

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(9)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(17)
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	3
มลพิษทางอากาศ	3
ผลกระทบของก๊าซมลพิษทางอากาศ	6
ก๊าซพิษที่เป็นสาเหตุให้เกิดฝนกรด	12
ฝนกรด	19
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	42
ผลของฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตต่อดินและกระเจียบเขียว	42
ผลของฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนต่อดินและกระเจียบเขียว	100
เปรียบเทียบฝนจำลองอนุมูลซัลเฟตกับออกไซด์ของไนโตรเจนต่อความเป็น ประโยชน์ของไนโตรเจน	157
สรุปผลการศึกษา	163
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	167
ภาคผนวก	179
ภาคผนวก ก	179
ภาคผนวก ข	183
ภาคผนวก ค	243

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	33
2	ผลผลิตแห้งฝักระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากอนุมูลซัลเฟตระดับต่าง ๆ	94
3	ผลผลิตแห้งฝักรวมของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากอนุมูลซัลเฟตในชุดดินต่าง ๆ	95
4	ปริมาณและค่าสัดส่วนการนำไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกบนชุดดินอยุธยาเมื่อได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากอนุมูลซัลเฟตระดับต่าง ๆ	96
5	ปริมาณและค่าสัดส่วนการนำไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกบนชุดดินบางกอกเมื่อได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากอนุมูลซัลเฟตระดับต่าง ๆ	97
6	ปริมาณและค่าสัดส่วนการนำไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกบนชุดดินกำแพงแสนเมื่อได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากอนุมูลซัลเฟตระดับต่าง ๆ	98
7	ปริมาณและค่าสัดส่วนการนำไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกบนชุดดินสัทหีบเมื่อได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากอนุมูลซัลเฟตระดับต่าง ๆ	99
8	ผลผลิตแห้งฝักระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนระดับต่าง ๆ	151
9	ผลผลิตแห้งฝักรวมของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนในชุดดินต่าง ๆ	152
10	ปริมาณและค่าสัดส่วนการนำไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกบนชุดดินอยุธยาเมื่อได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนระดับต่าง ๆ	153
11	ปริมาณและค่าสัดส่วนการนำไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกบนชุดดินบางกอกเมื่อได้รับฝนจำลองซึ่งเกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนระดับต่าง ๆ	154

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ปริมาณและค่าสัดส่วนการนำไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปใช้ ในส่วนต่างๆ ของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกบนชุดดินกำแพงแสนเมื่อได้รับฝน จำลองซึ่งเกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนระดับต่างๆ	155
13	ปริมาณและค่าสัดส่วนการนำไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไป ใช้ในส่วนต่างๆ ของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกบนชุดดินสัดหีบเมื่อได้รับฝนจำลอง ซึ่งเกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนระดับต่างๆ	156
ตารางผนวกที่		
1	ค่าเฉลี่ย pH น้ำฝนในจังหวัดต่างๆ ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540-2541	184
2	ค่าวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำฝนในประเทศไทยปี พ.ศ. 2541	185
3	ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของพืช ในตระกูล Malvaceae	186
4	ค่าเฉลี่ย pH ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	187
5	ค่าเฉลี่ย ECe ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	188
6	ค่าเฉลี่ยปริมาณ OM ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	189
7	ค่าเฉลี่ยปริมาณ Total N ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดิน กำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซัลเฟต ที่เวลาต่างๆ	190
8	ค่าเฉลี่ยปริมาณ NH_4^+ ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	191
9	ค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	192
10	ค่าเฉลี่ยปริมาณ Total P ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	193

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
11	ค่าเฉลี่ยปริมาณ P_2O_5 ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัทธิบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	194
12	ค่าเฉลี่ยปริมาณ Total K ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัทธิบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	195
13	ค่าเฉลี่ยปริมาณ K_2O ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัทธิบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	196
14	ค่าเฉลี่ย $_N K_d$ ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัทธิบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	197
15	ค่าเฉลี่ย $_P K_d$ ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัทธิบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	198
16	ค่าเฉลี่ย $_K K_d$ ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัทธิบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	199
17	ค่าเฉลี่ย $N_{T,pt}$ ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัทธิบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	200
18	ค่าเฉลี่ย $P_{T,pt}$ ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัทธิบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	201
19	ค่าเฉลี่ย $K_{T,pt}$ ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัทธิบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	202
20	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของชุดดินอยุธยาซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	203
21	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของชุดดินอยุธยาซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่ระดับต่าง ๆ	204
22	สัดส่วนการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระเจียบเขียวของชุดดินอยุธยาหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	205
23	สัดส่วนการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระเจียบเขียวของชุดดินอยุธยาหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่ระดับต่าง ๆ	205
24	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของชุดดินบางกอกซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	206

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
25	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของชุดดินบางกอกซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่ระดับต่าง ๆ	207
26	สัดส่วนการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระเจียบเขียวของชุดดินบางกอกหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	208
27	สัดส่วนการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระเจียบเขียวของชุดดินบางกอกหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่ระดับต่าง ๆ	208
28	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของชุดดินกำแพงแสนซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	209
29	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของชุดดินกำแพงแสนซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่ระดับต่าง ๆ	210
30	สัดส่วนการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระเจียบเขียวของชุดดินกำแพงแสนหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	211
31	สัดส่วนการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระเจียบเขียวของชุดดินกำแพงแสนหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่ระดับต่าง ๆ	211
32	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	212
33	สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่ระดับต่าง ๆ	213
34	สัดส่วนการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระเจียบเขียวของชุดดินสัดหีบหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	214
35	สัดส่วนการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระเจียบเขียวของชุดดินสัดหีบหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซิลเฟตที่ระดับต่าง ๆ	214
36	ค่า pH 1:1 ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่าง ๆ	215
37	ค่า EC _c ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่าง ๆ	216
38	ปริมาณ OM ของชุดดินอยุธยา ชุดดินบางกอก ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินสัดหีบซึ่งได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่าง ๆ	217

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
67 สัตว์ส่วนการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระเจี๊ยบเขียวของชุดดินสัดหีบหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่ระดับต่างๆ	242

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงกระบวนการที่ทำให้เกิดการเพิ่มความชื้นของกรดบนใบพืช บริเวณที่มีเครื่องหมายดอกจันจะถูกทำลายมากที่สุด	24
2	แสดงอิทธิพลระหว่างระดับ pH ของดินต่อความเป็นประโยชน์ของ ธาตุอาหารพืช	30
3	การวางกระถางปลูกและชั้นวางลอย	34
4	ช่วงเวลาการปฏิบัติงานของการศึกษาอิทธิพลของฝนจำลองที่เกิด จากอนุมูลซัลเฟต	36
5	ช่วงเวลาการปฏิบัติงานของการศึกษาอิทธิพลของฝนจำลองที่เกิด จากออกไซด์ของไนโตรเจน	37
6	การเปลี่ยนแปลง pH 1:1, E _{Ce} และ OM ของชุดดินอยุธยาที่ระดับ ความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟต ที่เวลาต่าง ๆ	62
7	การเปลี่ยนแปลง NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Total N, N _{K_d} และ N _{T,pt} ของชุดดินอยุธยา ที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟต ที่เวลาต่าง ๆ	63
8	การเปลี่ยนแปลง P ₂ O ₅ , Total P, P _{K_d} และ P _{T,pt} ของชุดดินอยุธยาที่ระดับ ความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลา ต่าง ๆ	65
9	การเปลี่ยนแปลง K ₂ O, Total K, K _{K_d} และ K _{T,pt} ของชุดดินอยุธยาที่ระดับ ความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลา ต่าง ๆ	66
10	องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจี๊ยบเขียว ศักย์น้ำรวม (total water potential) ศักย์สารละลาย (solute potential) และศักย์ความดัน (pressure potential) ในรอบวัน (6:00-22:00 น.) เมื่อได้รับ ฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตในตำรับทดลองควบคุม (a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และ ฝน pH 3.0 (d) ที่ปลูกในชุดดิน	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์น้ำรวม ศักย์สารละลาย ศักย์ความดัน กับค่าความดันไอน้ำที่บรรยากาศสามารถรับได้ ของกระเจียบเขียวที่ปลูกในชุดดินอยุธยาเมื่อได้รับฝนจากตำรับทดลองควบคุม ฝนจำลองอนุมูลซัลเฟต pH 5.0 ฝน pH 4.0 และ ฝน pH 3.0	68
12	การเปลี่ยนแปลง pH 1:1, ECe และ OM ของชุดดินบางกอกที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	70
13	การเปลี่ยนแปลง NO_3^- , NH_4^+ , Total N, ${}_N\text{K}_d$ และ $\text{N}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินบางกอกที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	71
14	การเปลี่ยนแปลง P_2O_5 , Total P, ${}_P\text{K}_d$ และ $\text{P}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินบางกอกที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	73
15	การเปลี่ยนแปลง K_2O , Total K, ${}_K\text{K}_d$ และ $\text{K}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินบางกอกที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	74
16	องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจียบเขียว ศักย์น้ำรวม (total water potential) ศักย์สารละลาย (solute potential) และศักย์ความดัน (pressure potential) ในรอบวัน (6:00-22:00 น.) เมื่อได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตในตำรับทดลองควบคุม (a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และ ฝน pH 3.0 (d) ที่ปลูกในชุดดินบางกอก	75
17	ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์น้ำรวม ศักย์สารละลาย ศักย์ความดัน กับค่าความดันไอน้ำที่บรรยากาศสามารถรับได้ ของกระเจียบเขียวที่ปลูกในชุดดินบางกอกเมื่อได้รับฝนจากตำรับทดลองควบคุม ฝนจำลองอนุมูลซัลเฟต pH 5.0 ฝน pH 4.0 และ ฝน pH 3.0	76
18	การเปลี่ยนแปลง pH 1:1, ECe และ OM ของชุดดินกำแพงแสนที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลาต่างๆ	78

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	การเปลี่ยนแปลง NO_3^- , NH_4^+ , Total N, ${}_N\text{K}_d$ และ $\text{N}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดิน ก้ำแพงแสนที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจาก อนุมูลซัลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	79
20	การเปลี่ยนแปลง P_2O_5 , Total P, ${}_P\text{K}_d$ และ $\text{P}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินก้ำแพงแสนที่ ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่ เวลาต่าง ๆ	81
21	การเปลี่ยนแปลง K_2O , Total K, ${}_K\text{K}_d$ และ $\text{K}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินก้ำแพงแสนที่ ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่ เวลาต่าง ๆ	82
22	องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจียวเขียว ศักย์น้ำรวม (total water potential) ศักย์สารละลาย (solute potential) และศักย์ความดัน (pressure potential) ในรอบวัน (6:00-22:00 น.) เมื่อได้รับฝน จำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตในตำรับทดลองควบคุม (a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และ ฝน pH 3.0 (d) ที่ปลูกในชุดดินก้ำแพงแสน	83
23	ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์น้ำรวม ศักย์สารละลาย ศักย์ความดัน กับค่า ความดันไอที่บรรยากาศสามารถรับได้ ของกระเจียวเขียวที่ปลูกในชุด ดินก้ำแพงแสนเมื่อได้รับฝนจากตำรับทดลองควบคุม ฝนจำลองอนุมูล ซัลเฟต pH 5.0 ฝน pH 4.0 และ ฝน pH 3.0	84
24	การเปลี่ยนแปลง pH 1:1, ECe และ OM ของชุดดินสัดหีบที่ระดับความ ลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลาต่าง ๆ	86
25	การเปลี่ยนแปลง NO_3^- , NH_4^+ , Total N, ${}_N\text{K}_d$ และ $\text{N}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินสัดหีบ ที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟต ที่เวลาต่าง ๆ	87
26	การเปลี่ยนแปลง P_2O_5 , Total P, ${}_P\text{K}_d$ และ $\text{P}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินสัดหีบที่ระดับ ความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลา ต่าง ๆ	89
27	การเปลี่ยนแปลง K_2O , Total K, ${}_K\text{K}_d$ และ $\text{K}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินสัดหีบที่ระดับ ความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตที่เวลา ต่าง ๆ	90

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจียวเขียว ศักย์น้ำรวม (total water potential) ศักย์สารละลาย (solute potential) และศักย์ความดัน (pressure potential) ในรอบวัน (6:00-22:00 น.) เมื่อได้รับฝนจำลองที่เกิดจากอนุโมลซัลเฟตในตำรับทดลองควบคุม (a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และ ฝน pH 3.0 (d) ที่ปลูกในชุดดินสัดหีบ	91
29	ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์น้ำรวม ศักย์สารละลาย ศักย์ความดัน กับค่าความดันไอน้ำที่บรรยากาศสามารถรับได้ ของกระเจียวเขียวที่ปลูกในชุดดินสัดหีบเมื่อได้รับฝนจากตำรับทดลองควบคุม ฝนจำลองอนุโมลซัลเฟต pH 5.0 ฝน pH 4.0 และ ฝน pH 3.0	92
30	การเปลี่ยนแปลง pH 1:1, E _{Ce} และ OM ของชุดดินอุรุธยาที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	119
31	การเปลี่ยนแปลง NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Total N, N _{K_d} และ N _{T,pt} ของชุดดินอุรุธยาที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	120
32	การเปลี่ยนแปลง P ₂ O ₅ , Total P, P _{K_d} และ P _{T,pt} ของชุดดินอุรุธยาที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	122
33	การเปลี่ยนแปลง K ₂ O, Total K, K _{K_d} และ K _{T,pt} ของชุดดินอุรุธยาที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	123
34	องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจียวเขียว ศักย์น้ำรวม (total water potential) ศักย์สารละลาย (solute potential) และศักย์ความดัน (pressure potential) ในรอบวัน (6:00-22:00 น.) เมื่อได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนในตำรับทดลองควบคุม (a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และ ฝน pH 3.0 (d) ที่ปลูกในชุดดินอุรุธยา	124

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
35	ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์น้ำรวม ศักย์สารละลาย ศักย์ความดัน กับค่าความดันไอน้ำที่บรรยากาศสามารถรับได้ ของกระเจียบเขียวที่ปลูกในชุดดินอยุธยาเมื่อได้รับฝนจากตำรับทดลองควบคุม ฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน pH 5.0 ฝน pH 4.0 และ ฝน pH 3.0	125
36	การเปลี่ยนแปลง pH 1:1, ECe และ OM ของชุดดินบางกอกที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	127
37	การเปลี่ยนแปลง NO_3^- , NH_4^+ , Total N, ${}_N\text{K}_d$ และ $\text{N}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินบางกอกที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	128
38	การเปลี่ยนแปลง P_2O_5 , Total P, ${}_p\text{K}_d$ และ $\text{P}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินบางกอกที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	130
39	การเปลี่ยนแปลง K_2O , Total K, ${}_k\text{K}_d$ และ $\text{K}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินบางกอกที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	131
40	องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจียบเขียว ศักย์น้ำรวม (total water potential) ศักย์สารละลาย (solute potential) และศักย์ความดัน (pressure potential) ในรอบวัน (6:00-22:00 น.) เมื่อได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนในตำรับทดลองควบคุม (a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และ ฝน pH 3.0 (d) ที่ปลูกในชุดดินบางกอก	132
41	ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์น้ำรวม ศักย์สารละลาย ศักย์ความดัน กับค่าความดันไอน้ำที่บรรยากาศสามารถรับได้ ของกระเจียบเขียวที่ปลูกในชุดดินบางกอกเมื่อได้รับฝนจากตำรับทดลองควบคุม ฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน pH 5.0 ฝน pH 4.0 และ ฝน pH 3.0	133
42	การเปลี่ยนแปลง pH 1:1, ECe และ OM ของชุดดินกำแพงแสนที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	135

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	การเปลี่ยนแปลง NO_3^- , NH_4^+ , Total N, ${}_N\text{K}_d$ และ $\text{N}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดิน กำแพงแสนที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจาก ออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	136
44	การเปลี่ยนแปลง P_2O_5 , Total P, ${}_P\text{K}_d$ และ $\text{P}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินกำแพงแสนที่ ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของ ไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	138
45	การเปลี่ยนแปลง K_2O , Total K, ${}_K\text{K}_d$ และ $\text{K}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินกำแพงแสนที่ ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของ ไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	139
46	องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจียวเขียว ศักย์น้ำรวม (total water potential) ศักย์สารละลาย (solute potential) และศักย์ความดัน (pressure potential) ในรอบวัน (6:00-22:00 น.) เมื่อได้รับฝนจำลอง ที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนในตำรับทดลองควบคุม (a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และ ฝน pH 3.0 (d) ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน	140
47	ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์น้ำรวม ศักย์สารละลาย ศักย์ความดัน กับค่า ความดันไอน้ำที่บรรยากาศสามารถรับได้ ของกระเจียวเขียวที่ปลูกใน ชุดดินกำแพงแสนเมื่อได้รับฝนจากตำรับทดลองควบคุม ฝนจำลองออกไซด์ ของไนโตรเจน pH 5.0 ฝน pH 4.0 และ ฝน pH 3.0	141
48	การเปลี่ยนแปลง pH 1:1, ECe และ OM ของชุดดินสัดหีบที่ระดับความ ลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่ เวลาต่างๆ	143
49	การเปลี่ยนแปลง NO_3^- , NH_4^+ , Total N, ${}_N\text{K}_d$ และ $\text{N}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินสัดหีบ ที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของ ไนโตรเจนที่เวลาต่างๆ	144
50	การเปลี่ยนแปลง P_2O_5 , Total P, ${}_P\text{K}_d$ และ $\text{P}_{\text{T,pt}}$ ของชุดดินสัดหีบที่ระดับ ความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจน ที่เวลาต่างๆ	146

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
51	การเปลี่ยนแปลง K_2O , Total K, K_d และ $K_{T,pt}$ ของชุดดินสัดหีบที่ระดับความลึก 0-20 cm ภายหลังจากได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เวลาต่าง ๆ	147
52	องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจียวเขียว ศักย์น้ำรวม (total water potential) ศักย์สารละลาย (solute potential) และศักย์ความดัน (pressure potential) ในรอบวัน (6:00-22:00 น.) เมื่อได้รับฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนในตำรับทดลองควบคุม(a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และ ฝน pH 3.0 (d) ที่ปลูกในชุดดินสัดหีบ	148
53	ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์น้ำรวม ศักย์สารละลาย ศักย์ความดัน กับค่าความดันไอน้ำที่บรรยากาศสามารถรับได้ ของกระเจียวเขียวที่ปลูกในชุดดินสัดหีบเมื่อได้รับฝนจากตำรับทดลองควบคุม ฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน pH 5.0 ฝน pH 4.0 และ ฝน pH 3.0	149
ภาพผนวกที่		
1	วัสดุ อุปกรณ์ ภายในโรงเรือนจำลองสภาพการเกิดฝนกรด	244
2	การเตรียมต้นกล้าก่อนลงระบบการให้ฝนกรดจำลอง	245
3	สภาพต้นกระเจียวเขียวภายหลังจากได้รับฝนจำลองอนุโมลซัลเฟตในตำรับทดลองฝนควบคุม (a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และฝน pH 3.0 (d) ที่ปลูกในชุดดินต่าง ๆ	246
4	สภาพต้นกระเจียวเขียวภายหลังจากได้รับฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจนในตำรับทดลองฝนควบคุม (a) ฝน pH 5.0 (b) ฝน pH 4.0 (c) และฝน pH 3.0(d) ที่ปลูกในชุดดินต่าง ๆ	247
5	สภาพฝักปกติ (a) ฝักผิดปกติ (b) ของกระเจียวเขียวในระยะต่าง ๆ ภายหลังจากได้รับฝนจำลองอนุโมลซัลเฟตและออกไซด์ของไนโตรเจน	248
6	สภาพดอกปกติ (a) และดอกอายุประมาณ 1 สัปดาห์ที่แสดงอาการแห้งและร่วง(b) ของกระเจียวเขียวภายหลังจากได้รับฝนจำลองอนุโมลซัลเฟตและออกไซด์ของไนโตรเจน	249

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
7	วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการหาค่าพลังงานศักย์น้ำภายในใบ กระเจียวเขียวในรอบวัน	250

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Ay	=	ชุดดินอยุธยา
Bk	=	ชุดดินบางกอก
Ks	=	ชุดดินกำแพงแสน
Sh	=	ชุดดินสัทหีบ
DAT	=	วันหลังจากเริ่มทดลอง
pH 1:1	=	ปฏิกิริยาดิน ใช้สัดส่วนดินกับน้ำ 1:1
EC _e	=	สภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (dS m ⁻¹)
OM	=	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (%)
NO ₃ ⁻	=	ปริมาณไนเตรทในดิน (mg kg ⁻¹)
NH ₄ ⁺	=	ปริมาณแอมโมเนียมในดิน (mg kg ⁻¹)
P ₂ O ₅	=	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (mg kg ⁻¹)
K ₂ O	=	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (mg kg ⁻¹)
VPD	=	ความดันไอน้ำบรรยากาศสามารถรับได้ (kPa)
ψ_t	=	พลังงานศักย์น้ำรวมของใบกระเจี๊ยบเขียว (kPa)
ψ_π	=	พลังงานศักย์สารละลายในเซลล์ใบกระเจี๊ยบเขียว (kPa)
ψ_p	=	พลังงานศักย์ความดันน้ำของใบกระเจี๊ยบเขียว (kPa)
${}_N K_d$	=	สัดส่วนระหว่างปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินกับปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดในดิน
${}_P K_d$	=	สัดส่วนระหว่างปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินกับปริมาณธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน
${}_K K_d$	=	สัดส่วนระหว่างปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินกับปริมาณธาตุโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน
$N_{T,pt}$	=	สัดส่วนการนำไนโตรเจนไปใช้ในกระเจี๊ยบเขียว
$P_{T,pt}$	=	สัดส่วนการนำฟอสฟอรัสไปใช้ในกระเจี๊ยบเขียว
$K_{T,pt}$	=	สัดส่วนการนำโพแทสเซียมไปใช้ในกระเจี๊ยบเขียว