วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ผลของกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินในนาข้าวและผลผลิตข้าว พื้นที่หนองหาร จังหวัดสกลนคร

Effect of Chemical Fertilizer Applications on Soil and Rice Yields in Pappy Fields of Nong Harn Area, Sakon Nakhon Province

อนุรักษ์ เครือคำ*
Anurak Khrueakham*

กองบริหารการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000
Division of Research Administration and Academic Services, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon, Thailand 47000
* Corresponding author: bay_o_9@hotmail.com

Abstract

The study of the effect of fertilizer application on the qualities of soil and rice yields in paddy field, Nong Harn area, Sakon Nakhon province. The experiments were conducted with six different treatments, by using chemical fertilizers (16-16-8 and 46-0-0 or urea): (1) 35 kg/rai of 16-16-8 fertilizer on 30th day and 15 kg/rai of urea fertilizer on 60th and 90th day by broadcasting (T1), deep placement at 10 cm (T2) and 20 cm (T3); (2) fertilizer 16-16-8 70 kg/rai and urea 30 kg/rai by broadcasting (T4), deep placement at 10 cm (T5) and 20 cm (T6).

The results of soil qualities revealed that pH was highest (8.44) in T5 on 90th day and the lowest pH was 8.44 in T1. Additionally, the highest and lowest of OM were found in T1 (0.98%) and T4 (0.57%), respectively. At the same fertilization rate, the oxidation-reduction potential was highest in T1 (-130.00 mV), the lowest NH_4^+-N concentration was 103.96 mg/L and NO_3^--N concentration of 8.30 mg/L was highest. For deep placement at 10 and 20 cm, the oxidation-reduction potentials were -161.00 and -215.20 mV; the NH_4^+-N concentrations were 230.42 and 314.23 mg/kg; NO_3^--N concentrations were 7.39 and 5.91 mg/kg, respectively. The soil qualities in different treatments were significantly different ($P < 0.05$). The highest and lowest of PO_4^{3-}-P concentrations were 29.17 in T3 and 10.03 mg/kg in T1, respectively. It was noted that the available phosphorus was very low and the results showed the same as two times of fertilization rate.

The results of rice yield presented significantly difference ($P < 0.05$). The highest rice yield was found in treatment of deep placement at 10 cm at the same fertilization rate. The highest rice yield was 360.2 kg/rai in T5 and lowest was 215.0 kg/rai in T3. However, 245.3 kg/rai of rice yield by fertilizer application by T2 was produced which is less affecting the aquatic environment than that by T5. Therefore, the fertilizer application of T2 was suggested for farmer practice.

Keywords: Fertilizer application, Deep placement, Broadcasting, Paddy field

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินในนาข้าว ในพื้นที่หนองหาร จังหวัดสกลนคร ในแปลงทดลอง จำนวน 6 กรรมวิธี ใส่ปุ๋ยเคมี (สูตร 16-16-8 และสูตร 46-0-0 หรือยูเรีย) โดยใช้วิธีการใส่ปุ๋ยและอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันดังนี้ (1) ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ในอายุข้าว 30 วัน และปุ๋ยยูเรีย อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ในอายุข้าว 60 และ 90 วัน ด้วยวิธีการหว่าน (กรรมวิธีที่ 1) วิธีการฝังที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร (กรรมวิธีที่ 2) และที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร (กรรมวิธีที่ 3) (2) ปุ๋ยอัตรา 70 กิโลกรัมต่อไร่ ในอายุข้าว 30 วัน และปุ๋ยยูเรีย อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ในอายุข้าว 60 และ 90 วัน ด้วยวิธีการหว่าน (กรรมวิธีที่ 4) วิธีการฝังที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร (กรรมวิธีที่ 5) และที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร (กรรมวิธีที่ 6) ผลต่อคุณภาพดิน พบว่า ในอายุข้าว 90 วัน ค่าความเป็นกรด-เบส มีค่าสูงสุดในกรรมวิธีที่ 5 เท่ากับ 8.44 และต่ำสุดในกรรมวิธีที่ 1 เท่ากับ 6.70 ค่าอินทรียวัตถุอยู่ในเกณฑ์ต่ำ มีค่าสูงสุดในกรรมวิธีที่ 1 ร้อยละ 0.98 ต่ำสุดในกรรมวิธีที่ 4 ร้อยละ 0.57 ในอัตราปุ๋ยเท่ากัน กรรมวิธีที่ 1 ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล มีค่าสูงสุดเท่ากับ -130.00 มิลลิโวลต์ ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 103.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้วิธีการฝังที่ความลึก 10 และ 20 เซนติเมตร ในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล มีค่าเท่ากับ -161.00 และ -215.20 มิลลิโวลต์ ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน เท่ากับ 230.42 และ 314.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 เท่ากับ 7.39 และ 5.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแต่ละกรรมวิธี มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มีค่าสูงสุดในกรรมวิธีที่ 3 และต่ำสุดในกรรมวิธีที่ 1 เท่ากับ 29.17 และ 10.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก เช่นเดียวกันกับกรรมวิธีที่ 4, 5 และ 6 ผลผลิตข้าวทุกกรรมวิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผลผลิตข้าวจากวิธีการฝังที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร ได้ผลผลิตสูงสุด ในอัตราการใช้ปุ๋ยที่เท่ากัน โดยในกรรมวิธีที่ 5 ได้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด เท่ากับ 360.2 กิโลกรัมต่อไร่ และต่ำสุดในกรรมวิธีที่ 3 เท่ากับ 215.0 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามการใช้กรรมวิธีที่ 2 ให้ผลผลิตข้าวเปลือก 245.3 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าวิธีการฝังปุ๋ยที่กรรมวิธี 5 จึงแนะนำให้เกษตรกรปลูกข้าวด้วยกรรมวิธีที่ 2

คำสำคัญ: กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย, การฝังปุ๋ย, การหว่านปุ๋ย, นาข้าว

คำนำ

จังหวัดสกลนคร เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีพื้นที่การปลูกข้าวนาปี 2,017,304 ไร่ หรือร้อยละ 6 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่ในที่ราบแอ่งสกลนคร พื้นที่ทั่วไปมีภูเขาและป่าไม้หนาแน่น มีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่เรียกว่า “หนองหาร” ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญและเหมาะสำหรับการทำเกษตรกรรม โดยเฉพาะการทำนาข้าว มีพื้นที่ทำนาข้าวเป็นอันดับที่ 9 จาก 19 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ให้ผลผลิตข้าวเปลือกรวม 566,649 ตัน และให้ผลผลิตเฉลี่ยไร่ละ 324 กิโลกรัม ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำเนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำโดยธรรมชาติ และเป็นดินที่ง่ายต่อการชะล้างพังทลาย ส่งผลให้เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิต เนื่องจากปุ๋ยเคมีสามารถหาใช้ได้ง่าย สะดวก ประหยัดแรงงาน ปุ๋ยเคมีสามารถเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินได้ทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองและในประเทศไทยมีการนำปุ๋ยมาใช้ในปริมาณที่มาก ซึ่งทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา กล่าวคือ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวจะทำให้ไนโตรเจนในนาข้าวเคลื่อนที่ลงสู่น้ำทำให้แหล่งน้ำเกิดความเสื่อมโทรมและถูกทำลายได้ การปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนโดยกระบวนการระเหยของแอมโมเนียที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้มีการศึกษาไว้เช่นกัน (Cao *et al.*, 2013) การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวจะทำให้เกิดแอมโมเนียมอิออน จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียและปลดปล่อยสู่อากาศในรูปของก๊าซต่อไปซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่มาก ในขณะเดียวกันไนเตรทในนาข้าวก็สามารถเกิดขึ้นในนาข้าวได้เช่นกันโดยผ่านกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งจะแพร่กระจายลงไปในดินชั้นรีดิวซ์โซนที่จะคอยรักษาตัวรับอิเล็กตรอนให้กับการหายใจของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน และไนเตรทในน้ำในนาข้าวสามารถผ่านเข้าสู่ในดินชั้นต่ำกว่ารีดิวซ์โซนได้ด้วยกระบวนการไหลผ่านและแพร่กระจายได้ง่าย จากการวิจัยพบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวสามารถเพิ่มแอมโมเนีย แอมโมเนียมอิออนและไนเตรทอิออนได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปและการเคลื่อนที่ของไนโตรเจนได้ ในขณะเดียวกัน Iqbal (2011) รายงานว่าความเข้มข้นของไนเตรทที่ระดับความลึกของดิน 30 เซนติเมตร จะมีการปลดปล่อยออกมามากกว่าในดินที่มีระดับความลึก 60 เซนติเมตร

วิธีการใส่ปุ๋ยในนาข้าวก็มีความสำคัญต่อคุณภาพดินและน้ำในนาข้าวโดยวิธีการใส่ปุ๋ยหลักๆ มีอยู่สองวิธีคือ การหว่านปุ๋ยและการฝังปุ๋ยกลบลงไปในดิน กล่าวคือ การหว่านปุ๋ยจะทำให้ปุ๋ยกระจายตัวในดินอย่างสม่ำเสมอและเมื่อมีการปล่อยน้ำเข้ามาในแปลงนาข้าวจะทำให้ปุ๋ยแพร่กระจายได้ดี วิธีนี้มีข้อดีคือทำได้ง่าย กระจายตัวในดินได้ดีและไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง แต่มีข้อเสียคือทำให้วัชพืชในนาข้าวเจริญเติบโตได้ดี เพิ่มการสูญเสียไนโตรเจนด้วยกระบวนการระเหย ดีไนตริฟิเคชัน และการไหลไปกับน้ำได้ดีเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยแบบฝัง ปุ๋ยไนโตรเจนเมื่อใส่ลึกใต้ผิวดินจะทำให้แอมโมเนียมไม่ถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทเนื่องจากแอมโมเนียมเคลื่อนย้ายในชั้นใต้ดินได้น้อยกว่าเพราะถูกยึดด้วยอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุจึงทำให้ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำที่ผิวดินมีจำกัดและลดการสูญเสียในรูปก๊าซไนโตรเจนโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันและการระเหยของแอมโมเนีย แอมโมเนียม-ไนโตรเจนจะยังคงรูปอยู่ในชั้นลึกใต้ผิวดินและในสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลึกใต้ผิวดินมีข้อดีคือช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนโดย

การถูกชะล้างและช่วยลดการนำไนโตรเจนไปใช้โดยสาหร่ายสีเขียว ทั้งนี้ เพราะการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนโดยเฉพาะยูเรียตอนระยะก่อนปลูกข้าว ถ้าหากหว่านบนผิวดินจะช่วยส่งเสริมให้สาหร่ายสีเขียวเจริญเติบโตปกคลุมผิวน้ำอย่างหนาแน่น สาหร่ายดังกล่าวจะนำเอาไนโตรเจนจากปุ๋ยไปใช้ทำให้ปุ๋ยไนโตรเจนไม่สามารถเป็นประโยชน์ต่อข้าวได้ดีเท่าที่ควร ข้อดีประการหนึ่งของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบลึกใต้ผิวดินก็คือการใส่ปุ๋ยแบบนี้ไม่ขัดขวางกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ซึ่งอาศัยอยู่ในน้ำที่ท่วมขังผิวดิน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับเป็นปุ๋ยรองพื้นแบบลึกใต้ผิวดินเป็นวิธีการปฏิบัติที่ให้ผลดีอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์และลดการสูญเสียของปุ๋ยไนโตรเจนในดินนา จากการศึกษาของ Xu *et al.* (2013) พบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียมในน้ำผิวดินและในดินรวมทั้งการระเหยของแอมโมเนียมจากวิธีการฝังปุ๋ยมีการสูญเสียน้อยกว่าวิธีการหว่าน รายงานวิจัยพบว่า การรับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำทำให้พืชน้ำมีการเจริญเติบโตและแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว การใส่ปุ๋ยเคมีในนาข้าวจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะหากมีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างไม่เหมาะสม เช่น ใส่ปุ๋ยมากแต่มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีต่ำ จะทำให้เกิดปัญหาตามมา ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะดินและน้ำ นอกจากนั้นยังพบว่ามากกว่า 10% ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินนาข้าวที่ปลูกข้าวนาสวนมีการสูญเสียโดยการพัดพาไปกับน้ำที่ไหลบ่าออกไปจากนาข้าวโดยในฤดูนาปีจะมีน้ำในนาสูญหายไปจากการระบายน้ำประมาณ 980 มิลลิเมตร ซึ่งไนโตรเจนที่สูญหายไปกับการไหลของน้ำนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมมากกว่าไนเตรทและเมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำได้ (Singh *et al.*, 1978) การทำนาข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยเคมีจากรูปแบบและวิธีการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับผลผลิตอย่างคุ้มค่ารวมถึงการศึกษาเพื่อหาความเหมาะสมสำหรับการทำนาปรังในพื้นที่หนองหารจากกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อการเพิ่มผลผลิตของเกษตรกร และต้องคำนึงถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยเพื่อความยั่งยืนในอนาคต

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาถึงผลของกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินในนาข้าว เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และสมบัติบางประการของดินในนาข้าวและศึกษาเปรียบเทียบกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินและผลผลิตข้าวของเกษตรกรในพื้นที่หนองหาร ทั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการปัญหามลพิษจากนาข้าว รวมถึงการป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวและเป็นข้อมูลกรรมวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากภาคเกษตรกรรมโดยเฉพาะในพื้นที่หนองหารซึ่งเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญสำหรับการทำนาข้าวในฤดูนาปรังได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้ ศึกษาผลของกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย (จรัญ, 2527) โดยมีรายละเอียดดังนี้ ปัจจัยที่ 1 ได้แก่ ชนิดปุ๋ยที่ใช้ คือ ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ และอัตรา 70 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยสูตร 46-0-0 (ยูเรีย) ในอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ ปัจจัยที่ 2 คือ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 3 วิธี ได้แก่ การใส่แบบหว่าน

การใส่แบบฝังที่ความลึก 10 เซนติเมตร และแบบฝังที่ความลึก 20 เซนติเมตร โดยใช้ชนิดพันธุ์ข้าวเหนียวพื้นเมือง พันธุ์เล้าแตก การเพาะปลูกนั้นใช้วิธีการปักดำโดยการย้ายต้นกล้าที่มีอายุได้ 25 วัน ในแปลงตกกล้าที่ใช้ในการทดลอง นำไปปักดำในแปลงทดลอง เมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2557 ปักดำจับละ 3 ต้น โดยใช้ระยะห่างระหว่างกอและแถว 25 × 25 เซนติเมตร (กรมการข้าว, 2553) ดำเนินการทดลองในแปลงนาข้าว ขนาด 4 × 4 เมตร (16 ตารางเมตร) รวมทั้งหมด 6 แปลง ซึ่งจะประกอบด้วย 6 กรรมวิธี

การวางแปลงทดลอง

ทดลองในแปลงขนาด 4 × 4 เมตร (16 ตารางเมตร) ทั้งหมด 6 แปลง แปลงละกรรมวิธี รวมทั้งหมด 6 กรรมวิธี การเลือกพื้นที่ในการวางแปลงทดลองนั้นใช้วิธีการพิจารณาเลือกเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา (purposive sampling) (พิศมัย, 2553) คำนึงถึงลักษณะของภูมิประเทศโดยการวางขนานกับแนวของหนองหาร และในกรรมวิธีที่ใช้อัตราปุ๋ยเท่ากันจะอยู่ในกลุ่มเดียวกัน คือ ในแปลงที่ 1-3 และแปลงที่ 4-6 เรียงจากซ้ายไปขวา นอกจากนั้น เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการทดลองในแต่ละแปลง จึงมีชุดไมโครพล็อต (micro plot) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร (8 × 20 นิ้ว) การวางไมโครพล็อตในแปลงทดลองนาข้าว อ้างอิงจากกรมวิชาการเกษตร (2552) สำหรับแปลงนาข้าวทดลองจะเว้นแถวริมไว้ 1 แถว ซึ่งถือว่าไม่เป็นตัวแทนที่ดีของการทดลอง จึงวางไมโครพล็อตขนานไปกับแนวขอบแปลงนาหรือคันนา ระยะห่าง 50 เซนติเมตร ในแถวที่ 2 ของการปักดำข้าว จำนวน 3 ด้าน ด้านละ 1 ชุด ชุดละ 4 อัน จะได้ไมโครพล็อตในแต่ละแปลง แปลงละ 12 อัน ทั้ง 6 แปลง รวมทั้งหมด 72 อัน ฝังลึกในดิน 30 เซนติเมตร ปักดำต้นกล้าในไมโครพล็อต พล็อตละ 1 กอ กอละ 3 ต้น

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินในแปลงนาข้าวทดลองก่อนการปักดำต้นข้าว ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ในแปลงทดลองทั้ง 6 แปลง แปลงละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม โดยใช้เครื่องมือ hand corer เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการปลูกข้าว (ก่อนการปักดำข้าว) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าอินทรียวัตถุในดิน ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน และค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส สำหรับค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล ตรวจวัดในภาคสนาม เก็บตัวอย่างดินในแต่ละกรรมวิธีทดลอง ทั้ง 6 กรรมวิธี เพื่อวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์เดียวกันกับก่อนปลูกข้าว โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือ hand corer ในอายุข้าว 30, 60 และ 90 วัน คือ หลังการใส่ปุ๋ยในแต่ละครั้งไปแล้ว 2 วัน ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวในแต่ละครั้งได้กรรมวิธีละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม รวมจำนวน 3 ครั้ง ใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงให้สนิท พร้อมติดป้ายระบุรายละเอียดแปลงที่เก็บ วันที่และเวลาที่เก็บตัวอย่างดินในถุงพลาสติก แช่เย็นตัวอย่างดินที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ ตัวอย่างดินที่ได้นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาทุบและบดให้ละเอียดร่อนดินผ่านตะแกรงร่อนดิน (sieve) ขนาด 2 มิลลิเมตร และเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ระบุรายละเอียดตัวอย่างดิน ปิดปากถุงให้สนิท ในการ

วัดค่าความเป็นกรด-เบสของดิน ค่าอินทรียวัตถุในดิน ได้ดำเนินการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร สำหรับตัวอย่างดินบางส่วนดำเนินการส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ตามวิธีมาตรฐาน ในการเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 2 ในอายุข้าว 60 วัน และครั้งที่ 3 ในอายุข้าว 90 วัน ปฏิบัติในลักษณะเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างดินในครั้งที่ 1

ผลผลิตข้าว

เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวเปลือกเมื่ออายุข้าว 120 วัน จากแปลงทดลองนาข้าวในแต่ละแปลงหรือแต่ละกรรมวิธีจากไมโครพล็อตชุดสุดท้ายที่เหลือจากการเก็บตัวอย่างดิน จากนั้นนำข้าวที่เก็บเกี่ยวมานวดฝัด ทำความสะอาด ชั่งน้ำหนัก และหาความชื้นโดยการใช้เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าวแบบพกพา และคำนวณผลผลิตข้าวเปลือก (grain yields) ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ (บุญหงษ์, 2553) แสดงดังสมการ

$$\text{ผลผลิตที่ความชื้นร้อยละ 14 (กิโลกรัม/ไร่)} = \frac{a \times (100 - b) \times 1{,}600}{(100 - 14) \times c}$$

เมื่อ a = น้ำหนักของเมล็ดข้าวเปลือกในแปลงทดลอง (กิโลกรัม)

b = ร้อยละความชื้นที่ระดับต่างๆ กันของเมล็ดข้าวที่หาได้จากเครื่องวัดความชื้น

c = พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (ตารางเมตร)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาผลของกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินในนาข้าว ได้นำดินในแปลงนาข้าวทดลองไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติเบื้องต้นของดินก่อนการปลูกข้าว โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ดินตามชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูกข้าว ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว หลังจากมีการใส่ปุ๋ยในแปลงทดลองนาข้าวในแต่ละครั้ง ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ค่าความเป็นกรด-เบสในดิน

ค่าความเป็นกรด-เบสในดิน จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-เบสในดินของทุกแปลง โดยภาพรวมทั้ง 3 ระยะของการใส่ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส มีค่าอยู่ในพิสัย 6.42-8.44 โดยเฉพาะในช่วงต้นข้าวอายุ 90 วัน ค่าความเป็นกรด-เบสจากกรรมวิธีที่ใช้วิธีการฝังปุ๋ยเคมี คือในกรรมวิธีที่ 5 และกรรมวิธีที่ 6 มีค่าความเป็นกรด-เบสสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Shan *et al.* (2015) ที่พบว่าความเป็นกรด-เบสของดินมีค่าเพิ่มขึ้นใน 3 วัน หลังจากการใส่ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปุ๋ยยูเรียที่ฝังลงไปในดินและในดินมีความชื้นจึงละลายในสารละลายดินแล้วได้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้น ดินในบริเวณรอบๆ ที่มีเม็ดปุ๋ยจึงมีสภาพเป็นเบสมากขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสมีค่าเพิ่มสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-เบสจะเกิดขึ้นชั่วขณะในบริเวณที่ดินสัมผัสกับเม็ดปุ๋ยเท่านั้น (ยงยุทธ และคณะ, 2556)

2. ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดิน

ในช่วงก่อนการเพาะปลูกข้าว ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินมีค่าอยู่ในพิสัย -123.00 มิลลิโวลต์ ถึง -98.50 มิลลิโวลต์ โดยพบว่าในแปลงที่ 1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ -98.50 มิลลิโวลต์ รองลงมาในแปลงที่ 2 มีค่าเท่ากับ -103.70 มิลลิโวลต์ แปลงที่ 6 มีค่าต่ำสุดโดยมีค่าเท่ากับ -123.00 มิลลิโวลต์ เนื่องจากเมื่อดินนามีน้ำท่วมขังจะทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันขึ้นในดิน และส่งผลให้ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh) จะมีค่าลดต่ำลง จึงส่งผลทำให้ระยะก่อนการปลูกข้าวในแต่ละแปลง ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีค่าลดลง ในระยะอายุข้าว 30 วัน พบว่า ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อาจเป็นไปได้ว่าในดินที่มีน้ำขังในแต่ละกรรมวิธี การแพร่กระจายของออกซิเจนจากบรรยากาศลงไปในดินน้อยลง ออกซิเจนที่มีอยู่เดิมในดินถูกจุลินทรีย์ดินใช้ไปอย่างรวดเร็ว ดินอยู่ในสภาพการขาดออกซิเจน ส่งผลให้ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินมีค่าต่ำลงและมีค่าเป็นลบในแต่ละกรรมวิธีจึงส่งผลให้ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะเดียวกัน อายุข้าว 60 วัน ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินมีค่าอยู่ในพิสัย -215.00 ถึง -170.00 มิลลิโวลต์ เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราปุ๋ยร่วมกับวิธีการใส่ปุ๋ย พบว่า ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และในระยะอายุข้าว 90 วัน ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินมีค่าอยู่ในพิสัย -235.53 ถึง -130.00 มิลลิโวลต์ พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอัตราปุ๋ยร่วมกับวิธีการใส่ปุ๋ยในนาข้าวส่งผลต่อค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยพบว่า กรรมวิธีที่ 1 มีค่าสูงสุดคือ -130.00 มิลลิโวลต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 2 มีค่าเท่ากับ -161.00 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ

3. ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ค่าอินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้น โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 4 ซึ่งใช้วิธีการหว่าน แสดงให้เห็นว่า วิธีการหว่านส่งผลให้ค่าอินทรียวัตถุในดินสลายไปได้มาก เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินได้รับธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีโดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งเป็นส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น จุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นจึงไปย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน ทำให้อินทรียวัตถุในดินมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะก่อนการปลูกข้าวอย่างชัดเจน เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินเป็นแหล่งของธาตุอาหารหลักของข้าวที่สำคัญ คือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส (Smith, 1992) และต้นข้าวสามารถดูดดึงไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงอายุของการเติบโต นอกจากนั้น ค่าอินทรียวัตถุในดินก่อนการปลูกข้าว พบว่า มีค่าอินทรียวัตถุต่ำอยู่แล้ว การใส่ปุ๋ยเคมีในนาข้าวไม่ได้ส่งเสริมให้ดินมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นโดยตรง แต่เป็นการช่วยเพิ่มธาตุอาหารที่จำเป็นแก่ข้าว ดังนั้น การใส่ปุ๋ยเคมีในนาข้าวเป็นระยะเวลาติดต่อกันยาวนานเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ค่าอินทรียวัตถุในดินลดลง ซึ่งเป็นผลให้ดินมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อต้นข้าวลดลงตามไปด้วย พบว่า ทั้ง 3 ระยะของการเจริญเติบโตของข้าว ทั้ง 6 กรรมวิธี ในกรรมวิธีที่ 4 ค่าอินทรียวัตถุในดินมีค่าต่ำที่สุดและต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และผลการศึกษาขัดแย้งกับมณเฑียร และคณะ (2542) ที่พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีไม่ทำให้ค่าอินทรียวัตถุในดินเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม ค่าอินทรียวัตถุในดินในแต่ละกรรมวิธี เมื่อเปรียบเทียบ

กับระดับการประเมินค่าอินทรียวัตถุในดินตามวิธี Walkley และ Black (1934) พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (ร้อยละ 0.5-1.0)

4. แอมโมเนียม-ไนโตรเจนในดิน

ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในดิน มีค่ามากในกรรมวิธีที่ใช้วิธีการฝัง เนื่องจากวิธีการฝังโดยเฉพาะที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร โอกาสของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนที่จะเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันมีได้ต่ำ เนื่องจากในชั้นดินดังกล่าวไม่มีออกซิเจน และเมื่อพิจารณาค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดิน พบว่า มีค่าติดลบและยิ่งติดลบมากแสดงให้เห็นว่าออกซิเจนในดินมีค่าน้อยมากหรือแทบจะไม่มีออกซิเจนเลย ปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินจึงไม่เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันของแอมโมเนียมกลายเป็นไนเตรทได้ จึงถูกสะสมอยู่ในดินในรูปของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนเพื่อให้ข้าวดูดดึงไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ในขณะเดียวกัน แอมโมเนียมอิออนที่เปลี่ยนรูปมาจากปุ๋ยเคมีมีประจุบวกจึงถูกดูดซับโดยดินได้มาก เนื่องจากในดินส่วนใหญ่แล้วจะมีประจุลบ จึงพบว่าทั้ง 3 ช่วงระยะของอายุข้าวหลังการใส่ปุ๋ยเคมีโดยวิธีการฝังจึงมีการสะสมของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนสูงกว่าในกรรมวิธีที่ใช้วิธีการหว่านและฝังลึกในดินที่ระดับ 10 เซนติเมตร ในทำนองเดียวกัน วิธีการหว่านปุ๋ยลงไปในดินโดยเฉพาะปุ๋ยยูเรียที่ใส่ลงไปในช่วงอายุข้าว 60 และ 90 วันนั้นละลายน้ำได้ง่าย และมีค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (K) 0.36-0.80 วัน$^{-1}$ (Chowdary *et al.*, 2004) ส่วนหนึ่งจะถูกรากข้าวดูดโมเลกุลของยูเรียจากสารละลายดินไปใช้ได้โดยตรง และส่วนหนึ่งก็จะถูกเอนไซม์ยูรีเอส (urease) ที่อยู่ในดินแปรสภาพให้กลายเป็นแอมโมเนียมคาร์บอเนต แต่เนื่องจากแอมโมเนียมคาร์บอเนตเป็นเกลือที่ไม่มีเสถียรภาพจึงสลายตัวต่อไปอีก ผลผลิตจากการสลายตัวของแอมโมเนียมคาร์บอเนตนั้นคือ แอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีสถานะเป็นแก๊สจึงระเหยออกไปจากดินได้ง่าย และทำให้ไนโตรเจนสูญหายไปจากดินมากขึ้น จึงส่งผลให้แอมโมเนียม-ไนโตรเจนที่วัดค่าได้ในดินจากกรรมวิธีที่ใช้วิธีการหว่าน คือ กรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 4 มีค่าน้อยตามไปด้วย ซึ่งน้อยกว่าในกรรมวิธีที่ใช้วิธีการฝังที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Gaihre *et al.* (2015) พบว่า วิธีการฝังปุ๋ยที่ระดับความลึกของดิน 7-10 เซนติเมตร ในนาข้าว ปุ๋ยไนโตรเจนจะคงอยู่ในรูปของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน เนื่องจากเป็นบริเวณที่เรียกว่า รีดิวซ์โซน และการแพร่กระจายของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนจะช้ากว่าบริเวณผิวดิน (Figure 1)

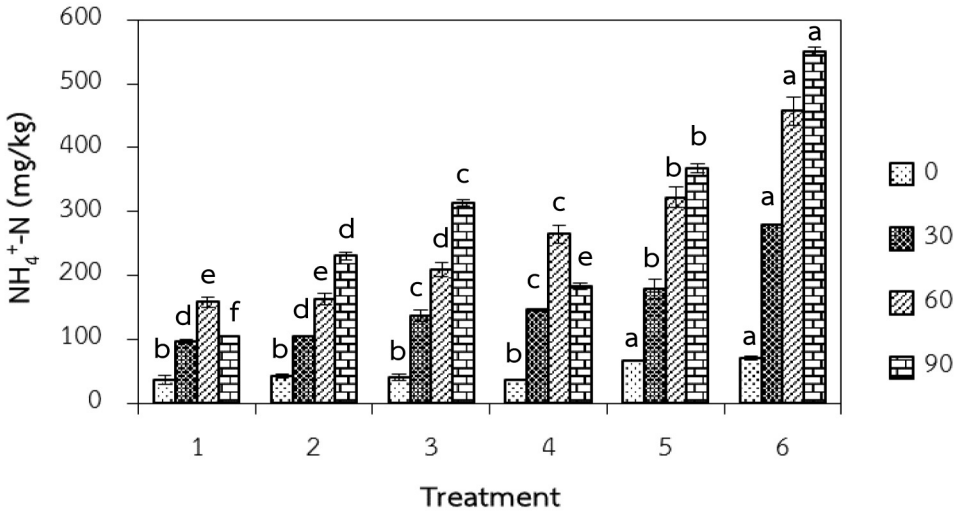

Figure 1 NH_4^+-N concentrations in soil of paddy fields at different days after fertilization. (T1–T6 are the experimental treatments. Error bars show ± SD. Different letters above each column for the same havesting day are significantly different according to Duncan's new multiple range test, at $P < 0.05$)

5. ไนเตรท-ไนโตรเจนในดิน

ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในดิน พบว่า ในช่วงอายุข้าว 60 วัน ในกรรมวิธีที่ 4 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 17.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยวิธีการหว่าน เป็นเพราะแอมโมเนียม-ไนโตรเจนถูกออกซิไดส์ (oxidized) ได้ง่าย และค่าไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าต่ำสุดอยู่ในอายุข้าว 90 วัน จากกรรมวิธีที่ 3 ซึ่งใช้วิธีการฝังที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 5.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้อาจเป็นได้ว่า กรรมวิธีการฝังมีโอกาสทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันของแอมโมเนียมมีได้น้อยกว่ากรรมวิธีการหว่าน แอมโมเนียมที่ได้จากการแปรสภาพของปุ๋ยที่ใส่ในนาข้าวจึงไม่ถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรท (NO_3^-) โดยกระบวนการไนตริฟิเคชันในดินนาข้าวภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว ในขณะเดียวกัน กรรมวิธีการหว่านปุ๋ยโอกาสที่จะทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันของแอมโมเนียมมีมากกว่าจึงทำให้ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนจากกรรมวิธีการฝังในกรรมวิธีที่ 3 มีค่าต่ำ และเมื่อพิจารณาค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในดินกับค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในดิน พบว่า แอมโมเนียมอิออนในดินมีค่าสูง แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมในดินไปเป็นไนเตรทมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือแปรสภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการไนตริฟิเคชันและภายในระยะเวลา 2 วัน แอมโมเนียมอิออนจึงยังแปรสภาพไปเป็นไนเตรทอิออนได้น้อย สอดคล้องกับการศึกษาของ Yang *et al.* (2014) ซึ่งพบว่าในกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยยูเรียในนาข้าว ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าสูงสุดในวันที่ 4 หลังจากมีการใส่ปุ๋ยและมีน้ำท่วมขัง เนื่องจากการเปลี่ยนรูปของยูเรียไปเป็นแอมโมเนียมอิออนและไนเตรทอิออนอย่างสมบูรณ์ในดินใช้เวลาประมาณ 7-14 วัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) (Figure 2)

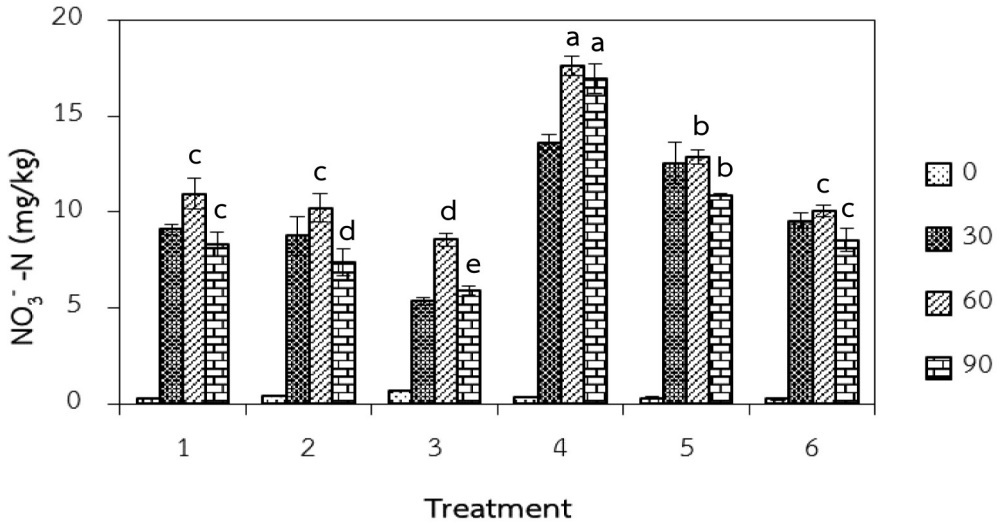

Figure 2 NO_3^--N concentrations in soil of paddy fields at different days after fertilization. (T1–T6 are the experimental treatments. Error bars show ± SD. Different letters above each column for the same havesting day are significantly different according to Duncan's new multiple range test, at $P < 0.05$)

6. ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในดิน

พบว่า ทั้ง 3 ระยะของอายุข้าว การใส่ปุ๋ยโดยวิธีการฝัง ค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในดินมีค่าสูงสุด อาจเป็นเพราะว่าปุ๋ยเคมี (สูตร 16-16-8) เมื่อใส่ลงไปในดินเม็ดปุ๋ยมีการดูดซับน้ำและเกิดการละลาย ทำให้เกิดกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ที่มีอยู่ในเม็ดปุ๋ย ซึ่งกรดฟอสฟอริกจากปุ๋ยจะทำให้เกิดการละลายของเหล็ก อลูมิเนียม และแมงกานีสในดินในแปลงนาข้าว สืบเนื่องจากดินในนาข้าวอยู่ในชุดดินเพ็ญ (ศูนย์วิจัยข้าวสกลนคร, 2551) ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียว มีอนุภาคดินเหนียวถึงร้อยละ 59.53 ถูกดินตรึงไว้ จึงสะสมอยู่ในดินจากกรรมวิธีที่ใช้วิธีการฝังมากกว่าวิธีการหว่านและเมื่อเปรียบเทียบค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสทั้ง 3 ระยะของอายุข้าว จะพบว่าในระยะอายุข้าว 30 วัน มีค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในดินสูงสุด และสูงกว่าในระยะ 60 และ 90 วัน ทั้งนี้ เนื่องจากในระยะข้าวอายุ 30 วัน มีการใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 16-16-8 เป็นปุ๋ยผสมที่ได้ฟอสฟอรัสจากแม่ปุ๋ยแดป (DAP) ซึ่งเป็นแม่ปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสในรูปของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (46%, P_2O_5) จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ในอายุข้าว 30 วัน ค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในดินมีค่าสูงสุด ซึ่งต่างจากในวันที่ 60 และ 90 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (ยูเรีย) เพียงชนิดเดียว เพื่อเร่งการแตกกอและการสร้างรวงและเมล็ด ซึ่งไม่มีฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในปุ๋ยดังกล่าว จึงส่งผลให้ค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในดินลดลงต่ำกว่าในระยะอายุข้าว 30 วัน (Figure 3)

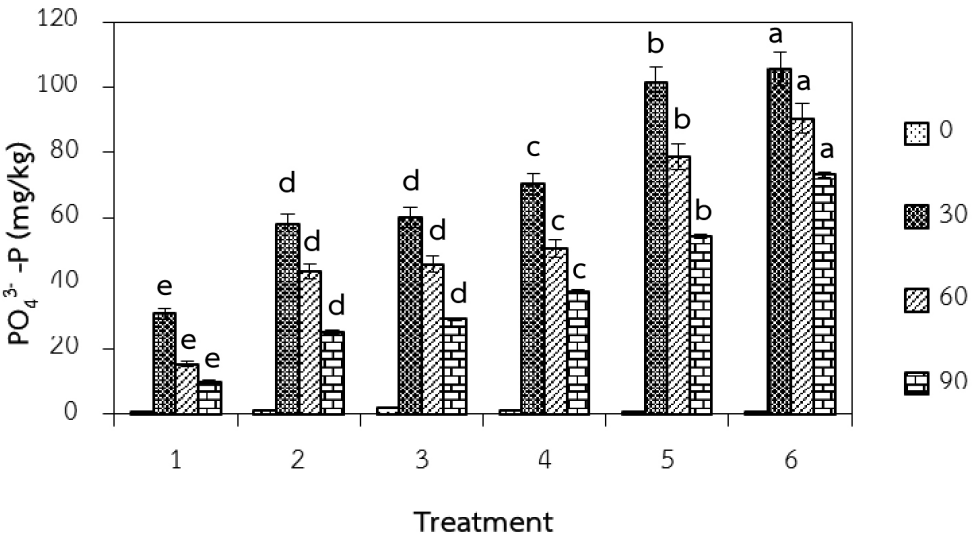

Figure 3 PO_4^{3-}-P concentrations in soil of paddy fields at different days after fertilization. (T1–T6 are the experimental treatments. Error bars show ± SD. Different letters above each column for the same havesting day are significantly different according to Duncan's new multiple range test, at $P < 0.05$)

7. ผลผลิตข้าวเปลือก

ผลผลิตข้าวเปลือกที่ผลิตได้ในแต่ละแปลงทำให้ทราบถึงกรรมวิธีของการใส่ปุ๋ยเคมีในนาข้าว เพื่อเป็นข้อมูลกรรมวิธีการปฏิบัติในการทำนาและใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนทำนาปรังในฤดูกาลถัดไปได้ พบว่าผลผลิตข้าวเปลือกในกรรมวิธีที่ 5 ให้ผลผลิตสูงที่สุดซึ่งใช้วิธีการฝังปุ๋ยที่ความลึก 10 เซนติเมตร โดยผลผลิตข้าวมีค่าเท่ากับ 360.20 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาในกรรมวิธีที่ 4 ให้ผลผลิตข้าวเท่ากับ 345.30 กิโลกรัมต่อไร่ และในกรรมวิธีที่ 3 ซึ่งใช้วิธีการฝังปุ๋ยที่ความลึก 20 เซนติเมตร ให้ผลผลิตข้าวเปลือกต่ำที่สุดเท่ากับ 215.0 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านอัตราปุ๋ย วิธีการใส่ปุ๋ย และอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราปุ๋ยกับวิธีการใส่ปุ๋ย พบว่า ผลผลิตข้าวเปลือกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบอัตราปุ๋ย วิธีการใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ 1, 2, และ 3 พบว่า ผลผลิตข้าวให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่ต่ำกว่า เนื่องจากต้นข้าวต้องการธาตุอาหารอย่างเพียงพอตั้งแต่ข้าวเริ่มแตกกอเป็นต้นไป โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งจะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว การเพิ่มธาตุอาหารที่ข้าวต้องการในแต่ละช่วงอายุจะทำให้ข้าวมีผลผลิตที่เพิ่มขึ้น เพราะข้าวได้รับธาตุอาหารไนเตรท และฟอสเฟต ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ ดอก และช่วยในการสร้างดอก ติดเมล็ด และผลผลิตข้าวเปลือก (Figure 4) เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละกรรมวิธีตามวิธีการใส่ปุ๋ยในนาข้าว พบว่า วิธีการหว่านในกรรมวิธีที่ 1 และ 4 ซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่หนองหารปฏิบัติในการใส่ปุ๋ยในนาข้าว

ผลผลิตข้าวเปลือกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อใช้อัตราปุ๋ยเพิ่มขึ้นในกรรมวิธีที่ 4 เป็น 2 เท่าของกรรมวิธีที่ 1 ผลผลิตข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น จึงอาจเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกษตรกรบางส่วนที่ปลูกข้าวนาปรังใส่ปุ๋ยในอัตราเพิ่มเป็น 2 เท่า และสูงกว่าที่ทางราชการแนะนำเพื่อมุ่งหวังผลผลิตมากกว่าโดยมิได้คำนึงถึงผลกระทบที่อาจส่งผลตามมาในด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะดินและน้ำ

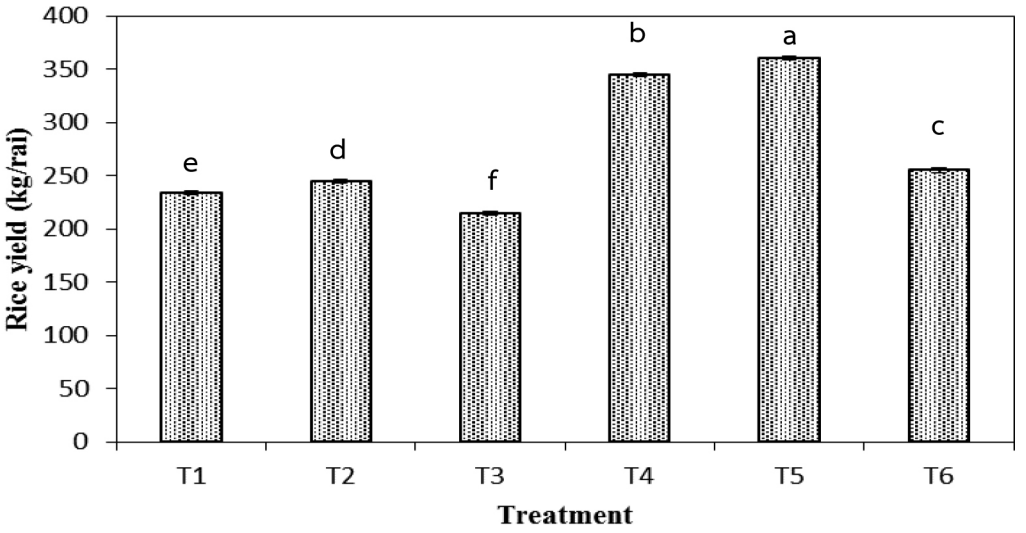

Figure 4 Rice yields after different fertilizer treatments, a–f = Values (± SD) with different superscript letters are significantly different according to Duncan's new multiple range test, at $P < 0.05$.

สรุปผลการวิจัย

ผลของกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินในนาข้าวทั้ง 6 กรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ 1 และ 4 ใช้วิธีการหว่าน กรรมวิธีที่ 2 และ 5 ใช้วิธีการฝังที่ 10 เซนติเมตร และกรรมวิธีที่ 3 และ 6 ใช้วิธีการฝังที่ 20 เซนติเมตร กรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 และสูตร 46-0-0 ในอัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 4, 5 และ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 และสูตร 46-0-0 อัตรา 70 กิโลกรัมต่อไร่ และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินในนาข้าว ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว จากอัตราปุ๋ยที่ใช้และวิธีการใส่ปุ๋ย พบค่าความเป็นกรด-เบสในดินสูงสุดในกรรมวิธีที่ 5 เท่ากับ 8.44 และมีค่าต่ำสุดในกรรมวิธีที่ 1 เท่ากับ 6.42 ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินมีแนวโน้มลดลง โดยกรรมวิธีที่ 6 มีค่าต่ำสุดคือ -235.53 มิลลิโวลต์ ค่าอินทรียวัตถุในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดิน พบค่าอินทรียวัตถุในดินในกรรมวิธีที่ 4 มีค่าต่ำสุดและต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ คือ ร้อยละ 0.57 ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในดิน ในกรรมวิธีที่ 6 ซึ่งใช้วิธีการฝังที่ความลึก 20 เซนติเมตร และใช้อัตราปุ๋ย 2 เท่า พบค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน

สะสมในดินสูงสุด ในวันที่ 90 ของอายุข้าว มีค่าเท่ากับ 550.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกรรมวิธีที่ 1 ค่าต่ำสุด เท่ากับ 103.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในดิน พบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 4 พบว่า ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในอายุข้าว 60 วัน มีค่าสูงสุด เท่ากับ 17.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกรรมวิธีที่ 3 มีค่าต่ำสุด 5.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยพบค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสจากกรรมวิธีที่ 6 ในวันที่ 30 ของอายุข้าว มีค่าสูงสุด เท่ากับ 105.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกรรมวิธีที่ 1 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 10.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการเปรียบเทียบกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวต่อผลผลิตข้าว 6 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 5 ซึ่งใช้วิธีการฝังปุ๋ยที่ความลึก 10 เซนติเมตร และใช้อัตราปุ๋ยเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด คือ เท่ากับ 360.20 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา กรรมวิธีที่ 4, 6, 2, 1 และ 3 คือ ให้ผลผลิตข้าว เท่ากับ 345.30, 255.10, 245.30, 234.00 และ 215.00 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลองและเก็บข้อมูล และทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทน 54/2557 ที่ได้สนับสนุนการวิจัยประจำปี 2557

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2553. องค์ความรู้เรื่องข้าว. แหล่งข้อมูล http://www.brrd.in.th/rkb/management/index.php-file=content.php&id=1.htm (1 กันยายน 2556).

กรมวิชาการเกษตร กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการเกษตร. 2552. เทคนิคทางสถิติในการปฏิบัติงานวิจัยเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จรัญ จันทลักขณา. 2527. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

บุญหงษ์ จงคิด. 2553. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิศมัย หาญมงคลพิพัฒน์. 2553. สถิติและการวางแผนการทดลองทางการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มณเฑียร จินดา สมศักดิ์ เหลืองศิโรรัตน์ และเสน่ห์ ฤกษ์วีรี. 2542. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อสมบัติของดินและผลผลิตข้าวในดินนาชุดนครปฐม. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2536-2539. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2556. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยข้าวสกลนคร. 2551. การจัดเขตศักยภาพการผลิตข้าว จังหวัดสกลนคร. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Cao, Y., Y. Tian, B. Yin and Z. Zhu. 2013. Assessment of ammonia volatilization from paddy fields under crop management practices aimed to increase grain yield and N efficiency. Field Crops Res. 147: 23-31.

Chowdary, V.M., N.H. Rao and P.B.S. Sarma. 2004. A coupled soil water and nitrogen balance model for flooded rice fields in India. Agric Ecosyst Environ. 103(3): 425-41.

Gaihre, Y.K., U. Singh, S.M.M. Islam, A. Huda, M.R. Islam and M.A. Satte. 2015. Impacts of urea deep placement on nitrous oxide and nitric oxide emissions from rice fields in Bangladesh. Geoderma. 259: 370-9.

Iqbal, M.T. 2011. Nitrogen leaching from paddy field under different fertilization rates. MJSS. 15: 101-14.

Shan, L., Y. He, J. Chen, Q. Huang and H. Wang. 2015. Ammonia volatilization from a Chinese cabbage field under different nitrogen treatments in the Taihu Lake Basin, China. J Environ Sci (China). 38: 14-23.

Singh, V.P., T.H. Wickham, I.T. Corpuz and editors. 1978. Nitrogen movement of Laguna Lake through drainage from rice fields. 9th annual scienctific meeting of the Crop Science Society of the Philippines; 11-13 May 1978. lloilo city, Philippines.

Smith, J.L., R.I. Paapendick, D.F. Bezdicek and J.M. Lynch. 1992. Soil organic matter dynamics and crop residue management. Soil Microbial Ecology. New York: Marcel Dekker Inc.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37(1): 29-38.

Xu, J., L. Liao, J. Tan and X. Shao. 2013. Ammonia volatilization in gemmiparous and early seedling stages from direct seeding rice fields with different nitrogen management strategies: A pots experiment. Soil Till Res. 126: 169-76.

Yang, J., L. Gang, M. Jing, Z.G. Bin and X. Hua. 2014. Effects of urea and controlled release urea fertilizers on methane emission from paddy fields: A multi-year field study. Pedosphere. 24(5): 662-73.