

การจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวหอมกระดังงาที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จังหวัด นราธิวาส กรณีศึกษา: บ้านโคกอิฐ-โคกใน ตำบลพร่อน อำเภอบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส

กิตติศักดิ์ ประชุมทอง สายใจ มณีรัตน์ และวิโรจน์ ปิ่นพรม
ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 12 กรมพัฒนาที่ดิน จังหวัดสงขลา

บทคัดย่อ

การจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวหอมกระดังงาที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จังหวัดนราธิวาส กรณีศึกษา: บ้านโคกอิฐ-โคกใน ตำบลพร่อน อำเภอบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส ดำเนินการในปี พ.ศ. 2557-2558 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวหอมกระดังงา โดยศึกษาสมบัติทางเคมีของดิน การเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด วางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) มี 4 ตำรับๆ ละ 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ตำรับที่ 1 ดำเนินการตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร โดยไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับที่ 2 ใส่หินปูนบดอัตรา 1,980 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ในอัตรา 6.5 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในอัตรา 4.0 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 ในอัตรา 5.0 กิโลกรัมต่อไร่) ตำรับที่ 3 ใส่หินปูนบดอัตรา 1,980 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับที่ 4 ใส่หินปูนบดอัตรา 1,980 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ในอัตรา 3.3 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในอัตรา 2.1 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 ในอัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง 100 กิโลกรัมต่อไร่) พบว่า ดินหลังการทดลองมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด 4.9-5.0 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับที่สูงมาก 8.83-9.05% ฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง 6.7-15.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำ 36-45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง 6.86-8.73 เซนติโมลต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง 1.89-2.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม การจัดการดินในรูปแบบต่างๆ ให้ผลผลิตของข้าวหอมกระดังงาไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับที่ 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 358.5 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ตำรับที่ 2, 4 และ 1 เท่ากับ 342.0, 336.5 และ 336.0 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อนำมาคิดผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า ตำรับที่ 1 ที่ดำเนินการโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการ ให้กำไรสุทธิ 4,035 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับที่ 2, 3 และ 4 ให้กำไรสุทธิ 1,053, 429 และ 465 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากตำรับที่ 2, 3 และ 4 ให้ผลผลิตสูงกว่าตำรับที่ 1 แต่มีต้นทุนค่าวัสดุในการปรับปรุงดิน ทำให้มีกำไรสุทธิน้อยกว่า อาจเนื่องมาจากการทดลอง 1 ปี ทำให้สรุปผลการทดลองไม่ชัดเจน ดังนั้น จึงควรทำการทดลองต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ชัดเจนต่อไป

คำสำคัญ : ข้าวหอมกระดังงา ดินเปรี้ยวจัด

หลักการและเหตุผล

ข้าวหอมกระดังงาเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่เกษตรกรในจังหวัดนราธิวาสนิยมปลูก มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือ เป็นข้าวเจ้ามีสี และมีกลิ่นหอมคล้ายดอกกระดังงา มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยพบว่า ข้าวกล้อง มีปริมาณโปรตีน ธาตุเหล็ก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 8.96 กรัม/100 กรัม 11.20 ไมโครกรัม/กรัม และ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไขมัน สังกะสี แคลเซียม สาร GABA และสารกลุ่มวิตามินอีในข้าวกล้องงอก เท่ากับ 2.59 กรัม/100 กรัม 15.87 ไมโครกรัม/กรัม 559.80 ไมโครกรัม/กรัม 15.53 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 2.92 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (ภคินี, 2554) ในปัจจุบันทางหน่วยงานราชการได้มีการส่งเสริม สนับสนุนเทคโนโลยีการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตข้าวหอมกระดังงา เช่น การทำข้าวกล้อง การทำบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ เป็นต้น รวมทั้งส่งเสริมด้านการตลาด ทำให้ข้าวหอมกระดังงาเป็นที่รู้จักแพร่หลายมากยิ่งขึ้น พื้นที่ปลูกข้าวหอมกระดังงาในจังหวัดนราธิวาสส่วนใหญ่เป็นดินเปรี้ยวจัด โดยเฉพาะในพื้นที่บ้านโคกอิฐ-โคกใน ตำบลพร่อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ที่มีการปลูกข้าวหอมกระดังงาอย่างยาวนานแต่ผลผลิตที่ได้ยังคงค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากดินเปรี้ยวจัด มีปัญหาและมีข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยเฉพาะเรื่องความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักในดินที่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกทั้งมีธาตุบางชนิดละลายออกมาจนเป็นพิษต่อพืช ดังนั้น จึงศึกษาการจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวหอมกระดังงาที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด เพื่อหารูปแบบการจัดการดินเปรี้ยวจัดที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มผลผลิตข้าวหอมกระดังงาและมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เพิ่มสูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

1.1 เมล็ดพันธุ์ข้าวหอมกระดังงา

1.2 ปุ๋ยเคมี

(1) สูตร 16-20-0

(2) สูตร 46-0-0

(3) สูตร 18-46-0

(4) สูตร 0-0-60

1.3 ปุ๋ยอินทรีย์

1.4 ปูนขาว

1.5 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

1.6 อุปกรณ์เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ข้อมูลผลผลิต

2. วิธีการ

2.1. การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) มี 4 ดำรับ ๆ ละ 4 บล็อก ดังนี้

ดำรับที่ 1 = $L_0F_1M_0$ (Control; ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร)

ดำรับที่ 2 = $L_1F_2M_0$

ดำรับที่ 3 = $L_1F_0M_1$

ดำรับที่ 4 = $L_1F_3M_2$

หมายเหตุ

L_0 = ไม่ใส่ปุ๋ย

L_1 = ใส่ปุ๋ยเท่ากับค่าความต้องการปุ๋ย; หินปูนบดอัตรา 1,980 กิโลกรัมต่อไร่

F_0 = ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F_1 = ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร; ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2557)

F_2 = ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน; ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 อัตรา 6.5 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในอัตรา 4.0 กิโลกรัมต่อไร่ และ ปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 ในอัตรา 5.0 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

F_3 = ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดิน; ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 อัตรา 3.3 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในอัตรา 2.0 กิโลกรัมต่อไร่ และ ปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 ในอัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อไร่

M_0 = ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง

M_1 = ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ (อุษา, 2556)

M_2 = ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่

2.2 การคัดเลือกพื้นที่ คัดเลือกแปลงนาที่อยู่ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดชุดดินหมู่ ๖ บ้านโคกอิฐ-โคกใน ตำบลพร่อน อำเภอดำรงวิทยารัษฎา จังหวัดนราธิวาส พื้นที่ดำเนินการ 6 ไร่

2.3 การวางแผนแปลงทดลอง ทำแปลงทดลอง ขนาดกว้าง 18 เมตร ยาว 30 เมตร จำนวน 16 แปลง

2.4 เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปฏิกริยาดิน ค่าความต้องการปุ๋ย อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้ เพื่อใช้ในการคำนวณปุ๋ย และอัตราการใช้ปุ๋ยในนาข้าว (สถาบันวิจัยข้าว, 2547)

2.5 การเตรียมพื้นที่ ไถพื้นที่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ไถตะ ปล่อยน้ำท่วมขังเพื่อให้ดินอ่อนตัว หลังจากนั้นทำการปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยในอัตราเท่ากับความต้องการปุ๋ย (หินปูนบดอัตรา 1,980 กิโลกรัมต่อไร่) ยกเว้นในดำรับที่ 1 ซึ่งเป็นดำรับควบคุม (เกษตรกรไม่ใส่ปุ๋ยในการปลูกข้าว) ทิ้งไว้ 7-10 วัน และทำการไถแปร ปรับพื้นที่ให้มีความสม่ำเสมอ และรอปักดำ

2.6 การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมกระดังงา อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ นำเมล็ดพันธุ์ข้าวแช่น้ำ 24 ชั่วโมง และหุ้มโดยใช้กระสอบห่านคลุม เพื่อรักษาความชื้นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปหว่านในแปลงทดลองที่เตรียมไว้

2.7 การปลูกข้าว ใช้ข้าวพันธุ์หอมกระดังงา ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำกล้าที่มีอายุ 30 วัน ระยะปักดำ 25 x 25 เซนติเมตร จำนวน 3 ต้นต่อกอ

2.8 การใส่ปุ๋ย ใส่ตามดำรับการทดลอง

ดำรับที่ 1 เป็นดำรับควบคุม ดำเนินการตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร โดยใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำ 7-10 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ในระยะข้าวเริ่มกำเนิดช่อดอก

ดำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ในอัตรา 6.5 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในอัตรา 0.7 กิโลกรัมต่อไร่ และ ปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 ในอัตรา 5.0 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำ 7-10 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 3.3 กิโลกรัมต่อไร่ ในระยะข้าวเริ่มกำเนิดช่อดอก

ตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง 1 ครั้ง ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำ 7-10 วัน
ตำรับที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมี ½ ของค่าวิเคราะห์ดิน + ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ½ ของคำแนะนำ โดยใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ในอัตรา 3.3 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในอัตรา 0.4 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 ในอัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง 100 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำ 7-10 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 1.7 กิโลกรัมต่อไร่ ในระยะข้าวเริ่มกำเนิดช่อดอก

- 2.9 การดูแลรักษา กำจัดวัชพืชตามความจำเป็น
- 2.10 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตที่อายุ 40 วัน ได้แก่ การแตกกอ ความสูง
- 2.11 การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตก่อนเก็บเกี่ยว ได้แก่ การแตกกอ ความสูงก่อนการเก็บเกี่ยว
- 2.12 การเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำการระบายน้ำออกจากแปลงหลังจากข้าวออกรวง เก็บข้อมูลผลผลิต ได้แก่ ความยาวรวง น้ำหนักผลผลิตที่ความชื้น 14% น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และข้อมูลต้นทุนการผลิต เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ
- 2.13 เก็บตัวอย่างดินหลังการทดลอง เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี คือ ปฏิกริยาดิน ค่าความต้องการปุ๋ย อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้
- 2.14 รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ และประมวลผล
- 2.15 จัดทำรายงานสรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวหอมกระดังงาที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จังหวัดนราธิวาส
กรณีศึกษา: บ้านโคกอิฐ-โคกใน ตำบลพร่อน อำเภอบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส ผลการทดลอง ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

1.1 ผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง พบว่า ทุกตำรับการทดลอง มีสมบัติทางเคมีของดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ ค่าปฏิกริยาดินเป็นกรดรุนแรง (4.0-4.1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก (8.82-8.93%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ (7.0-8.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง (64-69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารรองแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ (4.20-4.54 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง (1.40-1.43 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนธาตุอาหารเสริม พบว่า ปริมาณเหล็กอยู่ในระดับที่สูงมาก (468-494 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ทองแดงอยู่ในระดับปานกลาง (1.36-1.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนแมงกานีสและสังกะสีอยู่ในระดับต่ำ (0.96-1.09 และ 0.37-0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) สำหรับปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำ (1.80-1.86 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ไม่เป็นอันตรายต่อพืช (ตารางที่ 1)

1.2 ผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการทดลอง

หลังจากการทดลอง สมบัติทางเคมีของดินบางประการได้เปลี่ยนไป พบว่า ตำรับที่มีการใส่หินปูนบดดินมีปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมีค่าในช่วง 4.9-5.0 ส่วนตำรับควบคุมที่ไม่ได้มีการใส่หินปูนบดดินมีปฏิกริยาเป็นกรดจัด มีค่า 4.6 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากในขั้นตอนการเตรียมดินมีการไถตะ แล้วขังน้ำให้ท่วมเพื่อให้ดินอ่อนตัว แล้วมีการปล่อยน้ำออก และขังน้ำใหม่ จากนั้นทำการไถแปร ประกอบกับตลอดระยะเวลาการปลูกข้าว ซึ่งมีการขังน้ำตลอดเวลา ทำให้กรดในดินละลายออกมา ค่าปฏิกริยาดินจึงสูงขึ้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับที่สูงมาก ทุกตำรับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (8.83-8.99%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าแตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ตำรับที่ 2 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำที่สุด (6.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนในตำรับที่ 1, 3 และ 4 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 10.7, 14.9 และ 15.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกันอยู่ในระดับต่ำ (36-45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับธาตุอาหารรอง พบว่า แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่า ตำรับที่ 2, 3 และ 4 ที่มีการใส่ปูนมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง (8.73, 7.60 และ 6.86 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ส่วนในตำรับที่ 1 เป็นตำรับที่ไม่มีการใส่ปูนมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำเท่ากับ 4.10 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าก่อนการทดลอง ส่วนแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ทุกตำรับอยู่ในระดับปานกลาง (1.89-2.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารเสริมได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ทุกตำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า ปริมาณเหล็กอยู่ในระดับที่สูงมาก (412-429 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนแมงกานีส ทองแดง และสังกะสีอยู่ในระดับที่ต่ำ (1.63-1.93, 0.47-0.90 และ 0.37-0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) เช่นเดียวกับปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำในช่วง 1.58-2.31 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษกับพืช (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีบางประการของดินก่อนการทดลอง

ดำรับ การทดลอง	pH	LR (kg/rai)	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch.Ca (cmol(+)/kg)	Exch. Mg (cmol(+)/kg)	Extr. Fe (mg/kg)	Extr. Mn (mg/kg)	Extr. Cu (mg/kg)	Extr. Zn (mg/kg)	Exch. Al (cmol(+)/kg)
T1	4.1 ±0.03	1,326±29.60	8.93±0.04	8.0±0.41	65±2.38	4.54±0.15	1.42±0.10	494±13.77	0.96±0.18	1.68±0.15	0.37±0.04	1.86±0.15
T2	4.1±0.05	1,305±15.00	8.82±0.05	7.0±0.41	69±3.76	4.32±0.19	1.38±0.07	488±12.02	1.02±0.15	1.53±0.12	0.42±0.04	1.80±0.13
T3	4.0 ±0.05	1,350±30.00	8.96±0.06	7.5 ±0.29	68±1.78	4.20±0.24	1.20±0.14	468±14.16	1.09±0.10	1.44±0.11	0.42±0.05	1.85±0.13
T4	4.1 ±0.03	1,350±30.00	8.93±0.08	8.4 ±0.31	64±1.68	4.30±0.21	1.43±0.05	482±6.42	1.04±0.04	1.36±0.14	0.42±0.04	1.85±0.05
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	1.93	4.04	1.28	9.33	7.64	9.13	14.14	4.97	25.13	17.51	20.41	13.20

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีบางประการของดินหลังการทดลอง

ดำรับ การทดลอง	pH	LR (kg/rai)	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch.Ca (cmol(+)/kg)	Exch. Mg (cmol(+)/kg)	Extr. Fe (mg/kg)	Extr. Mn (mg/kg)	Extr. Cu (mg/kg)	Extr. Zn (mg/kg)	Exch. Al (cmol(+)/kg)
T1	4.6 ^b ±0.00	1,190±10.00	8.99±0.06	10.7 ^{ab} ±0.00	36±4.47	4.10±0.19	1.99±0.06	412±23.93	1.63±0.04	0.58±0.11	0.13±0.01	2.31±0.19
T2	5.0 ^a ±0.09	1,135±45.73	8.83±0.04	6.7 ^b ±0.79	36±5.10	8.73±0.21	2.17±0.18	429±17.06	1.83±0.19	0.47±0.04	0.14±0.01	1.96±0.30
T3	4.9 ^a ±0.05	1,270±68.07	9.05±0.06	14.9 ^a ±2.18	36±0.97	7.60±0.57	1.89±0.21	417±18.77	1.77±0.20	0.90±0.03	0.17±0.02	1.58±0.20
T4	5.0 ^a ±0.13	1,175±55.00	8.96±0.06	15.4 ^a ±2.96	45±5.05	6.86±1.80	1.90±0.15	425±8.17	1.93±0.22	0.70±0.18	0.19±0.01	1.81±0.09
F-test	*	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	3.2	8.3	1.3	28.7	22.3	24.7	16.1	8.5	16.1	28.7	20.0	22.0

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

2. ผลของการจัดการดินต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวหอมกระดังงาที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

2.1 การแตกกอ

การจัดการดินเปรี้ยวจัดทุกตำรับการทดลอง ทำให้การแตกกอของข้าวก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า ตำรับที่ 3 การแตกกอของต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 12.00 ต้นต่อกอ รองลงมาคือ ตำรับที่ 4, 1 และ 2 การแตกกอของต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 10.45, 10.28 และ 9.68 ต้นต่อกอ ตามลำดับ ส่วน (ตารางที่ 3)

2.2 ความสูง

การจัดการดินเปรี้ยวจัดโดยการใส่ปูน การใส่ปุ๋ยเคมี และใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ทำให้ความสูงของต้นข้าวก่อนการเก็บเกี่ยว มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า ตำรับที่ 4 ความสูงของต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 194.08 เซนติเมตร รองลงมาคือตำรับที่ 3 ความสูงของต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 187.03 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันกับตำรับที่ 1 และ 2 ที่มีความสูงของต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน 182.05 และ 182.78 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

2.3 ผลผลิต

2.3.1 น้ำหนักข้าวเปลือกที่ความชื้น 14 เปอร์เซนต์

การจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อปลูกข้าวหอมกระดังงาโดยการใส่ปูน การใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ทำให้น้ำหนักข้าวเปลือกที่ความชื้น 14 เปอร์เซนต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า ตำรับที่ 3 ที่มีการปรับปรุงดินโดยการใส่ปูนเท่ากับค่าความต้องการปูน ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงตามคำแนะนำในอัตรา 200 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 358.5 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือตำรับที่ 2 ที่มีการปรับปรุงดินโดยการใส่ปูนเท่ากับค่าความต้องการปูน และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 342 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 3)

2.3.2 น้ำหนักสลดต่อซัง

การจัดการดินเปรี้ยวจัดโดยการใส่ปูน การใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ทำให้น้ำหนักสลดต่อซังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยในช่วง 4,100-4,700 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลของการจัดการดินแบบบูรณาการต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวหอมกระดังงา

ตำรับ การทดลอง	การแตกกอ (ต้นต่อกอ)		ความสูง (เซนติเมตร)		น้ำหนักข้าวเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่)	น้ำหนักสลดต่อซัง (กิโลกรัมต่อไร่)
	อายุ 40 วัน	ก่อนเก็บเกี่ยว	อายุ 40 วัน	ก่อนเก็บเกี่ยว		
T1	5.20±0.23	10.28 ^b ±0.41	71.81 ^{ab} ±1.05	182.05 ^b ±2.70	336.00±48.69	4,100.00±47.61
T2	5.33±0.17	9.68 ^b ±0.42	73.65 ^a ±1.15	182.78 ^b ±2.51	342.00±40.55	4,530.00±559.37
T3	5.50±0.17	12.00 ^a ±0.53	69.70 ^b ±0.85	187.03 ^{ab} ±2.98	358.50±51.13	4,700.00±650.02
T4	5.09±0.21	10.45 ^b ±0.53	70.11 ^b ±1.25	194.08 ^a ±2.04	336.50±28.30	4,281.00±492.02
F-test	ns	*	*	**	ns	ns
C.V.(%)	16.76	8.32	13.58	8.75	22.41	22.48

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
 ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์
 ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

2.4 องค์ประกอบของผลผลิต

การจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อปลูกข้าวหอมกระดังงาโดยการใส่ปูน การใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ทำให้จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ที่ความชื้น 14% ของข้าวหอมกระดังงา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ จำนวนรวงต่อกอมีค่าอยู่ในช่วง 6.50-9.17 รวงต่อกอ ความยาวรวงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.45-24.90 เซนติเมตร และมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ความชื้น 14% มีค่าอยู่ในช่วง 22.95-24.13 (ตารางที่ 4) ส่วนเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่า ตำรับที่ 3 ที่มีการปรับปรุงดินโดยการใส่ปูนเท่ากับค่าความต้องการปูนรวมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 6.99% รองลงมาคือตำรับที่ 4 ที่มีการใส่ปูนเท่ากับอัตราความต้องการปูนและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงครึ่งอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเฉลี่ยเท่ากับ 8.44% (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลของการจัดการดินแบบบูรณาการต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

ตำรับ	จำนวนรวงต่อกอ	ความยาวรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์	เมล็ดลีบ
การทดลอง	(รวงต่อกอ)	(เซนติเมตร)	(กรัม)	(เปอร์เซ็นต์)
T1	7.08 ^b ±0.35	24.45 ±0.62	22.95±0.78	10.17 ^{ab} ±1.16
T2	6.50 ^b ±0.39	24.55±0.49	23.17±0.98	12.13 ^a ±0.78
T3	9.17 ^a ±0.58	24.90±0.18	24.13±0.13	6.99 ^a ±0.61
T4	7.58 ^{ab} ±0.43	24.63±0.68	23.08±0.16	8.44 ^{ab} ±1.34
F-test	ns	ns	ns	*
C.V.(%)	16.42	4.30	4.63	21.53

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาการเจริญเติบโต องค์ประกอบ และผลผลิตข้าว พบว่า ผลผลิตของข้าวหอมกระดังงาที่ได้ทำการทดลองทุกตำรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเป็นเพราะข้าวหอมกระดังงาเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในดินดินเปรี้ยวจัด ซึ่งกรมวิชาการเกษตร (2547) กล่าวว่า พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมกับการปลูกในดินเปรี้ยวจัด บางสายพันธุ์มีกลไกในการปรับตัวเพื่อให้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่เป็นดินเปรี้ยวจัด เช่น กลไกในการต้านทานความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และกลไกการปรับตัวในสภาพที่มีฟอสฟอรัสต่ำ เป็นต้น ซึ่งหากมีการจัดการดินที่ดี เช่น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวมด้วย ข้าวจะสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้อย่างปกติแม้ปลูกในดินเปรี้ยวจัด ซึ่งจากการทดลองนี้ ได้มีการจัดการดินและปุ๋ยตามหลักวิชาการ จึงทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตข้าวทุกตำรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

3.1 การประเมินค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการศึกษาการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดแบบบูรณาการโดยใช้ใส่ปูน ใส่ปุ๋ยเคมี และใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง พบว่า ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของตำรับที่ 1 ที่ดำเนินการโดยไม่มีการใส่ปูน และใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการ ให้กำไรสุทธิสูงสุด 4,035 บาท/ไร่ ส่วนตำรับที่ 2, 3 และ 4 ให้กำไรสุทธิ 1,053, 429 และ 465 บาท/ไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตของข้าวหอมกระดังงาที่ผลิตได้ในแต่ละตำรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ต้นทุนในการผลิตตำรับที่ 2, 3 และ 4 มีต้นทุนค่าวัสดุปูนที่ใช้ในการปรับปรุงดิน ทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าตำรับที่ 1 จึงมีกำไรสุทธิน้อยกว่า (ตารางที่ 5) ซึ่งการใส่ปูนเพื่อปรับปรุงดินก่อนการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดนั้น

พบว่า การใส่ปุ๋ยหนึ่งครั้ง จะสามารถลดความเป็นกรดของดินได้นาน 5 ปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ซึ่งเมื่อมีการปลูกข้าวต่อไป โดยดำรับที่ 2, 3 และ 4 จะมีต้นทุนการผลิตลดลง ซึ่งหากไม่นำต้นทุนค่าวัสดุปุ๋ยที่ใช้ในการปรับปรุงดินมาคิดต้นทุนการผลิต ก็จะทำให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในดำรับที่ 2, 3 และ 4 สูงขึ้นด้วย ส่วนในเรื่องของผลผลิต ในแต่ละดำรับนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาค้นคว้าต่อไปอีก 2-3 ปี จึงจะสามารถให้คำตอบที่ชัดเจน ว่าการจัดการดินเปรี้ยวจัดรูปแบบใด สามารถเพิ่มผลผลิตและให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุด

ตารางที่ 5 แสดงผลการประเมินค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

กิจกรรม	ค่าใช้จ่ายในการผลิต/ไร่ (บาท)			
	T1	T2	T3	T4
1. ค่าใช้จ่ายในการผลิต/ไร่ (บาท)				
การเตรียมดิน (บาท)	1,150	1,150	1,150	1,150
การปลูก (บาท)	425	425	425	425
การดูแลรักษา (บาท)	100	100	100	100
การเก็บเกี่ยว (บาท)	250	250	250	250
ค่าปัจจัยการผลิต (บาท)	760	6,436	7,390	6,914
- ค่าพันธุ์ข้าว	150	150	150	150
- ค่าปุ๋ย	610	346	1,300	824
- ค่าวัสดุปรับปรุงดิน	-	3,366	3,366	3,366
รวมค่าใช้จ่ายในการผลิต/ไร่ (บาท)	2,685	5,787	6,741	6,265
2. มูลค่าผลผลิต/ไร่ (บาท)				
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	336.0	342.0	358.5	336.5
ราคาข้าวเปลือก/กิโลกรัม (บาท)*	20	20	20	20
มูลค่าผลผลิต/ไร่ (บาท)	6720	6840	7170	6730
3. กำไรสุทธิ/ไร่ (บาท)	4,035	1,053	429	465
4. มูลค่าผลผลิต/ค่าใช้จ่ายในการผลิต/ไร่	2.50	1.18	1.06	1.07
5. กำไรสุทธิ/ค่าใช้จ่ายในการผลิต/ไร่	1.50	0.18	0.06	0.07
6. กำไรสุทธิ/มูลค่าผลผลิต/ไร่	0.60	0.15	0.06	0.07

หมายเหตุ: * ราคาข้าวเปลือก ณ วันที่ 30 มีนาคม 2559

สรุป

1. สมบัติทางเคมีของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง โดยพบว่า ดำรับที่มีการใส่หินปูนบด ดินมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมีค่าเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในช่วง 4.9-5.0 ส่วนดำรับควบคุมที่ไม่ได้มีการใส่หินปูนบด ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดจัดแต่มีค่าต่ำกว่าดำรับที่ใส่หินปูนบด (4.6) เช่นเดียวกับปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้นในดำรับที่มีการใส่หินปูนบดปรับปรุงดิน ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และธาตุอาหารเสริม ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี มีการผันแปรเล็กน้อย เนื่องจากปัจจัยที่ใส่ และการดูไปใช้ของพืช

2. การเจริญเติบโต องค์ประกอบ และผลผลิตข้าว

จากการศึกษาการเจริญเติบโต องค์ประกอบ และผลผลิตข้าว ความสูงของต้นข้าว สรุปได้ว่า การแตกกอและความสูงของข้าวหอมกระดังงาก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดำรับที่ 3 ที่ใส่ปุ๋ยเท่ากับอัตราความต้องการปุ๋ย ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตราอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีการแตกกอของข้าวหอมกระดังงาสูงสุด (12.0 ต้นต่อกอ) ส่วนความสูงของต้นข้าวหอมกระดังงา ดำรับที่ 4 ที่มีการใส่

ปุ๋ยเท่ากับอัตราความต้องการปุ๋ยและใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ความสูงของต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 194.08 เซนติเมตร รองลงมาคือดำรับที่ 3 ที่มีการปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยเท่ากับค่าความต้องการปุ๋ยรวมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ 187.03 เซนติเมตร ส่วนน้ำหนักข้าวเปลือกที่ความชื้น 14% และน้ำหนักสดต่อชั่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดำรับที่ 3 ที่มีการปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยเท่ากับค่าความต้องการปุ๋ยรวมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด 358.50 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนองค์ประกอบของผลผลิต ได้แก่ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ทุกดำรับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ สรุปได้ว่า ดำรับที่ 1 ที่ดำเนินการโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการ ให้กำไรสุทธิสูงสุด 4,035 บาทต่อไร่ ส่วนดำรับที่ 2, 3 และ 4 ให้กำไรสุทธิ 1,053, 429 และ 465 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เนื่องจากผลผลิตของข้าวหอมกระดังงาที่ผลิตได้ในแต่ละดำรับไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ต้นทุนในการผลิตดำรับที่ 2, 3 และ 4 มีต้นทุนค่าวัสดุปุ๋ยที่ใช้ในการปรับปรุงดิน ทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าดำรับที่ 1 จึงมีกำไรสุทธิน้อยกว่า

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2547. ข้าว. เอกสารวิชาการลำดับที่ 18/2547. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือเกษตรกร การจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อปลูกพืช. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สถาบันวิจัยข้าว. 2547. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2557. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยและอัตราการใช้ตามชนิดเนื้อดิน. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2557. จากเว็บไซต์: http://www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice-cultivate&fertiliset/rice-cultivate_fertilise3.html
- อุษา ศรีใส. 2556. การผลิตข้าวอินทรีย์โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 12 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ภคินี อัครเวสสะพงศ์. 2554. รายงานผลการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมกระดังงา โครงการวิจัยการเพิ่มศักยภาพทางโภชนาการในพันธุ์ข้าวไทย.