การใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน เป็นแหล่งธาตุปุ๋ยในการปลูกข้าว

นางสาววิไล พันธุ์จงหาญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2734-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UTILIZATION OF LIGNITE FLY ASH AND DOMESTIC SEWAGE SLUDGE AS FERTILIZER ELEMENTS SOURCE FOR PLANTING RICE

Miss Vilai Phunchongharn

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 974-53-2734-4

481777

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนเป็นแหล่งธาตุปุ๋ยในการปลูกข้าว
โดย	นางสาววิไล พันธุ์จงหาญ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

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

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

..... กรรมการ
(นายวิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์)

นางสาววิไล พันธุ์จงหาญ : การใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน เป็นแหล่งธาตุปุ๋ยในการปลูกข้าว. (UTILIZATION OF LIGNITE FLY ASH AND DOMESTIC SEWAGE SLUDGE AS FERTILIZER ELEMENTS SOURCE FOR PLANTING RICE) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 133 หน้า. ISBN 974-53-2734-4

เถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนจัดเป็นของเหลือทิ้ง จากระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าและการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีปริมาณต่อวันเกิดขึ้นมาก หากมีการจัดการไม่เหมาะสมย่อมก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ ทางเลือกหนึ่งของการแก้ปัญหาเป็นการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนมีสมบัติทางเคมีที่สามารถเป็นแหล่งธาตุปุ๋ย (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ในการปลูกข้าวได้ ขณะเดียวกันก็มีโลหะหนักที่เป็นธาตุพิษปนเปื้อนอยู่ด้วย ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นถึงการใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน เป็นแหล่งธาตุปุ๋ยในการปลูกข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของข้าวอย่างเหมาะสมและปลอดภัย โดยทำการศึกษาวิจัยในภาคสนามที่บริเวณพื้นที่มูลนิธิชัยพัฒนา แปลงที่ 3 ตำบลบ้านพริก อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก ด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทำ 3 ซ้ำ หนึ่งหน่วยทดลองคือแปลงขนาด 3x6.5 เมตร

ผลการศึกษาวิจัยพบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนเพียงอย่างเดียว หรือเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชน สามารถใช้ประโยชน์เป็นแหล่งธาตุปุ๋ยเทียบเท่ากับการเติมปุ๋ยเคมีหรือเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และมีปริมาณธาตุปุ๋ยคงเหลืออยู่ในดินหลังเก็บเกี่ยวเพียงพอสำหรับการปลูกข้าวในฤดูถัดไป ขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวสามารถเป็นแหล่งของธาตุโพแทสเซียมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว โดยผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่ได้รับจากการเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชน (166.11 กิโลกรัมต่อไร่) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชน (152.60 กิโลกรัมต่อไร่) ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบการเติมปุ๋ยเคมี หรือเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (111.12 กิโลกรัมต่อไร่) ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตที่ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีหรือกากตะกอนน้ำเสียชุมชน ทั้งนี้การเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ หรือเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ มีความปลอดภัยจากธาตุพิษ (สารหนูและแคดเมียม) เนื่องจากข้าวกล้องมีแคดเมียมน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง AAS ซึ่งสามารถตรวจวัดแคดเมียมได้ต่ำสุดที่ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณสารหนู (< 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมให้บริโภคคือ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ดินมีแคดเมียม (< 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และสารหนู (< 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อยู่ในระดับที่ยอมรับให้มีได้ในดินทั่วไป

กล่าวได้ว่า ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดที่มีการยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 5 การเติมกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ หรือเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ สามารถเป็นแหล่งธาตุปุ๋ยในการปลูกข้าวได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัยจากธาตุพิษ (สารหนูและแคดเมียม) ขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตันต่อไร่ เพียงอย่างเดียว สามารถเป็นแหล่งของธาตุโพแทสเซียมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว ดังนั้นเถ้าลอยลิกไนต์และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนจึงเป็นประโยชน์ทางการเกษตรทดแทนปุ๋ยเคมีที่ช่วยลดปริมาณของเหลือทิ้งและแก้ไขปัญหามลพิษอย่างครบวงจร

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขา) ลายมือชื่อนิสิต วิไล พันธุ์จงหาญ

ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

4689151520: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD: LIGNITE FLY ASH / DOMESTIC SEWAGE SLUDGE / FERTILIZER ELEMENTS / ARSENIC / CADMIUM / TRANSPLANTING RICE / KHOW TAH HAENG17 RICE VARIETY /

VILAI PHUNCHONGHARN: UTILIZATION OF LIGNITE FLY ASH AND DOMESTIC SEWAGE SLUDGE AS FERTILIZER ELEMENTS SOURCE FOR PLANTING RICE. THESIS ADVISOR: ORAWAN SIRIRATPIRIYA, D. Sc, 133 pp. ISBN 974-53-2734-4.

Lignite fly ash and domestic sewage sludge has been produced a sheer volume of wastes from pulverized coal burning and waste water treatment plant. Improper waste management resulted in a serious environmental problem in term of air, water and soil pollution. To solve this problem, an alternative way is utilization of lignite fly ash and domestic sewage sludge in agriculture because their chemical compositions consist of fertilizer elements (nitrogen, phosphorus and potassium) for planting rice. However, there are some toxic elements in these wastes. This study, therefore, focuses on appropriate utilization of lignite fly ash and domestic sewage sludge as fertilizer elements source for planting Tah Haeng 17 rice variety with safety from toxic elements. The field study was carried out at test area of Chaipattana Foundation, tambon Bangprik, Nakorn Nayok province. The experimental design was Randomized Complete Block with 3 replications. One experimental unit was 3 × 6.5 m.

The result indicated that applying only domestic sewage sludge or lignite fly ash with domestic sewage sludge could be used as fertilizer elements source equal to chemical fertilizer or lignite fly ash with chemical fertilizer. In addition, the amount of fertilizer elements source after harvest remained in the soil enough for the next crop. Lignite fly ash was potassium source for planting rice sufficiently. Besides, rice yield received from applying domestic sewage sludge (166.11 kg./rai) or lignite fly ash with domestic sewage sludge (152.60 kg./rai) had no significant difference compared with chemical fertilizer (174.14 kg./rai) or lignite fly ash with chemical fertilizer (164.52 kg./rai). Application only lignite fly ash gave yield (111.12 kg./rai) lower than that of chemical fertilizer or domestic sewage sludge significantly. The content of cadmium and arsenic in brown rice were in safe dose due to non-detected cadmium by Atomic Absorption Spectrophotometer which the lowest detection limit of 0.01 mg.Cd/kg. and the amount of arsenic (< 0.2 mg./kg.) was found within the allowable consumed level that was less than 2 mg.As/kg. Moreover, the amount of cadmium (< 0.01 mg./kg.) and arsenic (< 5 mg./kg.) in the soil after harvest were within normal level of general soil.

In conclusion, adjustment pH of acid sulfate soil up to 5, application of domestic sewage sludge 0.5 tons/rai or lignite fly ash (2 tons/rai) with domestic sewage sludge (0.5 tons/rai) could be used as fertilizer element sources for planting rice properly with safety from arsenic and cadmium. Lignite fly ash (2 tons/rai) alone could be used as potassium source. Therefore, utilization lignite fly ash and domestic sewage sludge in agriculture were not only reduced waste by used as fertilizer but also resolved consequence environmental problem.

Field of study Environmental Science (Inter-Department) Student's signature Vilai Phunchongharn

Academic year 2005 Advisor's signature Orawan Siriratpiriya

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “ขีดจำกัด และผลกระทบจากการใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์ทางการเกษตร ของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในโครงการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โครงการศึกษาทดลองใช้เถ้าลอยลิกไนต์เพื่อแก้ปัญหาดินเปรี้ยวจัด โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.)

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วง เนื่องด้วยความเมตตากรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา ทักษะในการทำงาน ข้อแนะนำ และข้อคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง ดร. ทวี คุปต์กาญจนากุล และอาจารย์วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งข้อแนะนำและข้อคิดต่างๆ ที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ และหน่วยงานต่างๆ ที่ได้อำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ ได้แก่ หลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือ และห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม และคุณเจนวิทย์ วงษ์ศานุน ที่อนุเคราะห์การวิเคราะห์ธาตุพิษ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเคหะชุมชนห้วยขวาง คุณศุทธิมน เกศสมบูรณ์ และคุณสมบูรณ์ ประทีปะจิตติ ที่อนุเคราะห์กากตะกอนน้ำเสียชุมชน พันเอกทด พินัยนิติศาสตร์ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ ตลอดจนคำแนะนำและการดูแลขณะทำงานในภาคสนามจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คุณปรีดา แย้มสระโส และคุณประเทือง พวงมาลัย ที่ได้กรุณาช่วยจัดทำแปลงทดลอง และดูแลการทำงานในภาคสนามจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คุณกรรณ จินดาประเสริฐ คุณตวงสรวง สกุลกลจักร คุณสุชาดา แก้วสุทธิ คุณจเร เศรยศสกุล คุณสุธีรา สุนทรารักษ์ คุณวิภาพรรณ สีเขียว คุณรุจิเรจ ราชบุรี คุณสาวเดือน ทาวะรมย์ คุณพิสุทธิ์ อนุรัตน์ คุณสุเมธ เลาคำ คุณวิษา สอนใจ ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นิสิตสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณ ครอบครัวพันธุ์จงหาญ ทุกๆ ท่าน ที่กรุณามอบกำลังใจ ความเข้มแข็ง ความอบอุ่นและความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านเสมอมา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 3

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว..... 4

2.2 เถ้าลอยลิกไนต์..... 9

2.3 กากตะกอนน้ำเสียชุมชน..... 15

2.4 ดินเปรี้ยวจัด..... 21

2.5 ข้าว..... 25

3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินงานวิจัย..... 36

3.1 สถานที่ดำเนินการศึกษาวิจัยและวิเคราะห์..... 36

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย..... 37

3.3 การดำเนินการวิจัย..... 38

4 ผลการวิจัย..... 43

4.1 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดิน เถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนก่อนทำการเพาะปลูก..... 43

4.2 สมบัติของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์..... 46

4.3 สมบัติของดินหลังเก็บเกี่ยว..... 52

4.4 ปริมาณและคุณภาพข้าว..... 58

5 วิจารณ์ผลการวิจัย..... 70

5.1 ปริมาณธาตุปุ๋ยของดิน เถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน ก่อนทำการเพาะปลูก..... 70

5.2 ปริมาณธาตุปุ๋ยของดินที่มีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน..... 85

หน้า

5.3 ธาตุพิษ..... 85
5.4 ปริมาณและคุณภาพของข้าว..... 89
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 103
6.1 สรุปผลการวิจัย..... 103
6.2 ข้อเสนอแนะ..... 106
รายการอ้างอิง..... 107
ภาคผนวก..... 117
ภาคผนวก ก..... 118
ภาคผนวก ข..... 126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 133

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณธาตุอาหารและการดูดดึงในข้าวพันธุ์ IR 8 ที่ระยะข้าวสุกแก่.....	32
2.2	สมบัติทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง.....	33
2.3	สมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสียชุมชนจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เคหะชุมชนห้วยขวาง.....	34
2.4	ปริมาณโลหะหนัก (มก./กก.) สูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนน้ำเสียชุมชน (มก./กก. กากตะกอนแห้ง) ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร.....	35
3.1	ตำรับทดลองในการศึกษาวิจัย.....	41
3.2	พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ ดิน เถ้าลอยลิกไนต์ กากตะกอนน้ำเสียชุมชน และข้าวกล้อง.....	42
4.1	สมบัติทางเคมีของดิน เถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน ก่อนการเพาะปลูก.....	61
4.2	สมบัติทางเคมีของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์.....	62
4.3	ปริมาณธาตุปุ๋ยของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์.....	63
4.4	ปริมาณธาตุพิษของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์.....	64
4.5	สมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยว.....	65
4.6	ปริมาณธาตุปุ๋ยของดินหลังเก็บเกี่ยว.....	66
4.7	ปริมาณธาตุพิษของดินหลังเก็บเกี่ยว.....	67
4.8	ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17.....	68
4.9	ปริมาณธาตุพิษ (สารหนูและแคดเมียม) ในข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17.....	69

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ภาพขยายเถ้าลอยลิกไนต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	9
2.2	กากตะกอนน้ำเสียชุมชนจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเคหะชุมชนห้วยขวาง	16
5.1	ปริมาณธาตุปุ๋ยของดิน เถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชน ก่อนเพาะปลูก	93
5.2	ความเป็นกรดเป็นด่าง อินทรียวัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน เถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนก่อนเพาะปลูก	94
5.3	ปริมาณธาตุปุ๋ยของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์ และหลังเก็บเกี่ยว	95
5.4	ความเป็นกรดเป็นด่างของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์และหลังเก็บเกี่ยว	96
5.5	ปริมาณอินทรียวัตถุของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์และหลังเก็บเกี่ยว	96
5.6	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์ และหลังเก็บเกี่ยว	97
5.7	ปริมาณธาตุพิษ (สารหนูและแคดเมียม) ของดิน เถ้าลอยลิกไนต์ และกากตะกอนน้ำเสียชุมชนก่อนเพาะปลูก	98
5.8	ปริมาณสารหนูทั้งหมดของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์และหลังเก็บเกี่ยว	99
5.9	ปริมาณสารหนูที่สกัดได้ของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์ และหลังเก็บเกี่ยว	99
5.10	ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์ และหลังเก็บเกี่ยว	100
5.11	ปริมาณแคดเมียมที่สกัดได้ของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 2 สัปดาห์ และหลังเก็บเกี่ยว	100
5.12	ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากพื้นที่เก็บเกี่ยวและองค์ประกอบผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	101
5.13	ปริมาณสารหนูทั้งหมดในข้าวกล้อง	102
5.14	ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในข้าวกล้อง	102