

อิทธิพลของไซโตไคนมคลอไรด์ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน
ในข้าว *Oryza sativa* L.

นายสุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

หลักสูตรวิทยาศาสตรชีวภาพ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-556-6

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SODIUM CHLORIDE ON PHOTOSYNTHETIC RATE,
AND POLYAMINE CONTENTS IN RICE *Oryza sativa* L.

Mr. Suwat Terapongtanakorn

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Biological Science

Faculty of Science

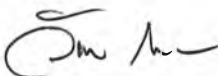
Chulalongkorn University

Academic year 1999

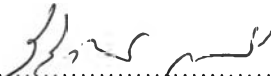
ISBN 974-334-556-6


หัวข้อวิทยานิพนธ์ อิทธิพลของโซเดียมคลอไรด์ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและปริมาณ
พอลิเอมีนในข้าว *Oryza sativa* L.
โดย นายสุวิวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร
หลักสูตร วิทยาศาสตร์ชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ อาจารย์ ดร. ปิยะศักดิ์ ชุ่มพฤษ์

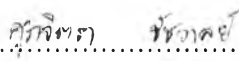
คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต

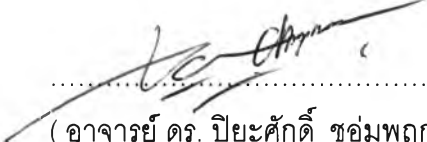
.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

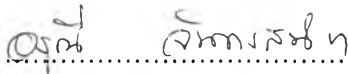
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. สิริวิวัฒน์ วงษ์ศิริ)

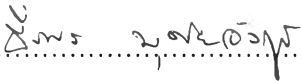
.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. ปิยะศักดิ์ ชุ่มพฤษ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรุณี จันทรสนิท)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา ชัยศิริ)

.....กรรมการ
(ดร. ธีรพร บุศยอังกูร)

นายสุวัฒน์ วีระพงษ์ธนากร : อิทธิพลของโซเดียมคลอไรด์ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน ในข้าว *Oryza sativa* L. (EFFECTS OF SODIUM CHLORIDE ON PHOTOSYNTHETIC RATE AND POLYAMINE CONTENTS IN RICE *Oryza sativa* L.) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ อาจารย์ ดร. ปิยะศักดิ์ ช่อมพฤษภ์, 141 หน้า, ISBN 974-334-556-6

การวิจัยนี้ศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต และปริมาณพอลิเอมีน ในใบข้าว หลังจากได้รับโซเดียมคลอไรด์ระดับความเข้มข้นต่างๆทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยศึกษาในข้าว4พันธุ์คือพอคคาลี (พันธุ์ทนเค็ม) PTT85180และกข6 (พันธุ์ทนเค็มปานกลาง) ไออาร์28 (พันธุ์ไม่ทนเค็ม) จากการทดลองพบว่าข้าวพันธุ์พอคคาลี และ PTT 85180 มีลักษณะทางสรีรวิทยา (A, Gs, E, CE และ QY) สูงกว่า กข6 และ ไออาร์28 หลังจากได้รับโซเดียมคลอไรด์ทั้งระยะสั้นและระยะยาว นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวทุกพันธุ์มีลักษณะการเจริญเติบโต (RGR, พื้นที่ใบ, น้ำหนักแห้งต้น และ ราก) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากได้รับเกลือ 7-21 วัน ซึ่งจุดวิกฤตที่ต้นข้าวแสดงออกพบที่ระดับเกลือ 50 มิลลิโมล อย่างไรก็ตามข้าวพันธุ์พอคคาลีมีประสิทธิภาพในการตรึง CO₂ เพื่อการเจริญเติบโตสูงสุด ขณะที่พันธุ์PTT85180 กข6 และ ไออาร์28 มีการเจริญเติบโตปานกลาง และต่ำที่สุดตามลำดับ สำหรับการสะสมพอลิเอมีนในใบข้าวพบว่า พันธุ์พอคคาลี PTT85180 และ กข6 มีการสะสม Spd และ Spm สูงกว่า พันธุ์ไออาร์28 หลังจากได้รับเกลือ 14-21 วัน ขณะที่ พันธุ์ไออาร์28 มีอัตราส่วน Pu/Spd+Spm สูงกว่าข้าวทุกพันธุ์ หลังจากได้รับเกลือ 14 วัน ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสรีรวิทยา (A, Gs, E, CE, และ QY) และ ลักษณะการเจริญเติบโต (RGR, พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต้น และ ราก) มีค่าลดลงเมื่อต้นข้าวได้รับความเครียดจากเกลือ ขณะเดียวกันการเพิ่มระดับเกลือทำให้ปริมาณ พอลิเอมีน, WUE และ SLW ในข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นอีกด้วย จากการทดลองสรุปว่า การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยา และการเจริญเติบโต และปริมาณพอลิเอมีนที่สะสมในใบข้าวมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการทนเค็มของข้าวแต่ละพันธุ์

หลักสูตร วิทยาศาสตร์ชีวภาพลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ชีวภาพลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2542ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

C825030 : MAJOR BIOLOGICAL SCIENCE

KEY WORD: SALINITY STRESS, PHYSIOLOGICAL CHARACTERS, GROWTH PARAMETERS

SUWAT TERAPONGTANAKORN : EFFECTS OF SODIUM CHLORIDE ON PHOTOSYNTHETIC RATE AND POLYAMINE CONTENTS IN RICE *Oryza*

sativa L. THESIS ADVISOR : ASSOC PROF. PREEDA BOON-LONG, Ph.D.

THESIS CO-ADVISOR : SUPACHITRA CHADCHAWAN, Ph.D., PIYASAK CHAUMPLUK, Ph.D. 141 P. ISBN 974-334-556-6

The experiment was conducted to investigate some physiological characters, growth parameters and polyamine contents in leaves of rice plants during short-and long-term periods after sodium chloride treatments. Four rice cultivars Pokkali (salt-tolerant), PTT85180, RD6 (moderately-tolerant) and IR28 (salt-sensitive) were use in this study. Physiological characters (A, Gs, E, CE and QY) of rice plants were found to be higher in Pokkali, PTT85180 than RD6 and IR28 during short and long-term periods after sodium chloride treatments. The growth parameters (RGR, leaf area, shoot and root dry weight) of all salinized cultivars were significantly decreased during 7-21 days of salinity levels. The critical concentration was found in 50 mMNaCl level. However, the carboxylation efficiency of rice growth was found to be the highest in Pokkali while PTT85180, RD6 and IR28 showed moderate and lowest levels respectively after salinity stress. Pokkali, PTT85180, and RD6 cultivars accumulated high levels of Spd and Spm resulting in enhanced level of total polyamine while IR28 cultivar accumulated lower levels of those than the other when exposed to salinity stress during 14-21 days. The ratio of Put/Spd+Spm was found to be higher in IR28 cultivar than Pokkali, PTT85180 and RD6 after 14 days of salinization. The interrelations between physiological characters (A, Gs, E, CE and QY) and growth parameters (RGR, leaf area, shoot and root dry weight) were negatively correlated to salinity stress. Contrastly, salinity levels were positively correlated with polyamine, WUE and SLW respectively. In summary, changes in physiological characters, growth parameters and polyamine contents in leaves were correlated with salt tolerance of rice in each cultivars.

หลักสูตร วิทยาศาสตร์ชีวภาพลายมือชื่อนิติ..... 

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ชีวภาพลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2542.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

กิตติกรรมประกาศ



ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา บุญ-หลง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์ อาจารย์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชุ่มพุกฤษ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่คอยดูแล ให้ คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี จันทรสนิท รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา ชัยศิริ อาจารย์ ดร.ธีรพร บุญยอังกฤษ ที่ได้กรุณาตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธานี ฮงประยูร ที่กรุณาให้ความรู้และความช่วยเหลือในการทำ ABA – antiserum

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร สิทธิประณีต รองศาสตราจารย์ ดร.ประคอง ตั้งประพุกฤทธิ์กุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรวงษ์ สุริยจันทราทอง อดีตคณบดีคณะเกษตรศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรพล บันสิทธิ์ คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรณวไล อธิวาสน์พงศ์ รองอธิการบดีฝ่ายวางแผน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจศิลป์ สุขศรี ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์กนิษฐา คุ่มวณิชย์ ที่ให้กำลังใจและคำแนะนำ ขอขอบคุณอาจารย์สุพจน์ แสงมณี อาจารย์ชูเกียรติ กอธกุล อาจารย์แก้ว อุดมศิริชาคร เพื่อนที่คอยให้กำลังใจ ขอขอบคุณ คุณอัญชลี ใจดี คุณรักชนก โคโต คุณพรทิพย์ เทิตบารมี คุณอัญชลี ร่มพา คุณรูปนา อัครเอกปัญญา คุณสหัส จันทนาอรพินท์ คุณชาลินี คงสวัสดิ์ คุณศิริพรรณ บรรหาร ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำสื่อและการพิมพ์วิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ หน่วยชั้นสูงตรโรคส์ตรี คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี และสถานีทดลองข้าวสกลนคร ที่ให้การสนับสนุนพันธุ์ข้าว

ขอขอบคุณ คุณกัลยา ธีระพงษ์ธนากร เพื่อนและคู่ชีวิตที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดา ที่คอยให้กำลังใจอุปการะสนับสนุน เสมอมาตลอดจนคณาจารย์ผู้สอนทุกท่าน ซึ่งทำให้ผู้เขียนก้าวมาถึงความสำเร็จในครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ.....	ฒ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. การตรวจเอกสาร.....	4
3. อุปกรณ์และวิธีการศึกษา.....	13
4. ผลการศึกษา.....	25
5. อภิปรายผลการศึกษา.....	124
6. สรุปผลการศึกษา.....	133
รายการอ้างอิง.....	135
ประวัติผู้เขียน.....	141

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	ค่ามาตรฐาน ของ Putrescine, Spermidine และ Spermine.....	22
2.	ค่า Recovery (%) ของ Putrescine, Spermidine และ Spermine ใน crude extract.....	22
3.	ค่า Interassay precision ของ Putrescine, Spermidine และ Spermine ใน crude extract.....	23
4.	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเดียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	24
5.	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$), การนำที่ปากใบ ($\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) และอัตราการคายน้ำ ($\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง.....	26
6.	การนำที่ปากใบ ($\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเดียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	27
7.	อัตราการคายน้ำ ($\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเดียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	28
8.	ประสิทธิภาพการตรึง CO_2 (%CE) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเดียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	29
9.	การใช้แสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง (%QY) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับ ไซเดียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	33
10.	การใช้แสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง (%QY) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับ ไซเดียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	34
11.	ประสิทธิภาพการตรึง CO_2 (%CE) และ การใช้แสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง(%QY) ของข้าว 4 พันธุ์ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง.....	35
12.	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเดียมคลอไรด์ 1 – 21 วัน.....	37
13.	การนำที่ปากใบ ($\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเดียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	38
14.	อัตราการคายน้ำ ($\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเดียมคลอไรด์ 1-21 วัน....	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15.	การสังเคราะห์ด้วยแสง($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$), การนำที่ปากใบ ($\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) และอัตราการคายน้ำ ($\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เฉลี่ย 21 วัน.....	42
16.	ประสิทธิภาพการตรึง CO_2 (%CE) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับ ไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	43
17.	การใช้แสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง (%QY) ของข้าว 4 พันธุ์เมื่อได้รับ ไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	44
18.	ประสิทธิภาพการตรึง CO_2 (%CE) และ การใช้แสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง (%QY) ของข้าว 4 พันธุ์ เฉลี่ย 21 วัน.....	45
19.	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ เฉลี่ย 21 วัน.....	48
20.	การนำที่ปากใบ($\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ เฉลี่ย 21 วัน...	49
21.	ความสัมพันธ์ระหว่างไซเตียมคลอไรด์กับลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าว เมื่อได้รับ ไซเตียมคลอไรด์ ที่ 0 – 24 ชั่วโมง.....	52
22.	พื้นที่ใบ (cm^2) ต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1 – 21 วัน.....	55
23.	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ ($\text{gg}^{-1}\text{d}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	56
24.	พื้นที่ใบ (LA, cm^2) และอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR, $\text{gg}^{-1}\text{d}^{-1}$)ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ เฉลี่ย 21 วัน.....	58
25.	น้ำหนักแห้งใบ (mg) ต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	60
26.	น้ำหนักแห้งกาบใบ (mg) ต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน....	61
27.	น้ำหนักแห้งส่วนต้น (mg) ต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน....	62
28.	น้ำหนักแห้งราก (mg) ต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	63
29.	อัตราส่วนรากต่อดัน ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	66
30.	น้ำหนักแห้งต้น (Shoot DW, mg) น้ำหนักแห้งราก (Root DW, mg) และน้ำหนักแห้ง รากต่อดัน (Root : Shoot ratio) ของข้าว 4 พันธุ์ เฉลี่ย 21 วัน.....	67
31.	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (mgg^{-1}) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน....	69
32.	ความหนาใบ (mgcm^{-2}) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
33. พื้นที่ใบสัมพัทธ์ (%) การเจริญเติบโตของใบ ($\text{cm}^2\text{day}^{-1}$) จำนวนใบและใบตาย จำนวนหน่อต่อต้นของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	73
34. ปริมาณน้ำในใบ (%) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	74
35. ปริมาณน้ำในใบ (LWC, %) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE, mgg^{-1}) และ ความหนาใบ (SLW, mg cm^{-2}) ของข้าว 4 พันธุ์ เฉลี่ย 21 วัน.....	75
36. ความสัมพันธ์ระหว่างไซเตียมคลอไรด์กับลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าว เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	77
37. ปริมาณ Putrescine ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0 – 24 ชั่วโมง.....	81
38. ปริมาณ Spermidine ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	82
39. ปริมาณ Spermine ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	83
40. ปริมาณ Putrescine, Spermidine และ Spermine ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง.....	84
41. ปริมาณพอลิเอมีนทั้งหมด ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0 – 24 ชั่วโมง.....	87
42. อัตราส่วน Put/(Spd+Spm) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0 – 24 ชั่วโมง.....	88
43. ปริมาณพอลิเอมีนทั้งหมด(Total PA, $\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) และอัตราส่วน Put/(Spd+Spm) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง.....	89
44. ความสัมพันธ์ระหว่างไซเตียมคลอไรด์กับปริมาณพอลิเอมีนในใบข้าว ที่ 0 – 24 ชั่วโมง..	91
45. ปริมาณ Putrescine ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 21 วัน	93
46. ปริมาณ Spermidine ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1 – 21 วัน.....	94
47. ปริมาณ Spermine ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1 – 21 วัน.....	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
48.	ปริมาณ Putrescine, Spermidine และ Spermine (nmol g ⁻¹ FW) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เฉลี่ย 21 วัน.....	96
49.	ปริมาณพอลิเอมีนทั้งหมด (nmol g ⁻¹ FW) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1 – 21 วัน.....	99
50.	อัตราส่วน Put/(Spd+Spm) ในใบข้าว 4 พันธุ์เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1 – 21 วัน.....	100
51	ปริมาณพอลิเอมีนทั้งหมด(Total PA, nmol g ⁻¹ FW) และอัตราส่วน Put/(Spd+Spm) เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ เฉลี่ย 21 วัน.....	101
52	ปริมาณ Putrescine , Spermidine , Spermine และ พอลิเอมีนทั้งหมด (nmol ⁻¹ FW) ในใบข้าวพันธุ์พอคคาลี่ ที่21วัน.....	104
53	ปริมาณ Putrescine , Spermidine , Spermine และ พอลิเอมีนทั้งหมด (nmol ⁻¹ FW) ในใบข้าวพันธุ์ PTT85180 ที่ 21วัน.....	105
54	ปริมาณ Putrescine , Spermidine , Spermine และ พอลิเอมีนทั้งหมด (nmol ⁻¹ FW) ในใบข้าวพันธุ์ กข6 ที่ 21 วัน.....	106
55	ปริมาณ Putrescine , Spermidine , Spermine และ พอลิเอมีนทั้งหมด (nmol ⁻¹ FW) ในใบข้าวพันธุ์ IR28 ที่ 21 วัน	107
56	อัตราส่วน Put/(Spd+Spm) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 21 วัน.....	108
57	ความสัมพันธ์ระหว่างไซเตียมคลอไรด์กับปริมาณพอลิเอมีนในใบข้าว เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	110
58	สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างไซเตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน ในใบข้าว ที่ 0 ชั่วโมง.....	112
59	สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างไซเตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน ในใบข้าว ที่ 2 ชั่วโมง.....	113
60	สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างไซเตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน ในใบข้าว ที่ 4 ชั่วโมง.....	114
61	สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างไซเตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน ในใบข้าว ที่ 6 ชั่วโมง.....	115

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
62	สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างไซโตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน ในใบข้าว ที่ 24 ชั่วโมง.....	116
63	สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างไซโตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน ในใบข้าว ที่ 7 วัน.....	117
64	สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างไซโตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน ในใบข้าว ที่ 14 วัน.....	118
65	สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างไซโตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีน ในใบข้าว ที่ 21 วัน.....	119
66	สมการ multiple regression และ correlation coefficients of R^2 ระหว่างไซโตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีนในข้าว 4 พันธุ์ ที่ 0 – 24 ชั่วโมง.....	120
67	สมการ multiple regression และ correlation coefficients of R^2 ระหว่างไซโตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณพอลิเอมีนในข้าว 4 พันธุ์ ที่ 1-21 วัน.....	121
68	ความสัมพันธ์ระหว่างไซโตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และ ปริมาณพอลิเอมีนในข้าว 4 พันธุ์ ที่ 0 – 24 ชั่วโมง.....	122
69	ความสัมพันธ์ระหว่างไซโตียมคลอไรด์, อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และ ปริมาณพอลิเอมีนในข้าว 4 พันธุ์ ที่ 1 – 21 วัน.....	123

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การสังเคราะห์พอลิเอมีนในพืช.....	9
2	ค่ามาตรฐานของพอลิเอมีน.....	21
3	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	30
4	การนำที่ปากใบ ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	30
5	อัตราการคายน้ำ ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	30
6	ประสิทธิภาพการตรึง CO_2 (%CE) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	36
7	การใช้แสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง (%QY) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	36
8	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	40
9	การนำที่ปากใบ ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	40
10	อัตราการคายน้ำ ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	40
11	ประสิทธิภาพการตรึง CO_2 (%CE) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	46
12	การใช้แสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง (%QY) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	46
13	พื้นที่ใบ (cm^2) ต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	57
14	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ ($\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	57
15	น้ำหนักแห้งใบ (mg) ต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
16	น้ำหนักแห้งกาบใบ (mg) ต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	64
17	น้ำหนักแห้งราก (mg) ต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	64
18	อัตราส่วนรากต่อดันของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	70
19	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (mg g^{-1}) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	70
20	ความหนาใบ (mg cm^{-2}) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน...	70
21	พื้นที่ใบสัมพัทธ์ (%) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 7-21 วัน.....	71
22	การเจริญเติบโตของใบ ($\text{cm}^2 \text{plant}^{-1}$) ของข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 7-21 วัน.....	71
23	ปริมาณ Putrescine ($\text{nmol g}^{-1} \text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	85
24	ปริมาณ Spermidine ($\text{nmol g}^{-1} \text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	85
25	ปริมาณ Spermine ($\text{nmol g}^{-1} \text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	85
26	ปริมาณพอลิเอมีนทั้งหมด ($\text{nmol g}^{-1} \text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	90
27	อัตราส่วน Put/(Spd + Spm) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 0-24 ชั่วโมง.....	90
28	ปริมาณ Putrescine ($\text{nmol g}^{-1} \text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	97
29	ปริมาณ Spermidine ($\text{nmol g}^{-1} \text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
30	ปริมาณ Spermine ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	97
31	ปริมาณพอลิเอมีนทั้งหมด ($\text{nmol g}^{-1}\text{FW}$) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	102
32	อัตราส่วน Put/(Spd + Spm) ในใบข้าว 4 พันธุ์ เมื่อได้รับไซเตียมคลอไรด์ 1-21 วัน.....	102

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

- A = photosynthetic rate
ABA = Abscisic acid
ACC = 1- aminocyclopropane-1-carboxylic acid
ADC = Arginine decarboxylase
°C = degree celcius
CE = Carboxylation efficiency of photosynthesis
CEC = Cation exchange capacity
Ci = CO₂ in substomata
CO₂ = carbondioxide
CRD = Completely randomized design
CV = coefficient variation
cm² = square centrimetre
d = day
DAE = Days after emergence
DAT = Days after treatment
DFMA = difluoromethylarginine
DFMO = difluoromethylornithine
DNA = Deoxyribonucleic acid
DW = dry weight
E = Transpiration rate
EC = electrical conductivity
FW = fresh weight
g = gram
GC = Gas chromatography
GC-MS = Gas chromatography-mass spectrometry
g g⁻¹ d⁻¹ = gram per gram per day
Gs = Stomatal conductance
h = hour
IRRI = International Rice Research Institute

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ(ต่อ)

μl = microlitre

LA = leaf area

LSD = Least significant difference

M = molar

μM = micromolar

pM = picomolar

mg = milligram

mg/cm^2 = milligram per square centrimetre

mg/ml = milligram per millilitre

mg g^{-1} = milligram per gram

min = minute

ml = millilitre

mM = millimolar

mmhos/cm = millimho per centrimetre

$\text{mol. m}^{-2} \text{s}^{-1}$ = molar per square metre per second

$\text{mmol. m}^{-2} \text{s}^{-1}$ = millimolar per square metre per second

$\mu\text{mol. m}^{-2} \text{s}^{-1}$ = micromolar per square metre per second

nm = nanometer

nmol = nanomolar

$\text{nmol g}^{-1} \text{FW}$ = nanomolar per gram fresh weight

NS = non-significant

ODC = Ornithine decarboxylase

PAR = Photosynthetically active radiation

PAb = Polyclonal antibody

ppm = part per million

Put = Putrescine

Q_{leaf} = PAR at leaf surface

QY = Quantum yield of photosynthesis

R^2 = correlation value

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ(ต่อ)

Rf = Relative front

RGR = Relative growth rate

RH = Relative humidity

RNA = Ribonucleic acid

SAMDC = S-adenosylmethionine decarboxylase

sec, s = second

SLW = Specific leaf weight

Spd = Spermidine

Spm = Spermine

temp = temperature

TLC = Thin layer chromatography

Tleaf = leaf temperature

Total PA = Total polyamine

UV = ultraviolet

v/v = volume by volume

vpm = volume per million

WUE = Water use efficiency