ผลของระดับน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่มีการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมและปักดำ

นายอนุรักษ์ วิไล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-346-627-4
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 20508060

EFFECT OF WATER LEVEL ON METHANE EMISSION FROM WET SEEDED AND TRANSPLANTED RICE FIELDS

Mr.Anurak Vilai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Science

Inter-Departmental Program in Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-627-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของระดับน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่มีการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมและปักดำ
โดย	นายอนุรักษ์ วิไล
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ)

.....กรรมการ
(ดร.ทวี คุปต์กาญจนากุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

อนุรักษ์ วิไล : ผลของระดับน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่มีการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมและปักดำ (EFFECT OF WATER LEVEL ON METHANE EMISSION FROM WET SEEDED AND TRANSPLANTED RICE FIELDS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 158 หน้า, ISBN 974-346-627-4

ก๊าซมีเทน เป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่มีผลทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น การปลูกข้าวโดยการขังน้ำในแปลงนาถูกระบุว่าเป็นแหล่งปล่อยก๊าซมีเทนจากกิจกรรมของมนุษย์แหล่งใหญ่ที่สุดแหล่งหนึ่ง สภาพการขังน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของประเทศไทยมีถึง 80% ซึ่งส่วนใหญ่ชาวนานิยมปลูกข้าวด้วยวิธีหว่านน้ำตมและวิธีปักดำ การจัดการน้ำเป็นวิธีการหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ที่น่าจะเหมาะสม และสอดคล้องกับสภาวะการณ์ปัจจุบันของประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่ วิธีการปลูกข้าว ระดับน้ำที่ท่วมขังในแปลงนา รวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาวิจัยในภาคสนามที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท จังหวัดชัยนาท ด้วยแผนการทดลองแบบ 3 factors factorial in Randomize Complete Block Design ทำ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย พันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ (ชัยนาท 1 และขาวดอกมะลิ 105) ระดับน้ำ 2 ระดับ [0 ซ.ม.(ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ) และ 20 ซ.ม.] และวิธีการปลูกข้าว 2 วิธี (หว่านน้ำตมและปักดำ) ดินในพื้นที่ทำการทดลองเป็นชุดดินนครปฐม กำหนดให้หนึ่งหน่วยทดลอง คือ แปลงนาขนาด 3 ม. x 6 ม. เก็บตัวอย่างก๊าซตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวด้วยตู้ครอบขนาด 0.6 ม. x 0.6 ม. x 0.5 ม. ตู้ครอบนี้สามารถต่อเพื่อเพิ่มความสูงตามความสูงของต้นข้าว วิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทนด้วยวิธี Gas Chromatography (Flame Ionization Detector, FID)

ผลการศึกษาพบว่า การปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยวิธีปักดำ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับน้ำที่ขังในแปลงนา (r^2 = 0.417*) โดยแปลงนาที่ขังน้ำ 20 ซ.ม. มีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าแปลงนาที่ขังน้ำ 0 ซ.ม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 5.89*) ทั้งนี้ วิธีการปลูกข้าวที่แตกต่างกัน คือ หว่านน้ำตมและปักดำ ที่มีการขังน้ำในแปลงนาตั้งแต่ 0 – 20 ซ.ม. ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของการปล่อยก๊าซมีเทน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ การปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ ที่ขังน้ำในแปลงนา 20 ซ.ม. มีผลทำให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดินนาที่มีการปลูกข้าว ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าการไม่ปลูกข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวก็มีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดเกิดขึ้นในระยะตั้งท้อง ยกเว้นแปลงนาที่ขังน้ำ 20 ซ.ม. ที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะมีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดที่ระยะเมล็ดน้ำนม ทั้งนี้ การปลอยก๊าซมีเทนจากแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ด้วยวิธีหว่านน้ำตม เมื่อขังน้ำ 0 และ 20 ซ.ม. เท่ากับ 7.65 และ 8.16 มก./ม.^{2}/ชม. ส่วนวิธีปักดำ เท่ากับ 6.84 และ 9.69 มก./ม.^{2}/ชม. ตามลำดับ สำหรับแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยวิธีหว่านน้ำตม จะมีการปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงนาที่ขังน้ำในระดับ 0 และ 20 ซ.ม. เท่ากับ 6.42 และ 8.25 มก./ม.^{2}/ชม. ส่วนวิธีปักดำ เท่ากับ 9.19 และ 6.95 มก./ม.^{2}/ชม. ตามลำดับ ในขณะที่ การไม่ปลูกข้าวในแปลงนามีการปล่อยก๊าซมีเทน เท่ากับ 2.94 มก./ม.^{2}/ชม. เมื่อมีการขังน้ำ 0 ซ.ม. และเท่ากับ 3.32 มก./ม.^{2}/ชม. เมื่อมีการขังน้ำ 20 ซ.ม. ความแตกต่างของปริมาณผลผลิตข้าว ที่ปลูกในแปลงนาที่ขังน้ำในระดับที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนเมื่อระดับน้ำขังในแปลงนา 0 – 20 ซ.ม. คือ พันธุ์ข้าว มวลชีวภาพ และความสูงของต้นข้าว

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2543

C529823 : MAJOR : INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD : METHANE EMISSION / GREENHOUSE GAS / WATER LEVEL / RICE CULTIVATION
ANURAK VILAI : EFFECT OF WATER LEVEL ON METHANE EMISSION FROM WET SEEDED AND TRANSPLANTED RICE FIELDS. ADVISOR : ASSOC. PROF. ORAWAN SIRIRATPIRIYA, D.Sc. 158 pp. ISBN 974-346-627-4.

Methane is one of greenhouse gases effected global warming. Flooded rice field is indicated to be the major source of methane emission resulting from human activity. Eighty percent of the rice cultivated area in Thailand is flooded with cultural practices of wet seeded and transplanted rice. Water management is a method for decreasing methane emission which appropriate within current condition for Thailand. Therefore, field study emphasized on cultural practice, water level and factors affecting methane emission from rice field was conducted at the Chai Nat Rice Experiment Station, Chai Nat province. The experimental design was 3 factors factorial in Randomize Complete Block with 3 replications for two rice varieties (Chai Nat 1 and KDML 105), two water levels [0 cm. (saturated soil) and 20 cm.] and two cultural practices (wet seedded and transplanted). The soil was the Nakorn Pathom soil series. One experimental unit was 3 m. x 6 m. Sampling period depend upon growth stage of rice with closed chamber technique correspondence with the rice height. Size of chamber was 0.6 m. x 0.6 m. x 0.5 m. Gas Chromatography (Flame Ionization Detector, FID) was an analytical technique for methane measurement.

The result indicated that at water level 20 cm. in transplanted rice field with KDML 105, methane emission was higher than that of 0 cm. significantly (F-value = 5.89*). Methane emission from transplanted rice field with KDML 105 was significantly related to water levels (r^2 = 0.417*). Cultural practices (wet seeded and transplanted) were not significantly influenced on methane emission at water levels up to 20 cm. Only at 0 cm. water level, KDML 105 emitted methane significantly higher than Chai Nat 1.

Within rice field, planted rice resulted in methane emission more than unplanted rice significantly. Development growth stage of rice affected methane emission from rice field. Booting stage was the maximum rate of methane emission, except KDML 105 planted in 20 cm. water level which was milk grain stage. Chai Nat 1 planted in 0 and 20 cm. water level with wet seeded emitted methane 7.65 and 8.16 mg./$m.^2$/hr., while transplanted rice field emitted 6.84 and 9.69 mg./$m.^2$/hr. respectively. KDML 105 planted in 0 and 20 cm. water level with wet seeded emitted methane 6.42 and 8.25 mg./$m.^2$/hr., while transplanted rice field emitted 9.19 and 6.95 mg./$m.^2$/hr. respectively. Methane emission of unplanted rice field at 0 cm. water level was 2.94 mg./$m.^2$/hr. and 3.32 mg./$m.^2$/hr. emitted from 20 cm. water level. Rice yield was not significantly influenced by the levels of water. Factors affecting methane emission together with water levels (0 - 20 cm.) were rice species, rice height and biomass.

Inter-Department Environmental Science Student's signature .....
Field of study Environmental Science Advisor's signature Orawan Siriratpiriya
Academic year 2000

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง "โครงการผลกระทบจากการจำกัดการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวต่อการปลูกข้าวและผลผลิตข้าวของประเทศไทย" ของ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ เป็นหัวหน้าโครงการ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความเมตตาและอนุเคราะห์ของรองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา ข้อแนะนำและข้อคิดต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อลูกศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้เข้าใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวิเคราะห์ดิน

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โมษิตานนท์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ทวี คุปต์กาญจนากุล ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ยิ่งและเสียสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณสถาพร กาญจนพันธุ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้การดูแลขณะทำงานในภาคสนามจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ อันได้แก่ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินอุดหนุนในการทำงานวิจัยบางส่วน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือกลั่นไนโตรเจน ข้าราชการและเจ้าหน้าที่สถานีทดลองข้าวชัยนาททุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาในระหว่างการทำวิจัยในภาคสนาม คุณละม่อม ทองตะนุนาม คุณส้มเข้า ฉ่ำช้าง คุณนันทนีย์ อิ่มทอง คุณไชลั้ง แซ่แบะ และคุณสุบิณ พุ่มยิ้ม ที่ให้ความช่วยเหลือในระหว่างเก็บข้อมูลในภาคสนาม พี่ธวิโรจน์ ตันนุกิจ พี่ณัฐพร กะการดีและพี่ศุภสุข ประดับศุข ตลอดจนพี่ ๆ และเพื่อน ๆ นิสิตสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณจิณัฐตา วัดคำ ที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณครอบครัววัดคำ ที่ให้ความเอ็นดูและเอื้อเฟื้อในขั้นตอนการพิมพ์วิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ นพ.จุลพงศ์ อจลพงศ์ และพี่สุรีรักษ์ อจลพงศ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเรื่องค่าใช้จ่ายในการเล่าเรียน อีกทั้งคอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่ได้ให้การอบรมเลี้ยงดูเป็นอย่างดี และสนับสนุนส่งเสียให้เล่าเรียนจนสำเร็จ รวมทั้งได้มอบแต่สิ่งที่ดีในชีวิตให้โดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
3. วิธีดำเนินการวิจัย 28
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 40
5. วิจารณ์ผลการทดลอง 86
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 126

รายการอ้างอิง 130

ภาคผนวก 144

ประวัติผู้เขียน 158

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 ความเข้มข้นในบรรยากาศ (ppbv) และอัตราที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี (เปอร์เซ็นต์) ของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ 7

2.2 ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (mV) ของดินโดยประมาณที่สารประกอบต่าง ๆ ในดินถูกรีดิวซ์ 12

2.3 แบคทีเรียที่ผลิต CH_4 จาก Substrate ชนิดต่าง ๆ 13

3.1 ตำรับทดลองในการศึกษาวิจัย โดยทุกหน่วยทดลองจะทำการระบายน้ำออกก่อนเก็บเกี่ยว 10 วัน 32

3.2 อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวในการปลูกข้าว ด้วยวิธีปักดำและหว่านน้ำตม 35

3.3 แผนการดำเนินการเพาะปลูกโดยภาพรวม 36

3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของดิน 37

4.1 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มก./ม.^{2}/ชม.) ในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของต้นข้าว จากแปลงนาที่ทำการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมและขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 0 เซนติเมตร 47

4.2 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มก./ม.^{2}/ชม.) ในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของต้นข้าว จากแปลงนาที่ทำการปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ และขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 0 เซนติเมตร 48

4.3 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มก./ม.^{2}/ชม.) ในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของต้นข้าว จากแปลงนาที่ทำการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมและขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 20 เซนติเมตร 49

4.4 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มก./ม.^{2}/ชม.) ในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของต้นข้าว จากแปลงนาที่ทำการปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ และขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 20 เซนติเมตร 50

4.5 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มก./ม.^{2}/ชม.) จากนาข้าวที่ทำการปลูกข้าว โดยวิธีหว่านน้ำตมและวิธีปักดำ ซึ่งขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 0 เซนติเมตร 52

4.6 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มก./ม.^{2}/ชม.) จากนาข้าวที่ทำการปลูกข้าว โดยวิธีหว่านน้ำตมและวิธีปักดำ ซึ่งขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 20 เซนติเมตร 52

4.7 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มก./ม.^{2}/ชม.) จากแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีหว่านน้ำตม และขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 0 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร 55

ตาราง หน้า

4.8 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มก./ม.^{2}/ชม.) จากแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีปักดำ และขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 0 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร 55

4.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนรวมทั้งหมดตลอดฤดูกาลปลูกข้าว (ก./ม.^{2}) จากแปลงนาที่ขังน้ำเท่ากับ 0 เซนติเมตร โดยมีวิธีการปลูกข้าว 2 วิธี คือ หว่านน้ำตมและปักดำ 60

4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนรวมทั้งหมดตลอดฤดูกาลปลูกข้าว (ก./ม.^{2}) จากแปลงนาที่ขังน้ำเท่ากับ 20 เซนติเมตร โดยมีวิธีการปลูกข้าว 2 วิธี คือ หว่านน้ำตมและปักดำ 61

4.11 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนรวมทั้งหมดตลอดฤดูกาลปลูกข้าว (ก./ม.^{2}) จากแปลงนาที่ปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตม ซึ่งขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 0 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร 62

4.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนรวมทั้งหมดตลอดฤดูกาลปลูกข้าว (ก./ม.^{2}) จากแปลงนาที่ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ ซึ่งขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 0 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร 63

4.13 ปริมาณก๊าซมีเทนในดิน (มก./ดินแห้ง 100 ก.) จากแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีหว่านน้ำตม และขังน้ำในแปลงนาเท่ากับ 0 เซนติเมตร 68

4.14 ปริมาณก๊าซมีเทนในดิน (มก./ดินแห้ง 100 ก.) จากแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีปักดำ และขังน้ำในแปลงนาเท่ากับ 0 เซนติเมตร 68

4.15 ปริมาณก๊าซมีเทนในดิน (มก./ดินแห้ง 100 ก.) จากแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีหว่านน้ำตม และขังน้ำในแปลงนาเท่ากับ 20 เซนติเมตร 69

4.16 ปริมาณก๊าซมีเทนในดิน (มก./ดินแห้ง 100 ก.) จากแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีปักดำ และขังน้ำในแปลงนาเท่ากับ 20 เซนติเมตร 69

4.17 ปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำที่ท่วมขังดินในแปลงนา (มก./น้ำ 100 มล.) ที่ปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตม 72

4.18 ปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำที่ท่วมขังดินในแปลงนา (มก./น้ำ 100 มล.) ที่ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ 72

4.19 ลักษณะสมบัติของดินก่อนการปลูกข้าว 76

4.20 ลักษณะสมบัติของดินหลังการปลูกข้าว 76

ตาราง หน้า

4.21 ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh) ของดิน ในแปลงนาที่ปลูกข้าว ด้วยวิธีหว่านน้ำตม ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว 77
4.22 ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh) ของดิน ในแปลงนาที่ปลูกข้าว ด้วยวิธีปักดำ ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว 78
4.23 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน ในแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีหว่านน้ำตม ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว 79
4.24 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน ในแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีปักดำ ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว 80
4.25 อุณหภูมิ (°C) ของดิน ในแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีหว่านน้ำตม ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว 81
4.26 อุณหภูมิ (°C) ของดิน ในแปลงนาที่ปลูกข้าว โดยวิธีปักดำ ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว 82
4.27 ความสูงของต้นข้าว (เซนติเมตร) จำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่ (30 เซนติเมตร x 50 เซนติเมตร) และน้ำหนักแห้งของต้นข้าว (กรัมต่อพื้นที่ 30 เซนติเมตร x 50 เซนติเมตร) ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว 83
4.28 ปริมาณผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) จากแปลงนาที่ปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตม ซึ่งขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 0 และ 20 เซนติเมตร 85
4.29 ปริมาณผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) จากแปลงนาที่ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ ซึ่งขังน้ำไว้ในแปลงนาเท่ากับ 0 และ 20 เซนติเมตร 85
5.1 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่ขังในแปลงนา กับ อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 111
5.2 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่ขังในแปลงนา กับ อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนและปริมาณผลผลิตข้าว 120

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 กลไกการเกิดและปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวสู่บรรยากาศ 9

3.1 แผนผังหน่วยทดลอง และตำรับทดลองในพื้นที่ศึกษาวิจัย 33

5.1 ผลของวิธีการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมต่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว 97

5.2 ผลของวิธีการปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ ต่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว 98

5.3 เปรียบเทียบอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงนาที่ปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตม กับวิธีปักดำ 99

5.4 อิทธิพลของระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ต่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในแปลงนาที่ขังน้ำเท่ากับ 0 เซนติเมตร 104

5.5 อิทธิพลของระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ต่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในแปลงนาที่ขังน้ำเท่ากับ 20 เซนติเมตร 104

5.6 อิทธิพลของระดับน้ำต่ออุณหภูมิดิน ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ในระยะแตกกอของต้นข้าว 112

5.7 อิทธิพลของระดับน้ำต่ออุณหภูมิดิน ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ในระยะตั้งท้องของต้นข้าว 113

5.8 อิทธิพลของระดับน้ำต่ออุณหภูมิดิน ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ในระยะเมล็ดน้ำนมของต้นข้าว 114

5.9 อิทธิพลของระดับน้ำต่ออุณหภูมิดิน ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ในระยะเมล็ดสุกแก่ของต้นข้าว ภายหลังการระบายน้ำออกจากนาข้าว 115

5.10 อิทธิพลของระดับน้ำต่อความสูงเฉลี่ยของต้นข้าว จำนวนต้นต่อพื้นที่ มวลชีวภาพเฉลี่ย และอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว 116

5.11 อิทธิพลของระดับน้ำต่อปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว 117

5.12 อิทธิพลของระดับน้ำที่ขังในแปลงนา กับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว และปริมาณผลผลิตของข้าว 121

ภาพประกอบ หน้า

5.13 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสัมพัทธ์เนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์ข้าว จากแปลงนาที่ขังน้ำเท่ากับ 0 เซนติเมตร และทำการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมเมื่อเทียบกับแปลงควบคุม ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว..... 124

5.14 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสัมพัทธ์เนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์ข้าว จากแปลงนาที่ขังน้ำเท่ากับ 0 เซนติเมตร และทำการปลูกข้าวโดยวิธีปักดำเมื่อเทียบกับแปลงควบคุม ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว..... 124

5.15 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสัมพัทธ์เนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์ข้าว จากแปลงนาที่ขังน้ำเท่ากับ 20 เซนติเมตร และทำการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมเมื่อเทียบกับแปลงควบคุม ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว..... 125

5.16 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสัมพัทธ์เนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์ข้าว จากแปลงนาที่ขังน้ำเท่ากับ 20 เซนติเมตร และทำการปลูกข้าวโดยวิธีปักดำเมื่อเทียบกับแปลงควบคุม ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว..... 125