



## การใช้ปุ๋ยคอกและเคมีต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าว

### The Organic and Chemical Fertilizer on Methane Emission in Paddy Field

พันธวัศ สัมพันธ์พานิช<sup>1, 2</sup>

#### บทคัดย่อ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยในปัจจุบัน อยู่ในภาวะที่มีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาก๊าซเรือนกระจกจากการทำนา ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาผลของปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าว โดยการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ด้วยการปักดำในพื้นที่แปลงนาอินทรีย์ของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี และแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุด ได้แก่ 1) แปลงควบคุมที่ไม่มีการเติมปุ๋ย 2) แปลงที่เติมปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัว) 3) แปลงที่เติมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และ 4) แปลงที่เติมปุ๋ยเคมี และทำการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และอากาศ 5 ระยะ ได้แก่ ก่อนการเพาะปลูก (0 วัน) ระยะต้นกล้าหลังปักดำ (30 วัน) ระยะแตกกอ (60 วัน) ระยะออกดอก (90 วัน) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (120 วัน) ผลการศึกษาพบว่า แปลงนาที่ปลดปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ แปลงที่เติมปุ๋ยเคมี รองลงมา ได้แก่ แปลงที่เติมปุ๋ยคอก เติมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และแปลงควบคุม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.79 1.35 1.28 และ 1.20 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ โดยทุกแปลงมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และเมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละแปลงทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว พบว่า ข้าวระยะแตกกามีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงที่สุดในแปลงนาที่เติมปุ๋ยเคมี รองลงมา คือ แปลงที่เติมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เติมปุ๋ยคอก และแปลงควบคุม โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยเท่ากับ 3.03 2.88 1.68 และ 1.03 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับผลผลิตข้าว พบว่า แปลงที่เติมปุ๋ยคอกให้ผลผลิตข้าวมากที่สุด รองลงมา คือ แปลงที่เติมปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และแปลงควบคุม ตามลำดับ

<sup>1</sup>สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

<sup>2</sup>ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

## ABSTRACT

The environmental problems in Thailand are at a critical point and will have a negative effect on both humans and all living creatures. Particularly serious are the problems caused by the introduction of greenhouse gas from paddy field. The effect of organic and chemical fertilizer on the emission of methane from paddy fields planted with Suphanburi 1 rice variety was compared. Paddy was planted in a double-crop field in an organic rice field area at Pathum Thani Rice Research Center, Pathum Thani province, Thailand. The paddy was divided into 4 sets: 1) control plots without added fertilizer 2) plots with the addition of organic fertilizer (cow manure) 3) plots with the addition of organic fertilizer pellets and 4) plots with the addition of chemical fertilizers. Soil, water and air samples were collected at five timeframes: before planting (0 day), Initial stage (30 days), vegetative stage (60 days), panicle formation stage (90 days) and maturation or before the harvest stage (120 days). The results showed that methane emissions were highest in the plots with chemical fertilizer followed by those with organic fertilizer, organic fertilizer pellets and control plots with an average of 1.79, 1.35, 1.28 and 1.20 mg/m<sup>2</sup>/day, respectively. These values were not significantly different statistically (P <0.05). Comparison of methane emission in each plot at all stages of rice growth found that the vegetative stage had the highest level followed by chemical fertilizer plots, then organic fertilizer pellets plot, organic fertilizer and control plots, with an average methane emissions of 3.03, 2.88, 1.68 and 1.03 mg/m<sup>2</sup>/day, respectively. These values were significantly different statistically. The rice production was highest when using organic fertilizer, followed by the chemical fertilizer, organic fertilizer pellets and control plots, respectively.

**คำสำคัญ:** ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยเคมี การปลดปล่อยก๊าซมีเทน นาข้าว

**Keywords:** Organic fertilizer, Organic fertilizer pellets, Chemical fertilizer, Methane Emission, Paddy field

## บทนำ

สภาวะการณ์โลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม สาเหตุของภาวะโลกร้อนหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดมาจากกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ เช่น ภาคการเกษตร และภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชน ส่งผลให้เกิดก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ และเพิ่มมากขึ้น ๆ จนส่งผลให้โลกร้อน

ขึ้นจากก๊าซที่ก่อให้เกิดอิทธิพลเรือนกระจก โดยก๊าซเรือนกระจกบางชนิดสามารถเกิดขึ้นได้ในชั้นบรรยากาศโดยธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) มีเทน (CH<sub>4</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) และโอโซน (O<sub>3</sub>) และบางชนิดเกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซเหล่านี้มีในชั้นบรรยากาศสูงขึ้น (อำนาจ, 2551) สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ กล่าวคือ มีพื้นที่

ปลูกข้าวประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ประเทศ และพบว่าในภาคเกษตรกรรมพื้นที่นาข้าวเป็นแหล่งปล่อยก๊าซมีเทนที่ใหญ่ที่สุด (อรุณชัย, 2551) โดยเฉพาะการทำนาดำ เนื่องจากมีสภาพน้ำขังตั้งแต่เริ่มปลูก ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย Methanogen ซึ่งจะไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรีย์สาร และจะมีการปล่อยก๊าซมีเทน (ปรัชญา และคณะ, 2540)

ดังนั้นการหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการทำนาปลูกข้าวจึงต้องมีการพิจารณาถึงการจัดการปุ๋ยให้มีการนำมาใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม เช่น การเลือกประเภทชนิด และอัตราการใส่ปุ๋ยในนาข้าวซึ่งอาจเป็นการช่วยให้ข้าวมีการเจริญเติบโตที่ดี ส่งผลให้มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนน้อยลง ดังงานวิจัยของพัชรี และ อรรถเดช (2545) ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนดินเค็มที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ช่วงแคบ เช่น มูลไก่ พบว่า ข้าวมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอกนั้น ควรมีการใส่ในสภาพดินแห้งประมาณ 2 สัปดาห์ก่อนการเตรียมดินเพื่อให้เกิดการย่อยสลายก่อนขังน้ำในแปลงนา และช่วยให้เกิดการสร้างก๊าซมีเทนได้น้อยลงด้วย แต่ปุ๋ยอินทรีย์มิได้มีเฉพาะปุ๋ยจากมูลไก่ ที่ส่งผลให้ปุ๋ยอินทรีย์มีการปล่อยก๊าซมีเทนมากกว่าปุ๋ยเคมี ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ได้เปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอก ซึ่งการทดลองปุ๋ยในครั้งนี้ อาจมีผลต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าว ซึ่งถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่อาจถูกปลดปล่อยจากกิจกรรมการทำนา อีกทั้งเพื่อเสนอแนะแนวทางในการกำหนดนโยบายการทำงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้ปุ๋ย และผู้บริโภคข้าว

## วิธีการดำเนินการวิจัย

### 1. วิธีดำเนินการ

#### 1.1 การเตรียมแปลงนาทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้พื้นที่แปลงนาอินทรีย์ของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี จำนวน 4 แปลงทดลอง โดยแต่ละแปลงมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 20×20 เมตร ซึ่งการเตรียมพื้นที่ก่อนการไถพรวนได้ทำการดึงตอซังข้าวออกก่อน หลังจากนั้นจึงทำการไถพรวนที่ความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร และทำคันดินกั้นในแต่ละแปลงทดลองเพื่อป้องกันการปนเปื้อนหรือกั้นน้ำในแต่ละแปลงท่วมาถึง ทั้งนี้ได้ดำเนินการเพาะปลูกข้าวนาปรังด้วยวิธีการปักดำข้าว ซึ่งสายพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองคือ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากในพื้นที่ศึกษา โดยได้แบ่งแปลงทดลองออกเป็น 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และไม่มีการเติมปุ๋ย (C) กรรมวิธีที่ 2 ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และเติมปุ๋ยคอก (A) กรรมวิธีที่ 3 ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และเติมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (B) และกรรมวิธีที่ 4 ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และเติมปุ๋ยเคมี (R)

#### 1.2 การเตรียมพืชทดลอง

การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ข้าว ได้แก่ พันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยเมล็ดพันธุ์ต้องมีขนาด และน้ำหนักใกล้เคียงกัน ไม่มีการปนเปื้อน และมีอัตราการงอกมากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งพันธุ์ข้าวได้จากกรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ทั้งนี้ได้ทำการแช่เมล็ดข้าวนาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาคลุกด้วยกระสอบป่าน 2 คืบ ข้าวจะเริ่มงอก และนำไปหว่านในแปลงขนาดเล็ก ดูแลรักษาประมาณ 28 วัน เพื่อให้ได้กล้าข้าว จากนั้นทำการถอนกล้า และนำไปปักดำที่ระยะห่าง 20×20 เซนติเมตร ในแปลงนาทดลอง

### 1.3 การเตรียมปุ๋ย

ปุ๋ยที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย คือ ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ได้จากพื้นที่ในจังหวัดปทุมธานี ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ได้ซื้อมาจากตลาดในจังหวัดปทุมธานี อย่างไรก็ตามได้ทำการสุ่มปุ๋ยทุกชนิดไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (acid-forming or nonacid-forming; pH) ปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) และอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (total organic carbon)

### 1.4 การปลูกข้าวและการดูแลรักษา

การปลูกข้าวแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นการตกกล้าในแปลงขนาดเล็ก โดยการนำเมล็ดข้าวหว่านในหึ่งอกใช้เวลาประมาณ 28 วัน นับจากวันหว่านเมล็ดจะเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่มีขนาดโตพอที่จะถอนนำไปปักดำได้ และช่วงที่สองได้แก่ การถอนต้นกล้านำไปปักดำในแปลงนาทดลอง มีการให้น้ำ และควบคุมระดับน้ำท่วมขังแปลงทดลองสูงประมาณ 5-10 เซนติเมตรตลอดระยะเวลาของการทดลองจนถึงระยะที่ข้าวออกรวงเต็มที่จึงปล่อยให้แห้งเพื่อให้เมล็ดข้าวแข็งแรง และรอการเก็บเกี่ยว

### 1.5 การใส่ปุ๋ย

การใส่ปุ๋ย สามารถแยกดำเนินการได้ตามชุดการทดลอง ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 แปลงนาไม่มีการเติมปุ๋ยใด ๆ ทั้งสิ้นตลอดการทดลอง กรรมวิธีที่ 2 แปลงนามีการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ช่วงของการเตรียมแปลงอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่หลังจากปักดำข้าวแล้ว 60 วัน อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งข้าวอยู่ในระยะแตกกอและทำการใส่ครั้งสุดท้ายอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ในระยะข้าวตั้งท้อง และออกดอก รวมอัตราการใส่ปุ๋ยคอก 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ 3 แปลงนามีการ

เติมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดครั้งแรกในช่วงของการเตรียมแปลงอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่สองใส่ในช่วงข้าวแตกกอ 20 กิโลกรัมต่อไร่ หรือหลังจากปักดำข้าวแล้ว 60 วัน และใส่ครั้งที่สามอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงข้าวตั้งท้อง รวมอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 50 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ 4 แปลงนามีการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในช่วงต้นกล้าหลังปักดำอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 8 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงข้าวแตกกอ และอีก 8 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงข้าวตั้งท้อง (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

นอกจากนี้ ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยปุ๋ยคอก (มูลวัว) ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอน 17.85 เปอร์เซ็นต์ และมีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 12:1 สำหรับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีปริมาณไนโตรเจน 1.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอน 12.25 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 10:1 สำหรับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 มีปริมาณไนโตรเจน 16.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอน 0.90 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 0.06/1 และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 มีปริมาณไนโตรเจน 46.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอน 0.44 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 0.01:1

### 1.6 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และอากาศ ทั้งหมด 5 ช่วงระยะเวลา ได้แก่ ช่วงก่อนการเพาะปลูก (0 วัน) ช่วงต้นกล้าหลังปักดำ (initial stage) (30 วัน) ช่วงข้าวอยู่ในระยะแตกกอ (vegetative stage) (60 วัน) ช่วงข้าวอยู่ในระยะออกดอกหรือตั้งท้อง (panicle formation stage) (90 วัน) และช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว (maturation stage) (120 วัน) โดยได้ทำการ

เก็บตัวอย่างภายหลังจากมีการใส่ปุ๋ยทั้ง 3 ครั้งในแต่ละชนิดของปุ๋ยแล้ว

1) การเก็บตัวอย่างดินช่วงก่อนการเพาะปลูก โดยทำการสุ่มตัวอย่างดินในแต่ละแปลงจำนวน 3 จุด แล้วนำแต่ละจุดมารวมกันเป็นตัวอย่างดินรวม (composite sample) หลังจากนั้นแบ่งดินออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) นำดินผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 2-3 ชั่วโมง ทำการสุ่มตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินในช่วงก่อนการเพาะปลูก (ยังไม่ได้เติมปุ๋ยใดๆ) โดยมีพารามิเตอร์ ดังนี้ เนื้อดิน (soil texture) ปริมาณความชื้น (moisture) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (ORP) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) และ 2) นำดินไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (heavy metals) สำหรับในช่วงข้าวอยู่ในระยะต้นกล้าหลังปักดำ ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว นั้น ได้นำดินตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) สังกะสี (Zn) อาร์เซนิก (As) ซีลีเนียม (Se) และปรอท (Hg) สำหรับการเก็บตัวอย่างดินในระยะต้นกล้าหลังปักดำ ระยะแตกกอ ระยะออกดอกหรือตั้งท้อง และก่อนการเก็บเกี่ยว ได้สุ่มตัวอย่างดินในแต่ละแปลงจำนวน 3 จุด แล้วนำมาวมกันเป็นตัวอย่างดินรวม และทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

2) การเก็บตัวอย่างน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ซึ่งอยู่ในแปลงนา พร้อมวัดอุณหภูมิของน้ำ แล้วเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยในช่วงก่อนการเพาะปลูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (ORP) สำหรับในช่วงข้าวอยู่ในระยะต้นกล้าหลังปักดำ ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว ได้นำน้ำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

3) การเก็บตัวอย่างอากาศ โดยใช้ตู้ครอบ (chamber) ที่มีขนาดความกว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 0.6×0.6×0.8 เมตร หรือ 0.29 ลูกบาศก์เมตร ครอบลงในแปลงนาทดลองจำนวน 4 แปลง ได้แก่ 1) แปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และไม่มีการเติมปุ๋ย 2) ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และเติมปุ๋ยคอก 3) ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และเติมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และ 4) ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และเติมปุ๋ยเคมี โดยครอบแปลงละ 3 ตู้แบบกระจาย ในช่วงก่อนการเพาะปลูก (0 วัน) ช่วงข้าวอยู่ในระยะต้นกล้าหลังปักดำ (initial stage) (30 วัน) ช่วงข้าวอยู่ในระยะแตกกอ (vegetative stage) (60 วัน) ช่วงข้าวอยู่ในระยะออกดอกหรือตั้งท้อง (panicle formation stage) (90 วัน) และช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว (maturation stage) (120 วัน) โดยครอบในช่วงเวลา 9.00-11.00 น. แล้วใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (personal pump air sample) ดูดอากาศผ่านสายยางมาเก็บไว้ในถุงเก็บอากาศ (air bag) พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิและความดันของอากาศทั้งภายในและภายนอกตู้ครอบ หลังจากนั้นนำตัวอย่างอากาศมาทำการวิเคราะห์หา

ปริมาณก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ก๊าซโครมาโตกราฟี (gas chromatography; GC)

4) การเก็บเกี่ยวข้าว ด้วยวิธีการสุ่มเก็บเกี่ยว ข้าวในแปลงทดลองขนาด  $3 \times 3$  เมตร จำนวน 3 แปลง ในแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นนำข้าวที่เก็บเกี่ยวมา นวด ฝัด ทำความสะอาด และชั่งน้ำหนัก แล้วทำการ คำนวณผลผลิตข้าวเปลือก (grain yield) ที่ระดับ ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

## 2. การคำนวณความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจก

การวิเคราะห์ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ด้วยเครื่อง ก๊าซโครมาโตกราฟี (GC) หลังจากนั้นนำมาคำนวณ ค่าฟลักซ์ (Fluxes) โดยใช้ความเข้มข้นของก๊าซเมื่อ เวลาเปลี่ยนไปในกล่อง ดังสมการต่อไปนี้ (Singh et al., 1998)

$$[F] = \frac{BV_{STD} \times dC \times MW \times 1,000 \times 60}{10^4 \times 22,400 \times A \times dt} \quad (1)$$

$$[BV_{STD}] = \frac{BV \times B.P. \times 27}{(273 + T) \times 760} \quad (2)$$

โดยที่

F = ค่าฟลักซ์ของก๊าซแต่ละชนิด (มิลลิกรัม ต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)

BV = ปริมาตรกล่องพลาสติกในการเก็บ ตัวอย่าง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

$BV_{STD}$  = ปริมาตรภายในกล่องพลาสติกส่วนที่ อยู่เหนือระดับน้ำที่ท่วมขัง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

B.P. = ความดันบรรยากาศในขณะนั้น (มิลลิเมตรปรอท)

MW = มวลโมเลกุลของก๊าซแต่ละชนิด

T = อุณหภูมิของอากาศที่อยู่ในกล่อง (องศา เซลเซียส)

A = พื้นที่หน้าตัดของกล่อง (ตารางเมตร)

dC = ผลต่างของความเข้มข้นก๊าซแต่ละชนิด ที่เวลาศูนย์ และเวลา t (นาทีก)

dt = ระยะเวลาที่ใช้ (นาทีก)

## 3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการ ปลดปล่อยก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ที่ได้จากแผนการทดลอง แบบ CRD ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA และมีการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วย วิธีการของ Duncan's new multiple range test (DMRT) ทั้งนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดังกล่าวได้ ปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ คือ statistical package for the social science (SPSS)

## ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

### 1. คุณสมบัติเบื้องต้นของดินทดลอง

คุณสมบัติของดินในช่วงของการเตรียมแปลง ก่อนการเพาะปลูกหรือก่อนการปักดำข้าว (ยังไม่ได้เติม ปุ๋ยใด ๆ) ในแปลงนาทั้ง 4 แปลงทดลอง พบว่า เนื้อดิน มีลักษณะเป็นดินเหนียวเหมาะแก่การเพาะปลูกข้าว (ตารางที่ 1) โดยดินทดลองในทุก ๆ แปลงมีปริมาณ อินทรีย์วัตถุในดินที่วัดได้เฉลี่ย 3.44 เปอร์เซ็นต์โดย น้ำหนัก ซึ่งมีปริมาณที่มากพอต่อการเจริญเติบโตของ พืช เพราะโดยปกติดินที่ดีควรมีอินทรีย์วัตถุมากกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (คณาจารย์ภาควิชา ปฐพีวิทยา, 2548) นอกจากนี้ ดินที่ใช้ในการทดลองมี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 0.17 เปอร์เซ็นต์ต่อ น้ำหนัก มีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย 15.5 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมดิน และมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ในดินเฉลี่ย 354 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน

### 2. คุณสมบัติของดินในแปลงทดลอง

#### 2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

คุณสมบัติของดินก่อนการปักดำข้าว พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.31-5.45 ถือว่า โดยเฉลี่ยมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว โดยกรมวิชาการเกษตร (2548) ระบุว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.0-6.5 มีความเหมาะสมแก่การเพาะปลูกข้าวในพื้นที่นาชลประทาน และจากการวิเคราะห์คุณภาพดินในแปลงทดลองที่มีการเติมปุ๋ยคอกในทุกๆระยะของการเจริญเติบโตตั้งแต่ช่วงข้าวหลังปักดำ แตกกอ ออกดอก และก่อนการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 2) พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.17-7.08 โดยข้าวในระยะแตกกอมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุด 7.08 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างขึ้นลงในลักษณะเช่นเดียวกับแปลงทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมี โดยในช่วงข้าวแตกกอค่าความเป็นกรด-ด่างของแปลงนาที่เติมปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี รวมทั้งแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่าสูงสุด อาจเนื่องมาจากพื้นที่แปลงนาทดลองมีฝนตกลงมา จึงอาจทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นได้ ทั้งนี้แปลงนาทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมีมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด เท่ากับ 4.27 เป็นช่วงข้าวหลังปักดำซึ่งถือว่าดินค่อนข้างมีสภาพเป็นกรดรุนแรง โดยคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอาจเป็นสาเหตุทำให้มีการสะสมแอมโมเนียในดิน จึงทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ของแอมโมเนียก่อให้เกิดประจุ  $H^+$  ในดิน อย่างไรก็ตามจากการทดลองที่เติมปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และแปลงนาคควบคุมด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีมีค่าเท่ากัน คือ 9.3 ซึ่งถือว่าเป็นต่าง ดังนั้นเมื่อมีการเติมปุ๋ยลงในแปลงนาจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ การขังน้ำในแปลง

นาก็อาจมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นได้ เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 5.0 เมื่อมีการขังน้ำจะช่วยส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มสูงขึ้นในระยะแรก และจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในระยะหลัง และจะรักษาระดับค่อนข้างคงที่ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7 เป็นเวลานาน (ไพบูลย์, 2546) สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินในแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.84-6.85 โดยในช่วงข้าวออกดอกหรือตั้งท้องมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด เท่ากับ 4.84 อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของดินในช่วงข้าวระยะออกดอกหรือตั้งท้อง พบว่า ตัวอย่างดินในทุกแปลงนาทดลองมีแนวโน้มของค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงอยู่ในช่วง 4.81-5.87 โดยแปลงที่มีการเติมปุ๋ยคอกเริ่มมีการเปลี่ยนรูปโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงก่อให้เกิดประจุ  $H^+$  ที่มีอิทธิพลต่อการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ส่วนแปลงที่ใช้ปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลง อาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยเคมีเป็นเวลานาน ต่อเนื่องกันเป็นสาเหตุทำให้ดินมีสภาพเป็นกรด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สิทธิพร (2546) ที่พบว่าการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 ในแปลงนาข้าวมีผลทำให้ดินมีสภาพเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่าเดิม แม้ว่าการทดลองนี้ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 หากแต่ผลการศึกษาคั้งนี้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ดินในแปลงนาทดลองช่วงข้าวก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อยู่ในช่วง 5.29-6.26 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างเล็กน้อยถึงปานกลางอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเบื้องต้นของดินทดลอง (ยังไม่ได้เติมปุ๋ยใด ๆ)

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์										
	ทราย (%)	เหนียว (%)	ร่วน (%)	เนื้อดิน	ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน (cmol/kg)	ค่าการนำไฟฟ้า ( $\mu\text{s/cm}$ )	ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชันรีดักชัน (mV)	อินทรีย์วัตถุ (%)	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (mg/kg)	โปตัสเซียม (mg/kg)
ไม่มีการเติมปุ๋ย	5.8	28.0	66.2	เหนียว	24.8	453	111.4	3.24	0.162	16	416
ปุ๋ยคอก	7.8	28.0	64.2	เหนียว	24.8	647	96.9	3.31	0.165	14	386
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด	9.8	26.0	64.2	เหนียว	24.5	451	100.7	3.07	0.153	13	394
ปุ๋ยเคมี	8.8	29.0	62.2	เหนียว	24.9	1,299	351.4	4.13	0.206	19	220

## 2.2 ค่าปริมาณโลหะหนัก

โลหะหนักในดินนาข้าว ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส นิกเกิล สังกะสี อาร์เซนิก ซีลีเนียม และปรอท ในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าวในทุกแปลงทดลอง พบว่า ปริมาณโลหะหนักทุกชนิดที่ทำการวิเคราะห์มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัย และเกษตรกรรม ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) ออกตาม

ความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน โดยต้องมีค่าปนเปื้อนโลหะหนักดังกล่าวไม่เกิน 37 300 ไม่ระบุ 400 1,800 1,600 ไม่ระบุ 3.9 390 และ 23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ จากตารางที่ 3 แสดงผลของปริมาณโลหะหนักต่าง ๆ ในดินแปลงนาทดลองทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินทดลอง

ชุดการทดลอง	ช่วงการเจริญเติบโตของข้าว/ความเป็นกรด-ด่าง				
	ก่อนการเพาะปลูก	ระยะกล้าหลังปักดำ (30 วัน)	ระยะแตกกอ (60 วัน)	ระยะออกดอกหรือตั้งท้อง (90 วัน)	ระยะเก็บเกี่ยว (120 วัน)
ไม่มีการเติมปุ๋ย	5.37	5.54	6.47	4.81	5.67
ปุ๋ยคอก	5.39	5.17	7.08	5.39	6.14
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด	5.45	6.49	6.85	4.84	5.29
ปุ๋ยเคมี	4.31	4.27	7.08	5.87	6.26

## 3. คุณสมบัติของน้ำในแปลงทดลอง

### 3.1 คุณสมบัติของน้ำก่อนการทดลอง

คุณสมบัติของน้ำในแปลงนาทดลองก่อนทำการเพาะปลูกหรือการปักดำ ซึ่งยังไม่มีมีการเติมปุ๋ยหรือสารเคมีใดๆ ลงในพื้นที่แปลงนา ผลการวิเคราะห์

(ตารางที่ 4) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ อยู่ในช่วง 690-2,230 ไมโครซีเมนตต่อเซนติเมตร แสดงให้เห็นว่า น้ำมีอนินทรีย์ และเกลือที่แตกตัวเป็นไอออน หรือโมเลกุลที่แสดงแนวโน้มในการรับอิเล็กตรอน (มันซินและมันรักซ์, 2545) มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่



ในช่วง 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อยู่ในช่วง 2.2-2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในระดับค่ามาตรฐานของการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทานที่กำหนดให้ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไว้ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2540)

ตารางที่ 3 ปริมาณโลหะหนักต่าง ๆ ในดินนาข้าวทุกระยะการเจริญเติบโต

ช่วงการเจริญเติบโตของ ข้าว/ชุดการทดลอง	ชนิดโลหะหนัก (mg/kg)									
	Cd	Cr	Cu	Pb	Mn	Ni	Zn	As	Se	Hg
ค่ามาตรฐาน	37	300	n/a	400	1,800	1,600	n/a	3.9	390	23
<b>ระยะกล้า</b>										
ไม่มีการเติมปุ๋ย	<0.10	73.5	20.0	42.4	97.4	24.8	61.0	3.13	<0.10	<0.10
ปุ๋ยคอก	<0.10	59.0	18.5	35.6	100	23.6	47.1	3.21	<0.10	<0.10
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด	<0.10	56.6	20.3	37.0	95.8	30.7	64.4	3.08	<0.10	<0.10
ปุ๋ยเคมี	<0.10	37.8	15.8	29.5	48.0	14.9	52.4	3.18	<0.10	<0.10
<b>ระยะตั้งท้องหรือออกดอก</b>										
ไม่มีการเติมปุ๋ย	<0.10	57.5	19.2	43.6	105	23.1	35.9	3.57	<0.10	<0.10
ปุ๋ยคอก	<0.10	54.1	17.7	63.5	92.8	20.2	33.7	3.20	<0.10	<0.10
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด	<0.10	42.1	17.2	35.0	91.2	16.2	28.1	2.79	<0.10	<0.10
ปุ๋ยเคมี	<0.10	36.3	18.4	50.6	47.4	13.2	22.4	2.27	<0.10	<0.10
<b>ระยะเก็บเกี่ยว</b>										
ไม่มีการเติมปุ๋ย	<0.10	24.4	21.7	21.3	71.5	10.5	26.7	2.08	<0.10	<0.10
ปุ๋ยคอก	<0.10	36.5	23.4	23.5	78.3	17.4	33.0	2.97	<0.10	<0.10
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด	<0.10	28.8	21.1	21.8	68.3	12.2	27.9	2.24	<0.10	<0.10
ปุ๋ยเคมี	<0.10	34.7	26.5	29.2	51.1	16.1	35.5	3.42	<0.10	<0.10

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของน้ำก่อนการเพาะปลูก

ชุดการทดลอง	พารามิเตอร์			
	ค่าการนำไฟฟ้า ( $\mu\text{s/cm}$ )	ค่าความต่างศักย์ ออกซิเดชัน-รีดักชัน (mV)	ค่าปริมาณออกซิเจนละลาย ในน้ำ (mg/l)	ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการ ย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD, mg/l)
ไม่มีการเติมปุ๋ย	1,970	239	4.0	2.9
ปุ๋ยคอก	2,230	225	5.8	2.2
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด	1,950	230	5.1	2.5
ปุ๋ยเคมี	690	174	6.0	2.3

### 3.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนทำการปักดำข้าวในทุกแปลงนาทดลอง พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.47-6.86 (ตารางที่ 5) โดยแปลงนาทดลองที่จะมีการใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.86 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทานที่กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.5-8.5 (กรมควบคุมมลพิษ, 2540) สำหรับคุณภาพน้ำตัวอย่างในแปลงนาช่วงหลังปักดำข้าว ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำหลังจากมีการเติมปุ๋ยครั้งแรก พบว่า

คุณภาพน้ำในแปลงนาทดลองทุกแปลงมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกับในช่วงก่อนการเพาะปลูก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.66-7.53 (ตารางที่ 5) โดยคุณภาพน้ำในแปลงนาที่มีการเติมปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยเคมี พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดเท่ากับ 8.21 (ช่วงออกดอก) 7.53 (ช่วงหลังปักดำ) และ 7.04 (ช่วงออกดอก) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวแปลงนาที่มีการเติมปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยเคมี และแปลงควบคุม มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุด เท่ากับ 6.56 6.34 6.50 และ 6.66 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 5 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในแปลงทดลอง

ชุดการทดลอง	ช่วงการเจริญเติบโตของข้าว/ความเป็นกรด-ด่าง				
	ก่อนการเพาะปลูก	ระยะกล้าหลังปักดำ (30 วัน)	ระยะแตกกอ (60 วัน)	ระยะออกดอกหรือตั้งท้อง (90 วัน)	ระยะเก็บเกี่ยว (120 วัน)
ไม่มีการเติมปุ๋ย	4.91	7.39	7.09	6.59	6.66
ปุ๋ยคอก	4.47	6.69	7.19	8.21	6.56
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด	4.92	7.53	6.84	7.07	6.34
ปุ๋ยเคมี	6.86	6.66	6.56	7.04	6.50

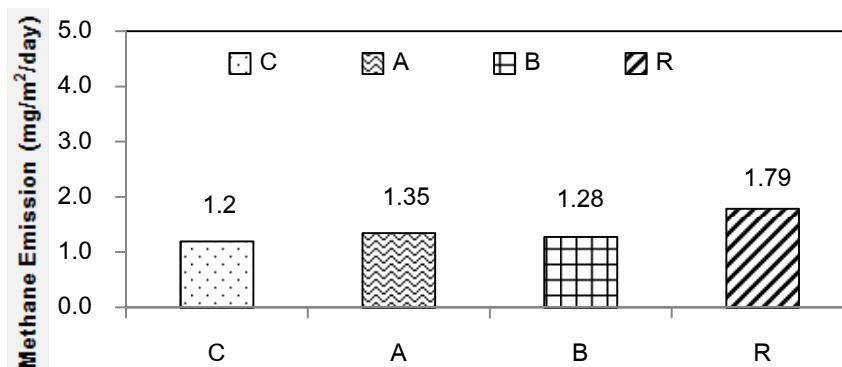
ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในแปลงนาทดลอง และในทุกระยะของการเจริญเติบโตของข้าว (ตารางที่ 5) แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมสำหรับการทำนาปลูกข้าว หรือสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าวมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลอง หรือทุกแปลงทดลอง ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาของการทดลองน้ำที่อยู่ในแปลงนา มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2540)

### 4. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแปลงนาทดลอง พบว่า แปลงนาควบคุมที่ไม่มีการเติมปุ๋ยใดแปลงนาที่มีการเติมปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยเคมี มีค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 1.35 1.28 และ 1.79 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน (รูปที่ 1) ตามลำดับ โดยค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนของทุกแปลงทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงนาข้าวส่วนใหญ่ เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทำงานในสภาพไร้อากาศ (Yue et al., 1997) การศึกษาในครั้งนี้ยัง

พบว่า ข้าวในแต่ละระยะของการเจริญเติบโต มีค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 6 จากตารางแสดงการปลดปล่อยก๊าซมีเทนของแต่ละแปลงทดลอง ได้แก่ แปลงควบคุม แปลงที่เติมปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยเคมี ในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว พบว่า ข้าวในระยะแตกกอมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเท่ากับ 1.03 1.68 2.88 และ 3.03 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ โดยค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ทั้งนี้แปลงทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมีมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูง รองลงมาได้แก่ แปลงทดลองที่มีการเติมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แปลงทดลองที่มีการเติมปุ๋ยคอก และแปลงควบคุม อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ งามเนตร (2546) ที่ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาหว่านน้ำตมที่มีการจัดการน้ำกับแปลงทดลองหลัก 2 แปลง คือ แปลงนาที่มีน้ำขังตลอดฤดูปลูก และแปลงนาที่มีการปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วง ผลการวิจัย พบว่า แปลงนาที่มีการขังน้ำในบางช่วงมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดในระยะข้าวแตกกอ คือ อายุ 16-40 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า แปลงทดลองที่เติมปุ๋ยเคมี สูตร 16-20-0 และ 46-0-0 ซึ่งเป็นสูตรปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับ

เจริญเติบโตของต้นข้าว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553) มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุด คิดเป็น 31.85 เปอร์เซ็นต์ ของการปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูกาลปลูกข้าว แสดงค่าดัง รูปที่ 2 หรือกล่าวได้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลต่อการเกิดก๊าซมีเทนในปริมาณที่สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากปุ๋ยเคมีไม่มีความสมบัติปรับปรุงสภาพทางฟิสิกส์ของดิน กล่าวคือไม่ทำให้ดินร่วนซุย มีการสะสมอินทรีย์วัตถุน้อย ดินจึงมีลักษณะแข็ง ไม่มีอากาศถ่ายเทหรือมีสภาพไร้ออกซิเจน เป็นสภาพที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย methanogen ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้จะปลดปล่อยก๊าซมีเทน (ปรัชญา และคณะ, 2540) นอกจากนี้จากตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยของการปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดช่วงการเจริญเติบโตของข้าว และร้อยละของการเพิ่มขึ้นก๊าซมีเทนเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่มีการเติมปุ๋ย พบว่า แปลงทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมีมีอัตราการเพิ่มขึ้นของก๊าซมีเทนเมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่มีการเติมปุ๋ยสูงที่สุด รองลงมาคือ แปลงทดลองที่เติมปุ๋ยคอก และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด คิดเป็น 49.06 12.32 และ 6.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผลจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซมีเทนควรนำมาซึ่งการพิจารณาเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้รับด้วย



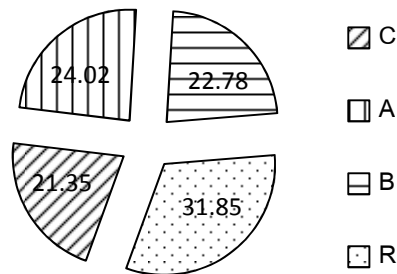
รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซมีเทนของแต่ละแปลงทดลอง

หมายเหตุ: C = ไม่มีการเติมปุ๋ย A = ปุ๋ยคอก B = ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และ R = ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 6 ปริมาณก๊าซมีเทนของแต่ละแปลงทดลอง

ชุดการทดลอง	ช่วงการเจริญเติบโตของข้าว/Methane Emission (mg/m <sup>2</sup> /day)			
	ระยะกล้าหลังปักดำ (30 วัน)	ระยะแตกกอ (60 วัน)	ระยะตั้งท้อง หรือออกดอก (90 วัน)	ระยะเก็บเกี่ยว (120 วัน)
ไม่มีการเติมปุ๋ย	<sup>B</sup> 2.74±0.44 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 1.03±0.16 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 0.57±0.02 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 0.45±0.03 <sup>b</sup>
ปุ๋ยคอก	<sup>A</sup> 1.45±1.87 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 1.68±0.51 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 1.32±0.32 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 0.93±0.18 <sup>c</sup>
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด	<sup>B</sup> 1.54±0.00 <sup>a</sup>	<sup>C</sup> 2.88±0.61 <sup>b</sup>	<sup>AB</sup> 0.57±0.08 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 0.12±0.03 <sup>a</sup>
ปุ๋ยเคมี	<sup>A</sup> 1.74±0.10 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 3.03±0.65 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 1.73±0.34 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 0.64±0.02 <sup>bc</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวนอน บอกระดับความแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกระดับความแตกต่างกันตามชุดแปลงทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2 ร้อยละของการปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าว (%)

หมายเหตุ: C = ไม่มีการเติมปุ๋ย A = ปุ๋ยคอก B = ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และ R = ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของการปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดช่วงการเจริญเติบโตของข้าวและร้อยละของการเพิ่มขึ้นก๊าซมีเทนเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่มีการเติมปุ๋ย

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยของการปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดช่วงการเจริญเติบโตของข้าว/Methane Emission (mg/m <sup>2</sup> /day)	คิดเป็นการเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่มีการเติมปุ๋ย (%)	ผลผลิตข้าว (กก./ไร่)
ไม่มีการเติมปุ๋ย	1.20	-	320
ปุ๋ยคอก	1.35	12.32	575
ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด	1.28	6.68	535
ปุ๋ยเคมี	1.79	49.06	433

## 5. ผลผลิตข้าว

การเก็บเกี่ยวข้าวในทุกแปลงทดลอง พบว่าแปลงนาที่มีการเติมปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และแปลงควบคุม ให้ผลผลิตข้าวมีค่าเท่ากับ 575 535 433 และ 320 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แสดงให้เห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยคอกในแปลงนานั้นสามารถทำให้เกษตรกรได้รับผลผลิตข้าวสูงขึ้น สอดคล้องกับคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548) ที่รายงานว่ ปุ๋ยคอกมีองค์ประกอบที่สมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารพืชจึงสามารถทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ ดอก หรือช่วยในการสร้างดอก การติดเมล็ด และให้ผลผลิตข้าวได้ดี ดังนั้นนอกจากการให้ความสำคัญของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แทนปุ๋ยเคมี เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนของการปลูกข้าว และผลผลิตข้าวที่ได้รับด้วย ซึ่งการนำปุ๋ยอินทรีย์มาใช้ในกิจกรรมการทำนาจะสามารถช่วยรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้ โดยเฉพาะคุณภาพดิน น้ำ และอากาศ อีกทั้งเป็นการป้องกันมลพิษ (pollution prevention; P2) จากแหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่แน่นอน (non-point source) ตลอดจนเป็นการปฏิบัติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (environmental friendly) ที่คาดว่าจะมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อกิจกรรมการทำนาอย่างยั่งยืนของประเทศ

## สรุปผลการวิจัย

การเปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และ 46-0-0 ต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน สำหรับกิจกรรมการทำนาสามารถสรุปได้ว่า แปลงควบคุม แปลงนาที่มีการเติมปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยเคมี มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 1.35 1.28 และ 1.79 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ โดย

ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ทั้งนี้การปลดปล่อยก๊าซมีเทนช่วงข้าวอยู่ในระยะแตกกอมีปริมาณสูงสุดในแปลงนาที่มีการเติมปุ๋ยเคมี รองลงมา ได้แก่ แปลงนาที่เติมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยคอก และแปลงควบคุม โดยมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ยเท่ากับ 3.03 2.88 1.68 และ 1.03 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) สำหรับผลผลิตข้าวที่ได้รับ พบว่า แปลงนาควบคุม แปลงนาที่มีการเติมปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยเคมี ให้ผลผลิตข้าวเท่ากับ 320 575 433 และ 535 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย (CC320A) ในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ดร.อภิชาติ ลาวณิชย์ ประเสริฐ และคุณนิศยา รื่นสุข นักวิชาการจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กรมการข้าว สำหรับคำแนะนำ และการอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่แปลงนาทดลอง สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ นายมงคลชัย อัครดิษฐเลิศ และนางสาวณัฐกาญจน์ ตันดิธีระศักดิ์ ที่ทำหน้าที่ช่วยประสานงาน และดำเนินการตลอดระยะเวลาวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2540). เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. 160 หน้า.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2548). การทดสอบเกณฑ์ปฏิบัติที่ดีด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการทำนา. กรุงเทพมหานคร: สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 161 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. (2548). เกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) สำหรับข้าว นาสลประทาน [Online]. แหล่งที่มา: [http://www.ricethailand.go.th/brrd/rice\\_tech.htm](http://www.ricethailand.go.th/brrd/rice_tech.htm) [11 สิงหาคม 2554]
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2553). การเพิ่มผลผลิตข้าวต่อไร่ในปี. คู่มือการขึ้นทะเบียนผู้ปลูกข้าวปี 2553/54 รอบที่ 2 ภายใต้โครงการประกันรายได้เกษตรกร ปี 2553/54. [Online]. แหล่งที่มา: <http://www.suratthani.doe.go.th/songserm/ecosurat/data54/file05-250254.pdf> [11 ตุลาคม 2554]
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 หน้า.
- งามเนตร เอกตาแสง. (2546). การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาหว่านพันธุ์ชยันนาท 1 ที่มีการจัดการน้ำรวมกับปุ๋ยเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 674 หน้า.
- ปรัชญา ธัญญาดี เมธี มณีวรรณ และพิรัชมา วานานุกูล. (2540). ความรู้เรื่องอินทรีย์วัตถุในดิน. คู่มือการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. [Online]. แหล่งที่มา: [www.ldd.go.th/web\\_ord/ORDGroup2010/OR](http://www.ldd.go.th/web_ord/ORDGroup2010/OR)
- D\_G6/Data/.../project2.pdf [15 พฤศจิกายน 2554]
- พัชรี แสนจันทร์ และอรรรคเดช ศรีบุตตะ. (2545). การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากข้าวนาดินเค็มของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น. วารสารดินและปุ๋ย. 24: 127-141.
- ไพบุลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. (2546). เคมีดิน. 500 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: เชียงใหม่พิมพ์สวย. 273 หน้า.
- มันสิน ดัฒกุลเวศม์ และมันรัชช์ ดัฒกุลเวศม์. (2545). เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้าไม่เรียงลำดับ.
- สิทธิพร เกตุวรสุนทร. (2546). ผลของการเติมถั่วลยถิกไนต์ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 117 หน้า.
- อรัญญ์ ชันดิยวิชัย. (2551). การเพิ่มผลผลิตข้าวอินทรีย์ และการปล่อยก๊าซมีเทนในนาชลประทานที่ใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 819 หน้า.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. (2551). ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 156 หน้า.
- Singh, J.S., Raghubanshi, A.S., Reddy, V.S., Singh, S. and Kashyap, A.K. (1998). Methane Flux from Irrigated Paddy and Dryland Rice Fields and From Seasonally Dry Tropical Forest and Savanna Soils of India Soil. Biochem 30(2): 135-139.
- Yue, L., Erda, L., and MinJie, L. (1997). The Effect of Agricultural Practices on Methane and Nitrous Oxide Emission from Rice Field and Pot Experiments. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49(1-3): 47-50.

