การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทำนาข้าวต่างสายพันธุ์

นายยุทธพงษ์ พงษ์อักษร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

EMISSION OF GREENHOUSE GASES IN PADDY FIELD WITH RICE VARIETIES

Mr. Yuttapong Pongaksorn

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทำนาข้าวต่างสายพันธุ์
โดย	นายยุทธพงษ์ พงษ์อักษร
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธวัศ สัมพันธ์พานิช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมใจ เพ็งปรีชา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธวัศ สัมพันธ์พานิช)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ยุทธพงษ์ พงษ์อักษร : การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทำนาข้าวต่างสายพันธุ์. (EMISSION OF GREENHOUSE GASES IN PADDY FIELD WITH RICE VARIETIES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.พันธวัศ สัมพันธ์พานิช , 137 หน้า.

การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากชนิดของพันธุ์ข้าว 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ รวมทั้งสิ้น 12 แปลงทดลอง ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้กล่องพลาสติก (Chamber) ครอบต้นข้าวในแปลงๆ ละ 3 จุด ในระยะการเจริญเติบโตของข้าว คือ ระยะต้นกล้าหลังปักดำ (30 วัน) ระยะแตกกอ (60 วัน) ระยะออกดอกหรือตั้งท้อง (90 วัน) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (120 วัน) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี ผลการทดลอง พบว่า แปลงนาที่มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุด คือ แปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีและปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีค่าเท่ากับ 1.79±0.98 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ผลผลิต 534.7 กิโลกรัมต่อไร่ และข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าการปลดปล่อยต่ำที่สุด เท่ากับ 0.47±0.47 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ผลผลิต 1,061.2 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนแปลงนาที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดคือ แปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 534.10±109.05 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ผลผลิต 534.7 กิโลกรัมต่อไร่ และแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการเติมปุ๋ยคอก มีการปลดปล่อยต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 218.28±29.15 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ผลผลิต 657.0 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยในด้านผลผลิตข้าวและการส่งเสริมและให้การสนับสนุนการทำนาเพื่อสิ่งแวดล้อมแล้ว สามารถกล่าวได้ว่าพันธุ์ข้าวที่ควรสนับสนุนให้เกษตรกรนำไปเพาะปลูก คือ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ที่มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลผลิตต่ำที่สุดคือ 74.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต รวมทั้งยังเป็นรูปแบบของการใช้ปุ๋ยคอกซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถช่วยปรับสภาพและทำให้ดินมีคุณภาพที่ดีขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุเป็นธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับพืช ทำให้ระบบนิเวศในดินมีความสมบูรณ์ ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีนั้นอาจเกิดการตกค้างของสารเคมีในดิน น้ำ พืช หรือสิ่งมีชีวิตได้ นอกจากจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมแล้วยังจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของเกษตรกรและผู้บริโภคด้วย

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

5487196520 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEYWORDS: CARBON DIOXIDE / METHANE / RICE VARIETIES / CHEMICAL FERTILIZER / COW MANURE

YUTTAPONG PONGAKSORN: EMISSION OF GREENHOUSE GASES IN PADDY FIELD WITH RICE VARIETIES. ADVISOR: ASST. PROF. PANTAWAT SAMPANPANISH, Ph.D., 137 pp.

The effect of rice varieties on Greenhouse Gases Emission in Paddy fields was investigated. Suphanburi 1, Pathumthani 80, Chinat 80 and Phisanulok 2 rice varieties with organic fertilizer chemical fertilizer and without fertilizer were used in this research. The experiment for a total of 12 treatments. Chambers were used to cover each set of the designed experiments according to the stage of rice growth as follows: before planting stage, initial stage, vegetative stage, panicle-formation stage and maturation stage. The air emitted from each set was collected into sampling bags and analyzed to determine the amount of carbon dioxide and methane using Gas Chromatography. The results of methane showed that the Suphanburi 1 rice variety with added chemical fertilizer emitted the highest quantity of methane at 1.79±0.98 mg/m2/day (production 3.34 ton/ha) and the Chinat 80 rice variety with added chemical fertilizer emitted the lowest quantity of methane at 0.47±0.47 mg/m2/day (production 6.63 ton/ha). And carbon dioxide showed that the Suphanburi 1 rice variety with added chemical fertilizer emitted the highest quantity of carbon dioxide at 534.10±109.05 mg/m2/day (production 3.34 ton/ha) the Phisanulok 2 rice variety with added organic fertilizer emitted the lowest quantity of methane at 218.28±29.15 mg/m2/day (production 4.11 ton/ha). This research showed that at the vegetative stage rice emitted the highest quantity of methane for all varieties. The study also showed that both rice varieties and type of fertilizer effected the methane emission from rice. Moreover, It was found that Phisanulok 2 rice with the addition of organic fertilizer emitted greenhouse gases with product at 463.88 mg/kg/ha/crop. Thus, we should promote using this variety with organic fertilizer for greenhouse gases reduction and increased production output, and an environmentally friendly method of farming.

Field of Study: Environmental Science Student's Signature .....

Academic Year: 2013 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พันธวัศ สัมพันธพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา ตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และอบรมสั่งสอนตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาในหลักสูตร ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมใจ เพ็งปรีชา อาจารย์ ดร.ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ ที่ได้ให้คำแนะนำซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณผู้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ได้แก่ สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว.) ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย และทุนจากหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณผู้อำนวยการและคุณนิตยา รื่นสุข รวมทั้งบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญทุกท่านจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ในการอนุเคราะห์สถานที่ทำการศึกษาทดลอง วัสดุอุปกรณ์ ความรู้ คำแนะนำต่างๆ ในการปลูกและดูแลข้าว ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการทดลองในครั้งนี้ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการและคำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆ และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณสมาชิกในครอบครัวทุกคน และขออุทิศวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ บิดา มารดา และน้องสาว ที่คอยสนับสนุนในด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามเป้าหมาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 สมมติฐาน 2

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ข้าว 4

2.1.1 นิเวศวิทยาของข้าว 5

2.1.2 สรีรวิทยาข้าว 6

2.1.2.1 ลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต 7

2.1.2.2 ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ 8

2.1.3 การจำแนกชนิดของข้าว 10

2.1.3.1 จำแนกตามสภาพพื้นที่ปลูก 10

2.1.3.2 จำแนกตามคุณสมบัติของเมล็ดข้าว 11

2.1.3.3 จำแนกตามฤดูกาลหรือการตอบสนองต่อช่วงแสง 11

2.1.3.4 จำแนกตามการปรับปรุงพันธุ์พืช 12

2.1.3.5 การจำแนกตามฤดูการปลูก 12

2.1.4 การปลูกข้าว 13

2.1.4.1 การปลูกข้าวไร่ 13

2.1.4.2 การปลูกข้าวนาดำ 13

CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.1.4.3 การปลูกข้าวนาหว่าน 16
2.1.5 การดูแลรักษา 17
2.1.5.1 การใส่ปุ๋ยเคมี 17
2.1.5.2 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 17
2.1.5.3 การกำจัดวัชพืช 17
2.1.6 การเก็บเกี่ยวและดูแลผลผลิต 18
2.1.6.1 การเก็บเกี่ยว 18
2.1.6.2 การนวดข้าว 18
2.1.6.3 การทำความสะอาดเมล็ด 19
2.1.6.4 การตากข้าว 19
2.1.6.5 การเก็บรักษาข้าว 19
2.1.7 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา 19
2.1.7.1 ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 19
2.1.7.2 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 20
2.1.7.3 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 21
2.1.7.4 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 22
2.2 ภาวะโลกร้อนหรือปรากฏการณ์เรือนกระจก 26
2.2.1 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทำนา 28
2.2.1.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในนาข้าว 28
2.2.1.2 ก๊าซมีเทนในนาข้าว 29
2.3 ปุ๋ย 32
2.3.1 ประเภทของปุ๋ย 32
2.3.1.1 ปุ๋ยอินทรีย์ 32
2.3.1.2 ปุ๋ยเคมี 34
2.3.1.3 ปุ๋ยชีวภาพ 35
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 39
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์ในการปลูกข้าว 39
3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ อากาศ และข้าว 39
3.1.3 วัสดุและอุปกรณ์/เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ 39
3.2 สถานที่ดำเนินการวิจัย 40
3.2.1 การศึกษาภาคสนาม 40
3.2.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ 40
3.3 วิธีการดำเนินการศึกษา 40
3.3.1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา 40
3.3.1.1 การเตรียมแปลงนาทดลอง 40
3.3.1.2 การเตรียมพืชทดลอง 42
3.3.1.3 การเตรียมปุ๋ย 42
3.3.1.4 การปลูกข้าวและการดูแลรักษา 42
3.3.1.5 การใส่ปุ๋ย 42
3.3.1.6 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง 42
3.4 การคำนวณความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจก 44
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 45
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา 46
4.1 คุณสมบัติของดินทดลอง 46
4.1.1 คุณสมบัติของดินก่อนการเพาะปลูก 46
4.1.2 คุณสมบัติของดินในช่วงการเพาะปลูก 49
4.2 คุณสมบัติของน้ำในแปลงนาทดลอง 53
4.2.1 คุณสมบัติของน้ำก่อนการเพาะปลูก 53
4.2.2 คุณสมบัติของน้ำในช่วงของการเพาะปลูก 53
4.3 คุณสมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง 60
4.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยคอก 60
4.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยเคมี 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.4 ค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) 61
4.5 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงก่อนการเพาะปลูก 69
4.6 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการเพาะปลูก 70
4.6.1 ผลของปุ๋ยต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 70
4.7 ผลผลิตข้าว 89
4.8 เปรียบเทียบผลผลิตต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 91
4.9 ค่าใช้จ่ายในการทำนา 92
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 94
5.1 สรุปผลการวิจัย 94
5.1.1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมทำนาข้าวต่างสายพันธุ์ 94
5.1.2 ผลของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว 95
5.1.3 ผลการการสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน น้ำ และข้าว 95
5.1.4 ผลการเปรียบเทียบผลผลิตข้าว 95
5.1.5 ผลการเปรียบเทียบผลผลิตต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 96
5.2 ข้อเสนอแนะ 96
รายการอ้างอิง 97
ภาคผนวก 102
ภาคผนวก ก 103
ภาคผนวก ข 105
ภาคผนวก ค 108
ภาคผนวก ง 110
ภาคผนวก จ 115
ภาคผนวก ฉ 117
ภาคผนวก ช 121
ภาคผนวก ซ 125
ภาคผนวก ฌ 129
ภาคผนวก ญ 133

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ภาคผนวก ฎ 135
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 137

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างทางกายภาพของข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ 5
ตารางที่ 2.2 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าว 24
ตารางที่ 2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว 25
ตารางที่ 2.4 ธาตุอาหารพืชในมูลสัตว์บางชนิด 34
ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์ ดิน น้ำ พืช และอากาศ ในช่วงก่อน 45
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของดินทดลอง 48
ตารางที่ 4.2 ปริมาณโลหะหนักต่างๆ ในดินนาข้าวในระยะก่อนการเพาะปลูก 48
ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินในแปลงทดลองทุกระยะการเจริญเติบโต 51
ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติของน้ำก่อนการเพาะปลูก 53
ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติของน้ำในแปลงทดลองทุกระยะการเจริญเติบโต 56
ตารางที่ 4.6 คุณสมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง 61
ตารางที่ 4.7 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงก่อนการเพาะปลูก 69
ตารางที่ 4.8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใส่ปุ๋ยในแต่ละชุดทดลอง 71
ตารางที่ 4.9 ปริมาณก๊าซมีเทนในแปลงทดลองตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว 78
ตารางที่ 4.10 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงทดลองตลอดระยะ
การเจริญเติบโตของข้าว 84
ตารางที่ 4.11 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อรอบการผลิต 88
ตารางที่ 4.12 ปริมาณผลผลิตข้าวในแต่ละชุดการทดลอง 91
ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลผลิต 92
ตารางที่ 4.14 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการทำนาที่ใส่ปุ๋ยคอก 93
ตารางที่ 4.15 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการทำนาที่ใส่ปุ๋ยเคมี 93

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 ขอบเขตการศึกษา 3
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของต้นข้าว 7
รูปที่ 2.2 ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ของข้าว 8
รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของดอกข้าว 9
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเมล็ด 9
รูปที่ 2.5 ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 20
รูปที่ 2.6 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 21
รูปที่ 2.7 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 22
รูปที่ 2.8 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 23
รูปที่ 2.9 การเกิดภาวะโลกร้อนหรือปรากฏการณ์เรือนกระจก 27
รูปที่ 2.10 การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยในช่วงปีพ.ศ. 2543-2547 และปี พ.ศ. 2548-2551 28
รูปที่ 2.11 แหล่งของคาร์บอนและสารตัวกลางที่จุลินทรีย์กลุ่ม Methanogens ใช้ในกระบวนการเกิดก๊าซมีเทน 30
รูปที่ 2.12 การเกิดก๊าซมีเทนและปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของก๊าซมีเทนในนา 31
รูปที่ 3.1 แผนผังแปลงนาควบคุมและแปลงนาอินทรีย์ 41
รูปที่ 3.2 แผนผังแปลงนาเคมี 41
รูปที่ 4.1ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดิน 62
รูปที่ 4.2 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ 64
รูปที่ 4.3 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในต้นข้าว 66
รูปที่ 4.4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูกาลเพาะปลูกข้าว 73
รูปที่ 4.5 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาลเพาะปลูกข้าว 75
รูปที่ 4.6 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 79
รูปที่ 4.7 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 79
รูปที่ 4.8 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 80

หน้า

รูปที่ 4.9 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของ
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 80
รูปที่ 4.10 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของ
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 85
รูปที่ 4.11 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของ
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 85
รูปที่ 4.12 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของ
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 86
รูปที่ 4.13 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของ
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

สถานการณ์โลกร้อนเป็นภัยพิบัติที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับสิ่งต่างๆ ที่อยู่บนโลก ส่งผลกระทบต่อ วัฏจักร ระบบหรือกลไกทางธรรมชาติ เกิดการเปลี่ยนแปลงของช่วงฤดูกาล วิวัฒนาการของโรคภัยไข้เจ็บ ภัยพิบัติทางธรรมชาติ น้ำท่วม แผ่นดินไหวและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล เป็นต้น จะส่งผลโดยตรงกับสิ่งมีชีวิตอย่างมนุษย์ ทั้งนี้ถือได้ว่าเป็นตัวการที่สำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อนในทุกวันนี้ และทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) นอกจากนี้พบว่าในปี 2553 ทั่วโลกมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวถึงร้อยละ 84, 10 และ 4 ตามลำดับ (USEPA, 2012) และจากการรายงานสรุปเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.), 2553) สามารถสรุปได้ว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2543 มีค่าเท่ากับ 229.08 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งเป็นปริมาณจากแหล่งปล่อย และค่าการดูดกลับมีค่าเท่ากับ 50.22 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยพบว่าในภาคพลังงาน อันได้แก่ การผลิตไฟฟ้า (ก๊าซธรรมชาติและถ่านหินลิกไนท์) และการคมนาคมขนส่งทางบก เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมา คือ ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคของเสีย มีค่าเท่ากับ 159.4, 51.88, 16.4, และ 9.3 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ โดยแบ่งปริมาณการปลดปล่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ของประเทศทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 68.9, 25.7 และ 5.4 ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าหากไม่มีมาตรการในการลดการปลดปล่อยดังกล่าว จะทำให้มีแนวโน้มปริมาณการปลดปล่อยที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตามกิจกรรมทางด้านการเกษตรกรรมก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกให้กับชั้นบรรยากาศถึงแม้จะเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางธรรมชาติ แต่เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาทำการเกษตรในเชิงอุตสาหกรรมมากขึ้น เน้นการผลิตเพื่อส่งออก ซึ่งข้าวถือเป็นสินค้าหลักอันดับหนึ่งของประเทศ และมีการขยายพื้นที่ทำนาเพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้น แต่ผลที่ตามมา คือ นาข้าวนั้นเป็นแหล่งผลิตก๊าซเรือนกระจกอย่างก๊าซมีเทน (CH_4) มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการทำนาข้าวนั้นมีการขังน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของการเกิดก๊าซมีเทน โดยจากการศึกษาของอรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2541) พบว่า การปลูกข้าวด้วยวิธีการทำแบบนาสวนมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ในปริมาณมากกว่าวิธีการทำนาแบบข้าวขึ้นน้ำ และวิธีการทำแบบนาไร่ ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ระดับน้ำ โดยวิธีการทำนาแบบนาสวนที่มีการปักดำข้าวจะส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนมากกว่าแบบนาหว่าน ทั้งนี้เกิดจากปัจจัยด้านพื้นที่ปลูกข้าว พันธุ์ข้าว วิธีการทำนา รวมทั้งวิธีการเพาะปลูกด้วย สำหรับช่วงอายุของข้าวก็ยังส่งผลต่อปริมาณการปลดล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นกัน โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะมีการปลดปล่อยมากที่สุดในระยะข้าวออกดอก (ตั้งท้อง) ส่วนการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) พบว่า ในช่วง

ระยะข้าวแตกกอนั้นมีปริมาณการปลดปล่อยมากที่สุด (พันธวัศ สัมพันธ์พานิช, 2554) นอกจากนี้ชนิดของปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร ซึ่งส่วนมากเป็นกลุ่มไนโตรเจนก็มีส่วนช่วยในการส่งผลให้เกิดก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ได้เช่นเดียวกัน รวมทั้งปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินก็มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในแปลงนาจึงอาจส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) มากขึ้น ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีการปลดปล่อยออกมามากในช่วงที่พักนา เพราะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะดีกว่าสภาพที่ไม่มีน้ำขัง (ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ, 2554)

ดังจะเห็นได้ว่ามีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการทำนา การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการหาแนวทางปฏิบัติที่ดีในการเลือกใช้ชนิดของปุ๋ย และการเลือกสายพันธุ์ข้าวที่จะมีส่วนช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือนำไปสู่แก้ปัญหาสภาวะโลกร้อนได้ ตลอดจนการส่งเสริมให้เกษตรกรได้ปฏิบัติตาม และเป็นแนวทางที่ภาครัฐควรเร่งสนับสนุน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากชนิดพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันของกิจกรรมการทำนาอินทรีย์และนาเคมี

2) เพื่อศึกษาปริมาณการดูดซับและสะสมคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดิน น้ำ และข้าว จากกิจกรรมทำนาอินทรีย์และนาเคมี

1.3 สมมติฐาน

1) ชนิดของสายพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่างกันในกิจกรรมการทำนา

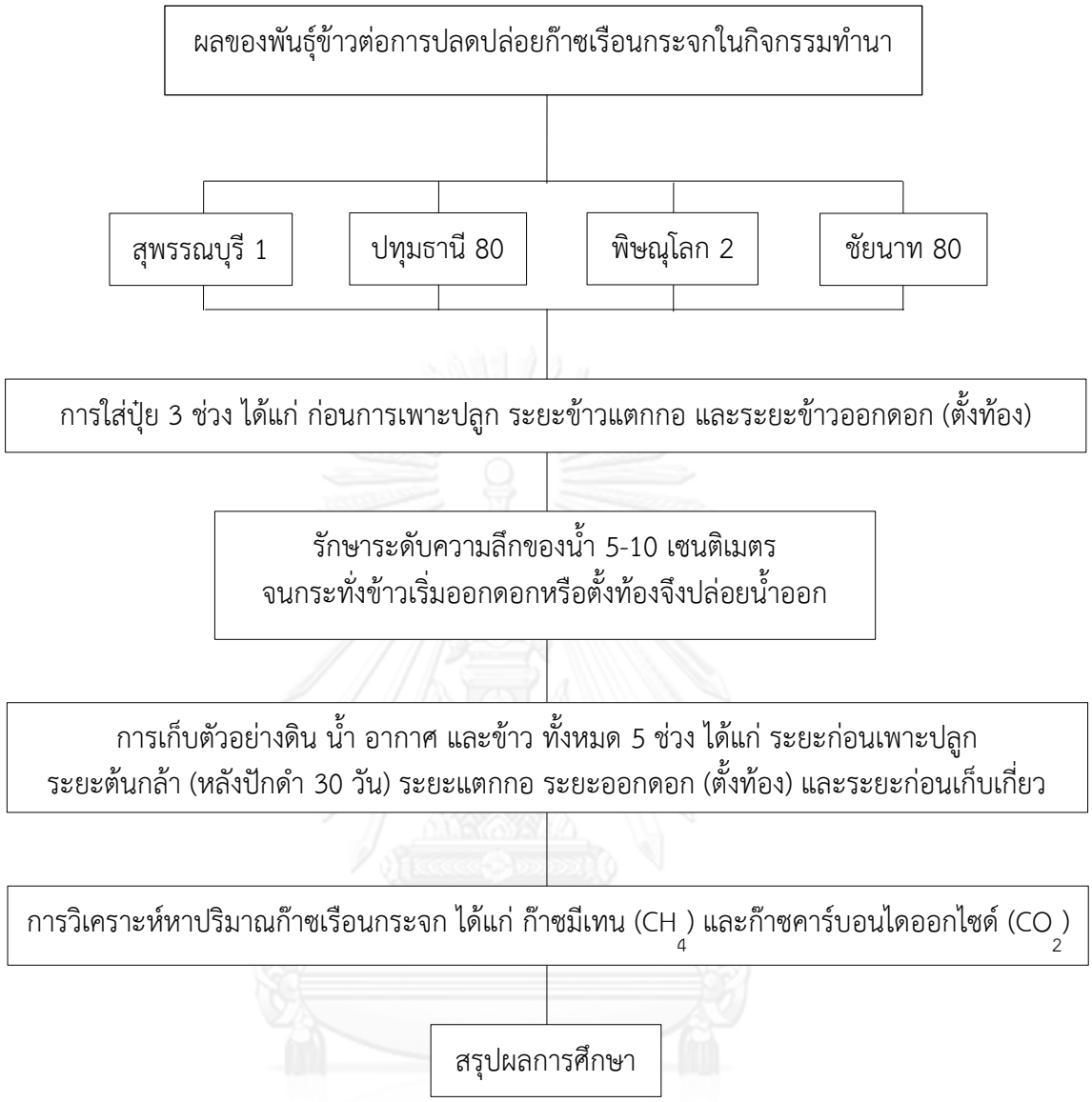
2) พันธุ์ข้าวที่ปลูกในแปลงนาที่ใช้ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าพันธุ์ข้าวที่ปลูกในแปลงนาที่ใช้ปุ๋ยเคมี

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาผลของพันธุ์ข้าวต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดจากกิจกรรมทำนา ในพื้นที่นาอินทรีย์และนาเคมีของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี โดยใช้พันธุ์ข้าว 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวสุพรรณบุรี 1 ข้าวปทุมธานี 80 ข้าวชัยนาท 80 และข้าวพิษณุโลก 2 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ การใส่ปุ๋ยคอก และการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และสูตร 46-0-0

ดังรายละเอียดแผนผังขอบเขตการศึกษาในรูปที่ 1.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.1 ขอบเขตการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบถึงผลของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากชนิดของพันธุ์ข้าวและปุ๋ยที่ใช้แตกต่างกัน

2) สามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เป็นทางเลือกใหม่ในการเลือกใช้ปุ๋ยหรือพันธุ์ข้าวที่มีส่วนช่วยในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

บทที่ 2
ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

นับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การปลูกข้าวอยู่คู่กับสังคมไทยมาช้านาน มีการบริโภคจนกลายเป็นอาหารหลักของประเทศ และยังถือได้ว่าเป็นพืชอาหารหลักของโลก ซึ่งพบว่าในทวีปเอเชียนั้นมีการบริโภคข้าวมากกว่าภูมิภาคอื่นๆ ทั่วโลก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การผลิต บริโภค ค้าขายข้าว มีการกระจุกตัวอยู่ในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะในประเทศไทย ซึ่งถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศจึงประกอบอาชีพหรือดำรงชีวิตที่มีความเกี่ยวพันธ์กับเกษตรกรรม นั่นคือ การทำนา ซึ่งเป็นอาชีพที่อยู่ควบคู่กับคนไทยมานาน หลอมหลวมกลายเป็นวัฒนธรรมและประเพณีต่างๆ

ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์ POACEAE มีลักษณะภายนอก เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และราก เช่นเดียวกับหญ้า สามารถเก็บเมล็ดนำมากินเป็นอาหารได้ โดยข้าวที่เรานิยมบริโภคในปัจจุบันมีต้นกำเนิดมาจากข้าวป่า *Oryza perennis* สามารถแบ่งข้าวออกเป็น 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima*) ที่มีการเพาะปลูกเฉพาะในทวีปแอฟริกาเท่านั้น และข้าวเอเชีย *Oryza sativa* ซึ่งสามารถแสดงอนุกรมวิธานได้ดังนี้

อนุกรมวิธานข้าว

Kingdom: Plantae – Plants
Subkingdom: Tracheobionta - Vascular plants
Superdivision: Spermatophyta - Seed plants
Division: Magnoliophyta - Flowering plants
Class: Liliopsida – Monocotyledons
Subclass: Commelinidae
Order: Cyperales
Family: Poaceae - Grass family
Genus: Oryza L. – rice
Species: *Oryza sativa* - rice

ที่มา: Gramene (2013)

ทั้งนี้ข้าวเอเชียสามารถแบ่งออกเป็น 3 สายพันธุ์ย่อย (ตารางที่ 2.1) (มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2554) ได้แก่

1) Japonica เป็นข้าวเมล็ดป้อม ปลูกบริเวณประเทศจีนตอนเหนือและตะวันออก เกาหลี ญี่ปุ่น และประเทศที่อยู่ในเขตอบอุ่น

2) Indica เป็นข้าวเมล็ดยาวปลูกในเขตร้อน ปลูกบริเวณตอนใต้ของอินเดีย ศรีลังกา บังคลาเทศ แหลมมลายู อินโดนีเซีย ไทย ฟิลิปปินส์ หมู่เกาะต่างๆ และตอนกลาง ตอนใต้ และลุ่มแม่น้ำแยงซีของประเทศจีนจีน

3) Javanica ปลูกในอินโดนีเซีย ยุโรป แอฟริกา อเมริกาใต้ อเมริกากลาง และสหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างทางกายภาพของข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์

ลักษณะ	Indica	Japonica	Javanica
ใบ	กว้าง สีเขียวอ่อน	แคบ สีเขียวแก่	กว้าง แข็ง สีเขียวอ่อน
เมล็ด	ยาว ค่อนข้างแบน	สั้น กลม	กว้างหนา
กอ	แตกกอมาก	แตกกอปานกลาง	แตกกอน้อย
ต้น	สูง อ่อน	เตี้ย แข็ง	สูง แข็ง
หางของเมล็ด	สั้น	สั้นมาก-ยาว	สั้นมาก-ยาว
ขนของข้าวเปลือก	สั้นมาก	ขนมาก และยาว	ขนยาว
การร่วง	เมล็ดร่วงง่าย	เมล็ดล่วงยาก	เมล็ดร่วงยาก

ที่มา: สารานุกรมสำหรับเยาวชน (2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.1 นิเวศวิทยาของข้าว

ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 49 องศาเหนือ จนถึง 35 องศาใต้ แต่ส่วนใหญ่จะพบว่า อยู่ในเขตร้อนระหว่างเส้น Tropic of cancer (23 องศา 27 ลิปดาเหนือ) และ Tropic of capricorn (23 องศา 27 ลิปดาใต้) ซึ่งได้แก่ประเทศต่างๆ ในเอเชียใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แอฟริกาตะวันตก อเมริกากลาง และอเมริกาใต้ ซึ่งต้องอาศัยปัจจัยต่างๆดังนี้

1) ความสูงของพื้นที่ ข้าวขึ้นได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงที่สูง 2,500 เมตร สามารถเจริญเติบโตทั้งในที่ดอน (ข้าวไร่) และที่ลุ่มมีระดับน้ำตั้งแต่ 5 เซนติเมตร (ข้าวนาสวน) จนถึงระดับหลายเมตร (ข้าวฟางลอย)

2) ดิน ขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิดยกเว้นดินทราย ส่วนใหญ่ชอบขึ้นในดินเหนียว และเหนียวร่วน มีความเป็นกรดและด่าง (pH) ตั้งแต่ 3-10 ขึ้นได้แม้กระทั่งในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

3) ปริมาณน้ำ มีความต้องการน้ำตั้งแต่ 87.5-200 เซนติเมตรต่อปี โดยการตอบสนองต่อความต้องการน้ำนั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์และช่วงของการเจริญเติบโต ในช่วงการเตรียมดินนั้นควรมีน้ำประมาณ 15-20 เซนติเมตร ช่วงที่เป็นต้นกล้าต้องการประมาณ 25-40 เซนติเมตร จนถึงต้นกล้าอายุ 30-40 วัน ส่วนในช่วงปักดำจนกระทั่งเก็บเกี่ยวนั้นควรมีน้ำอยู่ในระหว่าง 80-120 เซนติเมตร

4) แสงอาทิตย์ ปริมาณแสงมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต โดยใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร และช่วงเวลาสั้นยาวของกลางวันกลางคืนยังมีผลต่อการเจริญทางสืบพันธุ์ของข้าวไวแสง โดยความเข้มของแสงในฤดูฝนจะน้อยกว่าความเข้มแสงในฤดูร้อน ผลผลิตข้าวส่วนใหญ่จึงน้อยกว่า

5) อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของข้าวและการให้ผลผลิตโดยพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในระหว่าง 25-33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป (ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส) จะมีผลต่อการงอกของเมล็ด การยืดของใบ การแตกกอ การสร้างดอกอ่อน และการผสมเกสร เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิที่สูงเกินไปและต่ำเกินไปในช่วงที่ข้าวมีการออกดอกจะทำให้ดอกข้าวเป็นหมัน ซึ่งจะส่งผลทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ เป็นต้น

6) ความชื้นสัมพัทธ์ มีอิทธิพลต่อความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวนั้นมักจะไม่ชัดเจน เพราะจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มของแสง และอุณหภูมิในเชิงที่กลับกัน คือ เมื่อความเข้มของแสงมากและอุณหภูมิสูงมักทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อุณหภูมิเย็นในเวลากลางคืนทำให้เกิดน้ำค้างสูงจะมีผลต่อการพัฒนาของเชื้อโรคของข้าวบางชนิด เช่น โรคใบไหม้ เป็นต้น

7) ลม โดยลมอ่อนที่พัดถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา (ความเร็วประมาณ 0.75-2.25 เซนติเมตรต่อวินาที) จะช่วยให้มีการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงได้ดี ทำให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้มากยิ่งขึ้น แต่ถ้าลมแรงจะมีผลโดยตรงทำให้ต้นข้าวหักล้มและเกิดความเสียหายแก่ผลผลิตได้

2.1.2 สรีรวิทยาข้าว

ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในวงศ์เดียวกับหญ้า (POACEAE) โดยสามารถแบ่งลักษณะสำคัญออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต และลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ (ประพาส วีระแพทย์, 2520)

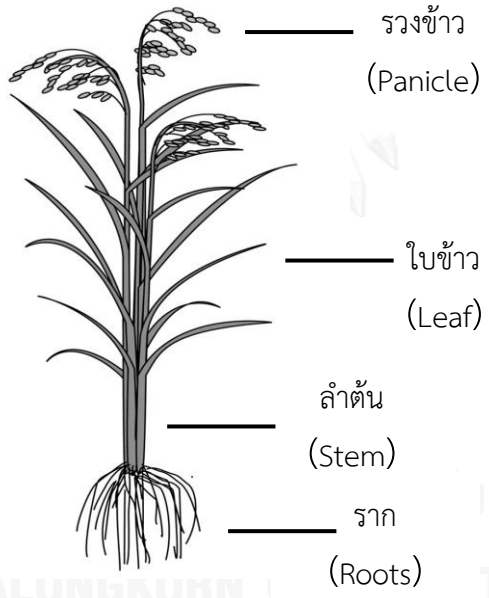
2.1.2.1 ลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต

1) ราก ข้าวไม่มีรากแก้วแต่มีรากแขนงที่อยู่ใต้ผิวดินช่วยในการยึดเกาะกับดินไม่ให้ต้นล้ม แต่อาจมีรากพิเศษ ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณข้อปล้องโผล่ขึ้นเหนือพื้นดิน (รูปที่ 2.1)

2) ลำต้น มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลาง แบ่งเป็นปล้องโดยมีความยาวของแต่ละปล้องที่แตกต่างกัน และจำนวนปล้องจะมีเท่ากับจำนวนใบ ซึ่งโดยปกติแล้วมีจำนวนปล้องประมาณ 20-25 ปล้อง (รูปที่ 2.1)

3) ใบ มีไว้สำหรับสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างพลังงาน และนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งต้องอาศัยปัจจัยทั้ง 4 คือ น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสง และคลอโรฟิลล์ ทั้งนี้สามารถแสดงสมการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ดังนี้

$$6CO_2 + 6H_2O \text{ ---------> } C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของต้นข้าว
ที่มา: Plant and Physiology (2014)

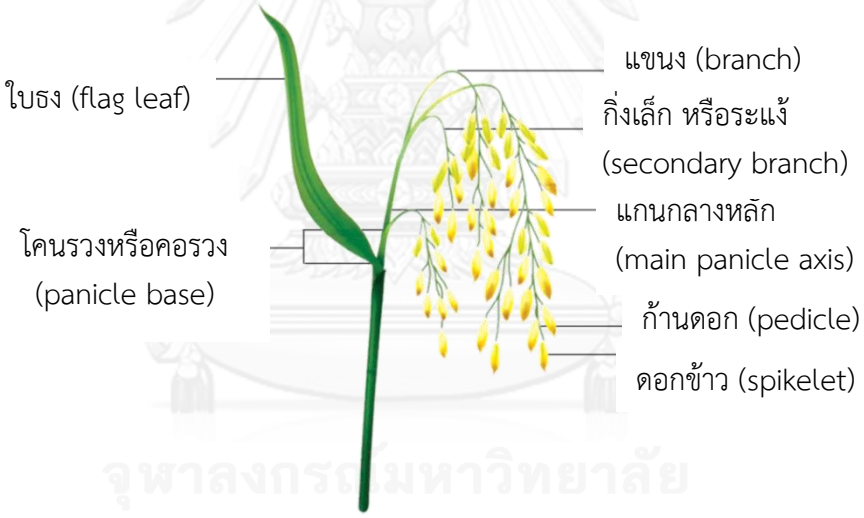
2.1.2.2 ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์

การขยายพันธุ์ของข้าวเกิดจากการผสมกันระหว่างเกสรตัวผู้และตัวเมีย และลักษณะที่สำคัญที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ข้าว ได้แก่ รวง ดอกข้าว และเมล็ดข้าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) รวงข้าว (Panicle) หมายถึง ช่อดอกของข้าว (Inflorescence) ซึ่งเกิดขึ้นที่ข้อของปล้องสุดท้ายของต้นข้าว โดยมีส่วนเชื่อมต่อระหว่างปล้องสุดท้ายกับข้อต่อของใบธง เรียกว่า คอรวง (รูปที่ 2.2)

2) ดอกข้าว (Spikelet) หมายถึง ส่วนที่เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียใช้สำหรับผสมพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วย เปลือกนอกใหญ่ 2 แผ่นประสานกัน คือ เปลือกนอกใหญ่แผ่นนอก (Lemma) และเปลือกนอกใหญ่แผ่นใน (Palea) มีหน้าที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวไว้ (รูปที่ 2.3)

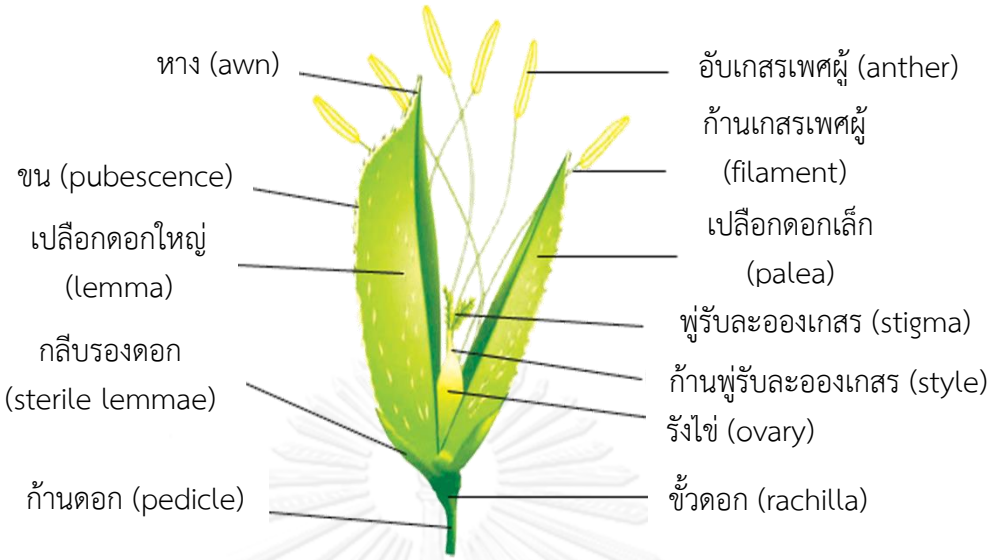
3) เมล็ดข้าว ประกอบด้วยส่วนที่เป็นแป้ง เรียกว่า Endosperm และคัพภะ (Embryo) ซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยแผ่นเปลือกนอกใหญ่ทั้งสองแผ่น โดย Emdosperm คือ แป้งส่วนที่เราบริโภค ส่วนคัพภะ (Embryo) คือ ส่วนที่เจริญเติบโตไปเป็นต้น (รูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.2 ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ของข้าว

ที่มา: กรมการข้าว (2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของดอกข้าว

ที่มา: กรมการข้าว (2556)

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเมล็ด

ที่มา: กรมการข้าว (2556)

2.1.3 การจำแนกชนิดของข้าว

ข้าวสามารถจำแนกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ปัจจัยในการผลิตต่างๆ ลักษณะและรูปแบบของการเพาะปลูก (ประพาส วีระแพทย์, 2520 และ กรมการข้าว, 2556) ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

2.1.3.1 จำแนกตามสภาพพื้นที่ปลูก

1) ข้าวไร่ (Upland rice) หมายถึง ข้าวที่ปลูกในที่ดอนหรือพื้นที่สูงไม่มีน้ำขัง และไม่มีคันนา ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว นิยมปลูกมากทางภาคเหนือ (ตามดอยหรือเชิงเขา) และหากปลูกที่ระดับความสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 700 เมตรขึ้นไป จะเรียกว่า ข้าวนาที่สูง ซึ่งมีความสามารถทนทานต่อสภาพอากาศที่หนาวเย็นได้ดี สำหรับภาคใต้นิยมปลูกแซมสวนยางอายุ 1-3 ปี ทั้งนี้สายพันธุ์ที่ทางราชการแนะนำปลูก ได้แก่ ชิวแม่จัน (ภาคเหนือ) กู้เมืองหลวง และดอกพยอม (ภาคใต้)

2) ข้าวนาสวน (Lowland rice) เป็นข้าวที่ปลูกในที่ลุ่ม มีระดับน้ำลึกไม่เกิน 80 เซนติเมตร เป็นข้าวที่ปลูกกันส่วนใหญ่ของประเทศและมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในภาตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง ส่วนมากจะให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าข้าวไร่ และข้าวขึ้นน้ำ ทั้งนี้สามารถแบ่งประเภทของข้าวนาสวนได้ 2 ประเภท ดังนี้

2.1) ข้าวนาน้ำฝน

ข้าวที่ปลูกในฤดูนาปีและอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของฝน ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาน้ำฝนประมาณ 70% ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด

2.2) ข้าวนาชลประทาน

ข้าวที่ปลูกได้ตลอดทั้งปีในนาที่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ โดยอาศัยน้ำจากการชลประทาน ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทาน 24% ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด และพื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคกลาง

3) ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมืองหรือข้าวฟางลอย (Floating rice) เป็นข้าวที่ปลูกในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมลึกในฤดูน้ำหลาก โดยมีน้ำท่วมลึกเกินกว่า 80 เซนติเมตร หรือลึกถึง 4 เมตร (ถ้าระดับน้ำอยู่ในช่วงระหว่างสูงกว่า 50 เซนติเมตร ถึง 1 เมตร จะเรียกว่า ข้าวน้ำลึก) ซึ่งพันธุ์ข้าวชนิดนี้จะสามารถปรับตัวได้ตามระดับน้ำที่สูงขึ้นจึงเรียกว่า ข้าวขึ้นน้ำ พบมากในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง ส่วนในภาคใต้พบบ้างเป็นบางแห่ง การปลูกมักจะใช้หว่านข้าวแห้งตอนต้นฤดูฝน พันธุ์ที่ทางราชการแนะนำ ได้แก่ เล็บมือนาง 111 ปิ่นแก้ว 56 ตะเภาแก้ว 161 นางฉลอง กข17 และกข19 เป็นต้น

เมล็ดข้าวเมื่อนำไปสีมักจะแตกหักเนื่องจากข้าวสารมีท้องไข่หรือท้องปลาซิวมาก พ่อค้าจึงนิยมเอาไปทำข้าวนึ่งเพราะเมื่อนำไปสีแล้วได้ข้าวสารที่มีคุณภาพดี

2.1.3.2 จำแนกตามคุณสมบัติของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติของเมล็ดข้าวประกอบด้วยแป้งส่วนใหญ่ 2 ชนิด คือ อะไมโลเพคติน (Amylopectin) ทำให้เมล็ดข้าวมีสีขาวขุ่น เวลาต้มสุกแล้วจะเหนียว และอะไมโลส (Amylose) ที่ทำให้ข้าวมีสีขาวใส เมื่อต้มสุกจะมีสีขาวขุ่นและร่วน

1) ข้าวเหนียว (Glutinous rice) จะมีอะไมโลเพคติน (Amylopectin) เป็นส่วนใหญ่คือประมาณ 95% และมีอะไมโลส (Amylose) น้อยมากหรือไม่มี

2) ข้าวเจ้า (Non-glutinous rice) นั้นมีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูง 10-30% มีอะไมโลเพคติน (Amylopectin) 70-90% ตัวอย่างข้าวเจ้าพันธุ์ดีที่ทางการแนะนำ ได้แก่ ข้าวดอกมะลิ105 ขาวตาแห้ง17 เหลืองปะทิว123 กำผาย41 กข1 กข5 กข7 เป็นต้น ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวที่ทางการแนะนำได้แก่ เหนียวสันป่าตอง กข2 กข4 กข6 กข8 และกข10

2.1.3.3 จำแนกตามฤดูกาลหรือการตอบสนองต่อช่วงแสง

1) ข้าวไวต่อช่วงแสง (Photoperiod sensitive varieties) เป็นข้าวที่ออกดอกได้ในช่วงวันสั้น (น้อยกว่า 12 ชั่วโมง) โดยข้าวที่มีความไวต่อช่วงแสงน้อย (Less sensitive to photoperiod) คือ ข้าวที่ออกดอกได้ในเดือนที่มีความยาวของกลางวัน 11 ชั่วโมง 40-50 นาที และพันธุ์ข้าวที่มีความไวต่อช่วงแสงมาก (Strongly sensitive to photoperiod) คือ ข้าวที่ออกดอกเฉพาะในเดือนที่มีความยาวของกลางวันประมาณ 11 ชั่วโมง 10-20 นาที ข้าวประเภทนี้จึงปลูกและให้ผลผลิตได้ปีละหนึ่งครั้ง อยู่ในช่วงเดือนกันยายน-ธันวาคม เรียกว่า ข้าวนาปี ข้าวไวต่อช่วงแสงนี้จะปลูกได้เฉพาะนาปี ถ้าปลูกในนาปรังจะไม่ออกดอก พันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสงนี้ ได้แก่ พันธุ์พื้นเมืองทั่วไป และพันธุ์ กข5 กข6 กข8 กข13 กข15 กข19 และกข17

2) ข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง (Photoperiod insensitive varieties) พันธุ์ข้าวจำพวกนี้จะออกดอกได้โดยไม่ขึ้นกับความยาวของช่วงวัน หากแตกจะขึ้นอยู่กับอายุเก็บเกี่ยวที่ค่อนข้างแน่นอน และใช้เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกในนาปรัง ซึ่งต้องอาศัยน้ำชลประทาน พันธุ์ต่างๆ ได้แก่ กข1 กข2 กข3 กข4 กข7 กข9 กข10 กข11 กข17 กข21 กข23 และกข25 ส่วนพันธุ์พื้นเมืองมีอยู่พันธุ์เดียว คือ พันธุ์เหลืองทอง

2.1.3.4 จำแนกตามการปรับปรุงพันธุ์พืช แบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1) พันธุ์พื้นบ้านหรือพันธุ์พื้นเมือง (Land race varieties) เป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวดีในสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น มักมีต้นสูงใบลู่เพื่อแข่งกับวัชพืช ปรับตัวในสภาพดินที่ไม่มีความอุดมสมบูรณ์ได้ดี ตอบสนองต่อปุ๋ยไม่ดี ให้ผลผลิตต่ำถึงปานกลางในสภาพการปลูกของเกษตรกร การเรียกชื่อเป็นไปตามท้องถิ่น ส่วนใหญ่จะมีคำว่า ขาว เหลือง ชื่อดอกไม้ หรือชื่อผู้หญิง เช่น ขาวนวล เจ้าขาว หอมเหลือง เหลืองน้อย แก่นจันทร์ ยาไทร นางมล และศรีนวล เป็นต้น

2) ข้าวพันธุ์ดีทางราชการ เป็นพันธุ์ข้าวที่ทางราชการได้ขยายพันธุ์และเผยแพร่ออกสู่เกษตรกร เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้ผ่านการตรวจสอบจากคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ข้าว และประกาศเป็นทางการ โดยเป็นพันธุ์ข้าวที่เน้นเรื่องผลผลิต ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ต้านทานโรคและแมลง มีเมล็ดได้มาตรฐาน คุณภาพการหุงต้มดี ซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละพันธุ์ ซึ่งข้าวจากทางราชการเหล่านี้ได้มาจากการคัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง และการสร้างพันธุ์ขึ้นใหม่ โดยวิธีการผสมพันธุ์ หรือการทำให้กลายพันธุ์โดยการใช้รังสี ซึ่งจัดเป็นประเภท กข ตัวอย่างพันธุ์ข้าวดีที่ได้รับการคัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ105 เหนียวสันป่าตอง ขาวตาแห้ง17 เหลืองปะทิว123 ขาวพวง 32 ปิ่นแก้ว56 โดยทางภาคใต้มีพันธุ์ข้าว ได้แก่ นางพญา132 แก่นจันทร์ เผือกน้ำ43 และพวงไร่2 เป็นต้น (เลขคู่เป็นข้าวเหนียวและเลขคี่เป็นข้าวเจ้า) ข้าวพันธุ์ กข ที่เกิดจากการชักนำให้กลายพันธุ์ด้วยรังสี เช่น กข6 กข10 และกข15 เป็นต้น ทั้งนี้ทางราชการจะมีรายชื่อพันธุ์ข้าวที่ส่งเสริมในทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งพันธุ์เหล่านั้นได้ผ่านการทดสอบในระดับท้องถิ่นมาแล้วว่า ได้รับผลดี ดังนั้นในแต่ละพื้นที่จึงอาจจะมีพันธุ์ข้าวเฉพาะแห่งไป

2.1.3.5 การจำแนกตามฤดูการปลูก

1) ข้าวนาปี คือ ข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติตามฤดูฝน ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละภาคและท้องที่ ส่วนมากจะใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสง พันธุ์ข้าวนาปียังแบ่งออกเป็นพันธุ์ข้าวหนัก ข้าวกลาง และข้าวเบา ตามอายุการเก็บเกี่ยว

2) ข้าวนาปรัง คือ ข้าวที่ปลูกนอกฤดูทำนาปกติได้รับน้ำจากการชลประทาน ส่วนมากจะใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสง สามารถจะกำหนดอายุเก็บเกี่ยวได้ของแต่ละพันธุ์ค่อนข้างแน่นอน

ฤดูการทำนาในประเทศขึ้นอยู่กับช่วงของฤดูฝนเป็นส่วนใหญ่ นอกจากพื้นที่ที่มีการชลประทานได้ ดังนั้นจึงมีความแตกต่างกันตามภาคต่าง ๆ ดังนี้

ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันตก ฤดูกาลทำนาปีจะเริ่มในเดือนเมษายนหรือพฤษภาคม จนถึงเดือนมกราคม ส่วนนาปรังจะเริ่มในเดือนมกราคม จนถึงเดือนเมษายน

ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ฝั่งอ่าวไทย) ฤดูกาลทำนาปีจะอยู่ในระหว่างเดือนกันยายน โดยจะมีการเตรียมดินในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม และเก็บเกี่ยวประมาณเดือนมีนาคม ส่วนการทำนาปรังนั้นอยู่ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม

2.1.4 การปลูกข้าว

ก่อนทำการปลูกข้าวชาวนาต้องตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าว (ประพาส วีระแพทย์, 2520 และ กรมการข้าว, 2556) ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้ คือ 1) คุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งหมายถึง ลักษณะรูปร่างและขนาดของเมล็ดข้าว และ 2) คุณภาพทางเคมี หมายถึง องค์ประกอบทางเคมีที่รวมกันเป็นเมล็ดแป้งของข้าวที่หุงต้มเพื่อการบริโภค โดยข้าวที่มีคุณสมบัติเหมาะสมจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) ใบมีสีเขียวแก่ ตรง ไม่โค้งงอ แผ่นใบไม่กว้างหรือยาวเกินไป

2) ต้นข้าวควรมีความสูงอยู่ในช่วง 1-3 เมตร เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่

3) ลำต้นไม่ล้มง่ายและมีความแข็งแรง

4) แตกกอและให้รวงมาก

นอกจากนี้ยังต้องมีความต้านทานโรคและแมลงศัตรูข้าว ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก โดยความต้านทานดังกล่าวเป็นผลมาจากการปรับปรุงพันธุกรรมระหว่างต้นข้าวและเชื้อโรคหรือแมลงที่เป็นศัตรู รวมทั้งควรมีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยด้วยเช่นกัน

2.1.4.1 การปลูกข้าวไร่

การปลูกข้าวไร่จะปลูกบนพื้นที่ดอน เชิงภูเขา ซึ่งเตรียมดิน และปรับระดับได้ลำบาก เหมือนกับพื้นที่ราบ ชาวนาจึงปลูกแบบหยอด โดยทำความสะอาดพื้นที่ที่จะปลูก แล้วใช้หลักไม้ปลายแหลมเจาะดินเป็นหลุมลึกประมาณ 3-4 เซนติเมตร โดยแต่ละหลุมจะห่างกันประมาณ 25 เซนติเมตร และหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวลงไปได้ 5-10 เมล็ดทันทีหลังจากที่ได้เจาะหลุม และกลบดินปากหลุม เมื่อฝนตกลงมา เมล็ดได้รับความชื้นก็จะงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นข้าว การปลูกข้าวไร่เป็นการปลูกบนที่ดอนไม่มีการขังน้ำ หรือได้รับน้ำจากชลประทาน ชาวนาจึงต้องใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว เมื่อหมดฤดูฝนพื้นดินที่ปลูกข้าวไร่จะแห้งและขาดน้ำทันที ดังนั้นการปลูกข้าวไร่จึงต้องใช้พันธุ์ที่มีอายุสั้น และชาวนาจะต้องหมั่นกำจัด วัชพืช เพราะที่ดอนมักจะมีวัชพืชมากกว่าที่ลุ่ม

2.1.4.2 การปลูกข้าวนาดำ

วิธีการปลูกแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง ช่วงแรก คือ การตกกล้าในแปลงขนาดเล็ก และช่วงที่สอง คือ การถอนต้นกล้า เอาไปปักดำในนาแปลงใหญ่

1) การเตรียมดิน

ต้องทำการเตรียมดินโดยการไถดะ การไถแปร และการคราด ซึ่งจะต้องรอให้ฝนตกหรือไขน้ำเข้าไปขังในนา เพื่อทำให้ดินเปียก

การไถดะ หมายถึง การไถครั้งแรกเพื่อทำลายวัชพืชในนา และพลิกกลับหน้าดิน แล้วปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์

การไถแปร หมายถึง การไถเพื่อย่อยดินต่อจากการไถดะ หรือทำให้ดินจากการไถดะแตกออกเป็นก้อนเล็กๆ จนวัชพืชหลุดออกจากดิน ซึ่งอาจไถมากกว่าหนึ่งครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับน้ำในนา ชนิดและปริมาณของวัชพืช

การคราด คือ การเอาวัชพืชออกจากแปลงนา และปรับพื้นที่นาให้ได้ระดับเป็นที่ราบเสมอกัน โดยจะทำหลังจากการไถแปร ซึ่งต้นข้าวที่ปลูกจะได้รับน้ำที่เท่ากัน

2) การตกกล้า

การตกกล้า หมายถึง การนำเมล็ดไปหว่านให้งอกเป็นต้นกล้า เพื่อนำไปปักดำ โดยแบ่งการตกกล้าออกเป็น 3 รูปแบบ เช่น การตกกล้าในดินเปียก การตกกล้าในดินแห้ง และการตกกล้าแบบดาปก

การตกกล้าในดินเปียก เป็นการตกกล้าที่ต้องอาศัยดินที่มีความอุดมสมบูรณ์เป็นพิเศษ มีน้ำพอเพียง แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร และมีความยาวขนานไปกับทิศทางลม ระหว่างแปลง เว้นช่องว่างไว้สำหรับเดิน ประมาณ 30 เซนติเมตร ทั้งนี้ เพื่อลดการระบาดของโรคที่จะเข้าไปทำลายต้นข้าว เช่น โรคไหม้ เป็นต้น

การคัดเมล็ดและเพาะกล้า ควรนำเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์ ปราศจากเชื้อโรคต่างๆ มาทำการเพาะปลูก ซึ่งจะต้องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์เสียก่อน โดยแยกเอามาเฉพาะเมล็ดที่สมบูรณ์ การคัดเลือกเอาเมล็ดที่สมบูรณ์ อาจทำได้โดยเอาเมล็ดพันธุ์ไปใส่ในน้ำเกลือที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.08 (เตรียมได้จากการเอาน้ำสะอาด 10 ลิตร ผสมกับเกลือแกง หนัก 1.7 กิโลกรัม) เมล็ดที่ไม่สมบูรณ์จะลอย ส่วนเมล็ดสมบูรณ์นั้นจะจมลงไปที่ก้นของภาชนะ นำเมล็ดที่ต้องการตกกล้าใส่ถุงผ้าไปแช่น้ำนาน 12-24 ชั่วโมง แล้วเอาขึ้นมาวางไว้บนแผ่นกระดาน ในที่ที่มีลมถ่ายเทได้สะดวก และเอาผ้าหรือกระสอบเปียกน้ำคลุมไว้นาน 36-48 ชั่วโมง เรียกว่า การหุ้ม หลังจากนั้นเมล็ดข้าวก็จะงอก จึงนำไปหว่านลงบนแปลงกล้าที่ได้เตรียมไว้ ก่อนที่จะหว่านเมล็ดลงบนแปลงกล้าควรใส่ปุ๋ยกลุ่มที่ให้ธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสก่อน และควรใช้ไม้กระดานลูบแปลงเพื่อกลบปุ๋ยลงไปในดิน โดยปกติจะใช้เมล็ดพันธุ์น้ำหนักประมาณ 50-80 กิโลกรัมต่อไร่ในการเพาะปลูก และเมื่อต้นกล้ามีอายุครบ 25-30 วัน (นับจากวันหว่านเมล็ด) จึงนำต้นกล้าไปปักดำได้

การตกกล้าในดินแห้ง ในกรณีที่ชาวนาไม่มีน้ำเพียงพอสำหรับการตกกล้าในดินเปียก ชาวนาอาจทำการตกกล้าบนที่ดอน ซึ่งไม่มีน้ำขัง โดยนำเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์ และยังไม่ได้เพาะให้งอกไปโรยในแถวที่เปิดเป็นร่องเล็กๆ ขนาดยาวประมาณ 1 เมตร จำนวนหลายแถวแล้วกลบดินเพื่อป้องกันนก

และหนู หลังจากนั้นให้ทำการรดน้ำด้วยบัวรดน้ำวันละ 2-3 ครั้ง เมล็ดจะงอกขึ้นมาเป็นต้นกล้า เหมือนกับการตกกล้าในดินเปียก โดยปกติใช้เมล็ดพันธุ์จำนวน 7-10 กรัมต่อแถว ที่มีความยาว 1 เมตร และแถวห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร หลังจากโรยเมล็ด และกลบดินแล้ว ควรหว่านปุ๋ยกลุ่มที่ให้ธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในอัตราต่ำลงไปด้วย

การตกกล้าแบบดาปก การตกกล้าแบบนี้เป็นที่นิยมทำกันมากในประเทศฟิลิปปินส์ ขั้นแรกทำการเตรียมพื้นที่ดิน และแปลงกล้า ซึ่งเหมือนกับการตกกล้าในดินเปียก หรือจะเป็นที่ดอนเรียบก็ได้ แล้วใช้กาบของต้นกล้วยต่อกันเป็นกรอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1×1.5 เมตร วางลงบนพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ ต่อจากนั้นนำใบกล้วยที่ไม่มีก้านกลางวางเรียง เพื่อปูเป็นพื้นที่ในกรอบนั้น ให้นำด้านล่างของใบหงายขึ้น และไม่ให้มีรอยแตกของใบ เพราะฉะนั้นใบกล้วยที่ปูพื้นนั้นจะต้องวางซ้อนกันเป็นทอดๆ แล้วเอาเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์ ซึ่งได้เพาะให้งอกแบบการตกกล้าในดินเปียก โรยลงไปในกรอบที่เตรียมไว้นี้ โดยใช้เมล็ดพันธุ์หนัก 3 กิโลกรัมต่อเนื้อที่ 1 ตารางเมตร ดังนั้น เมล็ดพันธุ์ที่โรยลงไปในกรอบ จะซ้อนกันเป็น 2-3 ชั้น หลังจากโรยเมล็ดแล้ว จะต้องใช้บัวรดน้ำชนิดรูเล็กมากรดลงในกรอบที่โรยเมล็ดนี้วันละ 2-3 ครั้ง ในที่สุดเมล็ดก็จะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นต้นกล้า และเมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 10-15 วัน ก็พร้อมที่ใช้ปักดำได้ ทั้งนี้การที่จะนำต้นกล้าไปปักดำจึงไม่จำเป็นต้องถอนต้นกล้าเหมือนกับวิธีอื่นๆ เพราะรากของต้นกล้าเกาะกันแน่นระหว่างต้น และราก โดยไม่ทะลุใบกล้วยลงไปในดิน ฉะนั้นชาวนาจึงทำการม้วนใบกล้วยแบบม้วนเสื่อ โดยมีต้นกล้าอยู่ภายใน การม้วนก็ควรม้วนหลวมๆ ถ้าม้วนแน่น จะทำให้ต้นกล้าเสียหายได้ เมื่อถึงแปลงปักดำก็จะคลี่ออกแล้วแบ่งต้นกล้าไปปักดำ การตกกล้าวิธีนี้อาจเหมาะกับการทำกล้าซิมในภาคเหนือ (การทำกล้าซิม คือ การเอาต้นกล้าที่มีอายุ 10-14 วัน ไปปักดำในนา โดยปักดำถี่และปักดำกอละหลายๆ ต้น หลังจากกล้าซิมมีอายุได้ 20 วัน ก็พร้อมที่จะถอนไปปักดำตามปกติ)

3) การปักดำ

เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 25-30 วัน จากการตกกล้าในดินเปียก หรือการตกกล้าในดินแห้งก็จะโตพอที่จะถอนเอาไปปักดำได้ สำหรับต้นกล้าที่ได้มาจากการตกกล้าแบบดาปกนั้น ในเมืองไทยยังไม่มีการปฏิบัติ แต่มีการทำกล้าซิมแบบชาวนาในจังหวัดเชียงรายและจึงเอาไปปักดำได้ เพราะต้นกล้าขนาด 10-14 วันนั้น อาจมีขนาดเล็กเกินไปที่จะใช้ปักดำในพื้นที่นาของประเทศ ซึ่งมีน้ำขังมาก โดยเริ่มจากการถอนต้นกล้าขึ้นมาจากแปลงแล้วมัดรวมกันเป็นมัดๆ ตัดปลายใบทิ้ง ถ้าต้นกล้าเล็กมากไม่ต้องตัดปลายใบทิ้ง สำหรับต้นกล้าที่ได้มาจากการตกกล้าในดินเปียก จึงต้องล้างนำดินที่รากออกก่อนแล้วจึงนำไปปักดำในพื้นที่นาที่ได้เตรียมไว้ พื้นที่นาที่ใช้ปักดำควรมีน้ำขังอยู่ประมาณ 5-10 เซนติเมตร เพราะต้นข้าวอาจจะถูกลมพัดจนพับลงได้ ถ้าระดับน้ำในนานั้นลึกมาก ต้นข้าวที่ปักดำอาจจมน้ำในระยะแรก และทำให้ต้นข้าวต้องยืดต้นมากกว่าปกติจนมีผลให้แตกกอน้อย การปักดำที่จะให้ได้ผลผลิตสูง จะต้องปักดำให้เป็นแถวเป็นแนว และมีระยะห่างระหว่างกอมากพอสมควร การปักดำ

โดยทั่วไปจะใช้ต้นกล้าจำนวน 3-5 ต้นต่อกอ ระยะที่ปักดำจะต้องมีระยะห่างระหว่างกอและระหว่างแถวประมาณ 25 เซนติเมตร

2.1.4.3 การปลูกข้าวนาหว่าน

เป็นการปลูกข้าวโดยเอาเมล็ดพันธุ์หว่านลงไปในพื้นที่นาที่ได้ไถเตรียมดินไว้ การเตรียมดินก็มีการไถดะและไถแปร โดยไม่มีการปั้นคันนาเพื่อสะดวกแก่การไถด้วยรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ หรืออาจใช้วัว ควาย นอกจากนี้การปลูกข้าวนาหว่านมีหลายวิธี เช่น การหว่านสำรวย การหว่านคราดกลบหรือไถกลบ การหว่านหลังขี้ไถ และการหว่านน้ำตม

1) การหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว

1.1) การหว่านสำรวย การหว่านวิธีนี้ชาวนาจะต้องเริ่มไถนาเตรียมดินตั้งแต่เดือนเมษายน ซึ่งมีการไถดะ และไถแปร แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เพาะให้งอกหว่านลงไปโดยตรง ปกติใช้เมล็ดพันธุ์ 1-2 ถัง/ไร่ เมล็ดพันธุ์ที่หว่านลงไปบางส่วนจะตกลงไปอยู่ตามซอก ระหว่างก้อนดินและรอยไถ เมื่อฝนตกลงมา ทำให้ดิน เปียกและเมล็ดที่ได้รับความชื้น ก็จะงอกขึ้นมาเป็นต้นกล้า การหว่านวิธีนี้ใช้เฉพาะในท้องที่ที่ฝนตกตามฤดูกาล

1.2) การหว่านคราดกลบหรือไถกลบ ในกรณีที่ดินมีความชื้น และเป็นเวลาที่ฝนจะเริ่มตกตามฤดูกาล ชาวนาจะปลูกข้าวแบบหว่านคราดกลบหรือไถกลบ โดยจะทำการไถดะและไถแปร แล้วเอาเมล็ดพันธุ์ที่ยังไม่ได้เพาะให้งอกจำนวน 1-2 ถังต่อไร่ หว่านลงไปทันที แล้วคราดหรือไถเพื่อกลบเมล็ดที่หว่านลงไปอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากดินมีความชื้นอยู่แล้วเมล็ดก็จะเริ่มงอกทันทีหลังจากหว่านลงไปในดิน เป็นวิธีการที่ให้ผลดีกว่าการหว่านสำรวย เพราะเมล็ดจะงอกทันทีหลังจากที่ได้หว่านลงไป และทำให้การตั้งตัวของต้นกล้าดีไม่ล้มได้ง่าย เพราะเมล็ดที่หว่านลงไปถูกดินกลบฝังลึกลงไปในดิน

1.3) การหว่านน้ำตม การหว่านแบบนี้นิยมใช้ในพื้นที่ที่มีการชลประทาน และพื้นที่นาเป็นผืนใหญ่ที่มีคันนากั้น การเตรียมดินก็จะมีการไถดะ ไถแปร และไถคราด เพื่อจะได้เก็บวัชพืชออกไปจากนาและปรับระดับพื้นที่นา แล้วทิ้งให้ดินตกตะกอนจนเห็นว่าน้ำใส และน้ำในนาไม่ควรลึกกว่า 2 เซนติเมตร จึงนำเมล็ดพันธุ์จำนวน 1-2 ถังต่อไร่ ที่ได้เพาะให้งอกแล้วหว่านลงไป เมล็ดก็จะเจริญเติบโตเป็นต้นข้าวและโผล่ขึ้นมาเหนือน้ำ และมีการเจริญเติบโตตามปกติ

2.1.5 การดูแลรักษา

ในการเพาะปลูกพืชนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดที่พึงปฏิบัติ คือการดูแลรักษาให้พืชสามารถเจริญงอกงาม เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด (ประพาส วีระแพทย์, 2520 และ กรมการข้าว, 2556) โดยการปฏิบัติดังนี้

2.1.5.1 การใส่ปุ๋ยเคมี

ครั้งที่ 1 ให้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 หรือ 18-22-0 หรือ 20-20-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ที่ระยะปักดำหรือก่อนปักดำ 1 วัน แล้วคราดกลบ หรือให้หลังปักดำ 15-20 วัน (หากเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายควรใช้สูตร 16-16-18)

ครั้งที่ 2 ให้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10-15 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 21-0-0 อัตรา 20-30 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะเกิดช่อดอกหรือ 30 วันก่อนข้าวออกดอก

ครั้งที่ 3 ให้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตราเช่นเดียวกับครั้งที่ 2 ที่ระยะ 10-15 วันหลังระยะเกิดช่อดอกแล้ว

2.1.5.2 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์

ควรไถกลบตอซังข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยวก่อนการไถดะ ควรใส่วัสดุอินทรีย์เพื่อปรับปรุงบำรุงดิน เช่น มูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก เป็นต้น อัตราที่แนะนำ คือ 600 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ หรือใช้เศษใบไม้ในอัตราประมาณ 250 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ โดยใส่ในแปลงนา เมื่อทำการไถดะก็จะเป็นการไถกลบวัสดุอินทรีย์ไปด้วย

2.1.5.3 การกำจัดวัชพืช

วัชพืชเป็นปัญหาที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว หากมีการจัดการที่ไม่ดีจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมาก โดยวัชพืชจะสามารถขึ้นได้ทุกพื้นที่ ปริมาณและชนิดแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และวิธีการทำนา วัชพืชในนาข้าวมีทั้งพวกใบกว้าง (ใบเลี้ยงคู่) และใบแคบ (ใบเลี้ยงเดี่ยว) หรือพวกหญ้าต่างๆ การป้องกันกำจัดวัชพืชสามารถจะทำได้หลายวิธี เช่น การไถ การคราดกำจัดด้วยมือจนถึงการใช้สารเคมีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับศักยภาพของเกษตรกร ทั้งนี้มีหลักการดำเนินการดังต่อไปนี้

1) การใช้พันธุ์ข้าวและเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมและสมบูรณ์ พันธุ์พื้นเมืองที่มีลักษณะต้นสูงใบปรกรากหยั่งลงในแนวนอนจะแข่งขันกับวัชพืชได้ดีกว่าพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุง ซึ่งมีลักษณะใบตั้ง ต้นเตี้ยและรากหยั่งลงในแนวดิ่ง และเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์จะได้ต้นกล้าที่แข็งแรงมีความสามารถแข่งขันกับวัชพืชได้ดี โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่สะอาดปราศจากเมล็ดวัชพืชเจือปนก็จะช่วยลดปัญหาวัชพืชได้

2) การเตรียมแปลงปลูก การไถดะเป็นการพลิกดินชั้นล่างขึ้นด้านบนและดินด้านบนลงล่าง ส่วนการขยายพันธุ์ของวัชพืชที่อยู่ใต้ผิวดินเมื่อมีความชื้นเพียงพอก็จะงอก ดังนั้นเมื่อไถแปรในขณะที่วัชพืชเริ่มงอกจะช่วยทำลายวัชพืชด้วย ซึ่งอาจจะช่วยลดปริมาณวัชพืชได้เกินครึ่งถึงเกือบหมด ส่วนขั้นตอนการคราดมีวัตถุประสงค์ เพื่อเก็บซากวัชพืชออกจากแปลงอยู่แล้วทั้งยังช่วยทำให้ดินร่วนซุย ข้าวเจริญเติบโตได้ดีสู้กับวัชพืชที่จะขึ้นมาภายหลังได้อีก ดังนั้นการปรับระดับพื้นที่ปลูกข้าวจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากในบริเวณที่ดอนกว่านั้นจะเป็นที่อยู่อาศัยของหนูหากเกษตรกรหมั่นดูแลเอาใจใส่ก็จะช่วยป้องกันปัญหาวัชพืชและศัตรูพืชอื่นๆ ได้ดีวิธีหนึ่ง

3) อัตราปลูกหรือความหนาแน่นของต้นข้าว การปลูกด้วยอัตราที่มีความหนาแน่นสูงก็จะช่วยป้องกันกำจัดวัชพืช เนื่องจากจะลดช่องว่างที่จะให้วัชพืชขึ้น แต่ต้องไม่แน่นเกินไปจนต้นข้าวเกิดการแย่งปัจจัยการเจริญเติบโตกันเอง

2.1.6 การเก็บเกี่ยวและดูแลผลผลิต

การเก็บเกี่ยวและดูแลผลผลิตเป็นส่วนที่สำคัญ เพื่อให้ผลผลิตที่มีคุณภาพสามารถจำหน่ายในราคาที่สูง ถึงมือผู้บริโภคอย่างมีคุณภาพ (ประพาส วีระแพทย์, 2520 และ กรมการข้าว, 2556) การดูแลรักษาจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

2.1.6.1 การเก็บเกี่ยว เมื่อข้าวออกดอกหรือมีการผสมเกสรแล้วประมาณ 25-30 วัน ข้าวจะเริ่มสุกแก่ ซึ่งจะทำการเก็บเกี่ยวได้ ระยะข้าวสุกแก่ข้าวจะมีสีเหลืองอมเขียวหรือเรียกว่า สีพลับพลึง ข้าวในระยะนี้เมล็ดยังไม่แห้งเต็มที่ เมล็ดมีความชื้นประมาณ 20-25% ซึ่งความชื้นที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 20% เพราะถ้าความชื้นสูงจะทำให้ข้าวเกิดท้องไข่หรือท้องปลาซิว เมื่อนำไปสีจะทำให้ข้าวหักง่าย แต่ถ้าเก็บช้าเกินไปจะทำให้คอรวงหัก และหากต้องการเก็บเกี่ยวเพื่อทำพันธุ์นั้นควรต้องเก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดแห้งเต็มที่แล้ว

2.1.6.2 การนวดข้าว หมายถึง การเอาเมล็ดข้าวออกจากรวง แล้วทำความสะอาด เหลือไว้เฉพาะเมล็ดข้าวเปลือกที่ต้องการเท่านั้น โดยเริ่มด้วยการตากข้าวให้แห้ง ซึ่งชาวนามักจะกองเป็นรูปสามเหลี่ยมที่เป็นระเบียบ เพื่อจะทำให้ความชื้นค่อยๆ ลดลง เพิ่มความแข็งแกร่งของเมล็ดข้าว และเมื่อฝนตกลงมา น้ำฝนก็ไม่อาจจะไหลเข้าไปในกองข้าว หลังจากนั้นก็ขนไปที่ลานนวดข้าว แล้วเรียงไว้เป็นชั้นๆ เป็นรูปวงกลม

2.1.6.3 การทำความสะอาดเมล็ด หมายถึง การนำข้าวเปลือกออกจากสิ่งเจือปนอื่นๆ ซึ่งทำได้โดยวิธีต่างๆ เช่น การสาดข้าว การใช้กระด้งฝัด และการใช้เครื่องสีฝัด

2.1.6.4 การตากข้าว หลังจากนวด และทำความสะอาดเมล็ดข้าวแล้ว จึงจำเป็นต้องเอาข้าวเปลือกไปตากอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะเอาไปเก็บไว้ในยุ้ง ฉาง เพื่อให้ได้เมล็ดข้าวเปลือกที่แห้ง และมีความชื้นของเมล็ดประมาณ 13-15 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพื่อรักษาคุณภาพเมล็ดข้าวให้ได้มาตรฐานอยู่เป็นเวลานานๆ

2.1.6.5 การเก็บรักษาข้าว ควรเก็บข้าวไว้ในยุ้งฉาง เพื่อไว้บริโภคและแบ่งขายเมื่อข้าวมีราคาสูง และอีกส่วนหนึ่งควรแบ่งไว้ทำพันธุ์ โดยรักษาให้ข้าวนั้นมีคุณภาพได้มาตรฐานอยู่ตลอดเวลา และไม่สูญเสียความงอก

2.1.7 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

2.1.7.1 ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (Suphan Buri 1)

ข้าวสุพรรณบุรี 1 เป็นข้าวเจ้า (รูปที่ 2.5) ที่ได้รับการผสมด้วยคู่ผสม IR25393-57-2-3/กข 23//IR27316-96-3-2-2/// SPRLR77205-3-2-1-1/SPRLR79134-51-2-2 ซึ่งได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของ IR25393-57-2-3/กข23//IR27316-96-3-2-2 และลูกผสมชั่วที่ 1 ของ SPRLR77205-3-2-1-1/SPRLR79134-51-2-2 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี เมื่อปี พ.ศ.2528 ปลูกคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ SPRLR85163-5-1-1-2 ได้รับการรับรองพันธุ์จากคณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2537 (กรมการข้าว, 2556)

ข้าวสุพรรณบุรี 1 มีลักษณะประจำพันธุ์ ดังนี้ เป็นข้าวเจ้านาสวน สูงประมาณ 125 เซนติเมตร ไม่ไวต่อช่วงแสง มีอายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 120 วัน ทรงกอตั้ง ต้นแข็งไม่ล้ม ใบสีเขียวเข้ม มีขน กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาวค่อนข้างตั้งตรง คอรวงยาว รวงค่อนข้างแน่น เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 22 วัน เมล็ดข้าวเปลือกมีขนาด 10.0 x 2.4 x 2.0 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้องมีขนาด 7.3 x 2.2 x 1.8 มิลลิเมตร และมีปริมาณอะไมโลส 29 % คุณภาพข้าวสุกร่วน แข็ง ให้ผลผลิตประมาณ 806 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2.2 และ 2.3)

ลักษณะเด่น คือ ให้ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ย ต้านทานโรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง และโรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม ในสภาพธรรมชาติสามารถต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว ข้อควรระวัง คือ มักพบโรคใบขีดสีน้ำตาลในระยะออกรวง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของโรคเมล็ดด่างได้

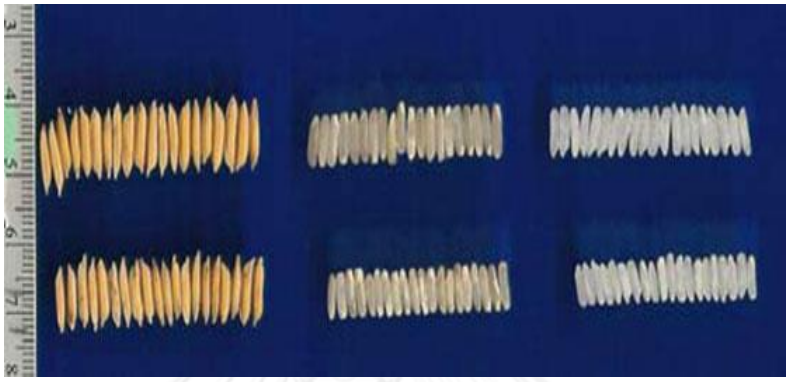
รูปที่ 2.5 ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1
ที่มา: กรมการข้าว (2556)

2.1.7.2 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 (กข 31- RD31, Pathumthani 80)

ข้าวปทุมธานี 80 หรือ กข31 เป็นข้าวเจ้า (รูปที่ 2.6) ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่าง สายพันธุ์ SPR85163-5-1-1-2 กับสายพันธุ์ IR54017-131-1-3-2 ที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี เมื่อ พ.ศ. 2536 ปลูกคัดเลือก ตั้งแต่ พ.ศ. 2537 ถึง พ.ศ. 2539 ได้สายพันธุ์ SPR93049-PTT-30-4-1-2 โดยได้ทำการศึกษาพันธุ์ ประเมินลักษณะประจำพันธุ์และลักษณะทางการเกษตร ทำการทดสอบความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ การวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางกายภาพและเคมีที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี การประเมินผลผลิตและทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ในศูนย์วิจัยข้าวภาคกลาง อีกทั้งมีการปลูกเปรียบเทียบผลผลิตในนาเกษตรกร 8 จังหวัดในภาคกลาง จนถึงปี พ.ศ. 2549 และได้รับการรับรองพันธุ์จากคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ กรมการข้าว โดยมีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง ชื่อ กข31 (ปทุมธานี 80) เพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูก เมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2550 (กรมการข้าว, 2556)

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง กอตั้ง ต้นแข็งไม่ล้มง่าย ต้นสูงเฉลี่ย 117 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 118 วัน (ปลูกโดยวิธีปักดำ) และ 111 วัน (ปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม) ใบสีเขียว กาบใบสีเขียว ใบธงตั้ง คอรวงยาว รวงยาว 29.9 เซนติเมตร ติดเมล็ด 90 % จำนวนเมล็ดดีต่อรวง 130 เมล็ด นวดง่าย เปลือกเมล็ดสีฟาง เมล็ดไม่มีหาง ข้าวกล้องสีขาว เป็นท้องไข่น้อย รูปร่างเรียวยาว 7.39 มิลลิเมตร กว้าง 2.13 มิลลิเมตร หนา 1.84 มิลลิเมตร คุณภาพการสีดี ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว 47.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอะไมโลส 27.3 – 29.8 % อุณหภูมิแป้งสุกระดับปานกลาง แป้งสุกอ่อน ข้าวสุกค่อนข้างแข็ง ไม่หอม ระยะพักตัวของเมล็ด 5 สัปดาห์ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 745 กิโลกรัม/ไร่ (ปักดำ) และเฉลี่ย 738 กิโลกรัม/ไร่ (นาหว่านน้ำตม) (ตารางที่ 2.2 และ 2.3)

ลักษณะเด่นของข้าวสายพันธุ์นี้ คือคุณภาพเมล็ดทางกายภาพสม่ำเสมอกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดหลังขาว ค่อนข้างต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โรคขอบใบแห้ง โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่าง กอตั้ง ต้นแข็ง ไม่ล้มง่าย ผลผลิตสูง ปลูกโดยวิธีปักดำให้ผลผลิต 745 กิโลกรัมต่อไร่ และปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตมให้ผลผลิตเฉลี่ย 738 กิโลกรัมต่อไร่ แต่มีข้อควรระวัง คือ ข้าวพันธุ์กข31 (ปทุมธานี 80) อ่อนแอต่อโรคไหม้ โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม



รูปที่ 2.6 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80
ที่มา: กรมการข้าว (2556)

2.1.7.3 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 (กข29 - RD29, Chai-nat 80)

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 หรือ กข29 เป็นข้าวเจ้า (รูปที่ 2.7) ได้จากการผสมสามทางระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของพันธุ์สุพรรณบุรี 60 และสายพันธุ์ IR29692-99-3-2-1 กับสายพันธุ์ IR11418-19-2-3 ที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท เมื่อ พ.ศ. 2532 คัดเลือกจนได้สายพันธุ์ CNT89098-281-2-1-2-1 ทั้งนี้ได้มีการศึกษาพันธุ์ และเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท ระหว่าง พ.ศ. 2533-2541 จากนั้นนำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานีที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ศูนย์วิจัยข้าวลพบุรี และศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท ในฤดูนาปี พ.ศ. 2541 ถึง ฤดูนาปี พ.ศ. 2547 และได้นำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตในนาเกษตรกร จังหวัดพิษณุโลก ลพบุรี สิงห์บุรี และชัยนาท ในฤดูนาปี พ.ศ. 2542 ถึง ฤดูนาปี พ.ศ. 2547 โดยได้ทำการนำเข้าทดสอบเสถียรภาพผลผลิต ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก แพร่ อุบลราชธานี สกลนคร สุรินทร์ ปทุมธานี สุพรรณบุรี พัทลุง คลองหลวง ราชบุรี ชัยนาท ลพบุรี และฉะเชิงเทรา พร้อมทั้งคัดเลือกเข้าทดสอบผลผลิตในนาของเกษตรกร ในจังหวัดพิษณุโลก อุตรดิตถ์ พิจิตร สุโขทัย ชัยนาท และสิงห์บุรี ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2544 ถึงฤดูนาปรัง พ.ศ. 2548 จนได้รับการรับรองพันธุ์จากคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ กรมการข้าวและมีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง ชื่อ กข29 (ชัยนาท 80) เพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูก เมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2550 (กรมการข้าว, 2556)

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 103 วัน ในฤดูนาปี และ 99 วันในฤดูนาปรัง (ปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม) กอตั้ง ต้นแข็งไม่ล้มง่าย สูงเฉลี่ย 104 เซนติเมตร ใบสีเขียวเข้ม ใบธงตั้งตรง รวงแน่นปานกลาง คอรวงยาว เปลือกเมล็ดสีฟาง ข้าวกล้องสีขาว เป็นท้องไข่น้อย รูปร่างเมล็ดเรียวยาว 7.34 มิลลิเมตร กว้าง 2.23 มิลลิเมตร หนา 1.80 มิลลิเมตร มีปริมาณอะไมโลสสูง (26.6-29.4%) ระยะพักตัวของเมล็ด 4-6 สัปดาห์ และให้ผลผลิตเฉลี่ย 876 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 2.2 และ 2.3)

ลักษณะเด่น คือ มีอายุสั้น โดยมีอายุวันเก็บเกี่ยว 99 วัน ในฤดูนาปรัง และ 103 วันในฤดูนาปี (ปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม) ผลผลิตสูง เฉลี่ย 876 กิโลกรัมต่อไร่ ค่อนข้างต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคขอบใบแห้งในภาคเหนือตอนล่าง คุณภาพการสีดีมาก สามารถสีเป็นข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุเหล็กในข้าวกล้อง 15.7 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม ในข้าวสาร 6.7 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม และข้อควรระวัง คือ ไม่ควรปลูกในช่วงกลางเดือนกันยายนถึงปลายเดือนพฤศจิกายน เนื่องจากสภาพอากาศที่เย็นจะทำให้เมล็ดลีบมาก และให้ผลผลิตต่ำ นอกจากนี้ ข้าวพันธุ์กข29 (ชัยนาท 80) อ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในเขตจังหวัดนครปฐม ปทุมธานี ราชบุรี และฉะเชิงเทรา

รูปที่ 2.7 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80
ที่มา: กรมการข้าว (2556)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.7.4 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 (Phitsanulok 2)

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 เป็นข้าวเจ้า (รูปที่ 2.8) ที่ได้จากการผสมพันธุ์ 3 ทาง ระหว่างสายพันธุ์ CNTLR81122-PSL-37-2-1 และ SPRLR81041-195-2-1 กับ ไออาร์56 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ปี พ.ศ. 2533-2534 ปลูกคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ PSL91014-16-1-5-1 และได้รับการรับรองพันธุ์จากคณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร คือ มีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2543 (กรมการข้าว, 2556)

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้า สูงประมาณ 114 เซนติเมตรไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 119-121 วัน ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวเข้ม ใบธงตั้ง รวงแน่นปานกลาง ระแง้ (แขนงของรวงข้าว) ค่อนข้างถี่ คอรวงสั้น ฟางแข็ง ใบแก่ช้า เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้องมีขนาดกว้าง x ยาว x หนา = 2.1 x 7.9 x 1.6 มิลลิเมตร มีปริมาณอะไมโลส 28.6 % คุณภาพข้าวสุก ร่วน แข็ง และให้ผลผลิตประมาณ 807 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2.2 และ 2.3)

ลักษณะเด่น คือ ให้ผลผลิตสูง และมีความเสถียรภาพในการให้ผลผลิต ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว และเพลี้ยจักจั่นสีเขียว คุณภาพการสีดี ท้องไข่น้อย มีข้อควรระวังคือ ไม่ต้านทานโรคไหม้ และโรคใบหงิก รวมทั้งไม่ต้านทานแมลงบั่ว และเมล็ดค่อนข้างร่วงง่าย

รูปที่ 2.8 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2
ที่มา: กรมการข้าว (2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าว

พันธุ์ข้าว	ลักษณะประจำพันธุ์			
	สุพรรณบุรี 1	ปทุมธานี 80	ชัยนาท 80	พิษณุโลก 2
ชนิด	ข้าวเจ้า	ข้าวเจ้า	ข้าวเจ้า	ข้าวเจ้า
ประเภท	ไม่ไวต่อช่วงแสง	ไม่ไวต่อช่วงแสง	ไม่ไวต่อช่วงแสง	ไม่ไวต่อช่วงแสง
ความสูงถึงปลายรวง (เซนติเมตร)	125	117	104	114
ความแข็งแรงของลำต้น	แข็งแรงไม่ล้ม	แข็งแรงไม่ล้ม	แข็งแรงไม่ล้ม	แข็งแรงไม่ล้ม
อายุถึงวันออกดอก 50% (วัน)	-	88	69-73	-
มุมใบธง	-	ตั้งตรง	ตั้งตรง	ตั้งตรง
ความยาวของใบธง (เซนติเมตร)	-	29.9	25	-
ความกว้างของใบธง (เซนติเมตร)	-	1.6	1.6	-
ลักษณะของรวง	ค่อนข้างแน่น	แน่นปานกลาง	ค่อนข้างแน่น	แน่นปานกลาง
ความยาวรวง	รวงยาว	29.9	26	
การยืดของคอรวง	คอรวงยาว	คอรวงยาว	คอรวงยาว	คอรวงสั้น
การแตกระแง้	ถี่	ปานกลาง	ปานกลาง	ถี่
การแก่ของใบ	แก่ช้า	แก่เร็ว	ปานกลาง	แก่ช้า
การติดเมล็ด (%)	-	90	81	-
การร่วงของเมล็ด	-	ปานกลาง	ปานกลาง	ร่วงง่าย
การนวด	-	ง่าย	ปานกลาง	-
อายุการเก็บเกี่ยว (วัน)	120	111-118	99-103	119-121
ระยะพักตัว (วัน)	22	35	28-42	56

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2537), กรมวิชาการเกษตร (2543), กรมการข้าว (2550)

ตารางที่ 2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว

พันธุ์ข้าว	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์			
	สุพรรณบุรี 1	ปทุมธานี 80	ชัยนาท 80	พิษณุโลก 2
ทรงกอ	กอตั้ง	กอตั้ง	กอตั้ง	กอตั้ง
สีของปล้อง	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว
สีของใบ	เขียวเข้ม	เขียว	เขียวเข้ม	เขียวเข้ม
สีของกาบใบ	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว
การมีขนบนแผ่นใบ	มีขน	มีขน	มีขน	มีขน
สีของลิ้นใบ	-	ขาว	ขาว	-
ความยาวของลิ้นใบ (เซนติเมตร)	-	1.98	1.9	-
สีของหูใบ	-	เขียวอ่อน	เขียวอ่อน	-
สีของข้อต่อใบ	-	เขียว	เขียวอ่อน	-
สีของยอดเกสรตัวเมีย	-	ขาว	ขาว	-
สีของยอดเมล็ด (ระยะเก็บเกี่ยว)	สีฟาง	สีฟาง	สีฟาง	สีฟาง
หางข้าว	-	ไม่มี	ไม่มี	-
สีของเปลือกเมล็ด	สีฟาง	สีฟาง	สีฟาง	สีฟาง
ขนบนเปลือกเมล็ด	มีขน	ขนสั้น	ขนสั้น	มีขน
ขนาดของข้าวเปลือก (ยาว×กว้าง×หนา เซนติเมตร)	10.7×2.47 ×2.04	10.48×2.60 ×2.07	9.50×2.64 ×2.11	10.5×2.55 ×1.96
ขนาดของข้าวกล้อง (ยาว×กว้าง×หนา เซนติเมตร)	-	7.39×2.13 ×1.84	7.34×2.23 ×1.85	7.9×2.17 ×1.65
ขนาดของเมล็ดข้าวขาว (ยาว×กว้าง×หนา เซนติเมตร)	-	7.22×2.11 ×1.79	7.31×2.11 ×1.79	-
สีของข้าวกล้อง	สีขาว	สีขาว	สีขาว	-

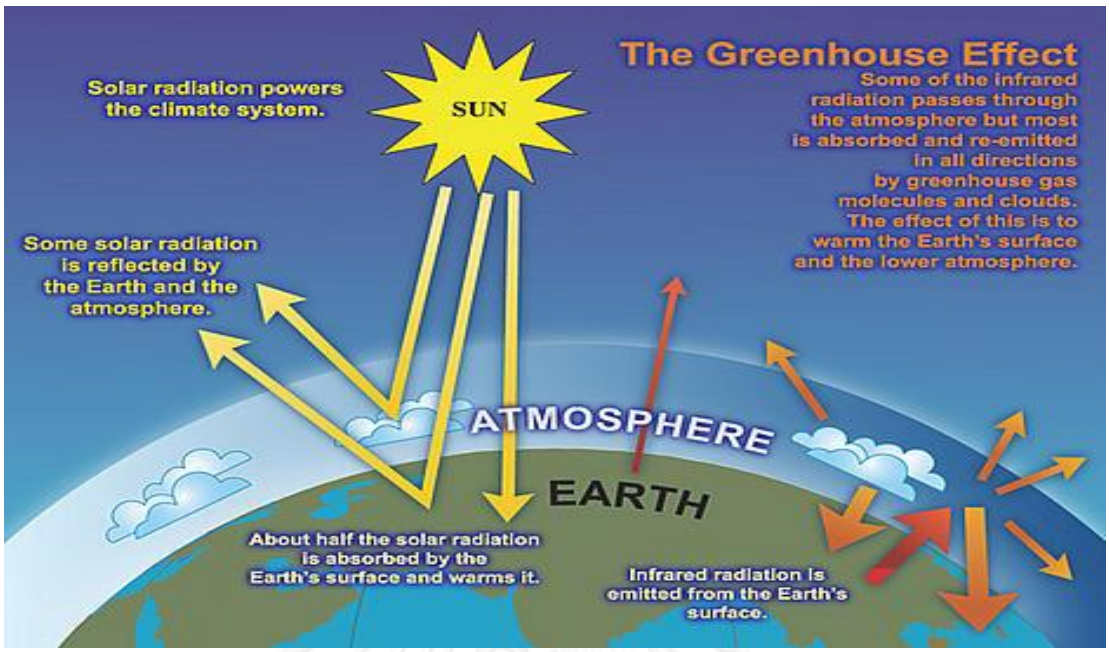
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2537), กรมวิชาการเกษตร (2543), กรมการข้าว (2550)

2.2 ภาวะโลกร้อนหรือปรากฏการณ์เรือนกระจก

ปัจจุบันโลกถูกปกคลุมหรือห่อหุ้มไว้ด้วยชั้นบรรยากาศที่ประกอบไปด้วยก๊าซชนิดต่างๆ ซึ่งคอยควบคุมอุณหภูมิของผิวโลกให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งสามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างปกติ แต่เมื่อสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะมนุษย์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งยังพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อสร้างและอำนวยความสะดวกรวดเร็วตอบสนองความต้องการของประชากรโลกในการดำรงชีวิต โดยอาศัยปัจจัยจากทรัพยากรธรรมชาติ ได้ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสารซีเอฟซี ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกหรือภาวะโลกร้อน เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) รวมทั้งกลุ่มก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) โดยกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ไม่ว่าจะมาจากภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การคมนาคมขนส่งหรือแม้แต่กิจวัตรประจำวันของคน ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เมื่อสัดส่วนก๊าซในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นก็จะมีผลต่อปริมาณการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซอื่นๆ ในชั้นบรรยากาศได้ และส่งผลต่อการเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิโลก จนเกิดภาวะโลกร้อน

โดยปกติแล้วโลกจะได้รับพลังงานความร้อนที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งรังสีที่ส่งมายังโลกนั้นมีทั้งที่เป็นรังสีคลื่นสั้นและคลื่นยาว เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศต่างๆ ก่อนถึงผิวโลกที่เปรียบเสมือนตัวกรองและดูดกลืนรังสี เพื่อไม่ให้รังสีที่มีพลังงานสูงนั้นทำลายสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกได้ ดังรูปที่ 2.9 มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่สามารถผ่านมายังผิวและสะท้อนจากผิวโลกออกไป ซึ่งการสะท้อนกลับออกไปรังสีจะไม่สามารถสะท้อนกลับได้ทั้งหมด มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ถูกดูดกลืนไว้โดยชั้นบรรยากาศ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้โลกมีอุณหภูมิที่คงที่และเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต แต่เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ทำให้ความสามารถในการดูดกลืนรังสีมีมากขึ้น และการกรองรังสีที่มีพลังงานสูงต่ำลง จึงส่งผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นจนเกิดภาวะโลกร้อน (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2552)

CHULALONGKORN UNIVERSITY



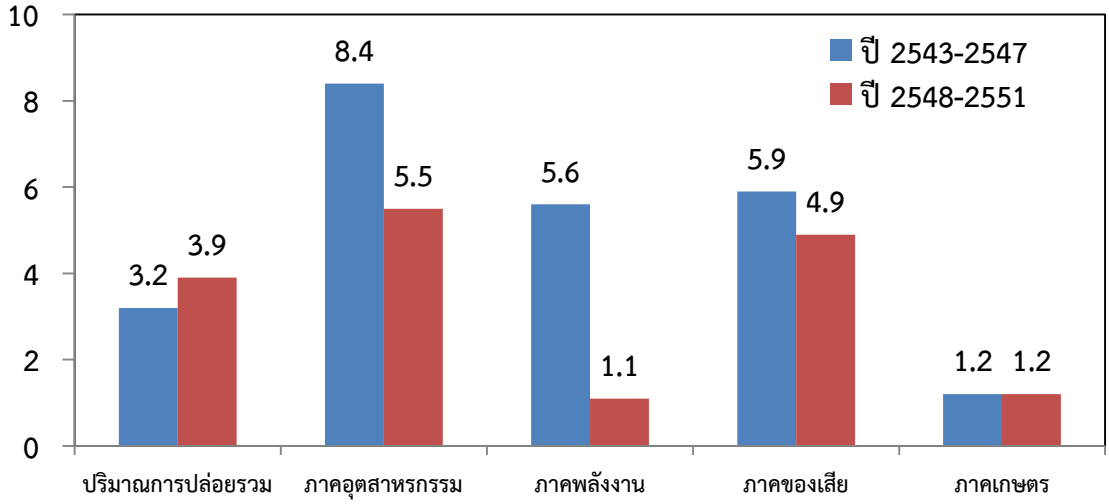
รูปที่ 2.9 การเกิดภาวะโลกร้อนหรือปรากฏการณ์เรือนกระจก

ที่มา: World wide fund for nature (2013)

จากรายงานสรุปเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) (2553) สรุปว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2543 มีค่า 229.08 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งเป็นปริมาณจากแหล่งปล่อย และค่าการดูดกลับมีค่าเท่ากับ 50.22 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยพบว่า ในภาคพลังงาน ได้แก่ การผลิตไฟฟ้า (ก๊าซธรรมชาติและถ่านหินลิกไนท์) และการคมนาคมขนส่งทางบก เป็นปัจจัยหลักที่มีการปลดปล่อยมากที่สุด รองลงมาคือ ภาคการเกษตร ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม และภาคของเสีย เท่ากับ 159.4, 51.88, 16.4 และ 9.3 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลาดับ โดยแบ่งปริมาณการปลดปล่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ของประเทศทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 68.9, 25.7 และ 5.4 ตามลาดับ ซึ่งคาดว่ามีแนวโน้มที่จะมีปริมาณการปลดปล่อยที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องหากไม่มีมาตรการในการลดการปลดปล่อยดังกล่าว ทั้งนี้จากการศึกษาการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย ในระหว่างปี 2543-2547 พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.2 ต่อปี ซึ่งไม่รวมภาคการเปลี่ยนแปลง การใช้พื้นที่และป่าไม้ ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของภาคการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีมากที่สุด คือ ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมโดยมีปริมาณร้อยละ 8.4 ต่อปี รองลงมาคือ ภาคของเสีย ที่มีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.9 ต่อปี ส่วนภาคพลังงานมีปริมาณการปล่อยเพิ่มเป็นร้อยละ 5.6 ต่อปี โดยภาคการเกษตรมีการเพิ่มน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 1.2 ต่อปี และในระหว่างปี 2548-2551 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 3.9 ต่อปี ซึ่งไม่รวมภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้

พื้นที่และป่าไม้ ทั้งนี้ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมยังคงเป็นภาคที่มีการปล่อยเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ ร้อยละ 5.5 ต่อปี ส่วนภาคพลังงานมีการเพิ่มการปล่อยน้อยกว่าช่วง 4 ปีที่ผ่านมามีการปล่อยเพิ่มขึ้นประมาณ ร้อยละ 1.1 ส่วนภาคการเกษตรมีการเพิ่มการปล่อยคงที่อยู่ที่ร้อยละ 1.2 ต่อปี และภาคของเสียนั้นมีการปล่อยน้อยลงร้อยละ 4.9 ต่อปี ดังรูปที่ 2.10

ร้อยละการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระต่อปีของประเทศไทย



รูปที่ 2.10 การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยในช่วงปีพ.ศ. 2543-2547 และปี พ.ศ. 2548-2551

ที่มา: สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (2553)

2.2.1 ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทำนา

ปัจจุบันกระแสการตื่นตัวในเรื่องสภาวะโลกร้อนที่มีมากขึ้น ส่งผลต่อภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะการทำนา เนื่องจากในการทำนานั้นจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งเป็นก๊าซที่มีศักยภาพในการเป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ที่เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้โลกร้อนขึ้น (Global Warming Potential; GWP) และมีระดับความรุนแรงมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คิดเป็น 21 และ 310 เท่า ตามลำดับ (United Nations, 1998)

2.2.1.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในนาข้าว

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสง (Moya et al., 1998) โดยในสภาพอากาศที่มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากนั้น ต้นข้าวจะมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้ดีกว่าในสภาพอากาศที่มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อย ทั้งนี้ สายพันธุ์ข้าว และสภาพแวดล้อมที่ปลูกข้าวยังมีผลต่ออัตราการ

สังเคราะห์แสงเป็นอย่างมาก (Ziska and Teramura, 1992) ดังนั้นในการทำนาข้าว จึงเกี่ยวข้องกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ซึ่งใช้ในการสังเคราะห์แสงของต้นข้าว การหายใจของต้นข้าว กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน รวมทั้งการสูญเสีย และการสะสมของคาร์บอนในดิน ซึ่งจะพบคาร์บอนที่อยู่ในรูปของแข็ง (Solid phase) ในดิน และต้นข้าว ส่วนคาร์บอนที่อยู่ในรูปของเหลว (Aqueous phase) จะละลายอยู่ในน้ำขัง และพบคาร์บอนในรูปของก๊าซ (Gaseous phase) ด้วย นอกจากนี้ยังพบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในชั้นบรรยากาศปริมาณมาก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต

2.2.1.2 ก๊าซมีเทนในนาข้าว

ก๊าซมีเทนมีอยู่ในชั้นบรรยากาศในปริมาณน้อย ประมาณ 1.7 ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (ppm) เท่านั้น แต่ก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติของก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือด้วยปริมาตรที่เท่ากัน ก๊าซมีเทนสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยมากที่สุดในภาคเกษตรกรรม เนื่องจากการเกิดก๊าซมีเทนต้องเกิดขึ้นในสภาพไร้อากาศ และมีการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ดังนั้นแหล่งปลดปล่อยก๊าซมีเทนจึงเกิดขึ้นเองจากการทำกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการทำนาข้าว อย่างไรก็ตามการเกิดก๊าซมีเทนนั้นส่วนใหญ่จะเกิดในดินชั้นบน ซึ่งจะมีส่วนประกอบของอินทรียวัตถุที่ถูกย่อยสลายได้ง่าย และเกิดจาก 2 กระบวนการหลัก คือ

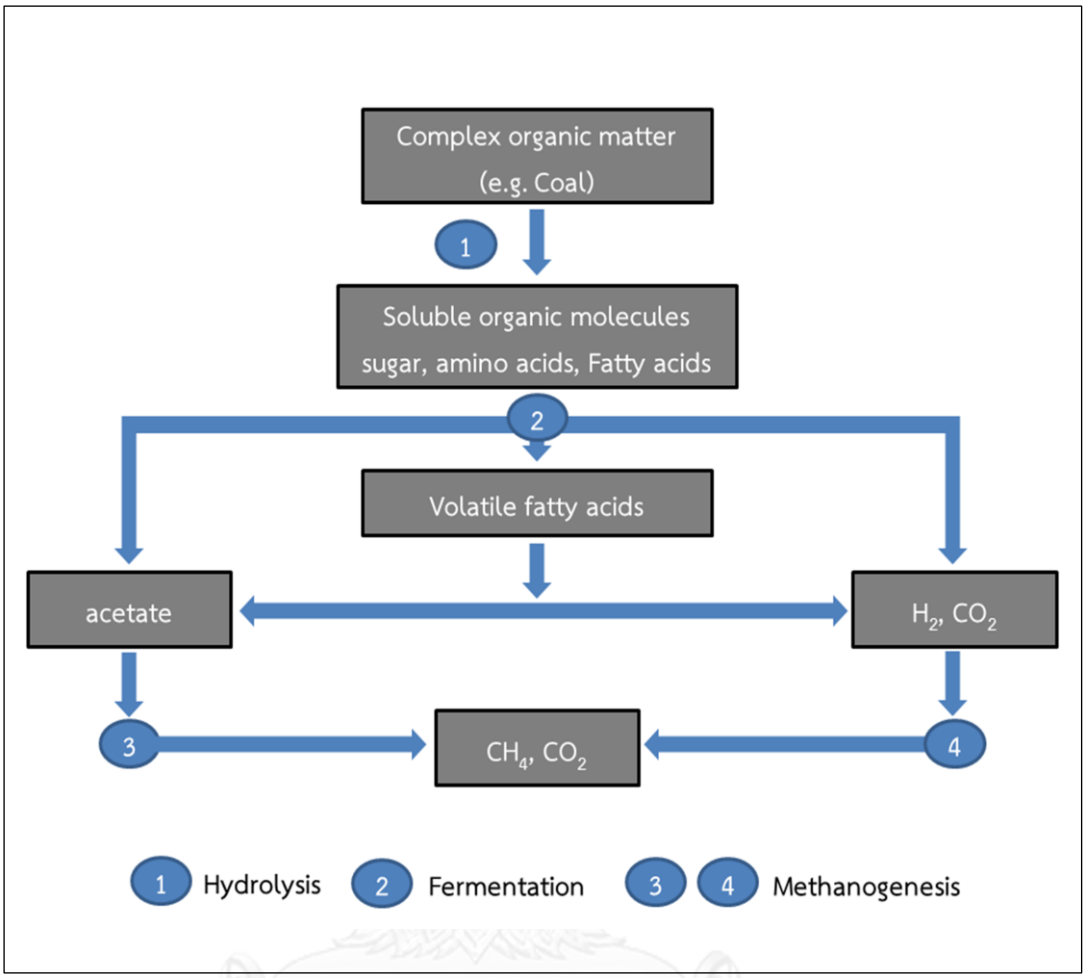
1) กระบวนการ Reduction ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยก๊าซไฮโดรเจนที่ได้จากกรดไขมัน (Fatty acid) หรือแอลกอฮอล์ (Alcohol) ดังแสดงได้ในสมการดังนี้

$$CO_2 + 4H_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

2) การเกิด Trans methylation ของกรดอะซีติค (Acetic acid) ดังแสดงได้ในสมการดังนี้

$$CH_3COO^- + H^+ \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

โดยแหล่งของสารอาหารที่ให้พลังงาน และคาร์บอนแก่จุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนส่วนใหญ่เป็นกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักอินทรียวัตถุ ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจน (H_2), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ฟอร์เมต (Formate), อะซิเตต (Acetate), เมทานอลหรือแอลกอฮอล์ (Methanol), และเมทิลเลต เอมาย (Methylated amines) สุดท้ายของการหมักอินทรียวัตถุจะทำให้เกิดก๊าซมีเทน (Oremland, 1988) แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แหล่งของคาร์บอนและสารตัวกลางที่จุลินทรีย์กลุ่ม Methanogens ใช้ในกระบวนการเกิดก๊าซมีเทน

ที่มา: Civil and Environmental Engineering. (2013)

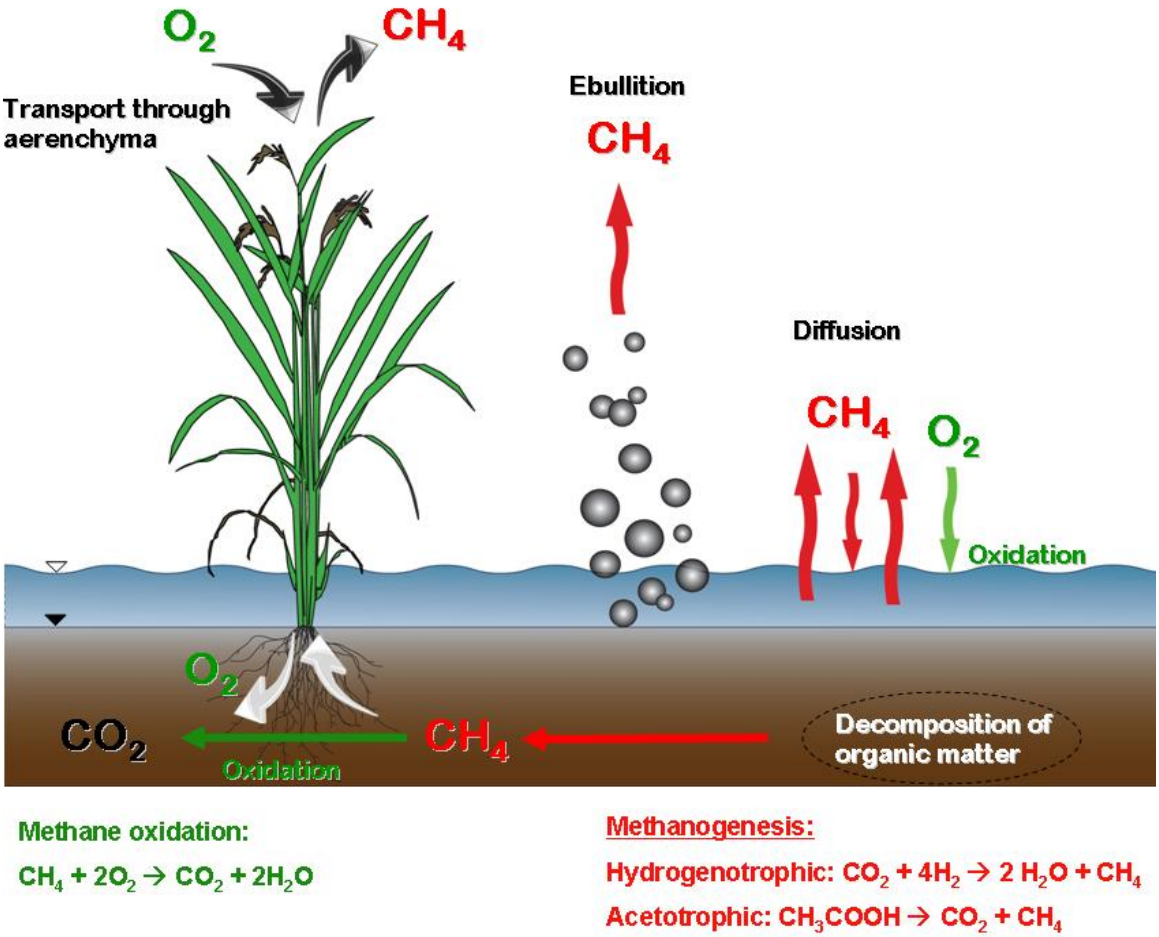
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ก๊าซมีเทนที่ถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศนั้น เป็นส่วนที่เหลือจากการดูดใช้โดยจุลินทรีย์ Methanotrophic bacteria ซึ่งก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในดินนาข้าว สามารถเคลื่อนย้ายสู่ชั้นบรรยากาศได้ 3 ทาง (Wang et al., 1995) แสดงดังรูปที่ 2.12 ดังนี้

1) การเคลื่อนที่ผ่านต้นข้าว (Plant mediate active transport) โดยต้นข้าวจะดูดสารละลายดินที่มีก๊าซมีเทนละลายอยู่ โดยก๊าซมีเทนจะผ่านทางช่องว่างภายในรากข้าว และปลดปล่อยสู่บรรยากาศทางกาบใบและใบ

2) การเคลื่อนที่โดยกระบวนการการแพร่ (Diffusion) ผ่านชั้นน้ำขังที่อยู่เหนือผิวดิน ในขณะที่มีน้ำขังความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในดิน น้ำ และอากาศ จะมีความแตกต่างกันทำให้เกิดการแพร่ของก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศได้

3) การเคลื่อนที่เป็นฟองก๊าซมีเทนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ (Ebullition) การปลดปล่อยในนี้เกิดขึ้นมากที่สุดในช่วงแรกของฤดูการทำนาที่ยังมิได้มีการปักดำข้าว หรือระยะหลังปักดำ ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินปริมาณมาก



รูปที่ 2.12 การเกิดก๊าซมีเทนและปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของก๊าซมีเทนในนา

ที่มา: Institute of biochemistry and pollutant dynamics (IBP) (2013)

2.3 ปุ๋ย (Fertilizer)

พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2550 ได้ให้ความหมายว่า ปุ๋ย หมายถึง สารอินทรีย์ อินทรีย์สังเคราะห์ อนินทรีย์ หรือจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารพืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ หรือชีวภาพในดิน เพื่อช่วยให้พืชสามารถเติบโตได้ (พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2), 2550)

2.3.1 ประเภทของปุ๋ย ปุ๋ยอาจแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

2.3.1.1 ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งได้มาจากซากพืช ซากสัตว์ รวมทั้งสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ เศษเหลือของสารอินทรีย์ต่างๆ เซลล์จุลินทรีย์ และผลิตภัณฑ์ โดยปุ๋ยประเภทนี้จะเป็นประโยชน์ต่อพืชเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์เสียก่อน (ธงชัย มาลา, 2546) นอกจากนี้ ยงยุทธ โอสถสภา (2542) ได้ให้ความหมายของปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ (ยกเว้น คาร์บอเนต) ร่วมกับธาตุอาหารพืช นอกเหนือจากไฮโดรเจน และออกซิเจน อย่างน้อยหนึ่งธาตุ ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากซากพืชและสัตว์ รวมทั้งมูลสัตว์ต่างๆ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์นั้น สามารถแบ่งประเภทได้ตามลักษณะการกำเนิดขึ้นมาได้ดังต่อไปนี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

1) ปุ๋ยคอก (Animal manures) หมายถึง มูลสัตว์ต่างๆ เช่น วัว ควาย หมู เป็ด ไก่ ค้างคาว เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดนี้ประกอบไปด้วยส่วนของแข็งที่มาจากอุจาระของสัตว์ ซึ่งจะเป็นเศษซากพืชและสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายไปบางส่วนระหว่างทางของระบบย่อยของสัตว์ และส่วนที่เป็นปัสสาวะ ซึ่งอุดมไปด้วยเกลือ และสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ชนิดต่างๆ ซึ่งเมื่อรวมกันเข้าก็จะมีองค์ประกอบที่สมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารพืช อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยคอกนั้นไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุของสัตว์ วิธีการเลี้ยง ตลอดจนการเก็บรักษา องค์ประกอบของธาตุต่างๆ ในมูลสัตว์ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.4

2) ปุ๋ยหมัก (Composts) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์สารที่ผ่านการหมักให้สลายตัวผุพังไปบางส่วน แต่การที่จะปล่อยให้สลายตัวผุพังไปเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่อำนวย ชนิดของวัสดุที่ใช้ และกรรมวิธีในการหมัก ตลอดจนความต้องการของผู้ใช้ โดยปกติจะหมักให้อินทรีย์สารเหล่านั้นเปื่อยยุ่ยจนเป็นสีคล้ำหรือดำจึงจะนำมาใช้ได้

3) ปุ๋ยพืชสด (Green Manure) หมายถึง ปุ๋ยได้จากการใช้พืชสดชนิดต่างๆ ที่คาดว่าจะให้ประโยชน์ในแง่การเป็นปุ๋ยต่อพืชที่จะได้รับในการใส่พืชสดนั้นๆ พืชที่ใช้เป็นปุ๋ยอาจเป็นพืชตระกูลถั่ว ตระกูลหญ้า หรือพืชอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพืชโตเร็วและมีลักษณะง่ายต่อการตัดหรือไถกลบ ซึ่งเมื่อปล่อยให้เจริญเติบโตมาระยะหนึ่งจะได้อินทรีย์สารมากพอ และมีธาตุอาหารพืชต่างๆ สะสมในส่วนของต้นในปริมาณสูง โดยทั่วไปมักนิยมใช้พืชตระกูลถั่วในระบบการปลูกธัญพืชต่างๆ แต่ถ้าเป็นการ

ปลูกพืชหัว เช่น มันเทศ มันสำปะหลัง การใช้พืชตระกูลหญ้า และอื่นๆ จะทำให้พืชหัวนั้นมีการลงหัวดีกว่าการใช้พืชตระกูลถั่วที่มีปริมาณไนโตรเจนมากเกินไป สำหรับในสวนผลไม้ต่างๆ เช่น สวนส้ม อาจใช้หญ้าต่างๆ หญ้าคา ไปจนกระทั่งต้นแห้วหมูแทนการใช้พืชตระกูลถั่ว ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาแทรกซ้อนทำให้ไม้ผลอ่อนแอได้ภายหลัง

4) พืชและสัตว์ชั้นต่ำในดิน เป็นที่ทราบกันดีว่าในดินนั้นมีสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เจริญเติบโตอยู่มากมาย ซึ่งได้แก่ แบคทีเรีย แอคทิโนมันซีส รา เห็ด และสาหร่าย ซึ่งล้วนแต่เกี่ยวข้องกับสมดุลของการสร้าง และการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ พืชชั้นต่ำหลายชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ทั้งพวกที่อาศัยอยู่อย่างอิสระ เช่น แบคทีเรีย Azotobactor และ Clostridium สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวชนิดต่างๆ และพวกที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชอื่นอย่างพึ่งพาอาศัยกัน เช่น แบคทีเรีย Rhizobium ซึ่งอาศัยอยู่ร่วมกับพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น โดยพืชชั้นต่ำเหล่านี้มีอายุสั้นมาก จึงมีการเจริญเติบโต และมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นในอัตราที่รวดเร็วมากในระหว่างช่วงเวลาที่สิ่งแวดล้อมเหมาะสม สำหรับกิจกรรมต่างๆ ของสัตว์เล็กในดินนั้นส่วนใหญ่เป็นผลต่อเนื่องมาจากกิจกรรมของพืชเล็กๆ ในดิน และปริมาณของอินทรีย์สารที่กลับคืนลงไปสู่ดิน เพราะแมลงต่างๆ ทั้งหลายที่อาศัยอยู่บนดินนั้นล้วนแต่อาศัยกินพืชหรือซากพืชทั้งเล็กและใหญ่ ปริมาณของมูลไส้เดือนบนผิวดินย่อมแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เป็นอย่างดี บรรดาธาตุอาหารต่างๆ จะเคลื่อนย้ายจากพืชไปยังสัตว์ต่างๆ และมูลของสัตว์ และจะกลับมาเป็นอาหารของพืชในที่สุด ฉะนั้นการจัดการดินให้มีพืช และซากพืชอยู่เสมอจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของสัตว์เล็กๆ เหล่านี้ ซึ่งเท่ากับเป็นการเพิ่มพูนการสะสมของธาตุอาหารพืชในรูปเนื้อเยื่อของสัตว์

5) ซากสัตว์ และผลพลอยได้จากโรงฆ่าสัตว์ การใช้ซากสัตว์ทำปุ๋ยให้แก่พืชได้กระทำกันมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ในปัจจุบันมีโรงฆ่าสัตว์ อุตสาหกรรมแช่แข็ง และบรรจุกระป๋องเนื้อสัตว์ต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย ผลพลอยได้จากเศษเลือด เนื้อ ขน หนัง และเครื่องในสัตว์นั้นจะมีไนโตรเจนอยู่สูงถึง 10-15 เปอร์เซ็นต์ และมีธาตุอื่นๆ อยู่ครบถ้วนในปริมาณมากบ้างน้อยบ้าง ส่วนใหญ่จุลธาตุอาหารจะอยู่ในรูปที่ง่ายต่อการที่พืชจะนำไปใช้ โดยในกระดูกสัตว์จะมีแคลเซียม และฟอสฟอรัสสูงเป็นพิเศษ จึงมักนิยมนำกระดูกป่นไปผสมในวัสดุที่ใช้ปักชำหรือตอนต้นไม้

6) ผลพลอยได้จากโรงงานแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร เศษวัสดุที่เป็นผลพลอยได้ที่เป็นกากหรือของเสียนั้นบางชนิดสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น กากอ้อยนำไปทำกระดาษ บางชนิดอาจนำไปใช้ในกิจการเลี้ยงสัตว์ เช่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง แต่ก็ยังมีอีกหลายชนิด ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ แต่สามารถที่จะนำมาใช้หรือปรุงแต่งให้เป็นปุ๋ยได้ เช่น แกลบ กากอ้อยป่น กากละหุ่ง กากเมล็ดนุ่น และกากผงชูรสนั้น สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้โดยตรง เนื่องจากมีไนโตรเจนอยู่สูง แต่แกลบ และกากอ้อยป่นนั้นจะต้องปรุงแต่งโดยการเติมธาตุอาหารพืชที่ยังขาดลงไปแล้วหมักให้เปื่อยยุ่ยเสียก่อนจึงจะมีสภาพที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้

7) กากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ในกระบวนการผลิตสินค้าของอุตสาหกรรมหลายชนิด จะมีการระบายน้ำเสียออกมา และมีอุตสาหกรรมหลายประเภทที่ในน้ำเสียนั้นมีอินทรีย์สารปะปนมาเป็นจำนวนมาก และสามารถแยกออกไปโดยการตกตะกอน ซึ่งตะกอนน้ำเสียนี้มักจะอุดมไปด้วยธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ และสามารถนำไปใช้ทำเป็นปุ๋ยได้อย่างดี แต่ตะกอนของเสียจากโรงงานบางประเภท เช่น โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานถลุงโลหะ อาจจะมีโลหะหนักที่เป็นพิษกับสัตว์และมนุษย์ติดออกมาด้วยในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการจะนำตะกอนเหล่านี้ไปทำปุ๋ยจึงควรตรวจสอบปริมาณของธาตุโลหะหนักให้แน่ใจเสียก่อน ถ้ามีปริมาณสูงจริงห้ามใช้เป็นปุ๋ยกับพืชที่มนุษย์บริโภคหรือพืชอาหารสัตว์ แต่ควรแนะนำให้ใช้เป็นปุ๋ยสำหรับไม้ดอกไม้ประดับหรือเพื่อการผลิตในลักษณะการขยายพันธุ์พืช ซึ่งจะไม่ทำให้ธาตุโลหะหนักเหล่านั้นผ่านเข้าไปในวงจรอาหารของมนุษย์และสัตว์โดยตรง

ตารางที่ 2.4 ธาตุอาหารพืชในมูลสัตว์บางชนิด

มูลสัตว์	ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) (%)	ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (P_2O_5) (%)	โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (K_2O) (%)
เป็ด	0.8-3.7	2.7-6.9	0.5-1.9
ไก่	1.2-4.9	1.2-9.4	0.5-4.2
ห่าน	0.7	2.1	2.1
หมู	2.2	5.2	1.6
วัว	0.8-1.2	0.5-0.9	0.5-3.7
ม้า	0.1	0.8	0.8
ค้างคาว	0.1-2.9	0.6-36.8	0.4-22
นกนางแอ่น	10.5	3.4	0.9
นกกระทา	4.1	3.7	2.3

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548

2.3.1.2 ปุ๋ยเคมี (Chemical fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นจากสารอนินทรีย์ต่างๆ สามารถให้ธาตุอาหารที่สำคัญแก่ดินได้อย่างรวดเร็ว ปุ๋ยเคมีที่เป็นธาตุอาหารหลักสำหรับพืช ได้แก่ ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก ซึ่งได้แก่ ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เมื่อมีการปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน ดินมักจะมีธาตุอาหารเหล่านี้ไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชที่ปลูก ดังนั้นจึงต้องมีการเติมธาตุอาหารเหล่านี้ลงไปในดิน สำหรับในปุ๋ยเคมี ในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 กำหนดให้ระบุปริมาณธาตุปุ๋ยขั้นต่ำที่สุดที่มีอยู่ในปุ๋ยโดยบอกเป็นร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ (1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) (2) ปริมาณ

ฟอสฟอรัสโดยให้ระบุเป็นปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยคิดเป็นน้ำหนักปริมาณฟอสฟอริกแอซิค (P_2O_5) ที่มีฟอสฟอรัสเท่ากับฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ในปุ๋ยนั้น และ (3) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ที่อยู่ในปุ๋ยนั้น โดยคิดเป็นน้ำหนักโพแทส (K_2O) ที่มีโพแทสเซียมเท่ากับโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยนั้น (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2551)

สำหรับปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ซึ่งเป็นปุ๋ยผสมที่มีปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) 16 เปอร์เซ็นต์ และฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (P_2O_5) 20 เปอร์เซ็นต์ และใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (ยูเรีย) ซึ่งหมายถึง มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) 46 เปอร์เซ็นต์

2.3.1.3 ปุ๋ยชีวภาพ (Biofertilizer) หมายถึง วัสดุที่มีจุลินทรีย์เป็นตัวออกฤทธิ์ (Active ingredient) ในการก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารมากขึ้น ปุ๋ยชีวภาพที่แนะนำให้ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ปุ๋ยที่มีเชื้อแบคทีเรียบางชนิด เชื้อราบางชนิด และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดเป็นตัวออกฤทธิ์ (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2551) สำหรับปุ๋ยชีวภาพมีหลายชนิด ได้แก่

1) ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Rhizobium) ประกอบด้วยไรโซเบียมสายพันธุ์ไทย ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูง สามารถใช้ได้กับพืชตระกูลถั่วทุกชนิด ไรโซเบียมเป็นกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบที่อาศัยอยู่ในดิน และบริเวณรากพืชตระกูลถั่วแบบพึ่งพาอาศัยกันและกัน (Symbiotic) โดยไรโซเบียมและถั่วร่วมกันสร้างปมที่บริเวณราก เพื่อใช้เป็นโครงสร้างสำหรับตรึงไนโตรเจนในอากาศให้แก่พืชตระกูลถั่ว

2) ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 1 (Plant growth promoting rhizobacteria; PGPR)ประกอบด้วยแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจน และสามารถสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช 3 ตระกูล ได้แก่ Azotobacter, Azospirillium และ Beijinckia โดยเชื้อเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจนสร้างฮอร์โมน ส่งเสริมการเจริญของขนรากอ่อน ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวราก และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อความสามารถในการดูดน้ำ และธาตุอาหารให้กับข้าวโพด และข้าวฟ่าง เป็นต้น

3) ปุ๋ยชีวภาพไมโครไรซ่า (Microrhiza) ประกอบด้วยเชื้อไมโครไรซ่าสายพันธุ์ไทยอย่างน้อย 25 สปอร์/กรัม ไมโครไรซ่าเป็นเชื้อราที่เข้าอาศัยอยู่ในดิน และบริเวณรอบๆ รากพืช โดยไมโครไรซ่าจะไม่ทำอันตรายต่อพืช โดยลักษณะการอยู่อาศัยของเชื้อราร่วมกับพืชเป็นแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน เชื้อไมโครไรซ่ามีความสำคัญทางการเกษตร ได้แก่ เอ็กโตไมโครไรซ่า และวี-เอไมโครไรซ่า โดยทั้ง 2 พวกนี้มีความสำคัญต่อการปลูกป่า และพืชเศรษฐกิจต่างๆ และไมโครไรซ่าสามารถช่วยเพิ่มปริมาณราก และพื้นที่ผิวราก จึงช่วยทำให้พืชทนแล้ง และเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดธาตุอาหารที่ละลายน้ำได้ยาก เช่น ฟอสฟอรัส (P) แคลเซียม (Ca) และจุลธาตุต่างๆ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อราในระบบรากได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

Chulalongkorn University

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nouchi et al. (1990) ได้ทำการศึกษากลไกการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากรากสู่อากาศในข้าว พบว่า การปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) นั้นส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ Micropores บริเวณลำต้น ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการรวมตัวหรือถูกห่อหุ้มไว้ด้วยใบข้าวก่อนที่จะมีการเจริญแตกออกไปเป็นใบสมบูรณ์

Chen et al (1993) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ในนาข้าว พบว่า ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีระดับความรุนแรงมาก ส่วนใหญ่แล้วจะเกิดขึ้นในการทำนาที่มีลักษณะแบบน้ำขัง ซึ่งเกิดจากน้ำที่ขังในนาเป็นตัวกั้นไม่ให้ดินในนาได้สัมผัสกับอากาศ ทำให้การแลกเปลี่ยนประจุ (ปฏิกิริยารีดอกซ์หรือ Redox) ในดิน เกิดปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เป็นผลให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4)

Singh et al. (1998) ได้ทำการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการปลูกข้าวในแปลงนาที่มีลักษณะของระบบนิเวศที่แตกต่างกัน คือ นาชลประทาน และนาในพื้นที่แห้ง ร่วมกับรูปแบบของการใส่ปุ๋ย 2 รูปแบบ คือ ใส่ปุ๋ยเคมี กับ ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับฟางข้าว พบว่า แปลงนาที่มีการปลูกในพื้นที่นาชลประทานและมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับฟางข้าวนั้น มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงที่สุด เนื่องจากการปลูกข้าวจะมีการขังน้ำไว้ในนาทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจน (Anaerobic) ร่วมกับการใส่ฟางข้าว จึงเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน และเป็นปัจจัยหลักในการทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4)

Wassmann et al. (2000) ได้ศึกษารูปแบบการทำนา 3 รูปแบบ ได้แก่ นาชลประทาน นาน้ำฝน และนาน้ำลึก ในประเทศจีน อินเดีย ไทย และฟิลิปปินส์ พบว่า รูปแบบของการทำนาชลประทานนั้นจะส่งผลกระทบต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) มากที่สุด ซึ่งมีผลมาจากการจัดการระบบการใช้น้ำ

Mer และ Roger ในปี 2001 พบว่า ก๊าซมีเทนถูกผลิตโดยจุลินทรีย์กลุ่ม Methanogen บริเวณใต้ดินในสภาพวะไรออกซิเจน (Anaerobic) ทั้งนี้จะเริ่มจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยกระบวนการใช้ออกซิเจน (Aerobic) จนสารอินทรีย์อยู่ในรูปของ อะซิเทต (Acetate) ฟอร์เมต (Formate) เมธานอล (Methanol) และเมทิลเลตเอมีo (methylatedamines) รวมทั้ง ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในขณะที่ออกซิเจนที่ถูกใช้จนหมด ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนจึงเข้ามาแทนที่และย่อยสลายสารดังกล่าวจนกลายเป็นก๊าซมีเทน

Inubushi et al. (2003) ได้ศึกษาถึงปัจจัยเรื่องน้ำที่ส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในอากาศ (Free-air carbon dioxide enrichment; FACE) โดยพบว่า เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในอากาศมีปริมาณเพิ่มขึ้น 550 อัตราส่วนหนึ่งในล้านของปริมาตรอากาศ (ppmv) จะทำให้มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) เพิ่มขึ้น 38-51 % ประกอบกับการเกิดกระบวนการ Root exudates และ Root autolysis บริเวณรากพืช

Rich และ Schlesinger (1992) อ้างถึงใน Smith et al. (2003) การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมีปัจจัยหลักมาจากกระบวนการหายใจของพืชและจากการปลดปล่อยจากดิน ซึ่งมีค่าสูงกว่าปัจจัยที่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล 10-15 เท่า

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Yi et al. (2006) ได้ศึกษาถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และจากการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในแปลงนาที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอินทรีย์ในดิน 22 กิโลกรัมต่อการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตัน ทั้งนี้เนื่องจากในปุ๋ยดังกล่าวเป็นตัวกักเก็บคาร์บอนได้ดี ทาให้มีส่วนช่วยในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกสู่บรรยากาศ

Gogoi et al. (2008) ได้ให้ข้อสรุปว่า ปัจจัยที่ส่งเกี่ยวกับการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จะขึ้นอยู่กับจำนวนกอ จำนวนใบ และพื้นที่ผิวใบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าวแต่ละชนิด นอกจากนี้ช่วงอายุของข้าว ก็มีผลเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในช่วงที่ข้าวอยู่ในระยะที่มีการออกดอกหรือมีรวง จะเป็นช่วงที่มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ในปริมาณมาก เนื่องจากมีการสะสมสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) ของจุลินทรีย์

Ahmad et al. (2009) ได้มีการศึกษาถึงวิธีการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยทำการศึกษาและเปรียบเทียบการไถพรวนในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ไม่มีการไถพรวนและไม่ใส่ปุ๋ย (NT0) ไถพรวนปกติแต่ไม่ใส่ปุ๋ย (CT0) ไม่มีการไถพรวนแต่ใส่ปุ๋ย (NTC) และรูปแบบสุดท้าย มีการไถพรวนและใส่ปุ๋ย (CTC) ผลที่ได้ พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เท่าๆ กัน ซึ่งการไถพรวนและใส่ปุ๋ย (CTC) มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) มากที่สุด ส่วนรูปแบบที่ไม่มีการไถพรวนแต่ใส่ปุ๋ย (NTC) มีการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) มากที่สุด ซึ่งโดยสรุปจากทั้งหมดแล้ว พบว่ารูปแบบที่ไม่มีการไถพรวนและไม่ใส่ปุ๋ย (NT0) มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่า การทำนาในรูปแบบที่ไม่มีการไถพรวนนั้นจะเป็นปัจจัยส่งเสริมให้มีการลดลงของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ

Daming et al. (2011) ทำการศึกษาเรื่องการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการไถพรวนและไม่มีการไถพรวน จากการเพาะปลูกข้าว 2 รอบของการปลูกโดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ มีการไถพรวนรอบที่ 1 และรอบที่ 2 ของการปลูก (T-T) และมีการไถพรวนเฉพาะรอบที่ 1 ของการปลูกเท่านั้น (T-NT) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การไถพรวนรอบที่ 1 และรอบที่ 2 ของการปลูก (T-T) มีการปลดปล่อยก๊าซในรอบที่ 1 ถึง 21.71 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง และรอบที่ 2 ถึง 18.52 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ส่วนการไถพรวนเฉพาะรอบที่ 1 ของการปลูกเท่านั้น (T-NT) มีการปลดปล่อยในรอบที่ 1 ถึง 24.70 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมงและในรอบที่ 2 ซึ่งไม่มีการไถพรวนถึง 7.32 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า การทำนาแบบไม่มีการไถพรวนนั้นมีส่วนช่วยในการลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นผลมาจากความหนาแน่นของดิน

Chen et al. (2011) ศึกษาผลของปุ๋ยมีส่วนช่วยในการลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) โดยจากการศึกษาการใช้ปุ๋ยที่หมักแบบใช้อากาศเปรียบเทียบกับปุ๋ยที่หมักแบบไม่ใช้อากาศ พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ต่อหน่วยของการผลิตข้าวลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติ โดยลดลง 76% จากการเพาะปลูกโดยใช้ปุ๋ยที่หมักแบบใช้อากาศ

กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์ (2553) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ทางสรีรวิทยาของต้นข้าวกับการนำพาก๊าซมีเทนจากนาข้าวสู่บรรยากาศ โดยพบว่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศนั้นจะอาศัยอาศัยการแพร่ การกลายเป็นฟองอากาศ และผ่านทางช่องว่างอากาศ (Aerenchyma) ภายในต้นข้าวจากบริเวณรากและออกสู่บรรยากาศตามช่องว่าง (Micropores) โดยในการลำเลียงก๊าซมีเทนนั้น จะเกิดการปะทะกับก๊าซออกซิเจนที่ถูกลำเลียงมาสู่ราก ทำให้เกิดปฏิกิริยา Methane oxidations กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ ทั้งนี้กลไกการลำเลียงหรือส่งผ่านก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของช่องว่างอากาศ (Aerenchyma) และลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าว ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันกระแสตื่นตัวในเรื่องสภาวะโลกร้อนที่มีมากขึ้นส่งผลต่อภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะการทำนา เนื่องจากในการทำนานั้นจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เป็นก๊าซที่มีศักยภาพในการเป็นก๊าซเรือนกระจก (Global Warming Potential; GWP) ที่มีระดับความรุนแรงมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 21 และ 310 เท่า ตามลาดับ (UNFCCC, 2012) โดยแสดงรายละเอียดดังนี้

ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่มีระดับความรุนแรงมากกว่าก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งแหล่งที่มาที่สำคัญทางตรง คือ ดินในการเกษตรที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับแหล่งที่สำคัญทางอ้อมคือ น้ำที่ผ่านการชะล้างจากพื้นที่การเกษตรที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเข้มข้น เมื่อน้ำดังกล่าวได้สัมผัสกับอากาศ ก๊าซไนตรัสออกไซด์จะถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศทันที นอกจากนี้ยังเกิดจากการระเหยและสะสมตัวของก๊าซแอมโมเนียที่อยู่ในปุ๋ย (Greenhouse Gas Online, 2006)

ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีระดับความรุนแรงมาก ส่วนใหญ่แล้วจะเกิดขึ้นในการทำนาที่มีลักษณะแบบน้ำขัง ซึ่งเกิดจากน้ำที่ขังในนาเป็นตัวกั้นไม่ให้ดินในนาได้สัมผัสกับอากาศ มีผลต่อการแลกเปลี่ยนประจุในดินหรือเรียกว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox) ลดลง ทำให้ก๊าซออกซิเจนต่ำลงเกิดปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) ของจุลินทรีย์กลุ่ม Methanogenic bacteria เป็นผลให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ขึ้น (Chen et al., 1993)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์ในการปลูกข้าว

1) เมล็ดพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2
2) ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัว)
3) ปุ๋ยเคมี สูตร 16-20-0 และ 46-0-0

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ อากาศ และข้าว

1) พลั่วตักดิน และเสียม
2) ถุงพลาสติกเก็บดินและต้นข้าว
3) ปากกาทำเครื่องหมาย
4) ขวดพลาสติกสำหรับใส่น้ำในแปลงนา
5) กล่องโฟมสำหรับบรรจุน้ำแข็งเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำ
6) ถุงเก็บอากาศ (Air bag)
7) เครื่องวัดความดันอากาศ (Barometer)
8) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Meter)
9) เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH Meter)
10) ตู้ครอบ (Chamber) สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ
11) เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (Personal Pump Air Sample)

3.1.3 วัสดุและอุปกรณ์/เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ

1) เครื่องแก้วชนิดต่างๆ ได้แก่ บีกเกอร์ (Beaker) กรวยกรอง (Funnel) และแท่งแก้ว (GlassRod)
2) ถุงซิป
3) เครื่องอบอุณหภูมิสูง (Oven)
4) เตาแผ่ความร้อน (Hot plate)
5) เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH Meter)
6) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Meter)
7) เครื่องวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO Meter)
8) เครื่องวัดค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน – รีดักชัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

10) เครื่องอะตอมมิคแอปซอร์ปชั่นสเปกโตรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer; AAS)

11) เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography; GC)

12) เครื่องวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC Analyzer)

3.2 สถานที่ดำเนินการวิจัย

3.2.1 การศึกษาภาคสนาม

พื้นที่ทำการศึกษา ได้แก่ แปลงนาปลูกข้าวอินทรีย์ และแปลงนาเคมี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี โดยมีการเพาะปลูกข้าวตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2555 (หลังจากเหตุการณ์น้ำท่วมปลายปี พ.ศ. 2554)

3.2.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง ดิน น้ำ อากาศ และต้นข้าว โดยใช้ห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 วิธีการดำเนินการศึกษา

3.3.1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

3.3.1.1 การเตรียมแปลงนาทดลอง

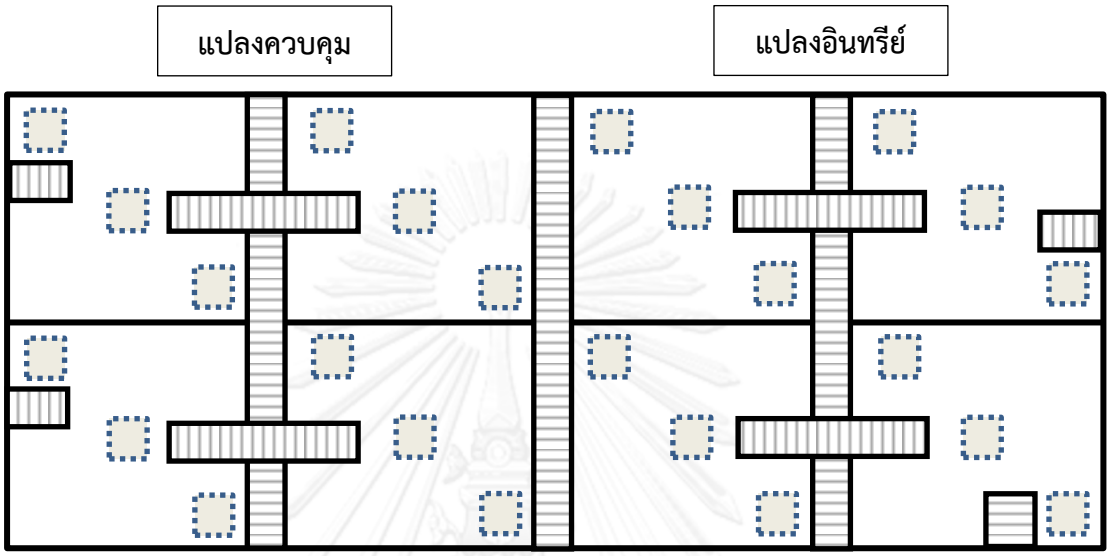
1) เตรียมแปลงขนาด 10×12 ตารางเมตร จำนวน 12 แปลง ทำการดึงตอซังข้าวออกก่อนแล้วทำการไถกลบตอซัง โดยไถพรวนที่ความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร พร้อมทำคันดินกั้นในแต่ละแปลงทดลองเพื่อป้องกันการปนเปื้อนหรือกันน้ำในแต่ละแปลงท่วมถึง

2) ดำเนินการเพาะปลูกข้าวนาปรัง โดยการทำนาแบบปักดำ ซึ่งใช้สายพันธุ์ข้าวดังนี้ สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2 ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ข้าวที่นิยมเพาะปลูกในพื้นที่ศึกษา และได้แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองหลักและในแต่ละชุดมี 4 แปลงทดลองย่อย ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (รูปที่ 3.1 และ 3.2)

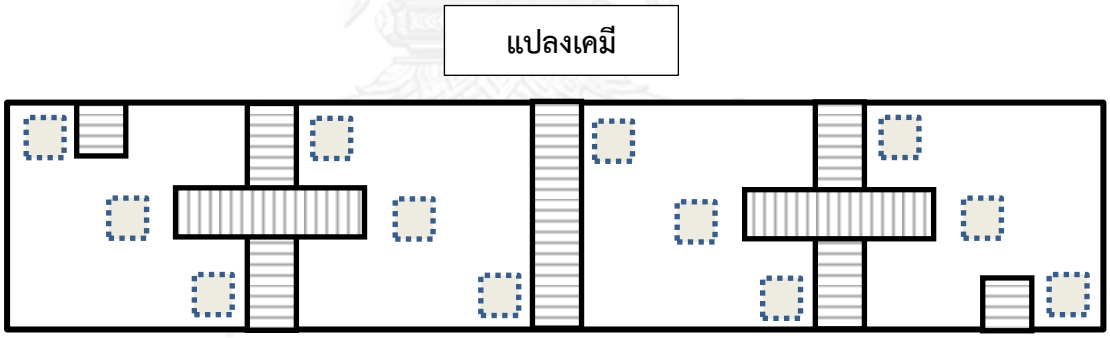
ชุดการทดลองที่ 1 แปลงควบคุม: ไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ ในแปลงทดลองจำนวน 4 แปลงที่มีการปลูกข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2

ชุดการทดลองที่ 2 แปลงอินทรีย์: มีการใส่ปุ๋ยคอกในแปลงทดลองจำนวน 4 แปลง ที่มีการปลูกข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2

ชุดการทดลองที่ 3 แปลงเคมี: มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และสูตร 46-0-0 ในแปลงทดลองจำนวน 4 แปลง ที่มีการปลูกข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2



รูปที่ 3.1 แผนผังแปลงนาควบคุมและแปลงนาอินทรีย์



รูปที่ 3.2 แผนผังแปลงนาเคมี

สะพาน ตู้เก็บอากาศ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3.1.2 การเตรียมพืชทดลอง

การคัดเลือกพันธุ์ข้าว ได้แก่ สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2 โดยเมล็ดพันธุ์ต้องมีขนาด และน้ำหนักใกล้เคียงกัน และเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่า 80% ซึ่งพันธุ์ข้าวได้จากกรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ทั้งนี้ ได้ทำการแช่เมล็ดข้าวนาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาคลุมด้วยกระสอบป่าน 2 คืน ข้าวจะเริ่มงอก แล้วนำไปหว่านในแปลงขนาดเล็ก อัตราส่วนการหว่านเท่ากับ 15-20 กิโลกรัมกรัมต่อไร่ ดูแลรักษาประมาณ 28 วัน เพื่อให้ได้กล้าข้าว จากนั้นทำการถอนกล้า และนำไปปักดำในแปลงทดลอง

3.3.1.3 การเตรียมปุ๋ย

ปุ๋ยที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และสูตร 46-0-0 ซึ่งเป็นปุ๋ยที่กรมการข้าวแนะนำให้เกษตรกรนำไปใช้ และในการศึกษาครั้งนี้ได้รับปุ๋ยทั้งสองชนิดจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นปุ๋ยที่ได้รับจากพื้นที่ศึกษา

3.3.1.4 การปลูกข้าวและการดูแลรักษา

การปลูกข้าวแบบปักดำ ซึ่งแบ่งการปลูกออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจะเป็นการตกกล้าในแปลงนาขนาดเล็ก โดยการนำเมล็ดข้าวไปหว่านให้งอกซึ่งใช้เวลาประมาณ 28 วัน นับจากวันหว่านจนเจริญเติบโตพอที่จะถอนนำไปปักดำได้ และช่วงที่สอง คือ การนำต้นกล้าที่ถอนไปปักดำในแปลงนาทดลอง ซึ่งต้องควบคุมระดับของน้ำให้สูงประมาณ 5-10 เซนติเมตร ตลอดระยะเวลาในการปลูกจนกระทั่งข้าวเริ่มออกรวงเต็มที่จึงปล่อยน้ำออก เพื่อให้เมล็ดมีความแข็งแรงและรอการเก็บเกี่ยว

3.3.1.5 การใส่ปุ๋ย

การใส่ปุ๋ยคอก : ช่วงการเตรียมแปลง อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่
ช่วงข้าวแตกกอ อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่
ช่วงข้าวออกดอก (ตั้งท้อง) อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่

การใส่ปุ๋ยเคมี : ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในระยะกล้า อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่
ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระยะแตกกอ อัตรา 8 กิโลกรัมต่อไร่
ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระยะออกดอก (ตั้งท้อง) อัตรา 8 กิโลกรัมต่อไร่

3.3.1.6 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างดิน น้ำ อากาศ ต้นข้าว ทั้งหมด 5 ช่วงเวลา ได้แก่ ระยะก่อนการเพาะปลูก ระยะต้นกล้า (หลังปักดำ 30 วัน) ระยะแตกกอ ระยะออกดอก (ตั้งท้อง) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว ดังภาพการดำเนินการทดลองและการเก็บวิเคราะห์ตัวอย่างในภาคผนวก ก

1) การเก็บตัวอย่างดิน: โดยในช่วงระยะก่อนการเพาะปลูก จะสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 5 จุดต่อแปลง แล้วนำมารวมกันเป็นตัวอย่างรวม (Composite Sample) ประมาณ 1 กิโลกรัม ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยแบ่งตัวอย่างดินออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ดังมีพารามิเตอร์ ดังนี้ เนื้อดิน (Soil Texture) ปริมาณความชื้น (Moisture) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (EC) อินทรียวัตถุในดิน (OM) ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (ORP) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) สำหรับส่วนที่ 2 นำดินไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง นำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก (Heavy Metals) ได้แก่ สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ตะกั่ว (Lead) แมงกานีส (Manganese) ปรอท (Mercury) นิกเกิล (Nickel) และซิลิเนียม (Selenium) (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2547) ด้วยวิธีการของ USEPA 3052 และวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ส่วนในระยะการเพาะปลูก (ช่วงข้าวอยู่ในระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะออกดอก (ตั้งท้อง) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว) ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ ดังนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (EC) ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (ORP) และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC)

2) การเก็บตัวอย่างน้ำ: เก็บตัวอย่างน้ำที่ขังในแปลงนาทดลอง วัดอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (EC) และค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (ORP) ในภาคสนาม โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 3 ซ้ำต่อแปลง นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติ ได้แก่ วิเคราะห์หาปริมาณการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลชีพ (BOD) และการหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC)

3) การเก็บตัวอย่างข้าว: ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวทั้งต้นจากทุกแปลง ประมาณ 2-3 ต้นต่อแปลง นำมาล้างน้ำให้สะอาด และล้างด้วยน้ำกลั่น อีก 1 ครั้ง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง และนำไปบดให้ละเอียด เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC)

4) การเก็บตัวอย่างอากาศ: เก็บตัวอย่างอากาศจากตู้ครอบ (Chamber) ขนาด 0.6×0.6×0.8 เมตร หรือ 0.29 ลูกบาศก์เมตร แปลงละ 3 จุด โดยทำการดูดอากาศด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (Personal pump) ผ่านสายยางมาเก็บไว้ในถุงเก็บอากาศ (Air bag) โดยใช้อัตราการดูดอากาศ 1,500 มิลลิลิตรต่อนาที และนำอากาศที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography; GC)

โดยรายละเอียดและขั้นตอนการทำนาในแต่ละแปลงทดลองจะแสดงในภาคผนวก ข นอกจากนี้การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน น้ำ พืช และอากาศ สามารถสรุปพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดและวิธีการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 3.1 โดยมีลักษณะของตู้ครอบ และการเก็บตัวอย่างอากาศ ดังภาคผนวก ก

3.4 การคำนวณความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจก

การวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography; GC) และนำผลที่ได้มาคำนวณค่าฟลักซ์ (Fluxes) โดยใช้ความเข้มข้นของก๊าซเมื่อเวลาเปลี่ยนไปในกล่อง ดังสมการของ Singh et al. (1998)

$$[F] = \frac{BV_{STD} \times MW \times 1000 \times 60 \times dc}{10^4 \times 22400 \times A \times dt} \quad (1)$$

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

โดยที่

F = ค่าฟลักซ์ของก๊าซแต่ละชนิด (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)

BV_{STD} = ปริมาตรภายในกล่องพลาสติกมาตรฐาน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

BV = ปริมาตรภายในกล่องพลาสติกส่วนที่อยู่เหนือระดับน้ำที่ท่วมขัง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

B.P. = ความดันบรรยากาศในขณะนั้น (มิลลิเมตรปรอท) โดยใช้เครื่องวัดความดันอากาศ

T = อุณหภูมิของอากาศที่อยู่ในกล่อง (องศาเซลเซียส) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

MW = มวลโมเลกุลของก๊าซแต่ละชนิด (กรัมต่อโมล)

A = พื้นที่หน้าตัดของกล่อง (ตารางเมตร)

dt = ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)

dC = ผลต่างความเข้มข้นก๊าซแต่ละชนิดที่เวลาศูนย์ และเวลา t นาที โดยที่ $dC = C_t - C_0$

C_0 = ค่าความเข้มข้นก๊าซเริ่มต้นมีค่าเท่ากับศูนย์ (ส่วนในล้านส่วน)

C_t = ค่าความเข้มข้นก๊าซที่เวลา t (ส่วนในล้านส่วน)

(ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค)

การเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวจากแปลงนาทั้ง 12 แปลง ได้แก่ แปลงควบคุม แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งในแต่ละรูปแบบมีการเพาะปลูกข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยได้ทำการสุ่มเก็บเกี่ยวข้าวแปลงละ 2×5 ตารางเมตร จำนวน 3 แปลงต่อชุดการทดลอง นำมานวด ฝัด ทำความสะอาด และชั่งน้ำหนักเพื่อทำการคำนวณผลผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่มีต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) ที่ได้จากการทดลอง โดยได้มีการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธีการของ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ คือ Statistical package for the social science (SPSS)

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์ ดิน น้ำ พืช และอากาศ ในช่วงก่อนการเพาะปลูก

คุณสมบัติ	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
ลักษณะเนื้อดิน (Soil texture)	-	Hydrometer method
ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)	-	pH meter (ดิน:น้ำ = 1:1)
ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน (CEC)	เซนติโมล ต่อกิโลกรัม	NH^{+}_{4} Saturation And distillation
ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดิน	เดซิซีเมน ต่อเมตร	Soil : Water 1:5
ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันในดินและน้ำ (ORP)	มิลลิโวลต์	2580 B Oxidation-reduction potential
ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM)	เปอร์เซ็นต์	Walkley-black method
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	เปอร์เซ็นต์	Kjeldahl method
ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ (Available phosphorus)	มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม	Bray ll extraction
ปริมาณโพแทสเซียมที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ (Available potassium)	มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม	Ammonia acetate 1N pH 7.0 extraction
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	มิลลิกรัม ต่อลิตร	Membrane electrode method 4500-O G
ปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)	มิลลิกรัม ต่อลิตร	5-Days BOD test 5210 B
ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในน้ำ และพืช	มิลลิกรัม ต่อลิตร	Combustion-infrared method 5310 B
โลหะหนัก (Heavy Metals)	มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม	AAS
ปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	ส่วนในล้านส่วน	GC

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ อากาศ และพืช รวมทั้งผลผลิตข้าวจากแปลงนาทดลอง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบผลของสายพันธุ์ข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยสามารถแสดงผลของการศึกษาได้ดังนี้

4.1 คุณสมบัติของดินทดลอง

ทำการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่แปลงนาที่ใช้ในการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ทั้งหมด 5 ระยะ ได้แก่ ก่อนการเพาะปลูก ระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะออกดอก (ตั้งท้อง) และระยะก่อนเก็บเกี่ยว และนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

4.1.1 คุณสมบัติของดินก่อนการเพาะปลูก

การศึกษาคุณสมบัติของดินทดลองได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในช่วงของการเตรียมแปลงทดลองก่อนการเพาะปลูก จากแปลงนาทั้ง 2 แปลง ได้แก่ แปลงนาอินทรีย์ และแปลงนาเคมี พบว่าในแปลงนาอินทรีย์และแปลงนาเคมี มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว (Clay) (ตารางที่ 4.1) มีอัตราส่วนอยู่ในช่วงอนุภาคทราย:อนุภาคทรายแป้ง:อนุภาคดินเหนียว เท่ากับ 1.1 : 36.6 : 62.3 และ 2.5 : 34.6 : 62.8 ตามลำดับ ซึ่งเหมาะแก่การเพาะปลูกข้าว ปริมาณความชื้นในดินมีค่า 3.1 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.3 และ 4.5 ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 555.0 และ 334.3 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดินมีค่าเท่ากับ 13.0 และ 13.4 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันมีค่าเท่ากับ 288.9 และ 281.3 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าเท่ากับ 3.2 และ 3.6 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทั้ง 2 แปลง ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้มีค่าเท่ากับ 21.0 และ 19.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้มีค่าเท่ากับ 410.0 และ 325.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.1

นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์โลหะหนักในดินนาข้าว (ตารางที่ 4.2) ได้แก่ แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) สังกะสี (Zn) อาร์เซนิก (As) ซิลิเนียม (Se) และปรอท (Hg) พบว่า ปริมาณโลหะหนักทุกชนิดที่ทำการวิเคราะห์ มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัย และเกษตรกรรม ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) (ภาคผนวก ง) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน

จากคุณสมบัติของดินในแปลงนาอินทรีย์และเคมี แสดงให้เห็นได้ว่ามีความเหมาะสมแก่การเพาะปลูกข้าว เนื่องจากค่าคุณสมบัติที่ได้ทำการวิเคราะห์นั้นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมแก่การปลูกข้าว เช่น ลักษณะของเนื้อดินที่เป็นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียว ซึ่งมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากชุดดินที่ใช้ในการศึกษาเป็นชุดดินรังสิต ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ หรือมีสภาพเป็นกรด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) และในแปลงเคมีจะสังเกตได้ว่ามีค่าต่ำหรือค่อนข้างเป็นกรดมากกว่าแปลงอินทรีย์ เนื่องมาจากแปลงดังกล่าวมีการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้สารเคมีที่พืชไม่ได้ใช้ตกค้างอยู่ในดินจนทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลง นอกจากนี้ค่าการนำไฟฟ้าในดินซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงลักษณะการเป็นดินเค็ม แสดงให้เห็นว่าดินในแปลงนาไม่ได้อยู่ในสภาพดินเค็ม เนื่องจากดินเค็มจะเป็นดินที่มีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (แอนนา สายมณีรัตน์ และคณะ, 2557) โดยจากการวิเคราะห์พบว่า ดินในแปลงนาทั้ง 2 แปลงมีค่าต่ำกว่า ในส่วนของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงความอุดมสมบูรณ์นั้น พบว่า แปลงนาทั้ง 2 แปลงมีค่าสูงกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายถึงดินมีความอุดมสมบูรณ์ระดับสูง (กรมการข้าว, 2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของดินทดลอง

คุณสมบัติของดิน	หน่วย	แปลงอินทรีย์	แปลงเคมี
ปริมาณอนุภาคทราย (Sand)	เปอร์เซ็นต์	1.1	2.5
ปริมาณอนุภาคทรายแป้ง (Silt)	เปอร์เซ็นต์	36.6	34.6
ปริมาณอนุภาคดินเหนียว (Clay)	เปอร์เซ็นต์	62.3	62.8
เนื้อดิน (Soil texture)	-	ดินเหนียว	ดินเหนียว
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5.3	4.5
ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน (CEC)	เซนติโมลต่อกิโลกรัม	13.0	13.4
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร	555.0	334.3
ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (ORP)	มิลลิโวลต์	288.9	281.3
ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM)	เปอร์เซ็นต์	3.2	3.6
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)	เปอร์เซ็นต์	0.2	0.2
ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ (Available phosphorus)	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	21.0	19.0
ปริมาณโพแทสเซียมที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ (Available potassium)	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	410.0	325.0

ตารางที่ 4.2 ปริมาณโลหะหนักต่างๆ ในดินนาข้าวในระยะก่อนการเพาะปลูก

แปลงทดลอง	โลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)									
	Cd	Cr	Cu	Pb	Mn	Ni	Zn	As	Se	Hg
ค่ามาตรฐาน	37.0	300.0		400.0	1,800.0	1,600.0		3.9	390.0	23.0
แปลงอินทรีย์	<0.1	84.3	14.2	30.1	95.1	29.2	47.4	2.5	<0.1	<0.1
แปลงเคมี	<0.1	66.9	14.6	30.5	72.2	28.8	45.2	2.6	<0.1	<0.1

4.1.2 คุณสมบัติของดินในช่วงการเพาะปลูก

คุณสมบัติของดินในช่วงของการทดลองนั้นได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงนาทดลองทั้งหมด 12 แปลง ได้แก่ 1) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 2) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 3) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 4) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 5) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 6) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 7) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 8) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 9) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 10) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 11) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยคอก และ 12) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 ระยะ ได้แก่ ระยะกล้า ระยะแตกกอ ระยะออกดอก (ตั้งท้อง) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว โดยสามารถแสดงผลของการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4.3 และสามารถอธิบายผลวิเคราะห์ได้ดังนี้ ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินช่วงข้าวอยู่ในระยะกล้า พบว่า ดินจากแปลงทดลองทั้ง 12 แปลงมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.3-5.8 ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 141.7-849 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันมีค่าอยู่ในช่วง 87.9-409.1 มิลลิโวลต์ ทั้งนี้เนื่องจากดินอยู่ในสภาพเป็นกรดจัด และพบในแปลงเคมีเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากในแปลงนาเคมีนั้น มีการสะสมของแอมโมเนียมซึ่งได้มาจากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์ และปุ๋ยยูเรีย จากนั้นเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) โดยมีการเปลี่ยนแอมโมเนียมให้เป็นไนไตรท์หรือไนเตรท ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวจะให้ H^+ ออกมา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงจากช่วงก่อนการเพาะปลูก เนื่องจากพืชมีการดูดดึงธาตุอาหารซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายน้ำและมีประจุ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ไปใช้ในการเจริญเติบโต เพื่อเข้าสู่ระยะแตกกอต่อไป (ศาสตร์เกษตรดินปุ๋ย, 2555) ทั้งนี้ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน พบว่า ค่ามีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าการนำไฟฟ้า เนื่องจากเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณประจุที่มีการแตกตัวจากธาตุอาหาร ทั้งนี้ประจุดังกล่าวอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ (สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาล, 2553) ดังนั้นการที่ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน และค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลง เนื่องมาจากพืชมีการดูดดึงเอาประจุเหล่านั้นไปใช้

2) ผลการวิเคราะห์ดินช่วงข้าวอยู่ในระยะแตกกอ พบว่า ดินจากแปลงทดลองทั้ง 12 แปลงมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.2-7.1 ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 191.2-849 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันมีค่าอยู่ในช่วง -184.7-224.0 มิลลิโวลต์ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากมีการใส่ปุ๋ยคอกและเคมี ซึ่งทำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง

คือ 9.3 ร่วมกับการเติมน้ำเข้าแปลงนาที่อาจทำให้ดินในแปลงนาเคมีมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงหรือเป็นด่างมากขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่าดินในแปลงนามีค่าการนำไฟฟ้ามีค่าต่ำลง สืบเนื่องมาจากต้นข้าวอยู่ในระยะแตกกอซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารเป็นจำนวนมากขึ้น และการใส่ปุ๋ยก็ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นปริมาณการดูดดึงธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรือพืชสามารถนำไปใช้ได้ง่ายจึงถูกนำไปใช้ในปริมาณมากเพื่อการเจริญเติบโต (ศาสตร์เกษตรดินปุ๋ย, 2555) ส่วนค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันในระยะข้าวแตกกอของพันธุ์ข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นค่าลบ ทั้งนี้เนื่องจากแปลงนามีการขังน้ำเป็นเวลานานจึงทำให้อยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน และระดับพื้นดินใต้ผิวน้ำที่อยู่ในแปลงมีลักษณะลึกหรือตื้นที่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากการเดินย่ำในช่วงการดำนา มีผลต่อการถ่ายเทออกซิเจนจากดินสู่อากาศมีไม่เท่ากัน แต่ทั้งนี้จะพบว่าในแปลงสุพรรณบุรีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีนั้นมีค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันเป็นค่าบวก เนื่องจากแปลงดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของระดับในแปลงมาก ส่งผลให้มีภาวะน้ำแห้ง ดินจึงสามารถสัมผัสกับอากาศได้มากกว่าแปลงอื่นๆ ทำให้ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันมีค่าเป็นบวก

3) ผลการวิเคราะห์ดินช่วงข้าวอยู่ในระยะออกดอก หรือตั้งท้อง พบว่า ดินจากแปลงทดลองทั้ง 12 แปลงมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.2-6.7 ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 181.0-478.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันมีค่าอยู่ในช่วง 155.5-429.8 มิลลิโวลต์ ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีการย่อยสลายพวกสารอินทรีย์ที่อยู่ในดินและจากปุ๋ยโดยเฉพาะปุ๋ยคอก ซึ่งสารอินทรีย์ดังกล่าวเมื่อย่อยสลายแล้วจะให้ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดที่สูงขึ้น (Oremland, 1998) สำหรับค่าการนำไฟฟ้ายังคงมีการเปลี่ยนแปลงโดยลดลงจากระยะแตกกอไม่มากนัก เนื่องจากธาตุอาหารที่จำเป็นของข้าวในระยะนี้ คือ ซิลิคอน เนื่องจากเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการพัฒนาใบ รากและลำต้นที่แข็งแรง เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ ทำให้พืชมีความต้านทานโรค แมลง และปลวกดีขึ้น นอกจากนี้ข้าวที่ได้รับซิลิกอนในปริมาณที่เหมาะสมจะมีใบและลำต้นตั้งตรงแข็งแรง และทำให้การสังเคราะห์แสงดีขึ้น (กรมการข้าว, 2556) สอดคล้องกับค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันที่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่อยู่ในปริมาณที่สูง

4) ผลการวิเคราะห์ดินในช่วงข้าวอยู่ในระยะก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า ดินจากแปลงทดลองทั้ง 12 แปลงมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.2-6.4 ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 202.0-385.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันมีค่าอยู่ในช่วง 110.0-398.8 มิลลิโวลต์ ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างของแปลงนาทั้ง 2 แปลงนามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหรือค่อนข้างคงที่อยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมของการปลูกข้าว อีกทั้งค่าการนำไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน มีค่าค่อนข้างเริ่มคงที่ เนื่องจากช่วงนี้การดูดดึงธาตุอาหารของข้าวเริ่มคงที่ และไม่เน้นการเจริญเติบโตของต้น

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินในแปลงทดลองทุกระยะการเจริญเติบโต

แปลง	คุณสมบัติของดิน			แปลง	คุณสมบัติของดิน		
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (มิลลิโวลต์)		ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (มิลลิโวลต์)
ระยะกล้า				ระยะกล้า			
Sp.C	5.5±0.1 c	413.0±0.8 a	87.9±0.2 a	Pt.C	5.2±0.1 b	314.0±3.9 c	237.9±0.2 b
Sp.1	5.2±0.1 b	469.0±1.2 b	367.0±0.8 b	Pt.1	5.8±0.1 c	259.0±2.1 a	121.7±0.8 a
Sp.2	4.3±0.0 a	849.0±0.8 c	409.1±0.9 c	Pt.2	4.5±0.3 a	307.0±0.8 b	267.2±0.9 c
ระยะแตกกอ				ระยะแตกกอ			
Sp.C	6.5±0.1 a	265.0±0.8 a	-41.5±0.7 c	Pt.C	5.0±0.1 b	413.6±0.3 c	-29.5±0.5 a
Sp.1	7.1±0.1 b	353.0±2.2 b	-184.7±2.0 b	Pt.1	5.6±0.1 c	191.2±0.8 a	-31.7±1.4 a
Sp.2	7.1±0.2 b	849.0±233.3 c	-151.8±2.5 a	Pt.2	4.5±0.2 a	293.0±6.2 b	224.0±2.4 b
ระยะออกดอก				ระยะออกดอก			
Sp.C	4.8±0.1 a	478.0±2.2 c	285.0±2.2 c	Pt.C	4.7±0.1 b	267.0±2.5 b	319.0±0.8 b
Sp.1	5.4±0.1 b	285.0±1.7 b	165.0±2.2 a	Pt.1	6.6±0.3 c	181.0±2.2 a	165.7±2.3 a
Sp.2	5.9±0.0 c	253.0±1.6 a	199.0±1.6 b	Pt.2	4.2±0.2 a	344.0±3.6 c	394.6±1.8 c
ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว				ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว			
Sp.C	5.7±0.2 a	213.0±1.2 b	124.0±0.8 c	Pt.C	5.0±0.1 a	340.0±1.7 b	338.8±1.4 b
Sp.1	6.1±0.1 ab	202.0±1.2 a	155.0±0.0 b	Pt.1	6.3±0.2 b	385.0±3.6 c	169.1±0.7 a
Sp.2	6.3±0.2 c	265.0±3.4 c	110.0±1.6 a	Pt.2	4.6±0.3 a	275.9±1.5 a	359.2±0.8 c

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามการใช้ปุ๋ยของแต่ละสายพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Sp.C = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Sp.1 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยคอก
Sp.2 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pt.C = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pt.1 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Pt.2 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินในแปลงทุกระยะการเจริญเติบโต (ต่อ)

แปลง	คุณสมบัติของดิน			แปลง	คุณสมบัติของดิน		
	ค่าความเป็นกรด–ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (มิลลิโวลต์)		ค่าความเป็นกรด–ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (มิลลิโวลต์)
ระยะกล้า				ระยะกล้า			
Cn.C	5.0±0.1 a	321.0±1.2 b	207.3±0.6 b	Pl.C	4.9±0.0 b	356.0±1.6 c	224.4±2.8 a
Cn.1	4.5±0.3 a	220.6±0.9 a	124.3±0.9 a	Pl.1	5.7±0.2 c	141.71.7± a	384.0±3.0 c
Cn.2	4.6±0.3 a	397.0±2.4 c	259.8±1.6 c	Pl.2	4.4±0.0 a	283.03.3± b	287.6±1.7 b
ระยะแตกกอ				ระยะแตกกอ			
Cn.C	4.7±0.1 a	321.3±1.1 c	-53.1±1.7 b	Pl.C	4.7±0.2 b	449.0±0.8 c	-32.6±1.7 c
Cn.1	5.5±0.1 b	247.3±1.5 a	-16.2±1.9 a	Pl.1	5.4±0.2 c	334.0±3.3 b	-79.9±1.5 a
Cn.2	5.4±0.3 b	275.0±3.7 b	-69.4±1.5 c	Pl.2	4.2±0.2 a	325.0±3.7 a	-42.7±2.5 b
ระยะออกดอก				ระยะออกดอก			
Cn.C	4.5±0.1 a	254.3±2.1 a	330.8±0.9 b	Pl.C	6.2±0.1 b	287.6±2.5 b	266.1±1.3 b
Cn.1	5.6±0.2 b	357.0±2.6 c	196.3±2.6 a	Pl.1	6.7±0.3 c	283.0±2.0 b	155.5±1.2 a
Cn.2	4.3±0.2 a	274.6±1.3 b	429.8±2.4 c	Pl.2	5.1±0.2 a	250.3±2.1 a	336.3±2.4 c
ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว				ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว			
Cn.C	4.5±0.1 a	346.5±1.3 c	398.8±1.3 c	Pl.C	4.3±0.2 a	312.0±2.9 b	279.8±0.9 b
Cn.1	6.4±0.2 b	227.5±1.5 a	196.1±3.3 b	Pl.1	5.2±0.1 b	352.3±2.2 c	256.0±2.0 a
Cn.2	6.3±0.2 b	323.0±1.2 b	187.1±2.5 a	Pl.2	4.2±0.1 a	248.2±2.0 a	361.4±1.5 c

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามการใช้ปุ๋ยของแต่ละสายพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Cn.C = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Cn.1 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Cn.2 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pl.C = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pl.1 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยคอก
Pl.2 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยเคมี

4.2 คุณสมบัติของน้ำในแปลงนาทดลอง

คุณสมบัติของน้ำในพื้นที่แปลงนาที่ใช้ในการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 5 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนการเพาะปลูก ระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะออกดอก (ตั้งท้อง) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว และนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

4.2.1 คุณสมบัติของน้ำก่อนการเพาะปลูก

จากตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างก่อนทำการเพาะปลูกหรือก่อนการปักดำข้าว ผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวอย่างน้ำในแปลงนาอินทรีย์และเคมีมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.8 และ 3.8 ตามลำดับ โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำก่อนการเพาะปลูก พบว่า มีค่าเท่ากับ 1,994.0 และ 1,750.0 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน มีค่าเท่ากับ 426.7 และ 416.7 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 5.7 และ 6.89 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เท่ากับ 2.9 และ 1.9 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติของน้ำก่อนการเพาะปลูก

คุณสมบัติของน้ำ	หน่วย	แปลงอินทรีย์	แปลงเคมี
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	-	3.8	3.8
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร	1,994.0	1,750.0
ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (ORP)	มิลลิโวลต์	426.7	416.7
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	มิลลิกรัมต่อลิตร	5.7	6.9
ค่าออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	2.9	1.9

4.2.2 คุณสมบัติของน้ำในช่วงของการเพาะปลูก

ตัวอย่างน้ำที่นำมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ เป็นตัวอย่างน้ำที่อยู่ในพื้นที่แปลงนาทั้งหมด 12 แปลง ได้แก่ 1) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 2) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 3) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 4) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 5) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 6) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 7) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 8) แปลงที่มีการปลูกข้าว

พันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 9) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 10) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 11) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยคอก และ 12) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่อนข้างเป็นกลางในทุกแปลงการทดลองตลอดการเพาะปลูก โดยส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบอยู่ที่ประมาณ 5-6 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมแก่การปลูกข้าว ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการทำนาจะอยู่ในช่วง 6.5-8.5 ซึ่งมีสภาพที่ไม่เป็นกรดหรือด่างจนเกินไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2540) (ภาคผนวก จ) ส่วนค่าการนำไฟฟ้าจะสูงในช่วงที่มีการใส่ปุ๋ย เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งจะมีการแตกตัวเป็นประจุ และน้ำที่เติมเข้าสู่แปลงจะมีธาตุอาหารเจือปนอยู่ในปริมาณหนึ่งเช่นเดียวกัน (เกริก ปิ่นตระกูล, 2550) ส่วนค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน ตลอดระยะการเจริญเติบโตมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีปริมาณสูงในช่วงกล้าและแตกกอ และลดลงในระยะออกดอกหรือตั้งท้อง และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว เนื่องจากในระยะกล้าและแตกกอนั้น ขนาดของกอข้าว รวมทั้งความหนาแน่นของใบยังน้อย ทำให้การถ่ายเทของอากาศภายในแปลงสามารถไหลผ่านได้ดี ส่วนระยะข้าวออกดอกหรือตั้งท้อง และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว ข้าวที่มีความหนาแน่นของใบมากขึ้น ส่งผลให้ออกซิเจนละลายลงสู่น้ำได้น้อยลง อีกทั้งการใส่ปุ๋ยในแปลงนามีผลทำให้จุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของปุ๋ยมากขึ้น ส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลชีพเพิ่มสูงขึ้น (ยุพาพร ชินอรุณชัย, 2524) ซึ่งสามารถสรุปผลคุณสมบัติของน้ำในแปลงนาดังกล่าวในแต่ละระยะ (ตารางที่ 4.5) ได้ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างในช่วงข้าวในระยะกล้า ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ หลังจากมีการใส่ปุ๋ยครั้งแรก พบว่า ตัวอย่างน้ำในแปลงนาทดลองทุกแปลง มีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกับในช่วงก่อนการเพาะปลูก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.1-7.4 สำหรับค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 860-2,920 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ส่วนค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันอยู่ในช่วง 150.1-361.8 มิลลิโวลต์ และค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 5.1-11.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อยู่ในช่วง 1.9-5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้น้ำมีการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างให้มีความเป็นกลางมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยที่ใส่เข้าไปจะปรับสภาพน้ำให้เป็นกลาง ส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยที่เติมเข้าไปนั้นมีการแตกตัวเป็นประจุ เมื่อมีปริมาณประจุมากขึ้นค่านำไฟฟ้าสูงขึ้น ส่วนค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ และค่าออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ มีค่าที่สอดคล้องกัน เนื่องจากในระยะกล้าความหนาแน่นในแปลงนามีน้อย อากาศสามารถไหลเวียนไปทั่วบริเวณ ทำให้มีการละลายของก๊าซออกซิเจนลงสู่น้ำในแปลงมากขึ้น ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยารีดอก และทำให้จุลินทรีย์สามารถนำเอาก๊าซออกซิเจนมาใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้นเช่นกัน

2) ผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างในช่วงข้าวอยู่ในระยะแตกกอ พบว่า น้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 3.8-7.2 ส่วนค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 490-1,970 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันอยู่ในช่วง 189.1-354.2 มิลลิโวลต์ และค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อยู่ในช่วง 2.1-7.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อยู่ในช่วง 2.1-8.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ และค่าออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ มีค่าที่สอดคล้องกับคุณสมบัติในระยะกล้า เนื่องจากปัจจัยการใส่ปุ๋ยซึ่งจะปรับสภาพของน้ำให้มีความเป็นกลางมากขึ้น ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงเนื่องจากการใส่ปุ๋ยทำให้เกิดการแตกตัวเป็นประจุมากขึ้นมากขึ้น และการละลายของออกซิเจนในน้ำส่งผลต่อการปฏิกิริยารีด็อกและปริมาณการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในน้ำที่เพิ่มขึ้น

3) ผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างในช่วงข้าวอยู่ในระยะออกดอก พบว่า ตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.3-7.5 สำหรับค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 591-1,680 มโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันอยู่ในช่วง 154.7-283.1 มิลลิโวลต์ และค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.8-5.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อยู่ในช่วง 1.6-7.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างยังมีสภาพเป็นกลาง และค่าการนำไฟฟ้ายังมีค่าสูง เนื่องจากมีการใส่ปุ๋ย แต่ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ และค่าออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้นมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากความหนาแน่นของต้นข้าวที่มีมากขึ้นภายในแปลง ทั้งนี้มีผลทำให้การไหลเวียนของอากาศลดลง การละลายของออกซิเจนในน้ำและการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ลดลงด้วย

4) ผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างในช่วงข้าวอยู่ในระยะเก็บเกี่ยว พบว่า น้ำตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 5.7-6.7 สำหรับค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 223-920 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันอยู่ในช่วง 172.1-220.6 มิลลิโวลต์ ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.5-5.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อยู่ในช่วง 1.2-4.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้ามีค่าลดลง เนื่องจากในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวนั้นไม่ได้มีการใส่ปุ๋ยลงสู่แปลง การแตกตัวเป็นประจุของปุ๋ยจึงลดน้อยลง การนำไฟฟ้าจึงลดลง นอกจากนี้ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ และค่าออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้นก็มีค่าลดลงสอดคล้องกับระยะออกดอก เนื่องจากความหนาแน่นภายในแปลงมีมาก เป็นผลมาจากขนาดของต้นข้าวที่มีรูปร่างใหญ่ขึ้น การไหลวัยนของอากาศภายในแปลงลดน้อยลงการละลายของก๊าซออกซิเจนลดต่ำลง ส่งผลต่อปฏิกิริยารีด็อกในน้ำและการใช้ก๊าซออกซิเจนของจุลินทรีย์ในน้ำ

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติของน้ำในแปลงทดลองทุกระยะการเจริญเติบโต

แปลง	คุณสมบัติของน้ำ				
	ค่าความเป็นกรด–ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (มิลลิโวลต์)	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ระยะกล้า					
Sp.C	7.4±0.1[c]	860.0±2.9[a]	150.1±0.1[a]	5.7±0.1[a]	4.3±0.2[a]
Sp.1	7.1±0.2[b]	890.0±1.9[b]	190.3±1.3[b]	5.1±0.2[b]	5.2±0.4[ab]
Sp.2	6.5±0.2[a]	1,430.0±2.6[c]	180.4±1.7[c]	6.6±0.1[c]	4.7±0.2[c]
ระยะแตกกอ					
Sp.C	6.7±0.3[a]	542.0±1.7[a]	198.7±2.1[a]	7.8±0.5[c]	5.9±0.2[c]
Sp.1	7.2±0.1[b]	545.0±2.9[a]	217.0±3.1[b]	6.9±0.4[b]	6.4±0.2[b]
Sp.2	6.4±0.1[a]	631.0±3.3[b]	229.9±1.9[c]	2.1±0.1[a]	2.1±0.1[a]
ระยะออกดอก					
Sp.C	7.5±0.2[b]	636.0±3.6[c]	155.4±1.9[a]	3.1±0.1[a]	3.0±0.3[a]
Sp.1	6.8±0.1[a]	610.0±3.7[b]	167.4±1.7[b]	3.0±0.3[a]	4.4±0.2[b]
Sp.2	7.0±0.3[ab]	591.0±8.1[a]	154.7±2.2[a]	5.1±0.2[b]	3.9±0.1[b]
ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว					
Sp.C	6.7±0.2[a]	223.0±1.7[a]	172.1±1.9[a]	4.4±0.2[a]	1.2±0.1[a]
Sp.1	6.6±0.3[a]	230.0±2.1[b]	175.7±2.1[a]	4.5±0.3[a]	1.3±0.2[a]
Sp.2	6.5±0.3[a]	226.0±3.4[ab]	220.6±1.2[b]	5.1±0.1[b]	1.3±0.3[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามการใช้ปุ๋ยของแต่ละสายพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Sp.C = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Sp.1 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยคอก

Sp.2 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติของน้ำในแปลงทดลองทุกระยะการเจริญเติบโต (ต่อ)

แปลง	คุณสมบัติของน้ำ				
	ค่าความเป็นกรด–ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (มิลลิโวลต์)	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ระยะกล้า					
Pt.C	4.1±0.1 a	2,330.0±80.0 c	315.1±4.2 c	7.6±0.4 a	3.7±0.3 a
Pt.1	6.6±0.3 c	920.0±6.8 a	264.9±2.7 b	11.3±2.1 c	5.8±0.4 b
Pt.2	5.7±0.2 b	1,100.0±76.7 b	214.4±3.2 a	9.3±0.1 b	5.3a±0.4 b
ระยะแตกกอ					
Pt.C	6.1±0.4 b	570.0±2.1 a	256.2±3.1 b	3.5±0.4 a	6.8±0.5 b
Pt.1	6.4±0.2 b	490.0±6.2 a	191.4±3.0 a	4.0±0.3 a	4.6±0.4 a
Pt.2	3.8±0.2 a	1,720.0±86.5 b	354.2±4.3 c	6.1±0.5 b	5.4±0.3 a
ระยะออกดอก					
Pt.C	6.1±0.1 a	890.0±9.0 b	282.4±7.6 b	1.8±0.2 a	2.2±0.4 a
Pt.1	5.6±0.4 a	1,070.0±94.9 c	278.1±4.6 b	4.1±0.4 b	3.8±0.5 b
Pt.2	6.2±0.5 a	610.0±7.8 a	253.9±4.7 a	3.4±0.4 b	7.3±0.4 c
ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว					
Pt.C	6.0±0.2 a	690.0±12.3 b	190.0±13.7 a	1.5±0.1 a	2.4±0.4 a
Pt.1	6.3±0.6 a	770.0±7.6 c	213.4±3.2 a	2.3±0.3 b	3.2±0.4 ab
Pt.2	6.0±0.7 a	630.0±7.9 a	215.5±10.2 a	4.0±0.3 c	4.4±0.8 b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามการใช้ปุ๋ยของแต่ละสายพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Pt.C = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Pt.1 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยคอก

Pt.2 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติของน้ำในแปลงทดลองทุกระยะการเจริญเติบโต (ต่อ)

แปลง	คุณสมบัติของน้ำ				
	ค่าความเป็นกรด–ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (มิลลิโวลต์)	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ระยะกล้า					
Cn.C	4.1±0.4 a	2,920±95.9 b	271.1±14.9 b	8.6±0.4 a	2.0±0.5 a
Cn.1	6.0±0.6 b	1,060±44.8 a	283.7±9.4 b	11.3±1.4 b	2.9±0.4 a
Cn.2	5.6±0.4 b	1,200±41.3 a	221.1±2.9 a	8.7±0.4 a	5.5±0.4 b
ระยะแตกกอ					
Cn.C	5.6±0.5 ab	870±9.0 b	271.8±7.2 b	4.5±0.4 a	7.4±0.7 b
Cn.1	6.2±0.3 b	510±7.3 a	201.7±3.1 a	4.5±0.6 a	4.6±0.3 a
Cn.2	4.7±0.6 a	1,970±7.0 c	203.3±9.4 a	7.6±0.2 b	8.0±0.1 b
ระยะออกดอก					
Cn.C	5.7±0.2 a	1,190±35.9 b	259.3±7.8 b	3.1±0.3 a	6.3±0.6 b
Cn.1	5.7±0.5 a	1,220±21.3 b	283.1±9.4 c	3.6±0.3 a	2.4±0.3 a
Cn.2	6.3±0.4 a	640±15.5 a	228.3±5.9 a	3.0±0.3 a	1.6±0.4 a
ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว					
Cn.C	6.0±0.5 a	648±7.3 a	214.9±3.6 b	2.7±0.6 a	2.9±0.4 a
Cn.1	6.2±0.6 a	820±14.7 b	215.5±4.5 b	3.6±0.7 a	2.6±0.8 a
Cn.2	5.9±0.4 a	740±11.1 c	198.1±5.7 a	3.4±0.3 a	4.4±0.4 b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามการใช้ปุ๋ยของแต่ละสายพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Cn.C = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Cn.1 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยคอก

Cn.2 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติของน้ำในแปลงทดลองทุกระยะการเจริญเติบโต (ต่อ)

แปลง	คุณสมบัติของน้ำ				
	ค่าความเป็นกรด–ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (มิลลิโวลต์)	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ระยะกล้า					
Pl.C	4.2±0.2 a	2,880.0±97.3 b	361.8±24.9 c	7.5±0.8 a	1.9±0.3 a
Pl.1	6.0±0.2 c	1,600.0±173.3 a	260.3±10.2 b	11.5±0.3 b	3.3±0.4 b
Pl.2	5.6±0.2 c	1,400.0±152.3 a	192.2±12.9 a	11.3±0.9 b	5.7±0.8 c
ระยะแตกกอ					
Pl.C	5.9±0.2 b	1,150.0±115.0 b	248.3±4.8 c	7.4±0.4 b	8.3±0.1 c
Pl.1	6.3±0.2 b	560.0±13.7 a	189.1±5.1 a	5.7±0.5 a	5.5±0.4 b
Pl.2	4.2±0.5 a	1,310.0±77.8 b	235.6±4.9 b	7.4±0.3 b	4.1±0.5 a
ระยะออกดอก					
Pl.C	5.3±0.3 a	1,680.0±70.7 c	276.7±5.5 b	3.2±0.2 b	2.0±0.2 a
Pl.1	5.5±0.1 a	1,350.0±54.4 b	280.4±3.4 b	2.9±0.3 ab	2.7±0.3 b
Pl.2	6.4±0.3 b	660.0±59.9 a	258.3±8.2 a	2.6±0.1 a	6.3±0.3 c
ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว					
Pl.C	5.7±0.1 a	920.0±48.3 c	218.0±5.2 b	3.3±0.0 b	2.7±0.2 a
Pl.1	6.1±0.2 b	840.0±12.9 b	214.1±7.8 b	2.6±0.2 a	3.0±0.3 a
Pl.2	6.2±0.2 b	520.0±5.8 a	198.2±6.0 a	3.2±0.2 b	4.1±0.2 b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามการใช้ปุ๋ยของแต่ละสายพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Pl.C = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Pl.1 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยคอก

Pl.2 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยเคมี

4.3 คุณสมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองปลูกข้าวประกอบด้วยปุ๋ย 2 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ซึ่งปุ๋ยแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ดังแสดงค่าในตารางที่ 4.6

4.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยคอก

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยคอกที่นำมาใช้ในการทดลอง พบว่า ปุ๋ยคอก (มูลวัว) มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9.3 ค่าความชื้น เท่ากับ 46.4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอน 17.9 เปอร์เซ็นต์ และมีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 12:1 (ตารางที่ 4.6)

4.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยเคมี

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยเคมีที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 จากการวิเคราะห์ พบว่า ปุ๋ยเคมี สูตร 16-20-0 มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาล มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7.3 มีปริมาณความชื้น เท่ากับ 2.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 16.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอน 0.9 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 0.06/1 สำหรับปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 หรือเรียกว่า ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ สีขาว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9.3 ค่าความชื้น เท่ากับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 46.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอน 0.4 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 0.01:1 ดังแสดงในตารางที่ 4.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

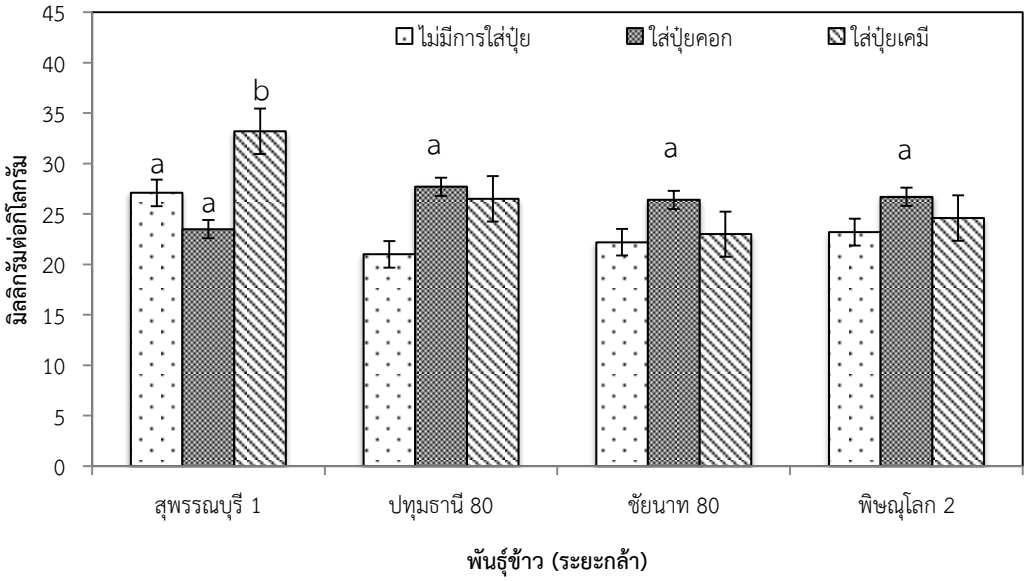
ตารางที่ 4.6 คุณสมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ย					
	ลักษณะ	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าความชื้น (%)	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณคาร์บอน (%)	คาร์บอนต่อไนโตรเจน
ปุ๋ยคอก (มูลวัว)	ผงสีน้ำตาล	9.3	46.4	1.5	17.9	12:1
ปุ๋ยเคมี (16-20-0)	เม็ดสีน้ำตาล	7.3	2.3	16.3	0.9	0.06:1
ปุ๋ยเคมี (46-0-0)	เม็ดสีขาว	9.3	0.5	46.0	0.4	0.01:1

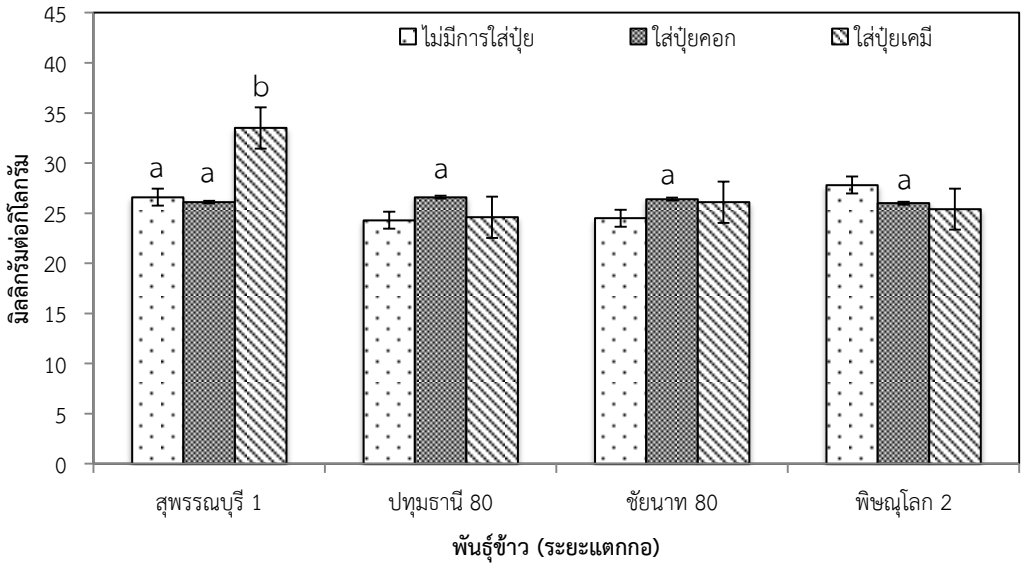
4.4 ค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC)

การหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด หรือ TOC (Total Organic Carbon) คือ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในสารอินทรีย์ โดยหลักการวิเคราะห์ค่า TOC คือ การออกซิไดซ์คาร์บอนในสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนสภาพไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ปวรีน สุวรรณอินทร์, 2550) และทำการหาปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และพืช (ข้าว) เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด โดยสามารถแบ่งช่วงของการเก็บตัวอย่างตามกิจกรรมการปลูกข้าว และตามช่วงอายุของข้าว ได้แก่ ก่อนการเพาะปลูกหรือช่วงของการเตรียมดิน และช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าว ได้แก่ ระยะกล้า ระยะแตกกอ ระยะออกดอก และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน น้ำ และข้าว แสดงได้ดังรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.3

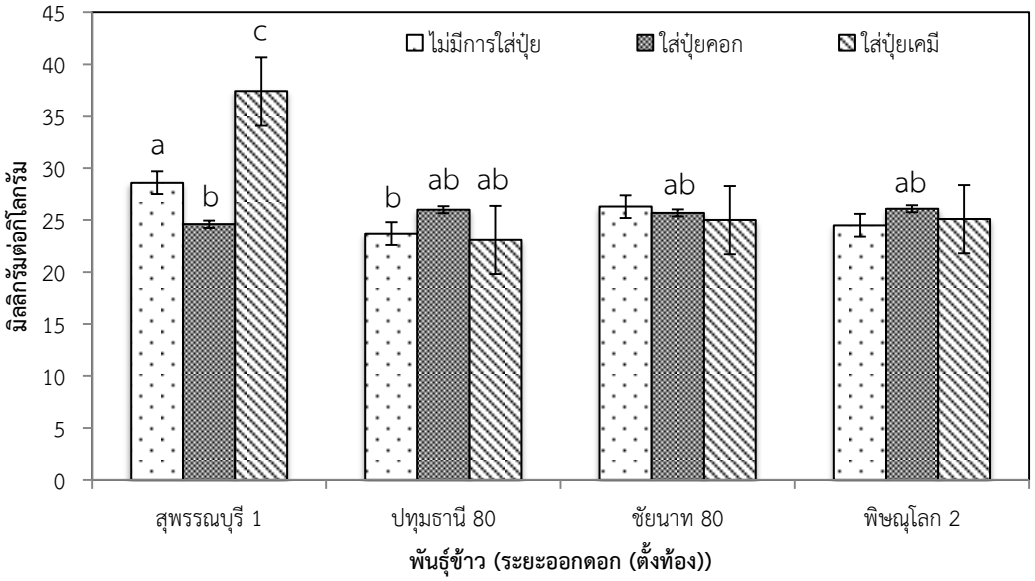
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



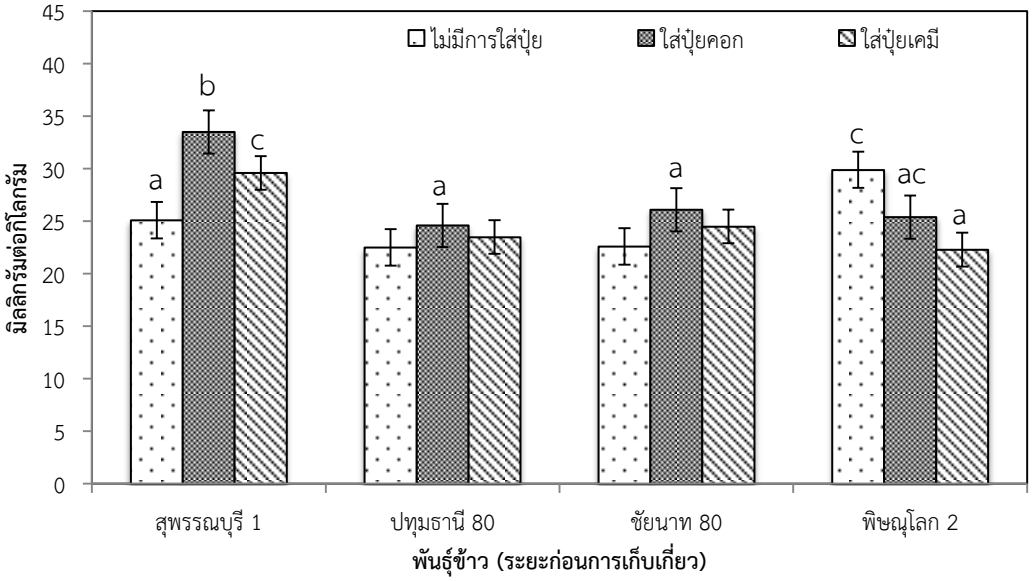
รูปที่ 4.1 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดิน



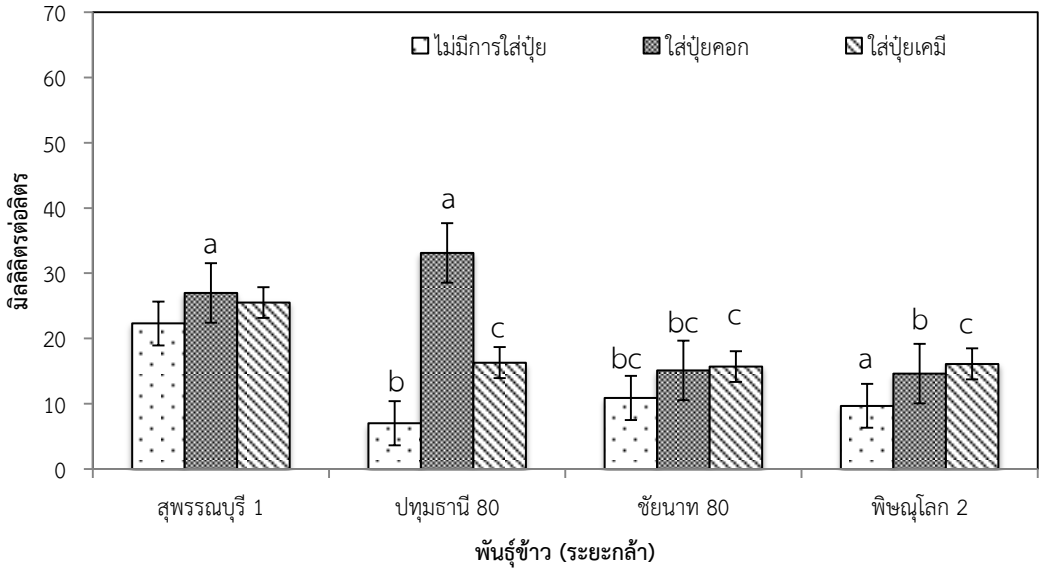
รูปที่ 4.1 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดิน (ต่อ)



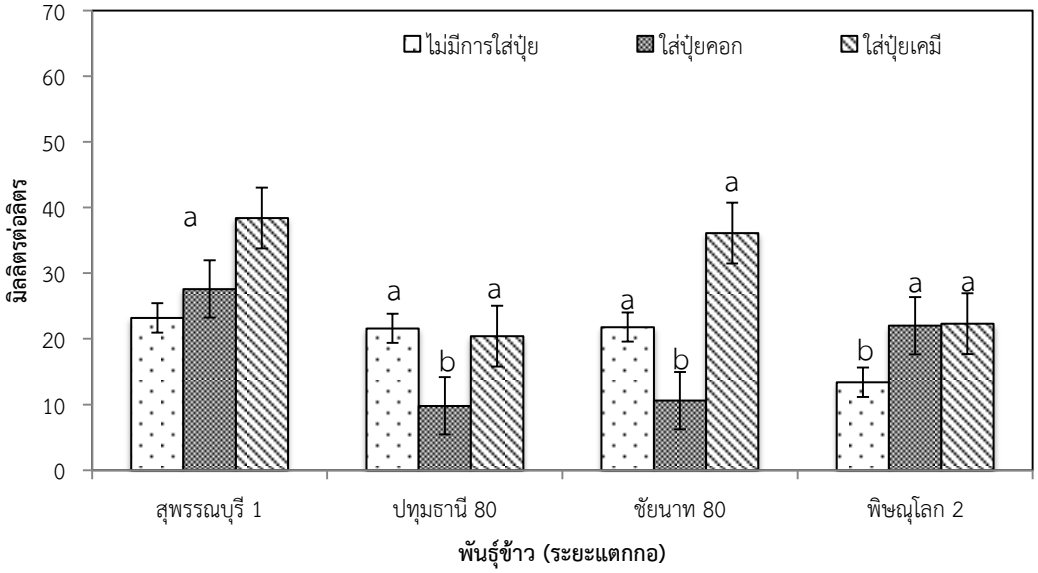
รูปที่ 4.1 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดิน (ต่อ)



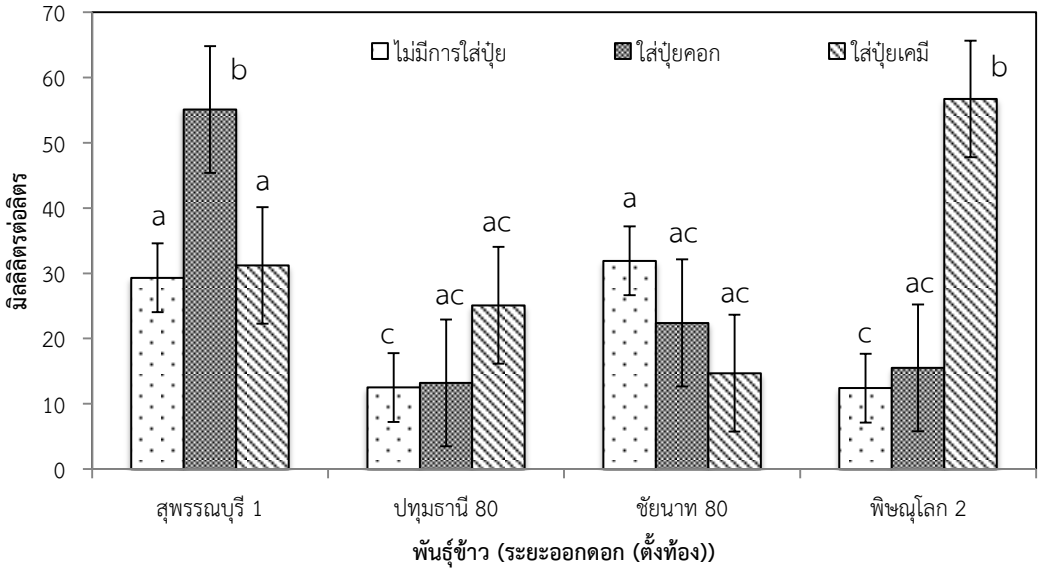
รูปที่ 4.1 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดิน (ต่อ)



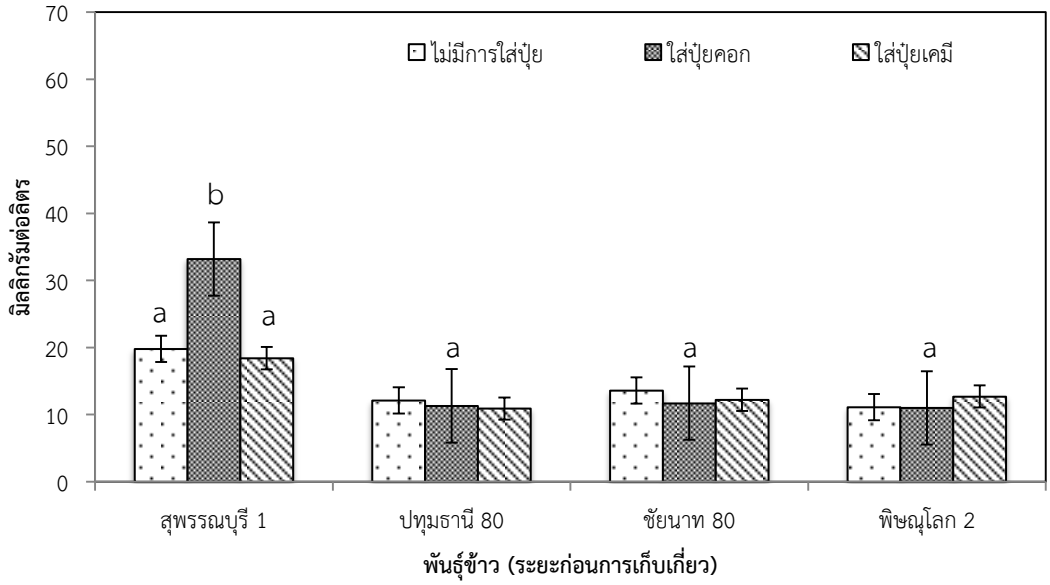
รูปที่ 4.2 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ



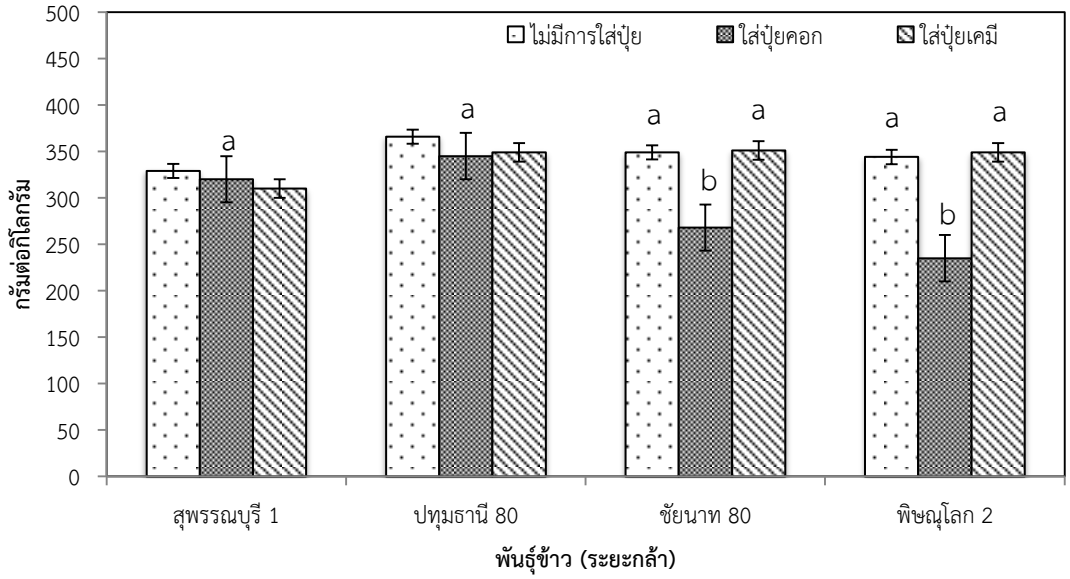
รูปที่ 4.2 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ (ต่อ)



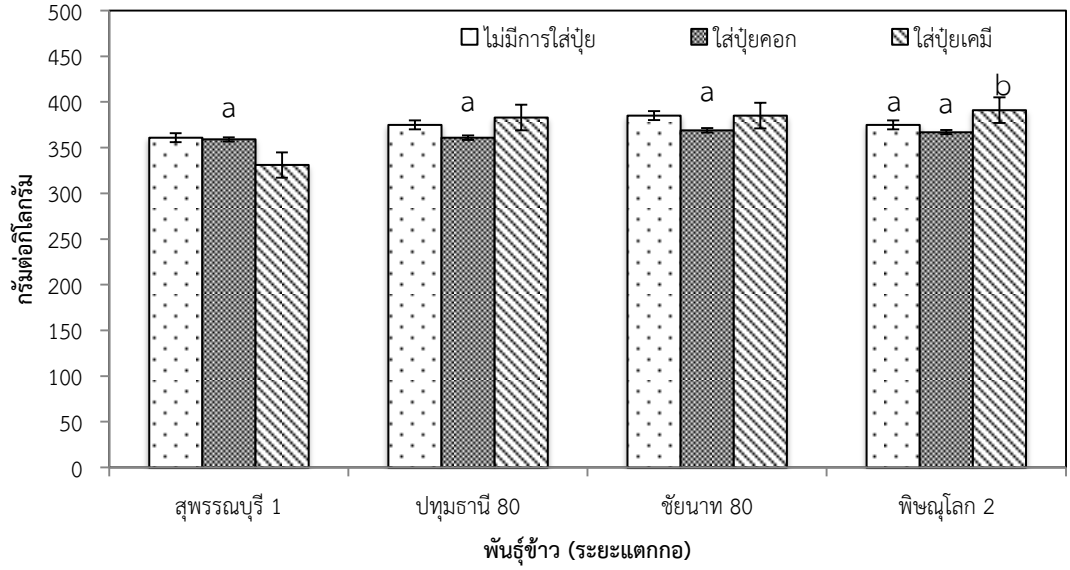
รูปที่ 4.2 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ (ต่อ)



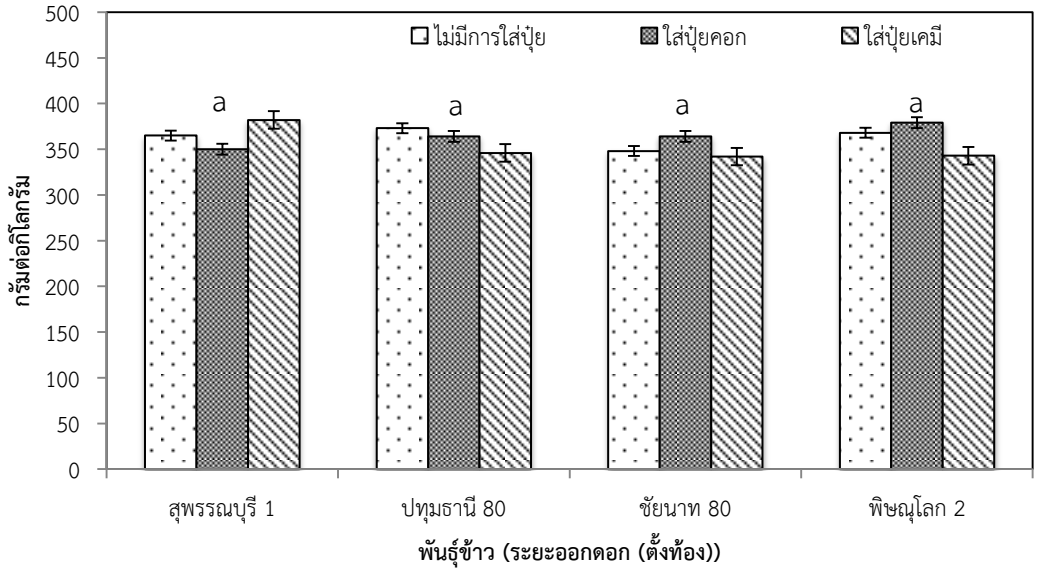
รูปที่ 4.2 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ (ต่อ)



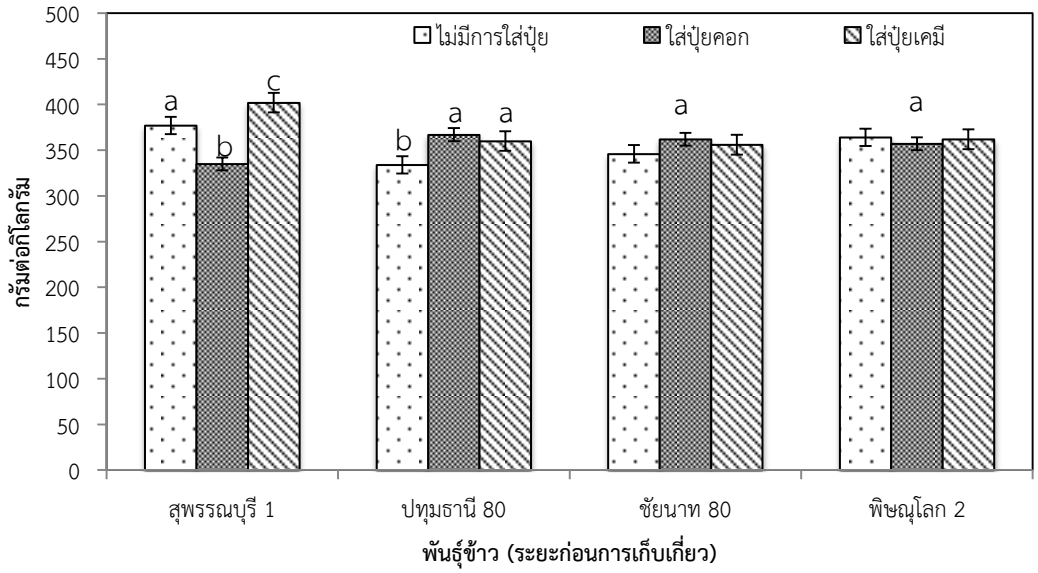
รูปที่ 4.3 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในต้นข้าว



รูปที่ 4.3 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในต้นข้าว (ต่อ)



รูปที่ 4.3 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในต้นข้าว (ต่อ)



รูปที่ 4.3 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในต้นข้าว (ต่อ)

จากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน น้ำ และต้นข้าว ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว (รูปที่ 4.1-4-3) เพื่อศึกษาปริมาณการดูดซับและสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด พบว่า

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน (รูปที่ 4.1) จากการศึกษาพบว่า ตลอดช่วงการเพาะปลูกคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดินจะมีการสะสมในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก เนื่องจากปุ๋ยคอกมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าปุ๋ยเคมี ทั้งนี้ในแปลงสุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีนั้นกลับมีการสะสมของคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูง ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งสูตรของปุ๋ยนั้นจะเน้นการเจริญเติบโตของใบเป็นหลัก พืชจึงเพิ่มจำนวนใบใหม่มากขึ้น และใบเก่าจะร่วงหล่นลงสู่พื้นดิน ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในน้ำ (รูปที่ 4.2) จากการศึกษาพบว่า ในระยะข้าวออกดอก (ตั้งท้อง) มีการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนมากที่สุด แต่ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองต้องมีการรักษาระดับน้ำในแปลงทดลอง ซึ่งแปลงทดลองแต่ละแปลงนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่แตกต่างกัน การเติมน้ำเข้าสู่แปลงแต่ละครั้งจะมีการเพิ่มปริมาณของสารอินทรีย์ที่ไม่เท่ากัน เป็นผลมาจากน้ำที่ใช้นั้นมาจากแหล่งน้ำชุมชน ซึ่งมีธาตุอาหารต่างๆ ปะปนมากับน้ำที่เติมสู่แปลงนา (เกริก ปิ่นตระกูล, 2550) ร่วมกับเศษของรวงหรือดอกข้าวที่ไม่สมบูรณ์ร่วงลงน้ำ การย่อยสลายสารอินทรีย์จำพวกใบข้าวหรือพืชน้ำที่หล่นหรือตายทำได้น้อยลง เนื่องจากค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในระยะดังกล่าวมีค่าค่อนข้างต่ำ กล่าวคือ จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เต็มที่ (ยุพาพร ชินอรุณชัย, 2524) อีกทั้งได้มีการใส่ปุ๋ยลงไปในแปลงนา จึงอาจทำให้มีสารอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นจนเกิดการละลายปนอยู่ในน้ำ และจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในข้าว (รูปที่ 4.3) พบว่า มีค่าเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่สูงนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความต้องการสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และนำไปสร้างเมล็ด ซึ่งเป็นส่วนที่มีการสะสมสารอาหารจำพวกแป้งที่เรียกว่า Endosperm และ Embryo (ประพาส วีระแพทย์, 2520) และเมื่อเข้าสู่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยวจะมีปริมาณลดลง เนื่องจากเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้นก็จะมีการหลุดร่วงของใบ รวงและเมล็ด ทำให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในต้นข้าวลดลง และจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.5 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงก่อนการเพาะปลูก

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ 2 ชนิด ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มาจากกิจกรรมในนาข้าวที่มีการปลูกข้าวแตกต่างกัน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2 ซึ่งเป็นปริมาณการปลดปล่อยโดยรวมจากทุกกิจกรรมที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินและน้ำ กระบวนการสังเคราะห์แสงหรือกระบวนการหายใจของพืช รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในแปลงนาที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงก่อนการเพาะปลูก เป็นการศึกษาอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในช่วงที่ไม่มีการปลูกข้าว เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงที่ไม่มีการเพาะปลูกและมีการเพาะปลูก เนื่องจากปัจจัยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นไม่ได้มาจากกิจกรรมของพืชเพียงอย่างเดียว แต่ยังมาจากปัจจัยอื่นด้วย ทั้งนี้พบว่า ในแปลงนาอินทรีย์นั้นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน มีค่าเท่ากับ 0.29 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าเท่ากับ 814.17 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนในแปลงนาเคมีมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน มีค่าเท่ากับ 0.34 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าเท่ากับ 759.56 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน (ตารางที่ 4.7) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.7 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงก่อนการเพาะปลูก

แปลงทดลอง	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	
	ก๊าซมีเทน	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
แปลงนาอินทรีย์	0.29^{NS}	814.17^{NS}
แปลงนาเคมี	0.34^{NS}	759.56^{NS}

หมายเหตุ *NS = ไม่แตกต่างทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.6 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการเพาะปลูก

การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการเพาะปลูก เป็นการศึกษาอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในช่วงการเจริญเติบโตของข้าว ได้แก่ ระยะกล้า ระยะแตกกอ ระยะออกดอก (ตั้งท้อง) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีการเพาะปลูกข้าวที่แตกต่างกัน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงการเพาะปลูกนั้นมีค่าสูงกว่าในช่วงก่อนการเพาะปลูก และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงการเพาะปลูกต่ำกว่าในช่วงก่อนการเพาะปลูก โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

4.6.1 ผลของปุ๋ยต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การศึกษาในครั้งนี้มีการใช้ปุ๋ยในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยคอก (มูลวัว) และปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และสูตร 46-0-0 และได้แบ่งการทดลองออกเป็น 12 แปลงทดลอง ได้แก่ 1) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 2) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 3) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 4) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 5) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 6) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 7) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 8) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 9) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 10) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 11) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยคอก และ 12) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี (ภาคผนวก ฉ และ ช) โดยผลของปุ๋ยแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการทำนานั้นอาจมีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปุ๋ยคอกจะมีส่วนผสมของสารอินทรีย์จำพวกซากพืชเป็นหลัก (กรมการข้าว, 2556) จุลินทรีย์จึงสามารถนำไปใช้ในการย่อยสลาย และปุ๋ยเคมีมีส่วนผสมของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม (N:P:K) ซึ่งส่วนผสมเหล่านี้อาจมีผลต่อเกิดปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการทำนา ซึ่งจากการวิเคราะห์โดยรวมถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 2 ชนิด ในแต่ละแปลงนาทดลอง พบว่า ในแต่ละแปลงนาทดลองมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีค่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างมีนัยสำคัญ (ภาคผนวก ซ และ ฌ) ดังแสดงรายละเอียดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในตารางที่ 4.8 และสามารถแสดงผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำนาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใส่ปุ๋ยในแต่ละชุดทดลอง

แปลง	อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)
Sp.C	1.20±1.06[a]	269.72±39.59[a]
Pt.C	1.01±0.31[ab]	333.08±30.53[a]
Cn.C	1.18±0.03[b]	291.02±17.75[a]
Pl.C	1.08±0.20[ab]	237.06±8.35[a]
Sp.1	1.35±0.31[a]	377.35±27.87[ab]
Pt.1	1.33±0.90[b]	333.73±73.03[a]
Cn.1	1.32±0.35[b]	255.64±19.58[a]
Pl.1	1.70±0.16[b]	218.28±29.15[a]
Sp.2	1.79±0.98[a]	534.10±109.05[b]
Pt.2	0.53±0.62[a]	411.70±107.29[a]
Cn.2	0.47±0.47[a]	452.71±30.22[b]
Pl.2	0.65±0.19[a]	447.23±21.33[b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามการใช้ปุ๋ยของแต่ละสายพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Sp.C = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Sp.1 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยคอก
Sp.2 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pt.C = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pt.1 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Pt.2 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Cn.C = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Cn.1 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Cn.2 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pl.C = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pl.1 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยคอก
Pl.2 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยเคมี

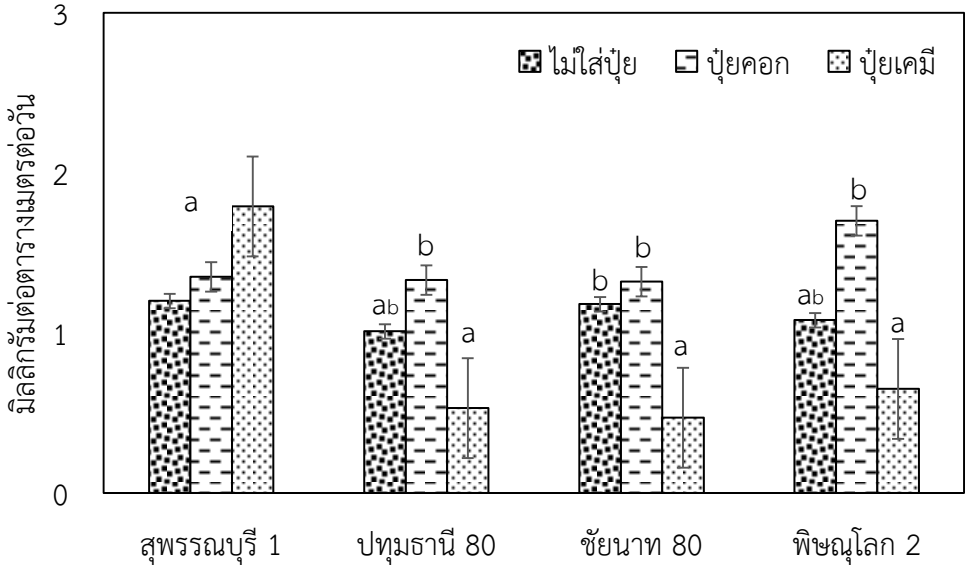
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.6.1.1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน

การปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูกาลเจริญเติบโตของข้าว (ตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.4) พบว่า แปลงทดลองที่มีการปลูกข้าวสุพรรณบุรี 1 และใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุด มีค่าเท่ากับ 1.79±0.98 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน รองลงมาคือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากับ 1.35±0.31 และ1.20±1.06 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ โดยค่าปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซมีเทนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ภาคผนวก ซ) สำหรับแปลงที่มีการปลูกข้าวปทุมธานี 80 มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก รองลงมาคือ แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 1.33±0.90, 1.01±0.31 และ 0.53±0.62 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาคผนวก ซ) สำหรับแปลงที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก รองลงมา คือ แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ส่วนแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีการปลดปล่อยต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.32±0.35, 1.18±0.03 และ 0.47±0.47 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ค่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P>0.05$) (ภาคผนวก ซ) และแปลงที่ปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 พบว่า แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงที่สุดเท่ากับ 1.70±0.16 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน รองลงมา คือ แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 1.08±0.20 และ 0.65±0.19 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ และค่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาคผนวก ซ)

นอกจากนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ผลโดยภาพรวมของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากพันธุ์ข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงที่สุด รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 และข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ทั้งนี้จากผลการศึกษา ทำให้ทราบว่าแปลงทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยคอกนั้น มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีและแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนนั้นต้องอาศัยอินทรียวัตถุ ซึ่งในปุ๋ยคอกนั้นมีปริมาณอินทรียวัตถุที่มาจากซากพืชในมูลวัวมาก (กรมการข้าว, 2556) เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยเคมี โดยจุลินทรีย์ที่มาทำหน้าที่ย่อยอินทรียวัตถุในกลุ่มแรกจะต้องอาศัยก๊าซออกซิเจนในการทำปฏิกิริยา เมื่อปริมาณก๊าซออกซิเจนเริ่มน้อยหรือหมดลงจุลินทรีย์กลุ่มใหม่ที่เรียกว่า Methanogenesis bacteria จะเข้ามาย่อยสลายผลผลิตที่ได้จากจุลินทรีย์กลุ่มแรก ปฏิกิริยาที่ได้จากกระบวนการนี้คือ ก๊าซมีเทน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมักเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) (Hayman et al., 2014) เช่น นาข้าว ป่าพรุ และป่าชายเลน เป็นต้น ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดก๊าซมีเทนจึงสามารถเกิดขึ้นได้ในนาข้าว เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพที่เป็นน้ำขังหรือพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) (Chen et al., 1993) และมีปฏิกิริยาที่เกิดร่วมกัน คือ กระบวนการย่อยสลายบริเวณรากพืช (Root exudation) โดยกระบวนการดังกล่าวนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยในเรื่องของ

อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่างในดิน หรือแม้แต่ลักษณะความหยาบละเอียดของเนื้อดิน ซึ่งจะส่งผลต่อปฏิกิริยาการย่อยสลายด้วย (นิวัต เจริญศิลป์ และคณะ, 2542) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) เช่นกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ในช่วงการเพาะปลูกมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าในช่วงก่อนการเพาะปลูก แต่ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าแปลงสุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีกลับมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากแปลงดังกล่าวมีการใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นสูตรที่เน้นการเจริญเติบโตทางใบ และเมื่อพืชมีใบมากขึ้นใบในรุ่นแรกก็จะเสื่อมสภาพและหลุดร่วงไปสะสมในดิน สอดคล้องกับค่าคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดินที่พบว่ามีมีการสะสมมากในแปลงเคมี จึงทำให้ดินมีปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น และเป็นปัจจัยหลักของการผลิตก๊าซมีเทน

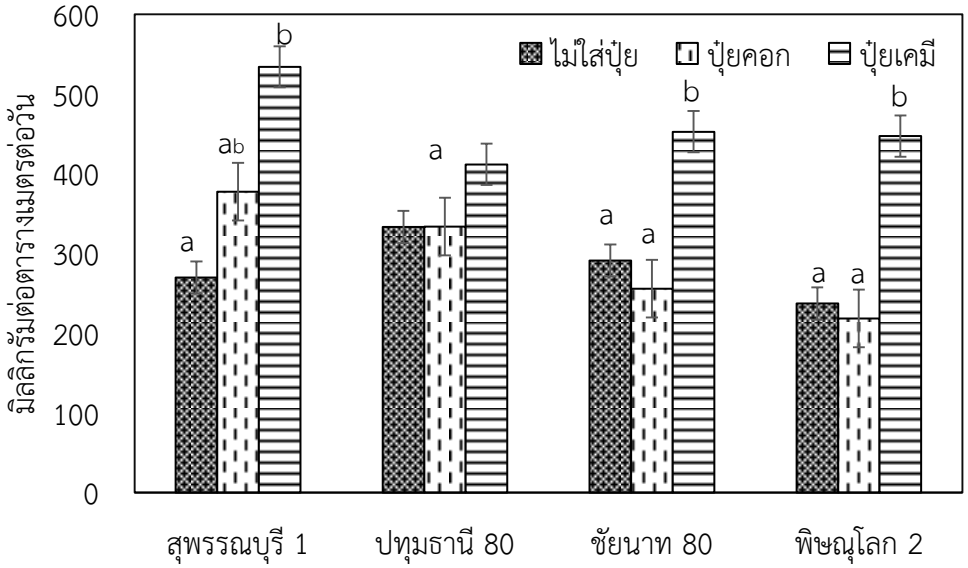


รูปที่ 4.4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูกาลเพาะปลูกข้าว

4.6.1.2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาล (ตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.5) พบว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยสูงสุด รองลงมาคือ แปลงทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยคอก และแปลงทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากับ 534.10±109.05, 377.35±27.87 และ 269.72±39.59 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ โดยค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาคผนวก ฌ) สำหรับแปลงที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่า แปลงทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการ ปลดปล่อยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 411.70±107.29 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน รองลงมา คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 333.73±73.03 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด คือ

333.08±30.53 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาคผนวก ฌ) ส่วนแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 พบว่า แปลงที่การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 452.71±30.22 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน รองลงมาคือ แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 291.02±17.75 และ 255.64±19.58 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ และพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ภาคผนวก ฌ) สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 พบว่า แปลงที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี รองลงมาคือ แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 447.23±21.33, 237.06±8.35 และ 218.28±29.15 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ โดยพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ภาคผนวก ฌ) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านปุ๋ย พบว่า แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำกว่าแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี และจากการเปรียบเทียบสายพันธุ์ข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ และจากการวิเคราะห์ผลโดยภาพรวมของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาลหรือตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าวยังพบว่าข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีการปลดปล่อยสูงสุด รองลงมา คือ ข้าวพันธ์ปทุมธานี 80 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ตามลำดับ ทั้งนี้โดยปกติแล้วในกระบวนการหายใจของพืชจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยที่สำคัญ (ศุภจิตรา ชัชวาล, 2547) ประกอบกับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์มักจะมีการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะถูกกักเก็บไว้ในดิน แต่เมื่อมีการรบกวนดิน เช่น การไถพรวน จึงทำให้ดินเกิดช่องว่างทำให้เกิดการปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศมากขึ้น (Ahmad et al, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงก่อนการเพาะปลูก เนื่องจากในช่วงก่อนการเพาะปลูกนั้นมีการเตรียมแปลงซึ่งมีการไถพรวนดิน ทำให้ความหนาแน่นและความสามารถในการกักเก็บก๊าซต่ำลง ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซสู่บรรยากาศมาก แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงการเพาะปลูกดินเริ่มมีความหนาแน่นมากขึ้นจากการใส่ปุ๋ยและทับถมของสารอินทรีย์ต่างๆ ร่วมกับกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตหรือจุลินทรีย์ในการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในดินมากขึ้น



รูปที่ 4.5 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาลเพาะปลูกข้าว

4.6.2 ผลของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าว

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงผลของระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง เพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าว โดยผลการศึกษาสามารถแสดงได้ดังนี้

4.6.2.1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูกาลปลูกข้าว

ก๊าซมีเทนมักเกิดขึ้นในสภาพที่ขาดออกซิเจน โดยแบคทีเรียในกลุ่ม Methanogen bacteria ซึ่งเกิดขึ้นได้ดีในสภาพที่มีน้ำขังเป็นเวลานานอย่างแปลงนา โดยแบคทีเรียจะทำการเปลี่ยนสารพวกอะซีติก ก๊าซไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งได้จากกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซมีเทน (Civil and Environmental Engineering, 2009) ซึ่งจากการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (ตารางที่ 4.11) สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) ข้าวในระยะกล้า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีการปลดปล่อยมากที่สุด เท่ากับ 1.74±0.10 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการปลดปล่อยต่ำสุด คือ แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย เท่ากับ 1.04±0.16 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 1.62±0.43 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 0.43±0.19 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ข้าว

พันธุ์ชัยนาท 80 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 1.48±1.00 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 0.40±0.01 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และในข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 0.69±0.09 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 0.62±0.25 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

2) ข้าวในระยะแตกกอ ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 แปลงที่มีการปลดปล่อยสูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 3.03±0.65 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 1.68±0.51 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 2.26±1.77 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อย เท่ากับ 1.01±0.61 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด ส่วนพันธุ์ข้าวชัยนาท 80 แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 2.49 ±0.3 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.97±0.06 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และในข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 4.86 ±0.36 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 0.93±0.23 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

3) ข้าวในระยะออกดอกหรือตั้งท้อง พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 1.73±0.34 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 0.57±0.02 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 แปลงที่มีการปลดปล่อยสูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก เท่ากับ 0.90±0.68 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนแปลงที่มีการปลดปล่อยต่ำสุด คือ แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย เท่ากับ 0.44±0.14 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ในข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 0.65±0.01 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 0.32±0.01 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และในข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 0.65±0.16 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก มีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 0.48±0.06 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

4) ข้าวในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 0.93±0.18 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 0.45±0.03 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ในส่วนของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 0.64±0.08 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยต่ำสุดเท่ากับ 0.22±0.11 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ในข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 0.91 ±0.34 มิลลิกรัมต่อ

ตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยต่ำที่สุด เท่ากับ 0.19±0.01 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 0.99±0.35 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 0.47±0.18 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน อีกทั้งยังพบว่า ข้าวในแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 4.9)

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนของแต่ละแปลงในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว พบว่า ข้าวในระยะแตกกอมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงที่สุด โดยค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (รูปที่ 4.6 ถึง 4.9) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ งามเนตร เอกตาแสง (2546) ที่ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาหว่านน้ำตม โดยใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีการจัดการน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี และทำการทดลองในนาข้าวของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น ในช่วงฤดูการทำนาปรัง และใช้การทดลองแบบ Split Plot in RCBD ทั้งนี้ได้มีการจัดการน้ำกับแปลงทดลองหลัก 2 แปลง คือ แปลงนาที่มีน้ำขังตลอดฤดูปลูก และแปลงนาที่มีการปล่อยให้น้ำแห้งบางช่วง ผลการวิจัย พบว่า แปลงนาที่มีการขังน้ำในบางช่วง มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงที่สุดในช่วงข้าวอายุ 16-40 วัน หรือเป็นระยะข้าวที่อยู่ในช่วงของการแตกกอ ทั้งยังสอดคล้องกับค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันของดินในระยะข้าวแตกกอที่มีค่าติดลบ เนื่องจากการการขังน้ำเป็นเวลานานทำให้การสัมผัสของอากาศและดินน้อยลง ส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนมีมากขึ้นและผลิตก๊าซมีเทนมากขึ้นด้วย และเมื่อเข้าสู่ระยะออกดอก (ตั้งท้อง) จะมีการปลดปล่อยลดลง เนื่องจากข้าวจะมีความต้องการก๊าซออกซิเจนเพื่อการหายใจมากขึ้น ทำให้เกิดสภาพที่มีออกซิเจนในดินสูงขึ้น ทำให้ค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันในดินสูงขึ้นตามไปด้วย และการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จะผกผันกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Chaton et al. 1996) เนื่องจากเป็นระยะที่ข้าวต้องการนำพลังงานมาใช้เพื่อการเจริญเติบโต จึงทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงขึ้น และทำให้เกิดการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้สูงขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามลักษณะที่แตกต่างกันทางโครงสร้างของสายพันธุ์ข้าวไม่ว่าจะเป็นความสูงของต้นหรือขนาดกอ ก็มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งการซึมผ่านของก๊าซมีเทนจะอาศัยช่องว่างอากาศภายในลำต้นเป็นทางผ่าน ซึ่งข้าวแต่ละสายพันธุ์จะมีความแตกต่างกันออกไป (Mathew, 2000)

จากการศึกษาของ Wang et al ในปี 1995 พบว่า รูปแบบการส่งผ่านของก๊าซมีเทนจากดินสู่บรรยากาศนั้น มี 3 รูปแบบด้วยกัน คือ การผ่านทางลำต้น โดยอาศัยช่องว่างอากาศ การแพร่ และเป็นฟองอากาศลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ นอกจากนี้จากการศึกษาของ ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ (2545) ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างนาข้าวที่ทำการปลูกแบบเกษตรอินทรีย์กับนาข้าวที่ทำการปลูกแบบชาวบ้านทั่วไป พบว่า นาข้าวที่ปลูกแบบเกษตรอินทรีย์มีการปลดปล่อยก๊าซ

มีเทนสูงกว่านาข้าวที่ปลูกโดยทั่วไป ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงนาข้าวส่วนใหญ่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งเกิดในสภาพที่ขาดออกซิเจน ดังนั้นจากผลการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่า ปุ๋ยที่นำมาใช้ในแปลงทดลองมีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนให้เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งรูปแบบของการทำนาเป็นแบบนาสวน ซึ่งต้องอาศัยน้ำในปริมาณมากขังไว้ในแปลงนา จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากการศึกษาของ อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2541) พบว่า ข้าวนาสวนมักส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าข้าวไร่ที่ปลูกในที่สูง ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยเรื่องปริมาณน้ำที่ใช้ในแปลงนา

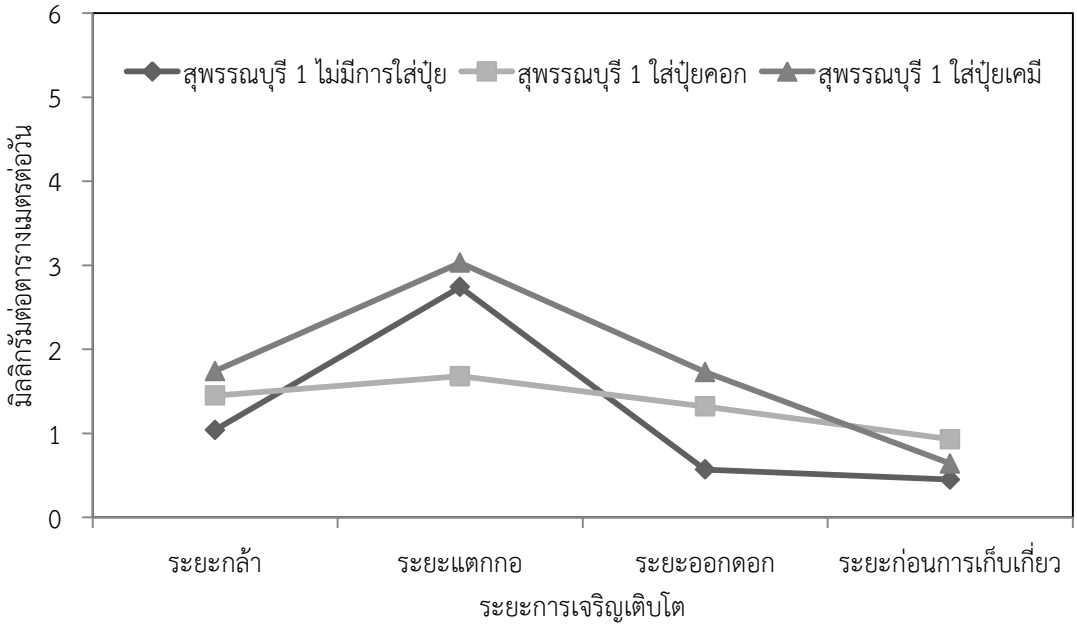
ตารางที่ 4.9 ปริมาณก๊าซมีเทนในแปลงทดลองตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว

แปลง	อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)			
	ระยะกล้า	ระยะแตกกอ	ระยะออกดอก	ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว
Sp.C	$^{A}1.04\pm0.16^{ab}$	$^{B}2.74\pm0.44^{b}$	$^{A}0.57\pm0.02^{a}$	$^{A}0.45\pm0.03^{ab}$
Sp.1	$^{A}1.45\pm0.87^{ab}$	$^{A}1.68\pm0.51^{abc}$	$^{A}1.32\pm0.32^{bc}$	$^{A}0.93\pm0.18^{b}$
Sp.2	$^{A}1.74\pm0.10^{ab}$	$^{B}3.03\pm0.65^{d}$	$^{A}1.73\pm0.34^{c}$	$^{A}0.64\pm0.02^{ab}$
Pt.C	$^{A}0.93\pm0.15^{a}$	$^{B}2.01\pm0.47^{bcd}$	$^{A}0.44\pm0.14^{a}$	$^{A}0.64\pm0.08^{ab}$
Pt.1	$^{A}1.62\pm0.43^{ab}$	$^{A}2.26\pm0.77^{bcd}$	$^{A}0.90\pm0.68^{ab}$	$^{A}0.53\pm0.73^{ab}$
Pt.2	$^{A}0.43\pm0.19^{a}$	$^{A}1.01\pm0.61^{a}$	$^{A}0.46\pm0.26^{a}$	$^{A}0.22\pm0.11^{a}$
Cn.C	$^{A}0.75\pm0.28^{a}$	$^{B}2.49\pm0.34^{cd}$	$^{A}0.57\pm0.23^{a}$	$^{A}0.91\pm0.34^{b}$
Cn.1	$^{AB}1.48\pm1.00^{ab}$	$^{B}2.28\pm0.10^{bcd}$	$^{A}0.65\pm0.01^{a}$	$^{A}0.86\pm0.01^{b}$
Cn.2	$^{C}0.40\pm0.01^{a}$	$^{D}0.97\pm0.06^{a}$	$^{B}0.32\pm0.01^{a}$	$^{A}0.19\pm0.01^{a}$
Pl.C	$^{A}0.67\pm0.18^{a}$	$^{B}2.00\pm0.10^{bcd}$	$^{A}0.65\pm0.16^{a}$	$^{A}0.99\pm0.35^{b}$
Pl.1	$^{A}0.69\pm0.09^{a}$	$^{B}4.86\pm0.36^{e}$	$^{A}0.48\pm0.06^{a}$	$^{A}0.78\pm0.09^{b}$
Pl.2	$^{AB}0.62\pm0.25^{a}$	$^{B}0.93\pm0.23^{a}$	$^{AB}0.56\pm0.12^{a}$	$^{A}0.47\pm0.18^{ab}$

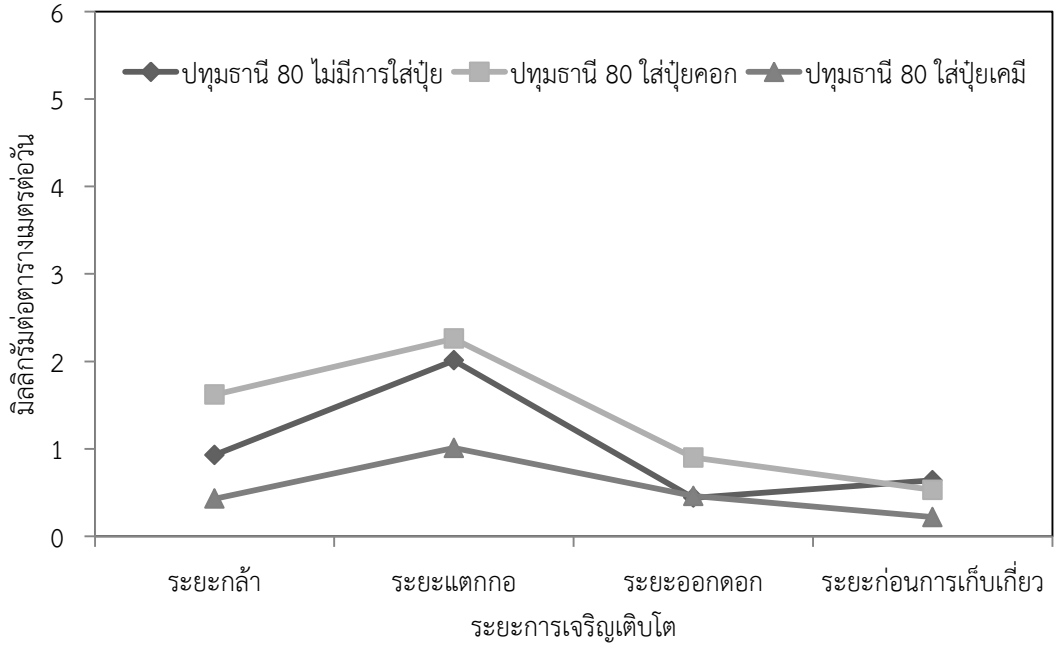
หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอน บอกถึงความแตกต่างกันตามชุดแปลงทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

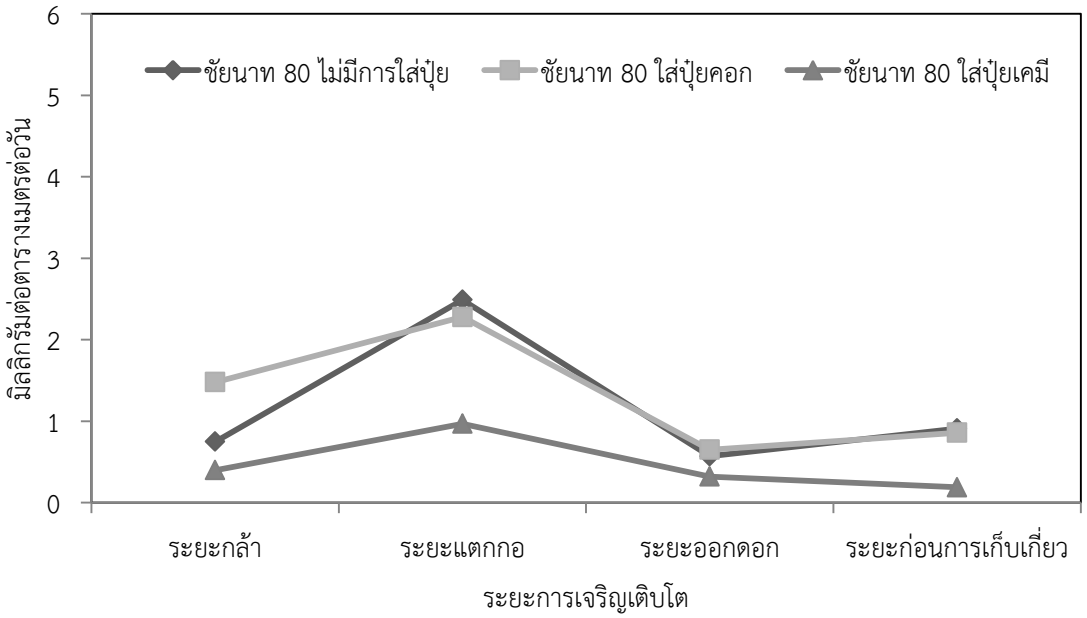
Sp.C = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Sp.1 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยคอก
Sp.2 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pt.C = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pt.1 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Pt.2 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Cn.C = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Cn.1 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Cn.2 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pl.C = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pl.1 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยคอก
Pl.2 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยเคมี



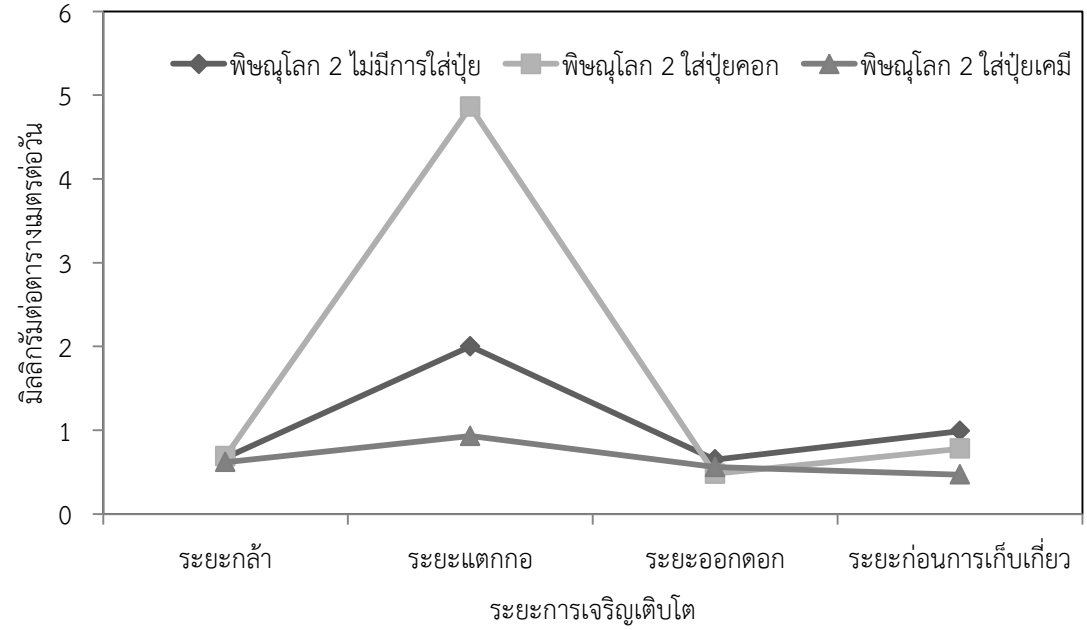
รูปที่ 4.6 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1



รูปที่ 4.7 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80



รูปที่ 4.8 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 80



รูปที่ 4.9 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2

4.6.2.2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาลปลูกข้าว

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมการทำนา ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการหายใจของพืชเป็นหลัก โดยจากการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาลเพาะปลูกข้าว (ตารางที่ 4.10) สามารถสรุปผลการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าวได้ดังนี้

1) ข้าวในระยะกล้า พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีปริมาณการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 182.39±8.86 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 70.24±27.78 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 แปลงที่มีการปลดปล่อยสูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 209.47±185.21 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 128.86±30.57 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 295.15±9.97 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 166.18±26.64 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และในแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 พบว่า แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 357.67±27.86 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 115.64±4.85 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

2) ข้าวในระยะแตกกอ พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ทีมีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อย 578.06±7.89 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งมากที่สุด และในแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 146.88±15.98 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 แปลงที่มีการปลดปล่อยสูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 144.31±90.73 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 90.99±40.32 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 พบว่า ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 178.68±26.11 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีการปลดปล่อยต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 153.96±28.79 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และในข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 138.37±23.70 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 109.66±4.57 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

3) ข้าวในระยะออกดอก หรือตั้งท้อง พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเป็นแปลงที่มีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 1,015.06±130.28 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 628.72±15.85 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 แปลงที่มีการปลดปล่อยสูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 659.63±27.33 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 581.17±105.37 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน สำหรับแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 พบว่า แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 635.43±34.67 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 437.95±12.18 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 พบว่า แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 645.47±21.01 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 382.53±19.25 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

4) ข้าวในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 638.98±45.57 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 114.1±33.29 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนแปลงนาที่ปลูกข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 80 พบว่า แปลงที่มีการปลดปล่อยสูงสุด คือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 633.40±125.91 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 492.44±114.54 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 733.62±33.28 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 232.25±12.81 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยสูงสุด เท่ากับ 647.41±12.76 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยต่ำสุด เท่ากับ 211.04±23.70 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านระยะการเจริญเติบโตของข้าว (รูปที่ 4.10 ถึง 4.13) พบว่า ในระยะออกดอกหรือตั้งท้องมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2544) พบว่า อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศของข้าวพันธุ์ชัยนาท มีอัตราการปลดปล่อยสูงที่สุดในข้าวระยะออกดอกหรือตั้งท้อง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นช่วงที่ข้าวมีการเจริญเติบโตเต็มที่ โดยช่วงของการออกดอกหรือตั้งท้อง ข้าวจะมีอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551) หรือกล่าวได้ว่า อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดจากกระบวนการหายใจที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน นอกจากนี้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังเกิดจากกิจกรรมการผลิตก๊าซมีเทนในสภาวะขาดออกซิเจน และจากขั้นตอนการผลิตกรดอะซีติกด้วย ซึ่งเป็นการเปลี่ยนรูปของ Volatile fatty acid ที่ได้จากการ

ย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะมีออกซิเจน อีกทั้งมีการปลดปล่อยก๊าซไฮโดรเจนออกมาอีกด้วยจึงทำให้นาข้าวมีค่าความเป็นกรด (Civil Environmental Engineering, 2009) และจากการศึกษาของ Tattao ในปี 1987 พบว่า การใส่ปุ๋ยให้กับดินนั้นจะส่งผลต่อความหนาแน่นของดิน และเมื่อดินมีความหนาแน่นมากยิ่งขึ้น ความสามารถในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงมากขึ้นตามไปด้วย และเมื่อมีการไถพรวน ดินก็จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บไว้ออกมาสู่บรรยากาศ (Ahmad et al, 2009) นอกจากนี้พันธุ์ข้าวที่ต่างชนิดกันจะมีศักยภาพในการสังเคราะห์แสงและการหายใจที่แตกต่างกันไป จึงส่งผลให้มีการดูดซับและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกันเช่นกัน

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าต่ำ ในช่วงข้าวระยะแตกกอ เนื่องจากอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าผกผันกับอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chanton et al (1996) พบว่า ปริมาณชีวภาพของต้นข้าว และอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน โดยข้าวในระยะแตกกอมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำพลังงานที่ได้ไปใช้ในการเจริญเติบโตเพื่อสร้างรวงต่อไป จึงมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน นอกจากนี้ข้าวในระยะข้าวแตกกอถือได้ว่าเป็นระยะที่ข้าวเริ่มแตกหน่อใหม่ ซึ่งต้องอาศัยธาตุอาหารในปริมาณมาก ส่วนข้าวในระยะที่แตกต่างกันจะมีผลต่อปริมาณมีการปลดปล่อยก๊าซต่างกัน โดยในระยะที่ข้าวออกดอกหรือตั้งท้องเป็นระยะที่ข้าวเจริญเติบโตเต็มที่จะมีความต้องการแสงลดลง ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงตามไปด้วย ทำให้ข้าวจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น และมีการดึงก๊าซออกซิเจนและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

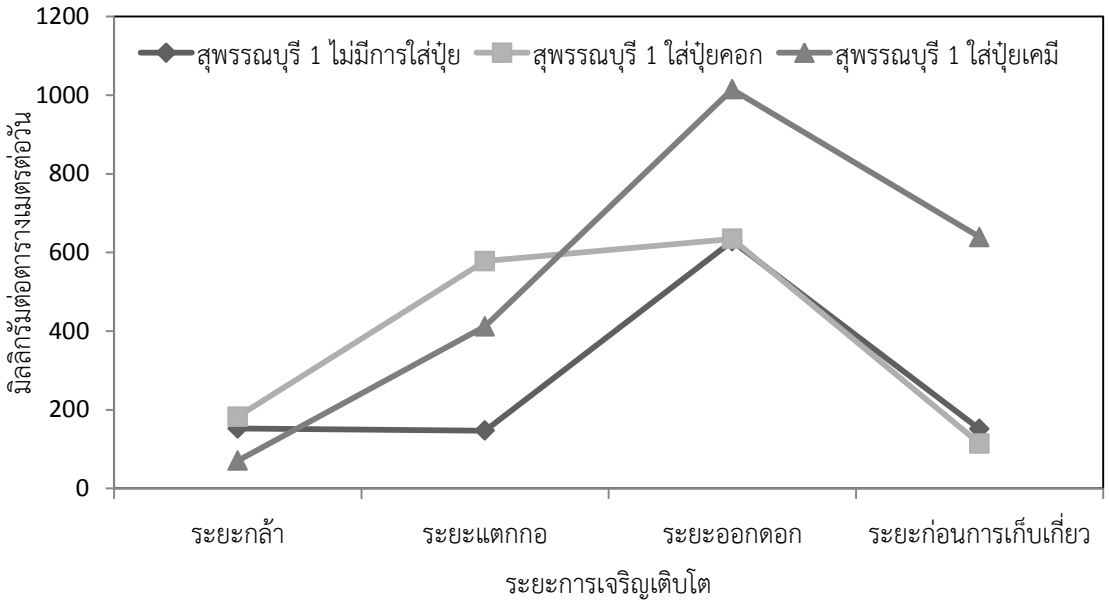
ตารางที่ 4.10 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงทดลองตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว

แปลง	อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)			
	ระยะกล้า	ระยะแตกกอ	ระยะออกดอก	ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว
Sp.C	$^{A}152.13\pm80.22^{ab}$	$^{A}146.88\pm15.98^{a}$	$^{B}628.72\pm15.85^{b}$	$^{A}151.15\pm46.32^{a}$
Sp.1	$^{A}182.39\pm8.86^{b}$	$^{B}578.06\pm3.89^{c}$	$^{B}634.85\pm45.44^{b}$	$^{A}114.10\pm53.29^{a}$
Sp.2	$^{A}70.24\pm27.78^{a}$	$^{B}412.14\pm37.21^{b}$	$^{C}1015.06\pm130.28^{c}$	$^{B}638.98\pm45.57^{d}$
Pt.C	$^{A}128.86\pm30.57^{ab}$	$^{A}90.99\pm40.32^{a}$	$^{B}582.78\pm34.67^{b}$	$^{B}529.70\pm16.56^{cd}$
Pt.1	$^{A}147.62\pm28.53^{ab}$	$^{A}113.69\pm43.67^{a}$	$^{B}581.17\pm105.37^{b}$	$^{B}492.44\pm114.54^{cd}$
Pt.2	$^{A}209.47\pm185.21^{cb}$	$^{A}144.31\pm90.73^{a}$	$^{B}659.63\pm27.33^{b}$	$^{B}633.40\pm125.91^{d}$
Cn.C	$^{B}295.15\pm9.97^{c}$	$^{A}153.96\pm28.79^{a}$	$^{C}437.95\pm16.43^{cd}$	$^{B}277.00\pm15.98^{a}$
Cn.1	$^{A}166.18\pm26.64^{b}$	$^{A}178.68\pm26.11^{a}$	$^{C}445.46\pm12.78^{cd}$	$^{B}232.25\pm12.81^{a}$
Cn.2	$^{B}269.49\pm46.38^{c}$	$^{A}172.29\pm6.58^{a}$	$^{C}635.43\pm34.67^{b}$	$^{D}733.62\pm33.28^{e}$
Pl.C	$^{A}115.64\pm4.85^{ab}$	$^{A}109.66\pm4.57^{a}$	$^{C}438.24\pm4.69^{a}$	$^{B}284.72\pm19.30^{ab}$
Pl.1	$^{AB}154.04\pm22.27^{ab}$	$^{A}125.53\pm51.37^{a}$	$^{C}382.53\pm19.25^{a}$	$^{B}211.04\pm23.70^{ab}$
Pl.2	$^{B}357.67\pm27.86^{c}$	$^{A}138.37\pm23.70^{a}$	$^{C}645.47\pm21.01^{b}$	$^{C}647.41\pm12.76^{d}$

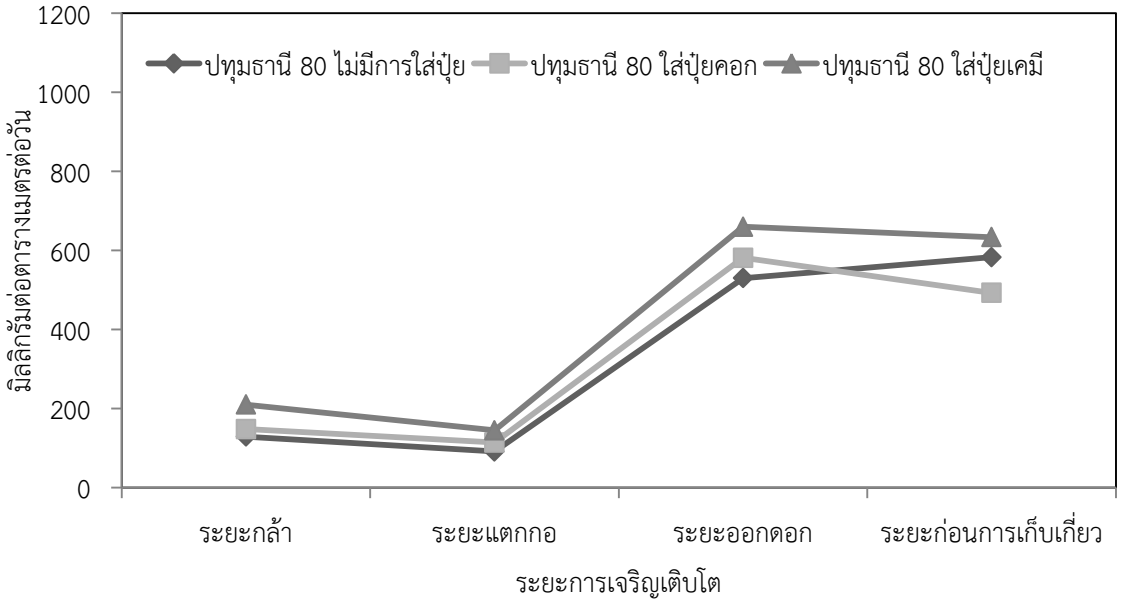
หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอน บอกถึงความแตกต่างกันตามชุดแปลงทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

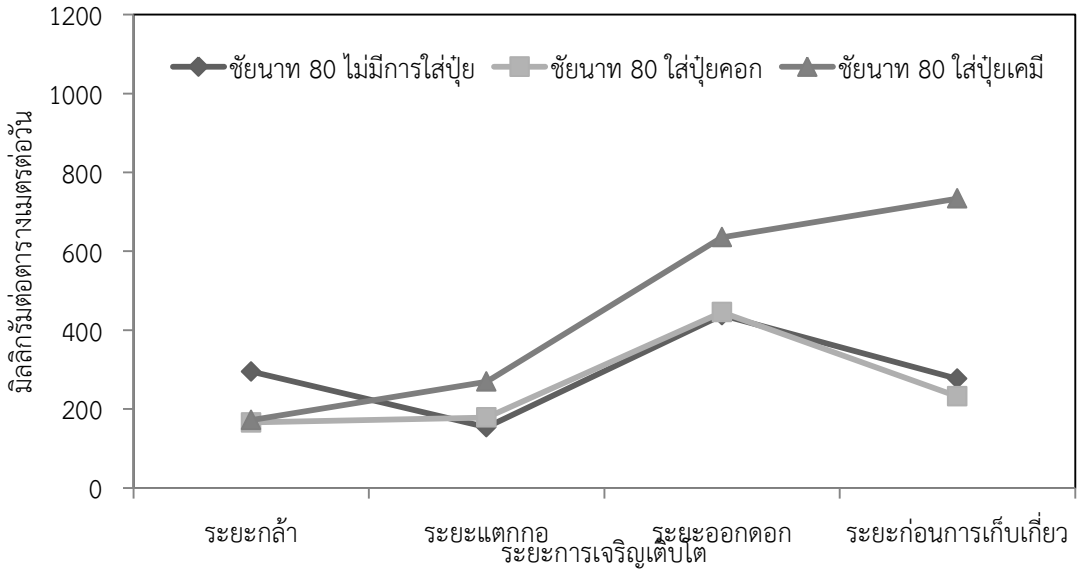
Sp.C = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Sp.1 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยคอก
Sp.2 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pt.C = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pt.1 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Pt.2 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Cn.C = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Cn.1 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Cn.2 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pl.C = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pl.1 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยคอก
Pl.2 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยเคมี



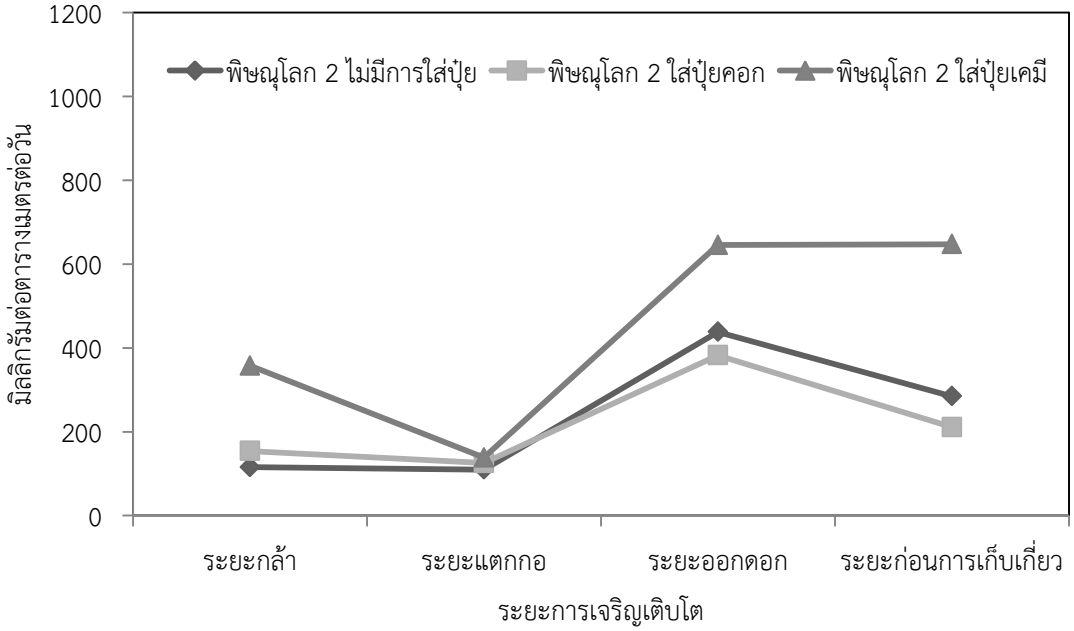
รูปที่ 4.10 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1



รูปที่ 4.11 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80



รูป 4.12 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 80



รูปที่ 4.13 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2

นอกจากนี้สามารถกล่าวได้ว่าการใส่ปุ๋ยมีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการปลูกข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 80 ข้าวสายพันธุ์ชัยนาท 80 และข้าวสายพันธุ์พิษณุโลก 2 ทั้งหมด 12 แปลงทดลอง ดังตารางที่ 4.11 โดยสามารถสรุปได้ว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมสูงสุด เท่ากับ 109.76±28.22 กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี > ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี > ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี > ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย > ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย > ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย > ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ไม่มีการใส่ปุ๋ย และน้อยที่สุดคือ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก คิดเป็น 88.82±5.76 > 88.49±4.10 > 81.18±21.63 > 77.89±10.30 > 69.44±12.45 > 68.02±5.65 > 60.63±3.32 > 56.62±12.89 > 54.41±4.67 > 49.87±2.02 > 48.76±5.79 กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ชนิดของปุ๋ยที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน คือ ปุ๋ยคอก เนื่องจากมูลวัวที่นำมาใช้เป็นปุ๋ยนั้นมีส่วนประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ในปริมาณมาก มีปริมาณคาร์บอนสูง ซึ่งสารอินทรีย์จะเป็นปัจจัยหลักของการผลิตก๊าซมีเทนได้ ทั้งนี้จากปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่า แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีจะส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกจะมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูง ส่วนในปุ๋ยเคมีนั้นมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง เนื่องด้วยปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลองเป็นสูตรที่เน้นการเจริญเติบโตของใบพืช ทำให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นและมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นตามมา นอกจากนี้ปุ๋ยเคมียังส่งผลทางอ้อมต่อกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ภายในดิน ทำให้จุลินทรีย์มีอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุช้าลง ส่งผลให้มีการสะสมอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น และเมื่อดินมีอินทรียวัตถุมากขึ้น การถ่ายเทอากาศภายในดินต่ำลง จึงมีสภาพไร้ออกซิเจนและเร่งให้เกิดก๊าซมีเทน (ปรัชญา ธัญญาดีและคณะ, 2540)

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.11 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อรอบการผลิต

แปลง	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต*)		
	ก๊าซมีเทน	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	รวม
Sp.C	4.84±1.11^{ab}	51.79±13.17^{ab}	56.62±12.89^{a}
Sp.1	5.44±2.08^{ab}	72.45±9.27^{abc}	77.89±10.30^{ab}
Sp.2	7.22±1.93^{b}	102.55±28.34^{bc}	109.76±28.22^{ab}
Pt.C	4.07±1.27^{ab}	63.95±8.56^{abc}	68.02±5.65^{a}
Pt.1	5.36±3.64^{ab}	64.08±10.02^{abc}	69.44±12.45^{a}
Pt.2	2.14±2.51^{a}	79.05±20.60^{abc}	81.18±21.63^{ab}
Cn.C	4.76±1.20^{ab}	55.88±3.41^{ab}	60.63±3.32^{a}
Cn.1	5.32±1.42^{ab}	49.08±3.76^{ab}	54.41±4.67^{a}
Cn.2	1.90±0.08^{a}	86.92±5.80^{bc}	88.82±5.76^{ab}
Pl.C	4.35±0.79^{ab}	45.52±1.60^{ab}	49.87±2.02^{a}
Pl.1	6.85±0.61^{b}	41.91±5.60^{a}	48.76±5.79^{a}
Pl.2	2.62±0.77^{a}	85.87±4.10^{bc}	88.49±4.10^{ab}

หมายเหตุ * รอบการผลิต มีค่าเท่ากับ 4 เดือนหรือ 120 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกถึงความแตกต่างกันตามการใช้ปุ๋ยของแต่ละสายพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Sp.C = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Sp.1 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยคอก
Sp.2 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pt.C = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pt.1 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Pt.2 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Cn.C = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Cn.1 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Cn.2 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pl.C = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pl.1 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยคอก
Pl.2 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.6.3 ความแตกต่างของสายพันธุ์ข้าวต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ได้แก่ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 พบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในตารางที่ 4.11 แปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมต่ำที่สุด คือ 49.87±2.02 กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต และรองลงมาคือ แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 มีค่าเท่ากับ 56.62±12.89 60.63±3.32 และ 68.02±5.65 กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต ตามลำดับ ทั้งนี้การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลมาจากลักษณะที่แตกต่างกันทางสรีรวิทยาของต้นข้าว เนื่องจากการศึกษาของกัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์ (2555) ระบุว่า ลักษณะสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา จำนวนกอ จำนวนใบหรือพื้นที่ผิวใบ รวมทั้งอายุของข้าว โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่มีจำนวนและขนาดของกอหรือต้น รวมทั้งความสูงของต้นน้อยจะส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะก๊าซมีเทนที่ต่ำกว่า ซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์ (Gogoi et al., 2008)

4.7 ผลผลิตข้าว

จากการดำเนินการเก็บเกี่ยวข้าวในพื้นที่ทำการศึกษาทั้งหมด 12 แปลงทดลอง ได้แก่ 1) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 2) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 3) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 4) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 5) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 6) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 7) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 8) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 9) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 10) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 11) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยคอก และ 12) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี โดยได้ทำการสุ่มเก็บเกี่ยวข้าวในแต่ละแปลงทดลองขนาด 2 เมตร × 5 เมตร จำนวน 3 แปลงต่อชุดแปลงทดลอง จากนั้นนำข้าวที่เก็บเกี่ยวมา นวด ฝัด ทำความสะอาด และชั่งน้ำหนัก แล้วทำการคำนวณผลผลิตข้าวเปลือก (Grain yield)

จากตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณผลผลิตข้าวในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า ผลผลิตข้าวในแปลงที่มีการปลูกข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยต่างกัน พบว่า ผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตสูงสุด คือ 1,061.2 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี > ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย >

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี > พันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย > ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์ปสุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี > ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย > ข้าวพันธุ์ปสุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์ปสุพรรณบุรี 1 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิตเท่ากับ 989.5 > 895.2 > 862.1 > 769.4 > 684.1 > 672.5 > 657.0 > 534.7 > 511.6 > 434.8 > 319.7 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แปลงทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีจะให้ผลผลิตข้าวที่สูงกว่าแปลงทดลองที่ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย

อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมีนั้นมักส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะคุณภาพดินและน้ำในระยะยาว ตลอดจนอาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของตัวเกษตรกรเองและผู้บริโภค อันเกิดจากการตกค้างของสารต่างๆ ที่พืชไม่ได้นำไปใช้หรือย่อยสลายไปตามธรรมชาติ ดังนั้นการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยคอกจึงเป็นทางเลือกหนึ่งและแนวทางปฏิบัติที่ดีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องมาจากปุ๋ยคอกประกอบไปด้วยส่วนของแข็งที่มาจากมูลของสัตว์ ซึ่งอาจเป็นเศษซากพืช และซากสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายไปบางส่วนระหว่างทางของระบบการย่อยของสัตว์ รวมทั้งส่วนที่เป็นน้ำปัสสาวะด้วย ซึ่งอุดมไปด้วยเกลือ และสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ชนิดต่างๆ ซึ่งเมื่อรวมกันเข้าก็จะมีองค์ประกอบที่สมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ ดอก หรือช่วยในการสร้างดอก การติดเมล็ด และผลผลิตข้าว (เกริก ปิ่นตระกูล, 2550) ดังนั้นการเลือกใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ จึงเป็นทางเลือกของการทำนา แม้จะพบว่า การทำนาอินทรีย์จะให้ผลผลิตข้าวที่ต่ำกว่า แต่หากพิจารณาในระยะยาวนั้น การทำนาอินทรีย์จะให้ผลิตผลิตที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) รวมทั้งเป็นมิตรที่ดีกับสิ่งแวดล้อม ผู้ผลิต และผู้บริโภค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.12 ปริมาณผลผลิตข้าวในแต่ละชุดการทดลอง

พันธุ์ข้าว	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี	1,061.2
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี	989.5
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย	895.2
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี	862.1
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก	769.4
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก	684.1
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย	672.5
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก	657.0
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี	534.7
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย	511.6
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก	434.8
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย	319.7

4.8 เปรียบเทียบผลผลิตต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการศึกษาเมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยมีการปรับค่าตามค่าของ Global Warming Potential และคำนวณร่วมกับผลผลิต พบว่า พันธุ์ข้าวที่มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลผลิตข้าวต่ำที่สุด คือข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 74.22 กรัมต่อกิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย < ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก < ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี < ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี < ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย < ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก < ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย < ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี < ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย < ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก < ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 75.99 > 79.53 > 82.04 > 83.69 > 90.17 > 90.25 > 97.47 > 102.64 > 177.13 > 179.16 และ 205.27 กรัมต่อกิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลผลิต

แปลง	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต*)	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลผลิต (กรัมต่อกิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต*)
Sp.C	56.62	319.68	177.13
Sp.1	77.89	434.77	179.16
Sp.2	109.76	534.74	205.27
Pt.C	68.02	895.22	75.99
Pt.1	69.44	769.43	90.25
Pt.2	81.18	989.51	82.04
Cn.C	60.63	672.47	90.17
Cn.1	54.41	684.07	79.53
Cn.2	88.82	1061.24	83.69
Pl.C	49.87	511.62	97.47
Pl.1	48.76	656.99	74.22
Pl.2	88.49	862.09	102.64

หมายเหตุ * รอบการผลิต มีค่าเท่ากับ 4 เดือนหรือ 120 วัน

Sp.C = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Sp.1 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยคอก
Sp.2 = ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pt.C = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pt.1 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Pt.2 = ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Cn.C = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Cn.1 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยคอก
Cn.2 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ใส่ปุ๋ยเคมี
Pl.C = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ไม่มีการใส่ปุ๋ย
Pl.1 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยคอก
Pl.2 = ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใส่ปุ๋ยเคมี

Chulalongkorn University

4.9 ค่าใช้จ่ายในการทำนา

การเปรียบเทียบรายละเอียดค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนต่อการลงทุนทำนาของเกษตรกรที่มีการใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี พบว่า การลงทุนทำนาโดยการใช้ปุ๋ยคอกนั้น จะใช้ต้นทุนในการผลิต 4,580 บาท และเมื่อคำนวณร่วมกับผลผลิต พบว่า ผลตอบแทนต่อต้นทุนการผลิตโดยภาพรวมถือว่าให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า โดยเฉพาะในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 (ตารางที่ 4.14) ส่วนการทำนาที่ใช้ปุ๋ยเคมี จะใช้ต้นทุนในการผลิต 3,378 บาท ซึ่งถือว่าต่ำกว่าการทำนาที่มีการใช้ปุ๋ยคอก และเมื่อคำนวณร่วมกับผลผลิต พบว่า ให้ผลตอบแทนต่อต้นทุนการผลิตที่คุ้มค่าทุกสายพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ดังตารางที่ 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.14 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการทำนาที่ใส่ปุ๋ยคอก

รายการ	ปุ๋ยคอก			
	สุพรรณบุรี 1	ปทุมธานี 80	ชัยนาท 80	พิษณุโลก 2
ค่าเตรียมดิน (บาท/ไร่)	700	700	700	700
ค่าเมล็ดพันธุ์ (บาท/ไร่)	480	480	480	480
ค่าสูบน้ำ (บาท/ไร่)	750	750	750	750
ค่าจ้างเก็บเกี่ยว (บาท/ไร่)	500	500	500	500
ค่าปุ๋ยคอก (บาท/ตัน)	2,000	2,000	2,000	2,000
ค่าจ้างหว่านปุ๋ย (บาท/ไร่)	150	150	150	150
รวมต้นทุน (บาท/ไร่)	4,580	4,580	4,580	4,580
ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	434.80	769.40	684.10	657.00
รายได้รวม (16.5 บาท/กิโลกรัม)	7,174.20	12,695.10	11,287.65	10,840.50
ผลตอบแทนสุทธิ (บาท/ไร่)	2,594.20	8,115.10	6,707.65	6,260.50
ผลตอบแทนต่อต้นทุนการผลิต	0.57	1.77	1.46	1.37

หมายเหตุ ดัดแปลงจากตารางรายละเอียดด้านปัจจัยการลงทุนสำหรับทำนา (เกริก ปิ่นตระกูล, 2550)

ตารางที่ 4.15 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการทำนาที่ใส่ปุ๋ยเคมี

รายการ	ปุ๋ยเคมี			
	สุพรรณบุรี 1	ปทุมธานี 80	ชัยนาท 80	พิษณุโลก 2
ค่าเตรียมดิน (ต่อไร่)	700	700	700	700
ค่าเมล็ดพันธุ์ (บาท/ไร่)	480	480	480	480
ค่าสูบน้ำ (บาท/ไร่)	750	750	750	750
ค่าจ้างเก็บเกี่ยว (บาท/ไร่)	500	500	500	500
ค่าปุ๋ยเคมี (บาท/ตัน)	598	598	598	598
ค่ายาและค่าฉีดสารเคมี (บาท/ไร่)	200	200	200	200
ค่าจ้างหว่านปุ๋ย (บาท/ไร่)	150	150	150	150
รวมต้นทุน (บาท/ไร่)	3,378	3,378	3,378	3,378
ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	534.70	989.50	1,061.20	862.10
รายได้รวม (16.5 บาท/กิโลกรัม)	8,822.55	16,326.75	17,509.80	14,224.65
ผลตอบแทนสุทธิ (บาท/ไร่)	5,444.55	12,948.75	14,131.80	10,846.65
ผลตอบแทนต่อต้นทุนการผลิต	1.61	3.83	4.18	3.21

หมายเหตุ ดัดแปลงจากตารางรายละเอียดด้านปัจจัยการลงทุนสำหรับทำนา (เกริก ปิ่นตระกูล, 2550)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของพันธุ์ข้าวต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการใช้พันธุ์ข้าว 4 สายพันธุ์ได้แก่ สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 80 ชัยนาท 80 และพิษณุโลก 2 ร่วมกับการใช้ปุ๋ย 2 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 12 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 2) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 3) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 4) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 5) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 6) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 7) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 8) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยคอก 9) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 10) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และไม่มีการใส่ปุ๋ย 11) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยคอก และ 12) แปลงนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี โดยทำการศึกษาในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว 4 ระยะ ได้แก่ ระยะกล้า (หลังปักดำ 30 วัน) ระยะแตกกอ (60 วัน) ระยะออกดอกหรือตั้งท้อง (90 วัน) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (120 วัน) รวมทั้งทำการเปรียบเทียบผลผลิตข้าว ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมทำนาข้าวต่างสายพันธุ์

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแปลงนาทดลองจำนวน 12 แปลง พบว่า แปลงทดลองที่มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุด คือ แปลงที่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 1.79 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน รองลงมา คือ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 1.70 > 1.35 > 1.33 > 1.32 > 1.20 > 1.18 > 1.08 > 1.01 > 0.65 > 0.53 > 0.47 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 2 ชนิด ในแต่ละแปลงทดลองนั้น มีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับแปลงทดลองที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด คือ แปลงที่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 534.10 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน รองลงมา คือ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี ข้าวพันธุ์ปทุมธานีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ข้าวพันธุ์ปทุมธานีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย และข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 452.71 > 447.23 > 411.70 > 377.35 > 333.73 > 333.08 > 291.02 > 269.72 > 255.64 > 237.06 > 218.28 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ

5.1.2 ผลของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

จากการทดลองเมื่อพิจารณาระยะการเจริญเติบโตของข้าวต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแปลงนาทดลองทั้งหมด 12 แปลง พบว่า การปลดปล่อยก๊าซมีเทนมีมากที่สุดในช่วงที่ข้าวอยู่ในระยะแตกกอ ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการปลดปล่อยมากที่สุดในระยะที่ข้าวอยู่ในช่วงของการออกดอกหรือตั้งท้อง โดยในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว มีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

5.1.3 ผลการการสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน น้ำ และข้าว

การศึกษาครั้งนี้สามารถกล่าวได้ว่าปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว พบว่า มีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีการสะสมมากในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอก ส่วนการสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในน้ำ พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในระยะของการออกดอกหรือตั้งท้อง และการสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในต้นข้าวมีปริมาณการสะสมสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินและในน้ำ โดยมีค่าการสะสมอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากระยะกล้าจนถึงระยะออกดอก (ตั้งท้อง) และลดลงในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยคอกจะมีการสะสมสูงสุด

5.1.4 ผลการเปรียบเทียบผลผลิตข้าว

จากการทดลองปลูกข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด สามารถให้ผลผลิตข้าวดังนี้ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตสูงสุด คือ 1,061.24 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี > ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย > ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี > พันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย > ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี > ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย > ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก > ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิตข้าวเท่ากับ 989.51 > 895.22 > 862.09 >

769.43 > 684.07 > 672.47 > 656.99 > 534.74 > 511.62 > 434.77 > 319.68 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

5.1.5 ผลการเปรียบเทียบผลผลิตต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการศึกษาเมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยมีการปรับค่าตามค่าของ Global Warming Potential และคำนวณร่วมกับผลผลิต พบว่า พันธุ์ข้าวที่มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลผลิตข้าวต่ำที่สุด คือข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 74.22 กรัมต่อกิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย < ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก < ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี < ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี < ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย < ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก < ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย < ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี < ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย < ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอก < ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 75.99 > 79.53 > 82.04 > 83.69 > 90.17 > 90.25 > 97.47 > 102.64 > 177.13 > 179.16 และ 205.27 กรัมต่อกิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโดยภาพรวม พบว่า เมื่อพิจารณาอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มีการปรับฐานกับค่า Global Warming Potential และคำนวณร่วมกับผลผลิต พบว่า ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลผลิตต่ำที่สุด คือ 74.22 กรัมต่อกิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบการผลิต ให้ผลประโยชน์สูงสุดและส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เนื่องจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สามารถส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี อย่างเช่นการใช้ปุ๋ยคอกแทนการใช้ปุ๋ยเคมีนั้น จะทำให้มีการเพิ่มธาตุอาหารขึ้นในดิน ส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และลดการปนเปื้อนของสารเคมีหรือสารตกค้างต่างๆ จากการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาทำเกษตรที่ไม่พึ่งพาสารเคมี จึงเป็นแนวทางที่ภาครัฐควรสนับสนุนต่อไป

แต่ทั้งนี้เนื่องจากในการศึกษาวิจัยนั้นปัจจัยสิ่งแวดล้อม เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการศึกษา เพื่อให้เกิดประโยชน์และสามารถนำไปส่งเสริมแก่เกษตรกรได้จริง ควรมีการศึกษาหรือทดลองซ้ำ เพื่อให้ได้ผลที่มีความถูกต้องมากที่สุด และควรมีการศึกษาในปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น รูปแบบการเตรียมดิน รูปแบบการให้ปุ๋ย การจัดการน้ำ ลักษณะทางกายภาพภายในหรือภายนอกของต้นข้าว หรือการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำและให้ผลผลิตสูง เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว

รายการอ้างอิง

Ahmad, S., Li, C., Dai, G., Zhan, M., Wang, J., Pan, S. and Cao, C. (2009). Greenhouse gas emission from direct seeding paddy field under different rice tillage systems in central China. Soil & Tillage Research. (106), 54–61.

Chanton, J. P., Whithing, G.J., Blair, N.E. and Lindau, C.W. (1996). Methane Emission from Rice: Stable Isotopes, Diurnal Variations and CO_2 Exchange. Global Biogeochem Cycle. (11(1)), 15-27.

Chen, R., Lin, X., Wang, Y. and Hu, J. (2011). Mitigating methane emissions from irrigated paddy fields by application of aerobically composted livestock manuresin eastern China. Soil Use and Management. (27), 103-109.

Chen, Z., Li, D., Shao, K. and Wang, B. (1993). Features of CH4 Emission from Rice Paddy Fields in Beijing and Nanjing. Chemosphere, 26(1-4), 239-245.

Civil Environmental Engineering. (2013). Comprehensive Investigation of Factors Enhancing Microbially Generated Coal Bed Methane. Retrieved October 2013 http://ese.mines.edu/research_projects/biogenic_methane.html.

Daming, L., Manqiang, L., Yanhong, C., Dong, W., Jiangtao, Q., Jiaguo. J. and Feng, H. (2011). Methane emissions from double-rice cropping system under conventional and no tillage in southeast China. Soil & Tillage Research. (113), 77-81.

Gogoi, N., Baruah, K.K. and Gupta., Prabhat K. (2008). Selection of rice genotypes for lower methane emission. Agronomy for Sustainable Development. (28), 181-186.

Gramene. (2013). Oryza Taxonomy. Retrieved September 2013 http://www.gramene.org/species/oryza/rice_axonomy.html.

Greenhouse Gas Online. (2012). Nitrous oxide Sources-Agriculture soils. http://www.ghgonline.org/nitrousagri.html

Hayman, G., Quiquet, A., Gedney, N., Clark , D., Friend, A. and George, C. (2014). Wetland methane modelling over the scandinavian arctic: performance of current land-surface models. Geophysical research, *106*.

Inubushi, K., Cheng, W., Aonuma, S., Hoque, M.M., Kobayashi, K., Miura, S. and Okada, M. (2003). Effects of free-air CO2 enrichment (FACE) on CH4 emission from a rice paddy field. Global Change Biology. 1458–1464.

Matthews, R.B., Wassman, R. and Arah, J. (2000). Using a crop soil simulation model and gis techniques to assess methane emissions from rice fields in Asia. I. Nutrient Cycling in AglVcco Model development. (58), 141-159.

Mer, J. L. and Roger, P. (2001). Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils. Soil Biology. (37), 25-50.

Moya, T.B., Ziska, L.H., Namuco, O.F. and Olszyk, D. (1998). Growth Dynamics and Genotypic Variation in Tropical Filed-Grown Paddy Rice (Oryza sativa L.) in Response to Increasing Carbon Dioxide and Temperature. Global Change Biology. *645-656*(4).

Nouchi, I., Mariko, S. and Aoki, K. (1990). Mechanism of methane transport from the rhizosphere to the atmosphere through rice plants. Plant physio. *l*(94), 59-66.

Oremland, R.S. (1998). Biogeochemistry of Methanogenic Bacteria. Biology of Anaerobic Microorganisms. 641-705.

Plant and Physiology. (2014). Rice plant development from zygote to spikelet. Retrieved March 2014 http://pcp.oxfordjournals.org/content/46/1/23/F1.expansion

Raich, J.W. and Schlesinger, W.H. (1992). The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. Tellus. (44B), 81-89.

Singh, J.S., Raghubanshi, A.S., Reddy, V.S., Singh, S. and Kashyap, A.K. (1998). Methaneflux from Irrigated paddy and drylandricefields and from seasonally dry tropical forest and Savanna soils of India. Biochem. 30(2), 135-139.

Smith, K. A., Ball, T., Conen, F., Dobbie, K. E., Massheder, J. and Rey, A. (2003). Exchange of greenhouse gasesbetween soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. European journal of soil science. (54), 779-791.

Tattao, D.A. (1987). Influence of Long-Term N-P Fertilizers, Cropping Systems and Rainfall on Corn Yields and Soil Properties. (Ph.D. Thesis), Department of Soil,Kasetsart University.

The Institute of Biogeochemistry and Pollutant Dynamics (IBP). (2013). Wetland. Retrieved September 2013 http://www.ibp.ethz.ch/research/environmentalmicrobiology/research/Wetlands

United Nations. (1998). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.

United Nations Framework Conservation on Climate Change (UNFCCC). (2012). Globalwarming Potentials. Retrieved January 2012 http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2012). Greenhouse Gas Emissions. Greenhouse Gases Overview. Retrieved January 2012 http://epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases.html

Wang, Z.P., Kludze, C.R., Crozier, C.R. and Patrick. W.H.. (1995). Soil characteristics affecting methane production and emission in flood rice. Climate Change and Rice. 80-90.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Wassmann, R., Lantin, R. S., Neue, H. U., Buendia, L. V., Corton, T.M. and Y. Lu. . (2000). Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. III. Mitigation options and future research needs. Nutrient Cycling in Agroecosystems. (58), 23-26.

World Wide Fund For Nature (WWF). (2013). Global warming? Climate change? What's it all about? http://www.wwf.org.uk/what_we_do/tackling_climate_change/climate_change_explained/

Yi, C., Chun-yan, W., Jim-guo, S. and Jia-yu, W. (2006). Emission and Fixation of CO2 from soil system as influenced by long-term application of organic manure in maddy soils. Agricultural sciences in China. (5(6)), 456-461.

Ziska, L.H. and Teramura, A.H. (1992). CO_2 Enhancement of Growth and Photosynthesis in Rice (*Oryza sativa*): Modification by Increased Ultraviolet-B Radiation. Plant Physio. (99), 473-481.

กรมการข้าว. (2550). ข้อมูลเสนอคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์เพื่อพิจารณาเป็นพันธุ์รับรองข้าวเจ้าพันธุ์กข29 (ชัยนาท 80). สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว,ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก.

กรมการข้าว. (2550). ข้อมูลเสนอคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์เพื่อพิจารณาเป็นพันธุ์รับรองข้าวเจ้าพันธุ์กข31 (ปทุมธานี 80). สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว,ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก.

กรมการข้าว. (2556). องค์ความรู้เรื่องข้าว. Retrieved กันยายน 2556 http://www.brrd.in.th

กรมควบคุมมลพิษ. (2540). เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2548). โครงการทดสอบเกณฑ์ปฏิบัติที่ดีด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับทำนา. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2557). ดินของประเทศไทย. from มีนาคม 2557 http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/INDEX.HTM

กรมวิชาการเกษตร. (2537). ข้อมูลเสนอกรมวิชาการเกษตรเพื่อพิจารณาเป็นพันธุ์รับรองชื่อ พันธุ์ข้าวเจ้าสุพรรณบุรี 1. สถาบันวิจัยข้าว,ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี.

กรมวิชาการเกษตร. (2543). ข้อมูลเสนออนุกรรมการปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืชเพื่อพิจารณาเป็นพันธุ์รับรองชื่อพันธุ์ข้าวเจ้าพิษณุโลก 2. สถาบันวิจัยข้าว,ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก.

กรมวิชาการเกษตร. (2547). ปุ๋ยชีวภาพ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2551). การปลูกข้าวแบบบรูณาการ. Retrieved กันยายน 2556 http://www.brrd.in.th/rkb

กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ. (2553). ความสัมพันธ์ทางสรีรวิทยาของต้นข้าวกับการนำพาก๊าซมีเทนจากนาข้าวสู่บรรยากาศ. Pathumwan Academic Journal. *2*, 45-53.

เกริก ปิ่นตระกูล. (2550). ผลของการใช้ปุ๋ยต่อคุณภาพดินและน้ำในนาข้าว. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามเนตร เอกตาแสง. (2546). การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาหว่านพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีการจัดการน้ำรวมกับปุ๋ยเคมี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธงชัย มาลา. (2546). ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ. เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์. (2552). เคมีบรรยากาศ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัต เจริญศิลป์, พิสิฐ พรหมนารท และประโยชน์ เจริญธรรม. (2542). โครงการวิจัยการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว. ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2547). กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน. ราชกิจจานุเบกษา. (25), 170.

ประพาส วีระแพทย์. (2520). สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 3. Retrieved มีนาคม 2557 http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK3/chapter1/t3-1-l1.htm#sect2

ปรัชญา ธัญญาดี, เมธี มณีวรรณ, และพิรัชฌา วานานุกูล. (2540). ความรู้เรื่องอินทรียวัตถุในดิน. คู่มือการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ.

ปวรีน สุวรรณอินทร์. (2550). การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ของดินที่ต่างชนิดกัน และการกำหนดค่า *Correction factor* ของวิธี *Walkley –black* โดยใช้เทคนิคการเผาให้แห้ง. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พระราชบัญญัติปุ๋ย. (2550). ราชกิจจานุเบกษา. *2*(125).

พันธวัศ สัมพันธ์พานิช. (2554). ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการทำนาเพื่อลดภาวะโลกร้อนปีที่ 1. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ. (2554). ข้าวเกษตรอินทรีย์สะสมคาร์บอนในดิน. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2549). รู้เรื่องข้าว. Retrieved มกราคม 2555 http://www.thairice.org/html/aboutrice/about_rice1.htm

ยงยุทธ โอสถสภา. (2542). ศัพท์ในวงการปุ๋ย. กรุงเทพหมานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพาพร ชินอรุณชัย. (2524). สาเหตุน้ำเสียจากเกษตรกรรม. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยาลัย, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,.

ศาสตร์เกษตรดินปุ๋ย. (2555). ธาตุอาหารพืช. Retrieved มีนาคม 2557, from https://soclaimon.wordpress.com/category/ความรู้-ศัพท์/ธาตุอาหารพืช/

ศุภจิตรา ชัชวาล. (2547). การหายใจระดับเซลล์ของพืช. Retrieved from http://www.sc.chula.ac.th/botany/eClass/.../respiration.pdf.

สารานุกรมสำหรับเยาวชน. (2556). ข้าว. Retrieved กันยายน 2556 http://kanchanapisek.or.th/kp6/New/sub/book/book.php?book=3&chap=1&page=t3-1-infodetail02.html

สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. (2553). ประเด็นท้าทาย ข้อเสนอเชิงนโยบายและการเจรจาของไทย. เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก.

สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาล. (2553). มาทำความเข้าใจให้ถูกกับคำว่าค่านำไฟฟ้า (electrical conductivity) ของสารละลาย. คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. (2541). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมโลกจากก๊าซเรือนกระจกต่อการทำนาข้าว. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. (2544). ผลกระทบจากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวต่อการปลูกข้าวและผลผลิตข้าวของประเทศไทย. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. (2551). ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แอนนา สายมณีรัตน์, นายสุขุม โชติช่วงมณีรัตน์ และน.ส.พจนีย์ สุภามงคล. (2556). การใช้กากเมล็ดสบู่ดำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตข้าวโพดหวาน. Retrieved มีนาคม 2557 http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/15-3-Anna_Sai/template.html

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

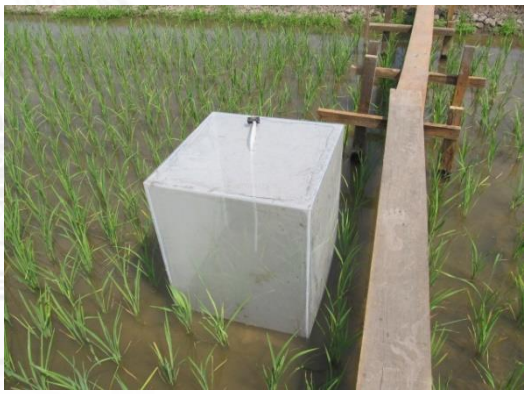
ภาพแสดงการดำเนินการทดลอง

ก

ข

ค

ง



รูป ก แปลงนาอินทรีย์

ข แปลงนาเคมี

ค และ ง Chamber ที่ใช้ในการครอบต้นข้าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ภาพแสดงการดำเนินการทดลอง (ต่อ)

จ

ฉ

ช

ซ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูป จ และ ฉ การวัดคุณภาพน้ำ
ช และ ซ การเก็บตัวอย่างอากาศ ด้วยเครื่อง personal pump

ภาคผนวก ข

ตาราง ข แสดงรายละเอียดและขั้นตอนการทำนาในแต่ละแปลงทดลอง

วันที่	กิจกรรม	ระยะ/อายุข้าว	รายละเอียด	รูปแบบแปลงทดลองและอัตราการใส่ปุ๋ย		
				ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยคอก	ปุ๋ยเคมี
3 ม.ค. 55	เตรียมแปลงปลูก		1. ไถดะ ทิ้งไว้ 7-10 วัน 2. ไถแปร เอาน้ำเข้าแช่ขี้ไถ 3. คราด 1-2 ครั้ง ปรับระดับผิวดิน ทำเทือก			
30 ม.ค. 55	เพาะกล้า		เพาะกล้าในแปลงอินทรีย์เพื่อใช้ในการปักดำ ประมาณ 15-20 กก./ไร่			
20 ก.พ. 55	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1		เก็บตัวอย่างดิน และตัวอย่างน้ำ			
21-24 ก.พ. 55	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1		1. ใส่ปุ๋ย (ตามรูปแบบการทดลอง) แล้วไถกลบ 2. ใส่น้ำให้ท่วมขังพื้นที่แปลงนาสูงประมาณ 5-10 เซนติเมตร	ไม่เติม	125 กก./งาน	
25 ก.พ. 55	การปักดำ	20 วัน	1. ปักดำข้าวที่ระยะ 20 X 20 เซนติเมตร ให้สม่ำเสมอ 2. ขังน้ำให้ท่วมแปลงนาสูงประมาณ 5-10 เซนติเมตร			16-20-07.5 กก./งาน
6 มี.ค. 55	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	30 วัน	เก็บตัวอย่างอากาศ ดิน น้ำ และพืช			
16 มี.ค. 55	กำจัดวัชพืช โรคพืชและศัตรูข้าว	40 วัน	1. ใช้วิธีการถอนออกหรือใช้ชีววิธี 2. รักษาระดับน้ำ 5-10 เซนติเมตร			

ภาคผนวก ข

ตาราง ข แสดงรายละเอียดและขั้นตอนการทำนาในแต่ละแปลงทดลอง (ต่อ)

วันที่	กิจกรรม	ระยะ/อายุข้าว	รายละเอียด	รูปแบบแปลงทดลองและอัตราการใส่ปุ๋ย		
				ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยคอก	ปุ๋ยเคมี
	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2				75 กก./งาน	46-0-0 2กก./งาน
5-8 เม.ย. 55	กำจัดวัชพืช โรคพืช และศัตรูข้าวระยะสร้างรวง	60 วัน (แตกกอสูงสุด)	1. ใช้วิธีการถอนออกหรือใช้ชีววิธี 2. รักษาระดับน้ำ 5-10 เซนติเมตร			
9 เม.ย. 55	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 3	60 วัน	เก็บตัวอย่างอากาศ ดิน น้ำ และพืช			
11-14 เม.ย. 55	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3	60-65 วัน		ไม่เติม	50 กก./งาน	46-0-0 2กก./งาน
	บันทึกวันที่ข้าวออกดอก	80-85 วัน	วันที่ข้าวออกดอก คือวันที่ข้าวออกดอก 80% ของต้นข้าวทั้งหมด			
8 พ.ค. 55	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 4	90 วัน	เก็บตัวอย่างอากาศ ดิน น้ำ และพืช ก่อนระบายน้ำออกหรือปล่อยให้แห้ง			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ตาราง ข แสดงรายละเอียดและขั้นตอนการทำนาในแต่ละแปลงทดลอง (ต่อ)

วันที่	กิจกรรม	ระยะ/อายุข้าว	รายละเอียด	รูปแบบแปลงทดลองและอัตราการใส่ปุ๋ย		
				ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยคอก	ปุ๋ยเคมี
7 มิ.ย. 55	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 5	120 วัน	1. เก็บตัวอย่างอากาศ ดิน น้ำ และพืช 2. ไม่ต้องสูบน้ำเข้า ปล่อยให้ดินแห้งหรือระบายน้ำออกจากแปลง			
	เก็บเกี่ยวระยะพลับพลึง (สุกแก่)	1 เดือนหลังจากข้าวออกดอก (115-120 วัน)	1. เก็บเกี่ยวหลังข้าวออกดอกแล้ว 28-30 วัน ที่โคนรวงประมาณ 1 ใน 3 ส่วน 2. ดูจากรวงข้าว 2 ใน 3 ส่วน จากปลายรวงข้าวจะสุกมีสีเหลืองฟางข้าว 3 ส่วนยังมีสีเขียว เมล็ดแข็งแกร่ง 4. วัดผลผลิตต่อไร่ (พื้นที่ 2x5 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ)			
	หลังเก็บเกี่ยว		นวดข้าว ฝัด และทำความสะอาด ชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างข้าวเพื่อวัดความชื้น และผลผลิต			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณค่าฟลักซ์ของ Singh et al. (1998)

$$[F] = \frac{BV_{STD} \times MW \times 1000 \times 60 \times dc}{10^4 \times 22400 \times A \times dt} \quad (1)$$

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

โดยกำหนดค่าดังนี้

ปริมาตรภายในกล่อง (BV) = 288,000 cm^3

ความดันภายในกล่อง (BP) = 1,007 mmHg

อุณหภูมิ (T) = 35 °C

มวลโมเลกุล CO_2 (MW) = 44 g/mol

มวลโมลเลกุล CH_4 (MW) = 12 g/mol

ความเข้มข้นก๊าซ CO_2 (dc) = 200 mg/m^3

ความเข้มข้นก๊าซ CH_4 (dc) = 50 mg/m^3

พื้นที่หน้าตัด (A) = 0.36 m^2

ระยะเวลาครอบ Chamber (dt) = 180 min

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสมการ

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

แทนค่าได้

$$BV_{std} = \frac{288{,}000 \times 1007 \times 273}{(273 + 35) \times 760}$$

$$= 0.34\ m^3 \quad \text{.....(1)}$$

จากสมการ

$$[F] = \frac{BV_{STD} \times MW \times 1000 \times 60 \times dc}{10^4 \times 22400 \times A \times dt}$$

แทนค่าค่า BV_{std} จาก (1) ที่ได้หาค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

$$[F]\ CO_2 = \frac{0.34 \times 44 \times 1{,}000 \times 60 \times 200}{10^4 \times 22400 \times 0.36 \times 180}$$

$$[F]\ CO_2 = 0.01\ mg/m^2/hr$$

$$[F]\ CO_2 = 0.24\ mg/m^2/day$$

แทนค่าค่า BV_{std} จาก (1) ที่ได้หาค่าฟลักซ์ของก๊าซมีเทน

$$[F]\ CH_4 = \frac{0.34 \times 12 \times 1{,}000 \times 60 \times 50}{10^4 \times 22400 \times 0.36 \times 180}$$

$$[F]\ CH_4 = 0.001\ mg/m^2/hr$$

$$[F]\ CH_4 = 0.024\ mg/m^2/day$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

ตาราง ง แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

ดัชนีคุณภาพดิน	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
1.สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound)			
1) เบนซีน (Benzene)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 6.5	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	"	ต้องไม่เกิน 2.5	"
3) 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 3.5	"
4) 1,1-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,1-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 0.5	"
5) ซิส-1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (cis-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 43	"
6) ทรานส์-1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (trans-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 63	"
7) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	"	ต้องไม่เกิน 89	"
8) แอทธิลเบนซีน (Ethylbenzene))	"	ต้องไม่เกิน 230	"
9) สไตรีน (Styrene)	"	ต้องไม่เกิน 1,700	"
10) เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 57	"
11) โทลูอีน (Toluene)	"	ต้องไม่เกิน 520	"
12) ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene))	"	ต้องไม่เกิน 28	"

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

ตาราง ง แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพดิน	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
13) 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 630	"
14) 1,1,2-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,2-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 8.4	"
15) ไซลีนทั้งหมด (Total Xylenes)	"	ต้องไม่เกิน 210	"
2. โลหะหนัก (Heavy metals)			
1) สารหนู (Arsenic)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 3.9	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption, Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียม (Cadmium and compounds)	"	ต้องไม่เกิน 37	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium)	"	ต้องไม่เกิน 300	ใช้วิธี Coprecipitation หรือวิธี Colorimetric หรือวิธี Chelation/Extraction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

ตาราง ง แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพดิน	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
4) ตะกั่ว (Lead)	"	ต้องไม่เกิน 400	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass
5) แมงกานีสและสารประกอบแมงกานีส (Manganese and compounds)	"	ต้องไม่เกิน 1,800	Spectrometry หรือวิธี AtomicAbsorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
6) ปรอทและสารประกอบปรอท (Mercury and compounds)	"	ต้องไม่เกิน 23	ให้ใช้วิธี Cold-Vapor Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
7) นิกเกิลในรูปของเกลือที่ละลายน้ำได้ (Nickel, soluble salts)	"	ต้องไม่เกิน 1,600	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
5) แมงกานีสและสารประกอบแมงกานีส (Manganese and compounds)	"	ต้องไม่เกิน 1,800	ให้ใช้วิธี Cold-Vapor Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
8) ซีลีเนียม (Selenium)	"	ต้องไม่เกิน 390	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption, Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

ตาราง ง แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพดิน	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
3. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides)			
1) อะทราซีน (Atrazine)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 22	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) คลอเดน (Chlordane)	"	ต้องไม่เกิน 16	ใช้วิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) 2,4-ดี (2,4-D)	"	ต้องไม่เกิน 690	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี High Performance Liquid Chromatography/ThermalExtraction/ GasChromatography /Mass Spectrometry (TE/GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4) ดีดีที (DDT)	"	ต้องไม่เกิน 17	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
5) ดิลดริน (Dieldrin)	"	ต้องไม่เกิน 0.3	"
4. สารพิษอื่น ๆ			
1) เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo (a) pyrene)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 0.6	ใช้วิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธี Thermal Extraction/Gas Chromatography/Mass Spectrometry (TE/GC/MS) หรือวิธี Gas Chromatography/Fourier Transform Infrared (GC/FT-IR) Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

ตาราง ง แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพดิน	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
2) ไซยาไนด์และสารประกอบไซยาไนด์ (Cyanide and compounds)	"	ต้องไม่เกิน 11	ใช้วิธี Total and Amenable Cyanide: Distillation หรือวิธี Total Amenable Cyanide (Automated Colorimetric, with off-line Distillation) หรือวิธี Cyanide Extraction Procedure for Solids and Oils หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) พีซีบี (PCBs)	"	ต้องไม่เกิน 2.2	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

ตาราง จ แสดงค่ามาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน
และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5-8.5
2. ความนำไฟฟ้า	ไมโครโมล์/เซนติเมตร	2,000
3. ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS)	มิลลิกรัมต่อลิตร	1,300
4. บีโอดี (BOD5) มิลลิกรัม/ลิตร	มิลลิกรัมต่อลิตร	20
5. สารแขวนลอย (SS)	มิลลิกรัมต่อลิตร	30
6. ซัลไฟด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Sulfide as H_2S)	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
7. ไซยาไนด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (cyanide as HCN)	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.2
8. น้ำมันและไขมัน (Fat ,Oil and Grease)	มิลลิกรัมต่อลิตร	5.0
9. ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde)	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
10. ฟีนอลและ/หรือครีโซลส (Phenol& Cresols)	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
11. คลอรีนอิสระ (Free chlorine)	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
12. ยาฆ่าแมลงและสารกัมมันตรังสี	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่มีเลย
13. สี และกลิ่นที่ระบายลงสู่ทางน้ำชลประทาน (Colour and Odour)	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
14. น้ำมันทาร์ (Tar)	-	ไม่มีเลย
15. ค่าอุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	40
16. Total Kjeidahl Nitrogen (TKN)	มิลลิกรัมต่อลิตร	35
17. Dissolved Oxygen (DO)	มิลลิกรัมต่อลิตร	2.0
18. Chemical Oxygen Demand (COD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	100
19. โลหะหนัก	มิลลิกรัมต่อลิตร	
- สังกะสี(Zn)		5.0
- โครเมียม(Cr)		0.3
- อาร์เซนิค(As)		0.25
- ทองแดง(Cu)		1.0
- ปรอท (Hg)		0.005
- แคดเมียม (Cd)		0.003

ภาคผนวก จ

ตาราง จ แสดงค่ามาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน
และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
- แบเรียม (Ba)		1.0
- เซลิเนียม (Se)		0.02
- ตะกั่ว (Pb)	-	0.1
- นิเกิล (Ni)		0.2
- แมงกานีส (Mn)		5.0

ที่มา: คำสั่งกรมชลประทานที่ 73/2554 เรื่อง แก้ไขการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ลงวันที่ 1 เมษายน 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฉ

ตาราง ฉ ผลวิเคราะห์ก๊าซมีเทน

แปลง	ปุ๋ย	ระยะ	จำนวนซ้ำ	ก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1	ไม่ใส่ปุ๋ย	กล้า	1	1.14	1.04	0.16
			2	0.73		
			3	1.24		
		แตกกอ	1	3.50	2.74	0.44
			2	2.75		
			3	1.99		
		ออกดอก	1	0.55	0.57	0.02
			2	0.60		
			3	0.57		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.40	0.45	0.03
			2	0.50		
			3	0.45		
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1	ใส่ปุ๋ยคอก	กล้า	1	2.33	1.45	0.87
			2	0.57		
			3	1.45		
		แตกกอ	1	1.71	1.68	0.51
			2	1.99		
			3	1.34		
		ออกดอก	1	1.32	1.32	0.32
			2	1.87		
			3	0.78		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.93	0.93	0.18
			2	0.62		
			3	1.25		
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1	ใส่ปุ๋ยเคมี	กล้า	1	1.74	1.74	0.10
			2	1.92		
			3	1.56		
		แตกกอ	1	3.03	3.03	0.65
			2	1.92		
			3	4.16		
		ออกดอก	1	1.73	1.73	0.34
			2	2.32		
			3	1.15		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.64	0.64	0.02
			2	0.67		
			3	0.61		

ภาคผนวก ฉ

ตาราง ฉ ผลวิเคราะห์ก๊าซมีเทน (ต่อ)

แปลง	ปุ๋ย	ระยะ	จำนวนซ้ำ	ก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80	ไม่ใส่ปุ๋ย	กล้า	1	0.74	0.93	0.15
			2	0.49		
			3	1.55		
		แตกกอ	1	2.23	2.01	0.47
			2	2.34		
			3	1.47		
		ออกดอก	1	0.34	0.44	0.14
			2	0.37		
			3	0.60		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.73	0.64	0.08
			2	0.64		
			3	0.56		
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80	ใส่ปุ๋ยคอก	กล้า	1	1.26	1.62	0.43
			2	1.50		
			3	2.09		
		แตกกอ	1	2.47	2.26	0.77
			2	0.38		
			3	3.91		
		ออกดอก	1	0.40	0.90	0.68
			2	0.62		
			3	1.67		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	1.37	0.53	0.73
			2	0.06		
			3	0.16		
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80	ใส่ปุ๋ยเคมี	กล้า	1	0.00	0.43	0.19
			2	0.78		
			3	0.52		
		แตกกอ	1	0.04	1.01	0.61
			2	2.87		
			3	0.13		
		ออกดอก	1	0.19	0.46	0.26
			2	0.50		
			3	0.71		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.47	0.22	0.11
			2	0.15		
			3	0.05		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฉ

ตาราง ฉ ผลวิเคราะห์ก๊าซมีเทน (ต่อ)

แปลง	ปุ๋ย	ระยะ	จำนวนซ้ำ	ก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80	ไม่ใส่ปุ๋ย	กล้า	1	0.76	0.75	0.28
			2	0.46		
			3	1.03		
		แตกกอ	1	2.34	2.49	0.34
			2	2.24		
			3	2.88		
		ออกดอก	1	0.32	0.57	0.23
			2	0.64		
			3	0.76		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.64	0.91	0.34
			2	0.81		
			3	1.29		
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80	ใส่ปุ๋ยคอก	กล้า	1	0.56	1.48	1.00
			2	2.97		
			3	0.92		
		แตกกอ	1	2.17	2.28	0.10
			2	2.36		
			3	2.30		
		ออกดอก	1	0.65	0.65	0.01
			2	0.64		
			3	0.64		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.85	0.86	0.01
			2	0.87		
			3	0.86		
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80	ใส่ปุ๋ยเคมี	กล้า	1	0.39	0.40	0.01
			2	0.39		
			3	0.41		
		แตกกอ	1	1.01	0.97	0.06
			2	1.01		
			3	0.91		
		ออกดอก	1	0.32	0.32	0.01
			2	0.32		
			3	0.32		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.19	0.19	0.01
			2	0.19		
			3	0.20		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ

ตาราง ฉ ผลวิเคราะห์ก๊าซมีเทน (ต่อ)

แปลง	ปุ๋ย	ระยะ	จำนวนซ้ำ	ก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2	ไม่ใส่ปุ๋ย	กล้า	1	0.53	0.67	0.18
			2	0.62		
			3	0.88		
		แตกกอ	1	2.09	2.00	0.10
			2	1.90		
			3	2.01		
		ออกดอก	1	0.49	0.65	0.16
			2	0.80		
			3	0.65		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	1.31	0.99	0.35
			2	1.06		
			3	0.61		
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2	ใส่ปุ๋ยคอก	กล้า	1	0.60	0.69	0.09
			2	0.68		
			3	0.78		
		แตกกอ	1	4.95	4.86	0.36
			2	5.16		
			3	4.45		
		ออกดอก	1	0.50	0.48	0.06
			2	0.41		
			3	0.52		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.75	0.78	0.09
			2	0.88		
			3	0.71		
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2	ใส่ปุ๋ยเคมี	กล้า	1	0.42	0.62	0.25
			2	0.89		
			3	0.54		
		แตกกอ	1	0.90	0.93	0.23
			2	0.72		
			3	1.18		
		ออกดอก	1	0.68	0.56	0.12
			2	0.45		
			3	0.53		
		ก่อการเก็บเกี่ยว	1	0.53	0.47	0.18
			2	0.61		
			3	0.28		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ช

ตาราง ช ผลวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

แปลง	ปุ๋ย	ระยะ	จำนวนซ้ำ	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1	ไม่ใส่ปุ๋ย	กล้า	1	152.23	152.13	80.22
			2	13.13		
			3	291.02		
		แตกกอ	1	119.22	146.88	15.98
			2	146.84		
			3	174.58		
		ออกดอก	1	628.72	628.72	15.85
			2	656.18		
			3	601.26		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	231.25	151.15	46.32
			2	151.39		
			3	70.80		
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1	ใส่ปุ๋ยคอก	กล้า	1	197.72	182.39	8.86
			2	167.01		
			3	182.44		
		แตกกอ	1	585.03	578.06	3.89
			2	577.57		
			3	571.60		
		ออกดอก	1	635.14	634.85	45.44
			2	713.41		
			3	556.00		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	188.65	114.10	53.29
			2	142.79		
			3	10.86		
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1	ใส่ปุ๋ยเคมี	กล้า	1	19.40	70.24	27.78
			2	76.26		
			3	115.07		
		แตกกอ	1	347.78	412.13	37.21
			2	476.69		
			3	411.94		
		ออกดอก	1	916.11	1015.06	130.28
			2	1273.28		
			3	855.79		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	891.20	638.98	45.57
			2	638.84		
			3	386.92		

ภาคผนวก ช

ตาราง ช ผลวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

แปลง	ปุ๋ย	ระยะ	จำนวนซ้ำ	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80	ไม่ใส่ปุ๋ย	กล้า	1	163.89	128.86	30.57
			2	115.13		
			3	107.58		
		แตกกอ	1	44.54	90.99	40.32
			2	117.04		
			3	111.39		
		ออกดอก	1	589.65	582.78	34.67
			2	545.18		
			3	613.49		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	511.28	529.70	16.56
			2	534.44		
			3	543.36		
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80	ใส่ปุ๋ยคอก	กล้า	1	176.95	147.62	28.53
			2	145.97		
			3	119.95		
		แตกกอ	1	124.49	113.69	43.67
			2	150.95		
			3	65.64		
		ออกดอก	1	526.42	581.17	105.37
			2	702.65		
			3	514.44		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	485.45	492.44	114.54
			2	381.56		
			3	610.32		
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80	ใส่ปุ๋ยเคมี	กล้า	1	389.47	209.47	185.21
			2	219.48		
			3	19.46		
		แตกกอ	1	230.69	144.31	90.73
			2	152.44		
			3	49.78		
		ออกดอก	1	687.74	659.63	27.33
			2	658.00		
			3	633.16		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	504.24	633.40	125.91
			2	755.78		
			3	640.18		

ภาคผนวก ช

ตาราง ช ผลวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

แปลง	ปุ๋ย	ระยะ	จำนวนซ้ำ	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80	ไม่ใส่ปุ๋ย	กล้า	1	288.57	295.15	9.79
			2	306.40		
			3	290.48		
		แตกกอ	1	161.82	153.96	28.79
			2	122.06		
			3	178.01		
		ออกดอก	1	456.66	437.95	16.43
			2	431.36		
			3	425.85		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	271.10	277.00	15.98
			2	295.09		
			3	264.82		
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80	ใส่ปุ๋ยคอก	กล้า	1	179.50	166.18	26.64
			2	183.52		
			3	135.51		
		แตกกอ	1	174.75	178.68	26.11
			2	154.76		
			3	206.53		
		ออกดอก	1	443.56	445.46	12.78
			2	459.09		
			3	433.75		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	217.96	232.25	12.81
			2	236.10		
			3	242.69		
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80	ใส่ปุ๋ยเคมี	กล้า	1	229.52	269.49	46.38
			2	258.60		
			3	320.34		
		แตกกอ	1	164.74	172.29	6.58
			2	175.34		
			3	176.80		
		ออกดอก	1	624.24	635.43	34.67
			2	607.74		
			3	674.32		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	695.46	733.62	33.28
			2	756.60		
			3	748.81		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ช

ตาราง ช ผลวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

แปลง	ปุ๋ย	ระยะ	จำนวนซ้ำ	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2	ไม่ใส่ปุ๋ย	กล้า	1	110.87	115.64	4.85
			2	115.47		
			3	120.57		
		แตกกอ	1	104.79	109.66	4.57
			2	110.33		
			3	113.87		
		ออกดอก	1	442.58	438.24	4.69
			2	438.87		
			3	433.26		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	305.28	284.72	19.30
			2	281.88		
			3	267.00		
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2	ใส่ปุ๋ยคอก	กล้า	1	147.53	154.04	22.27
			2	135.76		
			3	178.84		
		แตกกอ	1	182.82	125.53	51.37
			2	83.56		
			3	110.20		
		ออกดอก	1	398.07	382.53	19.25
			2	388.52		
			3	361.00		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	225.95	211.04	23.70
			2	183.71		
			3	223.46		
ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2	ใส่ปุ๋ยเคมี	กล้า	1	388.07	357.67	27.86
			2	351.56		
			3	333.38		
		แตกกอ	1	112.45	138.37	23.70
			2	143.76		
			3	158.91		
		ออกดอก	1	666.88	645.47	21.01
			2	644.66		
			3	624.87		
		ก่อนการเก็บเกี่ยว	1	634.75	647.41	12.76
			2	647.19		
			3	660.27		

ภาคผนวก ซ

ตาราง ซ-1 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ไม่ใส่ปุ๋ย

time		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
เก็บเกี่ยว	3	.4500	
ออกดอก	3	.5733	
แตกกอ	3	1.0367	
กล้า	3		2.7467
Sig.		.125	1.000

ตาราง ซ-2 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ใส่ปุ๋ยคอก

time		Subset for alpha = 0.05
	N	1
เก็บเกี่ยว	3	.9333
ออกดอก	3	1.3233
แตกกอ	3	1.4500
กล้า	3	1.6800
Sig.		.167

ตาราง ซ-3 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี

		Subset for alpha = 0.05	
Time	N	1	2
เก็บเกี่ยว	3	.6400	
ออกดอก	3	1.7333	
กล้า	3	1.7400	
แตกกอ	3		3.0367
Sig.		.077	1.000

ภาคผนวก ซ

ตาราง ซ-4 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ระยะ		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ออกดอก	3	.4367	
เก็บเกี่ยว	3	.6433	
กล้า	3	.9267	
แตกกอ	3		2.0133
Sig.		.162	1.000

ตาราง ซ-5 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ใส่ปุ๋ยคอก

ระยะ		Subset for alpha = 0.05
	N	1
เก็บเกี่ยว	3	.5300
ออกดอก	3	.8967
กล้า	3	1.6167
แตกกอ	3	2.2533
Sig.		.093

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ซ-6 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี

ระยะ		Subset for alpha = 0.05
	N	1
เก็บเกี่ยว	3	.2233
แตกกอ	3	.4333
ออกดอก	3	.4667
กล้า	3	1.0133
Sig.		.312

ภาคผนวก ซ

ตาราง ซ-7 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ระยะ		Subset for alpha = 0.05			
	N	1	2	3	4
เก็บเกี่ยว	3	.1923			
ออกดอก	3		.3176		
แตกกอ	3			.3968	
กล้า	3				.9733
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

ตาราง ซ-8 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ใส่ปุ๋ยคอก

ระยะ		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ออกดอก	3	.6450	
เก็บเกี่ยว	3	.8561	
กล้า	3	1.4843	1.4843
แตกกอ	3		2.2778
Sig.		.168	.173

ตาราง ซ-9 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี

ระยะ		Subset for alpha = 0.05			
	N	1	2	3	4
เก็บเกี่ยว	3	.1923			
ออกดอก	3		.3176		
แตกกอ	3			.3968	
กล้า	3				.9733
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

ภาคผนวก ซ

ตาราง ซ-10 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

time		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
เก็บเกี่ยว	3	.4733	
ออกดอก	3	.5533	.5533
แตกกอ	3	.6167	.6167
กล้า	3		.9333
Sig.		.419	.054

ตาราง ซ-11 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ใส่ปุ๋ยคอก

time		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ออกดอก	3	.4767	
กล้า	3	.6867	
เก็บเกี่ยว	3	.7800	
แตกกอ	3		4.8533
Sig.		.105	1.000

ตาราง ซ-12 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโต
ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี

time		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
เก็บเกี่ยว	3	.4733	
ออกดอก	3	.5533	.5533
แตกกอ	3	.6167	.6167
กล้า	3		.9333
Sig.		.419	.054

ภาคผนวก ฌ

ตาราง ฌ-1 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ระยะ		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
แตกกอ	3	146.88	
เก็บเกี่ยว	3	151.1467	
กล้า	3	152.1267	
ออกดอก	3		628.72
Sig.		0.942	1

ตาราง ฌ-2 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ใส่ปุ๋ยคอก

ระยะ		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
เก็บเกี่ยว	3	114.1	
กล้า	3	182.39	
แตกกอ	3		578.0667
ออกดอก	3		634.85
Sig.		0.209	0.289

ตาราง ฌ-3 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี

ระยะ		Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2	3
กล้า	3	70.2433		
แตกกอ	3		412.1367	
ออกดอก	3		638.9867	
เก็บเกี่ยว	3			1015.06
Sig.		1	0.149	1

ภาคผนวก ฌ

ตาราง ฌ-4 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์ปทุมานี 80 ที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ระยะ		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
แตกกอ	3	90.99	
กล้า	3	128.8667	
เก็บเกี่ยว	3		529.6933
ออกดอก	3		582.7733
Sig.		0.182	0.075

ตาราง ฌ-5 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์ปทุมานี 80 ที่ใส่ปุ๋ยคอก

ระยะ		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
แตกกอ	3	113.6933	
กล้า	3	147.6233	
ออกดอก	3		492.4433
เก็บเกี่ยว	3		581.17
Sig.		0.626	0.222

ตาราง ฌ-6 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโตข้าวพันธุ์ปทุมานี 80 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี

ระยะ		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
เก็บเกี่ยว	3	144.3033	
ออกดอก	3	209.47	
แตกกอ	3		633.4
กล้า	3		659.6333
Sig.		0.53	0.798

ภาคผนวก ฌ

ตาราง ฌ-7 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ระยะ		Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2	3
แตกกอ	3	153.9649		
ออกดอก	3		277.0019	
กล้า	3		295.1512	
เก็บเกี่ยว	3			437.9545
Sig.		1	0.277	1

ตาราง ฌ-8 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ใส่ปุ๋ยคอก

ระยะ		Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2	3
กล้า	3	166.1791		
แตกกอ	3	178.6802		
ออกดอก	3		232.248	
เก็บเกี่ยว	3			445.4643
Sig.		0.481	1	1

ตาราง ฌ-9 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์ชัยนาท 80 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี

ระยะ		Subset for alpha = 0.05			
	N	1	2	3	4
ออกดอก	3	172.2932			
เก็บเกี่ยว	3		269.4852		
กล้า	3			635.4312	
แตกกอ	3				733.6211
Sig.		1	1	1	1

ภาคผนวก ฌ

ตาราง ฌ-10 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ระยะ		Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2	3
แตกกอ	3	109.6633		
กล้า	3	115.6367		
ออกดอก	3		284.72	
เก็บเกี่ยว	3			438.2367
Sig.		0.505	1	1

ตาราง ฌ-11 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ใส่ปุ๋ยคอก

ระยะ		Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2	3
แตกกอ	3	125.5267		
กล้า	3	154.0433	154.0433	
ออกดอก	3		211.04	
เก็บเกี่ยว	3			382.53
Sig.		0.305	0.06	1

ตาราง ฌ-12 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเจริญเติบโต ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี

ระยะ		Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2	3
ออกดอก	3	138.3733		
เก็บเกี่ยว	3		357.67	
กล้า	3			645.47
แตกกอ	3			647.4033
Sig.		1	1	0.917

ภาคผนวก ญ

ตาราง ญ-1 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต
ของข้าวตามชนิดของปุ๋ยที่ใช้ทดลองในข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

ปุ๋ยบย		Subset for alpha = 0.05
	N	1
ไม่ใส่ปุ๋ย	12	1.2017
ปุ๋ยคอก	12	1.3467
ปุ๋ยเคมี	12	1.7875
Sig.		.141

ตาราง ญ-2 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต
ของข้าวตามชนิดของปุ๋ยที่ใช้ทดลองในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80

ปุ๋ย		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ปุ๋ยเคมี	12	.5342	
ไม่ใส่ปุ๋ย	12	1.0050	1.0050
ปุ๋ยคอก	12		1.3242
Sig.		.205	.387

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ญ

ตาราง ญ-3 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต
ของข้าวตามชนิดของปุ๋ยที่ใช้ทดลองในข้าวพันธุ์ชัยนาท 80

ปุ๋ย		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ปุ๋ยเคมี	12	.4700	
ไม่ใส่ปุ๋ย	12		1.1816
ปุ๋ยคอก	12		1.3158
Sig.		1.000	.650

ตาราง ญ-4 ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต
ของข้าวตามชนิดของปุ๋ยที่ใช้ทดลองในข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2

ปุ๋ย		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ปุ๋ยเคมี	12	.6442	
ไม่ใส่ปุ๋ย	12	1.0792	1.0792
ปุ๋ยคอก	12		1.6992
Sig.		.368	.202

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ

ตาราง ฎ-1 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต ของข้าวตามชนิดของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองในข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

ปุ๋ย		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ไม่ใส่ปุ๋ย	12	269.7183	
ปุ๋ยคอก	12	377.3517	377.3517
ปุ๋ยเคมี	12		534.1067
Sig.		.380	.204

ตาราง ฎ-2 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต ของข้าวตามชนิดของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80

ปุ๋ย		Subset for alpha = 0.05
	N	1
ไม่ใส่ปุ๋ย	12	333.0808
ปุ๋ยคอก	12	333.7325
ปุ๋ยเคมี	12	411.7017
Sig.		.463

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ

ตาราง ฎ-3 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต ของข้าวตามชนิดของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองในข้าวพันธุ์ชัยนาท 80

fertilizer		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ปุ๋ยคอก	12	255.6429	
ไม่ใส่ปุ๋ย	12	291.0182	
ปุ๋ยเคมี	12		452.7077
Sig.		.615	1.000

ตาราง ฎ-4 ผลการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต ของข้าวตามชนิดของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองในข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2

fertilizer		Subset for alpha = 0.05	
	N	1	2
ปุ๋ยคอก	12	218.2850	
ไม่ใส่ปุ๋ย	12	237.0642	
ปุ๋ยเคมี	12		447.2292
Sig.		.783	1.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายยุทธพงษ์ พงษ์อักษร เกิดเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2531 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสายวิทย์-คณิต จากโรงเรียนนราธิวาส ปี พ.ศ. 2549 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2553 และได้เข้าศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาที่ สหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554 ในระหว่างการศึกษาได้เข้าร่วมเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ และได้เผยแพร่ผลงานดังต่อไปนี้

1. Pongaksorn, Y. and Sampanpanish, P. Effect of Rice Varieties and Fertilizer Type on Methane Emission from Paddy Fields. In Poceeding, the International Conference Environmental and Hazardous Substance Management towards a Green Economy, Bangkok,Thailand. 21-23 May 2013.

นอกจากนี้ในระหว่างที่ทำการศึกษาได้เข้าร่วมเป็นผู้ช่วยนักวิจัยให้กับ ผศ.ดร.พันธวัศ สัมพันธ์พานิช สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังโครงการต่อไปนี้

1. โครงการพัฒนาความเข้าใจด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อการบริหารจัดการอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาที่ดินของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

2. โครงการเฝ้าระวังเพื่อจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อสุขภาพชุมชน กลุ่มงานที่ 2 การพัฒนาและส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์

3. โครงการส่งเสริมชุมชน “ส” ยกกำลัง 3 กิจกรรมจิตอาสา เรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมด้านคุณภาพน้ำ อากาศ เสียง และการจัดการขยะ ในพื้นที่โดยรอบจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สยามสแควร์ สวนหลวง และสามย่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University