



การจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการในฤดูกาลปลูกข้าวนาปรังและนาปี

Fertilizer Management for Rice Varieties RD61 on Some Soil Chemical Properties In-season and Off-season

พานพงษ์ พวงมาลา¹* และ จีราภรณ์ อินทสาร²

Puonngma, P.¹* and Inthasan, J.²

¹ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุโขทัย จ. สุโขทัย

¹Sukhothai Rice Seed Center, Sukhothai province 64110

²สาขาวิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

²Division of Soil Science Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiangmai province 50290

*Corresponding author: panupong.p@rice.mail.go.th

Received 17 November 2020; Revised 15 June 2021; Accepted 27 July 2021

บทคัดย่อ

การศึกษาการจัดการปุ๋ยของข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ต่อสมบัติทางเคมีของดิน ทั้งค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ ทดลองในพื้นที่ของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุโขทัย ในฤดูกาลปลูกข้าวนาปรังและนาปี ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2560 – ตุลาคม 2561 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) ประกอบด้วย 6 ตำรับ จำนวน 4 ซ้ำ ได้แก่ ตำรับที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ ตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว ตำรับที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) ตำรับที่ 5 การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าวร่วมกับสังกะสี และตำรับที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) ร่วมกับสังกะสี พบว่า สำหรับการจัดการปุ๋ยของข้าวทั้ง 2 ฤดู ควรเลือกวิธีการจัดการปุ๋ยด้วยวิธีใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับสังกะสีอัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ช่วยเพิ่มสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีที่เพียงพอ

คำสำคัญ: การจัดการปุ๋ย, กข61, สมบัติทางเคมีของดิน, ข้าวนาปี, ข้าวนาปรัง

Abstract

The study of fertilizer management of rice varieties RD61 on soil chemical properties such as pH, organic matter, available phosphorus, exchangeable potassium, calcium, magnesium and zinc was recorded in-season and off-season rice of experiment in the area of the Sukhothai Rice Seed Center. Randomized complete block design (RCBD) was used which consists of 6 treatments: treatment 1 non-chemical fertilizer, treatment 2 - chemical fertilizer by seed producer group, treatment 3 - chemical fertilizer recommended by Rice Department, treatment 4 - chemical fertilizer according to App LDD, treatment 5 -chemical fertilizer recommended by Rice Department + zinc, and treatment 6 - chemical fertilizer according to soil analysis + zinc. It was found that chemical fertilizer in in-season and off-season rice, should be managed according to soil analysis + zinc at 20 gram/20 liters of water/rai. This fertilizer management method improved chemical properties of soil including organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and zinc.

Keywords: Fertilizer management, RD61, soil chemical properties, in-season rice, off-season rice

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตข้าวของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุโขทัย จะต้องทำการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนฤดูกาลปลูกของเกษตรกรทั่วไปเพื่อจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ให้แก่เกษตรกรทั่วไปและตัวแทน

จำหน่ายในพื้นที่ โดยจะต้องผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ตามเป้าหมายให้มีผลผลิตสูงขึ้นและมีคุณภาพ และ โดยมีกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวสุโขทัยในจังหวัด ได้กำหนดเป้าหมายการผลิตประมาณปีละ 4,000

ต้น โดยได้ส่งเสริมปลูกพันธุ์ข้าวเจ้าที่ไม่ไวต่อช่วงแสงเป็นหลัก โดยในปี 2558-2559 ทางศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุโขทัยได้มีการส่งเสริมการปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยในฤดูนาปีมีอายุการเก็บเกี่ยว 87 วัน และในฤดูนาปรังมีอายุการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 96 วัน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 684 กิโลกรัม/ไร่ และให้ผลผลิตสูงถึง 1,004 กิโลกรัม/ไร่ (Bureau of Rice Research and Development, 2015) โดยในปี 2558 - 2559 ได้ส่งเสริมให้กลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ของจังหวัดสุโขทัยเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 61 แต่ให้ผลผลิตที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละฤดูปลูก ในฤดูนาปีมีผลผลิตเฉลี่ย 553 กิโลกรัม/ไร่ และฤดูนาปรังมีผลผลิตเฉลี่ย 700 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งส่งผลต่อเป้าหมายการผลิต ทำให้ซื้อเมล็ดพันธุ์คืนไม่ได้เป้าตามที่กำหนด และส่งผลต่อต้นทุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวจังหวัดสุโขทัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต พบว่า มีการใส่ปุ๋ยที่ไม่ถูกต้องตามการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์นี้ ซึ่งการทำการแปลงขยายพันธุ์ข้าวของกลุ่มผู้ผลิตจะต้องให้ธาตุอาหารหลักที่จำเป็นและธาตุอาหารเพิ่มเติมต่อการเจริญเติบโตของข้าวในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และอยู่ในระดับที่เพียงพอและสมดุล (Osotsapar *et al.*, 2015) แต่การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเป็นระยะเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อสมบัติของดินและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (Staff of Soil Science Department, 2001; Kunlanit and Sriboonrote, 2017) และใส่ปุ๋ยในอัตราที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของพืช ทำให้เกิดการสูญเสียและเพิ่มต้นทุนค่าปุ๋ยโดยเปล่าประโยชน์ รวมทั้ง ทำให้สมดุลระหว่างธาตุอาหารพืชชนิดต่าง ๆ เสียไปอีกด้วย (Suwanarit, 2010; Isuwan, 2014; Isuwan, 2015) โดยอาจมีปัจจัยในเรื่องของอัตราปุ๋ยที่ไม่ตรงกับความต้องการของดินต่อพันธุ์ข้าวนี้ ซึ่ง Bureau of Rice Research and Development (2015) ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ในฤดูนาปี 2557 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ลพบุรี และชัยนาท จำนวน 3 แห่ง พบว่า มีสมบัติดินบางประการในแปลงทดลองที่แตกต่างกัน ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท ชุดดินสระบุรี และพิษณุโลกชุดดินเพ็ญ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.10 และ 1.77 เปอร์เซ็นต์ โดยศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก มีการตอบสนองของปุ๋ยไนโตรเจนไม่ชัดเจนและให้ผลผลิตไม่แตกต่าง ซึ่งแตกต่างกับศูนย์วิจัยข้าวลพบุรี มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.23 เปอร์เซ็นต์ มีการตอบสนองของปุ๋ยไนโตรเจนที่ชัดเจนและให้ผลผลิตที่ต่างต่างกัน และ จากการศึกษาของ Cheun-im และคณะ (2010) การใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำการทดลองการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ 5 กรรมวิธี คือ (1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (2) การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของศูนย์บริการวิชาการเกษตรฯ (14-6-0 กก. N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่) (3) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมการข้าว (12-3-0 กก. N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่) (4) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแบบสังคีต (8-4-1 กก. N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่) และ (5) การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (9-4-6-0 กก. N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่) ใช้พันธุ์ข้าวเจ้า กข31 พบว่า ทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตมากกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยเคมีทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันในการเพิ่มความสูงจำนวนต้น จำนวนรวงและผลผลิตของข้าว ซึ่งกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมการข้าวให้ผลผลิต รายได้ของผลผลิต และรายได้สุทธิสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอื่น ๆ อย่างที่ได้กล่าวข้างต้นว่าการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อให้เกษตรกรทั่วไปได้นำเมล็ดพันธุ์ข้าว

ไปเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตที่พอใจและเมล็ดพันธุ์มีคุณภาพนั้น ในการทำการแปลงขยายพันธุ์ข้าวของศูนย์ฯ ในการผลิตพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง โดยเฉพาะพันธุ์ข้าวเจ้า กข61 ในระยะการเจริญเติบโตจนถึงการเก็บเกี่ยวมักพบว่าลักษณะเมล็ดพันธุ์ข้าวจะลีบและเมล็ดร่วงโดยอาจมีปัจจัยสภาพแวดล้อมเกี่ยวข้อง ทำให้ผลผลิตที่ไม่แน่นอนโดย Fairhurst และคณะ (2007) กล่าวว่าถึงแม้จะมีการใส่ปุ๋ยธาตุหลักที่ถูกต้องแล้ว แต่ผลผลิตก็ไม่ได้ตามเป้าหมายแสดงว่ามีปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของข้าวบางประการยังไม่เหมาะสมหรือดินบางพื้นที่มีธาตุรองหรือจุลธาตุต่ำและไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว จึงเป็นที่มาของการเสริมปุ๋ยจุลธาตุสังกะสี ซึ่ง Osotsapar และคณะ (2015) ได้กล่าวว่า สังกะสีมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตหลากหลายด้านทั้งทางดินและพืช โดยเฉพาะบทบาทสังกะสีต่อพืช ช่วยกระตุ้นกระบวนการเติบโตในระยะเจริญพันธุ์ ช่วยในการพัฒนาดอก การสร้างเมล็ด โดยส่งเสริมการเจริญเติบโตของตาดอกและอับเรณู ได้ละอองเรณูที่สมบูรณ์ ถ้ามีการขาดสังกะสีก็จะทำให้เมล็ดลีบเนื่องจากละอองเรณูเป็นหมัน ทำให้ข้าวต้านทานการเกิดโรค อย่างไรก็ตามการให้ธาตุสังกะสีแก่พืชโดยวิธีการใส่ปุ๋ยทางดินหรือนิดพ่นทางใบในดินที่ขาดธาตุสังกะสีพบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตได้ (Rengel *et al.*, 1995) โดยผลจากงานทดลองในข้าวสาลีการใส่ปุ๋ยสังกะสีช่วยให้การเจริญเติบโตดี และยังช่วยปรับปรุงผลผลิตรวมทั้งปริมาณความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดได้ 3-4 เท่า (Yilmaz *et al.*, 2010) จึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาการจัดการปุ๋ยของพันธุ์ข้าวเจ้า กข61 ต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการในฤดูกาลการปลูกข้าวนาปรังและนาปี

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

เปรียบเทียบกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยในการผลิตเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ในพื้นที่ของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุโขทัย เลขที่ 169 หมู่ 5 ตำบลนาทุ่ง อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย พิกัดละติจูด 17°18'40.0"N ลองจิจูด 99°42'59.7"E ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่ม กลุ่มชุดดินที่ 15 เป็นชุดดินแม่สาย (Ms) การจำแนกดิน Fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Aeric Endoaqualfs เป็นกลุ่มดินทรายแบ่งลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำนํ้า ปฏิกิริยาดินเป็นกลางหรือเป็นด่าง การระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง และมีความลาดชัน 0-2% (Office of Science for Land Development, 2007) ระยะเวลาทำการทดลองปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ในฤดูนาปรังในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2560-พฤษภาคม 2561 และในฤดูนาปีในช่วงเดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2561 ในแปลงย่อยขนาด 6*10 ตารางเมตร จำนวน 24 แปลงย่อย โดยวางแผนทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design 6 ดำรับ จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ดำรับที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (T1) ดำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ (46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง หลังจากปักดำ 1 สัปดาห์ อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ และครั้งที่ 2 ในระยะแตกกอ อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ (T2) ดำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 8 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 15 กิโลกรัม/ไร่ หลังจากปักดำ 1 สัปดาห์ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 13 กิโลกรัม/ไร่ ระยะแตกกอ และครั้งที่ 3 หลังจากใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 15-20 วัน

ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 13 กิโลกรัม/ไร่ (T3) ดำรับที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 16 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 7 กิโลกรัม/ไร่ หลังจากปักดำ 1 สัปดาห์ และครั้งที่ 2 ระยะข้าวแตกกอ ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 16 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 7 กิโลกรัม/ไร่ (T4) ดำรับที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ใส่ปุ๋ยตามดำรับที่ 3 ฉีดพ่น $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ อัตรา Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ตั้งแต่ข้าวเริ่มท้องจนถึงระยะดอกบาน ทุก ๆ 2 สัปดาห์ (T5) ดำรับที่ 6 การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 8 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ ครั้งที่ 2 ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 8 กิโลกรัม/ไร่ และฉีดพ่น $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ อัตรา Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ตั้งแต่ข้าวเริ่มท้องจนถึงระยะดอกบาน ทุก ๆ 2 สัปดาห์ (T6)

1. การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังปลูก ในฤดูนาปรังและนาปี เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยในฤดูนาปรัง ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกในเดือนพฤศจิกายน 2560 และเก็บตัวอย่างดินหลังปลูกหลังจากเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้น ในเดือนพฤษภาคม 2561 ส่วนในฤดูนาปี ทำการเก็บตัวอย่างดิน

ก่อนปลูกในเดือนมิถุนายน 2561 และเก็บตัวอย่างดินหลังปลูกหลังจากเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้น ในเดือนตุลาคม 2561 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างดิน 3 จุด ของแต่ละตำรับการทดลองมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยนำดินผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร นำตัวอย่างดินวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุทำการวิเคราะห์ตามหลักการของ Walkley and Black (1947) และร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร นำตัวอย่างดินที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์สมบัติดินและปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยใช้ดินต่อน้ำอัตราส่วน ดิน : น้ำ = 1:1 (w/w) แล้ววัดด้วย pH meter วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยทำการสกัดตัวอย่างโดยใช้สารละลาย Bray-II (Bray and Kurtz, 1945) แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 882 นาโนเมตร ส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ทำการสกัดตัวอย่างโดยใช้ 1 M NH_4OAc pH 7.0 แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame spectrophotometer (Wayne, 1980) แต่ในส่วนของสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ ใช้การสกัดตัวอย่างด้วยน้ำยาสกัด diethylenetriaminepentaacetic acid แล้วอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Wayne, 1980)

Table 1 Experimental formula and fertilization method in RD61

Treatment	Fertilizer input
T1 - Non-chemical fertilizer	Non fertilizer
T2 - Chemical fertilizer by seed producer group (46-0-0)	Input fertilizer 2 times 1. formula fertilizer 46-0-0 rate 25 kg/rai after 1 week of black embroidery. 2. formula 46-0-0 rate 25 kg/rai in tillering period.
T3 - Chemical fertilizer recommended by Rice Department (18-3-0)	Input fertilizer 3 times 1. formula 46-0-0 rate 8 kg/rai and formula 16-20-0 rate 15 kg/rai after 1 week of black embroidery. 2. formula 46-0-0 rate 13 kg/rai in tillering period. 3. formula 46-0-0 rate 13 kg/rai after input fertilizer 15-20 days.
T4 - Chemical fertilizer according to App LDD (18-3-0) (App LDD*: https://www.ddd.go.th/www/lek_web/web.jsp)	Input fertilizer 2 times 1. formula fertilizer 46-0-0 rate 16 kg/rai and formula 16-20-0 rate 7 kg/rai after 1 week of black embroidery. 2. formula 46-0-0 rate 16 kg/rai and formula 16-20-0 rate 7 kg/rai in tillering period.
T5 - Chemical fertilizer recommended by Rice Department +Zn 20 gram/20 liters of water/rai (18-3-0)	As T3 + foliar spraying with $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ rate ZnSO_4 20 gram/ 20 liters of water/rai since to rice began to become pregnant until the flowering period every 2 weeks.
T6 - Chemical fertilizer according to soil analysis +Zn 20 gram/20 liters of water/rai (15-5-0)	Input fertilizer 2 times 1. formula fertilizer 46-0-0 rate 8 kg/rai and formula 16-20-0 rate 25 kg/rai after 1 week of black embroidery. 2. formula 46-0-0 rate 8 kg/rai + foliar spraying with $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ rate ZnSO_4 20 gram/ 20 liters of water/rai since to rice began to become pregnant until the flowering period every 2 weeks.

2. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) ตามแผนทดลองแบบบล็อกสุ่มอย่างสมบูรณ์ เมื่อพบความแตกต่างกันในทางสถิติทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธีจัดกลุ่มของสิ่งทดลอง (Least Significant Difference; LSD)

ผลการทดลอง

1. สมบัติทางเคมีของดินบางประการในฤดูกาลปลูกข้าวนาปรัง (ก่อนปลูก)

จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน

Table 2 Soil chemical properties before rice production, in off-season rice

Depth (cm)	pH	OM (%)	Available P	Exchangeable			
				K	Ca	Mg	Zn
				(mg/kg)			
0-15	7.2	0.25	5.61	201	1,014	136	1.00
15-30	7.2	0.20	5.48	194	1,005	122	0.60

2. สมบัติทางเคมีของดินบางประการในฤดูกาลปลูกข้าวนาปรัง (หลังปลูก)

จากตารางที่ 3 การศึกษาสมบัติทางเคมีของดินในแปลงข้าวนาปรัง กข61 ฤดูนาปรัง ปี 2561 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างตัวรับทดลอง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5.9-6.5 ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ในช่วง 1.40-1.85% โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 128-153 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 986-1,109 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) โดยตัวรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด 14.27 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินน้อยที่สุดเป็น 7.03 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว (8.56 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ (8.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) การใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ (8.37 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (7.84 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ

ขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมากที่สุด เท่ากับ 654 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) (653 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) การไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์

ก่อนปลูกข้าวนาปรัง กข61 ในฤดูนาปรัง ปี 2561 ในช่วงระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน อยู่ระดับปานกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระดับต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมาก แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับเสี่ยงต่อภาวะขาดแคลนในดิน ขณะที่ในช่วงระดับความลึกระดับ 15-30 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับเดียวกันกับดินชั้นบน โดยมีค่าลดลงจากดินชั้นบนเล็กน้อย

(618 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าวทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินน้อยที่สุด เท่ากับ 497 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ (554 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในส่วนของการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ทำให้มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด 2.18 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) ทำให้มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินน้อยที่สุด เท่ากับ 0.90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว การใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ (1.13 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) การไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (0.98 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ (0.95 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ

จากตารางที่ 4 สำหรับปริมาณธาตุอาหารในข้าวนาปรัง กข61 ฤดูนาปรัง ปี 2561 ที่ช่วงระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างตัวรับทดลอง ซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.3-6.9 โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 0.96-1.13% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 4.89-6.09 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ระหว่าง 93-100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 1,046-1,168 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ระหว่าง 716-868 มิลลิกรัม/กิโลกรัมและมีปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ระหว่าง 0.39-0.76 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

Table 3 Soil chemical properties after harvesting rice, RD61 in Off-season rice, 2018 at soil depth 0-15 centimeter

Treatment	pH	OM (%)	Available P	Exchangeable			
				K	Ca	Mg	Zn
				(mg/kg)			
T1	6.1	1.58	7.84 B	153	1,081	634 AB	0.98 B
T2	6.1	1.71	8.37 B	128	1,074	618 AB	1.13 B
T3	6.0	1.66	8.56 B	147	986	497 C	1.17 B
T4	6.5	1.40	7.03 B	128	1,103	653 A	0.90 B
T5	5.9	1.67	8.40 B	142	1,109	654 A	0.95 B
T6	5.9	1.85	14.27 A	140	1,030	554 BC	2.18 A
Grand Mean	6.1	1.64	9.08	139	1,064	601	1.22
F-test	ns	ns	**	ns	ns	*	*
C.V. (%)	5.40	11.91	14.71	16.30	10.62	10.79	48.73

* Significant at $P \leq 0.05$ ** significant at $P \leq 0.01$ ns = not significant

T1: Non-chemical fertilizer, T2: chemical fertilizer by seed producer group,

T3: chemical fertilizer by Rice Department Recommended, T4: Chemical fertilizer by App LDD,

T5: as T3+Zn 20 gram/20 liters of water/rai and T6: Chemical fertilizer according to soil analysis +Zn 20 gram/20 liters of water/rai

Table 4 Soil chemical properties after harvesting rice, RD61 in Off-season rice, 2018 at soil depth 15-30 centimeter

Treatment	pH	OM (%)	Available P	Exchangeable			
				K	Ca	Mg	Zn
				(mg/kg)			
T1	6.8	1.01	5.34	97	1,143	841	0.56
T2	6.3	1.02	5.89	93	1,085	868	0.46
T3	6.8	0.96	4.89	90	1,113	843	0.39
T4	6.6	1.13	6.09	100	1,046	716	0.76
T5	6.9	0.96	5.13	100	1,168	845	0.53
T6	6.7	1.08	5.97	95	1,137	815	0.65
Grand Mean	6.7	1.03	5.55	96	1,115	821	0.56
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.74	27.08	28.74	13.46	13.46	16.67	55.31

* significant at $P \leq 0.05$ ** significant at $P \leq 0.01$ ns = not significant

T1: Non-chemical fertilizer, T2: chemical fertilizer by seed producer group,

T3: chemical fertilizer by Rice Department Recommended, T4: Chemical fertilizer by App LDD,

T5: as T3+Zn 20 gram/20 liters of water/rai and T6: Chemical fertilizer according to soil analysis +Zn 20 gram/20 liters of water/rai

Table 5 Soil chemical properties before rice production, in-season rice

Depth (cm)	pH	OM (%)	Available P	Exchangeable			
				K	Ca	Mg	Zn
				(mg/kg)			
0-15	6.5	0.94	8.34	145	1,034	746	0.73
15-30	6.9	1.02	5.78	122	1,110	637	0.54

3. สมบัติทางเคมีของดินบางประการในฤดูกาลปลูกข้าวนาปี (ก่อนปลูก)

จากตารางที่ 5 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน ก่อนปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ในฤดูนาปี ปี 2561 ในช่วงระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน อยู่ระดับปานกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระดับต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ใน

ระดับสูงมาก แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง ส่วนสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับเสี่ยงต่อภาวะขาดแคลนในดิน ขณะที่ ในช่วงระดับความลึกระดับ 15-30 เซนติเมตร พบว่า ปริมาณ อินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง ในส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และส่วนสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าลดลงจากดินชั้น

บนเล็กน้อยและอยู่ในระดับเดียวกันกลับในช่วงระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร

4. สมบัติทางเคมีของดินบางประการในฤดูกาลปลูกข้าวนาปี (หลังปลูก)

จากตารางที่ 6 การศึกษาสมบัติทางเคมีของดินในแปลงข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ฤดูนาปี ปี 2561 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม และสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติระหว่างดำรับทดลอง จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.0-6.4 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 1.67-1.83 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในช่วง 5.62-7.28 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ระหว่าง 145-196 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนอยู่ในช่วง 1.66-2.64 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ขณะที่ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบความ

แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณแคลเซียมมีค่าสูงสุดในดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ เท่ากับ 1,902 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมาเป็นดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ แต่ไม่แตกต่างจากดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ทำให้มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยที่สุดอยู่ที่ 1,464 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมการข้าว และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีตามลำดับ ส่วนปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบค่าสูงที่สุดในดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ (643 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และน้อยที่สุดในการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี อยู่ที่ 481 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว ($P \leq 0.01$) ตามลำดับ

Table 6 Soil chemical properties after harvesting rice, RD61 in in-season rice, 2018 at soil depth 0-15 centimeter

Treatment	pH	OM (%)	Available P	Exchangeable			
				K	Ca	Mg	Zn
				(mg/kg)			
T1	6.0	1.80	5.79	176	1,489 D	481 B	1.80
T2	6.1	1.67	5.62	196	1,464 D	491 B	1.68
T3	6.2	1.83	6.66	150	1,554 CD	484 B	1.78
T4	6.1	1.80	7.28	145	1,634 BC	484 B	1.87
T5	6.3	1.81	6.40	169	1,689 B	546 B	1.66
T6	6.4	1.67	6.84	157	1,902 A	644 A	2.64
Grand Mean	6.2	1.76	6.43	165	1,621	521	1.91
F-test	ns	ns	ns	ns	*	**	ns
C.V. (%)	3.70	13.75	14.48	18.92	5.25	8.55	33.40

* significant at $P \leq 0.05$ ** significant at $P \leq 0.01$ ns = not significant

T1: Non-chemical fertilizer, T2: chemical fertilizer by seed producer group,

T3: chemical fertilizer by Rice Department Recommended, T4: Chemical fertilizer by App LDD,

T5: as T3+Zn 20 gram/20 liters of water/rai and T6: Chemical fertilizer according to soil analysis + Zn 20 gram/20 liters of water

จากตารางที่ 7 การศึกษาสมบัติทางเคมีของดินในแปลงข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ฤดูนาปี ปี 2561 ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างดำรับทดลอง โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.36-7.20 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ระหว่าง 5.71-7.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าอยู่ในช่วง 110-136 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

แต่ในส่วนของคุณสมบัติแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ซึ่งพบว่า ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ให้ค่าสูงที่สุด 2,155 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่

และดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) มีค่าอยู่ที่ 1,799 และ 1,752 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ รองลงมาเป็นดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าวตามลำดับ และสำหรับปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงที่สุดในดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ อยู่ที่ 764 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จากค่าวิเคราะห์พบว่า ในดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 1.62% แต่ไม่แตกต่างจากดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) ส่วนในดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยที่สุด

อยู่ที่ 1.31 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ (1.38, 1.35 และ 1.34 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ สำหรับปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) ทำให้มีปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงที่สุด 2.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งไม่แตกต่างจากดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ

20 ลิตร/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว (1.95 และ 1.76 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีทำให้มีปริมาณของสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าน้อยที่สุดเป็น 1.25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ (1.57 และ 1.41 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ

Table 7: Soil chemical properties after harvesting rice, RD61 in in-season rice, 2018 at soil depth 15-30 centimeter

Treatment	pH	OM (%)	Available P	Exchangeable			
				K	Ca	Mg	Zn
				mg/kg			
T1	6.5	1.38 BC	5.96	136	1,600 B	495 B	1.25 C
T2	6.6	1.35 C	5.71	110	1,574 B	487 B	1.41 BC
T3	6.4	1.62 A	6.47	121	1,560 B	488 B	1.76 ABC
T4	6.4	1.58 AB	7.45	133	1,752 AB	492 B	2.43 A
T5	6.7	1.34 C	6.16	132	1,799 AB	693 AB	1.95 AB
T6	7.2	1.31 C	6.55	117	2,155 A	764 A	1.57 BC
Grand Mean	6.6	1.43	6.38	125	1,740	570	1.73
F-test	ns	*	ns	ns	**	**	*
C.V. (%)	5.94	9.60	19.35	14.96	11.37	18.83	26.20

* significant at $P \leq 0.05$ ** significant at $P \leq 0.01$ ns = not significant

T1: Non-chemical fertilizer, T2: chemical fertilizer by seed producer group,

T3: chemical fertilizer by Rice Department Recommended, T4: Chemical fertilizer by App LDD,

T5: as T3+Zn 20 gram/20 liters of water and T6: Chemical fertilizer according to soil analysis +Zn 20 gram/20 liters of water

วิจารณ์

จากการทดลองในการจัดการปุ๋ยของข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการในฤดูกาลปลูกข้าวนาปรัง และนาปี พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินก่อนเพาะปลูก อยู่ที่ 7.24 ในดินบน และ 7.19 ในดินล่าง ซึ่งเมื่อแปลผลของระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างตาม Soil Survey Division Staff (2017) จัดว่ามีค่าเป็นกลาง โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่าลดลงเมื่อทำการเพาะปลูกข้าวทั้ง 2 ฤดู ซึ่งในฤดูนาปรังดินบนมีความเป็นกรดปานกลาง-กรดเล็กน้อย ส่วนดินล่างมีความเป็นกรดเล็กน้อย-เป็นกลาง ขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพาะปลูก โดยในฤดูนาปีมีปริมาณอินทรีย์วัตถุทั้งดินบนและดินล่างจัดอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (Soil Resources Survey, 1980 ; Office of Science for Land Development, 2007)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ-สูง ในฤดูนาปรัง และระดับปานกลางในฤดูนาปี โดยฤดูนาปรังมีค่าอยู่ระหว่าง 4.89-14.27 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ดำรับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ พบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากที่สุด) ส่วนในฤดูนาปีมีค่าอยู่ระหว่าง 5.62-7.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีค่าสูงที่สุดในดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (App LDD) ในขณะที่งานทดลองของ Swamichai และคณะ (2012) ที่ศึกษาการจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตข้าวในจังหวัดพิษณุโลก ประกอบไปด้วย 6 ดำรับทดลองดังนี้ T0 ไม่ใส่ปุ๋ย (Control), T1 ปุ๋ยคอกหมักอัดเม็ด, T2

ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพป่นเม็ด, T3 ปุ๋ยอินทรีย์เคมี, T4 ปุ๋ยสังคต (ปุ๋ยเคมี) และ T5 ฮอร์โมนป่นเม็ดสูตรผสม พบว่าการใส่ดำรับทดลอง T4 ทำให้มีปริมาณของธาตุอาหารหลัก (N-P-K) สูงที่สุดในด้านของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของฤดูนาปรัง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 90-153 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 110-196 มิลลิกรัม/กิโลกรัมในฤดูนาปี มีค่าสูงที่สุดในดำรับไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ตามลำดับ และจัดว่ามีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูงทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก (Office of Science for Land Development, 2007)

ในส่วนปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของฤดูนาปรังจัดอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (Office of Science for Land Development, 2007) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 988-1,168 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ทำให้มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด และในฤดูนาปีมีปริมาณแคลเซียมอยู่ในช่วง 1,437-2,155 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จัดอยู่ในระดับปานกลาง-สูง พบปริมาณแคลเซียมสูงที่สุดในดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ขณะที่ในส่วนของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนการเพาะปลูกจะอยู่ในระดับปานกลาง และเพิ่มเป็นระดับสูงเมื่อมีการเพาะปลูก (Trisuwan, 2001) โดยฤดูนาปรังพบปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากที่สุดเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ และดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ใน

ฤดูนาปี สำหรับปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนการเพาะปลูกอยู่ในระดับวิกฤต (Fageria and Moreiar, 2014) ทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก และเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับการจัดการปุ๋ย โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ทำให้มีปริมาณสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดในทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก สอดคล้องกับงานทดลองของ Tuiwong และคณะ (2015) ที่ทำการศึกษาผลของการพ่นสังกะสีที่ใบต่อผลผลิตและการสะสมธาตุสังกะสีในข้าวกล้องของข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุง พ่นสังกะสีทางใบ ที่ระดับความเข้มข้น 0.5% $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ เปรียบเทียบกับการพ่นด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีธาตุสังกะสี โดยพ่น 2 ครั้ง ที่ระยะตั้งท้องและดอกบาน พบว่า การพ่นธาตุสังกะสีทางใบสามารถเพิ่มความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องได้ ในสัดส่วนที่แตกต่างกันระหว่างข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวพันธุ์ปรับปรุง แต่ข้าวพันธุ์ปรับปรุงมีแนวโน้มการเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีและผลผลิตไปในทางเดียวกัน หลังจากการพ่นธาตุสังกะสีทางใบ

จากการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยต่อสมบัติทางเคมีของดิน ทั้ง 2 ฤดู พบว่า การจัดการปุ๋ยด้วยวิธีใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ ส่งผลให้ทางสมบัติทางเคมีของดินมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก ทั้งนี้ สถาบันวิจัยข้าว Bureau of rice research (2004) ให้คำแนะนำว่าควรเก็บตัวอย่างดินก่อนการเพาะปลูกมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการประเมินธาตุอาหารในดินและทำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยควรเลือกใช้ปุ๋ยให้ถูกกับพันธุ์ข้าวเพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อปุ๋ยอย่างคุ้มค่า เช่น ข้าวไม่ไวแสงจะตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ให้ผลผลิตสูงและปลูกได้ตลอดทั้งปี รวมทั้งวิธีการใส่ปุ๋ย และระยะเวลาที่ใส่ให้สอดคล้องกันด้วย

สรุป

ผลจากการศึกษาการจัดการปุ๋ยของข้าวเจ้าพันธุ์ กข61 ต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการในฤดูนาปีและนาปี พบว่าปริมาณของธาตุอาหารในดินของฤดูนาปีมีแนวโน้มสูงกว่าในฤดูนาปรัง โดยการจัดการปุ๋ยด้วยวิธีใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน + Zn 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ จะส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีของดินมีแนวโน้มเพิ่มมากที่สุดทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก โดยส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ ทั้งในดินบนและดินล่าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุโขทัยที่ให้การสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

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

Bureau of Rice Research and Development. 2015. CNT96024-61-1-PSL-1-2-20-2 Rice variety. Academic document. Bangkok: Bureau of Rice Research and Development Rice Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Bureau of rice research. 2004. A suggestion the use of chemical fertilizer in paddy fields according to soil analysis values. Bangkok: Department of Agriculture.

Cheun-im, N., Wiwat, I., Somchai, K. and Nusara, S. 2010. The application of chemical fertilizers on paddy field according to the soil analysis data. *Proceedings of the XLVIII Kasetsart University Annual Conference*, Bangkok, Thailand, 13 March 1980, pp 325-332.

Fageria, N.K. and Moreiar, A. 2014. Zinc-Use Efficiency in Upland Rice Genotypes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 46: 94-108.

Fairhurst, T., Witt, C., Buresh, R. and Dobermann, A. 2007. *Rice: A Practical Guide to Nutrient Management*. International Rice Research Insititute, Philippines and International Plant Nutrition Institute, Singapore.

Iswan, A. 2014. Site-specific Fertilizer Management on Growth, Yield, and Agronomic Nitrogen Use Efficiency of Rice Grown in Sappaya Soil Series. *Journal of Agriculture* 30: 133-140.

Iswan, A. 2015. Effects of compost and site-specific fertilization regimes on growth and grain yield of Pathum Thani rice grown in Sappaya Soil series. *Khon Kaen Agriculture Journal* 42: 369-374.

Kunlanit, B. and Nasompong, S. 2017. Fertilizer Management on Growth, Yield and Economic Return of Rice cv. Khao Dawk Mali 105 Production. *Prawarun agriculture journal* 14: 61-70.

Office of Science for Land Development. 2007. Account of nutrients in soil according to soil series of Thailand. Bangkok: Land Development Department Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Office of Soil Survey and Land Use Planning. 2005. *Wonderful of Soil species*. Bangkok: Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Osotsapar, Y., Audthasit, W. and Chawalit, H. 2015. Soil, Nutrient and rice fertilizers. Bangkok: Soil and Fertilizer Society of Thailand.

Rengel, Z., and Graham, R.D. 1995. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil. 1. Vegetative growth. *Plant Soil* 173: 259-266.

Soil Resources Survey. 1980. Guide for Land Land Suitability for Economic Crops. Academic document No. 28. Bangkok: Land Development Department Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Soil Survey Division Staff. 2017. *Soil Survey Manual*. In United States Department of Agriculture Handbook No.18.

Staff of Soil Science Department. 2001. *Basic agronomy*. Bangkok: Kasetsart University Press.

Suwanarit, A. 2010. *Fertilizers for agriculture and the environment*. 3rd edition. Bangkok: Kasetsart University Press. [in Thai]

Swamichai R., Prawat N. and Ruankwan I. 2012. Fertilizer Management for Improvement of Rice Yield and Reduce of Cost production in Phitsanulok Province. *Journal of Community Development Research* 5: 1-14. [in Thai]

Trisuwan, N. 2001. Assessment of soil fertility found in Thailand. Bangkok: Soil Resources Survey and Research Division Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Tuiwong, P., Pennapa, J., Benjavan, R. and Thebault Prom-u-thai, C. 2015. Effect of foliar zinc application on grain yield and

- zinc accumulation in brown rice of local and improved varieties. *Khon Kaen Agriculture Journal* 43: 605-612.
- Walkley, A. and Black, I.A. 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil Science Society of America Proceeding* 63:257.
- Wayne, E.S. 1980. *Handbook on Reference Methods for Soil Testing*. Athens: Council on soil testing and plant analysis. University of Georgia.
- Yilmaz, K., Saltali, K., Guzel, E.U. and Dikici, H. 2010. Zinc (II) sorption characteristics of soils in predominant smectite, illite and kaolinite clay minerals. *Asian Journal Chemistry* 22: 1487-1494.