

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญภาคผนวก	ซ
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย	20
ผลการทดลอง และวิจารณ์	34
การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ วิธีการใส่ต่างกัน และการสูญเสียของปุ๋ยไนโตรเจน ในขบวนการต่างๆ	34
1. การเปลี่ยนแปลง Redox Potential ในดิน	34
2. การสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนีย	35
3. การเจริญเติบโตของข้าว	36
4. ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าว	37
5. การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าว	39
6. พฤติกรรมของปุ๋ยไนโตรเจนในระบบดิน-พืช	42
7. การสูญเสียไนโตรเจน	45
8. ประสิทธิภาพของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน	46

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลตกค้างของปุ๋ย ไนโตรเจนที่มีต่อพืชที่ปลูกตามหลัง ในระบบการปลูกพืช 2 ระบบ คือ ข้าว-ถั่วเหลือง และ ข้าว-ข้าวสาลี	48
1. ไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากผลตกค้างในนาข้าว	48
2. การดูดใช้ไนโตรเจน และการให้ผลผลิต ของข้าวสาลี และถั่วเหลือง	49
3. ความสามารถในการดูดใช้ไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมา จากผลตกค้างในนาข้าวของข้าวสาลีและถั่วเหลือง	49
4. ปริมาณ ไนโตรเจนที่ตกค้างหลังจากปลูกข้าวสาลี และถั่วเหลือง	53
การทดลองที่ 3 ศึกษาความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากการสลายตัว ของฟางข้าว	54
1. การปลดปล่อยไนโตรเจนจากฟางและปุ๋ย	54
2. ผลผลิต และการดูดใช้ไนโตรเจนจากฟางและปุ๋ยของ ข้าวสาลี และถั่วเหลือง	57
3. การตกค้าง และสูญหายของไนโตรเจนจากปุ๋ย และฟาง ในระบบข้าวสาลี และถั่วเหลือง	59
4. การตรึงไนโตรเจนในระบบถั่วเหลือง เมื่อใช้ฟาง ปุ๋ยไนโตรเจน และใช้ฟาง ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน	61
5. การแจกแจงปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวสาลี และถั่วเหลือง ดูดใช้ได้เนื่องจากการคลุกฟาง ใช้ปุ๋ย และคลุกฟางร่วม กับการใช้ปุ๋ย	64
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก	83
ประวัติการศึกษา	115

ญ

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ บางประการของดินชุดสีนทราย	20
2	ปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจวัดได้ เนื่องจากวิธีการใส่ปุ๋ย ไนโตรเจนในนาข้าว	35
3	ผลผลิต น้ำหนักฟาง และน้ำหนักราก ของข้าวในภากรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 100 กิโลกรัม/เฮกตาร์ วิธีต่างๆ กัน	37
4	องค์ประกอบผลผลิตของข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนโดยวิธีต่างๆ กัน	38
5	% atom ^{15}N ในส่วนต่างๆ ของข้าว ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน โดยวิธีต่างๆ กัน	41
6	ไนโตรเจนทั้งหมด และไนโตรเจนจากปุ๋ยในส่วนต่าง ๆ ของข้าว ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนโดยวิธีต่างๆ กัน	43
7	บัญชีสมดุลย์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยเมื่อใส่ในนาข้าวด้วยวิธีต่าง ๆ กัน	44
8	แสดงประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่โดยวิธีต่างๆ กัน	47
9	สมดุลย์ของไนโตรเจนตกค้างจากปุ๋ยนา ในการปลูกข้าวสาลีเป็นพืชตาม	50
10	น้ำหนักเมล็ด และฟางข้าวสาลี ไนโตรเจนที่ข้าวสาลีดูดได้ทั้งหมด และจากปุ๋ยตกค้าง	51
11	สมดุลย์ของไนโตรเจนตกค้างจากปุ๋ยนาในการปลูกถั่วเหลืองเป็นพืชตาม	52
12	น้ำหนักเมล็ด และต้นถั่วเหลือง ไนโตรเจนที่ถั่วเหลืองดูดได้ทั้งหมด และจากปุ๋ยตกค้าง	53
13	ไนโตรเจน (^{15}N) ที่ถูกปลดปล่อยออกมา จากปุ๋ยและฟาง (%) เมื่อมีการใช้ฟางร่วมกับปุ๋ย ในข้าวสาลีและถั่วเหลือง	54
14	%N ในดิน และ % atom ^{15}N excess ในดินหลังการปลูกข้าวสาลี และ ถั่วเหลือง ที่มีการคลุมฟาง ตลุกฟางร่วมกับใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และ ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเดียว	56
15	ผลของการคลุมฟาง และการใส่ปุ๋ย ต่อการดูดใช้ไนโตรเจน และผลผลิต ของข้าวสาลี	58
16	ผลของการคลุมฟาง และการใส่ปุ๋ย ต่อการดูดใช้ไนโตรเจน และผลผลิต ของถั่วเหลือง	58

ตารางที่		หน้า
17	สถานะภาพของ ^{15}N จากปุ๋ยและฟางที่ใส่ลงไปในระบบข้าวสาลี และถั่วเหลือง	60
18	ปริมาณไนโตรเจน ที่ตรึงได้ในถั่วเหลืองที่ปลูกในดินคดลูกฟาง คดลูกฟางร่วมกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเดี่ยว เมื่อใช้ข้าวสาลี เป็นพืชอ้างอิง (reference crop)	63
19	แสดงปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวสาลี และถั่วเหลืองได้รับจากแหล่งต่าง ๆ	65

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ขบวนการเปลี่ยนแปลง ไนโตรเจนในดินน้ำแข็ง	10
2	แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของการทดลองศึกษาความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยและฟาง ที่มีต่อการผลิตพืช ภายใต้ระบบการปลูกพืชที่มีข้าวเป็นหลัก	22
3	แสดงการใส่ปุ๋ยดินชั้น	24
4	ลักษณะการฝังกระถางชนิดต่างๆ ในนาข้าว และขบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียไนโตรเจน	26
5	แสดงการวางกระถางทดลองในนาข้าวปกติ	26
6	แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด NH_3 -volatilization ในนา	28
7	แสดงการเปลี่ยนแปลง Eh ในดินหลังการปักดำข้าว กข.7	34
8	แสดงความสูงเฉลี่ยของข้าวในแต่ละวิธีการใส่ปุ๋ย	36
9	ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนจากดินและปุ๋ยในส่วนต่างๆ ของข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยในวิธีการต่างๆ กัน	40
10	ปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียในรูป การชะล้าง ไหลบ่า และรูปก๊าซ ในวิธีการใส่ปุ๋ยต่างกัน	45
11	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และไนโตรเจนที่ข้าวสาส์และถั่วเหลืองดูดใช้ได้จากแหล่งต่างๆ	66

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวกที่ 1 คำบรรยายหน้าตัดดินชุดสีนทราย	85
ภาคผนวกที่ 2 ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของข้าว พฏิกกรรมไนโตรเจน ¹⁵ N และการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดลองที่ 1	86
ตารางผนวกที่ 2.1 จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง เมล็ดลีบ/รวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด	86
ตารางผนวกที่ 2.2 น้ำหนักแห้ง ฟาง เมล็ดดี เมล็ดลีบ และราก	87
ตารางผนวกที่ 2.3 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในฟาง เมล็ดดี เมล็ดลีบ และราก (เปอร์เซ็นต์)	88
ตารางผนวกที่ 2.4 เปอร์เซนต์อะตอม ¹⁵ N ในฟาง เมล็ดดี เมล็ดลีบ และราก	89
ตารางผนวกที่ 2.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ข้าวดูดใช้ในฟาง เมล็ดดี เมล็ดลีบ และราก	90
ตารางผนวกที่ 2.6 ปริมาณไนโตรเจน(¹⁵ N) ที่ข้าวดูดใช้ทั้งหมดจากปุ๋ยในฟาง เมล็ดดี เมล็ดลีบ และราก	91
ตารางผนวกที่ 2.7 ปริมาณไนโตรเจน %atom ¹⁵ N และปริมาณ ¹⁵ N ที่ตกค้างในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว	92
ตารางผนวกที่ 2.8 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนรวง/กอ	93
ตารางผนวกที่ 2.9 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนเมล็ดทั้งหมด/รวง	93
ตารางผนวกที่ 2.10 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนเมล็ดดี/รวง	93
ตารางผนวกที่ 2.11 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนเมล็ดลีบ/รวง	94

ตารางผนวกที่ 2.12	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ น้ำหนักฟาง	94
ตารางผนวกที่ 2.13	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ น้ำหนักเมล็ดดี	94
ตารางผนวกที่ 2.14	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ น้ำหนักเมล็ดลีบ	95
ตารางผนวกที่ 2.15	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ น้ำหนักราก	95
ตารางผนวกที่ 2.16	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	95
ตารางผนวกที่ 2.17	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนจากปุ๋ยในฟาง (%atom ¹⁵ N)	96
ตารางผนวกที่ 2.18	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนจากปุ๋ยในราก (%atom ¹⁵ N)	96
ตารางผนวกที่ 2.19	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนจากปุ๋ยในเมล็ดดี (%atom ¹⁵ N)	96
ตารางผนวกที่ 2.20	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนจากปุ๋ยในเมล็ดลีบ (%atom ¹⁵ N)	97
ตารางผนวกที่ 2.21	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนจากปุ๋ยในดิน (%atom ¹⁵ N)	97
ตารางผนวกที่ 2.22	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ ไนโตรเจนในฟางที่ได้รับจากปุ๋ย ¹⁵ N	97
ตารางผนวกที่ 2.23	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ ไนโตรเจนในเมล็ดดีที่ได้รับจากปุ๋ย ¹⁵ N	98
ตารางผนวกที่ 2.24	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ ไนโตรเจนในเมล็ดลีบที่ได้รับจากปุ๋ย ¹⁵ N	98
ตารางผนวกที่ 2.25	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ ไนโตรเจนในรากที่ได้รับจากปุ๋ย ¹⁵ N	98

	หน้า
ตารางผนวกที่ 2.26 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมดที่ข้าวดูดใช้	99
ตารางผนวกที่ 2.27 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมดที่ข้าวดูดใช้ได้จากดิน	99
ตารางผนวกที่ 2.28 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมดที่ข้าวดูดใช้ได้จากปุ๋ย ^{15}N	99
ตารางผนวกที่ 2.29 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ ไนโตรเจนจากปุ๋ย ^{15}N ที่ตกค้างอยู่ในดินหลังการ เก็บเกี่ยวข้าว	100
ตารางผนวกที่ 2.30 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ ไนโตรเจน ^{15}N จากปุ๋ยที่สูญเสียในระบบ ดิน-ข้าว	100
ภาคผนวกที่ 3 น้ำหนักแห้งของถั่วเหลืองและข้าวสาลี และพฤติกรรมของไนโตรเจน (^{15}N) ในการทดลองที่ 2	101
ตารางผนวกที่ 3.1 น้ำหนักแห้งและความเข้มข้นไนโตรเจนในเมล็ด และ ฟางข้าวสาลี	101
ตารางผนวกที่ 3.2 เปอร์เซ็นต์อะตอมไนโตรเจน ^{15}N ในเมล็ด และฟางข้าวสาลี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%) และ เปอร์เซ็นต์อะตอม ไนโตรเจน ^{15}N ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวสาลี	102
ตารางผนวกที่ 3.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนจากปุ๋ยตกค้าง (^{15}N) ในเมล็ดและฟางข้าวสาลี	103
ตารางผนวกที่ 3.4 น้ำหนักแห้งและความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดและต้น ของถั่วเหลือง	104
ตารางผนวกที่ 3.5 เปอร์เซ็นต์อะตอมไนโตรเจน ^{15}N ในเมล็ด และต้น ของ ถั่วเหลือง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%) และเปอร์เซ็นต์ อะตอมไนโตรเจน ^{15}N ในดินหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง	105
ตารางผนวกที่ 3.6 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนจากปุ๋ยตกค้าง (^{15}N) ในเมล็ดและต้นถั่วเหลือง	106

ภาคผนวกที่ 4	น้ำหนักแห้งของถั่วเหลือง และข้าวสาลี พฏิกิริยาของ ^{15}N จากปุ๋ย และฟาง และการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดลองที่ 3	107
ตารางผนวกที่ 4.1	น้ำหนักเมล็ด และต้น/ฟาง ในข้าวสาลีและถั่วเหลือง	107
ตารางผนวกที่ 4.2	ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ด และต้น/ฟาง ในข้าวสาลี และถั่วเหลือง (เปอร์เซ็นต์)	108
ตารางผนวกที่ 4.3	เปอร์เซ็นต์อะตอมไนโตรเจน ^{15}N ในเมล็ด ต้น/ฟาง ในข้าวสาลี และถั่วเหลือง	109
ตารางผนวกที่ 4.4	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ด ต้น/ฟาง ในข้าวสาลี และถั่วเหลือง	110
ตารางผนวกที่ 4.5	ปริมาณไนโตรเจน (^{15}N) ในเมล็ด ต้น/ฟาง ในข้าวสาลี และถั่วเหลือง	111
ตารางผนวกที่ 4.6	เปอร์เซ็นต์อะตอมไนโตรเจน ^{15}N และปริมาณ ^{15}N ทั้งหมดที่ตกค้างในดินหลังปลูกถั่วเหลือง และข้าวสาลี	112
ตารางผนวกที่ 4.7	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเมล็ดข้าวสาลี	113
ตารางผนวกที่ 4.8	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฟางข้าวสาลี	113
ตารางผนวกที่ 4.9	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ข้าวสาลีตัดใช้	113
ตารางผนวกที่ 4.10	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง	114
ตารางผนวกที่ 4.11	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักต้นถั่วเหลือง	114
ตารางผนวกที่ 4.12	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ถั่วเหลืองตัดใช้	114