

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การจัดการดินกรดด้วยวัสดุปรับปรุงดินและพืชปุ๋ยสด
เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตข้าวพื้นที่นาขั้นบันได ชุดดินหนองมด

อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

Acid Soil Management by Using Soil Amendment and
Green Manure for Raising Rice Yield and Rice Quality in
Paddy Terraces in Nong Mot series (Nm), Mae Chan
District, Chiang Rai Province

โดย

นางสาวสุภาพร ปาแก้ว

นางสุนีย์รัตน์ โลหะโชติ

นางสาวมยุรี ปลายอด

นางสาวบุษบา อนุจรพันธ์

ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สถานีพัฒนาที่ดินเชียงราย

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน

มีนาคม 2562

b 10215

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



รายงานผลการวิจัย
เรื่อง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
วันที่.....0.6 พ.ย. 2562
เลขหมู่..... ก 633.18 ค 837 ก
เลขทะเบียน..... b 10215

การจัดการดินกรดด้วยวัสดุปรับปรุงดินและพืชปุ๋ยสด
เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตข้าวพื้นที่นาขั้นบันได ชุดดินหนองมด
อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

Acid Soil Management by Using Soil Amendment and
Green Manure for Raising Rice Yield and Rice Quality in
Paddy Terraces in Nong Mot series (Nm), Mae Chan
District, Chiang Rai Province

โดย

นางสาวสุภาพร ปาแก้ว
นางสุนีย์รัตน์ โลหะโชติ
นางสาวมยุรี ปละอูด
นางสาวบุษบา อนุจรพันธ์

ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สถานีพัฒนาที่ดินเชียงราย
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน

มีนาคม 2562

ก 633.18

ค 837 ก

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญตารางภาคผนวก	(3)
สารบัญภาพภาคผนวก	(5)
บทคัดย่อ	
หลักการและเหตุผล	3
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	12
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	13
ผลการทดลองและวิจารณ์	17
สรุป	33
ข้อเสนอแนะ	34
ประโยชน์ที่ได้รับ	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	18
2	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ก่อนและหลังการทดลอง	19
3	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P) ก่อนและหลังการทดลอง	20
4	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ก่อนและหลังการทดลอง	22
5	การเจริญเติบโตทางมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ของพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง)	23
6	ความสูงของต้นข้าว (จากโคนต้นถึงปลายรวง) ระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา	24
7	จำนวนต้นตอกของข้าว	25
8	น้ำหนักแห้งฟางข้าว	26
9	น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด	27
10	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว	28
11	ผลผลิตของข้าว	30
12	ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ	32

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	การประเมินค่า pH ของดิน (ดิน:น้ำ = 1:1)	41
2	การประเมินระดับอินทรีย์วัตถุในดิน (Walkly and Black method)	41
3	การประเมินระดับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II)	42
4	การประเมินระดับธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ammonium acetate 1 N pH 7 อัตราส่วน 1 ต่อ 20)	42
5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil pH)	43
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM)	43
7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P)	44
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable potassium)	44
9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ความสูงของต้นข้าว (จากโคนต้นถึงปลายรวง) ระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา	45
10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) จำนวนต้นต่อกอของข้าว (ต้น)	45
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) น้ำหนักแห้งของฟางข้าว (กิโกรัมต่อไร่)	46
12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด (กรัม)	46
13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว (%)	47
14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ผลผลิตของข้าว (กิโกรัมต่อไร่)	47

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) การเจริญเติบโตทางมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ของพืชปุ๋ยสดปอเทือง ก่อนการไถกลบ (กิโลกรัมต่อไร่)	48
16	วัน เดือน ปี ในการปลูก งอก ไถกลบ อายุ และระยะเวลาในการ หมักปอเทืองฤดูปลูก ปี พ.ศ. 2560	48
17	วัน เดือน ปี ในการตกกล้า ปักดำ เก็บเกี่ยว และ อายุของข้าว พันธุ์จะแปะแม่(พันธุ์พื้นเมือง) ฤดูปลูก ปี พ.ศ. 2560	48
18	สถิติภูมิอากาศ ณ สถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ. 2531-2561	49
19	มูลค่าผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ในการปลูกข้าวเจ้า พันธุ์จะแปะแม่ (พันธุ์พื้นเมือง) ปี พ.ศ. 2560	50
20	มูลค่าผลผลิต เงินทุนทั้งสิ้น และประสิทธิภาพของการจัดการ ในแต่ละวิธีการ	50

สารบัญญากาศคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	แผนที่สภาพภูมิประเทศที่ตั้งแปลงทดลอง	51
2	แผนที่แสดงที่ตั้งแปลงเกษตรกร	52
3	แผนผังแปลงทดลอง	53
4	สภาพพื้นที่ดำเนินการ	53
5	การสำรวจดินและเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ก่อนทดลอง	54
6	วางแผนแปลงและสร้างแปลงทดลอง	55
7	ตกกล้าแปลงวิจัยข้าวนาขั้นบันได	56
8	หว่านเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด (ปอเทือง)	57
9	ใส่ปุ๋นโดโลไมท์และไถกลบตามอัตราคำแนะนำ	58
10	การปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ	59
11	ใส่ปุ๋ยข้าวแปลงวิจัยตามตำรับการทดลอง	60
12	วัดความสูงและนับจำนวนการแตกกอของข้าว	61
13	ข้าวระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา	62
14	เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว	63
15	บันทึกข้อมูลผลผลิตข้าว	64
16	ป้ายโครงการวิจัย	65

ชื่อโครงการวิจัย	การจัดการดินกรดด้วยวัสดุปรับปรุงดินและพืชปุ๋ยสด เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตข้าวพื้นที่นาขั้นบันได ชุดดินหนองมด อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย Acid Soil Management by Using Soil Amendment and Green Manure for Raising Rice Yield and Rice Quality in Paddy Terraces in Nong Mot series (Nm), Mae Chan District, Chiang Rai Province
ทะเบียนวิจัย	60 62 03 12 010000 019 102 01 11
กลุ่มชุดดิน/ชุดดิน	กลุ่มชุดดินที่ 29 ชุดดินหนองมด (Nong Mot series : Nm)
ผู้ดำเนินการ	นางสาวสุภาพร ปาแก้ว Miss Supaporn Pakaew
ผู้ร่วมดำเนินการ	นางสุนีย์รัตน์ โลหะโชติ Mrs. Suneerat Lohajoti นางสาวมยุรี ปลายอด Miss Mayuree Palaoud นางสาวบุษบา อนุจรพันธ์ Miss Busaba Anujarapan

บทคัดย่อ

การศึกษากาการจัดการดินกรดด้วยวัสดุปรับปรุงดินและพืชปุ๋ยสด เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตข้าวพื้นที่นาขั้นบันได ชุดดินหนองมด อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย ดำเนินการทดลองที่ บ้านเหล่าผู้ หมู่ที่ 20 ตำบลป่าตึง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย เริ่มดำเนินการเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2560 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินบางประการ ภายหลังจากการจัดการดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวนาขั้นบันได วิธีการจัดการดินกรดที่เหมาะสมในนาขั้นบันไดบนพื้นที่สูง และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) มี 6 วิธีการ 4 ซ้ำ ดังนี้ 1. วิธีการของเกษตรกร (ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 16 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 16 กิโลกรัมต่อไร่) 2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 4.37 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 อัตรา 6.52 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตรา 1.35 กิโลกรัมต่อไร่) 3. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน (415 กิโลกรัมต่อไร่) 4. ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 5. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 6. ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน

ผลการทดลองพบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 5.2 เป็น 5.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2.01 เป็น 2.52 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 314 เป็น 395 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม

ในดินเฉลี่ยมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 79 เป็น 134 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และให้การเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยสูงสุด 132.52 เซนติเมตร จำนวนต้นตอกอเฉลี่ยสูงสุด 21 ต้นตอกอ น้ำหนักฟางเฉลี่ยสูงสุด 595.50 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 480 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเฉลี่ยสูงสุด 3,928 บาทต่อไร่ วิธีการใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตข้าวพื้นที่นาชั้นบันไดบนพื้นที่สูง วิธีการที่เหมาะสมรองลงมา คือ วิธีการปลูกปอเทืองเป็นพืชปุ๋ยสด และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

หลักการและเหตุผล

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดเชียงราย มีลักษณะเป็นภูเขาสูงสลับกับเนินเขาและที่ราบต่ำ ทรัพยากรดินมีจำกัดและไม่เพียงพอกับความต้องการในการใช้ที่ดินและบางพื้นที่เสื่อมโทรม เนื่องจากการใช้ที่ดินไม่เหมาะสมกับสมรรถนะ หรือปลูกพืชไม่เหมาะสมกับสภาพดิน มีการใช้ที่ดินปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยขาดการปรับปรุงบำรุงดินที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อทำไร่ ในปัจจุบันพบว่าป่าไม้ถูกทำลายมากก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินสูง เนื่องจากเกษตรกรในพื้นที่ได้แผ้วถางเพื่อประกอบอาชีพการเกษตร โดยเฉพาะการปลูกข้าวในลักษณะของการทำไร่เลื่อนลอย ไร่หมุนเวียน ผลผลิตของข้าวที่ได้อยู่ในระดับต่ำไม่เพียงพอต่อการบริโภคในครัวเรือนได้ตลอดปี ส่วนใหญ่จะมีข้าวบริโภคประมาณ 6-8 เดือน ทำให้เกิดความขาดแคลนอาหาร อันเป็นผลเนื่องจากการใช้พื้นที่ทำการเกษตรติดต่อกันเป็นเวลานานโดยขาดการปรับปรุงบำรุงดินด้วยวิธีที่เหมาะสม รวมถึงการไม่ได้เพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แกดิน สำหรับดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ มีความจำเป็นต้องเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงไป การที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเป็นการบ่งชี้ถึงการขาดแคลนธาตุอาหารพืชบางชนิด โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก แต่เป็นธาตุที่สูญเสียไปจากดินได้ง่ายโดยการถูกชะล้างหรือในรูปของก๊าซ (ยงยุทธ, 2547) ประกอบกับลักษณะของดิน บนพื้นที่สูงมีการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ทำให้ดินเสื่อมโทรมและมีสภาพเป็นดินกรดจัด ส่งผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัส ทำให้เกิดการขาดธาตุฟอสฟอรัส เนื่องจากฟอสเฟตไอออนจะถูกตรึงให้อยู่ในรูปของเหล็กและอะลูมิเนียมฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ยากและไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ปัจจุบันการผลิตข้าวนาขั้นบันไดเป็นระบบการเกษตรที่ยั่งยืนบนพื้นที่สูงในเขตภาคเหนือตอนบน และสามารถสร้างผลผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวไร่ แต่พื้นที่ปลูกข้าวนาขั้นบันไดที่อยู่ในที่ราบระหว่างหุบเขานั้นมีน้อยเพียง 94,725 ไร่ หรือ 10.3 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกข้าวที่สูง ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวไร่และ ไร่หมุนเวียน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) การปรับพื้นที่ปลูกข้าวไร่เป็นนาขั้นบันไดในพื้นที่ลาดชัน เป็นระบบการปลูกพืชบนพื้นที่สูงที่ยั่งยืนระบบหนึ่ง (จันทร์บูรณ์, 2539) ในช่วงแรกของการปรับพื้นที่ปลูกข้าวไร่เป็นนาขั้นบันไดนั้นความอุดมสมบูรณ์ของดินมักลดลง เนื่องจากการขุดและกลบดินเป็นคั่นนาประกอบกับสมบัติทางเนื้อดินไร่ มีปริมาณแร่ดินเหนียวน้อยและความหนาแน่นรวมของดินต่ำ ทำให้ไม่สามารถขังน้ำได้โดยง่าย นอกจากนี้ยังทำให้ดินเป็นกรด และธาตุอาหารพืชบางชนิดมีไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว (สุทธกานต์ และคณะ, 2557) โดยเฉพาะชุดดินหนองมด เป็นดินดอนที่เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ของหินแกรนิต พบในสภาพพื้นที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเนินเขา (ความลาดชัน 5-35 เปอร์เซ็นต์) ส่วนใหญ่พบกระจายในจังหวัดเชียงราย เป็นดินเหนียวลิกมาก มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

ดินกรด เป็นดินที่ขาดธาตุอาหารและมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ไม่เอื้ออำนวยต่อการเพาะปลูก หากต้องการให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ จะต้องทำการปรับสภาพดินให้มีธาตุอาหารที่มาก

พอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการใส่วัสดุปุ๋ยจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อทำการใส่วัสดุปุ๋ยเท่ากับความต้องการของปุ๋ย ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปุ๋ยส่งผลให้ธาตุอาหารของพืชอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2532) ดังนั้นการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของอินทรีย์วัตถุในดินให้มากขึ้น จึงเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของข้าวในพื้นที่ภาคเหนือ โดยวิธีการหนึ่งที่กรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมคือ การใช้ปุ๋ยเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดินอย่างมีประสิทธิภาพและไม่เป็นอันตรายต่อพืชปลูก ควรใส่ปุ๋ยตามปริมาณที่ให้คำแนะนำหรือใส่เพียงครั้งหนึ่งในปีแรกและที่เหลือใส่อีกครั้งในปีต่อไป และควรปล่อยให้ปุ๋ยทำปฏิกิริยากับดินสักระยะหนึ่งก่อนปลูกพืช รวมถึงการใช้พืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ปอเทือง และ ถั่วพุ่ม เป็นพืชปุ๋ยสดร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อให้เกษตรกรสามารถใส่ปุ๋ยในการเพาะปลูกได้อย่างเหมาะสม แทนวิธีการเดิมที่เคยปฏิบัติ ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงเรื่องคุณภาพของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในดิน และยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตด้านปุ๋ย ช่วยลดปัญหาเรื่องการเสื่อมโทรมของดินที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยไม่ถูกต้อง ซึ่งปัญหาที่พบบ่อย ได้แก่ การที่ดินขาดสมดุลของธาตุอาหารพืช เพราะมีการสะสมของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินในระดับสูง และเป็นกรดเพิ่มขึ้น เพราะใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป การปรับปรุงบำรุงดินด้วยพืชปุ๋ยสดจะช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุ เพิ่มธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ ปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดิน สำหรับบาทของพืชปุ๋ยสดในการเสริมธาตุอาหารพืชนั้น การเพิ่มไนโตรเจนมีความสำคัญที่สุด โดยพืชปุ๋ยสดพวกพืชตระกูลถั่วสามารถเพิ่มไนโตรเจนในดินได้เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี 12-16 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) เกษตรกรควรหันมาให้ความสนใจเรื่องปุ๋ยอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยพืชสดประเภทพืชตระกูลถั่ว เพื่อพัฒนาศักยภาพในการเพาะปลูก และผลิตข้าวในพื้นที่ภาคเหนือ สู่ระบบเกษตรอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินบางประการภายหลังการจัดการดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวนาขั้นบันได
2. เพื่อศึกษาวิธีการจัดการดินกรดที่เหมาะสมในนาขั้นบันไดบนพื้นที่สูง
3. เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การตรวจเอกสาร

ระบบการผลิตข้าวบนพื้นที่สูง มี 2 ระบบ คือ ข้าวไร่ และข้าวนาสวน โดยข้าวไร่ปลูกบริเวณไหล่เขาที่มีความลาดชัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ด้วยการพิจารณาการพักฟื้นดิน คือ ระบบการทำไร่แบบย้ายที่ (shifting cultivation) และระบบการทำไร่หมุนเวียน (rotation swidden) การทำไร่แบบย้ายที่เป็นการถางและเผาก่อนเตรียมดินและจะปลูกจนดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ หรือผลผลิตข้าวลดลงแล้วค่อยย้ายไปพื้นที่ใหม่โดยไม่กลับมาใช้พื้นที่เดิมอีก ส่วนการทำไร่หมุนเวียนเป็นระบบการเพาะปลูกในระยะเวลาสั้น แต่ใช้เวลาพักดินนาน โดยการถางและเผาไร่เพื่อปลูกพืชเพียง 1-2 ปี แล้วปล่อยให้ฟื้นตัวตามธรรมชาติประมาณ 5-10 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระบบนี้ค่อนข้างยั่งยืน ส่วนข้าวนาสวนเป็นแบบนาขั้นบันไดบริเวณที่ราบไหล่เขาและระหว่างหุบเขา ซึ่งถือได้ว่านาขั้นบันไดเป็นระบบการเกษตรบนภูเขาที่ยั่งยืนในระดับไร่นาระบบหนึ่ง (จันทร์บูรณ์, 2539) แม้ว่าการผลิตข้าวนาขั้นบันไดจะเป็นระบบการเกษตรที่ยั่งยืนบนพื้นที่สูงระบบหนึ่ง ซึ่งสามารถสร้างผลผลิตข้าวที่มีเสถียรภาพเฉลี่ยต่อพื้นที่สูงเป็น 3-4 เท่า เทียบกับการปลูกข้าวไร่ในสภาพดินที่มีความลาดชัน แต่พื้นที่ปลูกข้าวนาขั้นบันไดในที่ราบระหว่างหุบเขาของภาคเหนือตอนบนนั้นมีน้อยเพียง 94,725 ไร่ หรือ 10.3 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกข้าวบนพื้นที่สูงทั้งหมด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

การพัฒนากระบวนการปลูกข้าวในสภาพนาขั้นบันได เป็นการทำนาบนพื้นที่สูงโดยการขุดปรับพื้นที่สภาพไร่ ซึ่งเคยใช้ปลูกข้าวไร่ หรือพืชไร่อื่นๆ ปรับเปลี่ยนเป็นพื้นที่นา ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาการทำไร่เลื่อนลอย ช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวที่มีเสถียรภาพเฉลี่ยต่อพื้นที่ และสร้างความมั่นคงทางอาหารบนพื้นที่สูงที่ยั่งยืน ศิวะพงศ์ และสมเกียรติ (2549) พบว่าการปลูกข้าวในสภาพไร่ได้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยเพียง 142 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อมีการขุดปรับพื้นที่เป็นนาขั้นบันไดได้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 125 เปอร์เซ็นต์ ในปีแรกและเพิ่มขึ้นในฤดูนาปีถัดมาเป็น 47 เปอร์เซ็นต์ ปรีดา และคณะ (2551) ได้พัฒนาระบบการปลูกข้าวเป็นแบบนาขั้นบันไดในโครงการพัฒนาบ้านกอก-บ้านจูน (อันเนื่องมาจากพระราชดำริ) ตำบลภูคา อำเภอปัว จังหวัดน่าน มีพื้นที่ปลูกข้าวนาขั้นบันไดทั้งหมด 500 ไร่ และพัฒนาเป็นระบบนาดำในนาขั้นบันไดแล้ว 92 ไร่ โดยเกษตรกร 62 รายได้ผลผลิตข้าวประมาณ 300 กิโลกรัมต่อไร่ ในการปลูกแบบข้าวไร่ และ 430-699 กิโลกรัมต่อไร่ ในสภาพการปลูกแบบนาดำ สมเกียรติ (2552) รายงานว่าในปีที่หนึ่งการขุดปรับพื้นที่เป็นนาขั้นบันไดเพียงอย่างเดียวสามารถสร้างผลผลิตข้าวได้มากกว่าการปลูกข้าวไร่ระบบเดิมไม่น้อยกว่า 1 เท่า และหากมีการปรับปรุงบำรุงดินในนาขั้นบันไดผืนใหม่ผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ และนาขั้นบันไดที่ถูกสร้างขึ้นมานี้ยังมีศักยภาพการสร้างผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นอีกไม่ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หากมีการใช้พันธุ์ข้าวทางราชการที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมบนพื้นที่สูงได้ดี จากการศึกษาของ อภิวัฒน์ และวีรวรรณ (2552) เปรียบเทียบพื้นที่ปลูกและผลผลิตข้าวแบบนาขั้นบันได

พบว่าสภาพข้าวไร่มีการใช้พื้นที่มากกว่าประมาณ 8 เท่าของสภาพข้าวนาขั้นบันได แต่ผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างกัน

การทำนาขั้นบันได เป็นการทำนาบนพื้นที่สูงโดยการขุดปรับพื้นที่สภาพไร่ ซึ่งเคยใช้ปลูกข้าวไร่หรือพืชไร่อื่นๆ ปรับเปลี่ยนเป็นพื้นที่นา พันธุ์ข้าวที่ปลูกบนพื้นที่สูงในสภาพนาขั้นบันไดส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พื้นเมือง การเลือกใช้พันธุ์ข้าวสำหรับปลูกในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันไปขึ้นกับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางและสภาพแวดล้อม (ปริดา และคณะ, 2553) ซึ่งการทำนาขั้นบันไดเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาการทำไร่เลื่อนลอย ช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวและสร้างความมั่นคงทางอาหารบนพื้นที่สูงนาขั้นบันไดหลังจากปรับพื้นที่เสร็จใหม่ ความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงจะไม่สม่ำเสมอ โครงสร้างของดินยังไม่เหมาะสมในการทำนา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงบำรุงดินโดยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ โดยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือการปลูกพืชตระกูลถั่วแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด นอกจากนี้จะต้องมีการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยใส่ปูนโดโลไมท์ และเพิ่มระดับปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็น เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมให้มีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว (ศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือ (ตอนบน), 2553)

สมชาย และปฏิภาณ (2543) ได้ทดสอบความเป็นไปได้ของการทำนาขั้นบันไดในเขตภูเขาในไร่นาเกษตรกร อำเภอแม่ฟ้าหลวง และอำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย พบว่าเมื่อขุดเป็นนาขั้นบันไดมีการแทรกซึมของน้ำสูงจะขังในนาได้ข้ามคืนเท่านั้น แต่ดินในนาขั้นบันไดก็แห้งช้ากว่าดินในแปลงข้าวไร่ ผลผลิตข้าวที่ปลูกในนาขั้นบันไดได้สูงกว่าข้าวไร่ แสดงแนวโน้มว่านาขั้นบันไดจะยั่งยืนกว่าแปลงข้าวไร่การปลูกข้าวในสภาพไร่ได้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยเพียง 142 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อขุดปรับพื้นที่เป็นนาขั้นบันไดได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 125 เปอร์เซ็นต์ ในปีแรกและเพิ่มขึ้นอีกในฤดูนาปีถัดไปเป็น 47 เปอร์เซ็นต์ (ศิระพงศ์ และสมเกียรติ, 2549) สอดคล้องกับอภิวัฒน์ และวีรวรรณ (2552) ได้ทำการขุดปรับพื้นที่จากสภาพดินไร่เป็นนาขั้นบันได พบว่าดินนาขุดใหม่มีศักยภาพการสร้างผลผลิตข้าวได้สูงขึ้นจากเดิมเป็น 85 และ 63 เปอร์เซ็นต์ จากการปลูกข้าวพันธุ์ชีวแม่จันในสภาพนาขั้นบันไดอาศัยน้ำชลประทานและน้ำฝนตามลำดับ

จากการศึกษาสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินข้าวไร่ในภาคเหนือตอนบนของ ประพิศ และวิศิษฐ์ (2533) พบว่าปฏิกิริยาของดินส่วนใหญ่มีค่าเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงเกือบเป็นกลาง (ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน 4.8- 6.3) ในบริเวณที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงนั้นอาจเนื่องมาจากการเผาพื้นที่ก่อนปลูกพืชเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและดินร่วนเหนียว ซึ่งเม็ดดินยึดเกาะกันอย่างหลวมๆ ง่ายต่อการชะล้างพังทลายดินมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (cation exchange capacity, CEC: 12.89 ± 3.21 me/100gm) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินระดับปานกลาง 3.18 ± 1.67 และสูงกว่าค่าเฉลี่ยของดินนาภาคเหนือทั่วไป ซึ่งมีค่าประมาณ 2.35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำและมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอินทรีย์วัตถุในดิน ($r=0.953^{**}$) ดังนั้นเมื่อทราบปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก็สามารถประเมินปริมาณไนโตรเจนในดินได้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Bray II) มีค่าต่ำจนถึงสูง 2.8-42.7 มิลลิกรัมต่อก

โกลรัม ดังนั้นในบริเวณที่มีค่าสัปดาห์ฟอสฟอรัสต่ำกว่าระดับวิกฤติ (10-17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยฟอสเฟต สำหรับปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี มีค่าในระดับสูงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว การประเมินธาตุอาหารหลักที่เป็นตัวจำกัดในการผลิตข้าวขึ้นบันไดของ สมเกียรติ (2546) พบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในทำนองเดียวกันกับการขยายผลเทคโนโลยีการใส่ฟอสฟอรัสในดินนาเกษตรกรในโครงการสถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงตามพระราชดำริคดอยอมพายของ ศิวะพงศ์ และสมเกียรติ (2549) การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในนาขึ้นบันไดทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 63 เปอร์เซ็นต์ ในปีแรก และเพิ่มขึ้นอีก 6 เปอร์เซ็นต์ ในปีที่สอง (เนื้อดินร่วนเหนียวปนทราย ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 4.8 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 3.10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) นอกจากนี้ สมชาย และปฏิภาณ (2543) รายงานว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และความเป็นกรดของดินเป็นปัจจัยด้านความอุดมสมบูรณ์ที่จำกัดการเจริญเติบโตของข้าวบนพื้นที่สูงมากที่สุด การขาดธาตุฟอสฟอรัสทำให้ลำต้นข้าวแคระแกร็น การแตกกออ่อน ใบแคบสั้น ตั้งตรงมีสีเขียวเข้ม และให้ผลผลิตต่ำ การใส่หินฟอสเฟต (0-4-0) อัตรา 350 กิโลกรัมต่อไร่ (20 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อดิน 1 กิโลกรัม) ใส่ในดินนาที่สูงของเกษตรกร ซึ่งมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (วิธี Bray II ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อดิน 1 กิโลกรัม) ทำให้ข้าวที่ปลูกในปีที่สอง มีการตอบสนองต่อการใส่หินฟอสเฟตอย่างชัดเจนและผลผลิตเพิ่มขึ้น 34 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะของดินบนพื้นที่สูงจะมีลักษณะและความอุดมสมบูรณ์ของดินตามธรรมชาติแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของหินต้นกำเนิดดิน ในสภาพทั่วไปจะเป็นแบบดินภูเขาที่มีความเป็นกรดเป็นด่างผันแปรระหว่าง 4.5-5.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง 3.5-5.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและซิลเฟอร์ที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำมากไม่เพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโตของข้าว แต่ในขณะเดียวกันปริมาณธาตุโพแทสเซียมและแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้มีมาก เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนมีความหนาแน่นดินรวมประมาณ 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถือว่าต่ำมากแสดงว่ามีความโปร่งพรุน อัตราการแทรกซึมสูงและซึมน้ำได้ไม่นาน (สมชาย และปฏิภาณ, 2543) โดยทั่วไปสภาพพื้นที่ปลูกข้าวไร่ส่วนมากมีความลาดชัน ลักษณะของดินเป็นดินเนื้อหยาบตั้งแต่ดินร่วนจนถึงดินร่วนปนทราย หน้าดินชั้น ระบายน้ำได้ดีมากจะเป็นดินที่ผ่านการใช้ทำการเกษตรจนเป็นดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ เกษตรกรปลูกข้าวไร่แล้วมักจะไม่มี การปฏิบัติดูแลรักษา ผลผลิตโดยทั่วไปอยู่ในระดับต่ำ การเพิ่มผลผลิตทำได้โดยการเพิ่มพื้นที่ปลูกหรือย้ายไปปลูกในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินมากกว่า ทำให้เกิดการบุกรุกทำลายป่าและการทำไร่เลื่อนลอย

การปรับปรุงบำรุงดินบนพื้นที่ดอนและพื้นที่ลาดชันทำได้หลายอย่างเช่น การใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอกปุ๋ยหมัก ตลอดจนการใช้ปุ๋ยเคมีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง รวมทั้งสมบัติทางกายภาพของดินไม่เหมาะสม การเพิ่มอินทรีย์วัตถุเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคาการผลิตข้าวบนพื้นที่ลาดชันโดยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ดังนั้นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่อการ

ปรับปรุงบำรุงดิน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุมีบทบาทมากในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ปัจจุบันปุ๋ยเคมีราคาสูงมาก การใช้เศษพืชหรือวัสดุเหลือใช้ในไร่นากลับลงไปไถดิน เป็นวิธีควรปฏิบัติมากกว่าปล่อยให้เสียไป นอกจากนี้การปลูกพืชบำรุงดิน การใช้ปุ๋ยพืชสดและการคลุมดินเป็นวิธีการที่เป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับปลูกพืชไร่

การลดความเป็นกรดในดินที่นิยมโดยทั่วไป คือ โดยการใส่ปูน วัสดุปูนที่ใช้สำหรับปรับปรุงดินกรด เพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้สูงขึ้น ได้แก่ ออกไซด์ไฮดรอกไซด์คาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียม การใช้ปูนเป็นวิธีการที่นิยมและปฏิบัติ ได้ง่ายในการปรับระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เป็นกรดจัด (เจริญ และคณะ, 2540) การใช้ปูนเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดินอย่างมีประสิทธิภาพและไม่เป็นอันตรายต่อพืชปลูก ควรใส่ปูนตามปริมาณที่ให้คำแนะนำหรือใส่เพียงครึ่งหนึ่งในปีแรกและที่เหลือใส่อีกครั้งในปีต่อไป และควรปล่อยให้ปูนทำปฏิกิริยากับดินสักระยะหนึ่งก่อนปลูกพืช ซึ่งการใส่ปูนขาวจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อทำการใส่ปูนขาวเท่ากับความต้องการของปูน ทำให้พีซีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปูนส่งผลให้ธาตุอาหารของพืชอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็ตามดินกรดทั่วไปนั้นมักขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน ดังนั้นหลังจากการปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินให้มีความเหมาะสมแล้ว จำเป็นจะต้องมีการเพิ่มธาตุอาหารลงไปไถดิน โดยเฉพาะปุ๋ยที่ทำให้ธาตุอาหารเพิ่มขึ้นซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้การไถกลบปุ๋ยพืชสดทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงขึ้นเป็นต้น การเพิ่มอินทรีย์วัตถุจากการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ของดินสูงขึ้น (Allison, 1973) การไถกลบไสอินทรีย์ในนาข้าวจะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาสูงสุดภายใน 28 วัน ซึ่งเป็นช่วงพอดีกับระยะข้าวตั้งท้องที่ต้องการธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจนสูงหรือแอมโมเนียมซัลเฟตได้ประมาณ 24-48 กิโลกรัมต่อไร่ และ 57-59 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (มุกดา, 2547) พืชตระกูลถั่วเขตร้อนที่มีศักยภาพในการใช้เป็นพืชปุ๋ยสดที่ระยะออกดอก พบว่าปอเทืองให้น้ำหนักสด 15-31 ตันต่อเฮกตาร์ ถั่ว cow pea เมล็ดดำ 7-25 ตันต่อเฮกตาร์ ถั่วเขียว 4-25 ตันต่อเฮกตาร์ ไสอินทรีย์ 3-17 ตันต่อเฮกตาร์และถั่วนี้วนางแดง 2-19 ตันต่อเฮกตาร์ (ประชา และปรัชญา, 2535)

ชุดดินหนองมด (Nm) จัดอยู่ใน Clayey, kaolinitic, isohyperthermic, Oxic Paleustults เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินแกรนิตบริเวณพื้นที่ภูเขา รวมถึงที่เกิดจากวัสดุดินหรือหินที่เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะใกล้ๆ ในภาคเหนือมีพื้นที่ประมาณ 379,053 ไร่ โดยกระจายอยู่ในพื้นที่หลายจังหวัด ส่วนใหญ่พบบริเวณพื้นที่เหลือค้างจากการกร่อน มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลอนชัน มีความลาดเทอยู่ระหว่าง 2-20 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือร่วนเหนียว สีนํ้าตาลเข้มหรือนํ้าตาลเข้มปนเทา ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว สีนํ้าตาลแดงหรือแดงปนเหลือง และในเนื้อดินจะพบเศษควอตซ์ หรือทรายหยาบปะปนอยู่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 5.0-5.5 ดินชุดนี้ใช้ประโยชน์ในการปลูก

พืชไร่ ไม้ผล และพืชผัก ปัญหาที่พบได้แก่การชะล้างพังทลายของหน้าดิน ขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง แก้ไขโดยการเข้ามาตรึงการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

พืชตระกูลถั่วที่นิยมนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดมีหลายชนิด แต่ที่เหมาะสมในไทยและนิยมใช้ในภาคเหนือได้แก่ ถั่วพรี (Canavalia ensiformis) ให้น้ำหนักสดประมาณ 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้นโตรเจน 10-20 กิโลกรัมต่อไร่ ถั่วพุ่ม (*Vigna spp.*) ให้น้ำหนักสดประมาณ 1-4 ตันต่อไร่ ให้นโตรเจน 10-20 กิโลกรัมต่อไร่ ปอเทือง (*Crotalaria juncea*) ให้น้ำหนักสดประมาณ 1.5-3 ตันต่อไร่ ให้นโตรเจน 10-20 กิโลกรัมต่อไร่ โสนอัฟริกัน (*Sesbania rostrata*) ให้น้ำหนักสดประมาณ 2-4 ตันต่อไร่ ให้นโตรเจน 12-20 กิโลกรัมต่อไร่ ถั่วมะแฮะ (*Cajanus cajan*) เป็นไม้พุ่มขนาดเล็กสามารถเจริญเติบโตข้ามปีได้ เมล็ดนำมาใช้ประกอบอาหารได้ รากของถั่วมะแฮะแห้งลิกมากสามารถหมუნเวียนธาตุอาหารพืชที่อยู่ระดับลึกมาใช้ประโยชน์ได้ ให้น้ำหนักประมาณ 6 ตันต่อไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการไถกลบต้น ใบ และส่วนต่างๆ ของพืชในระยะช่วงออกดอก ซึ่งเป็นช่วงที่มีธาตุอาหารสูงสุดแล้วปล่อยให้เน่าเปื่อยผุพัง ย่อยสลายเป็นอาหารแก่พืชที่จะปลูกตามมา ได้แก่ โสนอินเดีย ปอเทือง อัญชัน ไมยราพไร้หนาม พืชตระกูลถั่วต่างๆ เป็นต้น พืชปุ๋ยสดนั้นมีย่อยด้วยกันมากมายหลายชนิดทั้งที่เป็นพืชตระกูลถั่วและที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่วที่มีใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย คือ พืชตระกูลถั่ว เป็นต้น (Ekaset.net, 2011) สอดคล้องกับกรมพัฒนาที่ดิน (2550) ได้ให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน โดยปุ๋ยพืชสดเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการสับหรือกลบพืชตระกูลถั่วขณะที่ออกดอกลงไปในดิน โดยมีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ หลังจากนั้นต้องปล่อยให้ย่อยสลายประมาณ 1-2 สัปดาห์ จะให้ธาตุอาหารพืชและเพิ่มอินทรีย์วัตถุแก่ดินและเป็นประโยชน์แก่พืชที่ปลูก ประโยชน์ของพืชปุ๋ยสด ได้แก่ ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เพิ่มธาตุไนโตรเจนหลักให้แก่พืช กรดที่ได้จากการผุพังของพืชสดช่วยละลายธาตุอาหารในดินให้แก่พืช บำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน รักษาความชื้นในดินและช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น ทำให้ดินร่วนซุย สะดวกในการเตรียมดิน ช่วยควบคุมและกำจัดวัชพืชบางชนิดได้ดีลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงลดอัตราสูญเสียหน้าดินจากการชะล้าง เพิ่มผลผลิตของพืชให้สูงขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นคร (2554) ได้ศึกษาการใช้พืชปุ๋ยสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ปลูกข้าวนาดำ พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดมีผลต่อสมบัติทางเคมี และกายภาพของดินใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมีแบบเกษตรกร เกษตรกรสามารถใช้ปุ๋ยพืชสดทดแทนปุ๋ยเคมีได้ โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ปอเทือง (*Crotalaria juncea*) ลักษณะลำต้นตั้งตรงแตกกิ่งก้านสาขามาก มีดอกสีเหลือง จะออกดอกเมื่ออายุประมาณ 45-50 วัน ขึ้นได้ดีในพื้นที่ดอนที่มีการระบายน้ำดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง ทนแล้งได้ดี ปลูกโดยวิธีการหว่าน อัตราเมล็ดเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

เฉลี่ยอยู่ในช่วง 2,500-3,000 และ 500-840 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เฉลี่ย 2.76 0.22 2.40 1.53 2.04 และ 0.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดปรับปรุงดิน โดยปลูกเป็นพืชหมุนเวียนหรือปลูกแซมกับพืชหลัก (จำลอง และคณะ, 2544)

การใช้ปุ๋ยพืชสดเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าว ปุ๋ยพืชสดสามารถเจริญเติบโตเป็นปุ๋ยพืชสดในพื้นที่สูงได้ จากรายงาน อภิวัฒน์ และวีรวรรณ (2552) ขณะไถกลบปุ๋ยพืชสดลงไปในพื้นที่สูงบนทราย ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.16 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 9.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 193 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วงต้นฤดูฝน (อายุปุ๋ยพืชสดประมาณ 55 วัน) ปุ๋ยพืชสดมีการสะสมน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ 534 ± 140 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปริมาณไนโตรเจนสะสมจำนวน 10.6 ± 2.8 กิโลกรัมต่อไร่ วิธีการใช้ปุ๋ยพืชสดเป็นปุ๋ยพืชสดเพียงอย่างเดียวทำให้ได้ผลผลิตข้าวพันธุ์กข 39 เป็น 494 กิโลกรัมต่อไร่ หรือเพิ่มขึ้น 41 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงนาข้าวที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ซึ่งได้ผลผลิตข้าวเพียง 351 กิโลกรัมต่อไร่ และยังพบว่าหากมีการใช้ปุ๋ยพืชสดรวมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งของคำแนะนำทำให้ได้ผลผลิตข้าวสูงเฉลี่ย 710 กิโลกรัมต่อไร่และไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำซึ่งได้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 699 กิโลกรัมต่อไร่

ในการศึกษาการใช้พืชตระกูลถั่ว 5 ชนิด คือ โสนอินเดีย โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่มดำ ถั่วเขียว และถั่วลิสงเป็นพืชบำรุงดินโดยการไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดทิ้งไว้ 15 วัน จึงปลูกข้าวตามในชุดดินบางนรา (กลุ่มชุดดินที่ 6) พบว่าถั่วพุ่มดำมีความเหมาะสมต่อการปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดก่อนการปลูกข้าว เนื่องจากให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 2 ปีสูงสุด 4,891 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตข้าวที่ปลูกตามมาเฉลี่ย 2 ปีสูงสุด 593 กิโลกรัมต่อไร่ (สมศักดิ์, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการไถกลบโสนอัฟริกัน ปุ๋ยพืชสดและถั่วพุ่มในชุดดินปากช่อง (Pc) หลังจากการย่อยสลายเป็นเวลา 15 วันระดับไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยจาก 0.12 เป็น 0.18 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสโพแทสเซียมโดยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยจาก 106 และ 148 เป็น 139 และ 174 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Arunin *et al.*, 1994) พืชตระกูลถั่วเขตร้อนที่มีศักยภาพในการใช้เป็นปุ๋ยพืชสดที่ระยะออกดอก พบว่าปุ๋ยพืชสดให้น้ำหนักสด 15-31 ต้นต่อเฮกตาร์ ถั่วพุ่มดำ 7-25 ต้นต่อเฮกตาร์ ถั่วเขียว 4-25 ต้นต่อเฮกตาร์ โสนอัฟริกัน 3-17 ต้นต่อเฮกตาร์ และถั่วเขียวแดง 2-19 ต้นต่อเฮกตาร์ (ประชาและปรัชญา, 2535) จากรายงานวิจัยการใช้พืชตระกูลถั่ว 3 ชนิดเป็นปุ๋ยพืชสดสำหรับมันสำปะหลัง ได้แก่ ถั่วพุ่ม ปุ๋ยพืชสด และถั่วมะแฮะ แล้วไถกลบเมื่ออายุ 60 วัน ซึ่งมีผลต่อการปลูกมันสำปะหลัง โดยที่แปลงควบคุมไม่มีการปลูกพืชตระกูลถั่วให้ผลผลิตเฉลี่ย 1.88 ต้นต่อไร่ แต่เมื่อมีการปลูกถั่วพุ่ม ปุ๋ยพืชสด และถั่วมะแฮะ ปรับปรุงดิน จะยกระดับการผลิตมันสำปะหลังได้โดยเฉลี่ย 5 ปีเพิ่มขึ้นเป็น 2.49 2.13 และ 1.92 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ (กอบเกียรติ และคณะ, 2534) นอกจากนี้การศึกษาของ นงปวีณ์ (2549) โดยการใช้ถั่วพุ่ม ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะและปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดดินมาบอบน พบว่าผลผลิตมันสำปะหลังต่อบนของต่อปุ๋ยพืชสดและถั่วพุ่มให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 5,499 และ

4,527 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด 1,487 และ 1,157 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์แป้งวิธีการที่ใช้ถั่วพุ่มให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงสุด คือ 30.07 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ	เริ่มต้นเดือน	ตุลาคม	พ.ศ. 2559
	สิ้นสุดเดือน	กันยายน	พ.ศ. 2560

สถานที่ดำเนินการ

สถานที่ตั้ง บ้านเล่าผู้ หมู่ที่ 20 ตำบลป่าตึง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย
พิกัด UTM zone 47Q 569771 E 2223869 N

Site characterization

ชุดดินหนองมด (Nong Mot series: Nm) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29 เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินแกรนิตบริเวณพื้นที่ภูเขา รวมถึงที่เกิดจากวัสดุหินหรือหินที่เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไกลๆ โดยแรงโน้มถ่วงบริเวณเชิงเขา พบในสภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน มีการระบายน้ำดีปานกลางถึงค่อนข้างเลว การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลางถึงช้า การใช้ประโยชน์ที่ดินตัดแปลงทำนา การจัดเรียงชั้นดินเป็นแบบ Ap-Bt1-Bt2

ลักษณะและสมบัติดิน จากการสำรวจในพื้นที่ดำเนินการ พบว่า เป็นดินสีมาก ดินบนหนา ประมาณ 15-20 เซนติเมตร มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม พบจุดประสีเหลืองปนแดง สีแดงปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0 ส่วนดินล่างตอนบน เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาล พบจุดประสีเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.0-5.5 ดินล่างตอนล่างเป็นดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาล พบจุดประสีเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวเจ้า พันธุ์พื้นเมือง (พันธุ์จะแปะแม)
2. เมล็ดพันธุ์ปอเทือง
3. ปุ๋นโดโลไมท์
4. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 46-0-0 0-46-0 และ 0-0-60
5. ไม้หลัก เทปวัดระยะ อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างดิน

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) มี 6 วิธีการ 4 ซ้ำ คือ
วิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 16 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 16 กิโลกรัมต่อไร่
วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 4.37 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 อัตรา 6.52 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตรา 1.35 กิโลกรัมต่อไร่)
วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋นโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋นของดิน (ใช้ปุ๋นโดโลไมท์ อัตรา 415 กิโลกรัมต่อไร่)
วิธีการที่ 4 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 2.19 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 อัตรา 3.26 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตรา 0.68 กิโลกรัมต่อไร่)
วิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋นโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋นของดิน (ใช้ปุ๋นโดโลไมท์ อัตรา 415 กิโลกรัมต่อไร่) และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 2.19 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 อัตรา 3.26 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตรา 0.68 กิโลกรัมต่อไร่)
วิธีการที่ 6 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ ใส่ปุ๋นโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋นของดิน (ใช้ปุ๋นโดโลไมท์ อัตรา 415 กิโลกรัมต่อไร่)

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 สำรวจและคัดเลือกพื้นที่ ที่จะใช้เป็นแปลงทดลองสำหรับปลูกข้าวนาขั้นบันไดบนพื้นที่สูง บ้านเล่าฝู หมู่ที่ 20 ตำบลป่าตึง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย แปลงทดลองนาขั้นบันไดมีความลาดชัน 5 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ 2 ไร่

2.2 เตรียมแปลงทดลอง ที่มีขนาดกว้าง 14.5 เมตร ยาว 21.5 เมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยกว้าง 3x3 ตารางเมตร จำนวน 24 แปลง และมีร่องระบายน้ำ ยกคั่นกว้าง 0.5 เมตร สูง 0.4 เมตร

2.3 การเตรียมดิน เนื่องจากสภาพพื้นที่เป็นที่ลาดชันสูง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว การระบายน้ำดี การเตรียมดินก่อนปลูกข้าว โดยตีดินให้ละเอียดและขณะทำเทือกเป็นการทำลายโครงสร้างดิน เพื่อให้อนุภาคดินเหนียวและดินร่วน ตกตะกอนไปอุดช่องว่างในดิน และทำให้เกิดชั้นดานในระดับความลึก 20 เซนติเมตร เพื่อลดการไหลของน้ำลงสู่ชั้นล่าง

2.4 การใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ ในช่วงเตรียมดินก่อนปลูกข้าว โดยหว่านปุ๋ยโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน (อัตรา 415 กิโลกรัมต่อไร่) ในเดือนเมษายน

2.5 การปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) โดยหว่านเมล็ด อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ ในเดือนพฤษภาคม แล้วไถกลบอายุ 45 วัน

2.6 การปลูกข้าว ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ โดยจะตกกล้าในเดือน มิถุนายน และปักดำในเดือน กรกฎาคม ใช้ระยะปักดำ 20x20 เซนติเมตร จำนวนกล้า 3 ต้นต่อจับ

2.7 การใส่ปุ๋ย โดยใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา อัตรา 4.37 กิโลกรัมต่อไร่ สูตร 0-46-0 อัตรา 6.52 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 0-0-60 อัตรา 1.35 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในวิธีของเกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 16 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 16 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่หลังจากปลูกข้าว 30 วัน และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวอายุ 60 วัน

2.8 การดูแลรักษา

2.8.1 การป้องกันกำจัดโรคและแมลง หลังจากปลูกข้าวได้ 7 วัน มีการดูแลแปลงข้าวไม่ให้ขาดน้ำ เพื่อให้ข้าวไม่เกิดความเครียด พันธุ์ข้าวพื้นเมือง (พันธุ์จะแปะแม) เป็นพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคในท้องถิ่น จึงไม่ต้องมีวิธีการพิเศษ

2.8.2 การกำจัดวัชพืช โดยใช้แรงงานคน ทำการกำจัดวัชพืชจำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกหลังข้าวปักดำ 25 วัน และครั้งที่สองหลังจากปักดำ 45 วัน

2.8.3 การให้น้ำ ดูแลแปลงข้าวหลังหว่าน 7 วัน ไม่ให้ขาดน้ำ โดยปล่อยน้ำเข้าแปลงตามร่องระบายน้ำด้านหัวแปลงอย่างช้าๆ เพื่อให้ดินอยู่ตัวในระยะแรก และระวังไม่ให้น้ำไหลล้นจากพื้นที่

2.9 การเก็บบันทึกข้อมูล

2.9.1 ข้อมูลดิน ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว แบบ composite จำนวน 3 จุดต่อแปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสมบัติ

ทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์หาความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง pH meter ใช้ดิน:น้ำอัตราส่วน 1:1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) วิเคราะห์โดยใช้วิธีของ Walkley and Black (1947) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus; Avail. P) วิเคราะห์โดยวิธี Bray II (Bray and Kurt, 1945) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium; Exch. K) วิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc 1N pH 7 (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547)

2.9.2 ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าว

ความสูงของข้าว วัดความสูงของต้นข้าวจากโคนต้นถึงปลายรวง ที่ระยะข้าวสุกแก่เต็มที่ (ระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา) แปลงย่อยละ 10 ต้น จำนวน 24 แปลงย่อย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าว จำนวนต้นตอกอ สุ่มนับจำนวนต้นตอกอ แปลงย่อยละ 10 กอ จำนวน 24 แปลงย่อย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยจำนวนต้นตอกอ

น้ำหนักฟางข้าว หลังจากนวดข้าวด้วยการฟาดด้วยมือ ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 1x2 ตารางเมตร แปลงย่อยละ 1 จุด ชั่งน้ำหนักฟางข้าว แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักฟางข้าวต่อไร่

2.9.3 เก็บข้อมูลองค์ประกอบและผลผลิตข้าว ในระยะหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต

น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด หลังจากนวดข้าวด้วยการฟาดด้วยมือ ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 1x2 ตารางเมตร แปลงย่อยละ 1 จุด แล้วทำความสะอาดเมล็ดข้าวเอาเศษฟางข้าวออก แล้วสุ่มเก็บเมล็ดข้าวจำนวน 200 กรัมต่อตัวอย่าง รวมทั้งหมด 24 แปลงๆ ละ 1 ตัวอย่าง นำไปสุมนับ เมล็ดข้าว 100 เมล็ด แล้วชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง

เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว หลังจากนวดข้าวด้วยการฟาดด้วยมือ ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 1x2 ตารางเมตร แปลงย่อยละ 1 จุด แล้วทำความสะอาดเมล็ดข้าวเอาเศษฟางข้าวออก แล้วสุ่มเก็บเมล็ดข้าวจำนวน 200 กรัมต่อตัวอย่าง รวมทั้งหมด 24 แปลงๆ ละ 1 ตัวอย่าง นำไปสุมนับเมล็ดข้าว 100 เมล็ด จากนั้นแยกเมล็ดดี เมล็ดลีบออกจากกัน ใน 100 เมล็ด คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหากมีเมล็ดดี 80 เมล็ด เมล็ดลีบมี 20 เมล็ด ก็จะได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว 80 เปอร์เซ็นต์

ผลผลิตข้าว นวดข้าวด้วยการฟาดด้วยมือ ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 1x2 ตารางเมตร แปลงย่อยละ 1 จุด แล้วทำความสะอาดเมล็ดข้าวเอาเศษฟางข้าวออก แล้วชั่งเมล็ดข้าวทั้งหมด ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 1x2 ตารางเมตร แปลงย่อยละ 1 จุด น้ำหนักเป็นกิโลกรัม แล้วคำนวณกลับไปหา น้ำหนักเมล็ดข้าวเป็นกิโลกรัมต่อไร่ เป็นน้ำหนักเมล็ดข้าว หลังจากการนวดข้าวด้วยการฟาดด้วยมือ มีความชื้นประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์

2.9.4 ข้อมูลพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) เก็บข้อมูลพืชปุ๋ยสดแยกตามวิธีการทดลอง ดังนี้

น้ำหนักสด เก็บตัวอย่างพืชปุ๋ยสดปอเทือง ทำการเก็บตัวอย่างในระยะก่อนการไถกลบ โดยใช้มีดตัดให้ชิดโคนต้น พื้นที่เก็บตัวอย่าง 1x2 ตารางเมตร แปลงย่อยละ 1 จุด เป็นส่วน

ของใบ ลำต้น และดอกเหนือดิน แล้วชั่งน้ำหนักสดขณะที่อยู่ในแปลงเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำหนักสดหายไป แล้วคำนวณกลับไปหาน้ำหนักสดต่อไร่

2.10 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ปี พ.ศ. 2560 และหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2560

1.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil pH)

ก่อนการทดลองปี 2560 เก็บตัวอย่างดินแบบรวม (composite sample) ผลการวิเคราะห์พบว่า ดินมีสภาพเป็นกรดจัด (strong acid) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.2

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินหลังการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าอยู่ระหว่าง 4.9-5.5 โดยวิธีการที่ 3 ใส่ปูนโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปูนของดิน วิธีการที่ 6 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปูนของดิน และวิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มสูงขึ้นจาก 5.2 เป็น 5.5 5.4 และ 5.4 ตามลำดับ และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่แตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการ ที่ 1 วิธีการของเกษตรกร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างจาก 5.2 เป็น 5.3 แต่ในวิธีการที่ 4 การปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และวิธีการที่ 5 ใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปูนของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงจาก 5.2 เป็น 4.9 (ตารางที่ 1) เนื่องจากการสลายตัวของพืชปุ๋ยสดทำให้เกิดกรดอินทรีย์และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเพิ่มไฮโดรเจนไอออน (โปรตอน) ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดต่ำกว่าเดิม (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ส่วนการใช้วัสดุปูนทั่วไป ได้แก่ สารประกอบออกไซด์ หรือไฮดรอกไซด์และคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียม แคลเซียมจะไปไล่ที่ไฮโดรเจนไอออนจากผิวของดิน โดยที่ไฮโดรเจนไอออนจะเปลี่ยนไปเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลของน้ำ จึงไม่แสดงฤทธิ์เป็นกรดอีกต่อไป และทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงขึ้น หลังจากที่ปูนได้ทำปฏิกิริยากับดินอย่างสมบูรณ์แล้ว ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะสูงขึ้นมากน้อยเพียงไรจะขึ้นกับความสามารถของดินในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ตารางที่ 1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการ	ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1. วิธีการของเกษตรกร	5.2	5.3ab
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	5.5	5.4a
3. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	5.2	5.5a
4. ปุ๋ยพืชสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	5.2	4.9b
5. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	5.2	4.9b
6. ปุ๋ยพืชสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	5.2	5.4a
F-test		*
C.V. (%)		3.52

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM)

ก่อนการทดลองมีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง 2.01 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.36-2.52 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และวิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นสูงสุด 2.52 และ 2.51 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ รองลงมาคือ วิธีการที่ 6 ปุ๋ยพืชสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นจาก 2.01 เป็น 2.04 เปอร์เซ็นต์ ในวิธีการที่ 4 ปุ๋ยพืชสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และวิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าลดลงจาก 2.01 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.88 และ 1.78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าลดลงต่ำสุดจาก 2.01 เป็น 1.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 2) สาเหตุที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง เกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ โดยในวิธีการที่ใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยโดโลไมท์ จะช่วยส่งเสริมให้พืชมีประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้อินทรีย์วัตถุในดินย่อยสลายเร็วขึ้น มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าลดลง

ตารางที่ 2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการ	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1. วิธีการของเกษตรกร	2.01	1.78c
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.01	2.51a
3. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	2.01	2.52a
4. ปลุกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.01	1.88c
5. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	2.01	1.36d
6. ปลุกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	2.01	2.04b
F-test		**
C.V. (%)		3.70

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P)

ก่อนการทดลองมีค่าสูงมาก 314 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลองปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 217-444 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยวิธีการที่ 6 ปลุกพืชปุ๋ยสด (พอเทือง) แล้วไถกลบใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าสูงสุด 444 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างจากวิธีการที่ 4 ปลุกพืชปุ๋ยสด (พอเทือง) แล้วไถกลบและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 428 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนวิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร และวิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มลดลงต่ำสุดจาก 314 เป็น 231 และ 217 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการย่อยสลายของพืชปุ๋ยสด หลังการไถกลบลงดินมีการย่อยสลายโดยผ่านกระบวนการ mineralization แล้วปลดปล่อยฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพืชตระกูลถั่วดูดฟอสฟอรัสไปใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อไถกลบลงไปในดินเป็นการนำฟอสฟอรัสกลับคืนสู่ดินเป็น

การหมุนเวียนฟอสฟอรัสจากดินชั้นล่างมาสู่ดินชั้นบน การใส่ปุ๋ยยังช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัส เนื่องจากดินที่เป็นกรดสูงจะมีเหล็กและอลูมิเนียมละลายอยู่ ธาตุทั้งสองจะไปตรึงธาตุฟอสฟอรัส ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดน้อยลง การใส่ปุ๋ยจะลดการละลายได้ของเหล็กและอลูมิเนียมทำให้ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์ได้มากขึ้น (จิราภรณ์, 2557) ในวิธีการที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ จะมีการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้พอเหมาะกับการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช จะเป็นการส่งเสริมให้พืชดูดธาตุฟอสฟอรัสไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช จึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินลดต่ำลง

ตารางที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P) ก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการ	ปริมาณฟอสฟอรัส (mg.kg ⁻¹)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1. วิธีการของเกษตรกร	314	231d
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	314	314c
3. ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	314	395b
4. ปุ๋ยพืชสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	314	428ab
5. ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	314	217d
6. ปุ๋ยพืชสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	314	444a
F-test		**
C.V. (%)		3.84

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K)

ก่อนการทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับปานกลาง 79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกวิธีการ มีค่าระหว่าง 79-217 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยวิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นสูงสุดจาก 79 เป็น 217 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือวิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และวิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นจาก 79 เป็น 134 และ 119 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนวิธีการที่ 4 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการที่ 6 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และวิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำสุด 93.81 และ 79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 4) การใส่ปุ๋ยพืชสดทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินสูงขึ้น เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์และกรดอินทรีย์ จากกระบวนการสลายตัวของซากพืช ช่วยละลายแร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ จึงเพิ่มโพแทสเซียมไอออนในสารละลายดิน และโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของซากพืช ก็ถูกปลดปล่อยออกมาในกระบวนการสลายตัวด้วย (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ในวิธีการที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปุ๋ยโดโลไมท์ จะมีปริมาณโพแทสเซียมคงเหลืออยู่ในดินสูงกว่าวิธีการอื่นๆ เนื่องจากผลตกค้างจากการใช้ปุ๋ยเคมี โพแทสเซียมในดินส่วนมากไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ รากพืชดูด K^+ จากดินด้วยกลไกที่มีความจำเพาะเจาะจง (ยงยุทธ, 2552) Kadrekar and Kibe (1973) ได้สรุปไว้ในสภาพของดินเปียกและแห้งสลับกัน โพแทสเซียมจะถูกปลดปล่อยออกมา 15-47 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ดินเปียกอยู่ตลอดเวลา (Continuously moist soil) 50-60 วัน โพแทสเซียมจะถูกปลดปล่อยออกมาเพียง 1.8-3.6 เปอร์เซ็นต์ จากการปลูกข้าวในนาขั้นบันได ซึ่งเป็นนาขั้นบันไดจึงมีผลทำให้โพแทสเซียมคงเหลืออยู่ในดินนาหลังการเก็บเกี่ยวในปริมาณมาก

ตารางที่ 4 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) ก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการ	ปริมาณโพแทสเซียม (mg.kg^{-1})	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1. วิธีการของเกษตรกร	79	79d
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	79	119c
3. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	79	134b
4. ปลุกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	79	93d
5. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	79	217a
6. ปลุกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	79	81d
F-test		**
C.V. (%)		4.36

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. มวลชีวภาพจากพืชปุ๋ยสด

มวลชีวภาพของพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) ฤดูปลูกปี พ.ศ. 2560 ปอเทืองให้น้ำหนักสดเฉลี่ยวิธีการที่ 4 ปลุกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และวิธีการที่ 6 ปลุกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน มีค่าใกล้เคียงกันคือ 1,989.80 และ 1,970.30 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 5) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน รายงานว่าปอเทืองให้น้ำหนักสดระหว่าง 1,500-5,000 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตทางมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ของพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง)

วิธีการ	การเจริญเติบโตทางมวลชีวภาพ (กิโลกรัมต่อไร่)
4. ปลูกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตรา แนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	1989.80
6. ปลูกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตราครึ่งหนึ่ง ของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	1970.30

3. การเจริญเติบโตของข้าว

3.1 ความสูงของต้นข้าว พบว่าต้นข้าวมีความสูงใกล้เคียงและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่าความสูงของต้นข้าวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 169.60-172.52 เซนติเมตร โดยต้นข้าวในวิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีความสูงของต้นข้าวเฉลี่ยสูงสุด 172.52 เซนติเมตร รองลงมาคือ วิธีการที่ 4 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการที่ 6 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน วิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร และวิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน มีความสูงของต้นข้าวเฉลี่ย 171.27 171.08 170.55 และ 170.13 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนในวิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีความสูงของต้นข้าวเฉลี่ยต่ำสุด 169.60 เซนติเมตร (ตารางที่ 6) การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราที่แนะนำ และการปรับสภาพดินที่เป็นกรด ส่งเสริมให้ข้าวมีการเจริญเติบโตด้านความสูงที่มีแนวโน้มดีกว่าวิธีการอื่นๆ ที่มีใส่ปุ๋ยเคมีหรือใส่ปุ๋ยในการปรับสภาพดินเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 6 ความสูงของต้นข้าว (จากโคนต้นถึงปลายรวง) ระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา

วิธีการ	ความสูงของต้นข้าว (เซนติเมตร)
1. วิธีการของเกษตรกร	170.55
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	169.60
3. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	170.13
4. ปลูกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	171.27
5. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	172.52
6. ปลูกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	171.08
F-test	ns
C.V. (%)	3.09

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3.2 จำนวนต้นตอกของข้าว พบว่าจำนวนต้นตอกของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าจำนวนต้นตอกของข้าวอยู่ระหว่าง 16.25-21.00 ต้น โดยวิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้จำนวนต้นตอกของข้าวเฉลี่ยสูงสุด 21.00 ต้นตอก ซึ่งไม่แตกต่างจากวิธีการที่ 4 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน วิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร และวิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้จำนวนต้นตอกของข้าวเฉลี่ย 18.75 18.50 17.25 และ 17.00 ต้นตอก ตามลำดับ ส่วนวิธีการที่ 6 ให้จำนวนต้นตอกของข้าวเฉลี่ยต่ำสุด 16.25 ต้นตอก (ตารางที่ 7)

จากการทดลองในวิธีการที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ส่งผลให้ข้าวมีการแตกกอสูงสุด การใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ในการปรับสภาพดินกรด จะช่วยในการปรับสภาพดินให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหาร และลดการตรึงธาตุอาหารในดินน่าน้ำขังได้ดียิ่งขึ้น ปริมาณของธาตุอาหารชนิดต่างๆ ในดินที่มีอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ถ้าหากปริมาณของธาตุอาหารพืชในดินมีเพียงพอและมีสัดส่วนที่เหมาะสม พืชจะเจริญเติบโตและสามารถให้ผลผลิตที่ดีได้ แต่ถ้าหากมีธาตุอาหารบางชนิดมากเกินไป จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชผิดปกติไป ในกรณีที่มีธาตุอาหารบางชนิดมากเกินไปอาจจะมีพืชต่อพืช

(Toxicity) หรือถ้าน้อยเกินไปอาจจะทำให้เกิดการขาดแคลนธาตุอาหารพืชชนิดนั้นๆ (Deficiency) ดังนั้นระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงเกี่ยวข้องกับปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหารในดินตลอดจนสมบัติของดินด้านอื่นๆ ที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินด้วย (อนนท์, 2547) ดังนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน จึงมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชในด้านการแตกกอของข้าว

ตารางที่ 7 จำนวนต้นต่อกอของข้าว

วิธีการ	จำนวนต้นต่อกอของข้าว (ต้น)
1. วิธีการของเกษตรกร	17.25ab
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	17.00ab
3. ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	18.50ab
4. ปลุกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	18.75ab
5. ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	21.00a
6. ปลุกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	16.25b
F-test	*
C.V. (%)	17.10

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

3.3 น้ำหนักแห้งฟางข้าว หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว ปี พ.ศ. 2560 น้ำหนักฟางข้าว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่าน้ำหนักฟางข้าวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 435.00-595.50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีน้ำหนักฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุด 595.50 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ วิธีการที่ 4 ปลุกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการที่ 6 ปลุกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน วิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกรและวิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน น้ำหนักฟางข้าวเฉลี่ย 595.25 515.00 498.00 และ

476.75 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนวิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้น้ำหนักแห้งฟางข้าวเฉลี่ยต่ำสุด 435.00 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 8)

จากการทดลอง วิธีการที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยโดโลไมท์ครั้งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน การใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดิน ส่งผลให้น้ำหนักแห้งฟางข้าวมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงกว่าวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และสูงกว่าวิธีการใช้ปุ๋ยโดโลไมท์เพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีมีบทบาทอย่างสูงต่อการเจริญเติบโตของข้าว หากมีการใช้ร่วมกับปุ๋ยพืชสดหรือใช้ร่วมกับการปรับสภาพดินกรดด้วยปุ๋ยโดโลไมท์ ก็จะเป็นการส่งเสริมให้ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวได้สูงขึ้นมากกว่าวิธีการอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของอนนท์ (2547) ได้กล่าวไว้ว่าในบางกรณีถึงแม้ว่าจะมีธาตุอาหารในดินอยู่ในปริมาณที่เพียงพอ แต่พืชไม่สามารถนำธาตุอาหารนั้นมาใช้ได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติด้านอื่นๆ ของดินด้วย ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เนื้อดิน ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน การถ่ายเทอากาศและการระบายน้ำของดิน สภาพพื้นที่ ซึ่งสมบัติเหล่านี้คือความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ความสารธาของรากพืชในการดูดธาตุอาหารในดิน

ตารางที่ 8 น้ำหนักแห้งฟางข้าว

วิธีการ	น้ำหนักแห้งฟางข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)
1. วิธีการของเกษตรกร	498.00
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	435.00
3. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครั้งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	476.75
4. ปุ๋ยพืชสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	595.25
5. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครั้งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	595.50
6. ปุ๋ยพืชสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครั้งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	515.00
F-test	ns
C.V. (%)	24.53

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. องค์ประกอบผลผลิตข้าว

4.1 น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด

น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าว หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว ปี พ.ศ. 2560 ดังแสดงในตารางที่ 8 น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.28-3.53 กิโลกรัม โดยวิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวสูงสุด 3.53 กรัม รองลงมาคือ วิธีการที่ 4 ปลุกพีชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และวิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน มีน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าว 3.50 3.48 3.42 และ 3.40 กรัม ตามลำดับ ส่วนวิธีการที่ 6 ปลุกพีชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน มีน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวต่ำสุด 3.28 กรัม (ตารางที่ 9)

จากการทดลอง วิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน เมื่อคิดเป็นน้ำหนัก 1,000 เมล็ด จะได้ 35.5 กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของปรีดา (2553) ศึกษาองค์ประกอบผลผลิตข้าวนาดำพันธุ์เหนียวแพร่ 1 ที่ปลูกในพื้นที่นาชุดขั้นบันไดดินบนไหลเขา มีน้ำหนัก 34.98 กรัม

ตารางที่ 9 น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด

วิธีการ	น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด (กรัม)
1. วิธีการของเกษตรกร	3.48
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	3.43
3. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	3.40
4. ปลุกพีชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	3.50
5. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	3.53
6. ปลุกพีชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	3.28
F-test	ns
C.V. (%)	5.49

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว

เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว ปี พ.ศ. 2560 ดังแสดงในตารางที่ 7 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 89.70-90.55 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการที่ 5 ใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปูนของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวสูงสุด 90.55 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ วิธีการที่ 6 ปลุกพีชปุ๋ยสด (พอเทือง) แล้วไถกลบ ใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปูนของดิน วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการที่ 4 ปลุกพีชปุ๋ยสด (พอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และวิธีการที่ 3 ใส่ปูนโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปูนของดิน มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว 90.38 90.35 90 03 และ 89.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนวิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวต่ำสุด 89.70 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว

วิธีการ	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว (เปอร์เซ็นต์)
1. วิธีการของเกษตรกร	89.70
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	90.35
3. ใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปูนของดิน	89.95
4. ปลุกพีชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	90.03
5. ใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปูนของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	90.55
6. ปลุกพีชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปูนของดิน	90.38
F-test	ns
C.V. (%)	0.64

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5. ผลผลิตของข้าว

5.1 ผลผลิตข้าวเจ้าพันธุ์จะแปะแม (พันธุ์พื้นเมือง) ฤดูปลูกปี พ.ศ. 2560 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าผลผลิตข้าวเฉลี่ยระหว่าง 338.75–480.00 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีการที่ 5 ใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยสูงสุด 480 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ วิธีการวิธีการที่ 4 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และวิธีการที่ 6 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ ใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน วิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร และวิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 439.75 413.50 395.25 และ 347.25 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ส่วนวิธีการที่ 3 ใส่ปูนโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่ำสุด 338.75 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 11)

จากการทดลอง วิธีการที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการใส่ปูนโดโลไมท์ครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวมีน้ำหนักผลผลิตสูงสุด 480 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าวิธีการอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปูนโดโลไมท์ครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน มีความเหมาะสมต่อการให้ผลผลิตข้าว การปรับสภาพดินโดยการใส่ปูนโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน จะเป็นการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้อยู่ในสภาพที่เป็นกลางมากขึ้น จะช่วยให้มีพืชสามารถดูดธาตุอาหารได้ดียิ่งขึ้น และจะเป็นการเพิ่มแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ให้กับดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของปรีดา (2553) ศึกษาผลผลิตของข้าวไร่พันธุ์ข้าวกายแดงที่ปลูกในสภาพนาต้ำน้ำซังแปลงสาธิตโครงการพัฒนาบ้านกอก-บ้านจุนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 496 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 11 ผลผลิตของข้าว

วิธีการ	ผลผลิตของข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)
1. วิธีการของเกษตรกร	395.25ab
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	347.25b
3. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	338.75b
4. ปลุกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	439.75ab
5. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	480.00a
6. ปลุกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	413.50ab
F-test	*
C.V. (%)	20.34

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

6. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของการปลูกข้าวเจ้าพันธุ์จะแปะแม (พันธุ์พื้นเมือง) ฤดูปลูกปี พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นค่าเตรียมแปลงทดลอง ได้แก่ ค่าสับกลบพืชปุ๋ยสด ค่าไถกลบปุ๋ยโดโลไมท์ ค่าไถเตรียมแปลงปลูกข้าว ค่าแรงงาน ได้แก่ การปลูกพืชปุ๋ยสด การปลูกข้าว การใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ การกำจัดวัชพืช การเกี่ยวและการตากข้าว ค่าวัสดุ ได้แก่ ค่าเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว ค่าปุ๋ยเคมี ค่าปุ๋ยโดโลไมท์ พบว่า วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด คือ 2,209 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ วิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร วิธีการที่ 4 ปลุกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และวิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน มีต้นทุนการผลิต 2,437 2,692 2,930 และ 3,272 บาทต่อไร่ตามลำดับ ในส่วนของวิธีการที่ 6 ปลุกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน มีต้นทุนการผลิตสูงสุดคือ 3,555 บาทต่อไร่ ซึ่งต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นค่าแรงงาน คิดเป็นจำนวนเงินพบว่า ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจสูงสุดคือ วิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดคือ 3,928.00 บาทต่อไร่ รองลงมาคือวิธีการที่ 4 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 3,903.25 บาทต่อไร่ ในส่วนวิธีการที่ 1 วิธีการของเกษตรกร และวิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และวิธีการที่ 6 ปลูกพืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) แล้วไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในระดับปานกลางคือ 3,491.75 2,999.75 และ 2,647.50 บาทต่อไร่ตามลำดับ ในส่วนวิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดินให้ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจต่ำสุด 2,151.25 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

รายการ	วิธีการ					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1. ค่าเตรียมแปลงทดลอง	300	300	600	600	600	900
1.1 ค่าสับกลบพืชปุ๋ยสด	-	-	-	300	-	300
1.2 ค่าไถแปลงปลูกข้าว	300	300	300	300	300	300
1.3 ค่าไถกลบปุ๋ยมูลโคโลเิมท์	-	-	300	-	300	300
2. ค่าแรงงาน	1,400	1,400	1,400	1,600	1,600	1,600
2.1 การปลูกพืชปุ๋ยสด	-	-	-	200	-	200
2.2 การปลูกข้าว	300	300	300	300	300	300
2.3 การใส่ปุ๋ยมูลโคโลเิมท์	-	-	200	-	200	200
2.4 การใส่ปุ๋ยเคมี	200	200	-	200	200	-
2.5 กำจัดวัชพืช 2 ครั้ง	600	600	600	600	600	600
2.6 การเกี่ยวและตากข้าว	300	300	300	300	300	300
3. ค่าวัสดุการเกษตร	737	509	930	492	1,072	1,055
3.1 ค่าเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด	-	-	-	125	-	125
3.2 ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว	225	225	225	225	225	225
3.3 ค่าปุ๋ยมูลโคโลเิมท์	-	-	705	-	705	705
3.4 ค่าปุ๋ยเคมี (สูตร 15-15-15)	288	-	-	-	-	-
3.5 ค่าปุ๋ยเคมี (สูตร 46-0-0)	224	62	-	31	31	-
3.6 ค่าปุ๋ยเคมี (สูตร 0-46-0)	-	198	-	99	99	-
3.7 ค่าปุ๋ยเคมี (สูตร 0-0-60)	-	24	-	12	12	-
ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	2,437	2,209	2,930	2,692	3,272	3,555
ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)	395.25	347.25	338.75	439.75	480.00	413.50
ราคาผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	15	15	15	15	15	15
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	5,928.75	5,208.75	5,081.25	6,595.25	7,200.00	6,202.50
ต้นทุนการผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	6.17	6.36	8.65	6.12	6.82	8.60
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	3,491.75	2,999.75	2,151.25	3,903.25	3,928.00	2,647.50

หมายเหตุ : ค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาทต่อคน ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 กระสอบละ 900 บาท (50 กิโลกรัม) ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 กระสอบละ 700 บาท (50 กิโลกรัม) ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 กระสอบละ 1,520 บาท (50 กิโลกรัม) ปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 กระสอบละ 900 บาท (50 กิโลกรัม) เมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) ราคาต่อกิโลกรัมละ 25 บาท ปุ๋ยมูลโคโลเิมท์ ราคาต่อกิโลกรัมละ 1.70 บาท

สรุป

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอกหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดินและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อปรับปรุงสภาพดิน และเพิ่มคุณภาพผลผลิตข้าวพื้นที่นาขั้นบันไดบนพื้นที่สูง ชุดดินหนองมด อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย ผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินปรับสู่ความเป็นกลางดีขึ้น มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 5.2 เป็น 5.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2.01 เป็น 2.52 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 314 เป็น 395 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมในดินเฉลี่ยมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 79 เป็น 134 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการใส่ปุ๋ยเคมีเป็นการเพิ่มสารประกอบอินทรีย์หรือสารสังเคราะห์ ซึ่งมาจากกระบวนการทางเคมีที่ให้ธาตุอาหารพืช ในรูปแบบที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้รวดเร็ว ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีบนนาขั้นบันไดที่สูง ควรใช้ในอัตราที่ต่ำกว่าบนพื้นที่ราบประมาณครึ่งหนึ่ง โดยเฉพาะในดินที่มีปฏิกริยาเป็นกรดควรใส่วัสดุปุ๋ยจะช่วยส่งเสริมให้ข้าวดูดธาตุอาหารไปใช้ได้ดี นำธาตุอาหารในดินไปใช้ได้สูงสุด ส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตดีมีความสูงเฉลี่ยสูงสุด 132.52 เซนติเมตร จำนวนต้นตอของข้าวเฉลี่ยสูงสุด 21 ต้นตอกอ ให้น้ำหนักฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุด 595.50 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตข้าวเฉลี่ยสูงสุด 480 กิโลกรัมต่อไร่ ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เมื่อพิจารณาจากค่าใช้จ่ายผันแปรและผลตอบแทนที่ได้รับในปี 2560 พบว่าการจัดการดินด้วยวัสดุปรับปรุงดินและพืชปุ๋ยสด เพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตข้าวนาขั้นบันได วิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอกหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดินและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด 3,928 บาทต่อไร่ รองลงมาคือวิธีการปลูกพืชคลุมดินและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 3,903.25 บาทต่อไร่ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าวิธีการเกษตรกรรมที่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว (3,491.75 บาทต่อไร่)

ผลการทดลองนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย เช่น การเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองที่จัดเก็บแบบรวม (composite sample) ซึ่งในกรณีนี้จะใช้ไม่ได้กับนาขั้นบันไดบนพื้นที่สูง ที่มีความลาดชัน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยรวมแล้วนาขั้นบันไดที่อยู่ด้านล่างสุดจะมีความอุดมสมบูรณ์ของดินมากกว่าด้านบน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลอง ที่เก็บตัวอย่างดินแยกรายแปลง จะทำให้มีผลการเปรียบเทียบที่คลาดเคลื่อน การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองใช้ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยเพื่อปรับปรุงสภาพดิน และบำรุงดินให้มีความเหมาะสมกับการปลูกพืชข้าวนาขั้นบันไดบนพื้นที่สูง โดยหลักวิชาการแล้วจะต้องมีการทดลองแบบระยะยาว 2-3 ปี (long term) เช่น การใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวจะต้องมีการทดลองอย่างน้อย 2 ปีขึ้นไป จึงจะเห็นผลการทดลองในด้านการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และการใช้ปุ๋ยเพื่อปรับปรุงสภาพดินกรดต้องทำแบบค่อยเป็นค่อยไป อย่างน้อยต้องทำการทดลอง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก สรุปแล้วผลการทดลองในครั้งนี้ไม่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ถึงแม้ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์

ดินก็ตาม เนื่องจากเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่ไม่ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ย เพื่อลดความคลาดเคลื่อนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด หรือสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ควรมีการทดลองซ้ำและเพิ่มระยะเวลาของการทดลองเป็น 2-3 ปี จึงจะเห็นผลการทดลองที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการส่งเสริมและแนะนำให้เกษตรกรที่ปลูกข้าวนาขั้นบันไดบนพื้นที่สูงใช้พืชปุ๋ยสดและวัสดุปุ๋ยอินทรีย์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินครั้งหนึ่งของอัตราที่แนะนำ เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่นาขั้นบันได
2. การทดลองปรับปรุงบำรุงดินแล้วสมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เป็นผลมาจากการใช้ที่ดินในระยะเวลาสั้น ควรมีการทำซ้ำอย่างน้อย 2-3 ปี เพื่อให้เห็นผลที่ชัดเจนมากขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เกษตรกรมีความรู้และเข้าใจถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ดินก่อนการเพาะปลูกและการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน
2. เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตและสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ดินได้รับการจัดการที่ดี มีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น
4. เป็นข้อมูลให้หน่วยงานทั้งภาครัฐ เอกชน และเกษตรกรที่สนใจ และเจ้าหน้าที่ของรัฐในระดับพื้นที่มีข้อมูลที่ชัดเจน เป็นรูปธรรม และสามารถนำไปใช้ถ่ายทอดแก่เกษตรกรได้สะดวกรวดเร็ว โดยวิธีการใช้ระบบเทคโนโลยีข้อมูลที่ทันสมัย ทั้งทางเอกสารสิ่งตีพิมพ์ และทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2532. การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงดินอินทรีย์วัตถุต่ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

—————. 2540. พืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน. คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำและการจัดการดินอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

—————. 2541 รายงานการจัดการทรัพยากรดิน เพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 2 ดินบนที่ดอน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

—————. 2548. มหัตถรย์พันธุ์ดินกลุ่มชุดดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจประเทศไทย. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดินกรมพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

—————. 2550. การใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน. กรุงเทพฯ.: เอกสารเพื่อถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยี. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

—————. 2558. ชุดดินภาคเหนือ ความรู้พื้นฐานเพื่อการเกษตร. กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. ผักอินทรีย์. กองพัฒนาการเกษตรพื้นที่เฉพาะ. กรุงเทพฯ.: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กอบเกียรติ ไพบูลย์เจริญ ชุมพล นาควิโรจน์ โชติ สิทธิบุศย์ และประสาธ เกศวพิทักษ์. 2534. ผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดและวัสดุอินทรีย์ที่มีต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในดินชุดยโสธร. ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการครั้งที่ 29. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 4-7 กุมภาพันธ์ 2534.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 10 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

- จรัส จันทลักษณ์. 2548. **คุณสมบัติที่สำคัญบางประการของระบบการเกษตรไทย** ใน : รายงานการสัมมนาวิชาการระบบเกษตร. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- จันทบูรณ์ สุทธิ. 2539. **การเกษตรแบบตัดฟันโค่นเผาบนพื้นที่สูง**: วิทยาการพื้นบ้าน. สถาบันวิจัยชาวเขา. เชียงใหม่.
- จิราภรณ์ อินทสาร. 2557. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. สำนักพิมพ์ดีปไลน์. เชียงใหม่.
- จำลอง กกรรมย์ บุญเหลือ ศรีบุญคุณ และบุญเกื้อ ภูศรี. 2544. **ผลของวิธีการจัดการและอายุของปอเทืองต่อสมบัติของดินการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ปอเทือง**. วารสารดินและปุ๋ย.
- เจริญ เจริญจำรัสชีพ กำชัย กาญจนธนเศรษฐ และเมธิน ศิริวงศ์. 2540. **การจัดการดินกรดในประเทศไทย**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- นคร สืบแสน. 2554. **ผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดที่มีต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินในพื้นที่นาดำ**. ผลงานวิชาการ ส่วนวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- นงปวีณ์ บุตรามรา. 2549. **การศึกษาการปรับปรุงดินโดยการใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังในชุดดินมาบบอน**. ใน : เอกสารประกอบการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ประจำปี 2549 ณ โรงแรมหินสายน้ำใส อำเภอแก่ง จังหวัดระยอง.
- ประชา นาคเวช และปรัชญา ธีัญญาดี. 2535. **พืชปุ๋ยสดบำรุงดิน**. กลุ่มอินทรีย์วัตถุและวัสดุเหลือใช้. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ประพิศ แสงทอง และวิศิษฐ์ โชลิตกุล. 2533. **ความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกข้าวไร่ในบริเวณภาคเหนือตอนบน**. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ศูนย์วิจัยข้าวแพร่และสถานีทดลองเครือข่าย. ณ อาคารเอนกประสงค์ ศูนย์วิจัยข้าวแพร่.แพร่.

ปรีดา เสียงใหญ่ จิตรกร นวลแก้ว มนตรี ยาใจ บุญยงค์ วรยศ ณิชนพวงศ์ วงศ์บุรี ศิวัชพงศ์
นฤบาล นิพนธ์ บุญมี และ สถาพร กาญจนพันธ์. 2551. การขยายผลการทำนาขั้นบันได
ในพื้นที่โครงการพระราชดำริ. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการข้าวและธัญพืช
เมืองหนาว ประจำปี 2551. ณ โรงแรมชลจันทร์ รีสอร์ท พัทยา ชลบุรี.

_____. 2553. การทำนาขั้นบันไดในโครงการพัฒนาบ้านกอก-บ้านจูน (อันเนื่องมาจาก
พระราชดำริ). ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี
2551. ณ โรงแรมชลจันทร์ รีสอร์ท พัทยา ชลบุรี.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสดสภา. 2547. การให้ปุ๋ยทางใบ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

_____. 2552. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสดสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศิวัชพงศ์ นฤบาล และสมเกียรติ วัฒนกิจรานต์. 2549. รายงานความก้าวหน้าการเพิ่ม
ประสิทธิภาพการผลิตข้าวโครงการสถานีพัฒนาการเกษตรดอยอมพายตามพระราชดำริ
อำเภอแม่แจ่มจังหวัดเชียงใหม่. ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิตแม่ฮ่องสอน
สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1. เชียงใหม่.

ศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือ (ตอนบน). 2553. เทคโนโลยีการทำนาขั้นบันไดบนพื้นที่สูง. สำนักวิจัยและ
พัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สุทธกานต์ ใจกาวิล พิษณุพันธ์ กังแฮ อภิวัฒน์ หาญพนพงศ์ และ ศิลาวัน จันทรบุดร. 2557. ผล
ของการปลูกพืชหมุนเวียนต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตข้าวนาขั้นบันได. การ
ประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 31 พ.ศ. 2557. กรมการข้าว กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

- สมเกียรติ วัฒนกิจรานต์. 2546. การปรับพื้นที่สภาพไร่เป็นนาขั้นบันได: ทางเลือกของเกษตรกรบนพื้นที่สูง. ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง. กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- _____. 2552. การปรับพื้นที่สภาพไร่เป็นนาขั้นบันได: ทางเลือกของเกษตรกรบนพื้นที่สูง. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวประจำปี 2552. ณ โรงแรมซีบีที จอมเทียนพัทยา ชลบุรี.
- สมชาย องค์กรประเสริฐ และปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร. 2543. การทดสอบความเป็นไปได้ในการทำนาขั้นบันไดโดยการร่อนน้ำในเขตภูเขา. ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.
- สมศักดิ์ สระแก้ว. 2543. ทดสอบการใช้พืชตระกูลถั่วบำรุงดินนาชุดดินบางราเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดินครั้งที่ 6 วันที่ 15 – 18 กุมภาพันธ์ 2543. ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดินน้ำปุ๋ยพืชวัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้าเล่ม 1. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- อภิวัฒน์ หาญธนพงศ์ และวีรวรรณ เวนวล. 2552. รายงานการประชุมแถลงผลการดำเนินงานศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง. ใน: รายงานการประชุมแถลงผลการดำเนินงานกลุ่มศูนย์วิจัยภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่างประจำปี 2552 เล่มที่ 1. วันที่ 24 - 26 มีนาคม 2552. ณ โรงแรมแสนภูเพลส. เชียงราย.
- อนนท์ สุขสวัสดิ์. 2547. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินนา. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- Allison, F.E. 1973. **Soil Organic Matter and Its role in crop production**. U.S. Department of agriculture, Washington, D.C.U.S.A.
- Arunin, S., Pongwichaina, P. and Aragon, E.L.1994. **Integrated nutrient management strategies: the INSURF experience in Northeast Thailand**. In Ladha, J.K. Garrity, D. P. (eds).

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. **Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils.** Soil Sci. 59: 39-45.

Ekaset, net. 2011. **ปุ๋ยพืชสดและการใช้ประโยชน์ โครงการส่งเสริมและพัฒนาวัสดุชีวภาพอินทรีย์สำหรับสังคมเกษตรกรรม.** กระทรวงเทคโนโลยีและการสื่อสาร.

Kadrekar, S. B., and M. M. Kibe. 1973. **Release of soil potassium on wetting and drying.** J. Indian Soc. Soil Sci.

Walkley, A. and I.A. Black. 1947. **Chromic acid titration method for determination of soil organic matter.** Soil. Sci. Amer. Proc. 63:257.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 การประเมินค่า pH ของดิน (ดิน:น้ำ = 1 : 1)

ระดับ (rating)		พิสัย (range)
เป็นกรดจัดมาก	(extremely acid)	< 4.5
เป็นกรดจัด	(very strongly acid)	4.5-5.0
เป็นกรดแก่	(strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง	(moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย	(slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง	(near neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างอย่างอ่อน	(slightly alkali)	7.4-8.4
เป็นด่างแก่	(strongly alkali)	8.5-9.0
เป็นด่างจัด	(extremely alkali)	> 9.0

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 2 การประเมินระดับอินทรีย์วัตถุในดิน (Walkly and Black method)

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

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 3 การประเมินระดับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) (mgkg ⁻¹)
ต่ำมาก	<3
ต่ำ	3-6
ค่อนข้างต่ำ	6-10
ปานกลาง	10-15
ค่อนข้างสูง	15-25
สูง	25-45
สูงมาก	>45

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 4 การประเมินระดับธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้
(ammonium acetate 1 N pH 7 อัตราส่วน 1 ต่อ 20)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) (mgkg ⁻¹)
ต่ำมาก (very low)	<30
ต่ำ (low)	30-60
ปานกลาง (moderately)	60-90
สูง (high)	90-120
สูงมาก (very high)	>120

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil pH)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	0.10458	0.03486		
Treatment	5	1.15708	0.23142	6.83	0.0017 *
Error	15	0.50792	0.03386		
Total	23	1.76958			

Grand mean 5.2292

CV (%) 3.52

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	0.00688	0.00229		
Treatment	5	3.97300	0.79460	143.66	0.0000 **
Error	15	0.08297	0.00553		
Total	23	4.06285			

Grand mean 2.0125

CV (%) 3.70

** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	270	90.0		
Treatment	5	197299	39459.8	234.79	0.0000 **
Error	15	2521	168.1		
Total	23	200090			

Grand mean 338.00

CV (%) 3.84

** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable potassium)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	163.2	54.4		
Treatment	5	53740.8	10748.2	389.58	0.0000 **
Error	15	413.8	27.6		
Total	23	54317.8			

Grand mean 120.42

CV (%) 4.36

** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
ความสูงของต้นข้าว (จากโคนต้นถึงปลายรวง) ระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	16.3283	5.44278		
Treatment	5	20.8583	4.17167	1.01	0.4440 ns
Error	15	61.7717	4.11811		
Total	23	98.9583			
Grand mean	170.86				
CV (%)	1.19				

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
จำนวนต้นตอกของข้าว (ต้น)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	29.125	9.7083		
Treatment	5	57.375	11.4750	1.19	0.3582 *
Error	15	144.125	9.6083		
Total	23	230.625			
Grand mean	18.125				
CV (%)	17.10				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
น้ำหนักแห้งของฟางข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	142951	47950.3		
Treatment	5	83856	16771.2	1.03	0.4334 ns
Error	15	243386	16225.7		
Total	23	470193			
Grand mean	519.25				
CV (%)	24.53				

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด (กรัม)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	0.95667	0.31889		
Treatment	5	0.16333	0.03267	0.92	0.4954 ns
Error	15	0.53333	0.03556		
Total	23	1.65333			
Grand mean	3.4333				
CV (%)	5.49				

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าว (%)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	1.01833	0.33944		
Treatment	5	2.03333	0.40667	1.20	0.3541 ns
Error	15	5.06667	0.33778		
Total	23	8.11833			
Grand mean	90.158				
CV (%)	0.64				

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
ผลผลิตของข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	94187	31395.6		
Treatment	5	58736	11747.2	1.75	0.1834 *
Error	15	100541	6702.7		
Total	23	253464			
Grand mean	402.42				
CV (%)	20.34				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance)
การเจริญเติบโตทางมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ของพืชปุ๋ยสดปอเทือง ก่อนการ
ไถกลบ (กิโลกรัมต่อไร่)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob
Replication	3	164.00	54.667		
Treatment	1	760.50	760.500	12.30	0.0393 *
Error	3	185.50	61.833		
Total	7	1110.00			
Grand mean	1980.0				
CV (%)	0.40				

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางภาคผนวกที่ 16 วัน เดือน ปี ในการปลูก งอก ไถกลบ อายุ และระยะเวลาในการหมักปอเทือง
ฤดูปลูก ปี พ.ศ. 2560

ปี	ปลูก	งอก	ไถกลบ	อายุ (วัน)	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)
2560	5 พ.ค. 60	10 พ.ค. 60	19 มิ.ย. 60	45	15 วัน

ตารางภาคผนวกที่ 17 วัน เดือน ปี ในการตกล้ำ ปักดำ เก็บเกี่ยว และ อายุของข้าวพันธุ์จะแปะแม่
(พันธุ์พื้นเมือง) ฤดูปลูก ปี พ.ศ. 2560

ปี พ.ศ.	ตกล้ำ	ปักดำ	เก็บเกี่ยว	อายุ (วัน)
2560	5 มิ.ย. 60	5 ก.ค. 60	2 พ.ย. 60	120 วัน (หลังจากปักดำ)

ตารางภาคผนวกที่ 18 สถิติภูมิอากาศ ณ สถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดเชียงรายปี พ.ศ. 2531-2561

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ศักยภาพการคาย ระเหยน้ำ (มิลลิเมตร)	0.5 ศักยภาพการ คายระเหยน้ำ (มิลลิเมตร)
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย			
ม.ค.	15.40	31.0	14.5	20.0	75.0	87.73	43.9
ก.พ.	15.00	34.0	16.4	21.8	67.0	98.84	49.4
มี.ค.	37.00	35.8	19.1	24.7	65.0	128.34	64.2
เม.ย.	91.40	36.7	20.7	27.2	67.0	144.90	72.5
พ.ค.	235.70	34.9	23.4	27.3	75.0	139.50	69.8
มิ.ย.	192.40	33.6	23.7	27.4	79.0	120.00	60.0
ก.ค.	328.20	32.9	23.5	26.8	83.0	109.43	54.7
ส.ค.	353.50	32.3	23.3	26.6	84.0	108.50	54.3
ก.ย.	285.20	32.9	23.3	26.4	83.0	108.90	54.5
ต.ค.	134.40	32.8	22.2	25.3	81.0	107.26	53.6
พ.ย.	44.70	32.1	18.6	22.7	79.0	92.40	46.2
ธ.ค.	20.70	30.4	15.1	20.1	77.0	81.53	40.8
รวม	1,753.60	-	-	-	-	1,327.3	663.7
เฉลี่ย	-	33.3	20.3	24.7	76.3	-	-

ที่มา : ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ (2561)

ตารางภาคผนวกที่ 19 มูลค่าผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ในการปลูกข้าวเจ้า พันธุ์จะแปะแม่ (พันธุ์พื้นเมือง) ปี พ.ศ. 2560

รายการ	มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทน (บาทต่อไร่)
1. วิธีการของเกษตรกร	5,928.75	2,437.00	3,491.75
2. ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	5,208.75	2,209.00	2,999.75
3. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	5,081.25	2,930.00	2,151.25
4. ปลูกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	6,595.25	2,692.00	3,903.25
5. ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน	7,200.00	3,272.00	3,928.00
6. ปลูกพืชปุ๋ยสดและไถกลบ ใส่ปุ๋ยโดโลไมท์อัตราครึ่งหนึ่งของค่าความต้องการปุ๋ยของดิน	6,202.50	3,555.00	2,647.50

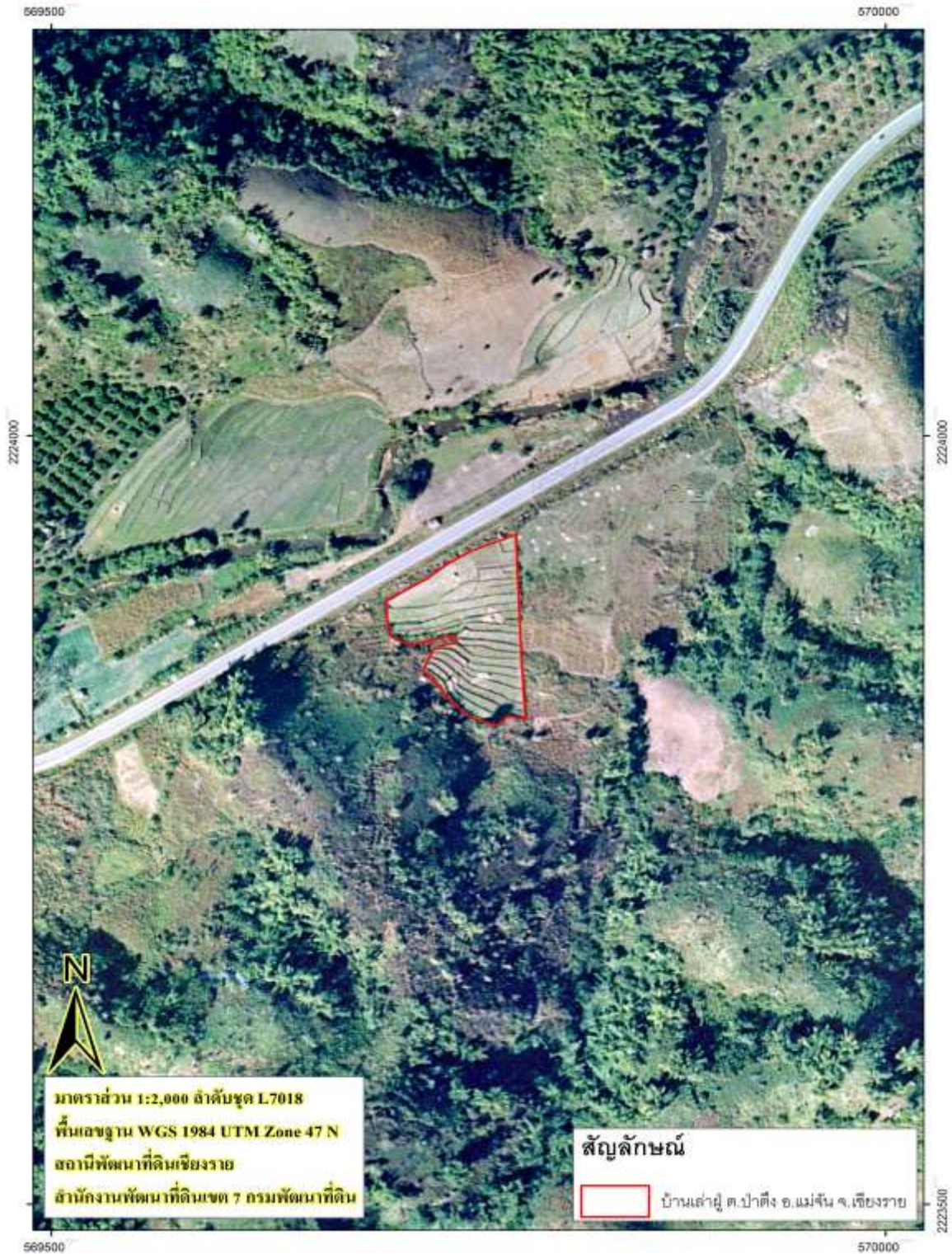
ตารางภาคผนวกที่ 20 มูลค่าผลผลิต เงินทุนทั้งสิ้น และประสิทธิภาพของการจัดการ ในแต่ละวิธีการ

รายการ	วิธีการ					
	วิธีการที่ 1	วิธีการที่ 2	วิธีการที่ 3	วิธีการที่ 4	วิธีการที่ 5	วิธีการที่ 6
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	5,928.75	5,208.75	5,081.25	6,595.25	7,200.00	6,202.50
เงินทุนทั้งสิ้น (บาทต่อไร่)	2,437.00	2,209.00	2,930.00	2,692.00	3,272.00	3,555.00
ประสิทธิภาพ (บาทต่อ 1 บาท)	2.43	2.36	1.73	2.45	2.20	1.74

- หมายเหตุ**
- คำนวณประสิทธิภาพจากข้อมูลจากตารางภาคผนวกที่ 19
 - การประเมินประสิทธิภาพ ตามวิธีคำนวณ ของ จรัส (2548)

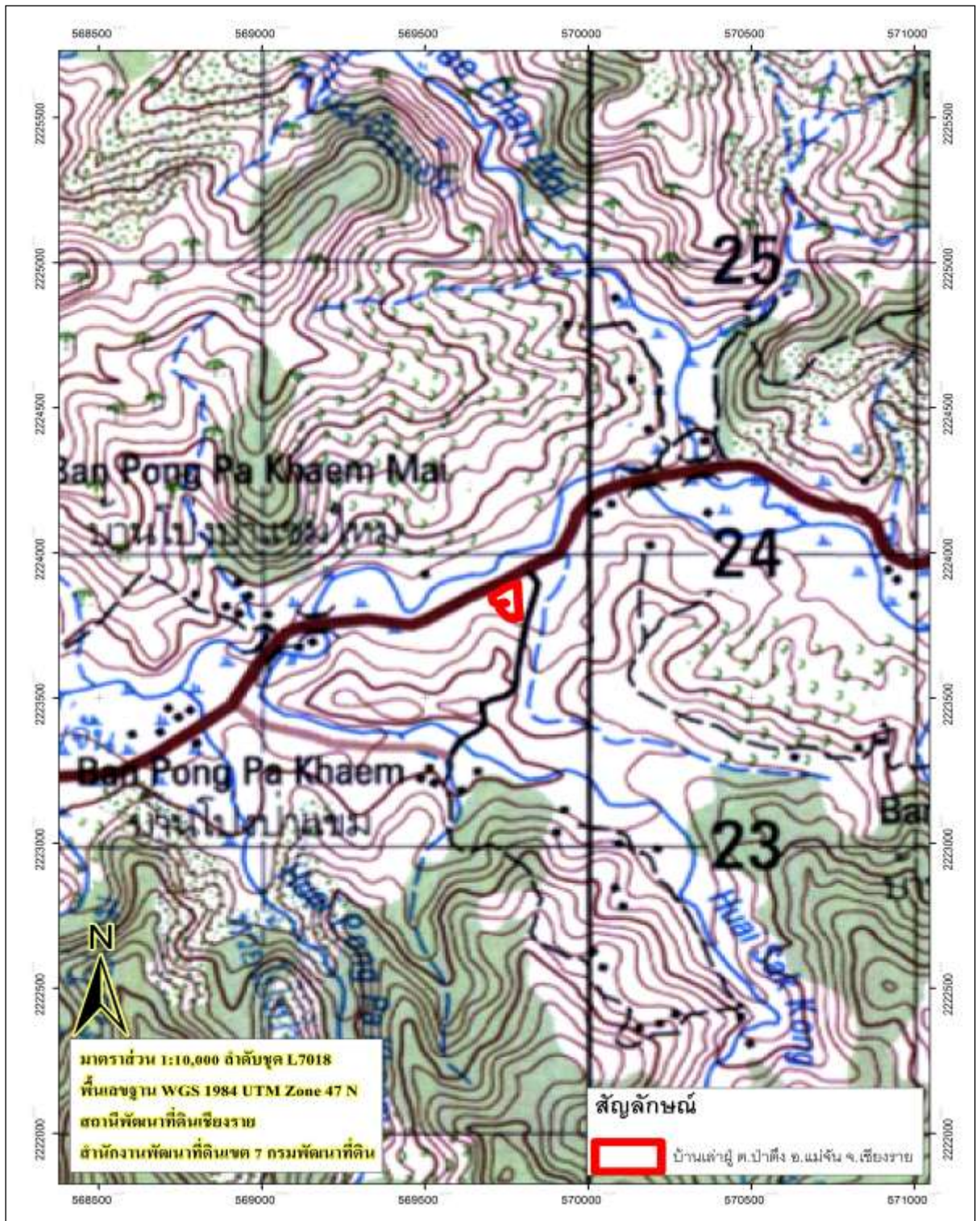
$$\text{ประสิทธิภาพ (Efficiency)} = \frac{\text{มูลค่าผลผลิตรวม}}{\text{เงินลงทุนทั้งสิ้น}}$$

- หน่วยเป็นบาทต่อการลงทุน 1 บาท



ภาพภาคผนวกที่ 1 แผนที่สภาพภูมิประเทศที่ตั้งแปลงทดลอง พื้นที่ดำเนินการบ้านเล่าผู้ ตำบลแม่จัน อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

ที่มา : สถานีพัฒนาที่ดินเชียงราย (2560)



ภาพภาคผนวกที่ 2 แผนที่แสดงที่ตั้งแปลงเกษตรกร พื้นที่ดำเนินการบ้านเล่าผู้ ตำบลแม่จัน
อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย
ที่มา : สถานีพัฒนาที่ดินเชียงราย (2560)



ภาพภาคผนวกที่ 3 แผนผังแปลงทดลอง



ภาพภาคผนวกที่ 4 สภาพพื้นที่ดำเนินการ



ภาพภาคผนวกที่ 5 การสำรวจดินและเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ก่อนดำเนินการทดลอง สำรวจร่วมกับนักสำรวจดินจากกลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7



ภาพภาคผนวกที่ 6 วางผังแปลงและสร้างแปลงทดลอง



ภาพภาคผนวกที่ 7 ตกกกล้าแปลงวิจัยข้าวนาขั้นบันได



ภาพภาคผนวกที่ 8 หว่านเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด (ปอเทือง) อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่



ภาพภาคผนวกที่ 9 ใส่ปูนโดไมท์ครั้งหนึ่งของอัตราที่แนะนำ



ภาพภาคผนวกที่ 10 การปลูกข้าวพื้นเมืองพันธุ์จะแปะแมะ ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ



ภาพภาคผนวกที่ 11 ใส่ปุ๋ยข้าวแปลงวิจัยตามดำรับการทดลอง



ภาพภาคผนวกที่ 12 วัดความสูงและนับจำนวนการแตกกอของข้าว



ภาพภาคผนวกที่ 13 ข้าวระยะสุกแก่ทางศรีรวิทยา



ภาพภาคผนวกที่ 14 เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว



ภาพภาคผนวกที่ 15 บันทึกข้อมูลผลผลิตข้าว



ภาพภาคผนวกที่ 16 ป้ายโครงการวิจัย

