

ผลของการปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝกและระดับน้ำต่อผลผลิตข้าวและการปลดปล่อย  
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากนาข้าว



นางสาวพรติกาญจน์ ชัยกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม(สหสาขาวิชา)  
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2555  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



EFFECTS OF SOIL IMPROVEMENT WITH VETIVER AND WATER LEVELS ON RICE  
PRODUCTION AND CARBON DIOXIDE EMISSION FROM PADDY FIELD

Miss Prontikan Chaikun

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

**550547**

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของการปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝกและระดับน้ำต่อผลผลิต  
ข้าวและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากนาข้าว

โดย

นางสาวพรดิภาญ์ ชัยกุล

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิตวิรกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
ของภาควิชาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



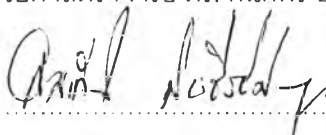
ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)



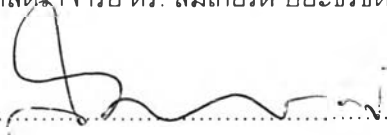
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง)



อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิตวิรกุล)



กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สิทธิโชค พวงทองทับ)



กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. นิตยา นักระนาด มิลน์)

พรวติกาญจน์ ชัยกุล: ผลของการปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝกและระดับน้ำต่อผลผลิตข้าวและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากนาข้าว. (EFFECTS OF SOIL IMPROVEMENT WITH VETIVER AND WATER LEVELS ON RICE PRODUCTION AND CARBON DIOXIDE EMISSION FROM PADDY FIELD) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. กนกพร บุญส่ง, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรวิฑูรกุล, 165 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝกและระดับน้ำต่อผลผลิตของข้าวและฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากนาข้าวในบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ทำการวิจัยทั้งหมดจำนวน 4 แปลง โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มตลอดที่ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) การปรับปรุงดิน โดยแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝก (ปลูกหญ้าแฝก 500 วัน แล้วไถกลบ) และแปลงที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝก (ทำนาข้าว 3 ฤดูกาลเพาะปลูก ใช้ปุ๋ยเพียงเป็นปุ๋ยพืชสดทุกครั้งหลังการเก็บเกี่ยวในระยะเวลา 50 วัน แล้วไถกลบ) และ 2) การจัดการน้ำ 2 ระดับ คือ 5 และ 10 ซม. ใช้ระยะเวลาการปลูกข้าว 117 วัน ทำการศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิตข้าว และเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาวิเคราะห์ทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืน โดยวิธี Static Closed Chamber Technique ผลการศึกษา พบว่าผลผลิตของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝก (411.4 กก./ไร่) มีผลผลิตของข้าวสูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝก (370.8 กก./ไร่) ส่วนการศึกษาระดับน้ำในนาข้าว พบว่า แปลงที่มีระดับน้ำ 5 ซม. (398.1 กก./ไร่) สูงกว่าแปลงที่มีระดับน้ำ 10 ซม. (384.1 กก./ไร่) ตามลำดับ สำหรับฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก พบว่า แปลงที่ปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝก มีค่าฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝก และแปลงที่มีระดับน้ำ 5 ซม. มีค่าฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าแปลงที่มีระดับน้ำ 10 ซม. ซึ่งมีผลเช่นเดียวกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว สำหรับผลการศึกษาความสัมพันธ์ของฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับ ความสูง ความยาวราก และมวลชีวภาพรวมของข้าว และฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับจำนวนต้นต่อพื้นที่ของข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการที่ปรับปรุงดินด้วยหญ้าแฝกเป็นวิธีที่ดีในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวในพื้นที่ขาดความอุดมสมบูรณ์

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต.....พรวติกาญจน์ ชัยกุล.....  
ปีการศึกษา.....2555..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....  
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

# # 5287212720: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS : VETIVER GRASS / WATER LEVELS / RICE PRODUCTION / CARBON DIOXIDE / PADDY FIELD


PRONTIKAN CHAIKUN: EFFECTS OF SOIL IMPROVEMENT WITH VETIVER AND WATER LEVELS ON RICE PRODUCTION AND CARBON DIOXIDE EMISSION FROM PADDY FIELD. ADVISOR: ASST. PROF KANOKPORN BOONSONG, Ph.D, CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMKIAT PIYATIRATITIVORAKUL, 165 pp.


The objective of this research was to study the effects of soil improvement with vetiver and water levels on rice production and carbon dioxide emission in the treated paddy fields. The study site was near the Huay Sai Royal Development Study Center, Cha-am District, Phetchaburi Province. A 2x2 completely randomized design involved factorial was used in this experiment. Two soil types, an improved soil with vetiver plough and a non vetiver improvement soil and two water levels, 5 and 10 cm were designed in combinations to 4 plots for rice *Oryza sativa* L. CV. 'Chainat 1' growing broadcasting technique. Each plot was 800 m<sup>2</sup>. The experiment was run in 117 days. Growth and CO<sub>2</sub> gas were monitored in each rice growth stages. CO<sub>2</sub> gas was collected using a static closed chamber technique during day (8.00 am - 12.00 pm) and night (7.00-11.00 pm) period, stored in ice box and analyzed using gas chromatography in laboratory. The results showed that rice growing in soil improvement with vetiver was significantly higher height, root length and biomass than those rice growing in soil without vetiver improvement. Our result also indicated that yield of rice grown in the improved soil with vetiver plough (411.4 kg/rai) was higher than that grown in soil without vetiver plough (370.8 kg/rai) and the treatment with 5 cm water gave a higher yield (398.1 kg/rai) than that of the 10 cm water (384.1 kg/rai). For CO<sub>2</sub> fluxes, rice field of soil improvement with vetiver produced higher CO<sub>2</sub> than the one without vetiver improved and the paddy field with 5 cm water produced higher CO<sub>2</sub> than that of the paddy field with 10 cm water. For relationship between CO<sub>2</sub> flux and rice growth, we found positive correlation of CO<sub>2</sub> flux on height, root length, and total biomass, and negative correlation on number of shoot. In conclusion, vetiver plough can be a good practice to soil improvement in rice production of infertile soil.

Field of Study : Environmental Science.....

Student's Signature ..... 

Academic Year : 2012.....

Advisor's Signature ..... 

Co-advisor's Signature ..... 

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ผู้เขียนจักขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิดาวรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณาในการแนะนำและคำปรึกษา รวมทั้งข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ การตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนการอบรมสั่งสอน ความห่วงใยและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่กรุณาสละเวลาเพื่อเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สิทธิโชค พวงทองทับ และ ดร. นิตยา นักระนาด มิลน์ ที่กรุณาสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งคำแนะนำซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ "โครงการการพัฒนาคุณภาพดินเสื่อมโทรมด้วยการปลูกหญ้าแฝกเพื่อเพิ่มผลผลิตและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในนาข้าวบริเวณพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี (CU-CLUSTER-Climate-2-17-53)" กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเงินทุนบางส่วนจาก "โครงการการจัดการทรัพยากรน้ำกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (CC295A)" โครงการมหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบพระคุณ จำเอก เขียน สร้อยสม ที่ได้กรุณาให้ใช้พื้นที่ในการศึกษาและอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการสมเกียรติ ท้วมแสง และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการและพืชวิทยา สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือ และห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซ

ขอขอบพระคุณ คุณเพ็ญศรี ชูบรรจง นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ได้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ

สุดท้ายขอขอบพระคุณครอบครัว ที่ให้ความกรุณาเป็นอย่างสูงที่ให้ความอุปการะทั้งทางด้านทุนการศึกษา ความรัก ความห่วงใย และกำลังใจตลอดมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่ ๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะรับ.....	2
2 การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases).....	3
2.2 การประเมินการปลดปล่อยและการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....	5
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับวัฏจักรคาร์บอน.....	6
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....	8
2.5 การทำนาข้าวกับฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....	10
2.6 ผลของการจัดการดินและน้ำที่มีต่อฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....	12
2.7 ผลของการจัดการดินและน้ำที่มีต่อผลผลิตข้าว.....	15
2.8 การทำนาข้าวในประเทศไทย.....	19
3 วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย.....	28
3.1 การวางแผนการศึกษาวิจัย.....	28
3.2 การดำเนินการศึกษาวิจัย.....	30
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	37
3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	38

บทที่	หน้า
4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล .....	39
4.1 ผลการศึกษาสมบัติของดินนาก่อนการทำนาข้าว .....	39
4.2 ผลของการปรับปรุงดินและระดับน้ำต่อการเจริญเติบโตของข้าว .....	41
4.3 องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าว .....	61
4.4 ปริมาณและการสะสมคาร์บอนและไนโตรเจนของข้าว .....	63
4.5 ผลของการปรับปรุงดินและระดับน้ำต่อฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ .....	70
4.6 ผลของการปรับปรุงดินและระดับน้ำต่อฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ ปลูกข้าว .....	86
4.7 ผลของการปรับปรุงดินและระดับน้ำต่อฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ ไม่ปลูกข้าว .....	90
4.8 ผลของการปรับปรุงดินและน้ำต่อฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก .....	93
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวกับฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวัน .....	94
4.10 อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อผลผลิตของข้าว .....	95
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	97
5.1 สรุปผลการศึกษา .....	97
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	103
รายการอ้างอิง .....	104
ภาคผนวก .....	112
ภาคผนวก ก ข้อมูลสมบัติดิน การเจริญเติบโตของข้าว และฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ .....	113
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ .....	123
ภาคผนวก ค ภาพประกอบงานวิทยานิพนธ์ .....	138
ภาคผนวก ง ข้อมูลทางด้านสภาพภูมิอากาศ .....	144
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	165



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในปี ค.ศ. 1750 และ 1998.....	3
2.2	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคกิจกรรมต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2533	5
2.3	แปลงการทดลองการใช้ประโยชน์น้ำฝนในพื้นที่นาข้าว	27
3.1	แผนการดำเนินงานทำนาข้าว	30
3.2	พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์สมบัติของดิน	32
3.3	ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวและฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามระยะการเจริญเติบโต	33
3.4	พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างข้าว	34
3.5	พารามิเตอร์และวิธีการศึกษาปริมาณไนโตรเจนและคาร์บอน องค์ประกอบผลผลิต และ ผลผลิตของข้าว	35
4.1	ค่าเฉลี่ยสมบัติของดินก่อนการทำนาข้าว	41
4.2	ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน	42
4.3	ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน	43
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับปรุงดินและระดับน้ำต่อความสูงของข้าว	45
4.5	ค่าเฉลี่ยความยาวรากของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน	46
4.6	ค่าเฉลี่ยความยาวรากของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน	47
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับปรุงดินและระดับน้ำต่อความยาวรากของข้าว	49
4.8	ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อพื้นที่ของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน	49
4.9	ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อพื้นที่ของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน	50
4.10	ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือดินของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน	51
4.11	ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือดินของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน	53
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับปรุงดินและระดับน้ำต่อมวลชีวภาพเหนือดินของข้าว	55
4.13	ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพใต้ดินของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน	55
4.14	ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพใต้ดินของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน	57
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับปรุงดินและระดับน้ำต่อมวลชีวภาพใต้ดินของข้าว	58
4.16	ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพรวมของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน	59
4.17	ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพรวมของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน	60
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับปรุงดินและระดับน้ำต่อมวลชีวภาพรวมของข้าว	61

ตารางที่		หน้า
4.19	ค่าเฉลี่ยผลผลิตของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	62
4.20	ค่าเฉลี่ยผลผลิตของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	62
4.21	ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	63
4.22	ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	63
4.23	ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	64
4.24	ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	64
4.25	ค่าเฉลี่ยการสะสมคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	65
4.26	ค่าเฉลี่ยการสะสมคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	66
4.27	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของข้าว ในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	66
4.28	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	67
4.29	ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของข้าว ในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	68
4.30	ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	68
4.31	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	69
4.32	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	69
4.33	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางวันบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	71
4.34	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณในช่วงเวลากลางวันที่ปลูกข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	73
4.35	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางวันบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	75
4.36	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางวันบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	77
4.37	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วงเวลากลางคืนบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	79
4.38	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางคืนบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	81
4.39	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางคืนบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	82

ตารางที่		หน้า
4.40	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางคืนบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	85
4.41	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	87
4.42	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่ระดับน้ำต่างกัน.....	88
4.43	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	90
4.44	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่ระดับน้ำต่างกัน.....	92
4.45	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาลเพาะปลูกในแปลงที่มีการปรับปรุงดินต่างกัน.....	93
4.46	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดฤดูกาลเพาะปลูกในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	94
4.47	ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวกับฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	95
4.48	อัตราส่วนระหว่างผลผลิตของข้าวกับฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....	96
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวกับฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	102

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและอัตราการเพิ่มสูงขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ.....	4
2.2	วัฏจักรคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้ .....	7
2.3	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบนิเวศเกษตร .....	11
2.4	กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินที่มีน้ำขัง .....	12
3.1	แผนการดำเนินการศึกษาวิจัย.....	31
3.2	แบบแสดงฐานและตู้ครอบเก็บตัวอย่างก๊าซ .....	36
4.1	ความสูงของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	42
4.2	ความสูงของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน .....	44
4.3	ความยาวรากของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน .....	46
4.4	ความยาวรากของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน .....	48
4.5	มวลชีวภาพเหนือดินของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน .....	52
4.6	มวลชีวภาพเหนือดินของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน .....	53
4.7	มวลชีวภาพใต้ดินของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน .....	56
4.8	มวลชีวภาพใต้ดินของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน .....	57
4.9	มวลชีวภาพรวมของข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน .....	59
4.10	มวลชีวภาพรวมของข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน .....	60
4.11	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางวันบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน .....	72
4.12	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางวันบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน .....	73
4.13	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางวันบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน .....	76
4.14	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางวันบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน .....	77
4.15	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางคืนบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน .....	80

ภาพที่		หน้า
4.16	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางคืนบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	81
4.17	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางคืนบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่ปรับปรุงดินต่างกัน.....	84
4.18	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลากลางคืนบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	85
4.19	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่มีการปรับปรุงดินต่างกัน.....	87
4.20	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ปลูกข้าวในแปลงที่ระดับน้ำต่างกัน.....	89
4.21	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่มีการปรับปรุงดินต่างกัน.....	91
4.22	ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันบริเวณที่ไม่ปลูกข้าวในแปลงที่มีระดับน้ำต่างกัน.....	92