

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญตารางประกอบ	ฉ
สารบัญรูปประกอบ	ญ
สารบัญตารางผนวกประกอบ	ฎ
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
ความสัมพันธ์ของธาตุอาหารฟอสฟอรัสกับการผลิตพืช	3
ปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟต	5
การใช้หินฟอสเฟตบดในการปลูกพืช	10
การปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟต	12
-การปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟตโดยใช้ความร้อน	12
-การปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟตโดยการทำปฏิกิริยากับกรด	15
-การปรับปรุงคุณภาพของหินฟอสเฟตโดยการใช้อย่างอื่น	20
ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต	21
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	21
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล	25
ผลการทดลองที่ 1 การเพิ่มประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตโดยวิธีต่าง ๆ	25
-การเผาหินฟอสเฟต	25
-การผสมหินฟอสเฟตกับกรดกำมะถัน	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ	34
-การเจริญเติบโตของข้าวโพด	34
-ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพด	38
-ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในข้าวโพด	42
-ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (สกัดโดยวิธี Bray II) ในดิน	47
การทดลองที่ 3 การตอบสนองของข้าวโพดที่มีต่อการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับ ปุ๋ยทรีพีเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต	52
-ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน	52
-ความสูงของข้าวโพด	55
-น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด	58
-ผลผลิตของข้าวโพด	61
-ขนาดเมล็ดข้าวโพด	61
-ปริมาณฟอสฟอรัสในพืช	64
-ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในข้าวโพด	67
สรุปผลการทดลอง	72
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	85
ประวัติการศึกษา	112

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ในสารละลายซีเตรทของหินฟอสเฟต ที่เผา ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	26
2	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ในสารละลายซีเตรท และความเป็น กรด-ต่าง ของผลิตภัณฑ์หินฟอสเฟตที่ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน	30
3	อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ที่มีต่อ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในข้าวโพด ที่ปลูกในกระถางในระยะ ออกดอก	40
4	ประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ที่มีต่อการดูดใช้ ฟอสฟอรัสของข้าวโพด ที่ปลูกในดินชุดโคราชและ ดินชุดปากช่อง	46
5	เปรียบเทียบผลของการใส่หินฟอสเฟตที่ปรับปรุงคุณภาพกับปุ๋ยทริปเปิ้ล- ซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดิน	50
6	อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อความสูงของข้าวโพดขณะอายุ 1 เดือน และในระยะออกไหม	56
7	อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อน้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดขณะอายุ 1 เดือน และในระยะเก็บเกี่ยว	59
8	อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อผลผลิตเมล็ดข้าวโพด และน้ำหนัก 100 เมล็ด	62
9	อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด	65
10	อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในข้าวโพด	70

สารบัญประกอบ

รูปที่

หน้า

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | ผลของการเผาหินฟอสเฟตโดยใช้อุณหภูมิ และระยะเวลาการเผา
ต่างกัน ที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ในสารละลายซีเตรต | 28 |
| 2 | การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของหินฟอสเฟต ที่ทำปฏิกิริยากับกรด
ในระยะเวลาการหมักต่าง ๆ | 32 |
| 3 | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ในสารละลาย
ซีเตรตกับค่า pH ของผลิตภัณฑ์หินฟอสเฟตผสมกับกรด | 33 |
| 4 | อิทธิพลของปุ๋ยหินฟอสเฟตที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพที่มีต่อน้ำหนักแห้ง
ของข้าวโพดในระยะออกดอก | 35 |
| 5 | อิทธิพลของปุ๋ยหินฟอสเฟตที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพที่มีต่อปริมาณ
การสะสมฟอสฟอรัสของข้าวโพดในระยะออกดอก | 43 |
| 6 | อิทธิพลของปุ๋ยหินฟอสเฟตที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพที่มีต่อปริมาณ
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่ตกค้างในดิน หลังจาก
ปลูกข้าวโพด 2 ฤดู | 48 |
| 7 | อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต
ที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Bray II) หลัง
การใส่ปุ๋ย 15 วัน | 53 |
| 8 | อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต
ที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Bray II) หลัง
หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวโพด | 54 |

สารบัญประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
9 อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทรีปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตที่มีต่อ ความสูงของข้าวโพดขณะอายุ 1 เดือน	57
10 อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทรีปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตที่มีต่อ น้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดขณะอายุ 1 เดือน	60
11 อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทรีปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อผลผลิตข้าวโพด	63
12 อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทรีปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณสะสมฟอสฟอรัสของข้าวโพดที่อายุ 1 เดือน	68

สารบัญตารางผนวกประกอบ

ตารางผนวกที่	หน้า
1 คุณสมบัติของดินที่ทำการทดลอง	85
2 องค์ประกอบทางเคมีของหินฟอสเฟตที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบกับหินฟอสเฟตจากแหล่งต่าง ๆ	86
3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Citrates Soluble P) ในหินฟอสเฟตที่เผา ณ ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	87
4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ในสารละลายซีเตรทของผลิตภัณฑ์หินฟอสเฟตผสมกับกรด ในปริมาณต่าง ๆ และภายใต้ระยะเวลาในการหมักต่าง ๆ กัน	88
5 อิทธิพลของหินฟอสเฟตที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพที่มีต่อน้ำหนักแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในกระถางในระยะออกดอก	89
6 อิทธิพลของหินฟอสเฟตที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพที่มีต่อปริมาณสะสมฟอสฟอรัสในข้าวโพดที่ปลูกในกระถางในระยะออกดอก	91
7 อิทธิพลของปุ๋ยหินฟอสเฟตที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Bray II) ที่ตกค้างในดินหลังจากปลูกข้าวโพด 2 ฤดู	93
8 อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Bray II) หลังการใส่ปุ๋ย 15 วัน และหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	94
9 อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตที่มีต่อน้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดขณะอายุ 1 เดือน	95

สารบัญตารางแผนวกรประกอบ (ต่อ)

ตารางแผนวกรที่

หน้า

10	อิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณสะสมฟอสฟอรัสของข้าวโพดขณะอายุ 1 เดือน	96
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในกระถางฤดูที่ 1 ขณะอายุ 30 วัน	97
12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในกระถางฤดูที่ 1 ขณะอายุ 45 วัน	97
13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อน้ำหนักแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในกระถางฤดูที่ 1	98
14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดที่ปลูกในกระถางฤดูที่ 1	98
15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อ ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดที่ปลูกในกระถางฤดูที่ 1	99
16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อ น้ำหนักแห้งข้าวโพดที่ปลูกในกระถางฤดูที่ 2	99
17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในข้าวโพดที่ปลูกในกระถางฤดูที่ 2	100
18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อ ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในข้าวโพดที่ปลูกในกระถางฤดูที่ 2	100
19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อ น้ำหนักรวมของข้าวโพดที่ปลูกในกระถางทั้งสองฤดูรวมกัน	101

สารบัญตารางแผนวกรประกอบ (ต่อ)

ตารางแผนวกรที่	หน้า
20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณการสะสมฟอสฟอรัส ในข้าว โคนที่ปลูกในกระถางทั้งสองฤดูรวมกัน	101
21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ในกระถางภายหลังจากการปลูกข้าว โคนสองฤดู	102
22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตที่มีต่อความสูงข้าว โคนขณะอายุ 1 เดือน	102
23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อน้ำหนักข้าว โคนขณะอายุ 1 เดือน	103
24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต้นข้าว โคนขณะอายุ 1 เดือน	103
25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบข้าว โคนขณะอายุ 1 เดือน	104
26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในต้นข้าว โคนขณะอายุ 1 เดือน	104
27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัส (Bray II) ในดินหลังจากการใส่ปุ๋ย 15 วัน	105

สารบัญตารางผนวกประกอบ (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

- 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับ
ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตที่มีต่อความสูงข้าวโพดในระยะออกไหม 105
- 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับ
ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัส
ในใบข้าวโพดในระยะออกไหม 106
- 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับ
ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อผลผลิตเมล็ดข้าวโพด 106
- 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับ
ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวโพด 107
- 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับ
ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัส
ในต้นข้าวโพดในระยะเก็บเกี่ยว 107
- 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับ
ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดในระยะเก็บเกี่ยว 108
- 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับ
ร่วมกับปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อการสะสมฟอสฟอรัส
ในเมล็ดข้าวโพด 108
- 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับ
ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณการสะสมฟอสฟอรัส
ในต้นข้าวโพดในระยะเก็บเกี่ยว 109

สารบัญตารางผนวกประกอบ (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

- 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับ
ปุ๋ยทรีปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัส (Bray II)
ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด 109
- 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลการใช้หินฟอสเฟต
ร่วมกับปุ๋ยทรีปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ที่มีต่อปริมาณการสะสมฟอสฟอรัส
รวมในเมล็ดและในต้นข้าวโพดในระยะเก็บเกี่ยว 110
- 38 การเปลี่ยนแปลงของหินฟอสเฟตที่ผ่านการเผา 111

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved