

การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนาด้วยถ้ำลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว



นางสาวรุจิเรข ราชบุรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2618-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FERTILITY IMPROVEMENT OF PADDY SOIL WITH LIGNITE FLY ASH AND  
RICE STRAW COMPOST

Miss Ruchirek Ratchaburi

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Inter-Department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

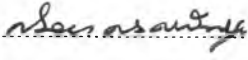
ISBN 974-53-2618-6

**481753**

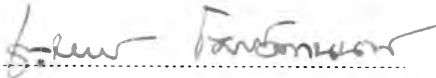
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนาด้วยเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมัก  
ฟางข้าว  
โดย                              นางสาวรุจิเรข ราชบุรี  
สาขาวิชา                      วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ


---


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


.....  .....      คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ม.ร.ว. กัลยา ดิงส์ถัทย์)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  .....      ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฉมจิตานนท์)

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

.....  .....      อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ดร. สุรชัย หมั่นสังข์)

.....  .....      กรรมการ  
(ดร. ทวี กุปต์กาญจนากุล)

.....  .....      กรรมการ  
(ดร. อัมรา เวียงวีระ)

รุจิเรข ราชบุรี: การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนาด้วยเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว (FERTILITY IMPROVEMENT OF PADDY SOIL WITH LIGNITE FLY ASH AND RICE STRAW COMPOST) อ. ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.อรรพรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, อ.ที่ปรึกษาร่วม: ดร.สุรัชย์ หมั่นสังข์, 121 หน้า. ISBN 974-53-2618-6.

ดินนาปลูกข้าวของประเทศไทยส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์และให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ เนื่องจากมีการใช้ที่ดินทำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานโดยขาดการบำรุงรักษาที่ถูกต้องและเหมาะสม ทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนา คือ การใช้ประโยชน์จากเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวมีองค์ประกอบที่ช่วยปรับปรุงลักษณะทางกายภาพและลักษณะสมบัติทางเคมีของดินได้ ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อให้ทราบถึงผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยหมักฟางข้าว อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ เพิ่มปริมาณธาตุอาหาร และอินทรีย์วัตถุให้กับดิน ที่ส่งผลให้ดินนามีความอุดมสมบูรณ์และให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น โดยทำการศึกษาวิจัยในภาคสนามที่แปลงนาเกษตรกรอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทำ 3 ซ้ำ หนึ่งหน่วยทดลอง คือ แปลงทดลองขนาด 4 x 6 เมตร ปลูกข้าวด้วยวิธีปักดำ และพันธุ์ข้าวที่ใช้ คือ ปทุมธานี 1

ผลการศึกษาพบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของดินนาด้านลักษณะเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ส่วนปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินนาในระยะเก็บเกี่ยว มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นจาก 4.44 เป็น 4.54 ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซิลิกอน และอินทรีย์วัตถุ มีเปอร์เซ็นต์ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม เท่ากับ 0.17 % 13.09 ppm 157.24 ppm 71.82 ppm และ 1.18 % ตามลำดับ นอกจากนี้ภายหลังการเก็บเกี่ยวการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และซิลิกอนในฟางข้าว พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารในฟางข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.583 % 0.069 % 2.59 % และ 14.08 % ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจาก 350.17 กก./ไร่ เป็น 446.95 กก./ไร่ นอกจากนี้ดัชนีการเก็บเกี่ยวซึ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการดูใช้ธาตุอาหารของต้นข้าวไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่าต้นข้าวสามารถนำธาตุอาหารไปสร้างเมล็ดมากกว่านำไปสร้างใบและลำต้น

กล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนาได้ โดยเพิ่มปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน เพิ่มผลผลิต และคงเหลือธาตุอาหารในดินสำหรับนำไปใช้เป็นต้นทุนธาตุอาหารในฤดูปลูกถัดไป อีกทั้งฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวยังมีธาตุอาหารสะสมอยู่ในปริมาณที่มากสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในนาข้าวได้อีก โดยอาจนำไปทำเป็นปุ๋ยหมักหรือทำการไถกลบเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารคืนกลับสู่ดิน ดังนั้น เถ้าลอยลิกไนต์ และฟางข้าวที่นิยมเผาในท้องถิ่น ซึ่งมีโอกาสก่อให้เกิดปัญหาทั้งสิ่งแวดล้อมด้าน อากาศ ดิน และน้ำ สามารถนำมาจัดการให้เกิดประโยชน์ทางการเกษตรได้อย่างเหมาะสม

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) ลายมือชื่อนิติ รุจิเรข ราชบุรี  
ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Oranab  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม [Signature]

# # 4589137720: MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD: LIGNITE FLY ASH / RICE STRAW COMPOST

RUCHIREK RATCHABURI: FERTILITY IMPROVEMENT OF PADDY SOIL WITH LIGNITE FLY ASH AND RICE STRAW COMPOST. THESIS ADVISOR: ASSOC PROF. ORAWAN SIRIRATPIRIYA, D.Sc., THESIS CO ADVISOR: SURACHAI MUENSANGK DR., 121 pp. ISBN 974-53-2618-6.

Most of paddy soil in Thailand has been infertile and grain yield was low. Because it has been used for rice cultivation for century without improvement soil fertility. One of alternatives for soil fertility management were application of lignite fly ash and rice straw compost due to their physical and chemical properties. The effects of applying lignite fly ash at 2 tons/rai and rice straw compost at 2 tons/rai were focused on soil physical property, nutrients, organic matter and grain yield. Field experiment was carried out at Mueang District, Nakhon Nayok Province by using Randomized Complete Block Design with 3 replications. One experimental unit was 4 x 6 m. PTT1 rice variety was cultivated by transplanting method.

The result showed that applying lignite fly ash at 2 tons/rai and rice straw compost at 2 tons/rai did not change soil texture but available water in the soil was increased. Soil pH was increased insignificantly from 4.44 to 4.54. While nitrogen, phosphorus, potassium, silicon and organic matter were increased significantly when compared with control as 0.17 %, 13.09 ppm, 157.24 ppm, 71.82 ppm and 1.18 %, respectively. In addition, rice straw after harvest were increased significantly in nitrogen, phosphorus, potassium and crude silicon when compared with control, that is 0.583 %, 0.069 %, 2.59 % and 14.08 %, respectively. Grain yield was increased from 350.17 kg./rai to 446.95 kg./rai. Furthermore, harvest index was increased. Thus, rice can uptaked nutrients to produce yield much more than vegetative growth.

In conclusion, applying lignite fly ash at 2 tons/rai and rice straw compost at 2 tons/rai could improved physical and chemical properties of paddy soil. Rice productivity was increased, available water in soil tend to increase, and nutrients in the soil after harvest sufficient enough for another crop. Moreover, nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium and silicon) within the rice straw can be utilized for the next crop by either compost or incorporated. Therefore, lignite fly ash and rice straw, which usually burn in paddy field, have a prospective impact in the environments such as air, soil and water pollution on the one hand, while they can be managed their utility suitable for agriculture on the other.

Field of study Environmental Science (Inter-Department) Student's signature Ruchirek Ratchaburi

Academic year 2005 Advisor's signature Orawan Sirirat

Co-advisor's signature Surachai Muengk

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “ขีดจำกัดและผลกระทบจากการใช้ประโยชน์แก๊สลอยลิกไนต์ทางการเกษตร” ของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในโครงการศึกษาทดลองการใช้แก๊สลอยลิกไนต์เพื่อแก้ปัญหาดินเปรี้ยว โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตนพิริยะ เป็นหัวหน้าโครงการ ซึ่งได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.)

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความเอาใจใส่ ความเมตตากรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตนพิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์อย่างใกล้ชิด ให้กำลังใจ ชี้แนะ รวมทั้งแกัดใจและทักษะต่างๆ ในการทำงานและการดำเนินชีวิต

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. สุรัชย์ หมั่นสังข์ ที่ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทำการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โหมยตานนท์ ที่ได้ให้การอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ทวี คุปต์กาญจนากุล และ ดร. อัมรา เวียงวิระ ที่ได้ให้การอนุเคราะห์ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้ข้อคิดเห็น เสนอแนะ ตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ได้แก่ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้เงินอุดหนุนการวิจัยบางส่วน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยข้าว ที่อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ดร. ชวิชัย ณ นคร และคุณจินดารัตน์ ชื่นรุ่ง ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกองปรุพิภพภาพ กรมวิชาการเกษตรทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกในการทำการทดลอง พันเอกทศ พันยนิติศาสตร์ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ ตลอดจนให้คำแนะนำ และการดูแลขณะทำงานในภาคสนามจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คุณสงบ และคุณจิตรี สุวรรณทอง ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการทดลองภาคสนาม คุณปริดา แยมสะโธ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำปุ๋ยหมักฟางข้าวที่มูลนิธิชัยพัฒนา จ. นครนายก คุณดวงสรวง สกุลกลจักร คุณสุธีรา สุนทรารักษ์ คุณวิภาพรรณ สีเขียว คุณสุชาดา แก้วสุทธิ คุณวิไล พันธุ์งาหาญ คุณสาวเดือน ทาวะรัมย์ คุณพิสุทธิ อนุรัตน์ คุณสุเมธ เลาคำ คุณกรรณ จินดาประเสริฐ ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นิสิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณนายวิเชียร ราชบุรี และนางสมหวัง ราชบุรี คุณพ่อและคุณแม่ รวมทั้งครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้การสนับสนุนเตรียมความพร้อมด้านการเรียนอย่างดียิ่งเสมอมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฌ
สารบัญรูป .....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.1 ลักษณะทั่วไปของดินสำหรับปลูกข้าว .....	5
2.2 การใช้ประโยชน์จากถ้ำลอยลิกไนต์ทางการเกษตร .....	22
2.3 ฟางข้าว .....	26
2.4 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 .....	32
3. วัสดุอุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย .....	35
3.1 สถานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย .....	35
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ .....	35
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	36
4. ผลการทดลอง .....	42
4.1 ลักษณะสมบัติของดินนา ถ้ำลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวก่อนทำการ ทดลอง .....	42
4.2 ลักษณะสมบัติของดินนาหลังเติมสิ่งทดลอง .....	50
4.3 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 .....	60
4.4 องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวระยะเก็บเกี่ยว .....	61
5. วิจัยผลการทดลอง .....	65
5.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินนาก่อนทดลอง .....	65
5.2 ลักษณะสมบัติของถ้ำลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว .....	67
5.3 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 .....	69

5.4	ศักยภาพของถั่วลยถิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวในการปรับปรุงความอุดม สมบูรณ์ของดินนา .....	72
5.5	ปริมาณธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารเสริมประโยชน์ ในฟางข้าว พันธุ์ปทุมธานี 1 .....	85
6.	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....	91
6.1	สรุปผลการทดลอง .....	91
6.2	ข้อเสนอแนะ .....	94
	รายการอ้างอิง .....	95
	ภาคผนวก .....	106
	ภาคผนวก ก .....	107
	ภาคผนวก ข .....	111
	ภาคผนวก ค .....	118
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	121



## สารบัญญัตินำ

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยหมักฟางข้าว .....	30
3.1 ตำรับทดลองในการศึกษาวิจัย .....	37
3.2 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างเถ้าลอยลิกไนต์ ดิน ปุ๋ยหมักฟางข้าว และฟางข้าว .....	41
4.1 สัคส่วนอนุภาคและประเภทเนื้อดินของดินนาก่อนทำการทดลอง .....	43
4.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินนาก่อนทำการทดลอง ระยะ 14 วันหลังเติม สิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว .....	45
4.3 ปริมาณธาตุอาหารหลักของดินนาก่อนทำการทดลอง .....	46
4.4 ปริมาณธาตุซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ของดินนาก่อนทำการทดลอง ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว .....	47
4.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินนาก่อนทำการทดลอง ระยะ 14 วันหลังเติม สิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว .....	48
4.6 สมบัติของเถ้าลอยลิกไนต์ .....	49
4.7 ลักษณะสมบัติของฟางข้าวและปุ๋ยหมักฟางข้าวก่อนทำการทดลอง .....	50
4.8 สัคส่วนอนุภาคและประเภทเนื้อดินของดินนาระยะเก็บเกี่ยว .....	51
4.9 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินนาระยะเก็บเกี่ยว .....	51
4.10 ปริมาณธาตุอาหารหลักของดินนาระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง .....	58
4.11 ปริมาณธาตุอาหารหลักของดินนาระยะเก็บเกี่ยว .....	59
4.12 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกและดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 .....	61
4.13 ปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าวระยะเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 .....	64
ผ.1 ระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน .....	104
ผ.2 ระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างตามการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา .....	104
ผ.3 ระดับของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของ ดินนา .....	105
ผ.4 ระดับของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ตามการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของ ดินนา .....	105
ผ.5 มาตรฐานระดับอินทรีย์วัตถุในดิน .....	105

ผ.6 ระดับค่าวิกฤตของธาตุอาหารของต้นข้าว ที่มีผลทำให้ขาดแคลน เหมาะสม หรือ เป็นพิษ .....	106
ผ.7 การคำนวณปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ .....	106

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเคลื่อนที่ของไนโตรเจนในดินน่าน้ำขัง .....	6
2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสในดินน่าน้ำขัง .....	9
2.3 การเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมในดินน่าน้ำขัง .....	12
2.4 การสะสมซิลิกอนในใบข้าว .....	14
2.5 อัตราการไหลซึมผ่านและการคายระเหยในดินที่ทำตาม และดินที่ไม่ได้ทำตาม .....	21
5.1 ไคอะแกรมสามเหลี่ยมเชิงประเภทของเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว .....	66
5.2 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก และดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 .....	71
5.3 การแจกแจงประเภทของเนื้อดิน ตามสัดส่วน โดยมวลของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว .....	74
5.4 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระดับความลึก 0-15 cm.ของดินระยะเก็บเกี่ยว .....	75
5.5 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระดับความลึก 15-30 cm.ของดินระยะเก็บเกี่ยว .....	75
5.6 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินระยะ 14 วันหลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว .....	82
5.7 ปริมาณไนโตรเจนของดินระยะ 14 วันหลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว .....	82
5.8 ปริมาณฟอสฟอรัสของดินระยะ 14 วันหลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว .....	83
5.9 ปริมาณโพแทสเซียมของดินระยะ 14 วันหลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว .....	83
5.10 ปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ของดินระยะ 14 วันหลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะ เก็บเกี่ยว .....	84
5.11 ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินระยะ 14 วันหลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว .....	84
5.12 ปริมาณธาตุอาหารหลักของฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระยะเก็บเกี่ยว .....	87
5.13 ปริมาณธาตุซิลิกอนของฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระยะเก็บเกี่ยว .....	89
ผ.1 การดำเนินการศึกษาวิจัยในแปลงทดลองในภาคสนาม .....	108
ผ.2 การเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว .....	109
ผ.3 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพโดยใช้ Core .....	110
ผ.4 การทำปุ๋ยหมักฟางข้าว .....	111
ผ.5 การเตรียมสารละลายดินเพื่อวิเคราะห์สัดส่วนอนุภาคดินด้วยวิธีปิเปต .....	112

ผ.6	การเปิดเพื่อหาอนุภาคทรายหยาบ ทรายละเอียด ทรายแป้ง และดินเหนียว .....	113
ผ.7	อนุภาคทรายหยาบ ทรายละเอียด ทรายแป้ง และดินเหนียว .....	114
ผ.8	การวิเคราะห์ความชื้นภาคสนาม จุดเหี่ยวถาวร และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในถ้ำลอย ลิกไนต์ และดินนา .....	114