

การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวชนิดนาสวนและนาข้าวขึ้นน้ำในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา



นางสาว วิไล เต๋ยวณิชยง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-857-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16906615

METHANE EMISSION FROM LOWLAND RICE FIELDS AND FLOATING RICE FIELDS
IN PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA PROVINCE

Miss Wilai Tiawyuenyong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Inter-Department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-857-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวชนิดนาสวนและนาข้าวขั้นน้ำ

ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

โดย นางสาว วิไล เต็ยวณิชยง

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. ทวี คุณต์กาญจนากุล



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ กุญสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์)

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

.....
(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

.....
(อาจารย์ ดร. อาจอง ประทีปสุนทรสาร)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วไล เตียวยืนยง : การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวชนิดนาล่วนและนาข้าวขึ้นน้ำในจังหวัด
พระนครศรีอยุธยา (METHANE EMISSION FROM LOWLAND RICE FIELDS AND
FLOATING RICE FIELDS IN PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA PROVINCE)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.อรรพรรณ ศิริรัตนพิริยะ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ทวี
ศุภต์กาญจนากุล, 241 หน้า. ISBN 974-584-857-3

ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่มีผลทำให้โลกร้อนขึ้น โดยนาข้าวเป็นแหล่งหนึ่ง
ที่ปล่อยก๊าซมีเทนเนื่องจากกิจกรรมมนุษย์ การศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวชนิดนาล่วนและนาข้าว
ขึ้นน้ำในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา รวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการโดยวางแผนการทดลองแบบ
randomized complete blocks ทำ 3 ซ้ำ ปลูกข้าวแบบนาหว่านด้วยวิธีการปลูกข้าวชนิดนาล่วน ใช้
ข้าวพันธุ์ กข 23, พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และวิธีการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ใช้ข้าวพันธุ์ห่มตรา 60,
พันธุ์เสียมอานาง 111 เก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนโดยใช้กล่องครอบตักก๊าซใน 4 ระยะการเจริญเติบโตของ
ต้นข้าวคือ ระยะแตกกอ ระยะตั้งท้อง ระยะสร้างเมล็ด ระยะเมล็ดแก่ 6 ช่วงเวลา ตั้งแต่เวลา
6.00 ถึง 22.00 นาฬิกา วิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซมีเทนด้วยวิธี gas chromatography (Flame
Ionization Detector, FID)

ผลการศึกษาพบว่า การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวชนิดนาล่วนและนาข้าวขึ้นน้ำตลอดฤดูกาล
ปลูกข้าวของพันธุ์สุพรรณบุรี 90, พันธุ์ กข 23, พันธุ์เสียมอานาง 111 และพันธุ์ห่มตรา 60 คือ 68.666,
63.720, 32.870 และ 15.200 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ หากประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน
จากพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของประเทศไทยด้วยพันธุ์สุพรรณบุรี 90, พันธุ์ กข 23, พันธุ์เสียมอานาง 111 และ
พันธุ์ห่มตรา 60 คือ 5.539, 5.140, 2.652 และ 1.226 เทระกรัมต่อปี ตามลำดับ (1 เทระกรัม
เท่ากับ 1 ล้านตัน)

ต้นข้าวเป็นทางผ่านก๊าซมีเทนสู่อากาศ อัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว
พันธุ์สุพรรณบุรี 90, พันธุ์ กข 23, พันธุ์เสียมอานาง 111 และพันธุ์ห่มตรา 60 คือ 20.570, 18.920,
7.216 และ 3.332 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ระยะตั้งท้องของต้นข้าวพันธุ์
กข 23 และพันธุ์สุพรรณบุรี 90 มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุด ในขณะที่พันธุ์เสียมอานาง 111 และพันธุ์
ห่มตรา 60 เกิดขึ้นในระยะสร้างเมล็ด ดังนั้นลำดับของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวสูงสุดคือ
พันธุ์สุพรรณบุรี 90, พันธุ์ กข 23, พันธุ์เสียมอานาง 111 และพันธุ์ห่มตรา 60

ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวทั้งสองวิธีคือ ต้นข้าว พันธุ์ข้าว ความสูง
ของพันธุ์ข้าว มวลชีวภาพของพันธุ์ข้าว ระดับน้ำภายในแปลงนา ความชื้นของดิน สภาพการขาดก๊าซ
ออกซิเจนของดิน และความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ภาควิชา สหสาขา
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C526374 : MAJOR: INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD: METHANE EMISSION / GREENHOUSE GAS / LOWLAND RICE FIELD / FLOATING RICE FIELD

WILAI TIAWYUENYONG : METHANE EMISSION FROM LOWLAND RICE FIELDS AND FLOATING RICE FIELDS IN PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA PROVINCE.

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. ORAWAN SIRIRATPIRIYA, Ph.D., AND

THESIS CO-ADVISOR : TAWEE KUPKANCHANAKUL, Ph.D., 241 pp.

ISBN 974-584-857-3

Methane is a greenhouse gas effected global warming. Rice cultivation has been a methane emission resulted from haman activity. Field study about methane emission and factors affected the emission from lowland rice and floating rice was conducted in Phra Nakhon Si Ayutthaya provice. Experimental design was randomized complete blocks with 3 replications. Planting rice was sown broadcast for two cultural pratices. Rice varieties were RD 23, Suphanburi 90 for lowland rice and Huntra 60, Leb Mue Nahng 111 for floating rice. Closed chamber was collection method. Four rice plant stages of growth consisting of tillering, booting, grain development, and maturation were measured. During 6.00 a.m. - 22.00 p.m. a day gas sample was collected 6 times. Gas chromatography (flame ionization detector, FID) was an analytical technique for methane.

The results showed that total amounts of methane emission from rice field planted with Suphanburi 90, RD 23, Leb Mue Mahng 111, and Huntra 60 rice varieties were 68.666, 63.720, 32.870, and 15.200 gram/square meter, respectively. The annual methane emission from rice fields in Thailand during wet season crop estimated base on Suphanburi 90, RD 23, Leb Mue Nahng 111, and Huntra 60 rice fields were 5.539, 5.140, 2.652, and 1.226 teragram, respectively. (1 teragram = 1 million metric ton).

Rice plant was methane emission route from rice fields that travelled through the atmosphere. Average methane emission rate from Suphanburi 90, RD 23, Leb Mue Nahng 111, and Huntra 60 rice fields were 20.570, 18.920, 7.216, and 3.332 milligram/square meter/hour, respectively. Booting stage was the highest methane emission rate of RD 23 and Suphanburi 90. In part of grain development stage was the hightest for Huntra 60 and Leb Mue Nahng 111. Therefore, order of the highest methane emission rate from rice fields with consideration of rice varieties were Suphanburi 90, RD 23, Leb Mue Nahng 111, and Huntra 60.

Factors affecting the methane emission from lowland rice and floating rice fields were rice plant, rice variety, height of rice plant, biomass of rice plant, water level within rice field, soil moisture, anoxic condition of soil, and soil pH.

ภาควิชา สหสาขา

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต *Chada K.*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Chada K.*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม *Chada K.*



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง "ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมโลกจากก๊าซปฏิกิริยาเรือนกระจกต่อการทำนาข้าว" ของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความเมตตากรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ สิริวิรัตน์พิริยะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อลูกศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ทวี คุปต์กาญจนากุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และดูแลในส่วนของภาคสนามในงานในภาคสนามสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งให้ที่พักอาศัยในระหว่างออกเก็บตัวอย่างในภาคสนาม ตลอดจนอาจารย์กัลยา คุปต์กาญจนากุล ที่กรุณาเสียสละเวลาดูแลในระหว่างออกเก็บตัวอย่างในภาคสนาม

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์ รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนศักดิ์ และอาจารย์ ดร. อาจอง ประทัดสุนทรสาร ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆในวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณผู้ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ได้แก่ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้เงินอุดหนุนในการทำงานวิจัยบางส่วน สภามันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) และสารเคมีในการวิเคราะห์เนื้อดิน (soil texture) คุณโชคชัย ชะชูศรี ที่ช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คุณทศวิทย์ กาวีเวทย์ ที่กรุณาให้ความรู้เรื่องอุปกรณ์และวิธีเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนในภาคสนาม เจ้าหน้าที่ของกรมอุตุนิคม วิชาที่กรุณาให้ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ รวมทั้งให้ข้อมูลเรื่องความผันแปรของอุณหภูมิกอากาศในรอบ 1 วัน คุณอคุศลย์ สลักคำ และคุณรัฐภูมิ โทกศิริ ที่ช่วยเหลือในการประกอบกล่องครอบคักเก็บก๊าซมีเทน คุณทองหล่อ สุวรรณโท คุณสมาน เอี่ยมสะอาด คุณสุพา คงแสงแก้ว และคุณป้าบุญมี นามนุคร ที่คอยให้ความช่วยเหลือในระหว่างออกเก็บตัวอย่างในภาคสนาม

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ซึ่งเป็นที่เชื่อมั่นเคารพบูชา ตลอดจน พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจตลอดมา



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ท
บทที่	
1. บทนำ	1
2. การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
3. วัตถุประสงค์และภาระงานวิจัย	40
4. ผลการทดลอง	54
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง	129
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	189
เอกสารอ้างอิง	194
ภาคผนวก	201
ประวัติผู้เขียน.....	241

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ	6
2	การปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวน้ำขังของทวีปต่างๆทั่วโลกในปี ค.ศ. 1985	13
3	ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh) (มิลลิโวลต์; mv) ของดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี และดินที่น้ำขัง	17
4	ชนิดของแบคทีเรียและปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในดินนาเมื่ออยู่ในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจน	23
5	ชนิดของแบคทีเรียและปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในดินนาเมื่ออยู่ในสภาพที่ขาดก๊าซออกซิเจน	25
6	ลักษณะรูปร่างของจีนัส (genus) และสปีชีส์ (species) ของเมทาโนจีนิกแบคทีเรีย รวมทั้งตัวรับอิเล็กตรอน (substrate) ที่ใช้ในการผลิตก๊าซมีเทน	29
7	พื้นที่ปลูกข้าวนาปี (ไร่) ในปีการเพาะปลูก 2533/34 ในภาคต่างๆของประเทศไทย	37
8	การวางแผนการทดลอง	45
9	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์	49
10	ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนในรอบ 1 วัน ตั้งแต่เวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	52
11	ลักษณะสมบัติของดินนาในแปลงนาชนิดนาส่วนก่อนการปลูกข้าว	56
12	ลักษณะสมบัติของดินนาในแปลงนาชนิดนาข้าวขึ้นน้ำก่อนการปลูกข้าว	57
13	ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 23 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 (น้ำหนักแห้ง, กิโลกรัมต่อไร่)	58
14	ผลผลิตของข้าวพันธุ์หั่นตรา 60 และข้าวพันธุ์เล็บมือนาง 111 (น้ำหนักแห้ง, กิโลกรัมต่อไร่)	58
15	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง) ในอากาศเหนือ	64

ตารางที่

หน้า

	บริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ระยะแตกกอของต้นข้าว ในช่วงเวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	
16	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มีลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือ บริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ระยะตั้งท้องของต้นข้าว ในช่วงเวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	65
17	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มีลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือ บริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ระยะสร้างเมล็ดของต้นข้าว ในช่วงเวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	66
18	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มีลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือ บริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ระยะเมล็ดแก่(1)ของต้นข้าว ในช่วงเวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	67
19	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มีลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือ บริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ระยะเมล็ดแก่(2)ของต้นข้าว ในช่วงเวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	68
20	ปริมาณก๊าซมีเทน(โมลตรกรัมของก๊าซมีเทนต่อมิลลิลิตรของน้ำ)ในน้ำภายในแปลงนาชนิดนาสวนในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	70
21	ปริมาณก๊าซมีเทน(โมลตรกรัมของก๊าซมีเทนต่อกรัมของดินแห้ง)ในดินภายในแปลงนาชนิดนาสวนในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	72
22	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มีลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือ บริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ระยะแตกกอของต้นข้าว ในช่วงเวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	77
23	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มีลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือ บริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ระยะตั้งท้องของต้นข้าว ในช่วงเวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	78
24	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มีลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือ บริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ระยะสร้างเมล็ดของต้นข้าว	79

ตารางที่

หน้า

	ในช่วงเวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	
25	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ระยะเมล็ดแก่ของต้นข้าว	80
	ในช่วงเวลา 6.00-22.00 นาฬิกา	
26	ปริมาณก๊าซมีเทน(ไมโครกรัมของก๊าซมีเทนต่อมิลลิลิตรของน้ำ)ในน้ำภายในแปลงนาชนิดนาข้าวขึ้นน้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	82
27	ปริมาณก๊าซมีเทน(ไมโครกรัมของก๊าซมีเทนต่อกรัมของดินแห้ง)ในดินภายในแปลงนาชนิดนาข้าวขึ้นน้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	84
28	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาส่วนของคำรับทดลองควบคุม ระยะเมล็ดแก่(2)ของต้นข้าว(ระยะเมล็ดแก่ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90) ในช่วงเวลา 9.00-10.00 นาฬิกา ที่ระดับความสูงต่างๆ(เช่นติเมตร จากบริเวณพื้นผิวดิน) ของจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากกล่องครอบดักเก็บก๊าซมีเทน	86
29	อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำของคำรับทดลองควบคุม ระยะเมล็ดแก่ของต้นข้าว ในช่วงเวลา 9.00-10.00 นาฬิกา ที่ระดับความสูงต่างๆ(เช่นติเมตร จากบริเวณพื้นผิวดิน)ของจุดเก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากกล่องครอบดักเก็บก๊าซมีเทน	87
30	อัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทน(มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาส่วน ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	91
31	อัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทน(มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)ในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	92
32	อุณหภูมิอากาศ($^{\circ}\text{C}$)บริเวณนาข้าวชนิดนาส่วนในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	96

ตารางที่

หน้า

33	อุณหภูมิอากาศ(°C)บริเวณน้ำข้าวชนิดน้ำข้าวชั้นน้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	97
34	อุณหภูมิอากาศในแปลงนา(°C)ชนิดนาสวนในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	98
35	อุณหภูมิอากาศในแปลงนา(°C)ชนิดนาข้าวชั้นน้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	99
36	อุณหภูมิอากาศในกล่องครอบคอกเก็บก๊าซมีเทน(°C)ของนาข้าวชนิดนาสวนในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	100
37	อุณหภูมิอากาศในกล่องครอบคอกเก็บก๊าซมีเทน(°C)ของนาข้าวชนิดนาข้าวชั้นน้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	101
38	อุณหภูมิน้ำอากาศในแปลงนา(°C)ชนิดนาสวนในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	102
39	อุณหภูมิน้ำอากาศในแปลงนา(°C)ชนิดนาข้าวชั้นน้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	103
40	อุณหภูมิดินอากาศในแปลงนา(°C)ชนิดนาสวนในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	104
41	อุณหภูมิดินอากาศในแปลงนา(°C)ชนิดนาข้าวชั้นน้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	105
42	ความสูง(เซ็นติเมตร)ของข้าวพันธุ์ กข 23 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	108
43	ความสูง(เซ็นติเมตร)ของข้าวพันธุ์หัตตรา 60 และข้าวพันธุ์เล็บมือนาง 111 ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	108
44	มวลชีวภาพ(น้ำหนักแห้ง, กรัมต่อต้น)ของข้าวพันธุ์ กข 23 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	109
45	มวลชีวภาพ(น้ำหนักแห้ง, กรัมต่อต้น)ของข้าวพันธุ์หัตตรา 60 และข้าวพันธุ์เล็บมือนาง 111 ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	109

ตารางที่	หน้า	
46	ระดับน้ำภายในแปลงนา (เซ็นติเมตร) ชนิดนาสวนในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	110
47	ระดับน้ำภายในแปลงนา (เซ็นติเมตร) ชนิดนาข้าวขึ้นน้ำในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	110
48	ความชื้นของดินภายในแปลงนา (x โดยน้ำหนัก) ชนิดนาสวนในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	113
49	ความชื้นของดินภายในแปลงนา (x โดยน้ำหนัก) ชนิดนาข้าวขึ้นน้ำในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	114
50	ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh) (มิลลิโวลท์; mv) ของดินภายในแปลงนา ชนิดนาสวน ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	117
51	ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh) (มิลลิโวลท์; mv) ของดินภายในแปลงนาชนิดนาข้าวขึ้นน้ำในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	118
52	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินภายในแปลงนาชนิดนาสวนในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	122
53	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินภายในแปลงนาชนิดนาข้าวขึ้นน้ำในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	123
54	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนในดินภายในแปลงนา ชนิดนาสวนและนาข้าวขึ้นน้ำกับค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดินและความชื้นของดิน	124
55	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวนและนาข้าวขึ้นน้ำ กับค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ความชื้นของดิน และปริมาณก๊าซมีเทนในดิน	125
56	ลักษณะสมบัติของดินภายในแปลงนาชนิดนาสวนหลังการปลูกข้าว	127
57	ลักษณะสมบัติของดินภายในแปลงนาชนิดนาข้าวขึ้นน้ำหลังการปลูกข้าว	128
58	การจำแนกความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินตามเกณฑ์	131

ตารางที่

หน้า

	ของกองจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน	
59	การเปรียบเทียบอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือ บริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน และนาข้าวขึ้นน้ำของงานวิจัย ในครั้งเดียวกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการ ปลูกข้าวของประเทศต่างๆ	141

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 กลไกการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวสู่บรรยากาศ	14
2 ชั้นต่างๆของดินนาเมื่ออยู่ในสภาพน้ำขัง	16
3 ปฏิกริยารีดักชันของระบบต่างๆในดินที่เกิดขึ้นเรียงตามลำดับกัน	24
4 ช่องอากาศภายในรากข้าวเมื่อมีน้ำมากหรือแฉะ	31
5 ช่องอากาศภายในลำต้นของต้นข้าวเมื่อมีน้ำมากหรือแฉะ	31
6 ช่องอากาศภายในกาบใบเมื่อต้นข้าวมีน้ำมากหรือแฉะ	32
7 ช่องอากาศภายในแอเรนไคมา(aerenchyma)	32
8 ลักษณะของปากใบของต้นข้าว	33
9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาส่วนกับปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำภายในแปลงนาชนิดนาส่วน และปริมาณก๊าซมีเทนในดินภายในแปลงนาชนิดนาส่วนในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	145
10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำกับปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำภายในแปลงนาชนิดนาข้าวขึ้นน้ำและปริมาณก๊าซมีเทนในดินภายในแปลงนาชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	146
11 ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 23 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90	149
12 ผลผลิตของข้าวพันธุ์หัตถ์ตรา 60 และข้าวพันธุ์เล็บมือนาง 111	149
13 เปรียบเทียบอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนสัมพัทธ์ในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาส่วน จากพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์กข 23 พันธุ์สุพรรณบุรี 90 กับพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว	158
14 เปรียบเทียบอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนสัมพัทธ์ในอากาศเหนือบริเวณที่	159

- ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวชั้นน้ำ จากพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์หั้นตรา 60 พันธุ์
เล็บมือนาง 111 กับพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ในช่วงระยะเวลา
เจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว
- 15 เปรียบเทียบอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการ
ปลูกข้าว ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าวจากพื้นที่ปลูกข้าว 4
พันธุ์ 160
- 16 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณ
ที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ตามช่วงเวลาในรอบวัน จากพื้นที่ปลูกข้าว
พันธุ์ กข 23 พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ใน
ระยะแตกกอของต้นข้าว 165
- 17 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณ
ที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ตามช่วงเวลาในรอบวัน จากพื้นที่ปลูกข้าว
พันธุ์ กข 23 พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ใน
ระยะตั้งท้องของต้นข้าว 166
- 18 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่
ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ตามช่วงเวลาในรอบวัน จากพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์
กข 23 พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ในระยะ
สร้างเมล็ดของต้นข้าว 167
- 19 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณ
ที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ตามช่วงเวลาในรอบวัน จากพื้นที่ปลูกข้าว
พันธุ์ กข 23 พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม)
ในระยะเมล็ดแก่ของข้าวพันธุ์ กข 23 168
- 20 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่
ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวน ตามช่วงเวลาในรอบวัน จากพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์
กข 23 พันธุ์สุพรรณบุรี 90 และพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ในระยะ
เมล็ดแก่ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 169

- 21 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ตามช่วงเวลาในรอบวัน จากพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์หิ้นตรา 60 พันธุ์เล็บมือนาง 111 และพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ในระยะแตกกอของต้นข้าว 170
- 22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ตามช่วงเวลาในรอบวัน จากพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์หิ้นตรา 60 พันธุ์เล็บมือนาง 111 และพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ในระยะตั้งท้องของต้นข้าว 171
- 23 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ตามช่วงเวลาในรอบวัน จากพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์หิ้นตรา 60 พันธุ์เล็บมือนาง 111 และพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ในระยะสร้างเมล็ดของต้นข้าว 172
- 24 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำ ตามช่วงเวลาในรอบวัน จากพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์หิ้นตรา 60 พันธุ์เล็บมือนาง 111 และพื้นที่ไม่ปลูกข้าว(แปลงทดลองควบคุม) ในระยะเมล็ดแก่ของต้นข้าว 173
- 25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาส่วนกับความสูงของพันธุ์ข้าวนาส่วนและมวลชีวภาพของพันธุ์ข้าวนาส่วน ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว 176
- 26 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวขึ้นน้ำกับความสูงของพันธุ์ข้าวขึ้นน้ำและมวลชีวภาพของพันธุ์ข้าวขึ้นน้ำ ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว 177
- 27 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาส่วนกับปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำภายในแปลงนาชนิดนาส่วน ปริมาณก๊าซมีเทนในดินภายในแปลงนาชนิดนาส่วนและระดับน้ำภายในแปลงนาชนิด 180

- นาสวน ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว
- 28 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวชั้นน้ำกับปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำภายในแปลงนาชนิดนาข้าวชั้นน้ำ ปริมาณก๊าซมีเทนในดินภายในแปลงนาชนิดนาข้าวชั้นน้ำ และระดับน้ำภายในแปลงนาชนิดนาข้าวชั้นน้ำ ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว 181
- 29 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาสวนกับค่ารีดออกซ์โพเทนเชียลของดินภายในแปลงนาชนิดนาสวน ความเป็นกรดเป็นด่างของดินภายในแปลงนาชนิดนาสวนและความชื้นของดินภายในแปลงนาชนิดนาสวน ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว 187
- 30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนในอากาศเหนือบริเวณที่ทำการปลูกข้าวชนิดนาข้าวชั้นน้ำกับค่ารีดออกซ์โพเทนเชียลของดินภายในแปลงนาชนิดนาข้าวชั้นน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างของดินภายในแปลงนาชนิดนาข้าวชั้นน้ำ และความชื้นของดินภายในแปลงนาชนิดนาข้าวชั้นน้ำ ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆของต้นข้าว 188