาคผนวก ง ที่ 1)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	OC (%)	OM (%)	C/N ratio	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	pH	EC (dS/m)
ถ่านแกลบปีที่ 1	13.65	23.54	14	0.95	0.84	0.67	6.19	1.09
ถ่านแกลบปีที่ 2	11.39	19.64	14	0.79	0.51	0.55	7.16	0.96
ถ่านแกลบปีที่ 3	9.91	17.08	16	0.61	0.99	0.43	6.81	0.42
ค่าเฉลี่ย	**11.65**	**20.09**	**14.67**	**0.78**	**0.78**	**0.55**	**6.72**	**0.82**
ถ่านซังข้าวโพดปีที่ 1	13.58	23.42	17	0.78	0.75	2.98	9.66	3.70
ถ่านซังข้าวโพดปีที่ 2	13.24	22.83	17	0.76	0.42	2.61	9.65	3.43
ถ่านซังข้าวโพดปีที่ 3	10.83	18.67	14	0.78	0.80	1.77	8.84	1.53
ค่าเฉลี่ย	**12.55**	**21.64**	**16.00**	**0.77**	**0.66**	**2.45**	**9.38**	**2.89**
ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ปีที่ 1	31.35	54.05	20	1.54	0.81	2.30	8.78	5.91
ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ปีที่ 2	29.82	51.41	20	1.49	0.76	2.86	8.68	5.35
ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ปีที่ 3	31.81	54.83	18	1.72	1.39	2.03	7.57	4.15
ค่าเฉลี่ย	**30.99**	**53.43**	**19.33**	**1.58**	**0.99**	**2.40**	**8.34**	**5.14**

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2559)

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

2.1 สมบัติของดินก่อนการทดลอง

จากการวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลอง พบว่า ดินมีความเป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 4.60 ปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าเท่ากับ 2.92 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเท่ากับ 2.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 20.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำ และมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินก่อนดำเนินการ

สมบัติของดิน	ผลการวิเคราะห์	ระดับ
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	4.60	กรดจัด
ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	2.92	ปานกลาง
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	2.00	ต่ำมาก
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	20.00	ต่ำ
ลักษณะเนื้อดิน	ร่วนปนทราย	

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

2.2 สมบัติของดินหลังการทดลอง

2.2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ปีที่ 1 พบว่า การใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จึงทำให้แต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ (ปุ๋ยเคมี N-P_2O_5-K_2O อัตรา

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงสุดเท่ากับ 5.30 ส่วนการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำสุดเท่ากับ 4.43 (ตารางที่ 3)

ปีที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จึงทำให้แต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงสุดเท่ากับ 4.73 ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมี N-P_2O_5-K_2O อัตรา 21.4-4-0 กิโลกรัมต่อไร่) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำสุดเท่ากับ 4.83 (ตารางที่ 3)

ปีที่ 3 พบว่า การใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จึงทำให้แต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่มีการใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงสุดเท่ากับ 5.03 ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมี N-P_2O_5-K_2O อัตรา 21.4-4-0 กิโลกรัมต่อไร่) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำสุดเท่ากับ 4.67 (ตารางที่ 3)

การใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้แก่ ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งไม่มีการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แต่มีค่าใกล้เคียงกัน แม้ว่าถ่านซังข้าวโพดจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว)

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ในแต่ละตำรับการทดลองในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ใส่มีอัตราต่ำเกินไป จึงไม่สามารถที่จะยกระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ ซึ่งในรายงานของวิชุตา (2556) แนะนำให้ใช้ถ่านชีวภาพจากไม้เนื้ออ่อนบดรวมกับถ่านซังข้าวโพด อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนเกศศิรินทร์ และคณะ (2561) แนะนำให้ใช้ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส อัตรา 500-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับจาวภา และคณะ (2560) แนะนำให้ใช้ถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับมูลไก่อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พชรพล และสุขุมาภรณ์ (2561) รายงานว่า ใส่ถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้น ซึ่งแปรผันตามความเข้มข้น 2.5, 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่ผลการทดลองของเสาวคนธ์ (2557) พบว่าแม้ใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่ และแกลบ อัตรา 60 กรัมต่อกระถาง (1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก หรือ 3,120 กิโลกรัมต่อไร่) นอกจากนี้หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้นเล็กน้อยในปีที่ 2 ทั้งนี้อาจเกิดจากผลตกค้างของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากการปลูกข้าวในฤดูนาปรังซึ่งสามารถทำได้เพียงฤดูกาลเดียว (เฉพาะฤดูนาปรัง 57/58) และมีค่าลดลงในปีที่ 3 ทุกตำรับการทดลองยกเว้น การใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น ๆ รวมทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยการใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าสูงสุด คือ 4.99 มากกว่าการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และการใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 3)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 3 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	4.53	4.83	4.67	4.78 ab
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	4.63	4.97	4.87	4.82 ab
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	4.43	4.90	4.80	4.71 b
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	4.47	4.93	4.90	4.78 ab
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	4.53	4.97	4.70	4.73 b
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	4.50	4.90	4.83	4.76 b
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	4.53	4.90	5.03	4.82 ab
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	4.63	4.90	4.93	4.82 ab
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	4.73	5.30	4.93	4.99 a
F-test	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	2.94	3.25	2.77	3.00

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 21.4-4-0 กิโลกรัมต่อไร่)

T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่)

T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่

T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่

T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่

T6 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่

T7 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ + ปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่

T8 = ใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่

T9 = ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่+ ปุ๋ยเคมี $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 12-8-6 กิโลกรัมต่อไร่

2.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ปีที่ 1 พบว่า การใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่มีการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงสุดเท่ากับ 3.49 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำสุดเท่ากับ 2.32 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปีที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่มีการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงสุดเท่ากับ 3.68 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใส่มูลวัวอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำสุดเท่ากับ 2.96 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

ปีที่ 3 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำสุดเท่ากับ 2.26 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100, 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 และ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร การใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 4) จะเห็นได้ว่าปริมาณอินทรียวัตถุไม่ได้แปรผันตามอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้งนี้อาจเกิดจากการใส่ในอัตราต่ำเกินไปจึงเห็นผลไม่ชัดเจน ในขณะที่เกศศิรินทร์ และคณะ (2561) รายงานว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ถ่านชีวภาพ (อัตรา 500, 1,000 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่) เช่นเดียวกับปรเมศ และคณะ (2558) ได้ให้ข้อมูลว่า การใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินดีขึ้น และเสาวคนธ์ (2557) พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่ และแกลบ อัตรา 60 กรัมต่อกระถาง (1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก หรือ 3,120 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่มูลวัว ซึ่งแม้ว่าจะมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าถ่านแกลบ และถ่านซังข้าวโพด แต่เนื่องจากปุ๋ยคอก (มูลวัว) มีอัตราการย่อยสลายเร็วกว่าถ่านซังข้าวโพดและถ่านแกลบ ซึ่งถ่านชีวภาพจะมีสารพวกอะโรมาติกซึ่งคงทนต่อการย่อยสลายมากกว่าอินทรียสารที่ไม่ได้ผ่านการเผาไหม้ (อิสริยาภรณ์, 2552) จึงทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังเก็บเกี่ยวต่ำกว่าแต่อย่างไรก็ตามมีค่าไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรียวัตถุในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.33 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลองทำให้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) โดยมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลง ไม่แปรผันตามอัตราการใส่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของศิริลักษณ์ และอรสา (2556) ที่พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพ (จากฟางข้าว แกลบ และกิ่งไม้) ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตราส่วน 75:25 (คิดเป็น อัตรา 800 และ 2,400 กิโลกรัมต่อไร่) ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุในดินที่ชัดเจน โดยอ้างถึง Fontaine (2004) ที่ระบุว่า การใช้ถ่านชีวภาพเพื่อการปรับปรุงดินสำหรับการเกษตรและการสะสมคาร์บอนในดินนั้นต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 5 ปีขึ้นไป จึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านอินทรียวัตถุ การเจริญเติบโตของพืช และการเพิ่มผลผลิตของพืชได้ชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากรายงานของวิชุตา (2556) รายงานว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากไม้เนื้ออ่อน อัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 800

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ดารารัตน์ และคณะ (2561) ให้ข้อมูลว่าการใส่ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากแกลบในแปลงผักอัตรา 1,000, 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น โดยสัมพันธ์กับปริมาณถ่านชีวภาพที่ใส่ในแต่ละอัตรา นอกจากนี้หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงขึ้นเล็กน้อยในปีที่ 2 ทั้งนี้อาจเกิดจากผลตกค้างของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากการปลูกข้าวในฤดูนาปรัง (ฤดูนาปรังปี 57/58) และลดลงในปีที่ 3 ทุกตำรับการทดลอง รวมทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินด้วย

ตารางที่ 4 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	2.99	3.15	2.67 ab	2.94 abc
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.63	3.06	2.26 b	2.65 c
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	3.49	3.45	3.06 a	3.33 a
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	3.08	3.68	3.07 a	3.28 ab
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.99	3.49	2.96 a	3.15 abc
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.90	3.48	3.29 a	3.22 abc
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.76	3.60	3.15 a	3.17 abc
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.32	3.30	2.68 ab	2.77 abc
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.37	2.96	2.70 ab	2.68 bc
F-test	ns	ns	*	**
C.V. (%)	14.70	12.91	11.06	12.99

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

2.2.3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยทุกตำรับการทดลองมีค่าเท่ากับ 1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง อาจเกิดจากนำไปใช้ของข้าว (ตารางที่ 5)

ปีที่ 2 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุดเท่ากัน คือ มีค่าเท่ากับ 2.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 และ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุดเท่ากัน คือ มีค่าเท่ากับ 1.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 5)

ปีที่ 3 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ประโยชน์ในดินสูงสุดเท่ากับ 1.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากัน คือ มีค่าเท่ากับ 1.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนตำรับการทดลองอื่นๆ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากับ 1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 5)

การใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้แก่ ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และมูลวัว ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่มีในวัสดุ แต่อย่างไรก็ตามมีค่าไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

ตารางที่ 5 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	1.00	2.33	1.00	1.44
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1.00	2.67	1.33	1.67
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1.00	2.67	1.00	1.56
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1.00	2.33	1.00	1.44
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1.00	2.00	1.00	1.33
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1.00	1.33	1.00	1.11
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1.00	1.33	1.00	1.11
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1.00	2.00	1.33	1.44
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1.00	2.00	1.67	1.56
F-test	-	ns	ns	ns
C.V. (%)	-	33.33	30.22	31.38

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ไม่พบความแตกต่างของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินระหว่างตำรับการทดลอง แต่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลอง จึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยปีที่ 2 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่า ปีที่ 1 และปีที่ 3 ดังนี้ การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร ปีที่ 1 และ ปีที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปีที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 3 ปี สำหรับการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 100 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในปีที่ 1 และ ปีที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปีที่ 2 ส่วนการใส่ถ่านแกลบ อัตรา 100 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 ปี เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 6) แต่จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินในปีที่ 2 มีค่าสูงกว่าปีที่ 1 และ 3 ทั้งนี้ซึ่งอาจเกิดจากผลตกค้างจากการทำนาปรังในฤดูนาปรังปี 57/58 และดูดใช้ฟอสฟอรัสของ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ข้าวเพื่อสร้างผลผลิตน้อย จึงทำให้ผลผลิตต่ำ จึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสเหลือตกค้างในดินสูงกว่า ปีที่ 1 และ 3 แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสที่ได้รับจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในอัตราต่ำและปุ๋ยเคมี ไม่เพียงพอต่อการนำใช้ของข้าว ซึ่งได้รับน้อยกว่าความต้องการของข้าว ทำให้ข้าวดูดใช้ได้หมดในแต่ละปี (ตารางภาคผนวก ค ที่ 1 และ 3) นอกจากนี้หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงขึ้นเล็กน้อยในปีที่ 2 และลดลงในปีที่ 3 ทุกตำรับการทดลอง รวมทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินด้วย ซึ่งให้ผลไม่ตรงตามทฤษฎี

ตารางที่ 6 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว 3 ปี

ปี	ตำรับการทดลอง								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	1.00 b	1.00 c	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.33 a	2.67 a	2.67 a	2.33 a	2.00 a	1.33	1.33	1.67	1.67
3	1.00 b	1.33 b	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00	1.00	1.33	1.67

F-test	Treatment	ns
	Year x Treatment	*
C.V. (%)	31.38	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

2.2.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่มูลวัวอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุดเท่ากับ 34.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุดเท่ากัน คือ มีค่าเท่ากับ 29.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 7)

ปีที่ 2 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัม ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุดเท่ากับ 28.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 100, 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ถ่านแกลบ อัตรา 100, 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทั้งนี้เพราะปุ๋ยคอก (มูลวัว) มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างสูง และคุณลักษณะของปุ๋ยอินทรีย์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

จะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างช้า ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืช รองลงมาพบว่า การใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากับ 26.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ซังข้าวโพดอัตรา 100, 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 และ 300 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 และ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากัน คือ เท่ากับ 24.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุดเท่ากับ 18.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100, 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 7) ทั้งนี้ทุกตำรับการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ยกเว้น การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ สามารถเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานบวร (2559) ว่า ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นโดยจะแปรผันตามปริมาณถ่านชีวภาพอัตรา 1.0 1.5 และ 2.0 ตันต่อไร่ ส่วนปรเมศ และคณะ (2558) ให้ข้อมูลว่า การใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น รวมถึงวิชุตา (2556) รายงานว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากไม้เนื้ออ่อน อัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น ส่งผลถึงการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตข้าวพันธุ์นาสาร พันธุ์เหลือง และข้าวผสม (นาสารผสมเหลือง) ที่ปลูกในดินเหนียวปนทรายเช่นเดียวกับดารารัตน์ และคณะ (2561) ให้ข้อมูลว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณถ่านชีวภาพที่เพิ่มสูงขึ้น

ปีที่ 3 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุดเท่ากัน คือ มีเท่ากับ 20.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุดเท่ากับ 14.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 7) แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของจาวภา และคณะ (2560) ว่า โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงเมื่อการใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัสร่วมกับใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ในการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และปทุมธานี 1

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่มูลวัวทำให้ในดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบ ซึ่งไม่สัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่มีในวัสดุ ที่พบว่าในถ่านซังข้าวโพดมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุด รองลงมาคือปุ๋ยคอก (มูลวัว) และต่ำสุดคือถ่านแกลบ แต่ด้วยคุณลักษณะของปุ๋ยอินทรีย์จะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างช้า ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืช จึงทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าวัสดุอื่น ๆ แต่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

อย่างไรก็ตามพบว่า การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีปริมาณสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้เพราะใช้ในอัตราต่ำกว่าคำแนะนำอื่น ๆ

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 27.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลอง โดยการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในมูลวัว มีค่าต่ำกว่าถ่านซังข้าวโพด ซึ่งไม่เป็นตามทฤษฎี ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 21.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 7) แต่อย่างไรก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าเพิ่มขึ้นสูงมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของบวร (2559) ที่ระบุว่า การใส่ถ่านชีวภาพทำให้ดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงขึ้น เช่นเดียวกับดารารัตน์และคณะ (2561) ให้ข้อมูลว่า ปริมาณโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณถ่านชีวภาพที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่า โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำลงทุกปีและทุกตำรับการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ได้รับจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในอัตราต่ำและปุ๋ยเคมี ไม่เพียงพอต่อการนำใช้ของข้าว ซึ่งได้รับน้อยกว่าความต้องการของข้าว ทำให้ข้าวดูดใช้ได้หมดในแต่ละปี (ตารางภาคผนวก ค ที่ 1 และ 4)

ตารางที่ 7 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	29.33	18.67 c	16.00	21.33 b
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	29.33	21.33 cd	16.00	22.22 b
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	33.33	22.67 bcd	17.00	24.44 ab
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	30.67	22.67 bcd	20.00	24.44 ab
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	30.67	22.67 bcd	20.00	24.44 ab
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	30.67	24.00 abc	17.33	24.00 ab
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	32.00	24.00 abc	14.67	23.56 b
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	32.00	26.67 ab	16.00	24.89 ab
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	34.67	28.00 a	20.00	27.56 a
F-test	ns	**	ns	**
C.V. (%)	8.31	9.59	15.65	10.53

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

3. การตอบสนองผลผลิตข้าวต่อการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

3.1 องค์ประกอบผลผลิตข้าว

3.1.1 จำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีผลต่อจำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินมีจำนวนต้นสูงสุดเท่ากับ 386.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 500 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน รองลงมา การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนต้นเท่ากับ 373.33 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยตามคำแนะนำ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน การใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 300 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่มูลวัวอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนต้นเท่ากับ 353.00 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งมีจำนวนต้นต่ำสุด เท่ากับ 256.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร การใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 300 500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 8) จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่า จำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร การใส่ปุ๋ยเคมีทั้งวิธีการของเกษตรกรและตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลไม่ต่างกัน รวมถึงการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่แปรผันตามอัตรา ซึ่งใส่ในอัตราต่ำ สอดคล้องกับรายงานของวิชุตา (2556) ที่รายงานว่า จำนวนต้นต่อพื้นที่และการแตกกอของข้าวพันธุ์นาสาร และพันธุ์เหลืองมีค่าสูงสุดเมื่อใส่ถ่านชีวภาพจากไม้เนื้ออ่อน อัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่

ปีที่ 2 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อจำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนต้นสูงสุดเท่ากับ 463.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร มีจำนวนต้นต่ำสุดเท่ากับ 296.00 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ตารางที่ 8)

ปีที่ 3 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อจำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนต้นสูงสุดเท่ากับ 381.00 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนต้นต่ำสุดเท่ากับ 233.67 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ตารางที่ 8)

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่ถ่านแกลบทำให้จำนวนต้นต่อพื้นที่ 1

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางเมตร สูงกว่าการใส่ถ่านซังข้าวโพด และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ซึ่งหมายถึงมีการแตกกอที่ดีกว่า แต่ไม่สัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่มีในวัสดุ และปริมาณที่ใส่แต่ละปี (ตารางภาคผนวก ค ที่ 4) และไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลอง จึงทำให้จำนวนต้นข้าวในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนต้นสูงสุดเท่ากับ 408.50 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร มีจำนวนต้นต่ำสุดเท่ากับ 276.34 ต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะเห็นได้ว่าการใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และ ปุ๋ยคอก (มูลวัว) มีส่วนทำให้ข้าวแตกกอได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว เพราะได้รับฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น แต่ไม่แปรผันตามอัตราที่ใส่ ซึ่งสอดคล้องกับจาวภา และคณะ (2560) ที่พบว่าการใช้ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวในระยะแรก ที่อายุ 30 และ 45 วันหลังหว่านข้าว โดยข้าวมีจำนวนหน่อต่อต้น สูงกว่าวิธีการที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพ แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะต่อมา นอกจากนี้หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่า ทุกตำรับการทดลอง ยกเว้น การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร เพิ่มขึ้นใน ปีที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณอินทรียวัตถุและฟอสฟอรัสในดินสูงกว่า ปีที่ 1 และ ปีที่ 3 ซึ่งมีผลต่อการแตกกอของข้าว (อภิพรรณ, 2541) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในอัตราต่าง ๆ รวมถึงการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

ตารางที่ 8 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ต้น)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	277.67 cd	296.00	256.67	276.34
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	353.00 abc	353.67	233.67	293.67
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	373.33 ab	354.33	271.67	313.00
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	386.67 a	463.67	271.67	367.67
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	256.67 d	443.67	316.00	379.84
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	286.33 bcd	397.00	278.00	337.50
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	308.33 abcd	436.00	381.00	408.50
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	278.33 cd	342.33	351.33	346.83
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	294.00 bcd	375.33	260.00	317.67
F-test	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	15.11	22.86	28.23	22.65

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

3.1.2 จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีผลต่อจำนวนรวงข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนรวงสูงสุดเท่ากับ 386.67 รวงต่อ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

พื้นที่ 1 ตารางเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง ยกเว้นการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งทั้งสองตำรับการทดลองดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น ๆ การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งมีจำนวนรวงต่ำสุดเท่ากับ 248.33 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ กับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 และ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น ๆ (ตารางที่ 9)

ปีที่ 2 การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อจำนวนรวงข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนรวงสูงสุดเท่ากับ 392.67 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร มีจำนวนรวงต่ำสุดเท่ากับ 228.00 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ตารางที่ 9)

ปีที่ 3 การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อจำนวนรวงข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนรวงสูงสุดเท่ากับ 325.00 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนรวงต่ำสุดเท่ากับ 215.33 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ตารางที่ 9)

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า ทำให้จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร สูงกว่าจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบให้ผลใกล้เคียงกัน และสูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ซึ่งไม่สัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในวัสดุ และปริมาณที่ใส่แต่ละปี (ตารางภาคผนวก ค ที่ 3)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลอง จึงทำให้จำนวนรวงข้าวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนรวงสูงสุดเท่ากับ 323.50 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนรวงต่ำสุดเท่ากับ 226.17 รวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะเห็นได้ว่าการใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีส่วนทำให้มีจำนวนรวงสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว นอกจากนี้หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่า ทุกตำรับการทดลอง ยกเว้น การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ลดลงใน ปีที่ 2 ส่วนในปีที่ 3 ทุกตำรับการทดลอง ยกเว้น การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร มีจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และมีความสัมพันธ์กับจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 9 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (รวง)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	271.67 bc	228.00	246.67	237.34
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	348.33 ab	237.00	215.33	226.17
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	361.00 ab	286.33	284.33	285.33
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	386.67 a	392.67	254.33	323.50
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	248.33 c	343.67	295.67	319.67
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	283.33 bc	351.33	253.33	302.33
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	298.00 bc	356.67	285.67	321.17
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	270.33 bc	313.00	325.00	319.00
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	294.00 bc	284.33	231.00	257.67
F-test	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	15.44	25.60	18.82	20.63

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

3.1.3 ความสูงข้าว

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อความสูงข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ความสูงข้าวสูงสุดเท่ากับ 91.00 เซนติเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ความสูงข้าวต่ำสุดเท่ากับ 83.23 เซนติเมตร (ตารางที่ 10)

ปีที่ 2 พบว่า การใส่และไม่ใส่การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อความสูงข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ให้ความสูงข้าวสูงสุดเท่ากับ 100.93 เซนติเมตร ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ความสูงข้าวต่ำสุดเท่ากับ 91.47 เซนติเมตร (ตารางที่ 10)

ปีที่ 3 การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อความสูงข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ความสูงข้าวสูงสุดเท่ากับ 84.37 เซนติเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ความสูงข้าวต่ำสุดเท่ากับ 79.60 เซนติเมตร (ตารางที่ 10)

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า ความสูงข้าวมีค่าใกล้เคียงกัน รวมทั้งไม่มีความแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทั้งนี้อาจเกิดจากลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 (กรมการข้าว, 2559) ที่ปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่าง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลอง จึงทำให้ความสูงข้าวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ความสูงข้าวสูงสุดเท่ากับ 89.07 เซนติเมตร ส่วนการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ความสูงข้าวต่ำสุดเท่ากับ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

85.37 เซนติเมตร (ตารางที่ 10) ในภาพรวมข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ที่ปลูกในชุดดินเรญ จังหวัดอุตรดิตถ์ มีความสูงเฉลี่ย 85.37-89.07 เซนติเมตร ซึ่งมีลักษณะเตี้ยกว่าการปลูกในเขตภาคเหนือตอนบนที่มีความสูงประมาณ 110 เซนติเมตร (กรมการข้าว, 2559) ทั้งนี้อาจเกิดจากสภาพแวดล้อมและการจัดการดูแลที่แตกต่างกัน นอกจากนี้หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่า ความสูงข้าวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยใน ปีที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่า ปีที่ 1 และ ปีที่ 3 ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว (อภิพรรณ, 2541) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในอัตราต่าง ๆ รวมถึงการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

ตารางที่ 10 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อความสูงข้าว (เซนติเมตร)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	84.20	100.93	81.73	88.95
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	86.57	95.43	79.60	87.20
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	83.90	91.77	80.43	85.37
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	83.73	96.67	84.37	88.26
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	87.60	94.20	81.83	87.88
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	87.73	91.47	80.63	86.61
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	89.27	93.03	83.53	88.61
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	91.00	96.03	80.17	89.07
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	83.23	94.80	81.00	86.34
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.01	5.00	3.37	4.61

3.1.4 จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 122.13 เมล็ด ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 94.50 เมล็ด (ตารางที่ 11)

ปีที่ 2 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 149.23 เมล็ด ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 122.07 เมล็ด (ตารางที่ 11)

ปีที่ 3 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 173.80 เมล็ด ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 138.63 เมล็ด (ตารางที่ 11)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า จำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีค่าใกล้เคียงกัน รวมทั้งไม่มีความแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีค่าต่ำสุด

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลอง จึงทำให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 142.28 เมล็ด ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 124.55 เมล็ด (ตารางที่ 11) ในภาพรวมข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ที่ปลูกในชุดดินเรณู จังหวัดอุตรดิตถ์ มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ย 124.55-142.28 เมล็ด ซึ่งมีจำนวนมากกว่าการปลูกในเขตภาคเหนือตอนบนที่มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงประมาณ 113 เมล็ด (กรมการข้าว, 2559) ทั้งนี้อาจเกิดจากสภาพแวดล้อมและการจัดการดูแลที่แตกต่างกัน นอกจากนี้หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่า จำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีค่าเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง และทุกปี โดยปีที่ 3 จำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีค่าสูงกว่าปีที่ 1 และปีที่ 2 ซึ่งไม่สัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับในแต่ละปี (ตารางภาคผนวก ค ที่ 2, 3 และ 4)

ตารางที่ 11 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (เมล็ด)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	94.50	139.80	155.07	129.79
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	95.20	141.20	165.67	134.02
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	102.63	149.23	166.30	139.39
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	109.90	143.80	166.30	140.00
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	114.47	142.70	169.67	142.28
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	118.18	122.07	157.27	132.51
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	122.13	131.37	144.47	132.65
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	107.33	127.70	138.63	124.55
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	108.97	132.50	173.80	138.42
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.38	10.61	8.93	10.96

3.1.5 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 22.16 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 10.47 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

ปีที่ 2 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 26.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงต่ำสุดเท่ากับ 15.57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

ปีที่ 3 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงสูงสุดเท่ากับ 7.36 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง ยกเว้นการใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงเท่ากับ 5.73 และ 5.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยตำรับการทดลองทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น ๆ (ตารางที่ 12)

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงสูงกว่าการใส่ถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบ รวมทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งไม่สัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับในแต่ละปี (ตารางภาคผนวก ค ที่ 2, 3 และ 4)

ตารางที่ 12 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง (เปอร์เซ็นต์)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	22.16	16.80	5.43 a	14.80
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	15.60	18.37	4.58 a	12.85
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	10.47	17.97	7.36 b	11.93
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	11.40	21.43	5.73 ab	12.85
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	16.81	15.57	5.45 a	12.61
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	17.71	16.53	4.43 a	12.89
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	11.22	16.70	5.23 a	11.05
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	19.09	18.20	5.03 a	14.11
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	15.98	26.33	5.85 ab	16.05
F-test	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	34.96	13.03	16.81	29.55

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงระหว่างตำรับการทดลอง แต่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลองจึงทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ดังนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร ปีที่ 1 และ ปีที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปีที่ 3 เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ไร่ การใส่ถ่านแกลบ อัตรา 100 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 100 และ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในปีที่ 1 และ ปีที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปีที่ 2 ส่วนการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีความแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 3 ปี (ตารางที่ 13) นอกจากนี้หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ถ่านแกลบ อัตรา 100 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงลดลงอย่างต่อเนื่องทุกปี ส่วนตำรับการทดลองอื่นมีค่าเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง ในปีที่ 2 และลดลดปีที่ 3 ซึ่งไม่สัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับในแต่ละปี (ตารางภาคผนวก ค ที่ 2, 3 และ 4)

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง 3 ปี

ปี	ตำรับการทดลอง								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	22.16 a	15.60 a	10.47 b	11.40 b	16.81 a	17.71 a	11.22 ab	19.09 a	15.98 b
2	16.80 a	18.37 a	17.97 a	21.43 a	15.57 a	16.53 a	16.70 a	18.20 a	26.33 a
3	5.43 b	4.58 b	7.36 b	5.73 b	5.45 b	4.43 b	5.23 b	5.03 b	5.85 c

F-test Treatment ns

Year x Treatment *

C.V. (%) 29.55

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

3.1.6 น้ำหนัก 100 เมล็ด

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวสูงสุดเท่ากับ 2.47 กรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวต่ำสุดเท่ากับ 2.27 กรัม (ตารางที่ 14)

ปีที่ 2 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวสูงสุดเท่ากับ 2.57 กรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวต่ำสุดเท่ากับ 2.34 กรัม (ตารางที่ 14)

ปีที่ 3 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวสูงสุดเท่ากับ 2.55 กรัม ส่วนการใส่ถ่านแกลบ อัตรา 100

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวต่ำสุดเท่ากับ 2.30 กรัม (ตารางที่ 14)

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลองจึงทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวสูงสุดเท่ากับ 2.45 กรัม ส่วนการใส่ถ่านแกลบ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวต่ำสุดเท่ากับ 2.33 กรัม ในภาพรวมข้าวเหนียวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ที่ปลูกในชุดดินเรณู จังหวัดอุตรดิตถ์ มีน้ำหนัก 100 เมล็ด เฉลี่ย 2.33-2.45 กรัม (ตารางที่ 14) หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 ก็ไม่พบความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์

ตารางที่ 14 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อน้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	2.47	2.34	2.55	2.45
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.27	2.47	2.36	2.37
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.40	2.40	2.33	2.38
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.40	2.47	2.32	2.40
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.40	2.57	2.33	2.43
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.33	2.36	2.30	2.33
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.43	2.38	2.34	2.38
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.33	2.47	2.37	2.39
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.43	2.46	2.43	2.44
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	4.86	4.93	4.72	4.84

3.1.7 น้ำหนักฟาง

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อน้ำหนักฟาง จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนักฟางมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,509.33 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนักฟางมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1,162.67 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 15)

ปีที่ 2 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อน้ำหนักฟาง จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนักฟางมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,581.33 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนักฟางมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1,360.00 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 15)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปีที่ 3 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อน้ำหนักฟาง จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนักฟางมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,349.33 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ทำให้น้ำหนักฟางมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 890.67 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 15)

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่ถ่านซังข้าวโพดให้น้ำหนักฟางมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ตามลำดับ และมีค่าไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งไม่สัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับในแต่ละปี (ตารางภาคผนวก ค ที่ 2, 3 และ 4)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีกับตำรับการทดลองจึงทำให้น้ำหนักฟางไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้น้ำหนักฟางมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,464.00 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ทำให้น้ำหนักฟางมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1,231.00 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสอดคล้องจากรายงานของกรมการข้าว (2559) ให้ข้อมูลว่า การทำนาในแต่ละครั้งจะมีตอซังหรือฟางข้าวเหลือไว้ในนาประมาณ 900-1,300 กิโลกรัมต่อไร่ หากพิจารณาตามระยะเวลาที่ใส่ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง ปีที่ 3 พบว่า น้ำหนักฟางเพิ่มขึ้นเล็กน้อยใน ปีที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่า ปีที่ 1 และ ปีที่ 3 ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว (อภิพรรณ, 2541) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในอัตราต่าง ๆ รวมถึงการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

ตารางที่ 15 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อน้ำหนักฟาง (กิโลกรัมต่อไร่)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
T1= ใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	1,221.33	1,581.00	890.67	1,231.00
T2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1,237.33	1,461.33	1,093.33	1,264.00
T3 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1,162.67	1,360.00	1,312.00	1,278.22
T4 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1,509.33	1,581.33	1,301.33	1,464.00
T5 = ใส่ถ่านซังข้าวโพด 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1,280.00	1,461.33	1,200.00	1,313.78
T6 = ใส่ถ่านแกลบ 100 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1,440.00	1,386.67	1,056.00	1,294.22
T7 = ใส่ถ่านแกลบ 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1,338.67	1,482.67	1,322.67	1,381.34
T8 = ใส่ถ่านแกลบ 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1,397.33	1,445.33	1,349.33	1,397.33
T9 = ใส่มูลวัว 300 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	1,221.33	1,429.33	1,125.33	1,272.00
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	11.97	18.24	15.17	15.67

3.2 ผลผลิตข้าว

ปีที่ 1 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อผลผลิตข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1,160.76 กิโลกรัมต่อไร่ หากพิจารณาจาก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผลต่างของผลผลิตข้าวเมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เท่ากับ 114.43 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 8.73 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16)

ปีที่ 2 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลมีต่อผลผลิตข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 844.15 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 700.14 กิโลกรัมต่อไร่ หากพิจารณาจากผลต่างของผลผลิตข้าวเมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เท่ากับ 144.01 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 20.57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16)

ปีที่ 3 พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อผลผลิตข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านแกลบ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1,251.83 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ถ่านแกลบ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 1,029.28 กิโลกรัมต่อไร่ หากพิจารณาจากผลต่างของผลผลิตข้าวเมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่ถ่านแกลบ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เท่ากับ 205.86 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 19.68 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16)

การใส่ถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก (มูลวัว) ในอัตราเท่ากัน คือ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การใส่ถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี ใกล้เคียงกัน คือ 1,027.73 และ 1,038.81 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะปุ๋ยคอก (มูลวัว) ให้ผลผลิต 981.73 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ทั้ง 3 ตำรับการทดลองจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 16)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี พบว่า การใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่มีผลต่อผลผลิตข้าว จึงทำให้ในแต่ละตำรับการทดลองและในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่ถ่านแกลบ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1,038.81 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 930.81 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 16) ซึ่งสอดคล้องกับเสาวคนธ์ (2561) ที่พบว่าการใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่อย่างเดียว ให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับวิธีการของเกษตร (424 และ 425 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) รวมถึงพัชรี และคณะ (2558) ที่รายงานว่าการใช้ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส และฟางข้าว อัตราเดียวกัน คือ 1.0 2.0 3.0 และ 4.0 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี ทำให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (767 807 895 786 855 729 960 และ 786 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) และไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับควบคุมและตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (768 และ 791 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) แต่พบว่าการใช้ถ่านชีวภาพปรับปรุงดินนั้นเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในประเด็นของลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100, 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ผลผลิตข้าวแปรผันตามอัตราการใส่ถ่านซังข้าวโพด (974.12 1,027.73 และ 1,033.84 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งสอดคล้องกับบวร (2559) ที่พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 0, 1.0, 1.5 และ 2.0 ตันต่อไร่ ร่วมกับ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ได้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเท่ากับ 284, 325, 360 และ 404 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 100, 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ผลผลิตข้าวไม่เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ถ่านแกลบ กล่าวคือ ผลผลิตข้าวสูงสุดเมื่อใส่ถ่านแกลบ 300 กิโลกรัมต่อไร่ (1,038.81 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนการใส่ถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตข้าวลดลงเท่ากับ 1,004.90 กิโลกรัมต่อไร่ จากข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับ Fontaine (2004) ที่ระบุว่าการใช้ถ่านชีวภาพเพื่อการปรับปรุงดินสำหรับการเกษตรและการสะสมคาร์บอนในดินนั้น ต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 5 ปีขึ้นไป จึงจะสามารถระบุการเพิ่มผลผลิตของพืชได้อย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลผลิตจะไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่การใส่ถ่านซังข้าวโพดและถ่านแกลบอัตรา 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิต 1,027.73-1,033.84 กิโลกรัมต่อไร่ และ 1,004.90-1,038 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในภาพรวมข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ที่ปลูกในชุดดินเรณู จังหวัดอุตรดิตถ์ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 930.81-1,038.81 ซึ่งสูงกว่าการปลูกในเขตภาคเหนือตอนบนที่ให้ผลผลิตประมาณ 865 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมการข้าว, 2559) ทั้งนี้อาจเกิดจากสภาพแวดล้อม และการบริหารจัดการที่แตกต่างกัน ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรให้ผลผลิตใกล้เคียงกับผลผลิตจากภาคเหนือตอนบน คือ ผลผลิตเฉลี่ย 979.80 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 16 ผลของอัตราการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)

ตำรับทดลอง	ปีที่ 1		ปีที่ 2		ปีที่ 3		ค่าเฉลี่ย
	จำนวน	% เพิ่มหรือลด	จำนวน	% เพิ่มหรือลด	จำนวน	% เพิ่มหรือลด	
T1	1,089.49	104.12	707.14	101.00	1,142.78	109.26	979.80
T2	1,046.33	100.00	700.14	100.00	1,045.97	100.00	930.81
T3	1,117.58	106.81	712.06	101.70	1,092.71	104.47	974.12
T4	1,137.71	108.73	799.37	114.17	1,146.12	109.57	1,027.73
T5	1,160.76	110.94	844.15	120.57	1,096.60	104.84	1,033.84
T6	1,049.09	100.26	780.34	111.45	1,029.28	98.40	952.9
T7	1,075.79	102.82	788.81	112.66	1,251.83	119.68	1,038.81
T8	1,125.26	107.54	781.17	111.57	1,108.28	105.96	1,004.90
T9	1,133.36	108.32	694.65	99.22	1,117.19	106.81	981.73
F-test	ns	-	ns		ns	-	ns
C.V. (%)	8.57	-	9.62		9.96	-	9.49

4. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ปีที่ 1 พบว่า การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1,160.76 กิโลกรัมต่อไร่ จึงทำให้มูลค่าผลผลิตสูงกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ แต่หากพิจารณาจากผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนสูงสุดเท่ากับ 7,857.63 บาทต่อไร่ ในด้านต้นทุนผันแปร การใส่ถ่านซังข้าวโพดและถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้มีต้นทุนผันแปรสูงสุดเท่ากัน คือ 4,051.12 บาทต่อไร่ ส่วนด้านผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio) พบว่า ทุก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตำรับการทดลองมีความคุ้มทุน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกรมีค่า B/C ratio สูงที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 2.64 (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 1

ตำรับ การทดลอง	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	B/C ratio
T1	1,089.49	10,829.53	2,974.49	7,855.04	2.64
T2	1,046.33	10,400.52	3,051.12	7,349.40	2.41
T3	1,117.58	11,108.75	3,251.12	7,857.63	2.42
T4	1,137.71	11,308.84	3,651.12	7,657.72	2.10
T5	1,160.76	11,537.95	4,051.12	7,486.83	1.85
T6	1,049.09	10,427.95	3,251.12	7,176.83	2.21
T7	1,075.79	10,693.35	3,651.12	7,042.23	1.93
T8	1,125.26	11,185.08	4,051.12	7,133.96	1.76
T9	1,133.36	11,265.60	3,551.12	7,714.48	2.17

ปีที่ 2 พบว่า การใส่ถ่านซังข้าวโพดอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 844.15 กิโลกรัมต่อไร่ จึงทำให้มูลค่าผลผลิตสูงกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ แต่หากพิจารณาจากผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร การใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนสูงสุดเท่ากับ 5,759.66 บาทต่อไร่ ในด้านต้นทุนผันแปร การใส่ถ่านซังข้าวโพดและถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้มีต้นทุนผันแปรสูงสุดเท่ากัน คือ 4,014.25 บาทต่อไร่ ส่วนด้านผลประโยชน์ต่อการลงทุน พบว่า ทุกตำรับการทดลองมีความคุ้มทุน โดยการใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่า B/C ratio สูงที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 1.79

ตารางที่ 18 ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 2

ตำรับ การทดลอง	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	B/C ratio
T1	707.14	8,132.11	2,942.67	5,189.44	1.76
T2	700.14	8,051.61	3,014.25	5,037.36	1.67
T3	712.06	8,188.69	3,214.25	4,974.44	1.55
T4	799.37	9,192.76	3,614.25	5,578.51	1.54
T5	844.15	9,707.73	4,014.25	5,693.48	1.42
T6	780.34	8,973.91	3,214.25	5,759.66	1.79
T7	788.81	9,071.32	3,614.25	5,457.07	1.51
T8	781.17	8,983.46	4,014.25	4,969.21	1.24
T9	694.65	7,988.48	3,514.25	4,474.23	1.27

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปีที่ 3 พบว่า การใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยตามคำแนะนำ ให้ผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 1,251.83 กิโลกรัมต่อไร่ จึงทำให้มูลค่าผลผลิตสูงกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ คือ มีค่าเท่ากับ 13,807.68 บาทต่อไร่ และมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงสุดเท่ากับ 10,255.77 บาทต่อไร่ ในด้านต้นทุนผันแปร การใส่ถ่านซังข้าวโพดและถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้มีต้นทุนผันแปรสูงสุดเท่ากัน คือ 3,951.91 บาทต่อไร่ ส่วนด้านผลประโยชน์ต่อการลงทุน พบว่า ทุกตำรับการทดลองมีความคุ้มทุน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร มีค่า B/C ratio สูงที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 3.43 (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปีที่ 3

ตำรับการทดลอง	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	B/C ratio
T1	1,142.78	12,604.86	2,847.54	9,757.32	3.43
T2	1,045.97	11,537.05	2,951.91	8,585.14	2.91
T3	1,092.71	12,052.59	3,151.91	8,900.68	2.82
T4	1,146.12	12,641.70	3,551.91	9,089.79	2.56
T5	1,096.60	12,095.50	3,951.91	8,143.59	2.06
T6	1,029.28	11,352.96	3,151.91	8,201.05	2.60
T7	1,251.83	13,807.68	3,551.91	10,255.77	2.89
T8	1,108.28	12,224.33	3,951.91	8,272.42	2.09
T9	1,117.19	12,322.61	3,451.91	8,870.70	2.57

จากการหาค่าเฉลี่ยรวม 3 ปี พบว่า การใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 1,038.81 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มูลค่าผลผลิตสูงกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ คือ มีค่าเท่ากับ 11,190.78 บาทต่อไร่ แต่หากพิจารณาจากผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร ให้ผลตอบแทนสูงสุดเท่ากับ 7,600.60 บาทต่อไร่ ในด้านต้นทุนผันแปร การใส่ถ่านซังข้าวโพดและถ่านแกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้มีต้นทุนผันแปรสูงสุดเท่ากัน คือ 4,005.76 บาทต่อไร่ ส่วนด้านผลประโยชน์ต่อการลงทุน พบว่า ทุกตำรับการทดลองมีความคุ้มทุน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร มีค่า B/C ratio สูงที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 2.61

การใส่ถ่านแกลบอัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็นวิธีการที่น่าสนใจ เพราะทำให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร เท่ากับ 59.01 กิโลกรัมต่อไร่ ถึงแม้ว่าจะให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกรเล็กน้อย เพียง 15.58 บาทต่อไร่ แต่พื้นที่นาได้รับการปรับปรุงดินด้วย อาจกล่าวได้ว่าเป็นการลงทุนเพื่ออนาคต แม้ว่าผลวิเคราะห์ดินจากการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่เป็นการลงทุนเพื่อสร้างความยั่งยืนของการใช้พื้นที่ นอกจากนี้เป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยผ่านกระบวนการเผาในระบบปิด ลดการเผาในพื้นที่โล่งแจ้ง ลดคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศในระยะยาวได้ โดยการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในรูปของถ่านชีวภาพ (อรสา, 2552) สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

กระจก (พัชรี และคณะ, 2558) รวมถึงเป็นการลดค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการแก้ปัญหาหมอกควันได้อีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 20 ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในนาข้าว ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเฉลี่ย 3 ปี

ตำรับการทดลอง	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	B/C ratio
T1	979.80	10,522.17	2,921.57	7,600.60	2.61
T2	930.81	9,996.39	3,005.76	6,990.63	2.33
T3	974.12	10,450.01	3,205.76	7,244.25	2.26
T4	1,027.73	11,047.77	3,605.76	7,442.01	2.07
T5	1,033.84	11,113.73	4,005.76	7,107.97	1.78
T6	952.90	10,251.61	3,205.76	7,045.85	2.20
T7	1,038.81	11,190.78	3,605.76	7,585.02	2.11
T8	1,004.90	10,797.62	4,005.76	6,791.86	1.70
T9	981.73	10,525.56	3,505.76	7,019.80	2.01

สรุป

1. การใส่ถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบ อัตรา 100 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ และมูลวัว 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินในชุดดินเรณู กลุ่มชุดดินที่ 17 จังหวัดอุตรดิตถ์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน จึงทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ รวมทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินด้วย

2. การใส่ถ่านซังข้าวโพด และถ่านแกลบ อัตรา 100 300 และ 500 กิโลกรัมต่อไร่ และมูลวัว 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ไม่มีผลต่อการการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตข้าว จึงทำให้องค์ประกอบผลผลิตข้าว ได้แก่ จำนวนต้นและจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ความสูง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตข้าวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใส่ถ่านแกลบ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,038.81 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

3. การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกร ให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงสุดเท่ากับ 7,600.60 บาทต่อไร่ และผลประโยชน์ต่อการลงทุนสูงที่สุด โดยมีค่า B/C ratio เท่ากับ 2.61

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยเกี่ยวกับถ่านชีวภาพควรเริ่มจากการทดลองในกระถางก่อน แล้วค่อยนำไปวิจัยในพื้นที่จริง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่ดีกว่าการทดลองในสภาพจริง

2. งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อปรับปรุงดิน ควรมีระยะเวลาการวิจัยที่ยาวนานขึ้น ซึ่งจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินที่ชัดเจนขึ้น

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การใส่ถ่านแกลบ หรือถ่านซังข้าวโพด และมูลวัว อาจทำให้ต้นทุนในการผลิตข้าวเพิ่มขึ้น แต่เกษตรกรมีความจำเป็นใส่ลงไปบ้าง ทั้งนี้เพื่อเก็บรักษาธาตุอาหารพืชไว้ใช้อย่างยั่งยืน จึงถือได้ว่าเป็นการลงทุนเพื่ออนาคตของลูกหลาน และเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า นอกจากนี้จากการสังเกตจะเห็นว่าไส้เดือนเข้ามาอาศัยตามคันนาเพิ่มขึ้นทุกปี ดังนั้น ควรมีการศึกษาเรื่องสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดินเพิ่มเติม

3. งานวิจัยนี้ใส่ถ่านแกลบ ถ่านซังข้าวโพด และมูลวัว ในอัตราต่ำกว่าคำแนะนำ จึงไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน และการตอบสนองของผลผลิตข้าว ดังนั้น ควรใช้ตามอัตราไม่ต่ำกว่า 1-2 ตันต่อไร่ ซึ่งการใช้วัสดุต่างชนิดกันให้ผลไม่เหมือนกัน และศึกษาอัตราที่เพิ่มขึ้นจากคำแนะนำ เช่น ศึกษาอัตราของถ่านชีวภาพอัตราที่เพิ่มขึ้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใช้ถ่านชีวภาพอัตรา 100-300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งของคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน

4. ข้าวพันธุ์ กข แม่โจ้ 2 มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง จากการวิจัยนี้จะเห็นว่าในชุดดินเรญู ซึ่งเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ และเกษตรกรไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ซึ่งโพแทสเซียมมีผลต่อน้ำหนักเมล็ดข้าว มีโอกาสเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคต และอาจทำให้เสียสมดุลของธาตุอาหารพืช แต่อย่างไรก็ตามพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีของเกษตรกรได้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 979.80 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตที่ปลูกในเขตภาคเหนือตอนบน ประมาณ 865 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้น ควรมีการศึกษาการตอบสนองผลผลิตข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ต่อระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ลดลงในระยะยาว เพิ่มเติม

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ได้แนวทางการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน
2. ทราบถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อใช้กำหนดเป็นอัตราคำแนะนำการใส่ที่ถูกต้อง
3. เป็นทางเลือกให้เกษตรกรใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน โดยที่เกษตรกรสามารถผลิตได้เอง และใช้วัสดุในท้องถิ่น มีความเป็นไปได้สูง คือเกษตรกรลงทุนเพิ่มขึ้นอีก 15.58 บาทต่อไร่ ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 59.78 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใส่ถ่านแกลบ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือลงทุนเพิ่มขึ้นอีก 158.59 บาทต่อไร่ ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 54.04 กิโลกรัมต่อไร่ กรณีใส่ถ่านซังข้าวโพด อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน
4. สนองนโยบายลดการเผาในพื้นที่โล่งแจ้ง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาหมอกควัน อากาศเป็นพิษ ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2559. องค์ความรู้เรื่องข้าว. แหล่งที่มา http://brrd.in.th/rkb/contents/view/Category:17/title:index.phpfile=content.php&id=148.htm. 26 เมษายน 2562.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดิน เพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

______. 2550. คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับนักวิชาการ). กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

______. 2551. คู่มือการจัดการอินทรียวัตถุ เพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

______ 2553ก. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

______. 2553ข. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2558. ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย. แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=486. 26 เมษายน 2562.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. วัสดุอินทรีย์และปุ๋ยคอกในพื้นที่ทำการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,, กรุงเทพฯ.

______. 2552. เทคนิคทางสถิติในการปฏิบัติงานวิจัยเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กันยาพร ไชยวงศ์ และ สิทธิบูรณ์ ศิริพรอัครชัย. 2559. การวิเคราะห์พารามิเตอร์การผลิตถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดด้วยกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 23 (1) : 85–92.

เกศศิรินทร์ แสงมณี ธีระรัตน์ ชิณแสน และณัฐพงษ์ พันธุภา. 2561. อัตราส่วนของถ่านชีวภาพต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินปลูก การเจริญเติบโต และผลผลิตของผักสลัดกรีนคอส (*Lactuca sativa* L. cv. Green Cos). *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกริก ปิ่นตระกูล. 2550. ผลของการใช้ปุ๋ยต่อคุณภาพดินและน้ำในนาข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คำรณ ไทรฟัก. 2556. ปฐพีวิทยา. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จาวภา มะนาวนอก สันติไมตรี ก้อนคำดี เกษสุดา เดชภิมล วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์ พลพินิจ และ ดรุณี โชติษฐยางกูร. 2560. ถ่านชีวภาพ: ผลต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของข้าวนาหว่านน้ำตม (การทดสอบในสภาพกระถาง). วารสารแก่นเกษตร 45 (2) : 209–220.

เจริญ เจริญจำรัสชีพ กำชัย กาญจนธนเศรษฐ และเมธิน ศิริวงศ์. 2540. การจัดการดินกรดในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เจษฎา กาญจนเกษร ธงชัย ชาติเผือก อิสระ ตั้งสุวรรณ์ และ เกศศิรินทร์ แสงมณี. 2561. ผลของถ่านชีวภาพจากแกลบและปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในพื้นที่ดินกรด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49 (1) (พิเศษ) : 194–198

ดารารัตน์ โฮตาก้า มนต์ระวี พีราวัชร และฎานุภา อยู่อุ่นพะเนา. 2561. ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรม มวลชีวภาพและสังคมของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่ปลูกผักระบบปลอดสารพิษ (GAP), น. 271 *ใน* เอกสารประกอบการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2561.กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

ทวีวงศ์ ศรีบุรี. 2554. การทดสอบคุณลักษณะของถ่านชีวภาพจากเศษไม้ก่อนนำไปปรับปรุงคุณภาพดิน. *ใน* เอกสารประกอบการประชุมวิชาการการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนตามแนวพระราชดำริ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ปี 2554, จังหวัดเพชรบุรี.

ทิพานันท์ อุปนิสากร และศิวพร ปรีชา. 2554. การเจริญเติบโตของดาวเรือง (*Tagetes erecta L.)* ในดินที่ปรับปรุงด้วยถ่านชีวภาพจากไม้หางนกยูงฝรั่ง (*Delonix regia (Bojer) Raf.).* วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทัศนีย์ อัตตนันทน์. 2551. การใช้ถ่านแกลบปรับปรุงบำรุงดินในยุคปุ๋ยแพงช่วยลดโลกร้อน เทคโนโลยีจากญี่ปุ่น. วารสารเคหการเกษตร 32 (4) : 222-225.

นลินี ว่องมงคลฤทธิ์ กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ระวิวรรณ สุวรรณศร และสุชาดา บุญเลิศนิรันดร์. 2547. การพัฒนาแกลบและถ่านแกลบจากโรงสีข้าวเพื่อประโยชน์ในการเกษตรกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา กระทรวงศึกษาธิการ, พระนครศรีอยุธยา.

นวลจันทร์ ชบา จันจิรา แสงสีเหลือง และวุฒิชัย จันทรสมบัติ, 2561. ศึกษาการใช้ไบโอชาร์จากแกลบเป็นวัสดุรองรับจุลินทรีย์ เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและเพิ่มผลผลิตพืช. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

บวร บัวขาว. 2559. การใช้ถ่านชีวภาพ (Biochar) ปรับปรุงดินเค็มเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105, น. 260 *ใน* เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ กรมพัฒนาที่ดิน ปี 2559. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

เบ็ญจพร กุลนิตย์ และวันเฉลิม ศรีบุญโรจน์. 2560. การจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตรพระวรุณ 14 (1) : 61-70

ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. 2551. เตาเผาถ่านแกลบมหัศจรรย์ สำหรับใช้ผลิตกุนตัง (Kuntan) ในระดับครัวเรือน. วารสารเคหการเกษตร 32 (5) : 219-223.

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ปรเมศ บรรเทิง วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์ พลพินิจ เกษสุดา เดชภิมล และ พุทธชาติ คพันธ์. 2558. การตอบสนองของพันธุ์ข้าวเหนียวดำภายใต้การจัดการปุ๋ย และถ่านชีวภาพที่แตกต่างกันในพื้นที่ดินเค็ม. วารสารแก่นเกษตร 43 (1) : 79–92.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปัทมา วิตยากร. 2543. ความอุดมสมบูรณ์ของดินขั้นสูง. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. สารปรับปรุงดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พชรพล เปียรักษา และ สุขุมาภรณ์ แสงงาม. 2561. ผลของการประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพต่อการเติบโตและประสิทธิภาพ ของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพริกขี้หนูซูเปอร์ฮอท ภายใต้สภาวะดินเปรี้ยว. วารสารแก่นเกษตร 46 (1) (พิเศษ) : 339–343.

พัชรี แสนจันทร์ นิภา ธรรมโสม Chhin Phy และดวงสมร ตุลาพิทักษ์. 2558. การใช้ถ่านชีวภาพยูคาลิปตัสและฟางข้าวเพื่อการผลิตข้าวและลดคาร์บอนฟุตปริ้นท์อย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. วารสารแก่นเกษตร. 43 (1) (พิเศษ) : 373-379.

พินิจภณ ปิตุยะ. 2557. เอกสารองค์ความรู้ เรื่อง ถ่านชีวภาพ. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, เพชรบุรี.

ยงยุทธ โอสถสภา และสุรเดช จินตกานนท์. 2521. คำบรรยายวิชาธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

รสมาริน ณ ระนอง. 2553. แนวทางการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่เขตพัฒนาที่ดิน, น 270-283 *ใน* คู่มือเจ้าหน้าที่รัฐ การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน ปี 2553 กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

วนิดา วัฒนพายัพกุล. 2556. อิทธิพลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, บุรีรัมย์.

วิจิตร วังใน. 2552. ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล. วี.บี.บุ๊คเซ็นเตอร์, กรุงเทพมหานคร.

วิชุตา กัลยาศิริ. 2556. ผลของถ่านชีวภาพที่มีต่อผลผลิตข้าวและคุณภาพดินเหนียวปนทราย กรณีศึกษาตำบลป่าเด็ง อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ และอรสา สุกสว่าง. 2556. การประยุกต์ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อการเกษตร. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษย์ศาสตร์ 39 (2) : 212-225.

สายชล พรมีอยู่ อัจฉรา จิตตลดากร และหฤษฎี ภัทรดิลก. 2555. ผลของการใช้ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมี ต่อการผลิตผักบุ้งจีน. *ใน* การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8. 2549. รายงานการสำรวจดินงานจัดการทรัพยากรที่ดินบริเวณบ้านน้ำลอก หมู่ที่ 4, 13 ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์. กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, พิษณุโลก.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. ข้าวนาปี : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ จำแนกตามพันธุ์ รายภาคและรายจังหวัด ปีเพาะปลูก 2556/57 ณ ความชื้น 15%. แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/view/assets/portals/1/files/production/ fieldcrop/majorrice/9-56-57.pdf. 14 พฤษภาคม 2562

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2559. การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ ดวงกมล พิหุสูตร และพัชชาพันธ์ รัตนพันธ์. 2560. การใช้ประโยชน์วัสดุชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรสำหรับกักเก็บคาร์บอนและดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่าย. วารสารสิ่งแวดล้อม, 21 (3) : 61-67.

เสาวคนธ์ เหมวงษ์. 2561. ผลของถ่านแกลบในนาข้าวเคมีและอินทรีย์เคมีต่อการปลดปล่อยก๊าซ CH_4 การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 35 (1) : 1-11.

เสาวคนธ์ เหมวงษ์. 2557. ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่และแกลบต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 16 (1) : 69-75.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2541. หลักการผลิตพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

อภิญญา พิมพ์ทอง. 2556. การใช้ไบโอชาร์ และจุลินทรีย์ในการลดการสะสมของแคดเมียมในต้นข้าวที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียม. วิทยานิพนธปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

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.

Abel, S., A. Peters, S. Trinks, H. Schonsky, M. Facklam, and G. Wessolek. 2013. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. Geoderma, 202, 183-191.

Asai, H., B. Samson, K. Stephan, H. M., K. Songyikhangsuthor, K. Homma, Y. Kiyono, and T. Horie. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. Field Crops Research, 111 (1–2) : 81-84.

Cao, X., and W. Harris. 2010. Properties of dairy-manure-derived biochar pertinent to its potential use in remediation. Bioresource Technology, 101 (14) : 5222-5228.

Dobermann, A. and T. Fairhurst. 1999. Field handbook. Nutritional disorders and nutrient management in Rice. IRRI, PPI/PPIC.

Fontaine, S., G. Bardoux, L. Abbadie and A. Mariotti. 2004. Carbon input to soil may decrease soil carbon content. Ecology Letters 7,4 : 314-320.

Islam, A. F. M. S., Y. Kitaya, H. Hirai, M. Yanase, G. Mori and M. Kiyota. 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.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Steiner, C. 2009. Soil charcoal amendments maintain soil fertility and establish a carbon sink-research and perspects. *Soil Ecology Research Development*, 1-4.

Lehmann, J., J.P. Silva, C. Steiner, T. Nehls, W. Zech and B. Glaser. 2003 Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and Soil 249 : 343-357.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก ก การประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน

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

ระดับ (rating)		พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด	(ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก	(extreamely 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 การประเมินระดับอินทรียวัตถุในดิน (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)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ก ที่ 3 การประเมินระดับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA

ระดับ (rating)		พิสัย (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		พิสัย (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 องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าว

ตารางภาคผนวก ข ที่ 1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน ปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.1067	0.0533	2.98ns
Treatment	8	0.2133	0.0267	1.49ns
Error	16	0.2867	0.0179	
Total	26	0.6067		

Grand mean = 4.56   c.v. = 2.94%   ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน ปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.1622	0.0811	3.11ns
Treatment	8	0.3867	0.0483	1.85ns
Error	16	0.4178	0.0261	
Total	26	0.9667		

Grand mean = 4.97 c.v. = 3.25% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน ปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0030	0.0015	0.08ns
Treatment	8	0.2230	0.0279	1.54ns
Error	16	0.2904	0.0181	
Total	26	0.5164		

Grand mean = 4.87 c.v. = 2.77% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน

Source	df	SS	MS	F
Year	2	2.6002	1.3001	28.69**
Rep within Year	6	0.2719	0.0453	2.19ns
Treatment	8	0.4721	0.0590	2.85*
Year : Trt	16	0.3509	0.0219	1.06ns
Pooled Error	48	0.9948	0.0207	
Total	80	4.6899		

Grand mean = 4.80 c.v. = 3.0% ns = not significant * = $P < 0.05$ ** = $P < 0.01$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุในดินปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.2357	0.1179	0.68ns
Treatment	8	3.2332	0.4041	2.32ns
Error	16	2.7834	0.1740	
Total	26	6.2523		

Grand mean = 2.84 c.v. = 14.70% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุในดินปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.1958	0.0979	0.52ns
Treatment	8	1.4773	0.1847	0.99ns
Error	16	2.9964	0.1873	
Total	26	4.6695		

Grand mean = 3.35 c.v. = 12.91% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุในดินปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0558	0.0279	0.28ns
Treatment	8	2.4484	0.3061	3.04*
Error	16	1.6128	0.1008	
Total	26	4.1170		

Grand mean = 2.87 c.v. = 11.06% * = $P < 0.05$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

Source	df	SS	MS	F
Year	2	4.4728	2.2364	27.53**
Rep within Year	6	0.4874	0.0812	0.53ns
Treatment	8	5.1330	0.6416	4.17**
Year : Trt	16	2.0258	0.1266	0.82ns
Pooled Error	48	7.3925	0.1540	
Total	80	19.5116		

Grand mean = 3.02 c.v. = 12.99% ns = not significant ** = $P < 0.01$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 9 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.2222	0.1111	0.25ns
Treatment	8	6.6667	0.8333	1.88ns
Error	16	7.1111	0.4444	
Total	26	14.0000		

Grand mean = 2.00 c.v. = 33.33% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0741	0.0370	0.31ns
Treatment	8	1.4074	0.1759	1.46ns
Error	16	1.9259	0.1204	
Total	26	3.4074		

Grand mean = 1.14 c.v. = 30.22% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

Source	df	SS	MS	F
Year	2	15.7284	7.8642	159.25**
Rep within Year	6	0.2963	0.0494	0.26ns
Treatment	8	2.4691	0.0386	1.64ns
Year : Trt	16	5.6049	0.0.3503	1.86*
Pooled Error	48	9.0370	0.1883	
Total	80	33.1358		

Grand mean = 1.83 c.v. = 31.38% ns = not significant * = P < 0.05 ** = P < 0.01

ตารางภาคผนวก ข ที่ 12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	61.6296	30.8148	4.52*
Treatment	8	75.8519	9.4815	1.39ns
Error	16	109.0370	6.8148	
Total	26	246.5185		

Grand mean = 31.41 c.v. = 8.31% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	15.4074	7.7037	1.53ns
Treatment	8	182.5185	22.8148	4.53**
Error	16	80.5926	5.0370	
Total	26	278.5185		

Grand mean = 23.41 c.v. = 9.59% ** = P < 0.01

ตารางภาคผนวก ข ที่ 14 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	8.2963	4.1481	0.55ns
Treatment	8	100.7407	12.5926	1.68ns
Error	16	119.7037	7.4815	
Total	26	228.7407		

Grand mean = 17.48 c.v. = 15.65% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 15 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

Source	df	SS	MS	F
Year	2	2637.4321	1318.7160	92.72**
Rep within Year	6	85.3333	14.2222	2.21ns
Treatment	8	219.6543	27.4568	4.26**
Year : Trt	16	139.4568	8.7160	1.35ns
Pooled Error	48	309.3333	6.4444	
Total	80	3391.2099		

Grand mean = 24.10 c.v. = 10.53% ns = not significant ** = P < 0.01

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 16 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	11851.6296	5925.8148	2.66ns
Treatment	8	52150.9630	6518.8704	2.92*
Error	16	35711.0370	2231.9398	
Total	26	99713.6296		

Grand mean = 312.70 c.v. = 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	2.84ns
Treatment	8	72394.0000	9049.2500	1.17ns
Error	16	123673.1111	7729.5694	
Total	26	239974.0000		

Grand mean = 384.67 c.v. = 22.86% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 18 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	26288.8889	13144.4444	1.95ns
Treatment	8	56125.3333	7015.6667	1.04ns
Error	16	108028.4444	6751.7778	
Total	26	190442.6667		

Grand mean = 291.11 c.v. = 28.23% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 19 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

Source	df	SS	MS	F
Year	2	129577.9506	64788.9753	4.74ns
Rep within Year	6	82047.4074	13674.5679	2.45*
Treatment	8	69285.3580	8660.6698	1.55ns
Year : Trt	16	111384.9383	6961.5586	1.25ns
Pooled Error	48	267412.5926	5571.0957	
Total	80	659708.2469		

Grand mean = 329.49 c.v. = 22.65% ns = not significant * = P < 0.05

ตารางภาคผนวก ข ที่ 20 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	9243.6296	4621.8148	2.06ns
Treatment	8	53702.7407	6712.8426	3.00*
Error	16	35846.3704	2240.3981	
Total	26	98792.7407		

Grand mean = 305.44 c.v. = 15.44% * = P < 0.05

ตารางภาคผนวก ข ที่ 21 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	18101.5556	9050.7778	1.43ns
Treatment	8	75400.0000	9425.0000	1.49ns
Error	16	100964.4444	6310.2778	
Total	26	194466.0000		

Grand mean = 310.33 c.v. = 25.60% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	17040.9630	8520.4815	3.41ns
Treatment	8	28636.9630	3579.6204	1.43ns
Error	16	40017.7037	2501.1065	
Total	26	85695.6296		

Grand mean = 265.70 c.v. = 18.82% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 23 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

Source	df	SS	MS	F
Year	2	33049.8519	16524.9259	2.23ns
Rep within Year	6	44386.1481	7397.6914	2.01ns
Treatment	8	60377.1111	7547.1389	2.05ns
Year : Trt	16	97362.5926	6085.1620	1.65ns
Pooled Error	48	176828.5185	3683.9275	
Total	80	412004.2222		

Grand mean = 294.19 c.v. = 20.63% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 24 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	53.1430	26.5715	1.42ns
Treatment	8	182.5119	22.8140	1.22ns
Error	16	299.6904	18.7306	
Total	26	535.3452		

Grand mean = 86.36 c.v. = 5.01% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 25 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	10.7607	5.3804	0.24ns
Treatment	8	200.0252	25.0031	1.11ns
Error	16	361.1059	22.5691	
Total	26	571.8919		

Grand mean = 94.93 c.v. = 5.00% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 26 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงข้าวในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	104.8955	52.4478	6.94**
Treatment	8	60.1201	7.5150	0.99ns
Error	16	120.9311	7.5582	
Total	26	285.9467		

Grand mean = 81.48 c.v. = 3.37% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 27 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของความสูงข้าว

Source	df	SS	MS	F
Year	2	2502.6240	1251.3120	44.48**
Rep within Year	6	168.7993	28.1332	1.73ns
Treatment	8	118.9677	14.8710	0.91ns
Year : Trt	16	323.6894	20.2306	1.24ns
Pooled Error	48	781.7274	16.2860	
Total	80	3895.8077		

Grand mean = 87.59 c.v. = 4.61% ns = not significant ** = $P < 0.01$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 28 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	618.7135	309.3568	1.28ns
Treatment	8	2174.8696	271.8587	1.12ns
Error	16	3868.3615	241.7726	
Total	26	6661.9446		

Grand mean = 108.15 c.v. = 14.38% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 29 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	3.6496	1.8248	0.01ns
Treatment	8	1843.7185	230.4648	1.09ns
Error	16	3367.6904	210.4806	
Total	26	5215.0585		

Grand mean = 136.71 c.v. = 10.61% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 30 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	177.7119	88.8559	0.44ns
Treatment	8	3372.3341	421.5418	2.07ns
Error	16	3255.0281	203.4393	
Total	26	6805.0741		

Grand mean = 159.68　　c.v. = 8.93%　　ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 31 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของจำนวนเมล็ดดีต่อรวง

Source	df	SS	MS	F
Year	2	35999.7517	17999.8758	134.99**
Rep within Year	6	800.0750	133.3458	0.61ns
Treatment	8	2318.7978	289.8497	1.33ns
Year : Trt	16	5072.1244	317.0078	1.45ns
Pooled Error	48	10491.0800	218.5642	
Total	80	54681.8289		

Grand mean = 134.85　　c.v. = 10.96%　　ns = not significant　　** = P < 0.01

ตารางภาคผนวก ข ที่ 32 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	92.2481	46.1240	1.55ns
Treatment	8	373.2204	46.6526	1.57ns
Error	16	476.2820	29.7676	
Total	26	941.7505		

Grand mean = 15.60　　c.v. = 34.96%　　ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 33 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	14.9489	7.4744	1.43ns
Treatment	8	72.2267	9.0283	1.73ns
Error	16	83.5711	5.2232	
Total	26	170.7467		

Grand mean = 17.54　　c.v. = 13.03%　　ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 34 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง ในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	13.7881	6.8941	8.2**
Treatment	8	17.7106	2.2138	2.63*
Error	16	13.4491	0.8406	
Total	26	44.9478		

Grand mean = 5.45 c.v. = 16.81% * = P < 0.05

ตารางภาคผนวก ข ที่ 35 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง

Source	df	SS	MS	F
Year	2	2580.0801	1290.0400	66.93**
Rep within Year	6	115.6518	19.2753	1.26ns
Treatment	8	165.9198	20.7400	1.36ns
Year : Trt	16	491.2378	30.7024	2.01*
Pooled Error	48	734.6355	15.3049	
Total	80	4087.5250		

Grand mean = 13.24 c.v. = 29.55% ns = not significant * = P < 0.05 ** = P < 0.01

ตารางภาคผนวก ข ที่ 36 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0052	0.0026	0.19ns
Treatment	8	0.0914	0.0118	0.88ns
Error	16	0.2148	0.0134	
Total	26	0.3141		

Grand mean = 2.39 c.v. = 4.86% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 37 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0347	0.0173	1.21ns
Treatment	8	0.1269	0.0159	1.10ns
Error	16	0.2301	0.0144	
Total	26	0.3917		

Grand mean = 2.43 c.v. = 4.93% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 38 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ดในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	0.0525	0.0262	2.09ns
Treatment	8	0.1412	0.0177	1.41ns
Error	16	0.2006	0.0125	
Total	26	0.3943		

Grand mean = 2.37 c.v. = 4.72% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 39 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของน้ำหนัก 100 เมล็ด

Source	df	SS	MS	F
Year	2	0.0600	0.0300	1.95ns
Rep within Year	6	0.0924	0.0154	1.14ns
Treatment	8	0.1121	0.0140	1.04ns
Year : Trt	16	0.2500	0.0156	1.16ns
Pooled Error	48	0.6455	15.3049	
Total	80	1.1600		

Grand mean = 2.40 c.v. = 4.84% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 40 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	123107.5556	61553.7778	2.50ns
Treatment	8	325973.3333	40746.6667	1.65ns
Error	16	394695.1111	24668.4444	
Total	26	843776.0000		

Grand mean = 1,312.00 c.v. = 11.97% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 41 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	64836.2222	32418.1111	0.45ns
Treatment	8	138440.0000	17305.0000	0.24ns
Error	16	1143372.4444	71460.7778	
Total	26	1346648.6667		

Grand mean = 1465.44 c.v. = 18.24% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 42 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักฟางต่อไร่ในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	154301.6296	77150.8148	2.39ns
Treatment	8	573174.5185	71646.8148	2.22ns
Error	16	515906.3704	32244.1481	
Total	26	1243382.5185		

Grand mean = 1,183.41 c.v. = 15.17% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 43 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของน้ำหนักฟางต่อไร่

Source	df	SS	MS	F
Year	2	1076635.2840	538317.6420	9.44*
Rep within Year	6	342245.4074	57040.9012	1.33ns
Treatment	8	429703.8025	53712.9753	1.26ns
Year : Trt	16	607884.0494	37992.7531	0.89ns
Pooled Error	48	2053973.9259	42791.1235	
Total	80	4510442.4691		

Grand mean = 1,320.28 c.v. = 15.67% ns = not significant * = $P < 0.05$

ตารางภาคผนวก ข ที่ 44 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 1

Source	df	SS	MS	F
Block	2	38851.0607	19425.5303	2.17ns
Treatment	8	39611.4377	4951.4297	0.55ns
Error	16	143322.7129	8957.6696	
Total	26	221785.2113		

Grand mean = 1,103.93 c.v. = 8.57% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 45 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 2

Source	df	SS	MS	F
Block	2	4097.7118	2048.8559	0.39ns
Treatment	8	69461.4684	8682.6835	1.64ns
Error	16	84726.1078	5295.3817	
Total	26	158285.2880		

Grand mean = 756.42 c.v. = 9.62% ns = not significant

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ข ที่ 46 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตข้าวในปีที่ 3

Source	df	SS	MS	F
Block	2	19480.7185	9740.3592	0.79ns
Treatment	8	100377.1846	12547.1481	1.02ns
Error	16	197264.4238	12329.0265	
Total	26	317122.3269		

Grand mean = 1,114.53 c.v. = 9.96% ns = not significant

ตารางภาคผนวก ข ที่ 47 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 3 ปี ของผลผลิตข้าวต่อไร่

Source	df	SS	MS	F
Year	2	2241975.4002	1120987.7001	107.74**
Rep within Year	6	62429.4910	10404.9152	1.17ns
Treatment	8	101072.0549	12634.0069	1.43ns
Year : Trt	16	108378.0358	6773.6272	0.76ns
Pooled Error	48	425313.2445	8860.6926	
Total	80	2939168.2263		

Grand mean = 991.63 c.v. = 9.49% ns = not significant ** = P < 0.01

ภาคผนวก ค Crop Requirement ของข้าว ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ใส่ในแต่ละปี

ตารางภาคผนวก ค ที่ 1 Crop Requirement ของข้าว

รายการ	ความเหมาะสม
อุณหภูมิ	อุณหภูมิที่เหมาะสม 25-30 องศาเซลเซียส และมีแสงแดดจัด
ความต้องการน้ำ	การเตรียมดินประมาณ 150-200 มิลลิเมตร
	ต้นกล้าต้องการประมาณ 250-400 มิลลิเมตร
	ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ประมาณ 800-1,200 มิลลิเมตร
ลักษณะดิน	เป็นดินลึกไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร
	มีปริมาณอินทรีวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์
	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่น้อยกว่า 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่น้อยกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 5.0-6.5

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (2553) และ คำรณ ไทรฟัก (2556)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ค ที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ในแต่ละปี

Tr	ปีที่ 1 (กิโลกรัม N ต่อไร่)			ปีที่ 2 (กิโลกรัม N ต่อไร่)			ปีที่ 3 (กิโลกรัม N ต่อไร่)		
	ปุ๋ยเคมี	วัสดุเหลือใช้	รวม	ปุ๋ยเคมี	วัสดุเหลือใช้	รวม	ปุ๋ยเคมี	วัสดุเหลือใช้	รวม
T1	21.40	0.00	21.40	21.40	0.00	21.40	21.40	0.00	21.40
T2	12.00	0.00	12.00	12.00	0.00	12.00	12.00	0.00	12.00
T3	12.00	0.95	12.95	12.00	0.79	12.79	12.00	0.61	12.61
T4	12.00	2.85	14.85	12.00	2.37	14.37	12.00	1.83	13.83
T5	12.00	4.75	16.75	12.00	3.95	15.95	12.00	3.05	15.05
T6	12.00	0.78	12.78	12.00	0.76	12.76	12.00	0.78	12.78
T7	12.00	2.34	14.34	12.00	2.28	14.28	12.00	2.34	14.34
T8	12.00	3.90	15.90	12.00	3.80	15.80	12.00	3.90	15.90
T9	12.00	4.62	16.62	12.00	4.47	16.47	12.00	5.16	17.16

ตารางภาคผนวก ค ที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ใส่ในแต่ละปี

Tr	ปีที่ 1 (กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่)			ปีที่ 2 (กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่)			ปีที่ 3 (กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่)		
	ปุ๋ยเคมี	วัสดุเหลือใช้	รวม	ปุ๋ยเคมี	วัสดุเหลือใช้	รวม	ปุ๋ยเคมี	วัสดุเหลือใช้	รวม
T1	4	0.00	4.00	4	0.00	4.00	4	0.00	4.00
T2	8	0.00	8.00	8	0.00	8.00	8	0.00	8.00
T3	8	0.75	8.75	8	0.42	8.42	8	0.80	8.80
T4	8	2.25	10.25	8	1.26	9.26	8	2.40	10.40
T5	8	3.75	11.75	8	2.10	10.10	8	4.00	12.00
T6	8	0.84	8.84	8	0.51	8.51	8	0.99	8.99
T7	8	2.52	10.52	8	1.53	9.53	8	2.97	10.97
T8	8	4.20	12.20	8	2.55	10.55	8	4.95	12.95
T9	8	2.43	10.43	8	2.28	10.28	8	4.17	12.17

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก ค ที่ 4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ใส่ในแต่ละปี

Tr	ปีที่ 1 (กิโลกรัม K_2O ต่อไร่)			ปีที่ 2 (กิโลกรัม K_2O ต่อไร่)			ปีที่ 3 (กิโลกรัม K_2O ต่อไร่)		
	ปุ๋ยเคมี	วัสดุเหลือใช้	รวม	ปุ๋ยเคมี	วัสดุเหลือใช้	รวม	ปุ๋ยเคมี	วัสดุเหลือใช้	รวม
T1	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
T2	6	0.00	6.00	6	0.00	6.00	6	0.00	6.00
T3	6	2.98	8.98	6	2.61	8.61	6	1.77	7.77
T4	6	8.94	14.94	6	7.83	13.83	6	5.31	11.31
T5	6	14.9	20.90	6	13.05	19.05	6	8.85	14.85
T6	6	0.67	6.67	6	0.55	6.55	6	0.43	6.43
T7	6	2.01	8.01	6	1.65	7.65	6	1.29	7.29
T8	6	3.35	9.35	6	2.75	8.75	6	2.15	8.15
T9	6	6.90	12.90	6	8.58	14.58	6	6.09	12.09

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก ง เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ.2553

ตารางภาคผนวก ง ที่ 1 เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (เกรด 2)

รายการ	เกณฑ์มาตรฐาน
ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter)	มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์
คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	ไม่เกิน 20:1
ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	อยู่ระหว่าง 5.5-8.5
ปริมาณโซเดียม (Na)	ไม่เกินร้อยละ 1
ปริมาณธาตุอาหารหลัก	
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของน้ำหนัก
ฟอสเฟตทั้งหมด (Total P_2O_5)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก
โพแทสทั้งหมด (Total K_2O)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก
หรือมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกัน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของน้ำหนัก
ปริมาณความชื้น	ไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนัก
ขนาดของปุ๋ย	12.5x12.5 มิลลิเมตร
ปริมาณหินและกรวด ขนาดตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป	ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก
เศษพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม หรือโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่พบ
ปริมาณธาตุโลหะหนัก	
Arsenic (As)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
Cadmium (Cd)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
Chromium (Cr)	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
Copper (Cu)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
Lead (Pb)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
Mercury (Hg)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
การย่อยสลายที่สมบูรณ์	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2553)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ตารางภาคผนวก จ ที่ 1 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจหรับการปลูกข้าวปีที่ 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 ครั้ง ๆ ละ 300 บาทต่อไร่	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
2. การปลูก									
ค่าแรงหว่านข้าว ชั่วโมงละ 60 บาทต่อไร่ ๆ 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 ครั้ง ๆ ละ 60 บาทต่อไร่	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
ค่าแรงฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช 1 ครั้ง ๆ ละ 100 บาท	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ค่าแรงฉีดสารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช 2 ครั้ง ๆ ละ 100 บาท	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
4. การเก็บเกี่ยว									
ค่าเก็บเกี่ยว 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 (20 กิโลกรัมต่อไร่)	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	28.00	280.00	280.00	280.00
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (กิโลกรัมละ 14.2 บาท)	585.49	180.12	180.12	180.12	180.12	180.12	180.12	180.12	180.12
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 (กิโลกรัมละ 15.8 บาท)	304.00	608.00	608.00	608.00	608.00	608.00	608.00	608.00	608.00
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 (กิโลกรัมละ 17.8 บาท)		178.00	178.00	178.00	178.00	178.00	178.00	178.00	178.00
ถ่านแกลบ 2.0 บาทต่อกิโลกรัม (ค่าขนย้าย และเผาให้เป็นถ่าน)			200.00	600.00	1000.00				
ถ่านซังข้าวโพดบด 2.0 บาทต่อกิโลกรัม(ค่าขนย้าย เผาพร้อมบด)						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

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก จ ที่ 1 (ต่อ)

รายการ	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7	ตำรับที่ 8	ตำรับที่ 9
ต้นทุนผันแปร	2,974.49	3,051.12	3,251.12	3,651.12	4,051.12	3,251.12	3,651.12	4,051.12	3,551.12
ผลผลิตต่อไร่	1,089.49	1,046.33	1,117.58	1,137.71	1,160.76	1,049.09	1,075.79	1,125.26	1,133.36
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94
มูลค่าผลผลิต	10,829.53	10,400.52	11,108.75	11,308.84	11,537.95	10,427.95	10,693.35	11,185.08	11,265.60
ต้นทุนการผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	2.73	2.92	2.91	3.21	3.49	3.10	3.39	3.60	3.13
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	7,855.04	7,349.40	7,857.63	7,657.72	7,486.83	7,176.83	7,042.23	7,133.96	7,714.48
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	2.64	2.41	2.42	2.10	1.85	2.21	1.93	1.76	2.17

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก จ ที่ 2 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 2

รายการ	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7	ตำรับที่ 8	ตำรับที่ 9
1. การเตรียมดิน									
ค่าไถเตรียมดิน (ปั่นพร้อมตีเทือก) 1 ครั้ง ๆ ละ 300 บาทต่อไร่	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
2. การปลูก									
ค่าแรงหว่านข้าว ชั่วโมงละ 60 บาทต่อไร่ ๆ 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 ครั้ง ๆ ละ 60 บาทต่อไร่	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
ค่าแรงฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช 1 ครั้ง ๆ ละ 100 บาท	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ค่าแรงฉีดสารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช 2 ครั้ง ๆ ละ 100 บาท	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
4. การเก็บเกี่ยว									
ค่าเก็บเกี่ยว 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 (20 กิโลกรัมต่อไร่)	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	28.00	280.00	280.00	280.00
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (กิโลกรัมละ 14.4 บาท)	569.67	175.25	175.25	175.25	175.25	175.25	175.25	175.25	175.25
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 (กิโลกรัมละ 14.4 บาท)	288.00	576.00	576.00	576.00	576.00	576.00	576.00	576.00	576.00
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 (กิโลกรัมละ 17.8 บาท)		178.00	178.00	178.00	178.00	178.00	178.00	178.00	178.00
ถ่านแกลบ 2.0 บาทต่อกิโลกรัม (ค่าขนย้าย และเผาให้เป็นถ่าน)			200.00	600.00	1000.00				
ถ่านซังข้าวโพดบด 2.0 บาทต่อกิโลกรัม(ค่าขนย้าย เผาพร้อมบด)						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

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก จ ที่ 2 (ต่อ)

รายการ	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7	ตำรับที่ 8	ตำรับที่ 9
ต้นทุนผันแปร	2,942.67	3,014.25	3,214.25	3,614.25	4,014.25	3,214.25	3,614.25	4,014.25	3,514.25
ผลผลิตต่อไร่	707.14	700.14	712.06	799.37	844.15	780.34	788.81	781.17	694.65
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50	11.50
มูลค่าผลผลิต	8,132.11	8,051.61	8,188.69	9,192.76	9,707.73	8,973.91	9,071.32	8,983.46	7,988.48
ต้นทุนการผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	4.16	4.31	4.51	4.52	4.76	4.12	4.58	5.14	5.06
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	5,189.44	5,037.36	4,974.44	5,578.51	5,693.48	5,759.66	5,457.07	4,969.21	4,474.23
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	1.76	1.67	1.55	1.54	1.42	1.79	1.51	1.24	1.27

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก จ ที่ 3 ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกข้าวปีที่ 3

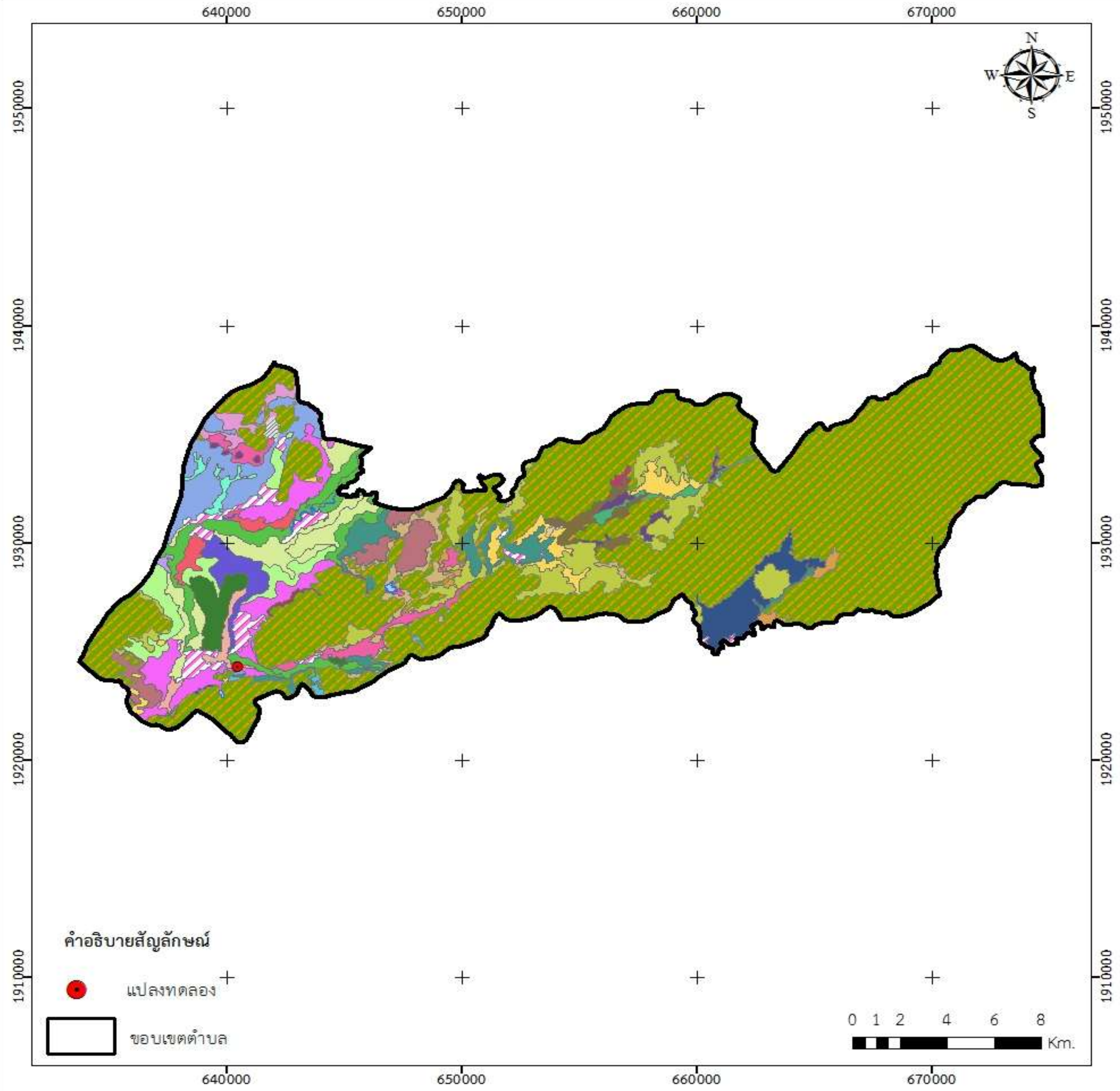
รายการ	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7	ตำรับที่ 8	ตำรับที่ 9
1. การเตรียมดิน									
ค่าไถเตรียมดิน (ปั่นพร้อมตีเทือก) 1 ครั้ง ๆ ละ 300 บาทต่อไร่	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
2. การปลูก									
ค่าแรงหว่านข้าว ชั่วโมงละ 60 บาทต่อไร่ ๆ 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 ครั้ง ๆ ละ 60 บาทต่อไร่	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
ค่าแรงฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช 1 ครั้ง ๆ ละ 100 บาท	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ค่าแรงฉีดสารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช 2 ครั้ง ๆ ละ 100 บาท	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
4. การเก็บเกี่ยว									
ค่าเก็บเกี่ยว 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 (20 กิโลกรัมต่อไร่)	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	28.00	280.00	280.00	280.00
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (กิโลกรัมละ 12.4 บาท)	490.54	150.91	150.91	150.91	150.91	150.91	150.91	150.91	150.91
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 (กิโลกรัมละ 13.6 บาท)	272.00	544.00	544.00	544.00	544.00	544.00	544.00	544.00	544.00
ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 (กิโลกรัมละ 17.2 บาท)		172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00
ถ่านแกลบ 2.0 บาทต่อกิโลกรัม (ค่าขนย้าย และเผาให้เป็นถ่าน)			200.00	600.00	1000.00				
ถ่านซังข้าวโพดบด 2.0 บาทต่อกิโลกรัม(ค่าขนย้าย เผา 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

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวก จ ที่ 3 (ต่อ)

รายการ	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7	ตำรับที่ 8	ตำรับที่ 9
ต้นทุนผันแปร	2,847.54	2,951.91	3,151.91	3,551.91	3,951.91	3,151.91	3,551.91	3,951.91	3,451.91
ผลผลิตต่อไร่	1,142.78	1,045.97	1,092.71	1,146.12	1,096.60	1,029.28	1,251.83	1,108.28	1,117.19
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม	11.03	11.03	11.03	11.03	11.03	11.03	11.03	11.03	11.03
มูลค่าผลผลิต	12,604.86	11,537.05	12,052.59	12,641.70	12,095.50	11,352.96	13,807.68	12,224.33	12,322.61
ต้นทุนการผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	2.49	2.82	2.88	3.10	3.60	3.06	2.84	3.57	3.09
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	9,757.32	8,585.14	8,900.68	9,089.79	8,143.59	8,201.05	10,255.77	8,272.42	8,870.70
ผลประโยชน์ต่อการลงทุน (B/C ratio)	3.43	2.91	2.82	2.56	2.06	2.60	2.89	2.09	2.57

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



แผนที่ทรัพยากรดิน
ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	กลุ่มชุดดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
	5	846	0.37
	7	7,093	3.08
	15	1,664	0.72
	17	1,234	0.54
	18	2,766	1.20
	33	6,971	3.03
	35	2,582	1.12
	35B	4,840	2.10
	35B/56B	5,326	2.31
	35C/56C	1,170	0.51
	35D/56D	4,764	2.07
	40B	7,321	3.18
	40C	332	0.14
	47B	861	0.37
	47C	926	0.40
	47D	1,798	0.78
	47E	252	0.11
	48B/56B	7,404	3.21
	48C	184	0.08
	48C/56C	1,500	0.65
	48D	73	0.03
	49	188	0.08
	56B	3,132	1.36
	56B/58B	4,105	1.78
	56C	3,663	1.59
	56C/58C	3,185	1.38
	56D/58D	440	0.19
	58E/RL	12,439	5.40
	62	138,570	60.14
	ML	306	0.13
	RL	102	0.04
	U	4,185	1.82
	W	202	0.09
รวมพื้นที่ทั้งหมด		230,424	100.00

ที่มา : กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 (2549)

ภาพภาคผนวกที่ 1 แผนที่แสดงกลุ่มชุดดินและตำแหน่งแปลงทดลองในตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ชุดดิน	ชุดดินเรณู กลุ่มชุดดินที่ 17 Rn-slA/d_5,E_0)
Classification	Fine-loamy, mixed, semiactive isohyperthermic (Aeric) Plinthic Paleaquults.
การระบายน้ำ	ค่อนข้างเลว
ความลาดชัน	ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ (0-2 %)

ชื่อชั้นดิน	ความลึก (ซม.)	คำอธิบายชั้นดิน
Ap	0-15	ดินสีเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลเข้ม ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นเล็กน้อย เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัด (pH 5.5)
Bt_1	15-30	ดินสีแดงจาง มีจุดประสีแดงปนเหลือง ปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร มีสีแตกต่างกับสีพื้นเล็กน้อย เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (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 ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (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 ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดรุนแรงมาก (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 ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (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 ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (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 ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)

ที่มา : กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 (2549)

ภาพภาคผนวกที่ 2 Soil Profile Description แปลงวิจัยข้าวบ้านน้ำลอก หมู่ที่ 13 ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ พิกัด E 640439 N 1924282

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

(ก) คัดเลือกแปลงทดลอง

(ข) เตรียมถ่านซังข้าวโพด ถ่านแกลบ มูลวัว และปุ๋ยเคมี

(ค) ไถเตรียมแปลงทดลอง พร้อมปั้นคันนา

ภาพภาคผนวกที่ 3 กิจกรรมการดำเนินงาน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

(ง) ใส่วัสดุปรับปรุงดินพร้อมคราดกลบ

(จ) ให้น้ำข้าวหลังหว่าน 15 วัน

(ฉ) ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และ 2

ภาพภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

(ช) เก็บเกี่ยวและหาองค์ประกอบผลผลิตข้าว

(ซ) เก็บและเตรียมตัวอย่างดิน เพื่อนำส่งวิเคราะห์

ภาพภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน