

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการทำวิจัย.....	2
ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ก๊าซไอโซน	
โทรโพสเฟียร์ไอโซน.....	5
แหล่งกำเนิดและการแพร่กระจาย.....	6
คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ.....	7
ประโยชน์ของก๊าซไอโซน.....	8
ค่ามาตรฐานของการสัมผัสก๊าซไอโซน.....	10
อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ	
อนุมูลอิสระ.....	12
สารต้านอนุมูลอิสระ.....	16
ผลกระทบของอนุมูลอิสระ	
Lipid peroxidation.....	17
Proteins damage	19
DNA damage	19
ผลกระทบของก๊าซไอโซน	
ผลกระทบต่อมนุษย์.....	19
ผลกระทบต่อพืช.....	20
ผลกระทบทางด้านสรีระวิทยา	20
การเปลี่ยนแปลงและการตอบสนองทางชีวเคมีของพืช.....	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ข้าว	
ลักษณะเกี่ยวกับการเจริญเติบโต.....	27
ลักษณะเกี่ยวกับการขยายพันธุ์.....	27
ชนิดของข้าว.....	28
ลักษณะที่สำคัญทางการเกษตร.....	29
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
สถานที่ในการทดลอง.....	30
ระยะเวลาในการศึกษา.....	30
การวางแผนการทดลอง.....	30
การเก็บรวบรวมข้อมูล	
การทดลองระยะที่ 1 การคัดเลือกพันธุ์พืชที่ sensitive และ resistance ต่อก๊าซโอโซน(Screening).....	31
การทดลองระยะที่ 2 เตรียมพืชที่ใช้ในการทดลอง.....	32
การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ	
การวิเคราะห์กิจกรรมของ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมูเตส (SOD).....	32
การวิเคราะห์ปริมาณของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H ₂ O ₂).....	33
การวิเคราะห์หาปริมาณ Total Ascorbate.....	34
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	35
อุปกรณ์/สารเคมี.....	36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการทดลอง.....	37
ระยะที่ 1 การคัดเลือกพันธุ์ข้าว.....	37
ระยะที่ 2 การทดลองในข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และสุพรรณบุรี 90.....	39
ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมูตาส.....	41
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	49
ปริมาณรวมของแอสคอเบต.....	57
ความสัมพันธ์ของปริมาณการทำงานของ SOD, H ₂ O ₂ และ Total ascorbate ตามระยะเวลาการเจริญเติบโต.....	64
5 อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ.....	68
อภิปรายผลการทดลอง.....	68
สรุปผลการทดลอง.....	73
ข้อเสนอแนะ.....	75
บรรณานุกรม.....	76
ภาคผนวก.....	82
ภาคผนวก ก ข้าวและลักษณะพันธุ์.....	83
ภาคผนวก ข เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมลพิษทางอากาศ.....	90
ภาคผนวก ค รูปข้าวในการทดลองระยะที่ 1.....	93
ภาคผนวก ง รูปข้าวในการทดลองระยะที่ 2.....	101
ประวัติผู้วิจัย.....	105

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ค่ามาตรฐานของการสัมผัสก๊าซโอโซนของมนุษย์ ขององค์กรต่างๆ.....	10
2 ค่ามาตรฐานของการสัมผัสก๊าซโอโซนของมนุษย์และพืช	11
3 ระดับคุณภาพอากาศจากโอโซนค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	11
4 ผลการทดสอบคัดเลือกพันธุ์ข้าวโดยรมก๊าซโอโซน 70 ppb 8 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 15 วัน ในข้าว 24 พันธุ์.....	38
5 ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่าง SOD , H ₂ O ₂ และ Total ascorbate กับ พันธุ์, ความเข้มข้น, ระยะเวลา, พันธุ์*ความเข้มข้น, พันธุ์*ระยะเวลา, ความเข้มข้น* ระยะเวลา และพันธุ์*ความเข้มข้น*ระยะเวลา ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์	41
6 ปริมาณของ SOD ของข้าว 5 ระยะเวลาการทดลองในความเข้มข้นของโอโซน 3 ระดับ (CF, 40 ppb และ 70 ppb) n = 3	47
7 ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่าง SOD , H ₂ O ₂ และ Total ascorbate กับ ความเข้มข้น, ระยะเวลา และ ความเข้มข้น* ระยะเวลา ในข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90	48
8 ปริมาณของ H ₂ O ₂ ของข้าว 5 ระยะเวลาการทดลองในความเข้มข้นของโอโซน 3 ระดับ (CF, 40 ppb และ 70 ppb).....	55
9 ปริมาณของ Total ascorbate ของข้าว 5 ระยะเวลาการทดลองในความเข้มข้น ของโอโซน 3 ระดับ (CF, 40 ppb และ 70 ppb).....	62

บัญชีภาพ

ภาพ	หน้า
1 การเกิด Oxidative Burst และการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในเซลล์ และอนุมูลอิสระที่เป็นอันตรายต่อ โปรตีน ดีเอ็นเอ และ ลิพิด.....	17
2 โอโซนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แพร่ผ่านเซลล์โดยผ่านเข้าทางปากใบ.....	24
3 Anti-Oxidant pathways.....	26
4 อาการ visible injury ของพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1 ที่ได้รับโอโซนความเข้มข้น 40 ppb และ 70 ppb เปรียบเทียบกับกลุ่ม CF	39
5 อาการ visible injury ของพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี90 ที่ได้รับโอโซนความเข้มข้น 40 ppb และ 70 ppb เปรียบเทียบกับกลุ่ม CF	39
6 พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1 (a) และพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี90 (b) อายุ 120 วัน ที่ได้รับโอโซนความเข้มข้น 40 ppb และ 70 ppb เปรียบเทียบกับกลุ่ม CF	40
7 ปริมาณการทำงานของซูเปอร์ออกไซด์ดิสมูตาส ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 ก่อนการรมก๊าซโอโซน (อายุ 23 วัน).....	42
8. ปริมาณการทำงานของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมูตาส ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 30 วัน ทดลองรมก๊าซโอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF ,n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE	43
9 ปริมาณการทำงานของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมูตาส ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 60 วัน ทดลองรมก๊าซโอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF ,n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE	44
10 ปริมาณการทำงานของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมูตาส ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 90 วัน ทดลองรมก๊าซโอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF ,n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE	45
11 ปริมาณการทำงานของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมูตาส ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 120 วัน ทดลองรมก๊าซโอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF ,n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE	46

บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
12	ปริมาณการทำงานของซูเปอร์ออกไซด์ดีสมูเตสของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1(a) และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 (b) ตามช่วงอายุ (23,30,60,90 และ 120 วัน) ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb, 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n=3.....	49
13	ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 ก่อนการรมก๊าซไอโซน (อายุ 23 วัน).....	50
14	ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 30 วัน ทดลองรมก๊าซไอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE	51
15	ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 60 วัน ทดลองรมก๊าซไอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE	52
16	ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 90 วัน ทดลองรมก๊าซไอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE	53
17	ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 120 วัน ทดลองรมก๊าซไอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE	54
18	ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1(a) และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90(b) ตามช่วงอายุ (23,30,60,90 และ 120 วัน) ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb, 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n=3.....	56
19	ปริมาณ Total ascorbate ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 ก่อนการรมก๊าซไอโซน (อายุ 23 วัน) n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE	57
20	ปริมาณ Total ascorbate ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 30 วัน ทดลองรมก๊าซไอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n = 3 , ค่าเฉลี่ย \pm SE.....	58

บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
21	ปริมาณ Total ascorbate ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 60 วัน ทดลองรมก๊าซไอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n = 3, ค่าเฉลี่ย \pm SE.....	59
22	ปริมาณ Total ascorbate ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 90 วัน ทดลองรมก๊าซไอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n = 3, ค่าเฉลี่ย \pm SE.....	60
23	ปริมาณ Total ascorbate ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 อายุ 120 วัน ทดลองรมก๊าซไอโซนที่ 40 ppb และ 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF, n = 3, ค่าเฉลี่ย \pm SE.....	61
24	ปริมาณ Total ascorbate ของข้าวสุพรรณบุรี1(a) และ ข้าวสุพรรณบุรี90 (b) ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb, 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF ตามช่วงอายุ (23,30,60,90 และ120 วัน) n=3	63
25	ความสัมพันธ์ของปริมาณการทำงานของเอนไซม์ SOD กับ ปริมาณ H ₂ O ₂ (a) และ ความสัมพันธ์ของปริมาณของ H ₂ O ₂ กับปริมาณของ Total ascorbate (b) ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb, 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF ตามช่วงอายุ (23, 30, 60, 90 และ 120 วัน).....	65
26	ความสัมพันธ์ของปริมาณการทำงานของเอนไซม์ SOD กับ ปริมาณ H ₂ O ₂ (a) และ ความสัมพันธ์ของปริมาณของ H ₂ O ₂ กับปริมาณของ Total ascorbate (b) ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี90 ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb, 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF ตามช่วงอายุ (23, 30, 60, 90 และ 120 วัน).....	67
27	เครื่องดูดอากาศ.....	90
28	ท่อนำอากาศเข้าสู่ Chamber.....	90
29	ภายใน chamber.....	90
30	เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล.....	91
31	เครื่องวัดปริมาณก๊าซไอโซน.....	91
32	เครื่องผลิตไอโซน.....	91

บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
33	เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น.....	91
34	การทดลองคัดเลือกพันธุ์ข้าวในตู้รมก๊าซที่ไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF (ไอโซนน้อยกว่า 10 ppb) ในข้าว 24 พันธุ์	93
35	พันธุ์ข้าว กข5 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	94
36	พันธุ์ข้าว กข7 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	94
37	พันธุ์ข้าว กข11 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	94
38	พันธุ์ข้าว กข15 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF	94
39	พันธุ์ข้าว กข17 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	95
40	พันธุ์ข้าว กข19 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	95
41	พันธุ์ข้าว กข21 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF	95
42	พันธุ์ข้าว กข23 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	95
43	พันธุ์ข้าว กข27 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	96
44	พันธุ์ข้าวปทุมธานี1 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	96
45	พันธุ์ข้าวปทุมธานี60 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF	96
46	พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับCF	96
47	พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี2 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF	97
48	พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี60 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF	97
49	พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี90 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	97
50	พันธุ์ข้าวพิษณุโลก2 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF	97
51	พันธุ์ข้าวสุรินทร์1 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF	98
52	พันธุ์ข้าวแก้วรวง88 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	98
53	พันธุ์ข้าวหอมสุพรรณบุรี ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF	98
54	พันธุ์ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง1 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	98
55	พันธุ์ข้าวหอมดอกมะลิ105 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	99
56	พันธุ์ข้าวขาวตาแห้ง17 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	99
57	พันธุ์ข้าวขาวปากหม้อ148 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF.....	99

บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
58 พันธุ์ข้าวเหลืองประทิว123 ทดลองในไอโซน 70 ppb เทียบกับ CF	99
59 พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1 และพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี90 ใน chamber ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb และ70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF	101
60 พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1(a) และพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี90 (b) อายุ 60 วัน ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb, 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF.....	101
61 พันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1 (a) และพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี90 (b) อายุ 90 วัน ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb, 70 ppb เทียบกับกลุ่ม CF	102
62 อาการบาดเจ็บที่มองเห็นได้ (visible injury) ในพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1 อายุ 60 วัน ที่ได้รับไอโซนความเข้มข้น 40 ppb (a) 70 ppb (b) และ CF (c).....	102
63 อาการแก่ก่อนวัยของพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี1 ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb, 70 ppb 70 ppb และใบแก่ที่ charcoal-filtered ; CF (ไอโซนน้อยกว่า 10 ppb).....	103
64 อาการแก่ก่อนวัยของพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี90 ที่ความเข้มข้นของไอโซน 40 ppb, 70 ppb และใบแก่ charcoal-filtered ; CF (ไอโซนน้อยกว่า 10 ppb).....	103