


ผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกันของต้นข้าวต่อปริมาณและคุณภาพของ
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1



นางสาวเจนจิรา พวงทับทิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4136-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF APPLYING LIGNITE FLY ASH AT DIFFERENT GROWTH STAGES OF
RICE ON YIELD AND QUALITY OF PTT 1 RICE VARIETY

Miss Janejira Pongtuptim

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-Department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-4136-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกันของต้นข้าว
ต่อปริมาณและคุณภาพของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1
โดย นางสาวเจนจิรา พวงทับทิม
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กิระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โหมยิตานนท์)

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

..... กรรมการ
(ดร. พอจำ อรัณยกานนท์)

..... กรรมการ
(ดร. ทวี คุปต์กาญจนากุล)

เจนจิรา พวงทับทิม : ผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกันของต้นข้าวต่อ ปริมาณและคุณภาพของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (EFFECTS OF APPLYING LIGNITE FLY ASH AT DIFFERENT GROWTH STAGES OF RICE ON YIELD AND QUALITY OF PTT 1 RICE VARIETY) อาจารย์ที่ปรึกษา: รศ.ดร.อรวรรณ ศิริรัตนพิริยะ, 92 หน้า. ISBN 974-17-4136-7

เถ้าลอยลิกไนต์เป็นส่วนเหลือทิ้งจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระแส ไฟฟ้า สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีบ่งชี้ถึงศักยภาพการเป็นแหล่ง ธาตุอาหารของพืช แต่อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงธาตุพิษต่างๆ ที่มีปะปนอยู่ด้วย นอกจากนี้ในการเพิ่มผลผลิต พืชควรพิจารณาการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ให้สอดคล้องกับความต้องการธาตุอาหารในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของ พืช ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่ผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ตามระยะการเจริญเติบโตของของ ต้นข้าว (ระยะเมล็ดข้าวออก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวง) ต่อปริมาณและคุณภาพของข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 โดยทำการศึกษาวิจัยในภาคสนามที่แปลงนาเกษตรกรที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์เมื่อปี พ.ศ. 2541 ที่ ตำบลคอนขอ อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design ทำ 3 ซ้ำ แล้วติดตามผลของเถ้าลอยลิกไนต์ต่อปริมาณและคุณภาพข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ผลการศึกษาพบว่าเถ้าลอยลิกไนต์ประกอบด้วยปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดพิษ ต่อพืช การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ทั้งสามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ส่งผลให้ปริมาณผลผลิต เมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับคุณภาพข้าว ทั้งคุณภาพข้าวในเชิงพาณิชย์ (ปริมาณอมิโลส ค่า ความคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายตัวในต่าง) ล้วนอยู่ในมาตรฐานของข้าวหอม และไม่เพิ่มปริมาณธาตุพิษใน เมล็ดข้าวสาร (นิกเกิล และอาร์เซนิก) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ส่งผลในการเพิ่มปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาใน ดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) อย่างไรก็ตามปริมาณเหล็กที่เพิ่มขึ้นยังต่ำกว่าความต้องการเหล็กต่อวันใน คนปกติ ส่วนฟางข้าวเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ไม่ส่งผลในการเพิ่มปริมาณนิกเกิล และอลูมิเนียม ยกเว้นปริมาณ อาร์เซนิกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณอาร์เซนิกที่เพิ่มขึ้นยังมีค่าต่ำกว่าระดับที่ก่อให้เกิดพิษในพืช นอกจากนี้ยังไม่ส่งผลในการเพิ่มปริมาณนิกเกิล อลูมิเนียม และเหล็กที่พืชสามารถดูดตั้งได้ของดินช่วงระยะเวลา เมล็ดข้าวออก ระยะต้นข้าวแตกกอ ระยะต้นข้าวออกรวง และระยะเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวออก ระยะต้นข้าวแตกกอ และ ระยะต้นข้าวออกรวง ส่งผลในการเพิ่มปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเติมที่ระยะเมล็ด ข้าวออกให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงที่สุด สำหรับคุณภาพข้าวเชิงพาณิชย์ (ปริมาณอมิโลส ค่าความคงตัวแป้ง สุก และค่าการสลายตัวในต่าง) ล้วนอยู่ในมาตรฐานข้าวหอม ทั้งยังไม่ส่งผลในการเพิ่มปริมาณธาตุพิษ(นิกเกิล และอาร์เซนิก) แต่เพิ่มปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) ในเมล็ดข้าวสาร อย่างไรก็ตาม ปริมาณเหล็กที่เพิ่มขึ้นยังต่ำกว่าความต้องการเหล็กต่อวันในคนปกติ นอกจากนี้ปริมาณธาตุพิษใน ฟางข้าว และในดินที่เพิ่มขึ้นยังอยู่ต่ำกว่าระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในพืช

สาขาวิชา วิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่อนิสิต *เจนจิรา พวงทับทิม*

ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *อรวรรณ ศิริรัตนพิริยะ*

4489063820 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : LIGNITE FLY ASH / PTT 1 / GROWTH STAGES / TOXIC ELEMENTS

JANEJIRA POUNGTUPTIM : EFFECTS OF APPLYING LIGNITE FLY ASH AT DIFFERENT GROWTH STAGES OF RICE ON YIELD AND QUALITY OF PTT 1 RICE VARIETY. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. ORAWAN SIRIRATPIRIYA, D.Sc., 92 pp. ISBN 947-17-4136-7

Lignite fly ash is a by-product of burning pulverized lignite coal for generating electricity. Lignite fly ash can utilized for agriculture because it had chemical composition promoted nutrition of plant. However, lignite fly ash also contains the toxic element. Excluding to increase yield ought to add nutrient state of growth. This study focus on the effect of applying lignite fly ash at different growth stages of rice (seedling stage, tillering stage and heading stage) on yield and quality of Pathum Thani 1 rice variety. Field experiment was carried out in paddy field, where lignite fly ash applied once in 1998 at Nakhonnayok Province. An experimental design with randomized complete block design with 3 replications.

The results showed that composition of opportunity serious problem element in acid soil (Aluminium and Iron) and toxic element (Nickel, Cadmium and Arsenic) was lower than toxic level in plants. To applied lignite fly ash 2 tons/rai at 3 stage of rice were higher grain yield significant. For quality of rice, to include quality of commercial rice (apparent amylose, gel consistency and alkali spreading value test) were within range of Thai Hom Mali rice standard. Nevertheless, toxic element (Nickel and Arsenic) in white rice were increased not significantly. But increase opportunity serious problem element in acid soil (Aluminium and Iron). However, Iron in white rice was lower than daily intake needfully. For Nickel and Aluminium were increased not sinificantly in rice straw except Arsenic was increased sinificantly in rice straw but Asenic in rice straw was lower than toxic level in plants. Besides available Nickel, Aluminium and Iron were increased not significantly in the soil at seedling stage, tillering stage, heading stage and harvest stage

In conclusion, applied lignite fly ash 2 tons/rai at seedling stage, tillering stage and heading stage plus chemical fertilizer were increased grain yield sinificantly. The appropriate application lignite fly ash at seedling stage was highest grain yield. Including quality of commercial rice (apparent amylose, gel consistency and alkali spreading value test) were within range of Thai Hom Mali rice standard. And not sinificantly increased toxic elements (Nickel and Arsenic) but increase element that could be problem in acid soil (Aluminium and Iron) in white rice. However, Iron in white rice was lower than daily intake needfully. Besides toxic elements in rice straw and soil were lower than toxic level in plants

Field of Study ..Environmental Science.....

Student's Signature ..Janejira Pongtuptim.....

Academic year ..2003.....

Advisor's Signature ..Orawan Siriratpiriya.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “จิตจำกัด และผลกระทบจากการใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์ทางการเกษตร” ของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในโครงการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โครงการศึกษาทดลองการใช้เถ้าลอยลิกไนต์เพื่อแก้ปัญหาดินเปรี้ยว โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ เป็นหัวหน้าโครงการ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.)

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วง เนื่องจากความเมตตากรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และข้อคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ยิ่งต่อลูกศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โหมยิตานนท์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง ดร. พงษ์ อรัญยกานนท์ และ ดร. ทวี คุปต์กาญจนากุล ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณผู้ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ อันได้แก่ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินทุนอุดหนุนการทำงานวิจัยบางส่วน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการ กรมควบคุมมลพิษ ที่ให้ความกรุณาในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีทุกท่านที่ให้ความกรุณาในระหว่างการทำวิจัย คุณสมบูรณ์ รอดประเสริฐ และคุณสงบ สุวรรณทอง ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการดูแล รวมถึงการเก็บข้อมูลภาคสนาม พันเอก ทศ พิณนิติศาสตร์ ที่ได้ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ และดูแลการทำงานในภาคสนามจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี พี่ธีโรจน์ ต้นนุกิจ พี่ณัฐพร กะการดี และพี่กนกพร ชัยวุฒิกุล ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นิสิตสหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา และคุณชัชวาล ตั้งเถกิงเกียรติที่เป็นกำลังใจเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1.....	4
2.2 คุณภาพข้าวเชิงพาณิชย์.....	6
2.3 ถ้ำลอยลิกไนต์.....	11
2.4 ความต้องการธาตุอาหารของต้นข้าว.....	18
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	25
3.1 สถานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย.....	25
3.2 วัสดุ และอุปกรณ์ในการวิจัย.....	25
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	30
4.1 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณ ธาตุพิษของดิน และถ้ำลอยลิกไนต์ในช่วงเวลาก่อนการเพาะปลูก.....	30
4.2 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณ ธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาเมล็ดข้าวงอก.....	31
4.3 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณ ธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาดันข้าวแตกกอ.....	34
4.4 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณ ธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาดันข้าวออกรวง.....	41
4.5 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณ ธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว.....	43
4.6 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว.....	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7 ปริมาณมิโลส ค่าคงตัวแป้งสุกและค่าการสลายเมล็ดในต่าง(เมล็ดข้าวสาร) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว.....	50
4.8 ปริมาณปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว และธาตุพิษของข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 (ฟางข้าว และเมล็ดข้าวสาร) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว.....	52
5. วิจัยรณัผลการทดลอง.....	60
5.1 ธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและธาตุพิษในดินเมื่อเติมเถ้าลอย ลิกไนต์ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว.....	60
5.2 ผลผลิตข้าวเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ตามระยะการเจริญเติบโต.....	67
5.3 คุณภาพข้าวเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว..	67
6. สรูลผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	77
6.1 สรูลผลการทดลอง.....	77
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	78
รายการอ้างอิง.....	80
ภาคผนวก.....	86
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแบ่งเกรดข้าวตามความยาวของเมล็ดข้าว.....	7
2.2 การแบ่งเกรดของต้นข้าวและข้าวหัก.....	7
2.3 มาตรฐานคุณภาพข้าวทางกายภาพตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ปี พ.ศ. 2540.....	8
2.4 การจำแนกประเภทข้าวตามปริมาณอมิโลส.....	9
2.5 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก.....	10
2.6 การประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุกโดยใช้ค่าการสลายเมล็ดในต่าง.....	10
2.7 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดลอยลิกในต้นจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย.....	12
2.8 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดลอยลิกในต้นที่ได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ระหว่างปีพ.ศ. 2533-2541.....	13
2.9 ปริมาณจุลธาตุอาหารและธาตุพิษในดินที่ระดับปกติ และระดับที่ก่อให้เกิดความเป็น พิษในพืช.....	16
2.10 ปริมาณจุลธาตุอาหารและธาตุพิษในพืชที่ระดับปกติ ระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ ในพืช และค่าที่ทำให้ผลผลิตลดลง 10%.....	17
3.1 ดำรับการทดลองในการศึกษาวิจัย.....	27
3.2 การเติมสิ่งทดลองในการปลูกข้าวตามดำรับในการทดลอง.....	28
3.3 พารามิเตอร์และเครื่องมือวิเคราะห์ดิน ฟางข้าว และเมล็ดข้าวสาร.....	29
4.1 ปริมาณทั้งหมด และที่พืชสามารถดูดตั้งได้ของธาตุพิษในดิน และเมล็ดลอยลิกในต้นใน ช่วงเวลาก่อนการเพาะปลูก.....	31
4.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาข้าวงอก.....	37
4.3 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณ ธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดตั้งได้ของดินในช่วง ระยะเวลาเมล็ดข้าวงอก.....	38
4.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาข้าวแตกกอ.....	39
4.5 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณ ธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดตั้งได้ของดินในช่วง ระยะเวลาดันข้าวแตกกอ.....	40
4.6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาข้าวออกรวง.....	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดซับได้ของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวออกรวง.....	47
4.8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว.....	48
4.9 ปริมาณทั้งหมด และที่พืชสามารถดูดซับได้ของธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ในดินที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว.....	49
4.10 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1.....	56
4.11 ปริมาณอมิโนส ค่าคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายเมล็ดในด่าง (เมล็ดข้าวสาร) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว.....	57
4.12 ปริมาณทั้งหมดของธาตุธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (เมล็ดข้าวสาร)ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว.....	58
4.13 ปริมาณทั้งหมดของธาตุธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ฟางข้าว) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว.....	59
5.1 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว และปริมาณธาตุพิษในดินที่ระดับปกติและปริมาณที่เริ่มเกิดอาการเป็นพิษในพืช และปริมาณธาตุพิษในดินก่อนการเพาะปลูก.....	64
5.2 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว ปริมาณธาตุพิษในถ้ำลอยลิกไนต์ และปริมาณธาตุพิษในดินที่เริ่มเกิดอาการเป็นพิษในพืช.....	64
5.3 ปริมาณทั้งหมดของธาตุพิษที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว และปริมาณธาตุพิษในดินที่ระยะเก็บเกี่ยว.....	76

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ปริมาณธาตุอาหารในข้าวพันธุ์ IR 8 ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของต้นข้าว	24
5.1 ปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดคั่งได้ของดินตามระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของต้นข้าว.....	68
5.2 ปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดคั่งได้ของดินตามระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของต้นข้าว.....	68
5.3 ปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดคั่งได้ของดินตามระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของต้นข้าว.....	69
5.4 ปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดคั่งได้ของดินตามระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของต้นข้าว.....	69
5.5 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกตามตำรับทดลอง.....	70
5.6 ปริมาณอมิโลส ค่าคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง (ในเมล็ดข้าวสาร).....	73

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย