อิทธิพลของซิลิกอนจากเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อคุณภาพการสีของข้าว

นางสาว สาวเดือน ทาวะรมย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 947-14-2282-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I25198567

INFLUENCE OF SILICON FROM LIGNITE FLY ASH AND RICE STRAW COMPOST ON MILLING QUALITY OF RICE

Miss Saoduan Tavarom

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 947-14-2282-2

481948

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของซิลิกอนจากเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อคุณภาพการสีของข้าว
โดย	นางสาว สาวเดือน ทาวะรมย์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นางสาว กัญญา เชื้อพันธุ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา)

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นางสาว กัญญา เชื้อพันธุ์)

.....กรรมการ
(ดร. ธวัชชัย ณ นคร)

.....กรรมการ
(นาย ประเสริฐ สองเมือง)

สาวเดือน ทาวะรมย์ : อิทธิพลของซิลิกอนจากเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อคุณภาพการสีของข้าว (INFLUENCE OF SILICON FROM LIGNITE FLY ASH AND RICE STRAW COMPOST ON MILLING QUALITY RICE) อ.ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, อ.ที่ปรึกษาร่วม: นางสาว กัญญา เชื้อพันธุ์, 127 หน้า. ISBN 974-14-2282-2

ความสมบูรณ์ของเมล็ดส่งผลดีต่อคุณภาพการสีของข้าว เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลของปริมาณธาตุอาหารในดินร่วมด้วย โดยเฉพาะซิลิกอนซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของช่อดอกข้าว ทั้งนี้ซิลิกอนพบมากในของเหลือใช้คือ เถ้าลอยลิกไนต์และฟางข้าว โดยที่คุณภาพการสีใช้เป็นเกณฑ์กำหนดราคาข้าว ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นถึงอิทธิพลของซิลิกอนจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อคุณภาพการสีของข้าว ในแปลงนาเกษตรกร ต.ดอนยอ อ.เมือง จ.นครนายก ซึ่งเคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ เมื่อปี พ.ศ. 2544 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block ทำ 3 ซ้ำ ปลูกข้าวแบบปักดำ

ผลการศึกษา พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวส่งผลให้ปริมาณซิลิกอนในดิน (ปริมาณที่สกัดได้และปริมาณที่ละลายได้) ลำต้น และแกลบ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณซิลิกอนในราก และเมล็ดข้าวสาร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดิน แต่เพิ่มปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้เมื่อเทียบกับดินเดิม สำหรับผลผลิตข้าวนั้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากดินเดิม 350 กิโลกรัม/ไร่ เป็น 441 และ 616 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ และเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ ตามลำดับ ทั้งนี้การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ยังส่งผลให้คุณภาพการสีของข้าวอยู่ในเกณฑ์คุณภาพการสีดีมาก (ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว > 50%) ส่วนคุณภาพการสีดี (ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว = 46.75%) ได้รับจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว โดยคุณภาพการสีข้าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณซิลิกอนที่ละลายได้ในดิน ($r = 0.692^*$) และปริมาณซิลิกอนในลำต้นของข้าว ($r = 0.760^*$) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (ปริมาณทั้งหมดและปริมาณที่ละลายได้) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอลูมินัม เหล็ก และแมงกานีสในดิน (ปริมาณทั้งหมดและปริมาณที่ละลายได้) นั้นไม่แตกต่างทางสถิติ

อาจกล่าวได้ว่า ปริมาณซิลิกอนจากเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว น่าจะมีส่วนช่วยให้คุณภาพการสีของข้าวดีขึ้น อีกทั้งปริมาณซิลิกอนที่ตกค้างอยู่ในฟางข้าว และแกลบก็สามารถใช้ประโยชน์ได้ต่อเนื่องอีกด้วย ดังนั้นเถ้าลอยลิกไนต์ และฟางข้าวที่เหลือทิ้ง ซึ่งมีโอกาสก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ด้านอากาศ ดิน และน้ำ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เป็นทางเลือกในการเพิ่มปริมาณซิลิกอนแทนปุ๋ยแคลเซียมซิลิเกต นับเป็นการลดต้นทุนให้กับเกษตรกร

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)..... ลายมือชื่อนิสิต.....สาวเดือน ทาวะรมย์.....

ปีการศึกษา.....2548..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4689164720 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : Silicon/ lignite fly ash/ rice straw compost/ Milling quality.

Saoduan Tavarom : INFLUENCE OF SILICON FROM LIGNITE FLY ASH AND RICE STRAW COMPOST ON MILLING QUALITY OF RICE. THESIS ADVISOR :ASSOC. PROF. ORAWAN SIRIRATPIRITY, D.Sc., THESIS COADVISOR : MISS KUNYA CHUAPUN., 127 pp. ISBN 974-14-2282-2

Grain fertility has been positive influenced on milling quality. This factor was effected by soil nutrient, especially silicon which important for the growth and complete inflorescence of rice. Silicon was found in residue material that were lignite fly ash and rice straw. Moreover, milling quality is criteria for pricing rice. Therefore, this study emphasized on influence of silicon from lignite fly ash and rice straw compost on milling quality of rice. Field experiment was carried out at Muang District, Nakhon Nayok Province by using Randomized Complete Block Design with 3 replications. Transplanting rice was the test method.

The result showed that applying lignite fly ash and rice straw compost resulted in significant increased of silicon concentration in the soil (extractable and soluble form), shoot and rice hull, but did not occur in the root and seed of rice. In addition, soil bulk density was not change, while soluble water in the soil was increased. The grain yield was increased significantly from 350 to 446 and 616 kg/rai (1 ha = 6.25 rai) after applied with chemical fertilizer cum lignite fly ash or rice straw compost cum lignite fly ash respectively. Moreover, milling quality of rice was within the criteria as very good milling quality (whole grain and head rice > 50 %) when chemical fertilizer and lignite fly ash were added to the soil. Good milling quality (whole grain and head rice = 46.75 %) received by filling lignite fly ash and rice straw compost. The quality of milling had significant correlation with soluble silicon concentration in the soil ($r = 0.692^*$) and the shoot ($r = 0.760^*$). In addition, phosphorus in the soil (total and available form) was increased significantly but soil pH, Aluminum, Iron and Manganese content in the soil were not changed significantly.

In conclusion, silicon from lignite fly ash and rice straw compost had positive influence on better milling quality. Besides residue silicon in rice straw and rice hull can be utilized continuously. Therefore, lignite fly ash and rice straw compost could serve as new alternative to gian silicon for agriculture at low cost, instead of create a prospective impact in the environments such as air, soil and water pollution.

Field of study....Environmental Science (Inter-Department)...Student's signature.....Saoduan Tavarom.....

Academic year.....2005.....Advisor's signature.....Orawan Siriratpirity.....

Co-advisor's signature.....K. Ch.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง ขีดจำกัดและผลกระทบจากการใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์ทางการเกษตร ของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในโครงการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากพระราชดำริ โครงการศึกษาทดลองการใช้เถ้าลอยลิกไนต์เพื่อแก้ปัญหาดินเปรี้ยว โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.)

ขอกราบขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อแนะนำ และให้โอกาสลูกศิษย์ได้ศึกษาในเรื่องที่สนใจ จนมีผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังได้กรุณาให้ข้อคิดต่างๆและทักษะในการทำงาน ตลอดจนอบรมสั่งสอนการดำเนินชีวิตในสังคม อันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณคุณ กัญญา เชื้อพันธุ์ ที่ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมของการทำวิทยานิพนธ์ และให้คำปรึกษาจากประสบการณ์เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทำการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง ดร.ธวัชชัย ณ นคร และ คุณ ประเสริฐ สองเมือง ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้ข้อคิดเห็น เสนอแนะ ตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆในวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยบางส่วน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพ กรมวิชาการเกษตร และกลุ่มงานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการ มูลนิธิชัยพัฒนา และพลตรีทด พินัยนิติศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และที่พัก ดร.เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์ ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับรากข้าว คุณจินดารัตน์ ชื่นรุ่ง ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในห้องปฏิบัติการอย่างเป็นกันเอง คุณปรีดา แย้มสระโส ที่อำนวยความสะดวกในการทำปุ๋ยหมัก และพี่ๆ เพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในภาคสนาม คุณกรรณ์ จินดาประเสริฐ คุณตวงสรวง สกุลกลจักร คุณรุจิเรข ราชบุรี คุณวิภาพรรณ สีเขียว คุณสุธีรา สุนทรารักษ์ คุณพิสุทธิ์ อนุรัตน์ คุณสุชาดา แก้วสุทธิ คุณวิไล พันธุ์จงหาญ คุณสุเมธ เลาคำ รวมทั้งเพื่อนๆพี่ๆน้องๆที่ได้ช่วยเหลือทั้งกำลังกาย และกำลังใจมาโดยตลอด

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณนายสรศักดิ์ ทาวะรมย์ และนางผกากรอง ทาวะรมย์ คุณพ่อและคุณแม่ รวมทั้งครอบครัวที่คอยให้กำลัง ให้คำปรึกษา ให้โอกาส และสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างอย่างดียิ่งเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ซิลิกอน 5

2.2 เถ้าลอยลิกไนต์ 7

2.3 ปุ๋ยหมักฟางข้าว 12

2.4 คุณภาพข้าว 15

2.5 ดินที่ใช้ในการปลูกข้าว 20

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย 32

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการวิจัย 32

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย 34

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 39

4 ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ ฟางข้าวซึ่งผ่านการเพาะเห็ด และปุ๋ยหมักฟางข้าว ก่อนทำการทดลอง 41

4.2 ลักษณะสมบัติของดินนา 44

4.3 ปริมาณซิลิกอนในดิน และต้นข้าว (ราก ลำต้น และเมล็ดข้าว) 65

4.4 ผลผลิตข้าวเปลือก และอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 69

4.5 คุณภาพการสีและสีของเมล็ดข้าวสารของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 70

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีกับปริมาณซิลิกอนในดิน และต้นข้าว (ราก ลำต้น และเมล็ดข้าว) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ลักษณะสมบัติของดินภายหลังการเติมเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว 79

5.2 ผลผลิตข้าวเปลือก 94

5.3 ปริมาณซิลิกอนในราก ลำต้น และเมล็ด 96

5.4 คุณภาพการสี 97

5.5 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีกับปริมาณซิลิกอนในดิน และต้นข้าว (ราก ลำต้น และเมล็ดข้าว) 99

6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง 105

6.2 ข้อเสนอแนะ 109

รายการอ้างอิง 110

ภาคผนวก 119

ประวัติผู้เขียนวิทยาพนธ์ 127

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว 13

2.2 พื้นที่ของดินเปรี้ยวจัดที่พบในภาคต่างๆ ของประเทศไทย 29

3.1 ตำรับการทดลองในการศึกษาวิจัย 36

3.2 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์และวิธีเคราะห์ตัวอย่างดิน เถ้าลอยลิกไนต์ ฟางข้าว
ซึ่งผ่านการเพาะเห็ด และปุ๋ยหมักฟางข้าว ฟางข้าว ต้นข้าว (ราก ลำต้น และเมล็ดข้าว) 40

4.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ 43

4.2 ลักษณะสมบัติทางเคมีของฟางข้าวซึ่งผ่านการเพาะเห็ด และ
ลักษณะสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยหมักฟางข้าว 44

4.3 ลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินก่อนทำการทดลอง 45

4.4 ความหนาแน่นรวม และปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้ของดิน
ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 55

4.5 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง
ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 56

4.6 ปริมาณอลูมินัมทั้งหมดของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง
ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 57

4.7 ปริมาณอลูมินัมที่ละลายได้ของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง
ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 58

4.8 ปริมาณเหล็กทั้งหมดของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง
ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 59

4.9 ปริมาณเหล็กที่ละลายได้ของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง
ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 60

4.10 ปริมาณแมงกานีสทั้งหมดของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง
ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 61

4.11 ปริมาณแมงกานีสที่ละลายได้ของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง
ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 62

4.12 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง
ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 63

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

4.13 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเดิมสิ่งทดลอง ระยะ 14 วัน หลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว 64
4.14 ปริมาณซิลิกอนที่สกัดได้ของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเดิมสิ่งทดลอง ระยะ 14 วัน หลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 71
4.15 ปริมาณซิลิกอนที่ละลายได้ของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเดิมสิ่งทดลอง 72ระยะ 14 วัน หลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 72
4.16 ปริมาณซิลิกอนในราก ลำต้น และเมล็ดข้าว (เมล็ดข้าวสารและแกลบ) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 73
4.17 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่ความชื้น 14% อัตราส่วนรากต่อลำต้น ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ความขาวเมล็ดข้าวสาร และคุณภาพการสีข้าว ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 74
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีกับปริมาณซิลิกอนในดิน 77
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีกับปริมาณซิลิกอนในราก ลำต้น เมล็ดข้าวสาร และแกลบ 77
5.1 การเปรียบเทียบการละลายได้ในดินของอลูมินัม เหล็ก แมงกานีส ฟอสฟอรัส และซิลิกอน ที่ระยะก่อนเดิมสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้ปริมาณทั้งหมดของแต่ละธาตุเท่ากับ 100 91
5.2 การเปรียบเทียบการละลายได้ในดินของอลูมินัม เหล็ก แมงกานีส ฟอสฟอรัส และซิลิกอน ที่ระยะ 14 วัน หลังเดิมสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้ปริมาณทั้งหมดของแต่ละธาตุเท่ากับ 100 92
5.3 การเปรียบเทียบการละลายได้ในดินของอลูมินัม เหล็ก แมงกานีส ฟอสฟอรัส และซิลิกอน ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อกำหนดให้ปริมาณทั้งหมดของแต่ละธาตุเท่ากับ 100 93

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

5.1 ความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม.ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 81

5.2 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 81

5.3 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน 3 ระยะคือ ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง 88

5.4 การเปรียบเทียบการละลายได้ในดินของอลูมินัม เหล็ก แมงกานีส ฟอสฟอรัส และซิลิกอน ที่ระยะก่อนเติมสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้ปริมาณทั้งหมดของแต่ละธาตุเท่ากับ 100 91

5.5 การเปรียบเทียบการละลายได้ในดินของอลูมินัม เหล็ก แมงกานีส ฟอสฟอรัส และซิลิกอน ที่ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้ปริมาณทั้งหมดของแต่ละธาตุเท่ากับ 100 92

5.6 การเปรียบเทียบการละลายได้ในดินของอลูมินัม เหล็ก แมงกานีส ฟอสฟอรัส และซิลิกอน ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อกำหนดให้ปริมาณทั้งหมดของแต่ละธาตุเท่ากับ 100 93

5.7 ผลของตำรับทดลองที่มีต่อปริมาณซิลิกอนในราก ลำต้น เมล็ดข้าวสาร และแกลบ 98

5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในดินก่อนทำการทดลอง 101

5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในดินระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง 101

5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในดินระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 102

5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนทั้งหมดในดิน ก่อนทำการทดลอง 102

5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนทั้งหมดในดิน ระยะ 14 วัน หลังเติมสิ่งทดลอง 103

5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนทั้งหมดในดิน ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 103

5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนในราก 104

5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนในลำต้น 104

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนในข้าวสาร 105
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการสีของข้าวกับปริมาณซิลิกอนในแกลบ 105