

๑
สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ญ
รายการภาคผนวก	ฎ
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	4
วิธีการประเมินการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว	4
องค์ประกอบของไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงของพืชตระกูลถั่ว	5
การตรึงไนโตรเจนของถั่ว <i>Phaseolus vulgaris</i>	6
การตอบสนองของถั่ว <i>Phaseolus vulgaris</i> ต่อการใส่เชื้อไรโซเบียมในสภาพไร่นา	14
ลักษณะในการเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนของถั่ว <i>Phaseolus vulgaris</i>	15
อิทธิพลของอุณหภูมิของดินต่อการเกิดปมและการตรึงไนโตรเจน	16
อิทธิพลของไนโตรเจนในดินและปุ๋ยต่อการเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนของถั่ว <i>Phaseolus vulgaris</i>	16
ผลของความเป็นกรดของดิน	18
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	20
การเก็บข้อมูล	23
ผลการทดลอง	26
การทดลองในกระถาง	26
ผลของอัตราการใช้ $\text{NO}_3^- \text{-N}$	26
ผลของอัตราการใช้ $\text{NH}_4^+ \text{-N}$	41
ผลการทดลองในสภาพไร่นา	52
สถานีทดลองปางดะ	52
สถานีทดลองแก้งน้อย	65

สารบัญ (ต่อ)

วิจารณ์	79
สรุป	90
เอกสารอ้างอิง	92
ภาคผนวก	95
ประวัติผู้เขียน	136

รายการตารางประกอบ

ตาราง	หน้า
1 สมบัติทางเคมีของดินที่สถานีเกษตรหลวงปางดะและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย	22
2 ผลของการใส่ปุ๋ย NO_3^- -N ต่อน้ำหนักแห้งของปมถั่วแดงหลวงในระยะ V_4	29
3 ผลของอัตราการใส่ปุ๋ย NO_3^- -N ต่อปริมาณและเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึง	39
4 ผลของการใส่ปุ๋ย NH_4^+ -N ต่อน้ำหนักแห้งของปมถั่วแดงหลวงในระยะ V_4 และ R_2	44
5 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งของปมถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ สถานีปางดะ	54
6 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณและเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการตรึงของถั่วแดงหลวงตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงระยะ R_4 ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะเมื่อประเมินจากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้น	64
7 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณและเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการตรึงของถั่วแดงหลวงตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงระยะ R_6 ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะเมื่อประเมินจากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้น	64
8 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งของปมถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย	69
9 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณและเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการตรึงของถั่วแดงหลวงที่ปลูก ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย	77
10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูรีโอไซด์สัมพัทธ์ที่ได้จากการทำนายโดยสมการ regression กับที่ได้จริงจากการทดลอง	86

รายการรูปประกอบ

รูปที่ 1	ผลของการใส่ NO_3^- -N ต่อน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของ ถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ	28
รูปที่ 2	ผลของการใส่ NO_3^- -N ต่อการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินของ ถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ	28
รูปที่ 3	ผลของการใส่ NO_3^- -N ต่อดัชนียูรีโอไซด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	31
รูปที่ 4	ผลของการใส่ NO_3^- -N ต่อดัชนียูรีโอไซด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	31
รูปที่ 5	ผลของการใส่ NO_3^- -N ต่อสัดส่วนของ NO_3^- -N ในเนื้อเยื่อของลำต้นของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	33
รูปที่ 6	ผลของการใส่ NO_3^- -N ต่อสัดส่วนของ NO_3^- -N ในน้ำเลี้ยงของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	33
รูปที่ 7	ผลของการใส่ NO_3^- -N ต่อสัดส่วนของ amino-N ในน้ำเลี้ยงของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	34
รูปที่ 8	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูรีโอไซด์สัมพัทธ์ของตัวอย่างน้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้น ของถั่วแดงหลวงในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตเมื่อมีการใส่ปุ๋ย NO_3^- -N	36
รูปที่ 9	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงซึ่งได้จากการ วิเคราะห์น้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อลำต้น	40
รูปที่ 10	ผลของการใส่ NH_4^+ -N ต่อน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	43
รูปที่ 11	ผลของการใส่ NH_4^+ -N ต่อการสะสมไนโตรเจนของส่วนที่อยู่เหนือดินของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	43
รูปที่ 12	ผลของการใส่ NH_4^+ -N ต่อดัชนียูรีโอไซด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อของลำต้นของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	46
รูปที่ 13	ผลของการใส่ NH_4^+ -N ต่อดัชนียูรีโอไซด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	46
รูปที่ 14	ผลของการใส่ NH_4^+ -N ต่อปริมาณ NO_3^- -N ของเนื้อเยื่อของลำต้นของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	48

ญ
รายการสรุปประกอบ(ต่อ)

รูปที่ 15 ผลของการใส่ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ของน้ำเลี้ยงของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	48
รูปที่ 16 ผลของการใส่ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อสัดส่วนของ amino-N ในน้ำเลี้ยงของ ถั่วแดงหลวงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต	49
รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูรีโอไซด์สัมพัทธ์ของตัวอย่างน้ำเลี้ยงและเนื้อเยื่อของลำต้น ของถั่วแดงหลวงในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตเมื่อมีการใส่ปุ๋ย $\text{NH}_4^+\text{-N}$	51
รูปที่ 18 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	53
รูปที่ 19 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อการสะสมไนโตรเจน ของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	53
รูปที่ 20 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อดัชนียูรีโอไซด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยง ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	57
รูปที่ 21 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อดัชนียูรีโอไซด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อ ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	57
รูปที่ 22 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ของน้ำเลี้ยง ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	59
รูปที่ 23 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ของเนื้อเยื่อ ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	59
รูปที่ 24 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ amino-N ของน้ำเลี้ยง ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	61
รูปที่ 25 ข้อมูลอุตุณิยมวิทยารายวันในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม ถึงวันที่ 22 มิถุนายน 2539 ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย	66
รูปที่ 26 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้ง ของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย	67

๗
รายการรูปประกอบ(ต่อ)

- รูปที่ 27 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อการสะสมไนโตรเจน
ของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ
ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย 67
- รูปที่ 28 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อดัชนียูริไฮด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยง
ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย 71
- รูปที่ 29 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อดัชนียูริไฮด์สัมพัทธ์ของเนื้อเยื่อ
ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย 71
- รูปที่ 30 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ของน้ำเลี้ยง
ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย 73
- รูปที่ 31 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ของเนื้อเยื่อ
ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย 73
- รูปที่ 32 ผลของการใส่เชื้อไรโซเบียมและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณ amino-N ของน้ำเลี้ยง
ของถั่วแดงหลวงที่การเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่งน้อย 75
- รูปที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงซึ่งได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยง
และเนื้อเยื่อลำต้น 78
- รูปที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงซึ่งได้จากการวิเคราะห์น้ำเลี้ยง
และเนื้อเยื่อลำต้น 78
- รูปที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนียูริไฮด์สัมพัทธ์ของน้ำเลี้ยงของถั่วแดงหลวงที่ได้จาก
การทำนายโดยสมการ regression กับที่ได้จริงจากการทดลอง 87

รายการภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 Analysis of variance of dry matter of red kidney bean in pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	95
2 Analysis of variance of N uptake of red kidney bean in pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	95
3 Analysis of variance of nodule dry weight of red kidney bean from pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	96
4 Analysis of variance of ureide index of red kidney bean from pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	96
5 Analysis of variance of $\text{NO}_3\text{-N}$ index of red kidney bean from pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	97
6 Analysis of variance of amino-N index of red kidney bean from pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	97
7 Analysis of variance of % N_2 -fixed of red kidney bean from pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	98
8 Analysis of variance of amount of N_2 -fixed of red kidney bean from pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	98
9 Dry matter (g/pot) of red kidney bean in pot experiment with KNO_3 fertilization at various stages of growth.	99
10 Dry matter (g/pot) of red kidney bean in pot experiment with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	100
11 Nodule dry weight (mg/pot) of red kidney bean in pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	101
12 N-uptake (gN/pot) of red kidney bean in pot experiment with KNO_3 fertilization at various stages of growth.	102
13 N-uptake (gN/pot) of red kidney bean in pot experiment with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	103

รายการภาคผนวก(ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
14 RUI (%) of red kidney bean from pot xeperiment with KNO_3 fertilization at various stages of growth.	104
15 RUI (%) of red kidney bean from pot xeperiment with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	105
16 NO_3^- -N (%) of red kidney bean from pot xeperiment with KNO_3 fertilization at various stages of growth.	106
17 NO_3^- -N (%) of red kidney bean from pot xeperiment with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	107
18 amino-N (%) of red kidney bean from pot xeperiment with KNO_3 fertilization at various stages of growth.	108
19 amino-N (%) of red kidney bean from pot xeperiment with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	109
20 % N_2 -fixed of red kidney bean in pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	110
21 Amount of (gN/pot) N_2 -fixed of red kidney bean in pot experiments with KNO_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization at various stages of growth.	111
22 Analysis of variance of dry matter of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	112
23 Analysis of variance of N uptake of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	113
24 Analysis of variance of nodule dry weight of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	113
25 Analysis of variance of ureide index of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	114
26 Analysis of variance of NO_3^- -N index of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	115

รายการภาคผนวก(ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
27 Analysis of variance of amino-N index of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	116
28 Analysis of variance of amount of N_2 -fixed and % N_2 -fixed of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	116
29 Dry matter (kg/rai) of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	117
30 Nodule dry weight (mg/plant) of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	118
31 N uptake (kgN/rai) of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	119
32 RUI (%) of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	120
33 NO_3^- -N (%) of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	121
34 amino-N (%) of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	122
35 % N_2 -fixed of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	123
36 Amount of N_2 -fixed (kgN/rai) of red kidney bean from field experiment at Pangda station at various stages of growth.	124
37 Analysis of variance of dry matter of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	124
38 Analysis of variance of nodule dry weight of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	125
39 Analysis of variance of ureide index of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	125

รายการภาคผนวก(ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
40 Analysis of variance of $\text{NO}_3\text{-N}$ index of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	126
41 Analysis of variance of amino-N index of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	126
42 Analysis of variance of % N_2 -fixed and amount of N_2 -fixed of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	127
43 Analysis of variance of N uptake of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	127
44 Dry matter (kg/rai) of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	128
45 N uptake (kgN/rai) of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	128
46 Nodule dry weight (mg/plant) of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	129
47 RUI (%) of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	130
48 $\text{NO}_3\text{-N}$ (%) of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	131
49 amino-N (%) of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	132
50 Amount of N_2 -fixed (kgN/rai) of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	132
51 % N_2 -fixed of red kidney bean from field experiment at Kaenoi station at various stages of growth.	133
สูตรเตรียมสารละลายที่ใช้ปลูกถั่ว	134
Methods for analysis of N-solutes in xylem exudate and in hot water extracts from plant parts.	134