

ผลของกรดแอมไซีซิกจากภายนอกที่มีต่อการเติบโต การสะสมโพสดีน และการแสดงออกของยีน

Δ^1 -pyrroline - 5 - carboxylate synthetase ในข้าว *Oryza sativa* L.

เมื่ออยู่ในภาวะแล้งและภาวะเค็ม



นายพงศธร กล่อมสกุล

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 947-17-6518-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF EXOGENOUS ABSCISIC ACID ON GROWTH, PROLINE ACCUMULATION AND
 Δ^1 -PYRROLINE - 5 - CARBOXYLATE SYNTHETASE GENE EXPRESSION DURING
DROUGHT-AND SALT-STRESS CONDITIONS IN RICE *Oryza sativa* L.



Mr. Pongsathorn Klomsakul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Botany

Department of Botany

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6518-5

พงศธร กล่อมสกุล : ผลของกรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการเติบโต การสะสมโพรลีน และการแสดงออกของยีน Δ^1 -pyrroline - 5 - carboxylate synthetase ในข้าว *Oryza sativa* L. เมื่ออยู่ในภาวะแล้งและภาวะเค็ม (EFFECTS OF EXOGENOUS ABSCISIC ACID ON GROWTH, PROLINE ACCUMULATION AND Δ^1 -PYRROLINE-5-CARBOXYLATE SYNTHETASE GENE EXPRESSION DURING DROUGHT-AND SALT-STRESS CONDITIONS IN RICE *Oryza sativa* L.) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ , อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. ปรีดา บุญ-หลง, 175 หน้า. ISBN 974-17-6518-5

การศึกษาค้นคว้าผลของการให้กรดแอบไซซิก(ABA) จากภายนอกที่มีต่อการเติบโต การสะสมโพรลีน และการแสดงออกของยีน Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) ในข้าวสองพันธุ์/สายพันธุ์ คือ ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 (LPT123) เปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 สายพันธุ์ทนเค็ม (LPT123-TC171) ภายใต้ภาวะแล้งและภาวะเค็ม พบว่าภาวะเค็มมีผลในการยับยั้งการเติบโตของข้าว LPT123 มากกว่าข้าว LPT123-TC171 โดยที่ข้าว LPT123 มีการลดลงของน้ำหนัสดต้นอย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งยังมีอัตราในการสะสมน้ำหนักรากของต้นและรากลดลงด้วย ในขณะที่ข้าว LPT123-TC171 ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเดียวกันสามารถรักษาน้ำหนัสดต้นเอาไว้ได้ และยังตรวจพบการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรากของต้นและรากด้วย การเติบโตของข้าว LPT 123 ได้รับผลกระทบจากภาวะแล้งมากกว่าข้าว LPT123-TC171 และยังพบว่าข้าว LPT123-TC171 มีอัตราการรอดตายมากกว่า LPT123 ทั้งในภาวะแล้งและภาวะเค็ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายีนที่ต้านทานต่อภาวะแล้งและยีนที่ต้านทานต่อภาวะเค็มของข้าว LPT123-TC171 มีความซับซ้อนทับกันอยู่ การให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกโดยการฉีดพ่นทางใบแก่ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ ส่งผลให้ต้นกล้าข้าวมีความสามารถในการปรับตัวให้มีความทนทานต่อทั้งภาวะแล้งและภาวะเค็มได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการทนของต้นกล้าข้าวที่เพิ่มขึ้นก็ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดแอบไซซิกที่ได้รับด้วย ในทางตรงกันข้ามหากฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติ กลับส่งผลในการชะลอการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว

ภาวะเค็มส่งผลให้มีการสะสมโพรลีนและชักนำให้มีการแสดงออกของยีน P5CS ได้มากกว่าภาวะแล้ง และการตอบสนองต่อภาวะเครียดดังกล่าวของข้าว LPT123-TC171 จะเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าข้าว LPT123 การฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ต้นกล้าข้าวซึ่งอยู่ภายใต้ภาวะเครียดจะส่งผลให้มีการสะสมโพรลีนได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและมีการแสดงออกของยีน P5CS ได้มากขึ้น ซึ่งผลจากการทดลองดังกล่าวนำไปสู่สมมติฐานที่ว่า การชักนำให้มีการแสดงออกของยีน P5CS ร่วมกับการสะสมโพรลีนที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถถูกชักนำได้ด้วยการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกนั้น อาจมีส่วนช่วยให้ต้นกล้าข้าวมีความสามารถในการต้านทานต่อภาวะแล้งและภาวะเค็มได้ดียิ่งขึ้น

ภาควิชา.....พฤกษศาสตร์.....ลายมือชื่อ.....
สาขาวิชา.....พฤกษศาสตร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2547.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4572392423 : MAJOR BOTANY

KEY WORDS : RICE/ DROUGHT AND SALT STRESS/ ABA/ PROLINE/ P5CS GENE

PONGSATHORN KLOMSAKUL : EFFECTS OF EXOGENOUS ABSCISIC ACID ON GROWTH, PROLINE ACCUMULATION AND Δ^1 -PYRROLINE-5-CARBOXYLATE SYNTHETASE GENE EXPRESSION DURING DROUGHT-AND SALT-STRESS CONDITIONS IN RICE *Oryza sativa* L. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUPACHITRA CHACCHAWAN, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. PREEDA BOON-LONG, Ph.D. 175 pp. ISBN 974-17-6518-5

The effects of exogenous abscisic acid application on growth, proline accumulation and Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase (*P5CS*) gene expression were determined in two rice cultivar/line, which were Leung Pra Tew 123 (LPT123) and the salinity-tolerant line, Leung Pra Tew 123-TC171 (LPT123-TC171), under drought- and salt- stress conditions. It was found that salt stress inhibited growth of LPT123 more than LPT123-TC171. Shoot fresh weight of LPT123 was reduced significantly and the accumulation rates of shoot and root dry weight were decreased, while LPT123-TC171 grown in the same condition could maintain shoot fresh weight and the increase in shoot and root dry weight was detected. Growth of LPT123 was more affected by drought stress than LPT123-TC171. Under both salt- and drought-stress condition, the higher survival rate was detected in LPT123-TC171, when compared to the original rice cultivar, LPT123. These suggested the overlapping between salt- and drought-tolerant gene expression of LPT123-TC171. Spraying of abscisic acid to leaves of both rice lines resulted in improvement of tolerant ability to both salt- and drought-stress condition. However, the improvement of tolerant ability of rice seedling depended also on the concentration of abscisic acid. On the other hand, application of abscisic acid to rice seedlings, grown in normal condition, caused seedling growth retardation.

Salt-stress condition had more impact on proline accumulation and induction of *P5CS* gene expression than drought-stress condition in both rice cultivar/line. LPT123-TC171 responded to the stress conditions faster than LPT123. ABA application to the stressed rice seedlings resulted in early accumulation of proline and induction of *P5CS* gene expression. These lead to the hypothesis that induction of *P5CS* gene expression together with early proline accumulation resulted from exogenous ABA application are responsible for the increase in stress-tolerant ability in rice seedlings.

Department.....Botany.....Student's signature.....
Field of study.....Botany.....Advisor's signature.....
Academic year.....2005.....Co-Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ ตลอดการทำวิจัยและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์นันทนา อังกินันท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ กิตติคุณ มนทกานติ วัชรภักย์ และ อาจารย์ ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือต่างๆ ตลอดการทำวิจัย และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ กิตติคุณ ดร. ถาวร วัชรภักย์ และ ศาสตราจารย์ กิตติคุณ มนทกานติ วัชรภักย์ ที่กรุณาเอื้อเฟื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ และทุนสนับสนุนการทำวิจัยในระดับบัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) ที่ให้ทุนศึกษาต่อในระดับปริญญาโท

ขอขอบคุณ คุณฐปนา บางยี่ขัน คุณสหัส จันทนาอรพินท์ อาจารย์ อัญชลี ใจดี สำหรับความช่วยเหลือในการทำวิจัย คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ กำลังใจและความห่วงใย

ขอขอบคุณ คุณปารวี ธิกาศ คุณณภัศศรณ ปัญญาสุข คุณศักดิ์ชัย กรรมมารางกูร คุณธัญญารัตน์ คงขุนเทียน คุณชัชวาล วงศ์ชัย คุณสมพร มณีประสพสุข และทุกท่านในภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนในทุกๆ ด้านเป็นอย่างดีตลอดมา จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ด
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. การตรวจเอกสาร.....	5
ภาวะแล้งและภาวะเค็มกับการเจริญเติบโตของพืช.....	5
กลไกการตอบสนองของพืชเมื่อได้รับภาวะแล้งและภาวะเค็ม.....	7
ภาวะแล้งและภาวะเค็มกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอบไซซิกในพืช.....	8
กรดแอบไซซิกกับการชักนำการปรับตัวต่อภาวะแล้งและภาวะเค็ม.....	11
การสะสมโพรลีนของพืชเพื่อตอบสนองต่อภาวะแล้งและภาวะเค็ม.....	13
อิทธิพลของภาวะแล้ง ภาวะเค็ม และกรดแอบไซซิก ต่อการแสดงออก ของยีน $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) การสะสม โพรลีนและการปรับตัวของพืช.....	17
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	20
พืชทดลอง.....	20
สถานที่ปลูกพืชทดลอง.....	20
ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง.....	20
อุปกรณ์การศึกษา.....	20
สารเคมี.....	24
วิธีการทดลอง.....	26

สารบัญ (ต่อ)

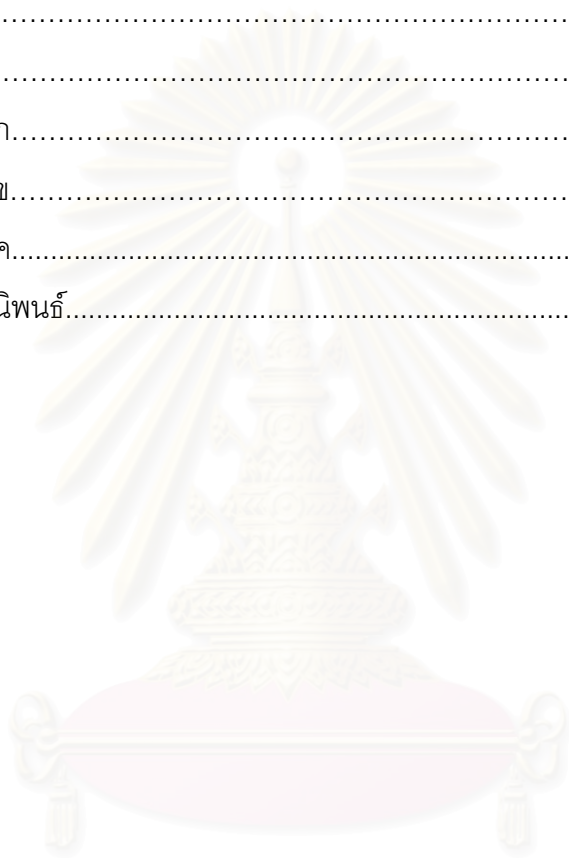
หน้า

4. ผลการทดลอง.....	31
1. การศึกษาผลของการให้กรดแอมไโซซิกจากภายนอกที่มีต่อความ สามารถในการต้านทานต่อความแล้งและความเค็มของข้าว.....	31
1.1 ผลของกรดแอมไโซซิกที่มีต่อการเติบโตของข้าว LPT123 ภายใต้ภาวะเค็ม.....	31
1.2 ผลของกรดแอมไโซซิกที่มีต่อการเติบโตของข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะเค็ม.....	46
1.3 ผลของกรดแอมไโซซิกที่มีต่อการเติบโตของข้าว LPT123 ภายใต้ภาวะแล้ง.....	61
1.4 ผลของกรดแอมไโซซิกที่มีต่อการเติบโตของข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะแล้ง.....	76
2. การศึกษาผลของการให้กรดแอมไโซซิกจากภายนอกที่ความเข้มข้น ของกรดแอมไโซซิกที่เหมาะสมซึ่งสามารถชักนำให้ข้าวเกิดความ ต้านทานต่อภาวะขาดน้ำ (ภาวะแล้งและภาวะเค็ม) เมื่อข้าวอยู่ ภายใต้ภาวะปกติ.....	91
3. การศึกษาผลของภาวะแล้ง ภาวะเค็ม และการให้กรดแอมไโซซิก จากภายนอกที่มีต่อการสะสมโปรตีนในใบข้าว.....	102
4. การศึกษาผลของกรดแอมไโซซิกจากภายนอกที่มีต่อการแสดงออก ของยีน P5CS เมื่อข้าวอยู่ภายใต้ภาวะแล้งและภาวะเค็ม.....	116
5. อภิปรายผลการทดลอง.....	123
1. การศึกษาผลของการให้กรดแอมไโซซิกจากภายนอกที่มีต่อความ สามารถในการต้านทานต่อความแล้งและความเค็มของข้าว.....	123
2. การศึกษาผลของการให้กรดแอมไโซซิกจากภายนอกที่ความเข้มข้น ของกรดแอมไโซซิกที่เหมาะสมซึ่งสามารถชักนำให้ข้าวเกิดความ ต้านทานต่อภาวะขาดน้ำ (ภาวะแล้งและภาวะเค็ม) เมื่อข้าวอยู่ ภายใต้ภาวะปกติ.....	128
3. การศึกษาผลของภาวะแล้ง ภาวะเค็ม และการให้กรดแอมไโซซิก จากภายนอกที่มีต่อการสะสมโปรตีนในใบข้าว.....	129

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. การศึกษาผลของกรดแอมไโซซิกจากภายนอกที่มีต่อการแสดงออก ของยีน P5CS เมื่อข้าวอยู่ภายใต้ภาวะแล้งและภาวะเค็ม.....	131
6. สรุปผลการทดลอง.....	135
รายการอ้างอิง.....	138
ภาคผนวก.....	155
ภาคผนวก ก.....	156
ภาคผนวก ข.....	160
ภาคผนวก ค.....	166
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	175



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	35
2	ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	36
3	น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	38
4	น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	39
5	น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	41
6	น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	42

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7	อัตราการรอดตายของข้าว LPT123 ภายหลังจากปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับ กรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) 44
8	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)..... 50
9	ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกใน สารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจาก การเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)..... 51
10	น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสาร ละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับ กรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)..... 53
11	น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสาร ละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับ กรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)..... 54
12	น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสาร ละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับ กรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)..... 56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
13	น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอสซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	57
14	อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 ภายหลังจากปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอสซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)	59
15	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอสซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	65
16	ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอสซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	66
17	น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอสซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	68
18	น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอสซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
19	71
<p>น้ำหนักสตรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	
20	72
<p>น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	
21	74
<p>อัตราการรอดตายของข้าว LPT123 ภายหลังจากปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	
22	80
<p>ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจาก การเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	
23	81
<p>ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกใน สารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	
24	83
<p>น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกใน สารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอสไซติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
25	<p>น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจาก การเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	84
26	<p>น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจาก การเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	86
27	<p>น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจาก การเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	87
28	<p>อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 ภายหลังจากปลูกใน สารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะ ปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	89
29	<p>ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และ ข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	93
30	<p>ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	94
31	<p>น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
32	<p>น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	97
33	<p>น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	99
34	<p>น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	100
35	<p>ปริมาณโพรงลินินเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....</p>	104
36	<p>ปริมาณโพรงลินินเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....</p>	105
37	<p>ปริมาณโพรงลินินเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็ม ที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....</p>	107
38	<p>ปริมาณโพรงลินินเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะแล้ง ที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....</p>	108
39	<p>ปริมาณโพรงลินินเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะแล้ง ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....</p>	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
40	ปริมาณโพรลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะแล้ง ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง..... 111
41	ปริมาณโพรลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง..... 113
42	ปริมาณโพรลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง..... 114

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า	
1	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	37
2	ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	37
3	น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	40
4	น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	40
5	น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	43
6	น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	43

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
7	อัตราการรอดตายของข้าว LPT123 ภายหลังจากปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)	45
8	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	52
9	ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	52
10	น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	55
11	น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	55
12	น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	58

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
13	<p>น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	58
14	<p>อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 ภายหลังจากปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไฮเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)</p>	60
15	<p>ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	67
16	<p>ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	67
17	<p>น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	70
18	<p>น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	70

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
19	<p>น้ำหนักสตรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่5).....</p>	73
20	<p>น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	73
21	<p>อัตราการรอดตายของข้าว LPT123 ภายหลังจากปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	75
22	<p>ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจาก การเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	82
23	<p>ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกใน สารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	82
24	<p>น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกใน สารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับ กรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญ ในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....</p>	85

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
25	น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจาก การเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	85
26	น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจาก การเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	88
27	น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจาก การเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	88
28	อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 ภายหลังจากปลูกใน สารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะ ปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	90
29	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และ ข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	95
30	ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	95
31	น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	98

สารบัญรูปร่าง (ต่อ)

รูปที่		หน้า
32	น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	98
33	น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	101
34	น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	101
35	ปริมาณโพสเฟอรัสในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....	106
36	ปริมาณโพสเฟอรัสในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....	106
37	ปริมาณโพสเฟอรัสในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....	109
38	ปริมาณโพสเฟอรัสในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....	109
39	ปริมาณโพสเฟอรัสในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะแล้ง ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....	112

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
40	ปริมาณโพรลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะแล้ง ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....	112
41	ปริมาณโพรลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....	115
43	ปริมาณโพรลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง.....	115
43	รูปแบบการแสดงออกของยีน P5CS ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 3 วัน.....	118
44	รูปแบบการแสดงออกของยีน P5CS ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 6 วัน.....	119
45	รูปแบบการแสดงออกของยีน P5CS ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 9 วัน.....	120
46	รูปแบบการแสดงออกของยีน P5CS ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 วัน.....	121
47	รูปแบบการแสดงออกของยีน P5CS ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 18 วัน.....	122
48	ลักษณะของต้นกล้าข้าวซึ่งแสดงให้เห็นถึงเกณฑ์ในการวัดความยาวของส่วนกาบใบที่มีสีเขียว และความยาวราก.....	167
49	การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับการรดแบบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	168

สารบัญรูปร่าง (ต่อ)

รูปที่		หน้า
50	การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	169
51	การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 ความเข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	170
52	การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 ความเข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	171
53	การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	172
54	การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5).....	173
55	ลักษณะของอาการความเสียหายที่ต้นกล้าข้าวอินเป็นผลเนื่องมาจากภาวะแล้งและภาวะเค็ม.....	174
56	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรากของต้นกล้าข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 หลังจากที่ได้รับเจริญอยู่ภายใต้ภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 1 สัปดาห์.....	174

บทที่ 1

บทนำ

ภาวะแล้งและภาวะเค็มจัดเป็นภาวะเครียดเนื่องมาจากการขาดน้ำของพืชโดยส่งผลกระทบต่อพืชทั้งในระดับเซลล์ กระบวนการต่างๆ ภายในต้นพืช การเจริญเติบโต รวมถึงปริมาณของผลผลิต (Bray, 1993) โดยพืชจะมีกลไกในการปรับตัวต่อภาวะดังกล่าวเช่น การสร้างสาร antioxidant เพื่อกำจัด reactive oxygen species ตัวอย่างเช่น superoxide ion (O_2^-) hydroxyl radical (OH) hydroxyl ion (OH^-) hydrogen peroxide (H_2O_2) และ hypochlorite ion (OCl^-) เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสารภายในเซลล์กับรังสีที่ได้รับจากภายนอก นอกจากนี้ยังเป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการหายใจของเซลล์ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และกระบวนการถ่ายเทอิเล็กตรอน เป็นต้น ซึ่งพบว่าภายใต้ภาวะเครียดพืชจะมีการสร้าง reactive oxygen species เพิ่มมากขึ้น และการที่สารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการเป็นตัว oxidants อย่างรุนแรง จึงส่งผลให้ reactive oxygen species สามารถที่จะทำลายโมเลกุลของสารต่างๆ รวมทั้งโครงสร้างของเซลล์พืชได้ (Yong และ Jung, 1990) นอกจากนี้เมื่อพืชได้รับภาวะแล้งและภาวะเค็มพืชยังมีกลไกการลดพื้นที่ใบและการปิดปากใบ (Taiz และ Zeiger, 1998) และการสะสมสาร osmolytes ต่างๆ (Cushman และ Bohnert, 2000) เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความสามารถในการทนต่อความเครียดทั้งความแล้งและความเค็มในหลายวิธีด้วยกัน เช่น conventional breeding ซึ่งเป็นวิธีการที่มีมานานแล้ว (Poehlman และ Sleper, 1995; Gregorio และคณะ, 2002) หรือแม้กระทั่งการสร้างพืช transgenic (Herschbach และ Kopriva, 2002; Quesada และคณะ, 2002) เพื่อให้ได้พืชพันธุ์ใหม่ที่มีความสามารถในการต้านทานต่อภาวะเครียดดังกล่าวได้

การตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำของพืชหลายประการเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของฮอร์โมนพืช (Jackson, 1997) ซึ่งอาจส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาหรืออาจมีผลในการควบคุมการแสดงออกของยีนด้วย มีรายงานว่ากลไกในการตอบสนองของพืชต่อภาวะแล้งจะคล้ายกับการตอบสนองของพืชต่อภาวะเค็ม (Smirnoff, 1998) จึงคาดว่ากลไกในการที่พืชสามารถทนต่อภาวะแล้งและภาวะเค็มอาจมีความคล้ายคลึงหรือเกี่ยวข้องกัน โดยในพืชหลายชนิดมีรายงานว่า ยีนที่ถูกชักนำให้มีการแสดงออกในภาวะแล้งสามารถถูกชักนำให้เกิดการแสดงออกในภาวะเค็มได้ด้วย เช่น ข้าว (Mundy และ Chua, 1988) ถั่วฝักยาว (Iuchi และคณะ, 1996) มะเขือเทศ (Chen และ Tabaeizadeh, 1992) *Craterostigma plantagineum* (Piatkowski และคณะ, 1990) และ *Arabidopsis thaliana* (Yamaguchi-Shinozaki และคณะ, 1995) เป็นต้น อีกกลไกหนึ่งในการ

ตอบสนองต่อภาวะแล้งและภาวะเค็มที่คล้ายคลึงกัน คือ การเพิ่มขึ้นของกรดแอบไซซิก (Abscisic acid; ABA) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งที่จัดว่าเป็น stress hormone โดยจะพบว่ากรดแอบไซซิกจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในขณะที่พืชได้รับความเครียด เช่น ภาวะเค็มหรือภาวะแล้ง (Hartung และ Davies, 1994) ผลของกรดแอบไซซิกที่เพิ่มขึ้นมาในภาวะดังกล่าวที่เห็นได้ชัดเจนคือ ทำให้เกิดการปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำ (Taiz และ Zeiger, 1998; Tardieu และ Davies, 1992) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ากรดแอบไซซิกนั้นมีบทบาทในการควบคุมการแสดงออกของยีนบางชนิดซึ่งทำให้พืชสามารถที่จะปรับตัวอยู่ในภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อไปได้ระยะหนึ่ง (Chandler และ Robertson, 1994) เช่น *lea* gene ทำหน้าที่ในการสร้าง LEA protein ซึ่งจะช่วยให้เมล็ดมีความต้านทานต่อความแห้งแล้งในขณะที่ยังคงพัฒนาเต็มที่ (Vivekanada และคณะ, 1992) และ *pin II* gene ซึ่งสร้าง Proteinase Inhibitor II protein โดยมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับ defense mechanism ของพืช (Pena-Cortes และคณะ, 1991) นอกจากนี้ยังพบว่า กรดแอบไซซิกมีผลในการควบคุมการแสดงออกของยีน ซึ่งอยู่ในกระบวนการสังเคราะห์โพรีลีนใน *Arabidopsis thaliana* L. อีกด้วย (Savouré และคณะ, 1997)

การสะสมโพรีลีน (proline) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งเป็นกระบวนการที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นกระบวนการสำคัญกระบวนการหนึ่งที่เกิดขึ้นเมื่อพืชได้รับความเครียดที่เกิดจากภาวะแล้งและภาวะเค็ม (Agradona และ Pahlich, 1991; Grousse และคณะ, 1996; Strizhov และคณะ, 1997) โดยพบว่าพืชบางชนิดมีการสะสมโพรีลีนเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของกรดแอบไซซิกภายในต้นพืชที่อยู่ในภาวะแล้งและภาวะเค็มเมื่ออยู่ในภาวะดังกล่าว เช่น ข้าวโพด (Rodriguez และคณะ, 1997) Barley (Stewart และ Boggess, 1978) *Arabidopsis* (Strizhov และคณะ, 1997) และข้าว (Lutts และคณะ, 1999) เป็นต้น โดยพบว่าโพรีลีนน่าจะมีบทบาทในการรักษาสมดุลของน้ำ ภายในเซลล์พืชในภาวะดังกล่าว (Handa และคณะ, 1986) ซึ่งในกระบวนการสร้างโพรีลีนนั้นจะมีเอนไซม์หลักที่เป็น rate - limiting step ในกระบวนการสังเคราะห์โพรีลีนคือ Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) (Delauney และ Verma, 1993)

จากการศึกษาใน *Arabidopsis thaliana* L. พบว่าการสะสมโพรีลีนเนื่องจากความเค็มและแล้งนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของปริมาณ mRNA ของ Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) gene (Strizhov และคณะ, 1997) ซึ่งเอนไซม์นี้จะไปเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยน glutamate ไปเป็น glutamyl- γ -semialdehyde ซึ่งสารชนิดนี้จะผ่านกระบวนการ dehydration เปลี่ยนเป็น Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate โดยไม่ต้องใช้เอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยา จากนั้น Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate reductase (P5CR) จะเข้ามาทำปฏิกิริยาเปลี่ยน Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate เป็นโพรีลีน (Hanson และ Hitz, 1982) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การสร้าง transgenic rice ให้มีการแสดงออกของยีน Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) เพิ่ม

มากขึ้นจะส่งผลให้ต้นข้าวสามารถสะสมโพสลิโนได้มากขึ้นและมีความทนต่อภาวะแล้งและภาวะเค็มได้ดีขึ้น (Zhu และคณะ, 1998)

ความเครียดจากภาวะแล้งและภาวะเค็มมีผลทำให้การเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืชลดลง (Cushman และ Bohnert, 2000) สำหรับข้าว (*Oryza sativa* L.) ซึ่งนับเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เนื่องจากประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของประชากรโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกข้าวมีความสามารถในการผลิตข้าวได้มากและส่งออกข้าวเป็นอันดับต้นๆ แต่เมื่อจะกล่าวถึงผลผลิตต่อไร่เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ ที่การปลูกข้าวกลับพบว่าประเทศไทยมีผลผลิตข้าวต่อไร่ค่อนข้างต่ำ อันเป็นผลเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านการผลิต โดยมีปัจจัยที่สำคัญต่อการจำกัดผลผลิตได้แก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การขาดน้ำ และปัญหาดินเค็ม ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ของประเทศ (อรุณี ยูวะนิยม, 2532) จึงได้มีความพยายามที่จะปรับปรุงพันธุ์ให้มีความต้านทานต่อภาวะเครียดดังกล่าวด้วยเช่นกัน ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 สายพันธุ์ทนเค็ม ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นข้าวสายพันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ให้มีความต้านทานต่อภาวะเค็มโดยการคัดเลือกต้นที่มีความสามารถในการทนเค็มที่เกิดจาก somaclonal variation ระหว่างการเลี้ยงเนื้อเยื่อของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 ซึ่งเป็นข้าวสายพันธุ์เดิม (Vajrabhaya และ Vajrabhaya, 1991)

มีรายงานว่าข้าวบางพันธุ์ที่มีลักษณะต้านทานความเค็มมีการสะสมโพสลิโนมากกว่าพันธุ์ที่ไวต่อความเค็ม (Igarashi และคณะ, 1997) แต่อย่างไรก็ดีมีผู้เสนอว่าภาวะเค็มมีผลทำให้ข้าวมีการสะสมโพสลิโนมากขึ้นเป็นลักษณะอาการที่พืชได้รับความเสียหายจากภาวะเค็มมากกว่าที่จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าพืชนั้นต้านทานต่อความเค็ม (Lutts และคณะ, 1996)

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกแก่ต้นกล้าข้าวจะสามารถทำให้ข้าวมีความสามารถในการทนต่อภาวะแล้งและภาวะเค็มได้ดีขึ้นหรือไม่ และการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกจะมีผลต่อการสะสมโพสลิโนและการแสดงออกของยีน P5CS อย่างไร โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 สายพันธุ์ทนเค็มและข้าวพันธุ์เดิมเหลืองประทิว123 เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอก การสะสมโพสลิโน และความสามารถในการปรับตัวของข้าวทั้งสองสายพันธุ์นี้ในภาวะขาดน้ำ (ภาวะแล้งและภาวะเค็ม) ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความสามารถในการทนภาวะเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากความแล้งและความเค็ม ตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาพันธุ์ข้าวต่อไปได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการศึกษาทดลอง

เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของการให้กรดแอมไบไซคลิกจากภายนอกต่อการเจริญเติบโต การสะสม โพรลีน และการแสดงออกของยีน Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) ในข้าวพันธุ์ เหลืองประทิว123 (LPT123) และข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 สายพันธุ์ทนเค็ม (LPT123-TC171) เมื่อได้รับภาวะแล้งและภาวะเค็ม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความสามารถในการทนต่อภาวะ เคียด อันเป็นผลเนื่องมาจากภาวะแล้งและภาวะเค็ม และสามารถประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนา พันธุ์ข้าวและพืชอื่นๆ ต่อไปได้ในอนาคต

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาผลของการให้กรดแอมไบไซคลิกจากภายนอกที่มีต่อความสามารถในการปรับตัวต่อ ภาวะแล้งและภาวะเค็ม ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171
2. ศึกษาผลของการให้กรดแอมไบไซคลิกจากภายนอกที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการ ชักนำให้เกิดความต้านทานในภาวะขาดน้ำ (ภาวะแล้งและเค็ม) จากข้อ 1 เมื่อต้นกล้า ข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 อยู่ในภาวะปกติ
3. ศึกษาผลของภาวะแล้ง ภาวะเค็ม และการให้กรดแอมไบไซคลิกจากภายนอกที่มีต่อการ สร้างโพรลีนของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171
4. ศึกษาผลของการให้กรดแอมไบไซคลิกจากภายนอกที่มีต่อการแสดงออกของยีน P5CS ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่ออยู่ภายใต้ภาวะแล้งและภาวะเค็ม

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ภาวะแล้งและภาวะเค็มกับการเจริญเติบโตของพืช

ภาวะแล้งและภาวะเค็มส่งผลกระทบต่อทั้งในระดับเซลล์ กระบวนการต่างๆ ภายในต้นพืช การเจริญเติบโต รวมถึงปริมาณของผลผลิต (Bray, 1993) เนื่องมาจากการสาเหตุหลายประการ เช่น การเกิด osmotic stress ซึ่งเป็นผลทำให้พืชดูดน้ำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ได้น้อยลง (Li และ Chen, 2000) หรือแม้กระทั่งการลดการทำงานของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากภาวะดังกล่าว (Ueda และคณะ, 2003) เป็นต้น

ภาวะแล้ง

เมื่อพืชได้รับภาวะแล้งจะมีการตอบสนองของหลายลักษณะ เช่น มีการม้วนของใบ การปิดปากใบซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดย Reddy และคณะ (2004) รายงานว่าการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชลดลงเมื่อได้รับภาวะแล้ง ซึ่งสาเหตุเนื่องจากการขาดน้ำทำให้พืชมีการปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ การปิดปากใบทำให้พืชไม่สามารถดึงเอาคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศได้และส่งผลทำให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในใบลดลง นอกจากนั้นยังลดปริมาณและประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่สำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงคือ Rubisco ซึ่งส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง และภาวะแล้งยังทำให้พืชเกิดการหลุดร่วงของใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าภายใต้ภาวะดังกล่าวพืชจะต้องมีการปรับค่าออสโมติกภายในเซลล์พืช ซึ่งมีรายงานพบว่าการขาดน้ำมีผลต่ออัตราการขยายพื้นที่ใบในถั่ว โดยการขาดน้ำจะส่งผลทำให้จำนวนเซลล์ และขนาดของเซลล์ลดลง (Lecoeur, และคณะ, 1995) การลดขนาดของพื้นที่ใบนั้นเป็นผลมาจากการลดลงของแรงดันเต่งที่เกิดจากการขาดน้ำ (Taiz และ Zeiger, 1998)

การดึงน้ำที่มีอยู่ในดินเข้าสู่ต้นพืชอาศัยความแตกต่างของค่า water potential ระหว่างดินและพืชเป็นหลัก ในภาวะแล้งค่า water potential ในดินลดลงมาก พืชจึงไม่สามารถดึงน้ำขึ้นมาใช้ได้ จึงทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง (Nguyen และคณะ, 1997) จากการศึกษาผลของภาวะแล้งต่อการเจริญเติบโตของข้าว (*Oryza sativa* L.) โดย Pérez-Molphe-Balche และคณะ (1996) ซึ่งได้ทำการทดสอบการงอกของเมล็ดข้าว 3 พันธุ์ คือ Sinoloa, IR10120 และ Chiapas เมื่อได้รับภาวะแล้ง โดยทำการเพาะเมล็ดบนกระดาษกรองที่ชุ่มด้วยน้ำที่มี PEG 8000 ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเพาะเมล็ด 5 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวทั้งสามพันธุ์ลดลง เมื่อความเข้มข้นของ PEG 8000 เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าภาวะแล้งมีผลยับยั้งการ

เจริญเติบโตของต้นข้าว แต่การเจริญเติบโตของรากได้รับผลกระทบไม่มากนัก และในการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ IR20 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไม่ทนต่อภาวะแล้ง โดยการเติม PEG ลงไปในสารละลายธาตุอาหารเพื่อปรับค่า water potential ให้ลดลงจาก 0 จนกระทั่งถึง -0.6 MPa ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวลดลงไปในแนวทางเดียวกับค่า water potential ที่ลดต่ำลงด้วย (Lu และ Neumann, 1999)

ภาวะเค็ม

เมื่อประสบกับภาวะเค็ม นอกจากพืชจะได้รับ osmotic stress แล้ว พืชมีการสะสมไอออนของเกลือเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดความเป็นพิษจากไอออนของเกลือที่พืชดูดเข้าไปสะสมมากเกินไปจนเป็นอันตราย ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์ (Greenway และ Munns, 1980) ความเป็นพิษที่เกิดจากไอออนส่วนใหญ่เกิดจากโซเดียมและคลอไรด์ไอออน ซึ่งทำให้เกิดอาการไหม้ โดยมีรายงานว่าโซเดียมและคลอไรด์ไอออนที่มากเกินไปจะทำลายโครงสร้างทุติยภูมิของโปรตีน ทำให้โปรตีนเสียสภาพและเร่งการเกิด senescence และ necrosis (Neumann, 1997) นอกจากนี้ความเค็มยังอาจส่งผล ทำให้พืชขาดธาตุอาหารบางชนิด โดยเมื่อ water potential ในดินต่ำเนื่องจากเกลือที่สะสมในดิน พืชจะปรับค่าออสโมติกของรากให้ต่ำกว่าสารละลายในดิน (ในพืชที่มีความทนเค็มในระดับหนึ่ง) การปรับค่าออสโมติกของพืชอาจทำได้โดยการนำเกลือเข้าไปสะสมไว้ในเซลล์หรือ organelle (Flower และคณะ, 1977; Greenway และ Munns, 1980) เพื่อให้สามารถนำน้ำเข้าไปใช้ได้ เมื่อโซเดียมและคลอไรด์ไอออนเพิ่มมากขึ้นทั้งในใบและลำต้น พบว่าการสะสม K^+ , Ca^{2+} , NO_3^- และ P_i ลดลง (Lutts และคณะ, 1996; Cramer และคณะ, 1991) ซึ่งส่งผลให้พืชแสดงอาการขาดธาตุได้

มีการศึกษาเกี่ยวกับผลของภาวะเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด เช่น ศึกษาผลของภาวะเค็มต่อการพัฒนาของใบข้าวโพด (*Zea mays* cv. G.S. 46) พบว่าการเจริญเติบโตของใบและยอดลดลง (Neves-Piestun และ Bernstein, 2001) การเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่ว (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Contender) ที่ได้รับภาวะเค็ม โดยเพิ่มโซเดียมคลอไรด์ให้แก่ต้นกล้าถั่วทั้งสองวัน พบว่าต้นกล้าถั่วมีพื้นที่ใบลดลงในอัตราส่วนที่แปรผกผันกับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มสูงขึ้นและระยะเวลาที่ได้รับ อย่างไรก็ตามภาวะเค็มทุกระดับส่งผลกระทบต่อรากไม่มากนัก ดังนั้นจึงมีอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้นเพิ่มขึ้น (Sibole และคณะ, 1998)

สำหรับผลของภาวะเค็มต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวอายุ 5 วัน เมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ในสารละลายธาตุอาหาร พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเจริญเติบโตมีอัตราที่ลดลงเมื่อความเค็มของเกลือเพิ่มขึ้น (Zeng และ Shannon, 2000) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าหากข้าวที่อยู่ในระยะออกทรงได้รับภาวะเค็มจะ

ส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดต่ำลง อันเป็นผลเนื่องมาจากการลดลงของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ในช่วงที่ต้นข้าวได้รับภาวะเค็ม ซึ่งข้าวจะมีการลดลงของปริมาณ CO_2 ในเนื้อเยื่อ เนื่องจากการปิดของปากใบ นอกจากนี้ในภาวะเค็มยังก่อให้เกิดการลดลงของค่า water potential stomatal conductance อัตราของการคายน้ำ ปริมาณน้ำที่มีในใบ และยังรวมถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรงควัตถุ soluble carbohydrate ตลอดจนปริมาณโปรตีนที่มีความจำเป็นในการเจริญเติบโต ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นสาเหตุให้มีการลดลงของปริมาณของผลผลิตในข้าวได้ (Sultana และคณะ, 1999)

กลไกการตอบสนองของพืชเมื่อได้รับภาวะแล้งและภาวะเค็ม

ภาวะแล้งและภาวะเค็มเป็นปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช (Cushman และ Bohnert, 2000) พืชมีกลไกในการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดได้ภายใต้ภาวะแล้ง (drought condition) อยู่ 3 วิธี (Taiz และ Zeiger, 1998)

- Drought escape เช่น การปรับตัวให้มีวงชีวิตสั้นลง เพื่อหลีกเลี่ยงจากภาวะแล้ง ทำให้สามารถดำรงอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นได้
- Drought postponement โดยการปรับให้มีความสามารถรักษาสมดุลภายในพืชเอาไว้ได้ในระดับหนึ่งเพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ในภาวะแล้งได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง
- Drought tolerance หรือ Desiccation tolerance เป็นการปรับตัวของพืชในระยะยาว เพื่อให้ยังคงสามารถรักษาโครงสร้างโดยรวม ตลอดจนหน้าที่การทำงานต่างๆ ภายในต้นพืชเอาไว้ได้

พืชจะมีการตอบสนองต่อภาวะแล้ง โดยมีการลดพื้นที่ใบและการปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ (Taiz และ Zeiger, 1998) การสร้างสาร antioxidant เพื่อกำจัด reactive oxygen species (Yong และ Jung, 1990) การสร้างกรดแอมไซคลิกเพื่อควบคุมการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาต่างๆ (Bray, 1993) ตลอดจนการสะสมสาร osmolytes เช่น proline glycine betaine และน้ำตาล เพื่อปรับค่า water potential ภายในเซลล์ (Cushman และ Bohnert, 2000) ส่วนภาวะเค็มส่งผลกระทบต่อพืชคล้ายคลึงกับภาวะแล้งในแง่ของการขาดน้ำ เนื่องมาจาก osmotic stress (Knight และคณะ, 1997) ซึ่งพืชที่จะสามารถเจริญเติบโตภายใต้ภาวะเค็มได้ต้องมีกลไกในการปรับตัวเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ภายใต้ภาวะดังกล่าวได้

กลไกการปรับตัวของพืชต่อภาวะเค็มแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี (Munns, 2002)

1. ลดการนำเกลือเข้าสู่ต้นพืช
2. ลดความเข้มข้นของเกลือภายในไซโตพลาสซึม

กลไกการปรับตัวในการลดเกลือที่จะนำเข้าสู่ต้นพืชของพืชทนเค็มบางชนิด คือ การขับเกลือ (salt exclusion) เพื่อลดอัตราการสะสมของเกลือในต้นพืชและเป็นการป้องกันไม่ให้เกลือไปสะสมที่ใบหรือยอด นอกจากนี้ยังพบว่า ที่เซลล์รากพืชจะมีการคัดเลือกนำเกลือเข้าภายในต้นพืช (Munns, 2002) หรือพืชอาจมีขบวนการในการควบคุมการลำเลียงไอออนของเกลือในไซเลม เพื่อควบคุมการไหลของเกลือไปยังยอด (Hasegawa และคณะ, 2000) นอกจากนี้ยังมีการลำเลียงเกลือออกจากไซเลมทางรากโดยการเคลื่อนย้ายกลับสู่สารละลายในดิน (Munns, 2002) แต่ในพืชทนเค็มบางชนิด เช่น *Tamarix* sp. และ *Atriplex* sp. ไม่สามารถขับเกลือออกทางรากได้ แต่จะมีการขับเกลือออกทางต่อมเกลือ (salt gland) ซึ่งอยู่บริเวณผิวของใบแทน (Taiz และ Zeiger, 1998)

กระบวนการ osmotic adjustment เป็นกลไกการปรับตัวของพืชอย่างหนึ่งในการปรับค่า water potential ในพืชให้ต่ำลงเพียงพอที่จะทำให้รากพืชสามารถดึงน้ำจากภายนอกเข้าสู่ภายในเซลล์รากพืชได้เพิ่มมากขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้ภาวะขาดน้ำ ในภาวะเค็มพืชจะมีการปรับตัวโดยลดความเข้มข้นของเกลือภายในไซโตพลาสซึม โดยการลำเลียงไอออนของเกลือไปเก็บไว้ใน vacuole และการสร้างสาร osmoprotectants เช่น proline (Lott และคณะ, 1999) glycine betaine (Jagendorf และ Takabe, 2001) และน้ำตาล (Liu และ Staden, 2001) ในไซโตพลาสซึม ซึ่งเป็นการสร้างสมดุลระหว่างค่า osmotic potential ในไซโตพลาสซึมกับ vacuole

การสะสมสารต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นกระบวนการ osmotic adjustment ของพืชทั้งในภาวะแล้งและในภาวะเค็ม โดยงานวิจัยของ Wyn-Jones และ Storey (1978) ซึ่งทำการทดลองในข้าวบาร์เลย์ซึ่งได้รับภาวะแล้งและภาวะเค็ม พบว่ามีการสะสม proline และ glycine betaine เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการสะสมน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นในต้นกล้าข้าวสาลีที่ได้รับภาวะแล้งและภาวะเค็ม (Kerepesi และ Galiba, 2000) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการสะสมสารเหล่านี้ น่าจะเป็นผลเนื่องมาจาก osmotic stress มากกว่าเป็นผลกระทบจากไอออนของเกลือ

ภาวะแล้งและภาวะเค็มกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอบไซซิกในพืช

กรดแอบไซซิก (abscisic acid, ABA) เป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการทางสรีรวิทยาหลายกระบวนการในพืช (Zeevaart และ Creelman, 1988) บทบาทในการควบคุมของกรดแอบไซซิกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณในเนื้อเยื่อพืช ที่มีการตอบสนองต่อระยะการพัฒนาของพืชและการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม (Walton และ Li, 1995) กรดแอบไซซิกยังเป็นที่รู้จักในบทบาทด้านการเป็นฮอร์โมนในภาวะเครียด (stress hormone) อีกด้วย (Hartung และ Davies, 1994)

ภาวะแล้งและภาวะเค็มมีความเกี่ยวข้องกันในแง่ของการขาดน้ำ โดยความเครียดจากภาวะดังกล่าวมีผลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของกรดแอบไซซิกในเนื้อเยื่อพืช (Thomas และ Bohnert, 1993)

ซึ่งภาวะขาดน้ำชักนำให้มีการสังเคราะห์กรดแอบไซซิกมากขึ้นในราก โดยมีการศึกษาพบว่าปริมาณของกรดแอบไซซิกภายในพีชจะเพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับภาวะขาดน้ำที่พีชได้รับ (Bradford, 1983; Mizrahi และคณะ, 1971; Zabadal, 1974; Jia และคณะ, 2001) จากการศึกษาของ Pilet (1998) พบว่า ปริมาณของกรดแอบไซซิกที่พบมากบริเวณรากของพีชในขณะที่พีชอยู่ในภาวะขาดน้ำนั้นอาจมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการปรับตัวของพีชในภาวะขาดน้ำ เนื่องจากเมื่อพีชอยู่ในภาวะขาดน้ำ ส่วนรากจะมีความสำคัญเนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้ในการดูดน้ำจากภายนอก โดยเมื่อมีปริมาณของกรดแอบไซซิกในรากเพิ่มมากขึ้นในภาวะดังกล่าว พบว่ารากพีชจะมีการปรับตัวให้สามารถดูดรับน้ำจากภายนอกได้เพิ่มมากขึ้นโดยการเพิ่มพื้นที่ผิวของรากโดยยืดยาวออก หรือเพิ่มจำนวนรากฝอยให้มีมากขึ้น เป็นต้น (Steudle, 2000) ดังนั้น Pilet (1998) จึงคาดว่า กรดแอบไซซิกอาจเป็นสัญญาณชนิดหนึ่งที่ช่วยให้รากพีชมีการตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำได้ และกรดแอบไซซิกนี้อาจเป็นสัญญาณบอกถึงภาวะขาดน้ำที่เกิดบริเวณรากส่งไปยังยอดด้วย (Davies และ Zhang, 1991) ซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณของกรดแอบไซซิกในส่วนของลำต้นและใบมีสูงขึ้นด้วย (Abernathy และ McManus, 1998) การลำเลียงกรดแอบไซซิกจากรากไปยังยอดนั้นส่วนใหญ่จะผ่านทางไซเลม โดยอาศัยแรงดึงเนื่องจากการคายน้ำ (Zhang และคณะ, 1997) ส่วนการเคลื่อนที่จากเนื้อเยื่อหนึ่งสู่บริเวณใกล้เคียงหรือการเคลื่อนที่แบบ radial transport นั้นจะใช้วิธีการแบบ symplast (Hartung และคณะ, 2002) สำหรับภาวะเค็มก็พบว่า มีผลเพิ่มกรดแอบไซซิกที่รากและการลำเลียงในไซเลมด้วยเช่นกัน (Wolf และคณะ, 1990; Peuke และคณะ, 1994; Jeschke และคณะ, 1997)

การศึกษาเกี่ยวกับการลำเลียงกรดแอบไซซิกของ Wolf และคณะ (1990) โดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอบไซซิกที่ส่วนต่างๆ ของ *Lupinus albus* L. ที่ได้รับภาวะเค็ม พบว่ากรดแอบไซซิกมีปริมาณเพิ่มขึ้นที่รากอย่างชัดเจน โดยส่วนหนึ่งเกิดจากการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นที่รากซึ่งมากกว่าต้นที่ปลูกในสภาพปกติถึง 20 เท่า นอกจากนี้ยังมีการสังเคราะห์กรดแอบไซซิกเกิดขึ้นที่ส่วนอื่นของต้นด้วย คือที่ตำแหน่งสองใบล่างของต้น ซึ่งเพิ่มขึ้น 2.6 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ปลูกในสภาพปกติ ในงานวิจัยนี้ Wolf และคณะ (1990) ได้เสนอว่าพีชที่ปลูกในสภาพปกติมีการลำเลียงกรดแอบไซซิกเกิดขึ้นทั้งทางไซเลมจากรากไปที่ส่วนยอด และทางโฟลอมจากใบที่แผ่ขยายเต็มที่มายังบริเวณราก การลำเลียงที่เกิดขึ้นทั้งสองทิศทางจะเกิดเท่าๆ กัน แต่ในต้นที่ได้รับภาวะเค็มจะมีการลำเลียงกรดแอบไซซิกทางไซเลมจากรากไปที่ยอดเกิดขึ้นมากกว่าทางโฟลอม และพบว่ากรดแอบไซซิกที่ลำเลียงทางโฟลอมมายังรากนี้ จะมีประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ที่จะเกิดการลำเลียงย้อนกลับทางไซเลมไปยังส่วนยอด จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า กรดแอบไซซิกที่ลำเลียงในไซเลมนี้ไม่ได้เกิดจากการสังเคราะห์ที่รากเพียงอย่างเดียว มีเพียง 28 เปอร์เซ็นต์ของกรดแอบไซซิกในไซเลมเท่านั้นที่สังเคราะห์จากรากส่วนที่เหลือเป็นกรดแอบไซซิกที่เกิดจากการลำเลียงย้อนกลับมาจากส่วนยอด (Wolf และคณะ, 1990)

หลังจากนั้น Jeschke และคณะ (1997) ได้เสนอผลการทดลองที่สอดคล้องกับรายงานของ Wolf และคณะ (1990) โดยทำการทดลองให้ *Ricinus communis* L. ได้รับภาวะเค็ม แล้วทำการวัดปริมาณกรดแอบไซซิกในส่วนต่างๆ ของต้น พบว่ามีการสะสมกรดแอบไซซิกในรากมากกว่าต้นปกติถึง 50 เท่า ซึ่งเป็นการสะสมที่เกิดจากการสังเคราะห์รากและจากการลำเลียงทางโพลีเอมมายังราก นอกจากนี้ยังพบว่าการสังเคราะห์กรดแอบไซซิกมากที่ใบที่โตเต็มที่ด้วยเช่นเดียวกันกับในราก ในงานวิจัยนี้ได้เสนอว่า การสังเคราะห์กรดแอบไซซิกมากที่ใบพอๆ กับที่รากนี้ แสดงให้เห็นว่านอกจากรากแล้ว ใบก็มีการตอบสนองต่อภาวะเครียดจากความเค็มโดยการเพิ่มการสังเคราะห์กรดแอบไซซิกได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งการที่ต้นพืชมีการสะสมกรดแอบไซซิกที่รากมากเนื่องจากเป็นบริเวณที่สัมผัสกับภาวะเครียดโดยตรง และมีการสะสมกรดแอบไซซิกที่ส่วนที่กำลังเจริญ คือ ใบอ่อนและยอดมากด้วยเช่นกันเนื่องจากเป็นส่วนของต้นที่อ่อนแอต่อภาวะเค็ม การสะสมกรดแอบไซซิกที่ส่วนยอดนี้เกิดจากการลำเลียงทั้งทางโพลีเอมจากใบที่เจริญเต็มที่และทางไซเลมจากรากด้วย (Sauter และคณะ, 2001) ซึ่งการสะสมกรดแอบไซซิกนี้น่าจะมีบทบาทในการสร้างโปรตีนที่ช่วยในการป้องกัน (protective protein) เช่น ออสโมติน (osmotin) ที่ช่วยให้พืชทนต่อภาวะดังกล่าวได้ (Jeschke และคณะ, 1997)

การเปรียบเทียบผลของภาวะแล้งและภาวะเค็ม ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดแอบไซซิกในรากของข้าวโพด โดยเลี้ยงรากในสารละลายธาตุอาหารที่เติมโซเดียมคลอไรด์ พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเหมือนกับการได้รับภาวะแล้งโดยใช้สาร PEG 6000 อย่างไรก็ตามพบว่า ที่ระดับความรุนแรงของภาวะเครียดเท่ากัน การเพิ่มขึ้นของกรดแอบไซซิกเนื่องจากภาวะเค็มจะเกิดมากกว่าภาวะแล้ง เช่น ที่ภาวะเครียดจากการมีค่าศักย์ของน้ำภายนอกเซลล์เป็น -0.4 MPa ภาวะเค็มมีผลเพิ่มปริมาณกรดแอบไซซิกมากขึ้น 5 เท่า ในขณะที่ภาวะแล้งมีผลเพิ่มปริมาณกรดแอบไซซิกเพียง 3 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับภาวะเครียด (Lachno และ Baker, 1986) ลักษณะดังกล่าวนี้ยังแสดงให้เห็นด้วยว่าในภาวะเค็มนอกจากพืชจะได้รับผลของการขาดน้ำแล้ว ยังอาจได้รับผลกระทบจากการสะสมไอออนของเกลือในเซลล์มากขึ้นด้วย (Jacoby, 1994) ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นสรุปได้ว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างการเพิ่มขึ้นของกรดแอบไซซิกเนื่องจากภาวะเค็มและภาวะขาดน้ำ แสดงให้เห็นถึงบทบาทหลักของภาวะเค็มในการกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของกรดแอบไซซิกเกิดผ่านกระบวนการเดียวกันกับภาวะแล้ง และกรดแอบไซซิกที่ถูกสังเคราะห์ที่รากเนื่องจากภาวะเครียดนี้ มีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมสมดุลของน้ำในต้นพืชในภาวะที่ไม่เหมาะสม (Lachno และ Baker, 1986) เพราะการเพิ่มขึ้นของกรดแอบไซซิกทำให้พืชปิดปากใบมากขึ้น (Zeevaart และ Creelman, 1988) จึงช่วยลดการเสียน้ำทางปากใบ และยังเพิ่มความสามารถในการดูดน้ำของรากจากการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของรากด้วย (Hartung และ Davies, 1994)

กรดแอบไซซิกกับการชักนำการปรับตัวต่อภาวะแล้งและภาวะเค็ม

พืชกลุ่มไม่ทนเค็มสามารถชักนำให้พืชมีความต้านทานเพิ่มขึ้นได้ โดยการให้พืชได้รับภาวะเค็มระดับหนึ่งในช่วงเวลาที่เหมาะสม เรียกระบวนการนี้ว่าการปรับตัว (adaptation) ซึ่งการชักนำการปรับตัวดังกล่าวนี้มีข้อจำกัดหลายอย่างเกี่ยวกับชนิดพืช ระยะการเจริญเติบโตของพืช ระยะเวลาในการให้พืชได้รับภาวะเค็มที่เหมาะสม เป็นต้น (Lerner และคณะ, 1994) นอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมามีแนวความคิดสอดคล้องกันว่า การปรับตัวต่อภาวะเค็มนี้เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนพืช คือกรดแอบไซซิก เนื่องจากการที่พืชทนต่อความเครียดต่างๆ โดยเฉพาะความเครียดจากการขาดน้ำ พบว่าเกี่ยวข้องกับความสามารถของพืชในการสังเคราะห์กรดแอบไซซิกในปริมาณมาก (Popova และคณะ, 1995)

การศึกษาของ Yang และคณะ (2002) พบว่ากรดแอบไซซิกที่เกิดเพิ่มมากขึ้นในระยะที่ข้าวกำลังออกรวงในภาวะแล้งและภาวะเค็มนี้มีส่วนที่ช่วยให้เมล็ดข้าวสามารถที่จะเจริญพัฒนาไปได้ โดยส่งผลให้มีการเคลื่อนย้ายสารอาหารที่มีการสร้างและสะสมไว้บริเวณเนื้อเยื่อใบมาไว้ที่เมล็ด และกรดแอบไซซิกยังมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการ senescence ของใบข้าวด้วย ซึ่ง Chen และคณะ (2002) ทำการศึกษาเกี่ยวกับ Poplar ที่อยู่ในภาวะขาดน้ำพบว่าปริมาณของกรดแอบไซซิกในเนื้อเยื่อสูงมากขึ้น และส่งผลทำให้มีการหลุดร่วงของใบเพิ่มมากขึ้น แต่ Aurelio และคณะ (2003) ซึ่งทำการศึกษาถึงการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกแก่ต้นส้ม ก่อนที่จะได้รับภาวะเค็ม มีผลช่วยลดการสร้าง ethylene และการหลุดร่วงของใบได้ ในขณะที่ Cramer และคณะ (1998) พบว่ากรดแอบไซซิกมีผลในการยับยั้งยืดยาวของใบข้าวโพด ซึ่งเป็นหนึ่งในกลไกการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำของพืช นอกจากนี้ยังเป็นตัวส่งสัญญาณให้เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของไอออนภายใน เพื่อรักษาสมดุลของค่าความเป็นกรด-ด่างของเซลล์ให้เป็นปกติเมื่อพืชอยู่ภายใต้ภาวะเครียด (Netting, 2000) ตัวอย่างเช่น กรดแอบไซซิกช่วยในการควบคุมการทำงานของ K^+ channel เพื่อรักษาสมดุลของระดับ K^+ ภายในและภายนอกเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อเยื่อบริเวณราก (Roberts และ Snowman, 2000)

การให้กรดแอบไซซิกหรือสาร analogs ของกรดแอบไซซิกมีผลช่วยลดอันตรายอันเป็นผลเนื่องมาจากภาวะขาดน้ำตลอดจนความเครียดอื่นๆ ได้ (Dorffling และคณะ, 1990 อ้างถึงใน Todorov และคณะ, 1998) และได้มีการศึกษาบทบาทของกรดแอบไซซิกจากภายนอกต่อการชักนำการปรับตัวให้มีการเจริญเติบโตในภาวะเค็มได้ดีขึ้นในพืชหลายชนิด ตัวอย่างเช่น

การปลูกต้นกล้าข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ในระดับความเค็มต่ำเป็นเวลา 20 วัน พบว่าทำให้ต้นข้าวฟ่างสามารถเจริญเติบโตในภาวะเค็มสูงขึ้นได้โดยไม่ตาย และเมื่อให้กรดแอบไซซิกร่วมด้วยพบว่าช่วยลดระยะเวลาของการกระตุ้นด้วยภาวะเค็มในระดับต่ำลงได้เหลือเพียง 10 วัน การได้รับกรดแอบไซซิกนี้พบว่าไปมีผลช่วยลดการสะสมโซเดียมไอออนในส่วนยอด ทำให้ข้าว

พางได้รับความเครียดจากภาวะเค็มน้อยลง นอกจากนี้กรดแอบไซซิกยังเกี่ยวข้องกับการรักษาประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ PEP carboxylase ด้วยทำให้พืชมีการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นปกติ แม้ว่าจะได้รับผลกระทบจากภาวะเค็ม (Amzallag และคณะ, 1990) ส่วนการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกในระหว่างการเลี้ยงเซลล์ของยาสูบในภาวะขาดน้ำ จะทำให้เซลล์มีการสะสมสารต่างๆ เช่น sucrose และ reducing sugar อื่นๆ รวมถึงโพรลีน ภายในเซลล์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการปรับค่าออสโมติกของเซลล์พืชได้อีกทางหนึ่งด้วย (LaRosa และคณะ, 1987) และการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกผ่านทางรากแก่ *Tagetes erecta* ซึ่งทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไว้ก่อนที่จะนำไปปลูกในสภาพธรรมชาติ ส่งผลให้พืชดังกล่าวสามารถรอดตายและเจริญเติบโตได้ดีกว่าในชุดที่ไม่มีการให้กรดแอบไซซิก (Aguilar และคณะ, 2000) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wang และคณะ (2002) ซึ่งพบว่ากรให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกแก่ protocorms ของกล้วยไม้ ส่งผลให้เมื่อเจอกับภาวะขาดน้ำ protocorms เหล่านั้นจะมีการเสียน้ำน้อยกว่าและทนต่อภาวะดังกล่าวได้ดีกว่า โดยพบว่าการสะสมของน้ำหนักแห้ง รวมถึง คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่มากกว่าในชุดที่ไม่ให้กรดแอบไซซิก แต่หากมีการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกโดยให้ผ่านทางรากของ *Phaseolus vulgaris* L. ซึ่งไม่ได้รับภาวะเครียดใดๆ กลับพบว่าส่งผลเหมือนกับการที่พืชได้รับ osmotic stress กล่าวคือมีการสะสมโพรลีน รวมทั้งน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่ากรดแอบไซซิกสามารถกระตุ้นกระบวนการปรับตัวของพืชภายใต้ภาวะขาดน้ำได้ (Cachorro และคณะ, 1995) โดย Popova และคณะ (1995) ได้ทำการศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อ *Hordeum vulgare* L. พบว่าส่งผลต่อการลดลงของ CO_2 assimilation ปริมาณคลอโรฟิลล์และโปรตีนในใบรวมถึงการทำงานที่ลดลงของเอนไซม์ Rubisco ด้วย แต่หากมีการให้กรดแอบไซซิกจากทางรากพบว่าทำให้พืชชนิดนี้มีอัตราในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีขึ้น

Gadallah (1996) ได้ทำการทดลองกับ *Carthamus* โดยการพ่นกรดแอบไซซิกให้กับใบพืชที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะเค็มพบว่า การพ่นกรดแอบไซซิกนั้นสามารถที่จะช่วยในการลดความเป็นพิษอันเป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากความเค็มได้ ส่วนการศึกษาของ Zhao และคณะ (1995) โดยการให้กรดแอบไซซิกทางใบกับต้นกล้าข้าวโพด (*Zea mays* L.) ที่ปลูกในภาวะเค็ม พบว่ากรดแอบไซซิกสามารถเพิ่มความต้านทานต่อภาวะเค็มของข้าวโพดส่งผลให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้น โดยกรดแอบไซซิกไปมีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการปรับออสโมติกภายในเซลล์ และลดปริมาณโซเดียมไอออนในส่วนของต้น นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าว (*Oryza sativa* L.) ที่ได้รับกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 10^{-4} โมลต่อลิตร (เท่ากับ 100 ไมโครโมลาร์) ทางใบทุกสัปดาห์เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าสามารถช่วยลดปริมาณโซเดียมในส่วนของต้นลง ซึ่งเป็นผลทำให้อัตราส่วนของโปแตสเซียมต่อโซเดียมเพิ่มขึ้น และทำให้พืชมีน้ำหนักแห้งต้นเพิ่มขึ้นด้วย (Bohra และคณะ, 1995) และเมื่อมีการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกแก่ *Festuca arundinacea* L. ภายใต้ภาวะแล้ง พบว่าช่วยให้พืชชนิดนี้สามารถรักษาปริมาณน้ำ

สัมพัทธ์ภายในต้นไว้ได้ดีกว่า และมีปริมาณการรั่วไหลของไอออน (electrolyte leakage) เกิดขึ้นน้อยกว่าในชุดทดลองที่อยู่ในภาวะแล้งแต่ไม่มีการพ่นกรดแอมไซซิก (Jiang และ Huang, 2002)

นอกจากนี้ยังมีรายงานพบว่ากรดแอมไซซิกยังมีบทบาทในการควบคุมการแสดงออกของยีนซึ่งทำให้พืชสามารถที่จะปรับตัวอยู่ในภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อไปได้ระยะหนึ่ง (Chandler และ Robertson, 1994; Chen และ Plant, 1999) โดยอาจมีความเกี่ยวข้องกับการชักนำให้มีการแสดงออกของยีนบางชนิด เช่น *lea* gene ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้าง LEA protein ซึ่งจะช่วยให้เมล็ดมีความต้านทานต่อความแห้งแล้งในขณะที่เจริญพัฒนาเต็มที่ (Vivekanada และคณะ, 1992) โดยการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกแก่เมล็ดที่เจริญเต็มที่แล้วของต้น *Arabidopsis* มีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ด โดยการจำกัดการสร้างพลังงานและอาหารซึ่งจำเป็นในการงอกของเมล็ดเอาไว้ โดยกระบวนการดังกล่าวเป็นหนึ่งในกระบวนการปรับตัวของเมล็ดในการรักษาชีวิตไว้ เพื่อให้ไปงอกในภาวะที่เหมาะสม (Garciaarrubio และคณะ, 1997) รวมทั้ง *pin II* gene ซึ่งสร้าง Proteinase Inhibitor II protein โดยมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการ defense mechanism ของพืช (Pena-Cortes และคณะ, 1991) นอกจากนี้กรดแอมไซซิกยังมีผลในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ endo-1,3-glucanase ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างผนังเซลล์ของพืช (Akiyama และ Pillai, 2001) รวมทั้งยังมีผลในการควบคุมการแสดงออกของยีนซึ่งอยู่ในกระบวนการสังเคราะห์โพรงเส้น (Savouré และคณะ, 1997) ใน *Arabidopsis thaliana* L. อีกด้วย

การสะสมโพรงเส้นของพืชเพื่อตอบสนองต่อภาวะแล้งและภาวะเค็ม

เมื่อพืชอยู่ภายใต้ภาวะแล้งหรือภาวะเค็ม พบว่าพืชจะมีการสร้างและการสะสมสารบางตัวหรือไอออนบางชนิด ทั้งนี้เชื่อว่าการสะสมสารเหล่านั้นเมื่อพืชอยู่ในภาวะเครียดจะมีประโยชน์ต่อการปรับค่า water potential ในเซลล์เพื่อให้สามารถดึงน้ำมาใช้ในการดำรงชีวิตได้ (Taiz และ Zeiger, 1998)

การสะสมโพรงเส้นซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่ง ได้รับการยอมรับว่าเป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญที่เกิดขึ้นเมื่อพืชได้รับความเครียดที่เกิดจากภาวะแล้งและภาวะเค็ม (Strizhov และคณะ, 1997) รวมถึงในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เช่น เชื้อรา (Ambikapathy และคณะ, 2002) และสาหร่าย (Rout และ Shaw, 1998) ด้วยเช่นกัน

จากการศึกษาของ Kemble และ Macpherson (1954) พบว่าเมื่อตัดใบของ rye grass แล้วทิ้งไว้ให้ขาดน้ำเป็นผลทำให้ปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ลดน้อยลง แต่กลับพบว่ามีเพิ่มขึ้นของโพรงเส้นอย่างมาก ซึ่งการค้นพบดังกล่าวเป็นผลให้มีการทดลองเกี่ยวกับปริมาณของโพรงเส้นในภาวะแล้งและภาวะเค็มในยุคต่อมา โดยมีการศึกษาพืชที่อยู่ในภาวะขาดน้ำ พบว่าการสะสมโพรงเส้นอย่างรวดเร็วและเพิ่มขึ้นปริมาณมากเมื่อเทียบกับภาวะปกติ โดยมีการสะสมมากถึง 10-100

เท่า ในขณะที่กรดอะมิโนตัวที่รองลงมาคือ asparagines มีการเพิ่มขึ้นเพียง 2-6 เท่า (Barnett และ Naylor, 1966) และมีการเพิ่มขึ้นกว่ากรดอะมิโนตัวอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (Joyce และคณะ, 1992) โดยกรดอะมิโนเหล่านี้มีการเคลื่อนย้ายจากส่วนที่เหี่ยวไปยังส่วนที่ยังไม่เหี่ยวของพืช (Barnett และ Naylor, 1966) พืชหลายชนิดมีการสะสมโพรลีนเพิ่มมากขึ้นเพื่อตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำ เช่น ข้าวโพด (Rodriguez และคณะ, 1997) Barley (Stewart และ Boggess, 1978), *Arabidopsis* (Strizhov และคณะ, 1997) *Triticum durum* (Mattioni และคณะ, 1997) cassava (Sundaresan และ Sudhakaran, 1995) annual clovers (Iannucci และคณะ, 2002) sugar beet (Ghoulam และคณะ, 2002) รวมถึงในข้าว (Lutts และคณะ, 1999) เป็นต้น

Rai และคณะ (2003) ทำการศึกษาในพืช mutant ของต้น *Catharanthus roseus* ซึ่งพบว่ามีความทนทานต่อความเค็มเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าพืชดังกล่าวมีการสะสมโพรลีนได้มากกว่าพืชปกติเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะเค็ม ดังนั้นการสะสมโพรลีนน่าจะมีความเกี่ยวข้องกับการทนเค็มของพืช เช่นเดียวกันกับผลการศึกษาของ Phutela และคณะ (2000) ใน *Brassica juncea* และ การทดลองของ Oregan และคณะ (1993) ในข้าวโพด ซึ่งทำการทดลองโดยใช้พืชที่มีความสามารถในการทนต่อภาวะแล้งต่างกัน ก็พบว่าเมื่ออยู่ในภาวะแล้งสายพันธุ์ที่มีความทนก็จะมีการสะสมโพรลีนมากกว่าสายพันธุ์ที่ไม่ทนเช่นกัน

รายงานการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโพรลีนระหว่างข้าว กข23 สายพันธุ์ทนแล้งที่ได้จากการแปรผันทางพันธุกรรมของข้าว กข23 กับข้าว กข23 พันธุ์เดิม ภายใต้ภาวะแล้ง พบว่า ข้าวสายพันธุ์ทนจะมีการสะสมประมาณโพรลีนมากกว่าข้าวสายพันธุ์เดิม (วรัญญา คำปิ่น, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ธนะกาญจน์ มัญชุพาทณี (2543) ซึ่งพบว่า ข้าวเหลืองประทิว123 สายพันธุ์ทนเค็ม (LPT123-TC171) (Vajrabhaya และ Vajrabhaya, 1991) ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็ม จะมีการสะสมโพรลีนได้มากกว่าข้าวเหลืองประทิว123 (LPT123) ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเดียวกัน โดยการทดลองดังกล่าวใช้ต้นกล้าข้าวที่มีอายุได้ประมาณ 20 วัน และวัดปริมาณโพรลีนในสัปดาห์ที่ 0, 1 และ 2 หลังจากที่ดินกล้าข้าวได้รับภาวะเค็ม

นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การสะสมโพรลีนเมื่อพืชได้รับภาวะขาดน้ำ มีผลในการช่วยรักษาการทำงานของเอนไซม์ให้ดำเนินไปเป็นปกติ เนื่องจากโพรลีนช่วยให้โมเลกุลของน้ำรวมตัวกับโปรตีนได้ดีขึ้นเป็นการป้องกันการเสียสภาพของโปรตีน (Rajendrakumar และคณะ, 1994; Solomon และคณะ, 1994) ทั้งยังช่วยรักษาโครงสร้างของเซลล์ให้เป็นปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบโครงสร้างของ membrane (Rudolph และคณะ, 1986; Maggio และคณะ, 2000; Mansour, 1998) และแสดงบทบาทสำคัญในการกำจัดอนุมูลอิสระ (free radicals) (Smirnoff และ Cumbes, 1989; Alia และคณะ, 1995) ซึ่ง Alia และคณะ (2001) ทำการศึกษากลไกของโพรลีนที่มีต่อการสร้าง singlet oxygen ซึ่งเกิดขึ้นมากเมื่อพืชอยู่ในภาวะเครียดของพืช โดยพบว่าเมื่อพืชได้รับ

โพรลีนจากภายนอกในความเข้มข้นที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดการลดลงของปริมาณ singlet oxygen ที่มีในพืชได้

ในขบวนการสังเคราะห์โพรลีนนั้นมีผลต่อการลดความเป็นกรดและการปรับ Cytosolic pH (Venekamp, 1989) มีการผลิต NADP⁺ ซึ่งช่วยส่งเสริมกระบวนการ pentose phosphate pathway (Hagedorn และ Phang, 1986; Zheng และคณะ, 2001) และยังมีการผลิต NAD⁺ ซึ่งมีส่วนช่วยในกระบวนการปรับสมดุลระหว่างอัตราส่วนของ NADH/NAD⁺ ภายในเซลล์พืช (Alia และ Paradha, 1993) นอกจากนี้การสะสมโพรลีนยังเป็นการสะสมสารประกอบไนโตรเจนซึ่งพืชจะได้นำมาใช้ในการเจริญเติบโตภายหลังจากที่พืชพ้นจากภาวะเครียด (Serrano และ Gaxiola, 1994; Borsani และคณะ, 1999)

การสะสมโพรลีนในเนื้อเยื่อพืชนั้นเป็นผลเนื่องมาจาก

1. การลดลงของการสลายโพรลีน
2. การเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์โพรลีน
3. การลดลงของการสร้างโปรตีนและการนำโพรลีนไปใช้ในกระบวนการต่างๆ
4. การสลายตัวของโปรตีน

(Charest และ Phan, 1990 อ้างถึงใน Chen และคณะ, 2001)

เมื่อพืชอยู่ภายใต้ภาวะเครียด พืชจะเกิดการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากสาเหตุหลัก ดังนี้ คือ

- ถ้าพืชได้รับความเครียดจะส่งผลทำให้กระบวนการสร้าง glutamyl- γ -semialdehyde เกิดได้ดีขึ้น แต่จะยับยั้งกระบวนการเปลี่ยน glutamate ไปเป็น 2-oxoglutarate จึงเป็นการส่งเสริมกระบวนการสร้าง Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate (P5C) เพิ่มขึ้น (Boggess และคณะ, 1976b) เมื่อพืชมีปริมาณ P5C เพิ่มขึ้นจึงทำให้พืชมีการสร้างโพรลีนเพิ่มขึ้น
- เมื่อพืชอยู่ภายใต้ภาวะเครียด กระบวนการ proline oxidation จะถูกยับยั้ง เนื่องจากโพรลีนถูกเปลี่ยนไปเป็น glutamate ช้าลง (Boggess และ Stewart, 1976)
- สภาพความเครียด ทำให้กระบวนการสร้างโปรตีนช้าลง จึงเป็นสาเหตุให้มีการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้น (Hanson และ Tully, 1979; Stewart, 1972; Stewart และคณะ, 1977) ส่วนมากพบว่า การสะสมโพรลีนจะเกิดก่อนที่พืชจะชะงักการเจริญเติบโต (Hanson และ Tully, 1979)

แต่ในพืชบางชนิดกลับพบว่าการเพิ่มขึ้นของโพรลีนไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำให้พืชนั้นมีการปรับตัวให้ทนทานต่อภาวะเครียดได้ เช่น การศึกษาของ De Lacerda และคณะ (2003) พบว่าเมื่อปลูกข้าวฟ่าง 2 สายพันธุ์ซึ่งมีความทนต่อภาวะเค็มที่แตกต่างกันในภาวะเค็ม ปริมาณโพ-

ลีนของทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันแต่อย่างใด ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ ัญญวรัตน์ คงขุนเทียน (2546) ซึ่งทำการเปรียบเทียบปริมาณโพรลีนของข้าวเหลืองประทิว123 สายพันธุ์ที่ทนเค็มกับข้าวพันธุ์เดิมเหลืองประทิว123 ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็มขณะที่ต้นกล้าข้าวมีอายุ 15 วัน และทำการวัดประมาณโพรลีนทุกสัปดาห์หลังจากได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณโพรลีนของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน และการศึกษาของ Nayyar และ Walia (2003) ในข้าวสาลี Yokota (2003) ใน acacia รวมทั้งใน cassava (Sundaresan และ Sudhakaran, 1995) ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ Sivakumar และคณะ (1998) รายงานว่าหากพืชมีการสร้างและสะสมโพรลีนในปริมาณที่มากเกินไป จะส่งผลให้เกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Rubisco

กระบวนการสังเคราะห์โพรลีน

โพรลีนในพืชสังเคราะห์มาจากกระบวนการหลัก 2 กระบวนการ (Delauney และ Verma, 1993) คือ

1. กระบวนการสังเคราะห์โพรลีนโดยมี Glutamic acid เป็นสารตั้งต้น
2. กระบวนการสังเคราะห์โพรลีนโดยมี Ornithine เป็นสารตั้งต้น

เมื่อสารตั้งต้นเป็น glutamic acid จะมีเอนไซม์ Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) เป็น key enzyme ในการเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยน glutamic acid ไปเป็น glutamyl- γ -semialdehyde (โดยขั้นตอนนี้นับว่าเป็น rate-limiting step ของปฏิกิริยาการเปลี่ยน glutamic acid ไปเป็นโพรลีน) และเกิดการ dehydration เปลี่ยนเป็น Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate (P5C) โดยไม่ต้องใช้เอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยา (Delauney และ Verma, 1993) และเมื่อสารตั้งต้นเป็น ornithine จะอาศัยเอนไซม์ ornithine- δ -aminotransferase (OAT) เร่งปฏิกิริยา (Hervieu และคณะ, 1994) การเปลี่ยน ornithine ไปเป็น Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate (P5C) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกันกับผลผลิตของปฏิกิริยาที่ใช้ glutamic acid เป็นสารตั้งต้น จากนั้นเอนไซม์ Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate reductase (P5CR) จะเข้ามาทำปฏิกิริยาในการเปลี่ยน Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate ให้เป็นโพรลีนต่อไป (Yang และ Kao, 1999; Hanson และ Hitz, 1982)

Stewart และคณะ (1977) ได้รายงานถึงการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของโพรลีนในใบข้าวบาร์เลย์ เมื่ออยู่ภายใต้ภาวะขาดน้ำ โดยโพรลีนที่พบนั้นสร้างมาจาก glutamic acid ที่ถูก label ด้วย ^{14}C และ ^3H นอกจากนี้ยังมีการศึกษาโดยใช้ ^{14}C -labeled precursors (Morris และคณะ, 1969; Oaks และคณะ, 1970; Boggess และคณะ 1976b), ^{13}C -glutamate (Heyser และคณะ, 1989) และ ^{15}N (Rhodes และคณะ, 1986) ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นข้อพิสูจน์ว่าเมื่อพืชได้รับ osmotic stress

การสังเคราะห์โพรลีนที่ถูกชักนำจากภาวะเครียดดังกล่าวจะใช้ glutamic acid เป็นหลักในการเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โพรลีน

กระบวนการสลายโพรลีน

การสลายตัวของโพรลีนเกิดจากกระบวนการ proline oxidation โดยมีเอนไซม์ proline dehydrogenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งผลที่ได้จากปฏิกิริยานี้ก็คือ Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate (P5S) และจาก Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate จะเกิดปฏิกิริยาอีกขั้นตอนหนึ่งโดยมีเอนไซม์ Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate dehydrogenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้ glutamate เป็นผลผลิตออกมา (Hanson และ Hitz, 1982)

กระบวนการสร้างและการสลายตัวของโพรลีนจะอยู่ในสมดุลเมื่อพืชอยู่ในภาวะปกติ แต่หากพืชได้รับภาวะ osmotic stress จะมีผลทำให้กระบวนการ proline oxidation ถูกยับยั้ง (Boggess และคณะ, 1976a) และจากการศึกษาในช่วงเวลาระหว่างที่พืชกำลังจะฟื้นจากภาวะ osmotic stress พบว่าปริมาณของโพรลีนในต้นพืชลดลง เป็นผลเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ proline dehydrogenase ที่มีเพิ่มมากขึ้น และในทางตรงกันข้ามพบว่าเอนไซม์ P5CS ทำงานลดลง (Peng และคณะ, 1996)

อิทธิพลของภาวะแล้ง ภาวะเค็ม และกรดแอบไซซิก ต่อการแสดงออกของยีน Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) การสะสมโพรลีนและการปรับตัวของพืช

การศึกษาใน *Arabidopsis thaliana* L. พบว่าการสะสมโพรลีนเนื่องจากภาวะเค็มและภาวะแล้งนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของปริมาณ mRNA ของ ยีน Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) (Strizhov และคณะ, 1997) รัญญูรัตน์ คงขุนเทียน (2546) ซึ่งทำการศึกษาการแสดงออกของยีน P5CS และปริมาณโพรลีนในข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ได้รายงานว่าการที่ต้นกล้าข้าวได้รับภาวะเค็มจะมีการสะสมโพรลีนเพิ่มมากขึ้นและมีการแสดงออกของยีน P5CS เพิ่มมากขึ้นด้วย และจากการศึกษาการแสดงออกของยีน P5CS ด้วยวิธีการ Northern Blot Analysis ใน *Vigna* sp. ที่ปลูกในภาวะเค็มพบว่า ภาวะเค็มสามารถชักนำให้ยีน P5CS มีการแสดงออกที่โอบสูงกว่ำรอกมก (Hu และคณะ, 1992) เมื่อทำการทดลองกับ *Arabidopsis* โดยให้ภาวะแล้ง (desiccation) ภาวะเค็ม และกรดแอบไซซิกพบว่าปริมาณการแสดงออกของยีน P5CS อย่างมากทั้งโอบและรอก (Yoshiba และคณะ, 1995) ส่วน Nayar และ Walia (2003) ซึ่งทำการศึกษาโดยการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกกับข้าวสาลีในขณะที่ได้รับภาวะขาดน้ำพบว่า ส่งผลให้มีการสะสมโพรลีนมากกว่าในชุดที่ได้รับภาวะขาดน้ำแต่ไม่มีการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอก และยังพบว่าในช่วงที่ข้าวสาลีมีการฟื้นตัวจากภาวะขาดน้ำในชุดที่ได้รับกรดแอบไซซิกจะมีการลดลงของปริมาณโพรลีนซ้ำกว่าในชุดที่ไม่ได้รับกรดแอบไซซิก

Savouré และคณะ (1997) ซึ่งทำการทดลองใน *Arabidopsis thaliana* L. ได้เสนอว่า การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โพรลีน อาจขึ้นอยู่กับกระบวนการรับและส่งสัญญาณ (signal transduction) อย่างน้อย 2 กระบวนการ ซึ่งกระบวนการหนึ่งจะถูกชักนำโดยกรดแอบไซซิก ที่ให้จากภายนอกในภาวะที่พืชไม่ได้รับความเครียดใดๆ จากสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่นมีการศึกษา โดยทำการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกแก่ barley (Pesci, 1987) ข้าวโพด (Ober และ Sharp, 1994) *Arabidopsis* (Finkelstein และ Somerville, 1990) รวมถึงในข้าว (Chou และคณะ, 1991) พบว่าสามารถกระตุ้นให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีนในพืชเหล่านี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาซึ่งให้ผลที่ไม่สอดคล้องกันในยาสูบและทานตะวัน ซึ่งพบว่าถึงแม้ว่าจะมีการให้กรดแอบไซซิก จากภายนอกภายใต้ภาวะ osmotic stress ซึ่งพืชมีการสะสมโพรลีนอยู่ในปริมาณที่มากอยู่แล้วก็ ไม่ได้ส่งผลให้มีการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด (Aspinall and Paleg, 1981) ส่วนอีก กระบวนการหนึ่งจะถูกชักนำโดย cold stress และ osmotic stress ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอก โดยการทดลองได้ทำการติดตามการแสดงออกของยีน *At-P5CS* (*Arabidopsis thaliana* Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase) และ *At-P5CR* (*Arabidopsis thaliana* Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate reductase) ใน *Arabidopsis thaliana* L. ซึ่งเป็น wild type เปรียบเทียบกับ ABA-insensitive mutant ที่มีการสร้างกรดแอบไซซิกไม่แตกต่างจาก wild type และ ABA-deficient mutant ซึ่งมีการสร้างกรดแอบไซซิกในปริมาณที่ต่ำกว่า wild type เมื่อมีการให้กรดแอบไซซิกร่วมกับภาวะเครียด พบว่า *Arabidopsis thaliana* L. ทุก lines ต่างมีปริมาณ mRNA ของ ทั้งสองยีนเพิ่มขึ้นจากภาวะปกติ และจากการศึกษาของ Strizhov และคณะ (1997) ใน *Arabidopsis thaliana* L. พบว่ายีน *P5CS* มีอยู่ด้วยกัน 2 ยีน คือ *P5CS1* และ *P5CS2* โดยจะ พบว่ายีน *P5CS1* จะมีการแสดงออกได้ในเนื้อเยื่อของพืชเกือบทุกชนิด ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสอดคล้อง กับผลการทดลองของ Yoshida และคณะ (1999) ในขณะที่ยีน *P5CS2* จะมีการแสดงออกส่วนใหญ่ เฉพาะในเซลล์ที่มีการแบ่งตัว เช่นเดียวกันกับที่มีรายงานในข้าว (Hur และคณะ, 2004)

การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการทำให้พืชมีการแสดงออกของยีน *P5CS* เพิ่มขึ้นใน ยาสูบ (Kishor และคณะ, 1995), แครอท (Han และ Hwang, 2003) และข้าว (Zhu และคณะ, 1998) มีผลทำให้พืชดังกล่าวมีความทนเพิ่มมากขึ้น ส่วน Molinari และคณะ (2004) ซึ่ง ทำ transgenic citrus โดยยีน *P5CS* เป็นผลให้มีการสะสมโพรลีนในพืชดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นทั้งใน ภาวะปกติและภาวะแล้ง โดยไม่ส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่าเมื่ออยู่ในภาวะแล้ง ต้น transgenic จะสามารถรักษาปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไว้ได้ดีกว่าต้น พืชปกติ นอกจากนี้ยังมีการทดลองโดยทำการยับยั้งกระบวนการ feedback inhibition ของยีน *P5CS* ด้วยวิธีการ site-direct mutagenesis แล้วพบว่าทำให้พืชมีการสะสมโพรลีนเพิ่มมากขึ้นใน ภาวะปกติ และจะมีการสะสมเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนในภาวะขาดน้ำ เมื่อเทียบกับต้นพืช

ปกติ และในการทดลองนี้ยังพบว่าโพรลีนมีบทบาทในการช่วยลดอนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งเป็น การช่วยลด oxidative stress ของพืชเมื่อพืชอยู่ภายใต้ภาวะ osmotic stress อีกทางหนึ่งด้วย (Hong และคณะ, 2000)

Lee และ Hwang (2003) ได้รายงานความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการแสดงออกของยีน *P5CS* กับปริมาณโพรลีนที่มีใน *Zoysiagrass* (*Zoysia* sp.) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าใน *Zoysiagrass* นั้นการแสดงออกของยีน *P5CS* เป็นส่วนสำคัญที่สามารถบ่งชี้ปริมาณโพรลีนที่สร้างขึ้นได้ และใน *Arabidopsis* ซึ่งมีการทดลองโดยทำการลดปริมาณของการเกิด proline degradation โดยการทำ antisense ของยีน *proline dehydrogenase* ซึ่งก็พบว่าทำให้ความสามารถในการทนต่อภาวะเค็มสูงขึ้นเช่นกัน (Nanjo และคณะ, 1999)

นอกจากนี้ยังพบว่าการทำ transgenic rice โดยยีน *P5CS* แต่ใช้ promoter เพื่อควบคุมการแสดงออกที่แตกต่างกัน คือ ชุดแรกใช้ promoter ที่ควบคุมให้มีการแสดงออกได้ตลอดเวลา ส่วนอีกชุดหนึ่งใช้ promoter ที่แสดงออกได้เมื่อถูกชักนำด้วยภาวะเครียด พบว่าในภาวะปกติและภาวะขาดน้ำ transgenic ทั้งสองชุดมีปริมาณโพรลีนมากกว่าและสามารถที่จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นปกติ แต่ภายใต้ภาวะขาดน้ำกลับพบว่า transgenic rice ชุดที่ใช้ promoter ที่ถูกชักนำให้แสดงออกได้โดยภาวะเครียดสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า transgenic rice ชุดที่ใช้ promoter ที่ควบคุมให้มีการแสดงออกได้ตลอดเวลา (Su และ Wu, 2004)

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

พืชทดลอง

1. ข้าว (*Oryza sativa* L.) พันธุ์เหลืองประทิว123 (LPT123) ใช้เป็นชุดควบคุม
2. ข้าว (*Oryza sativa* L.) พันธุ์เหลืองประทิว123 สายพันธุ์ทนเค็ม (LPT123-TC171) (Vajrabhaya และ Vajrabhaya, 1991)

ซึ่งได้จากการเกิด somaclonal variation ของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 ในหลอดทดลอง คัดเลือกพันธุ์และผ่านการผสมตัวเองและคัดเลือกภายใต้ภาวะเค็มมา 6ชั่วรุ่น

ข้าว LPT123 และ ข้าว LPT123-TC171 มีความสามารถในการทนเค็ม (ธนะกาญจน์ มัญชุพาทน์, 2543; ธีฎฐารัตน์ คงขุนเทียน, 2546) และความสามารถในการทนแล้งแตกต่างกัน (Thikart และคณะ, 2005) นอกจากนี้เมื่อตรวจสอบด้วยวิธี RAPD ยังพบความแตกต่างกันในระดับพันธุกรรมอีกด้วย (Thikart และคณะ, 2005)

สถานที่ปลูกพืชทดลอง

โรงเรือนปฏิบัติการวิจัยข้าว หน่วยปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช่วงเวลาทำการทดลอง

ทำการปลูกข้าวระหว่างเดือน สิงหาคม 2546-กุมภาพันธ์ 2547 โดยเมื่อทำการวัดอุณหภูมิและความเข้มแสงระหว่างเวลา 10.00 น.-14.00 น. พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 35-42 องศาเซลเซียส และความเข้มแสงเฉลี่ยภายในโรงเรือนอยู่ระหว่าง 15,000-20,000 lux

อุปกรณ์การศึกษา

1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ปลูก

- ขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร
- ถาดพลาสติกขนาด 8x12 ตารางนิ้ว
- กระบะพลาสติกขนาด 50x100 ตารางเซนติเมตร
- ทราย

- เครื่องแก้วสำหรับพันสารเคมี
- ลูกยาง
- เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Digital electroconductivity meter)

2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของพืช

- กรรไกรตัดตัวอย่างพืช
- ไม้บรรทัด
- อลูมิเนียมฟอยล์
- เครื่องชั่งทศนิยม 3 และ 4 ตำแหน่งของหน่วยกรัม
- ตู้อบตัวอย่างพืช (Hot air oven)

3. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดและวัดปริมาณโปรตีน

- ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บตัวอย่าง (Deep Freezer) อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส
- โกร่งบด
- กระจกของเบอร์ 1
- หลอดทดลองขนาด 10 และ 30 มิลลิลิตร
- บีเปตแก้ว
- กรวยแก้ว
- ไมโครปิเปต
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (waterbath)
- เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer)
- เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
- cuvette
- อลูมิเนียมฟอยล์

4. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัด plasmid DNA

- ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บตัวอย่าง (Deep Freezer) อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส
- ไมโครปิเปต
- หลอด microcentrifuge
- ขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร
- หลอดทดลองขนาด 30 มิลลิลิตร

- เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Incubator)
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งของหน่วยกรัม
- เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (microcentrifuge)
- ชุดแยกกรดนิวคลีอิกด้วยกระแสไฟฟ้าในแนวระนาบ (Horizontal gel electrophoresis)
- เครื่องกำเนิดแสง UV (UV transilluminator)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (waterbath)
- เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer)
- เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
- cuvette
- pH meter
- ปีกเกอร์
- กระจกตวง
- microwave oven
- เครื่องกำเนิดแสง UV และถ่ายภาพเจล (Gel Doc™ 2000, BIO-RAD)

5. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัด RNA

- ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บตัวอย่าง (Deep Freezer) อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส
- ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บตัวอย่าง อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส
- โกร่งบด
- อลูมิเนียมฟอยล์
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath)
- ไมโครปิเปต
- เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (microcentrifuge)
- เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนชนิดควบคุมอุณหภูมิ (Refrigerated centrifuge)
- หลอด microcentrifuge
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- microwave oven
- เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer)
- เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
- cuvette

- ชุดแยกกรดนิวคลีอิกด้วยกระแสไฟฟ้าในแนวระนาบ (Horizontal gel electrophoresis)
- เครื่องกำเนิดแสง UV และถ่ายภาพเจล (Gel Doc™ 2000, BIO-RAD)

6. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการแสดงออกของยีนด้วยวิธี Northern Blot Analysis

- ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บตัวอย่าง (Deep Freezer) อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส
- ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บตัวอย่าง อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath)
- ไมโครไปเปต
- เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (microcentrifuge)
- เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนชนิดควบคุมอุณหภูมิ (Refrigerated centrifuge)
- หลอด microcentrifuge
- ชุดแยกกรดนิวคลีอิกด้วยกระแสไฟฟ้าในแนวระนาบ (Horizontal gel electrophoresis)
- ไม้บรรทัด
- pH meter
- บีกเกอร์
- กระจกตวง
- microwave oven
- เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
- cuvette
- เครื่องกำเนิดแสง UV และถ่ายภาพเจล (Gel Doc™ 2000, BIO-RAD)
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับทำ Hybridization (Hybridization oven)
- ตู้อบ (Hot air oven)
- กล่องพลาสติกขนาด 15x30 ตารางเซนติเมตร
- กล่องพลาสติกขนาด 12x15 ตารางเซนติเมตร
- กระดาษหนังสือพิมพ์
- กระดาษกรองเบอร์ 1
- แผ่นเมมเบรน (Hybond N⁺, Amersham Pharmacia Biotech UK Limited, UK)
- X-ray film

สารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้ในการปลูกข้าว

- สารเคมีสำหรับสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP no.2 (Vajrabhaya and Vajrabhaya, 1991) (ภาคผนวก ก)
- NaCl (Merck, Germany)
- PEG 6000 (Merck, Germany)

2. สารเคมีที่ใช้ในการชักนำการปรับตัวต่อภาวะแล้งและเค็ม

- \pm Abscisic acid (Cat. No. 1049, Sigma, USA)
- Triton X-100
- Ethanol

3. สารเคมีที่ใช้ในการสกัด และวัดปริมาณโพรลีน (Bates et al.,1973)

- 3% sulfosalicylic acid
- glacial acetic acid
- ninhydrin
- 6 M phosphoric acid
- toluene

4. สารเคมีที่ใช้ในการสกัด plasmid DNA

- LB Medium (ภาคผนวก ก)
- Solution I (ภาคผนวก ก)
- Solution II (ภาคผนวก ก)
- Solution III (ภาคผนวก ก)
- Ethyl alcohol
- Phenol:Chloroform (1:1) (V/V)
- Sodium acetate
- RNase
- TE Buffer (ภาคผนวก ก)
- Agarose
- 5X TBE (Tris Borate EDTA) (ภาคผนวก ก)

- DNA marker (1 kb DNA ladder, New England Biolabs, USA)
- DNA loading dye for agarose gel (ภาคผนวก ก)
- Ethidium bromide
- Ultra Clean™ 15 DNA Purification Kit (MOBIO Laboratories, Inc. USA)
- Restriction Enzyme (BamHI และ HindIII, New England Biolabs, USA)

5. สารเคมีที่ใช้ในการสกัด RNA

- RNA Extraction Buffer (ภาคผนวก ก)
- Phenol:Chloroform (1:1) (V/V)
- Ethyl alcohol
- 10 M LiCl₂
- TE Buffer(ภาคผนวก ก)
- Agarose
- 5X TBE (Tris Borate EDTA) (ภาคผนวก ก)
- RNA loading dye for agarose gel (ภาคผนวก ก)
- Ethidium bromide

6. สารเคมีที่ใช้ในการทำ Northern Blot Analysis

- Agarose
- RNA marker (RNA Ladder, New England Biolabs, USA)
- 10x MOPS (ภาคผนวก ก)
- RNA loading dye for formaldehyde gel (ภาคผนวก ก)
- Ethidium bromide
- 37% formaldehyde
- 20x SSC (ภาคผนวก ก)
- Maleic acid buffer (ภาคผนวก ก)
- Washing buffer (ภาคผนวก ก)
- Detection buffer (ภาคผนวก ก)
- Dig High Prime DNA Labeling and Detection Starter Kit II (Roche Diagnostic GmbH, Roche Applied Science, Germany)

- สารเคมีที่ใช้ในการล้างฟิล์ม (developer and fixer) (Kodak (Australia) PTY.LYD., Australia)

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาผลของการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อความสามารถในการต้านทานต่อความแล้งและความเค็มของข้าว

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีจำนวนซ้ำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น สำหรับวัดค่าการเติบโต และ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 60 ต้น สำหรับวัดอัตราการรอดตาย

1.2 ศึกษาผลของการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อความสามารถในการต้านทานต่อความเค็มของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171

1.2.1 เพาะเมล็ดข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ จำนวนพันธุ์/สายพันธุ์ละ 3000 เมล็ด โดยนำเมล็ดข้าวแช่น้ำ 1 คืน ก่อนนำมาเพาะบนทราย เป็นเวลา 7 วัน เพื่อย้ายปลูกต่อไป

1.2.2 เมื่อดันกล้าอายุ 7 วันนับจากวันเพาะ คัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดใกล้เคียงกันจำนวนพันธุ์/สายพันธุ์ละ 2040 ต้น เพื่อย้ายปลูกลงในขวดแก้วที่มีสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 (Vajrabhaya and Vajrabhaya, 1991) จำนวนขวดละ 20 ต้น เป็นเวลา 7 วัน โดยวางในโรงเรือนทดลองที่มีแสงตามธรรมชาติตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง ควบคุมระดับของสารละลายธาตุอาหาร โดยเติมน้ำให้สารละลายอยู่ในระดับเดียวกันกับตอนเริ่มต้นการทดลองทุกวัน

1.2.3 ย้ายต้นกล้าข้าวลงปลูกในขวดแก้วด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) เพื่อปลูกทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุกสัปดาห์

1.2.4 แบ่งต้นกล้าข้าวในข้อ 1.2.3 ออกเป็น 4 ชุดการทดลอง เพื่อพ่นด้วยสารละลายของกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ คือ 0, 50, 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ (ซึ่งการเลือกใช้ความเข้มข้นของกรดแอบไซซิกดังกล่าว ได้ดัดแปลงมาจากการทดลองของ Bohra และคณะ 1995) โดยทำการฉีดพ่นสารละลายของกรดแอบไซซิกในช่วงเวลา 6.30 น. ทุกๆ วัน เป็นเวลา

- 4 สัปดาห์ การเตรียมสารละลายกรดแอมไซซิกดัดแปลงมาจากวิธีของ Amzallag และคณะ (1990) ดังภาคผนวก ข
- 1.2.5 บันทึกผลการเติบโตทั้งหมดทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยการวัดความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว (โดยทำการวัดจากบริเวณส่วนโคนต้นที่ติดกับรากถึงกาบใบสุดท้ายบริเวณยอดที่ยังมีสีเขียวอยู่) ความยาวราก (โดยทำการวัดจากส่วนที่ติดกับโคนต้นถึงปลายของรากเส้นที่ยาวที่สุด) (รูปที่ 48 ภาคผนวก ค) จากนั้นนำตัวอย่างพืชมาแยกส่วนต้น และรากเพื่อชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำไปอบในตู้อบตัวอย่างพืชที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งของต้น และราก
- 1.2.6 เมื่อครบ 4 สัปดาห์แล้วจึงทำการย้ายต้นกล้าข้าวมาปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 เพื่อให้ต้นข้าวเจริญเติบโตในภาวะปกติ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการบันทึกผลการทดลองด้านการเติบโตอีกครั้ง และบันทึกจำนวนต้นที่รอดตายเพื่อคำนวณอัตราการรอดตายจากสูตร
 อัตราการรอดตาย = (จำนวนต้นที่รอดตาย/จำนวนต้นที่ปลูกทั้งหมด)×100
- 1.2.7 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)
- 1.3 ศึกษาผลของการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกที่มีต่อความสามารถในการต้านทานต่อความแล้งของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ทำการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 1.2 แต่เปลี่ยนการให้ภาวะเค็มเป็นการให้ภาวะแล้ง โดยย้ายต้นกล้าข้าวมาปลูกลงในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มี PEG 6000 ความเข้มข้น 225 กรัมต่อลิตร แทนการย้ายปลูกลงในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์
- 1.4 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 1.2 และ 1.3 เพื่อเลือกความเข้มข้นของ ABA ที่สามารถชักนำให้ต้นกล้าข้าวมีการปรับตัวต่อภาวะเค็ม และแล้งมาใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. การศึกษาผลของการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดความต้านทานในภาวะขาดน้ำ (ภาวะเค็มและภาวะแล้ง) จากข้อ 1.4 เมื่อต้นกล้าข้าวอยู่ในภาวะปกติ
 - 2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีจำนวนซ้ำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น
 - 2.2 เพาะเมล็ดจำนวน 500 เมล็ดต่อพันธุ์/สายพันธุ์ และปลูกข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ จำนวน 300 ต้นต่อพันธุ์/สายพันธุ์ ดังข้อ 1.2.1-1.2.2
 - 2.3 ย้ายต้นกล้าข้าวลงปลูกในขวดแก้วด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยแบ่งต้นกล้าข้าวออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดที่ 1 ไม่มีการฉีดพ่น ชุดที่ 2 ทำการพ่นน้ำ ($0 \mu\text{M}$ ABA) ชุดที่ 3 พ่น ABA ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดความต้านทานในภาวะขาดน้ำ จากข้อ 1.4 โดยทำการพ่นในช่วงเวลา 6.30 น. ทุกๆ วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์
 - 2.4 เมื่อทำการทดลองในข้อ 2.3 ครบเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการย้ายต้นกล้าข้าวลงปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 เป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยงดการฉีดพ่นในทุกชุดการทดลอง
 - 2.5 เก็บผลการเติบโตทุกสัปดาห์ โดยการวัดความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว ความยาวราก น้ำหนักสดของต้นและราก จากนั้นนำไปอบในตู้อบตัวอย่างพืชที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งของต้นและราก
 - 2.6 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และ ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)
3. การศึกษาผลของภาวะเค็ม ภาวะแล้ง และการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการสะสมโปรตีนในใบข้าว
 - 3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีจำนวนซ้ำ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น
 - 3.2 ศึกษาผลของภาวะเค็มและการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการสร้างโปรตีนในใบข้าว
 - 3.2.1 ทำการเพาะเมล็ดข้าวจำนวน 1500 เมล็ดต่อพันธุ์/สายพันธุ์ และปลูกต้นกล้าข้าวจำนวน 1080 ต้นต่อพันธุ์/สายพันธุ์ เช่นเดียวกันกับข้อ 1.2.1-1.2.3

และฉีดพ่นสารละลายกรดแอบไซซิก โดยใช้ความเข้มข้นของกรดแอบไซซิกที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดความต้านทานภาวะขาดน้ำในข้าวที่ได้จากการทดลองในข้อ 1.4 โดยมีชุดควบคุมคือ ชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นและชุดการทดลองที่พ่น 0 μM ABA (ภาคผนวก ข) และแบ่งออกเป็นชุดการทดลองต่างๆ ดังนี้คือ

- ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2
- ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 + พ่น 0 μM ABA
- ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 + พ่น ABA (ความเข้มข้นที่เหมาะสม)
- ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 + NaCl 0.5%
- ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 + NaCl 0.5% + พ่น 0 μM ABA
- ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 + NaCl 0.5% + พ่น ABA (ความเข้มข้นที่เหมาะสม)

3.2.2 วัดปริมาณโพรีลินในใบข้าวซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ Bates และคณะ (1973) จากชุดการทดลองต่าง ๆ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 หลังจากการให้ภาวะเค็ม

3.2.3 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3.3 การศึกษาผลของภาวะแล้งและการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการสร้างโพรีลินโดยทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.2 แต่เปลี่ยนจากการย้ายปลูกต้นกล้าข้าวมาปลูกลงในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มี PEG 6000 ความเข้มข้น 225 g/l แทนการย้ายปลูกลงในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% (w/v)

4. การศึกษาผลของการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการแสดงออกของยีน P5CS เมื่อข้าวอยู่ในภาวะแล้งและภาวะเค็ม

4.1 การศึกษาผลของ ABA ที่มีต่อการแสดงออกของยีน P5CS เมื่อข้าวอยู่ในภาวะเค็ม

4.1.1 ทำการเพาะเมล็ดข้าวและปลูกต้นกล้าข้าวโดยทำการจัดชุดการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 3.2

- 4.1.2 เก็บตัวอย่างใบข้าวจากข้อ 4.1.1 ในวันที่ 3, 6, 9, 12 และ 18 หลังจากการให้ภาวะเค็ม โดยใช้ไนโตรเจนเหลว และแช่แข็งไว้ในตู้แช่สำหรับเก็บตัวอย่าง
- 4.1.3 สกัด RNA จากใบข้าว ด้วยวิธี Hot phenol ซึ่งปรับปรุงจากวิธี Hot phenol ของ ปารวี ธิกาศ (2546) ดังภาคผนวก ข
- 4.1.4 นำ RNA ที่ได้ปริมาณ 40 μg มาวิเคราะห์การแสดงออกของยีน ด้วยวิธี northern blot analysis ตามวิธีของ Sambrook และคณะ (1989) โดยใช้การแยกด้วยกระแสไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 4 โวลต์ต่อเซนติเมตร เป็นเวลา 150 นาที และใช้ P5CS ขนาด 2 kb (P5CS_2kb_No.27) (ฉัญญารัตน์ คงขุนเทียน, 2546) ซึ่งเตรียมโดยวิธี Small-scale preparations of plasmid DNA, lysis by alkali (Sambrook และคณะ, 1989) จากนั้นนำ plasmid DNA ที่สกัดได้มาทำการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ BamHI และ HindIII (New England Biolabs, USA) เพื่อแยกเอาชิ้นส่วนของยีน P5CS มาใช้เป็น probe และทำให้ชิ้นส่วนของยีน P5CS ดังกล่าวบริสุทธิ์อีกครั้ง ด้วย Ultra Clean™ 15 DNA Purification Kit (MOBIO Laboratories, Inc. USA) จากนั้นจึงทำการติดฉลาก และนำไปใช้ในการตรวจสอบการแสดงออกของยีนตามวิธีการในคู่มือ Dig High Prime DNA Labeling and Detection Starter Kit II (Roche Diagnostic GmbH, Roche Applied Science, Germany)
- 4.2 การศึกษาผลของการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการแสดงออกของยีน P5CS เมื่อข้าวอยู่ในภาวะแล้งโดยทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4.1 เพียงแต่เปลี่ยนการย้ายปลูกต้นกล้าข้าวลงในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% (w/v) ในชุดทดลองต่างๆ มาเป็นสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มี PEG 6000 ความเข้มข้น 225 g/l และใช้การฉีดพ่นสารละลายกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่จะทำให้ข้าวต้านทานต่อภาวะแล้งได้ดีขึ้น จากนั้นทำการสกัด RNA รวมทั้งตรวจสอบการแสดงออกของยีน P5CS เช่นเดียวกันกับการทดลองในข้อ 4.1

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. การศึกษาผลของการให้กรดแอสไซติกจากภายนอกที่มีต่อความสามารถในการต้านทานต่อความแล้งและความเค็มของข้าว

1.1 ผลของกรดแอสไซติกที่มีต่อการเติบโตของข้าว LPT123 ภายใต้ภาวะเค็ม

เมื่อข้าว LPT123 ได้รับภาวะเค็ม โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% (w/v) พบว่าการเจริญทางด้านความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น และรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับข้าว LPT123 ซึ่งปลูกอยู่ภายใต้ภาวะปกติ โดยพบว่าหลังจากการได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะสามารถสังเกตเห็นรอยไหม้ที่บริเวณปลายใบอย่างเห็นได้ชัด แผ่นใบมีการม้วนงอเข้าหากัน จากนั้นเนื้อเยื่อของใบจะเริ่มตายจากปลายสู่โคนใบ ซึ่งความรุนแรงของลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ต้นกล้าขึ้นได้รับภาวะเค็ม และพบว่าต้นกล้าข้าวที่ได้รับภาวะเค็มจะมีความยาวรากมากกว่าต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ในภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการเติบโตทางด้านต่างๆ ของข้าว LPT123 ภายใต้ภาวะเค็มเป็นดังนี้

1.1.1 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว

ข้าว LPT123 ซึ่งปลูกในภาวะปกติมีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ที่ทำการทดลอง แต่เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่เกิดจากการเติมโซเดียมคลอไรด์ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ความเข้มข้น 0.5% (w/v) พบว่ากาบใบที่ยังคงสีเขียวมีการเพิ่มสูงขึ้นเฉพาะ 1 สัปดาห์แรกหลังจากได้รับภาวะเค็ม จากนั้นจึงลดลงเป็นลำดับ การพ่นกรดแอสไซติกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ มีส่วนช่วยชะลอการลดลงของส่วนของกาบใบที่มีสีเขียวได้ การฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติกที่ระดับความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ มีส่วนช่วยทำให้กาบใบมีความยาวของส่วนที่เป็นสีเขียวเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ได้รับภาวะเค็ม โดยกรดแอสไซติกที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีค่าความยาวของกาบใบที่ยังคงมีสีเขียวสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ที่เจริญภายใต้ภาวะเค็ม (ตารางที่ 1, รูปที่ 1)

1.1.2 ความยาวราก

ภาวะเค็มมีผลทำให้รากมีความยาวเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับภาวะปกติ ตั้งแต่ในสัปดาห์ที่ 1-5 หลังจากได้รับภาวะเค็ม ซึ่งลักษณะดังกล่าวพบในชุดการทดลองที่ต้นกล้าข้าวได้รับความเค็มไม่ว่าจะมีการฉีดพ่นกรดแอมโซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ หรือฉีดพ่นด้วยกรดแอมโซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ก็ตาม การฉีดพ่นกรดแอมโซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้กับต้นกล้าที่ได้รับภาวะเค็ม มีผลช่วยให้รากมีความยาวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการให้กรดแอมโซซิกจากภายนอกที่บางระดับความเข้มข้นมีผลทำให้ความยาวรากมีค่าน้อยกว่าความยาวรากของชุดการทดลองที่อยู่ในภาวะเค็มและได้รับการฉีดพ่นกรดแอมโซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ในบางสัปดาห์ เช่น ชุดการทดลองที่ได้รับกรดแอมโซซิกที่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 และชุดการทดลองที่ได้รับกรดแอมโซซิกความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 เป็นต้น (ตารางที่ 2, รูปที่ 2)

1.1.3 น้ำหนักสดต้น

ข้าว LPT123 ซึ่งปลูกในภาวะเค็ม พบว่าเพียง 2 สัปดาห์หลังจากเริ่มต้นการทดลอง ส่งผลให้ในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักสดต้นลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับข้าว LPT123 ซึ่งปลูกในภาวะปกติ สำหรับในชุดการทดลองที่ได้รับภาวะเค็ม พบว่าในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นกรดแอมโซซิกความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ ส่งผลทำให้มีน้ำหนักสดต้นเพิ่มขึ้นได้มากกว่าในชุดการทดลองที่ได้รับการและไม่ได้รับฉีดพ่นด้วยกรดแอมโซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ กรดแอมโซซิกที่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ส่งผลทำให้ต้นกล้าข้าวมีน้ำหนักสดต้นมากกว่าชุดการทดลองที่ได้รับกรดแอมโซซิกที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ ในสัปดาห์ที่ 2-4 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในชุดการทดลองที่ได้รับกรดแอมโซซิกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีน้ำหนักสดต้นมากกว่าชุดการทดลองที่ได้รับกรดแอมโซซิกที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ ในสัปดาห์ที่ 1-3 และในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่ได้รับการพ่นกรดแอมโซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ มีน้ำหนักสดต้นมากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ของการทดลอง แต่หลังจากนั้นพบว่าทั้งสองชุดการทดลองดังกล่าวมีน้ำหนักสดต้นที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3, รูปที่ 3)

1.1.4 น้ำหนักแห้งต้น

เพียง 1 สัปดาห์หลังจากเริ่มต้นการทดลอง พบว่าข้าว LPT123 ที่ปลูกในภาวะปกติมีน้ำหนักแห้งของต้นมากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ ที่อยู่ในภาวะเค็ม และพบว่าภาวะเค็มส่งผลกระทบต่อ การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชุดที่ไม่ได้รับการฉีดพ่น และชุดที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ นั้นมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งต้นน้อยกว่าในชุดที่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิก โดยพบว่าในสัปดาห์ที่ 2 ชุดที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิก ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ ในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง พบว่าชุดที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 และ 200 ไมโครโมลาร์ มีน้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในชุดการทดลองที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งมากกว่าในชุดที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 และ 200 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนสัปดาห์ที่ 4 และ 5 พบว่าชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งต้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในชุดการทดลองที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งมากกว่าในชุดที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ(ตารางที่ 4, รูปที่ 4)

1.1.5 น้ำหนักสดราก

ภาวะเค็มส่งผลให้รากของข้าว LPT123 มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นได้น้อยกว่าในภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลอง แต่พบว่าการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกแก่ต้นที่อยู่ภายใต้ภาวะเค็ม ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดรากได้มากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่มีการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลองเช่นกัน โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ จะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดรากมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ภายใต้ภาวะเดียวกัน โดยในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 พบว่าชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักสดรากที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 พบว่า ชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักสดรากมากกว่าชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5, รูปที่ 5)

1.1.6 น้ำหนักแห้งราก

ข้าว LPT123 ในภาวะเค็มที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้นอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะแตกต่างจากในชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์) ซึ่งมีน้ำหนักสดน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ของการทดลอง ส่วนสัปดาห์ที่ 3 และ 5 พบว่าต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่ได้รับการภาวะเค็มที่ได้รับการฉีดพ่นและไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์และกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ มีน้ำหนักแห้งรากที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าในชุดการทดลองที่ได้รับการกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ แต่ในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของน้ำหนักแห้งรากในทุกชุดการทดลองที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็ม และพบว่าน้ำหนักแห้งรากของชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ มีค่าไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่เจริญอยู่ในภาวะปกติ อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งรากของข้าว LPT123 ในภาวะปกติก็มีค่ามากกว่าในชุดการทดลองที่อยู่ภายใต้ภาวะเค็มตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 3 และในสัปดาห์ที่ 5 ของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่ากรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ต้นกล้าข้าวซึ่งเจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็มไม่ได้มีผลช่วยให้มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งรากแต่อย่างใด (ตารางที่ 6, รูปที่ 6)

1.1.7 อัตราการรอดตาย

การฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ข้าว LPT123 ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรอดชีวิตภายใต้ภาวะเค็มอย่างมีนัยสำคัญ แต่การฉีดพ่นกรดแอมไซซิกให้แก่ต้นกล้าข้าวภายใต้ภาวะดังกล่าวช่วยให้มีอัตราการรอดชีวิตเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อัตราการรอดตายของข้าว LPT123 ภายใต้ภาวะเค็มที่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าชุดการทดลองที่อยู่ภายใต้ภาวะเค็มซึ่งไม่ได้รับการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 7, รูปที่ 7)

ตารางที่ 1 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว (เซนติเมตร) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		6.53 \pm 0.18 ^{bcF}	6.40 \pm 0.07 ^{cdD}	6.28 \pm 0.12 ^{dC}	6.66 \pm 0.19 ^{abE}	6.79 \pm 0.14 ^{aD}	6.39 \pm 0.14 ^{cdD}
1		9.29 \pm 0.09 ^{aE}	7.81 \pm 0.13 ^{cA}	7.88 \pm 0.19 ^{cA}	7.78 \pm 0.10 ^{cd}	8.59 \pm 0.13 ^{bC}	8.65 \pm 0.13 ^{bB}
2		11.60 \pm 0.19 ^{aD}	7.30 \pm 0.04 ^{fB}	7.70 \pm 0.12 ^{eA}	10.19 \pm 0.14 ^{cA}	10.71 \pm 0.14 ^{bA}	9.18 \pm 0.10 ^{dA}
3		13.34 \pm 0.05 ^{aC}	6.85 \pm 0.12 ^{fC}	7.79 \pm 0.15 ^{eA}	9.75 \pm 0.08 ^{cB}	10.56 \pm 0.50 ^{bA}	8.53 \pm 0.16 ^{dB}
4		15.25 \pm 0.14 ^{abB}	6.33 \pm 0.16 ^{fD}	7.21 \pm 0.13 ^{eB}	9.51 \pm 0.14 ^{cC}	9.84 \pm 0.13 ^{bB}	8.33 \pm 0.06 ^{dB}
5		16.11 \pm 0.14 ^{aA}	6.41 \pm 0.17 ^{eD}	7.29 \pm 0.17 ^{dB}	9.79 \pm 0.12 ^{bB}	9.65 \pm 0.16 ^{bB}	7.96 \pm 0.49 ^{cC}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

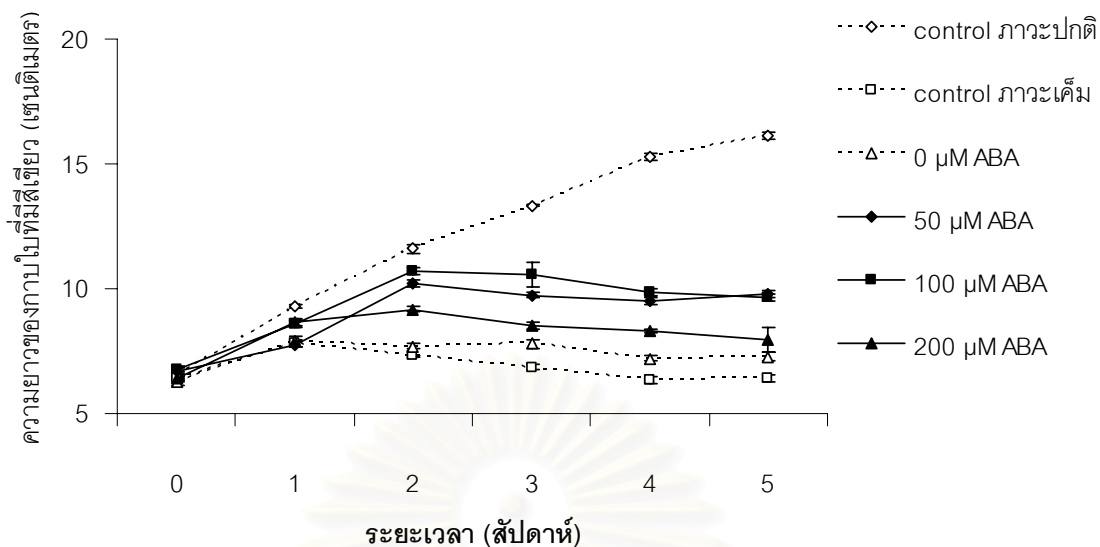
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 2 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

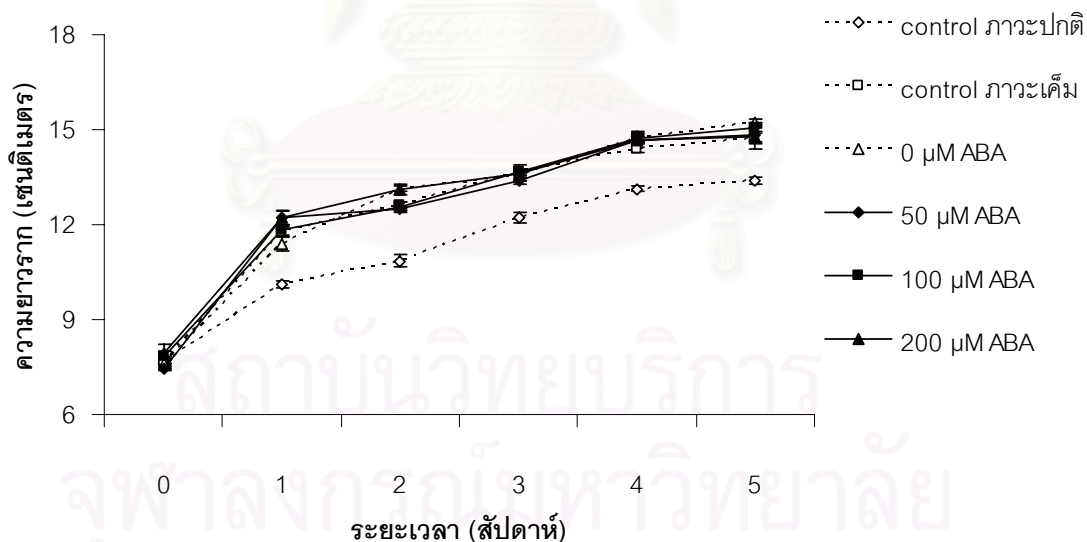
ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความยาวราก (เซนติเมตร) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		7.66 \pm 0.16 ^{bcF}	7.69 \pm 0.09 ^{bcF}	7.59 \pm 0.13 ^{bcF}	7.46 \pm 0.07 ^{ce}	7.81 \pm 0.21 ^{abF}	7.95 \pm 0.24 ^{aE}
1		10.13 \pm 0.10 ^{dE}	11.76 \pm 0.14 ^{bE}	11.41 \pm 0.23 ^{ce}	12.24 \pm 0.22 ^{aD}	11.85 \pm 0.17 ^{bE}	12.21 \pm 0.25 ^{aD}
2		10.85 \pm 0.20 ^{cd}	12.61 \pm 0.12 ^{bD}	13.14 \pm 0.10 ^{aD}	12.50 \pm 0.04 ^{bC}	12.56 \pm 0.17 ^{bD}	13.11 \pm 0.15 ^{aC}
3		12.23 \pm 0.15 ^{cC}	13.66 \pm 0.09 ^{aC}	13.56 \pm 0.17 ^{abC}	13.39 \pm 0.09 ^{bB}	13.68 \pm 0.06 ^{aC}	13.63 \pm 0.25 ^{aB}
4		13.13 \pm 0.10 ^{cB}	14.40 \pm 0.14 ^{bB}	14.73 \pm 0.09 ^{aB}	14.66 \pm 0.11 ^{aA}	14.74 \pm 0.14 ^{aB}	14.69 \pm 0.24 ^{aA}
5		13.39 \pm 0.13 ^{cA}	14.74 \pm 0.19 ^{bA}	15.20 \pm 0.11 ^{aA}	14.83 \pm 0.22 ^{bA}	15.08 \pm 0.17 ^{abA}	14.79 \pm 0.39 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 1 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



รูปที่ 2 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 3 น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสดต้น ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		7.43 \pm 0.50 ^{bcF}	7.61 \pm 0.24 ^{abB}	7.81 \pm 0.26 ^{abB}	7.14 \pm 0.03 ^{cE}	7.95 \pm 0.22 ^{aE}	7.50 \pm 0.26 ^{abcE}
1		18.40 \pm 0.27 ^{aE}	11.68 \pm 0.13 ^{fA}	12.10 \pm 0.36 ^{eA}	13.55 \pm 0.09 ^{dA}	14.69 \pm 0.21 ^{bA}	13.94 \pm 0.12 ^{cA}
2		24.46 \pm 0.61 ^{aD}	7.50 \pm 0.25 ^{fB}	8.13 \pm 0.22 ^{eB}	11.98 \pm 0.43 ^{cB}	12.59 \pm 0.33 ^{bB}	10.74 \pm 0.21 ^{dB}
3		32.69 \pm 0.90 ^{aC}	6.20 \pm 0.26 ^{eC}	6.44 \pm 0.13 ^{eC}	11.31 \pm 0.27 ^{cC}	12.94 \pm 0.34 ^{bB}	10.00 \pm 0.29 ^{dC}
4		39.60 \pm 1.88 ^{aB}	4.83 \pm 0.18 ^{dE}	5.71 \pm 0.13 ^{dD}	9.31 \pm 0.19 ^{bD}	9.11 \pm 0.21 ^{bcD}	7.95 \pm 0.25 ^{cE}
5		45.21 \pm 1.71 ^{aA}	5.20 \pm 0.37 ^{dD}	6.05 \pm 0.22 ^{dD}	9.69 \pm 0.34 ^{bcD}	10.66 \pm 0.40 ^{bC}	9.26 \pm 0.56 ^{cD}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

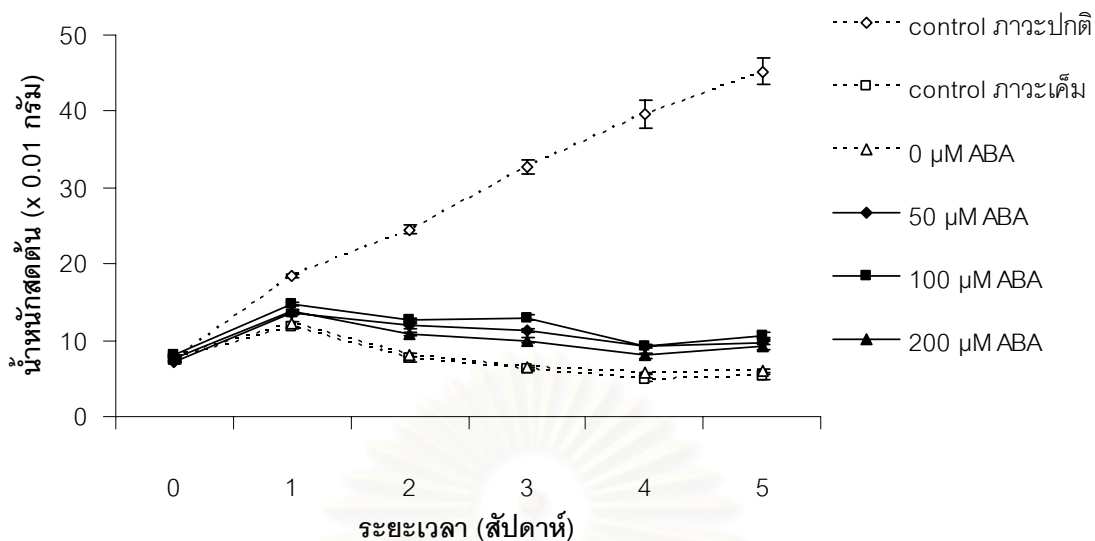
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

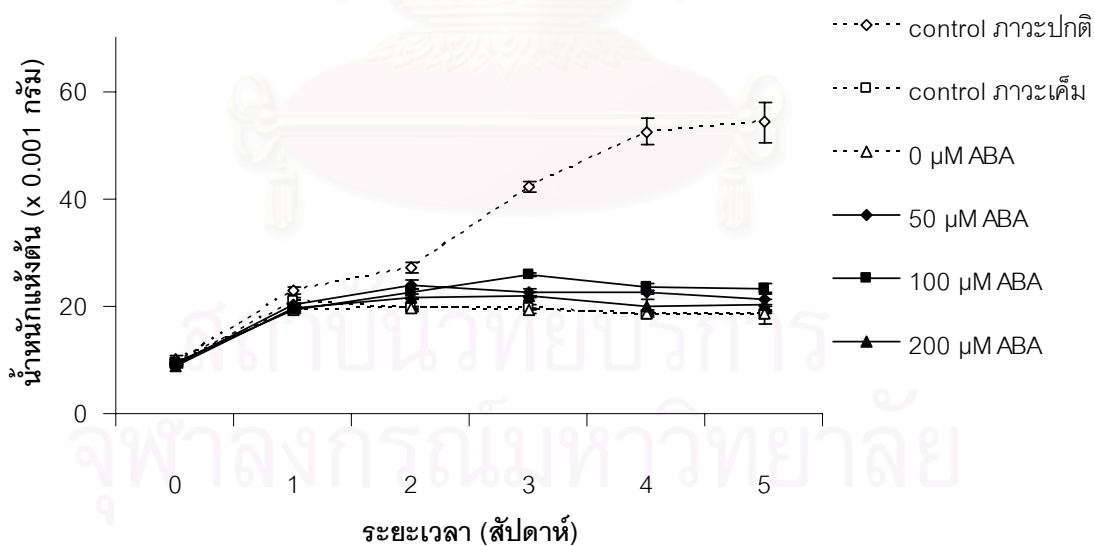
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งต้น ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		9.42 \pm 0.54 ^{aE}	9.13 \pm 0.21 ^{aE}	10.03 \pm 0.81 ^{aB}	9.19 \pm 0.46 ^{aE}	9.58 \pm 0.42 ^{aE}	8.96 \pm 0.44 ^{aC}
1		22.95 \pm 0.55 ^{aD}	21.05 \pm 0.48 ^{bA}	19.31 \pm 0.81 ^{dA}	20.20 \pm 0.34 ^{cD}	19.20 \pm 0.14 ^{dD}	19.58 \pm 0.22 ^{cdB}
2		27.18 \pm 0.91 ^{aC}	19.54 \pm 0.14 ^{eBC}	19.54 \pm 0.41 ^{eA}	24.01 \pm 0.87 ^{bA}	22.71 \pm 0.56 ^{cC}	21.50 \pm 0.19 ^{dA}
3		42.17 \pm 0.88 ^{aB}	19.76 \pm 0.44 ^{dB}	19.21 \pm 0.41 ^{dA}	22.63 \pm 0.56 ^{cB}	25.84 \pm 0.44 ^{bA}	22.01 \pm 0.57 ^{cA}
4		52.49 \pm 2.36 ^{aA}	18.45 \pm 0.51 ^{cCD}	18.79 \pm 0.62 ^{cA}	22.45 \pm 0.29 ^{bB}	23.59 \pm 0.59 ^{bB}	19.86 \pm 1.33 ^{cB}
5		54.26 \pm 3.74 ^{aA}	18.21 \pm 1.68 ^{dD}	18.75 \pm 0.19 ^{cdA}	21.30 \pm 1.06 ^{bcC}	23.34 \pm 0.87 ^{bBC}	20.19 \pm 0.96 ^{cdB}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 3 น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean ± standard error)



รูปที่ 4 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean ± standard error)

ตารางที่ 5 น้ำหนักสตรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสตราก ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		2.69 \pm 0.13 ^{aF}	2.63 \pm 0.17 ^{aF}	2.81 \pm 0.18 ^{aE}	2.70 \pm 0.32 ^{aF}	2.89 \pm 0.13 ^{aF}	2.71 \pm 0.09 ^{aF}
1		5.90 \pm 0.17 ^{aE}	3.34 \pm 0.34 ^{dE}	3.11 \pm 0.26 ^{dE}	4.90 \pm 0.31 ^{cE}	5.30 \pm 0.19 ^{bE}	5.03 \pm 0.13 ^{bcE}
2		10.30 \pm 0.17 ^{aD}	4.13 \pm 0.16 ^{dD}	4.50 \pm 0.23 ^{dD}	6.70 \pm 0.18 ^{bD}	6.80 \pm 0.17 ^{bD}	5.70 \pm 0.19 ^{cD}
3		13.80 \pm 0.25 ^{aC}	5.61 \pm 0.22 ^{dC}	5.20 \pm 0.25 ^{eC}	7.40 \pm 0.11 ^{bC}	7.71 \pm 0.28 ^{bC}	6.80 \pm 0.16 ^{cC}
4		14.54 \pm 0.22 ^{aB}	6.10 \pm 0.26 ^{fB}	6.50 \pm 0.16 ^{eB}	8.10 \pm 0.23 ^{cB}	8.51 \pm 0.11 ^{bB}	7.01 \pm 0.05 ^{dB}
5		17.61 \pm 0.41 ^{aA}	7.10 \pm 0.25 ^{eA}	7.21 \pm 0.24 ^{eA}	10.08 \pm 0.22 ^{cA}	10.91 \pm 0.14 ^{bA}	9.10 \pm 0.12 ^{dA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

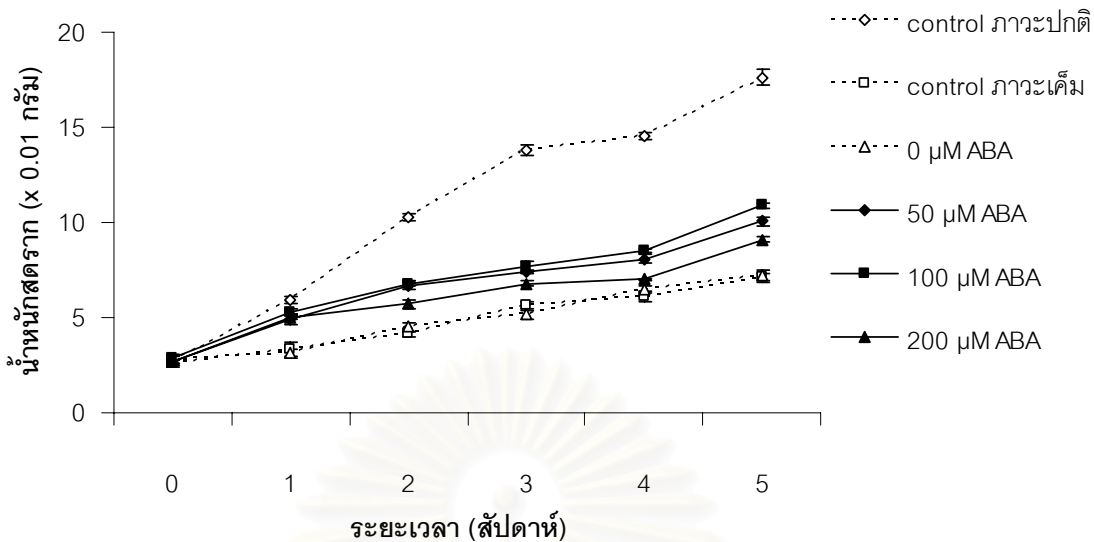
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 6 น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

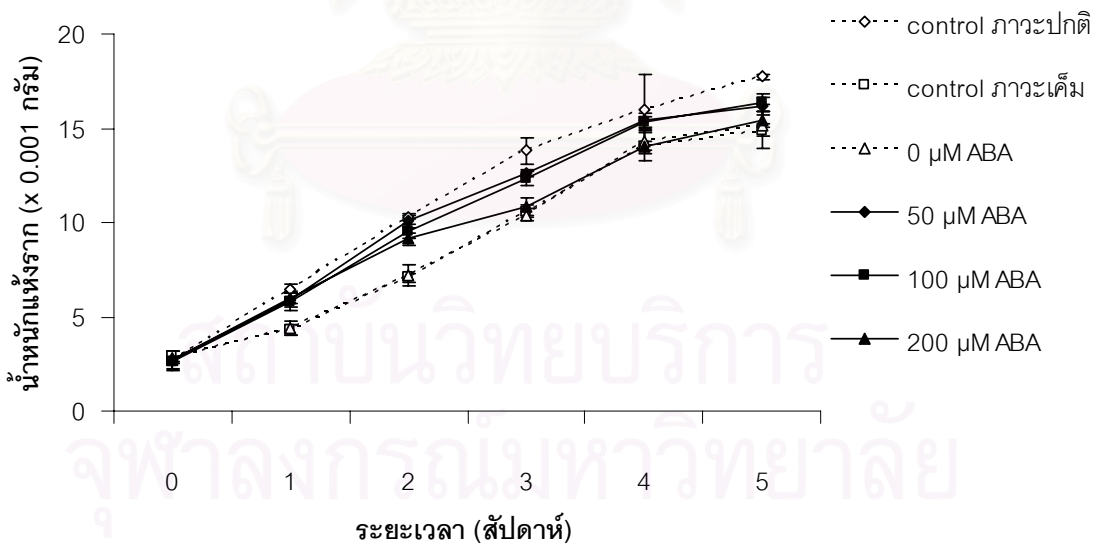
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งราก ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		2.73 \pm 0.21 ^{aF}	2.91 \pm 0.29 ^{aF}	2.80 \pm 0.04 ^{aE}	2.69 \pm 0.51 ^{aF}	2.60 \pm 0.33 ^{aF}	2.71 \pm 0.11 ^{aF}
1		6.48 \pm 0.22 ^{aE}	4.30 \pm 0.32 ^{cE}	4.39 \pm 0.39 ^{cD}	5.90 \pm 0.38 ^{bE}	5.80 \pm 0.43 ^{bE}	6.03 \pm 0.30 ^{abE}
2		10.33 \pm 0.16 ^{aD}	7.08 \pm 0.24 ^{cD}	7.21 \pm 0.55 ^{cC}	10.05 \pm 0.29 ^{aD}	9.53 \pm 0.38 ^{bD}	9.13 \pm 0.34 ^{bD}
3		13.80 \pm 0.69 ^{aC}	10.59 \pm 0.35 ^{cC}	10.41 \pm 0.34 ^{cB}	12.60 \pm 0.17 ^{bC}	12.33 \pm 0.40 ^{bC}	10.88 \pm 0.47 ^{cC}
4		15.99 \pm 0.83 ^{abB}	14.00 \pm 0.74 ^{bbB}	14.33 \pm 0.49 ^{baA}	15.41 \pm 0.38 ^{abB}	15.30 \pm 0.32 ^{abB}	14.00 \pm 0.32 ^{bbB}
5		17.71 \pm 0.16 ^{aA}	14.90 \pm 0.33 ^{caA}	15.13 \pm 0.16 ^{caA}	16.15 \pm 0.48 ^{baA}	16.36 \pm 0.48 ^{baA}	15.46 \pm 0.44 ^{bcA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 5 น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean ± standard error)



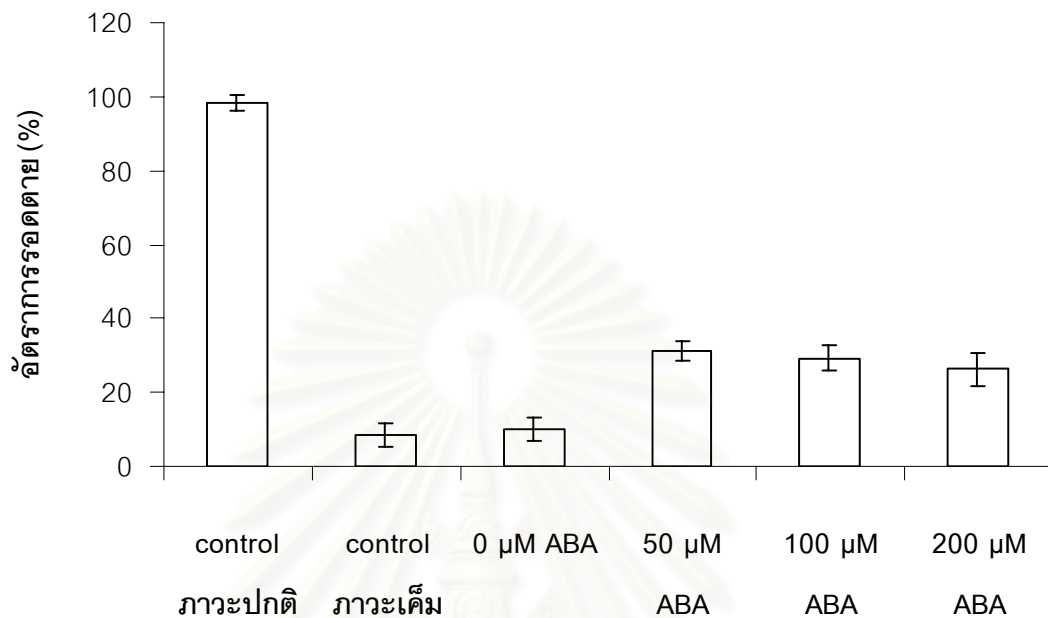
รูปที่ 6 น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean ± standard error)

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตายของข้าว LPT123 ภายหลังจากปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

	Treatment					
ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
การพ่น ABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
อัตราการรอดตาย (%)	98.33 \pm 2.36 ^a	8.33 \pm 3.04 ^c	10.00 \pm 3.04 ^c	31.25 \pm 2.85 ^b	29.17 \pm 3.47 ^b	26.25 \pm 4.59 ^b

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 7 อัตราการรอดตายของข้าว LPT123 ภายหลังจากปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

1.2 ผลของกรดแอมไซซิกที่มีต่อการเติบโตของข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะเค็ม

อาการความเสียหายอันเป็นผลเนื่องมาจากภาวะเค็ม เช่น ใบม้วน ปลายใบไหม้ จนลุกลามไปถึงโคนใบและใบแห้งตายไปในที่สุด ของข้าว LPT123-TC171 จะปรากฏขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากที่ได้รับภาวะเค็ม และลักษณะอาการดังกล่าวจะมีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป แต่ต้นกล้าข้าว LPT123-TC171 จะสามารถฟื้นตัวจากภาวะเค็มได้รวดเร็วกว่าข้าว LPT123 อย่างเห็นได้ชัดหลังจากที่ย้ายมาปลูกภายใต้ภาวะปกติ (rewater) เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ส่วนการเติบโตทางด้านต่างๆ ของข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะเค็มเป็นดังนี้

1.2.1 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว

ความเค็มมีผลทำให้ข้าว LPT123-TC171 มีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวเพิ่มขึ้นเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังจากที่ได้รับภาวะดังกล่าว จากนั้นความยาวของส่วนกาบใบที่เป็นสีเขียวมีค่าคงที่ และลดลงในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากที่ได้รับภาวะเค็ม ซึ่งแตกต่างจากต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองซึ่งเจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติที่ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การฉีดพ่นน้ำให้กับต้นกล้าข้าวที่ได้รับภาวะเค็มทำให้ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวเพิ่มขึ้นได้ไม่มากนัก ต่างจากการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีผลทำให้ความยาวของกาบใบส่วนที่ยังมีสีเขียวเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็ม การให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว ไม่แตกต่างจากต้นที่ปลูกในภาวะปกติในช่วง 2 สัปดาห์แรกที่ได้รับภาวะเค็ม ซึ่งต่างจากต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่อยู่ภายใต้ภาวะเค็มที่ได้รับและไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิก ความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ และได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ที่มีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวต่ำกว่าชุดการทดลองที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 พบว่า การฉีดพ่นกรดแอมไซซิกที่ทุกความเข้มข้นเป็นผลให้ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวมีค่ามากกว่าต้นกล้าข้าว LPT123-TC171 ในชุดการทดลองที่ได้รับภาวะเค็มแต่ไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ดี ข้าว LPT123-TC171 ซึ่งปลูกในภาวะปกติมีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวมากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ ที่ปลูกภายใต้ภาวะเค็มอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 8, รูปที่ 8)

1.2.2 ความยาวราก

ในภาวะปกติข้าว LPT123-TC171 จะมีความยาวรากน้อยกว่ารากของต้นกล้าข้าวซึ่งเจริญอยู่ภายใต้ในสัปดาห์ที่ 1 พบว่า รากของต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็ม ซึ่งไม่ได้รับการฉีดพ่นจะมีความยาวที่ไม่แตกต่างจากรากของต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเดียวกันซึ่งได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีค่ามากกว่าความยาวรากของชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ ชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ และกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ มีความยาวรากเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลอง และในสัปดาห์ที่ 3 พบว่าการเพิ่มขึ้นของความยาวรากของชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย 200 ไมโครโมลาร์ จะมีค่าสูงที่สุดในขณะที่การฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้รากมีความยาวมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 ส่วนในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็มซึ่งได้รับและไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ รวมทั้งในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าการฉีดพ่นน้ำให้แก่ต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็มส่งผลให้มีความยาวรากลดลงตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 2 แต่หลังจากนั้นจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเดียวกันซึ่งไม่ได้รับการฉีดพ่น (ตารางที่ 9, รูปที่ 9)

1.2.3 น้ำหนักสดต้น

การให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกส่งผลให้ข้าว LPT123-TC171 มีความสามารถในการรักษาระดับของน้ำหนักสดต้นภายใต้ภาวะเค็มเอาไว้ได้ดีขึ้น และภายหลังจากการ rewater เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีการสะสมน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นได้รวดเร็วกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ โดยชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีความสามารถในการรักษาระดับของน้ำหนักสดในระหว่างที่ได้รับภาวะเค็มและสะสมน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเมื่อกลับเข้าสู่ภาวะปกติได้ดีที่สุด และพบว่าการฉีดพ่นน้ำให้แก่ต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่ได้รับภาวะ

เค็มมีส่วนช่วยให้มีน้ำหนักสดต้นเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่น (ตารางที่ 10, รูปที่ 10)

1.2.4 น้ำหนักแห้งต้น

ในสัปดาห์แรกของการทดลองพบว่าน้ำหนักแห้งของข้าว LPT123-TC171 ภายภาวะเค็มที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นน้ำและกรดแอมโมเนียม ไนโตรเจน มีการลดลงมากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ แม้แต่ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมโมเนียม ไนโตรเจนความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ แต่ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 5 หลังจากที่ได้รับภาวะเค็ม พบว่าในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมโมเนียม ไนโตรเจนความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ มีน้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่สัปดาห์ที่ 4 ของการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นจะมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมโมเนียม ไนโตรเจนความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ การฉีดพ่นกรดแอมโมเนียม ไนโตรเจนช่วยให้ต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็มมีน้ำหนักแห้งต้นเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ได้รับและไม่ได้รับการฉีดพ่นน้ำที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเดียวกันหลังจากการเจริญภายใต้ภาวะดังกล่าวเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมโมเนียม ไนโตรเจนความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งต้นน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นภายใต้ภาวะเค็มอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากนั้นพบว่า การฉีดพ่นกรดแอมโมเนียม ไนโตรเจนที่ความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็มเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้มีน้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในสัปดาห์สุดท้ายหลังจากการ rewater ให้กับต้นกล้าข้าว พบว่าในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมโมเนียม ไนโตรเจนที่มีเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ มีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ภายใต้อุณหภูมิเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งต้นของข้าว LPT123-TC171 ซึ่งปลูกภายใต้ภาวะปกติก็มีค่ามากที่สุดและแตกต่างจากในชุดการทดลองที่อยู่ภายใต้ภาวะเค็มทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลอง (ตารางที่ 11, รูปที่ 11)

1.2.5 น้ำหนักสดราก

ข้าว LPT123-TC171 ในทุกชุดการทดลองจะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดรากในทุกๆ สัปดาห์ของการทดลอง โดยพบว่าข้าว LPT123-TC171 ซึ่งปลูกภายใต้ภาวะปกติจะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดรากมากที่สุด และภายใต้ภาวะเค็มพบว่าในชุดการ

ทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติกความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักสดของราก มากกว่าในชุดที่ไม่ได้รับการฉีดพ่น และชุดที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการทดลอง เป็นต้นไป แต่พบว่าในชุดการทดลองที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติกที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักสดรากมากที่สุดตามด้วยชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติกความเข้มข้น 100 และ 50 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ และพบว่า การฉีดพ่นกรดแอสไซติกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ต้นกล้าข้าวภายใต้ภาวะเค็มไม่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักสดรากอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเดียวกันในทุกสัปดาห์ ยกเว้นสัปดาห์ที่ 2 และ 5 ซึ่งพบว่าการฉีดพ่นกรดแอสไซติกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ มีผลให้น้ำหนักสดรากน้อยกว่าการไม่ฉีดพ่น (ตารางที่ 12, รูปที่ 12)

1.2.6 น้ำหนักแห้งราก

เช่นเดียวกับน้ำหนักสดของราก ข้าว LPT123-TC171 ซึ่งปลูกภายใต้ภาวะปกติจะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งรากมากที่สุดตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง ภายใต้ภาวะเค็มในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นกรดแอสไซติกจะมีน้ำหนักแห้งรากมากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญหลังจากสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลอง แต่ในชุดที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติกที่ความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 13, รูปที่ 13)

1.2.7 อัตราการรอดตาย

การให้กรดแอสไซติกจากภายนอกแก่ข้าว LPT123-TC171 ในภาวะเค็มส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการรอดชีวิตอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่มีการให้กรดแอสไซติกจากภายนอก ซึ่งการพ่นและไม่พ่นกรดแอสไซติกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ นั้นไม่ได้ทำให้อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด การฉีดพ่นกรดแอสไซติกที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ ทำให้ข้าว LPT123-TC171 มีอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่ามากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ ภายใต้ภาวะเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 14, รูปที่ 14)

ตารางที่ 8 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว (เซนติเมตร) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		7.46 \pm 0.10 ^{aF}	7.36 \pm 0.24 ^{aD}	7.60 \pm 0.18 ^{aE}	7.50 \pm 0.22 ^{aF}	7.76 \pm 0.11 ^{aF}	7.50 \pm 0.18 ^{aF}
1		10.80 \pm 0.07 ^{bE}	9.06 \pm 0.19 ^{dBC}	9.06 \pm 0.19 ^{dC}	9.71 \pm 0.11 ^{cE}	10.91 \pm 0.22 ^{abE}	11.21 \pm 0.39 ^{aE}
2		11.66 \pm 0.31 ^{aD}	9.30 \pm 0.04 ^{CB}	9.20 \pm 0.15 ^{cC}	10.58 \pm 0.13 ^{bD}	11.69 \pm 0.08 ^{aD}	11.75 \pm 0.34 ^{aD}
3		13.39 \pm 0.25 ^{aC}	9.36 \pm 0.34 ^{dB}	9.58 \pm 0.14 ^{dB}	10.91 \pm 0.11 ^{cC}	12.36 \pm 0.10 ^{bC}	12.63 \pm 0.39 ^{bC}
4		16.10 \pm 0.17 ^{aB}	8.84 \pm 0.12 ^{dC}	8.70 \pm 0.08 ^{dD}	12.41 \pm 0.22 ^{cB}	13.23 \pm 0.37 ^{bB}	13.31 \pm 0.33 ^{bB}
5		17.65 \pm 0.07 ^{aA}	10.33 \pm 0.18 ^{fA}	10.94 \pm 0.05 ^{eA}	13.21 \pm 0.23 ^{dA}	14.59 \pm 0.20 ^{cA}	14.98 \pm 0.16 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

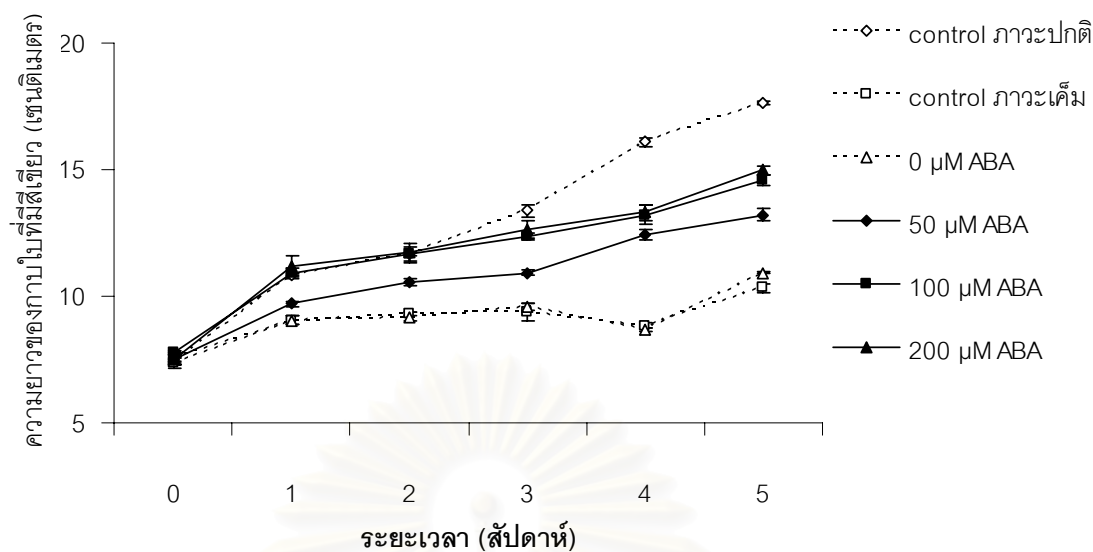
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 9 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

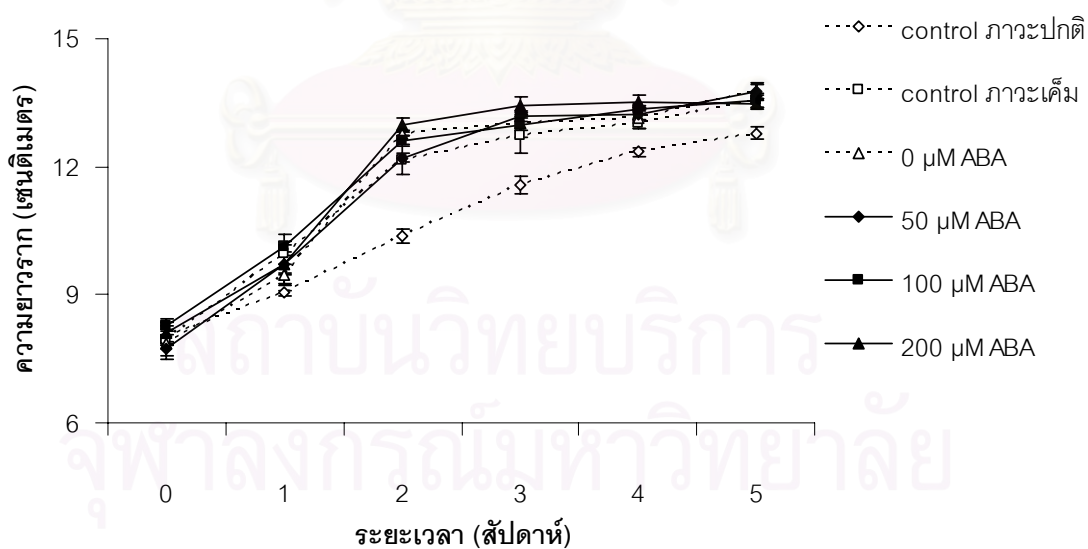
ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความยาวราก (เซนติเมตร) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		8.04 \pm 0.17 ^{abF}	7.94 \pm 0.14 ^{abE}	7.88 \pm 0.38 ^{bE}	7.73 \pm 0.16 ^{bE}	8.29 \pm 0.15 ^{aE}	8.09 \pm 0.28 ^{abD}
1		9.04 \pm 0.06 ^{cE}	9.96 \pm 0.44 ^{aD}	9.48 \pm 0.23 ^{bcD}	9.70 \pm 0.23 ^{abD}	10.11 \pm 0.13 ^{aD}	9.70 \pm 0.46 ^{abC}
2		10.39 \pm 0.17 ^{dD}	12.15 \pm 0.33 ^{cC}	12.79 \pm 0.08 ^{abC}	12.20 \pm 0.11 ^{cC}	12.63 \pm 0.09 ^{bC}	12.98 \pm 0.16 ^{aB}
3		11.59 \pm 0.21 ^{dC}	12.74 \pm 0.42 ^{cB}	13.03 \pm 0.16 ^{bcBC}	13.19 \pm 0.13 ^{abB}	12.99 \pm 0.29 ^{bcB}	13.43 \pm 0.22 ^{aA}
4		12.34 \pm 0.12 ^{dB}	13.00 \pm 0.11 ^{cB}	13.15 \pm 0.24 ^{bcB}	13.24 \pm 0.13 ^{bcB}	13.34 \pm 0.11 ^{abA}	13.50 \pm 0.19 ^{aA}
5		12.79 \pm 0.14 ^{cA}	13.54 \pm 0.15 ^{abA}	13.78 \pm 0.19 ^{aA}	13.75 \pm 0.16 ^{aA}	13.55 \pm 0.16 ^{abA}	13.46 \pm 0.11 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 8 ความยาวของก้านใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



รูปที่ 9 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 10 น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสดต้น ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		8.71 \pm 0.19 ^{abcF}	8.43 \pm 0.26 ^{cE}	9.01 \pm 0.16 ^{aE}	8.90 \pm 0.07 ^{abE}	8.60 \pm 0.20 ^{bcE}	8.81 \pm 0.29 ^{abF}
1		19.85 \pm 0.53 ^{aE}	12.41 \pm 0.19 ^{fD}	13.51 \pm 0.40 ^{eC}	17.38 \pm 0.23 ^{dA}	18.69 \pm 0.02 ^{cB}	19.26 \pm 0.36 ^{bC}
2		31.90 \pm 0.16 ^{aD}	15.74 \pm 0.43 ^{eA}	15.40 \pm 0.13 ^{eA}	16.68 \pm 0.17 ^{dB}	19.81 \pm 0.30 ^{cA}	21.41 \pm 0.18 ^{bA}
3		34.34 \pm 0.13 ^{aC}	14.29 \pm 0.16 ^{dB}	13.86 \pm 0.30 ^{eBC}	14.60 \pm 0.19 ^{dC}	16.34 \pm 0.44 ^{cC}	17.10 \pm 0.21 ^{bD}
4		44.76 \pm 0.69 ^{aB}	12.74 \pm 0.15 ^{dCD}	12.13 \pm 0.22 ^{eD}	13.29 \pm 0.12 ^{cD}	14.79 \pm 0.28 ^{bD}	15.11 \pm 0.18 ^{bE}
5		52.28 \pm 1.58 ^{aA}	13.13 \pm 0.33 ^{dC}	13.94 \pm 0.26 ^{dB}	16.61 \pm 0.32 ^{cB}	19.70 \pm 0.28 ^{bA}	20.44 \pm 0.42 ^{bB}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

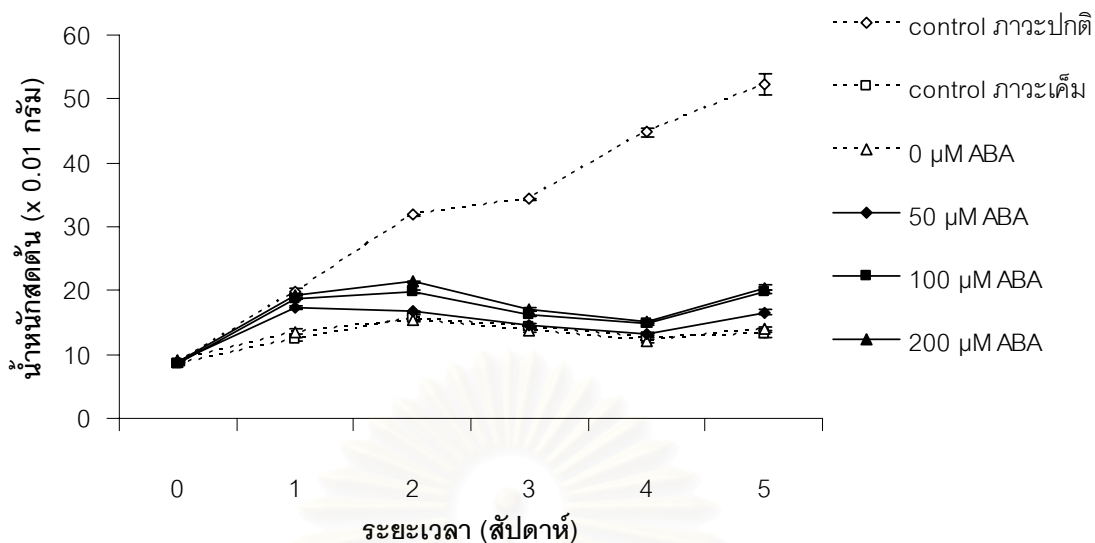
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 11 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

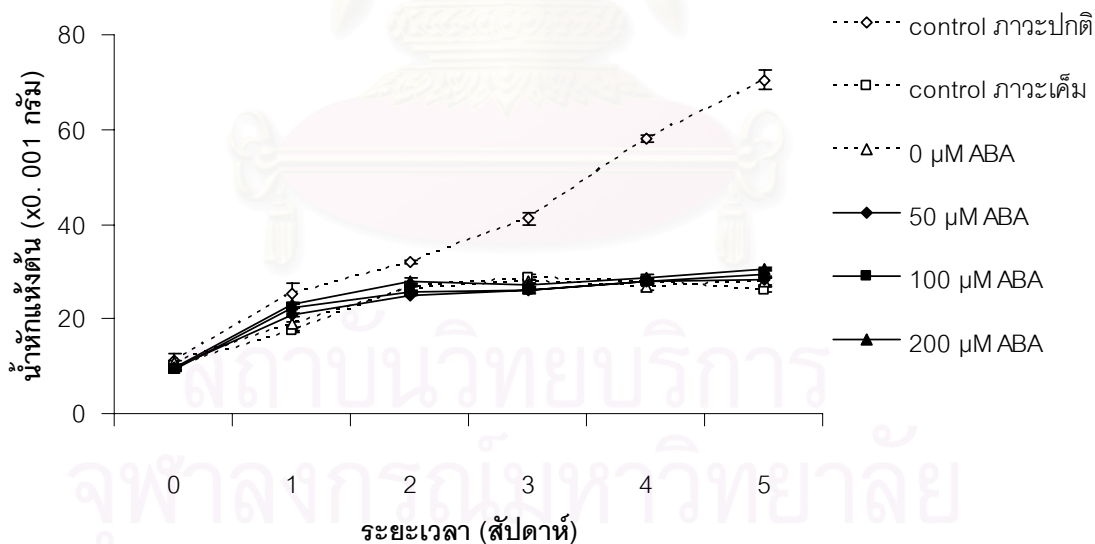
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งต้น ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		11.05 \pm 1.52 ^{aF}	10.11 \pm 0.49 ^{abcd}	10.79 \pm 0.23 ^{abd}	9.70 \pm 0.23 ^{bcE}	9.49 \pm 0.42 ^{cE}	9.69 \pm 0.37 ^{bcE}
1		25.45 \pm 2.09 ^{aE}	17.38 \pm 0.29 ^{eC}	18.91 \pm 0.57 ^{dc}	20.78 \pm 0.46 ^{cD}	22.40 \pm 0.08 ^{bD}	23.24 \pm 0.31 ^{bD}
2		31.91 \pm 0.44 ^{aD}	26.74 \pm 0.94 ^{cB}	26.24 \pm 0.40 ^{cdB}	25.04 \pm 0.22 ^{eC}	25.71 \pm 0.25 ^{deC}	27.76 \pm 0.72 ^{bBC}
3		41.20 \pm 1.38 ^{aC}	28.54 \pm 0.87 ^{bA}	27.85 \pm 0.26 ^{bA}	26.21 \pm 0.50 ^{cB}	26.06 \pm 0.61 ^{cC}	27.29 \pm 0.95 ^{bcC}
4		58.04 \pm 0.60 ^{aB}	27.81 \pm 0.50 ^{bA}	26.65 \pm 0.70 ^{cB}	27.89 \pm 0.70 ^{bA}	28.01 \pm 0.56 ^{bB}	28.61 \pm 0.92 ^{bB}
5		70.45 \pm 1.95 ^{aA}	26.19 \pm 0.58 ^{eB}	27.79 \pm 0.90 ^{dA}	28.21 \pm 0.88 ^{cdA}	29.48 \pm 0.68 ^{bcA}	30.63 \pm 0.19 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 10 น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหาร สูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



รูปที่ 11 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 12 น้ำหนักสตรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสตราก ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		3.40 \pm 0.17 ^{aF}	3.01 \pm 0.40 ^{aE}	3.31 \pm 0.50 ^{aF}	3.21 \pm 0.18 ^{aF}	2.99 \pm 0.18 ^{aF}	3.39 \pm 0.43 ^{aF}
1		7.71 \pm 0.46 ^{aE}	4.71 \pm 0.14 ^{cdD}	4.71 \pm 0.06 ^{cdE}	4.40 \pm 0.15 ^{cdE}	4.90 \pm 0.18 ^{bcE}	5.23 \pm 0.20 ^{bE}
2		12.60 \pm 0.27 ^{aD}	6.20 \pm 0.18 ^{ec}	5.20 \pm 0.24 ^{fd}	7.41 \pm 0.21 ^{cd}	8.23 \pm 0.20 ^{cd}	9.51 \pm 0.24 ^{bd}
3		14.71 \pm 0.24 ^{aC}	6.90 \pm 0.09 ^{eb}	6.70 \pm 0.12 ^{ec}	8.50 \pm 0.27 ^{dc}	9.50 \pm 0.15 ^{cc}	10.70 \pm 0.19 ^{bc}
4		17.80 \pm 0.21 ^{ab}	7.20 \pm 0.14 ^{eb}	7.31 \pm 0.34 ^{eb}	9.01 \pm 0.13 ^{db}	10.10 \pm 0.15 ^{cb}	11.30 \pm 0.16 ^{bb}
5		19.00 \pm 0.32 ^{aA}	9.90 \pm 0.27 ^{ea}	9.51 \pm 0.19 ^{fa}	12.20 \pm 0.26 ^{da}	14.51 \pm 0.18 ^{ca}	15.90 \pm 0.12 ^{ba}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

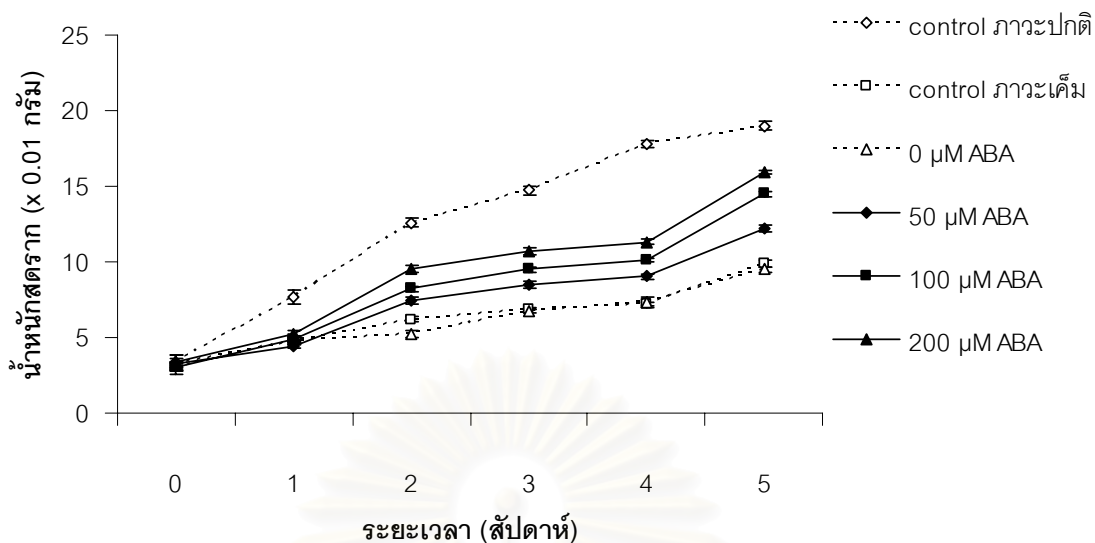
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 13 น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

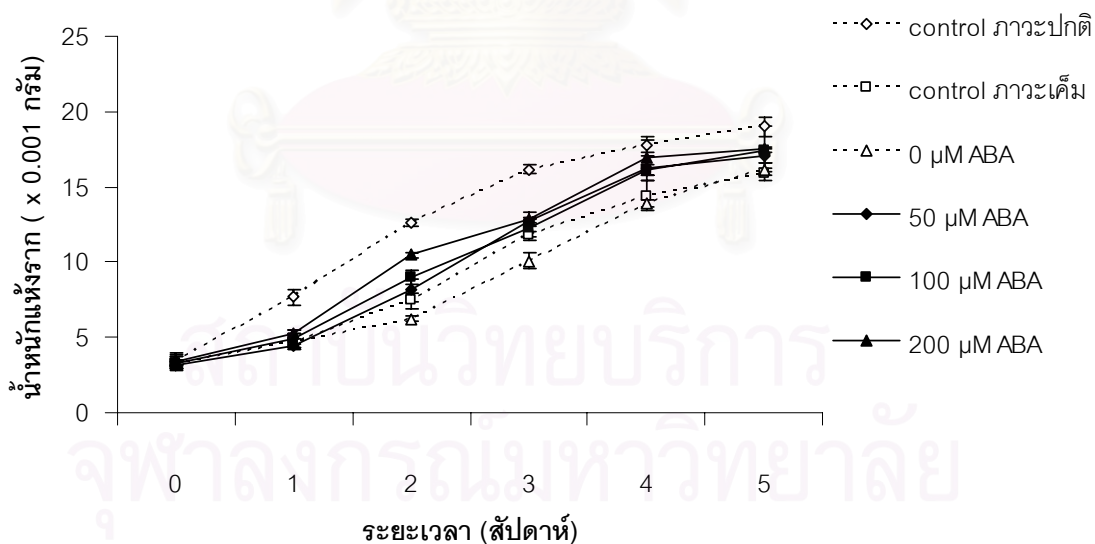
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งราก ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error						
	ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		3.41 \pm 0.30 ^{aF}	3.31 \pm 0.56 ^{aF}	3.30 \pm 0.39 ^{aF}	3.21 \pm 0.14 ^{aF}	3.30 \pm 0.19 ^{aF}	3.40 \pm 0.52 ^{aE}
1		7.70 \pm 0.53 ^{aE}	4.71 \pm 0.53 ^{bcE}	4.70 \pm 0.51 ^{bcE}	4.41 \pm 0.13 ^{cE}	4.90 \pm 0.59 ^{bcE}	5.21 \pm 0.53 ^{bD}
2		12.64 \pm 0.22 ^{aD}	7.44 \pm 0.52 ^{ed}	6.24 \pm 0.21 ^{fd}	8.14 \pm 0.78 ^{cd}	9.00 \pm 0.46 ^{cd}	10.46 \pm 0.17 ^{bc}
3		16.16 \pm 0.26 ^{aC}	11.76 \pm 0.33 ^{cC}	10.10 \pm 0.48 ^{cd}	12.76 \pm 0.10 ^{bc}	12.31 \pm 0.61 ^{bc}	12.84 \pm 0.47 ^{bc}
4		17.81 \pm 0.54 ^{ab}	14.41 \pm 1.01 ^{cb}	13.89 \pm 0.24 ^{cb}	16.20 \pm 0.81 ^{bb}	16.09 \pm 0.34 ^{bb}	16.95 \pm 1.12 ^{abA}
5		18.99 \pm 0.66 ^{aA}	15.86 \pm 0.38 ^{da}	16.15 \pm 0.39 ^{cdA}	17.09 \pm 0.51 ^{bcA}	17.44 \pm 0.11 ^{ba}	17.49 \pm 1.51 ^{ba}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 12 น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



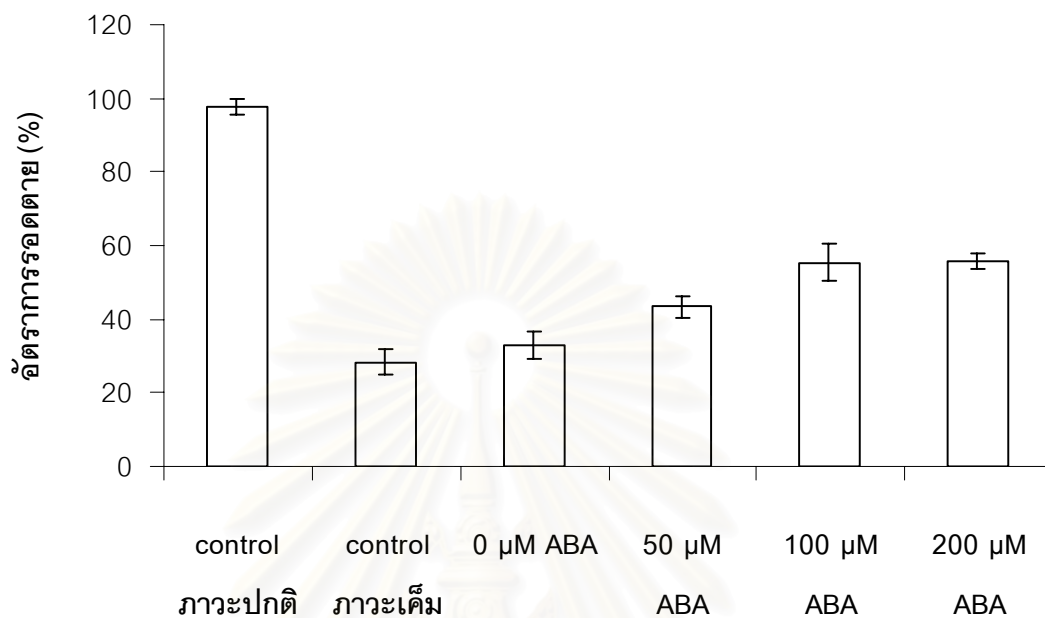
รูปที่ 13 น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 14 อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 ภายหลังจากปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

		Treatment				
ความเค็ม	-	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl	0.5% NaCl
การพ่น ABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
อัตราการรอดตาย (%)	97.50 \pm 2.15 ^a	28.33 \pm 3.60 ^d	32.92 \pm 3.70 ^d	43.33 \pm 3.04 ^c	55.42 \pm 4.98 ^b	55.83 \pm 2.15 ^b

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 14 อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ผลของกรดแอบไซซิกที่มีต่อการเติบโตของข้าว LPT123 ภายใต้ภาวะแล้ง

ในสัปดาห์แรกของการทดลองภายใต้ภาวะแล้ง พบว่าต้นกล้าข้าว LPT123 จะยังไม่แสดงอาการที่บ่งบอกว่าได้รับความเสียหายจากภาวะดังกล่าว แต่ในสัปดาห์ที่ 2 จะพบว่าการเติบโตของต้นกล้าเริ่มลดลงและใบมีการม้วนงอเข้าหากัน ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะเกิดขึ้นที่ใบแก่ก่อน พอสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของการทดลอง ใบดังกล่าวก็จะแห้งเหี่ยวตายไป แต่ใบที่เกิดขึ้นมาใหม่ๆ ในช่วง 2-3 วันแรกก็จะไม่แสดงอาการ แต่หลังจากนั้นใบก็จะมีการม้วนงอและมีอาการไหม้ที่ปลายใบ นอกจากนี้ยังพบว่าการยืดยาวของใบของต้นกล้าข้าวที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้งมีน้อยกว่าต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติ ส่วนการเติบโตทางด้านต่างๆ ของข้าว LPT123 ภายใต้ภาวะแล้งเป็นดังนี้

1.3.1 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว

ข้าว LPT123 ภายใต้ภาวะแล้งที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกจะมีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวน้อยกว่าในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง โดยพบว่าในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ จะมีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ภายใต้ภาวะเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนถึงชุดการทดลองต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ จะมีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และพบว่า การฉีดพ่นกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้งเป็นผลให้มีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวเพิ่มมากขึ้นกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการทดลอง แต่ภายหลังจากสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไปจะไม่มี ความแตกต่างทางด้านความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวระหว่างทั้งสองชุดการทดลองดังกล่าว(ตารางที่ 15, รูปที่ 15)

1.3.2 ความยาวราก

ข้าว LPT123 ซึ่งปลูกภายใต้ภาวะปกติจะมีความยาวรากน้อยกว่าข้าว LPT123 ที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะแล้งในทุกชุดการทดลอง ภายใต้ภาวะแล้งพบว่า การฉีดพ่นกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ มีผลให้รากมีความยาวเพิ่มมากขึ้นกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 5 พบว่ารากของ

ต้นกล้าข้าวที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ จะมีความยาวนานน้อยกว่าชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ จะมีความยาวรากมากที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 16, รูปที่ 16)

1.3.3 น้ำหนักสดต้น

ภายใต้ภาวะแล้งพบว่า ข้าว LPT123 ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิก มีแนวโน้มที่จะสามารถรักษาน้ำหนักสดไว้ได้ดีกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งจะพบว่าน้ำหนักสดต้นของชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีค่ามากกว่าน้ำหนักสดต้นของชุดการทดลองที่ได้รับและไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ การฉีดพ่นน้ำให้แก่ต้นกล้าข้าวภายใต้ภาวะแล้งส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดต้นได้ในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากได้รับภาวะแล้ง แต่หลังจากนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าน้ำหนักสดต้นของชุดการทดลองที่ได้รับและไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ในสัปดาห์สุดท้ายหลังจากที่ต้นกล้าข้าวได้รับการ rewater พบว่าชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิก จะสามารถมีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น ซึ่งข้าว LPT123 ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย 100 ไมโครโมลาร์ มีน้ำหนักสดต้นมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ขณะที่ในชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นและชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ไม่มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดแต่อย่างใด (ตารางที่ 17, รูปที่ 17)

1.3.4 น้ำหนักแห้งต้น

ข้าว LPT123 ซึ่งปลูกในภาวะปกติ มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าข้าว LPT123 ที่ปลูกภายใต้ภาวะแล้งในทุกชุดการทดลองตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลอง ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลองซึ่งพบว่า ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ นั้นมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าในภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญ ข้าว LPT123 ที่ปลูกในภาวะแล้งมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งได้ในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการทดลอง หลังจากนั้นน้ำหนักแห้งจะค่อนข้างคงที่ โดยที่ในชุด

การทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิก จะมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกอย่างมีนัยสำคัญ และในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ ที่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกอย่างมีนัยสำคัญ และในสัปดาห์สุดท้ายหลังจากต้นกล้าข้าวได้รับการ rewater พบว่าในชุดการทดลองที่มีการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกจะมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าในชุดที่ไม่ได้รับกรดแอมไซซิกจากภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ น้ำหนักแห้งต้นของชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นและไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ภายใต้ภาวะแล้งจะไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (ตารางที่ 18, รูปที่ 18)

1.3.5 น้ำหนักสตราก

ข้าว LPT123 ซึ่งปลูกภายใต้ภาวะแล้งและไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิก จะมีน้ำหนักสตรากน้อยกว่าข้าว LPT123 ในภาวะแล้งที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลอง และจะน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจนในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากได้รับภาวะแล้ง และพบว่าในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักสตรากมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามพบว่าข้าว LPT123 ซึ่งปลูกในภาวะปกติก็จะมีน้ำหนักสตรากมากกว่าข้าว LPT123 ที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักสตรากมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญในทุกสัปดาห์ระหว่างการทดลอง ยกเว้นสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งพบว่าค่าน้ำหนักสตรากของทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 19, รูปที่ 19)

1.3.6 น้ำหนักแห้งราก

น้ำหนักแห้งรากของข้าว LPT123 ในทุกชุดการทดลองมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากเริ่มทดลอง โดยในสัปดาห์แรกของการทดลองทุกชุดการทดลองจะมีน้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการได้รับภาวะแล้งจนถึงสิ้นสุดการทดลอง พบว่าข้าว LPT123 ในภาวะปกติ จะมีน้ำหนักแห้งรากมากกว่าในทุกชุดการทดลองที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้ง การฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้งไม่ส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งรากแตกต่างกัน ต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่ได้รับกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์

ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากน้อยกว่าในชุดการทดลองที่ได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ส่วนในสัปดาห์ที่ 3 ของการได้รับภาวะแล้งพบว่า น้ำหนักแห้งรากของทุกชุดการทดลองภายใต้ภาวะเค็มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่าน้อยกว่าน้ำหนักแห้งรากของต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญ ต้นกล้าข้าวที่ได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งรากที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากได้รับภาวะแล้ง แต่มากกว่าน้ำหนักแห้งรากของชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและฉีดพ่นกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ แต่ในสัปดาห์สุดท้ายพบว่าในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและไม่แตกต่างจากต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติ แต่จะมากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 20, รูปที่ 20)

1.3.7 อัตราการรอดตาย

ภาวะแล้งส่งผลต่อการลดลงของอัตราการรอดตายของข้าว LPT123 อย่างชัดเจน แต่การฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ต้นกล้าข้าวที่อยู่ภายใต้ภาวะดังกล่าวสามารถช่วยให้มีอัตราการรอดตายเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ โดยพบว่าการพ่นกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ไม่ได้ทำให้ข้าว LPT123 ที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้งมีอัตราการรอดตายมากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญ การฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ มีผลช่วยให้ข้าว LPT123 มีอัตราการรอดตายสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าในการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้น 50 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีอัตราการรอดตายที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ทำให้ข้าว LPT123 มีอัตราการรอดตายสูงกว่าในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 21, รูปที่ 21)

ตารางที่ 15 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว (เซนติเมตร) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		6.44 \pm 0.20 ^{abF}	6.31 \pm 0.09 ^{bD}	6.68 \pm 0.10 ^{aE}	6.33 \pm 0.18 ^{bF}	6.19 \pm 0.15 ^{bF}	6.59 \pm 0.20 ^{aE}
1		9.65 \pm 0.08 ^{aE}	7.68 \pm 0.16 ^{eB}	8.06 \pm 0.09 ^{dC}	8.86 \pm 0.10 ^{cE}	9.20 \pm 0.11 ^{bE}	9.51 \pm 0.20 ^{aD}
2		11.34 \pm 0.14 ^{aD}	9.04 \pm 0.13 ^{eA}	9.38 \pm 0.18 ^{dA}	9.63 \pm 0.21 ^{cD}	10.03 \pm 0.16 ^{bD}	9.29 \pm 0.09 ^{dD}
3		13.35 \pm 0.11 ^{aC}	8.86 \pm 0.28 ^{eA}	9.03 \pm 0.17 ^{eB}	10.23 \pm 0.06 ^{dC}	11.38 \pm 0.12 ^{bC}	11.08 \pm 0.10 ^{cC}
4		15.44 \pm 0.26 ^{abB}	7.31 \pm 0.13 ^{eC}	7.58 \pm 0.25 ^{eD}	10.73 \pm 0.24 ^{dB}	11.89 \pm 0.13 ^{bB}	11.38 \pm 0.21 ^{cB}
5		16.34 \pm 0.09 ^{aA}	7.39 \pm 0.16 ^{eC}	7.50 \pm 0.24 ^{eD}	12.60 \pm 0.15 ^{cA}	13.13 \pm 0.15 ^{bA}	11.86 \pm 0.09 ^{dA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

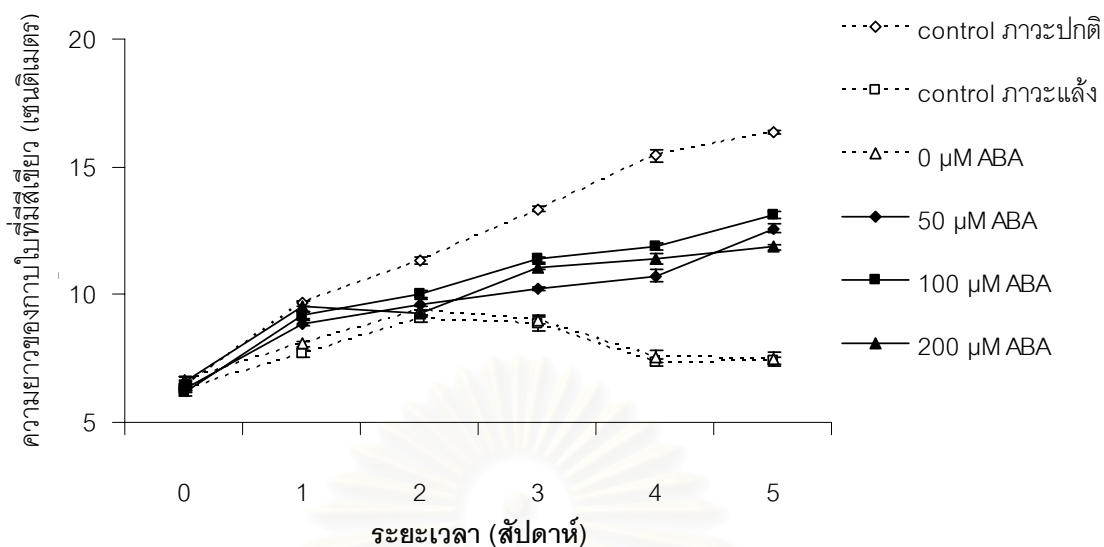
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 16 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

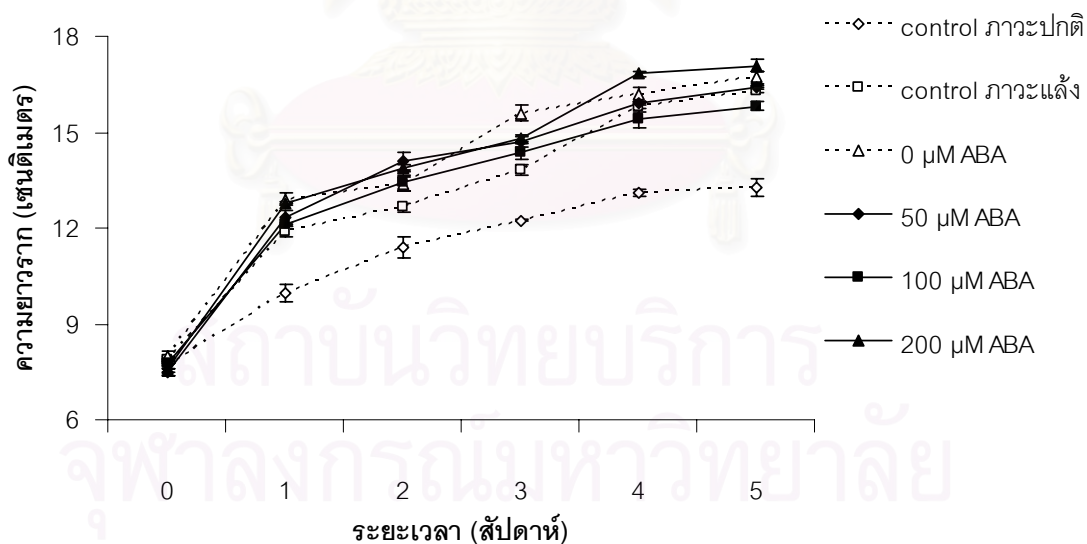
ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความยาวราก (เซนติเมตร) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		7.70 \pm 0.20 ^{bcdE}	7.89 \pm 0.07 ^{abF}	8.00 \pm 0.15 ^{aF}	7.48 \pm 0.12 ^{dF}	7.78 \pm 0.17 ^{abcF}	7.58 \pm 0.18 ^{cdF}
1		9.96 \pm 0.25 ^{dD}	11.91 \pm 0.17 ^{cE}	12.89 \pm 0.19 ^{aE}	12.34 \pm 0.21 ^{bE}	12.10 \pm 0.04 ^{bcE}	12.79 \pm 0.02 ^{aE}
2		11.38 \pm 0.32 ^{dC}	12.65 \pm 0.14 ^{cD}	13.39 \pm 0.21 ^{bD}	14.10 \pm 0.26 ^{aD}	13.43 \pm 0.25 ^{bD}	13.88 \pm 0.13 ^{aD}
3		12.24 \pm 0.02 ^{eB}	13.81 \pm 0.15 ^{dC}	15.60 \pm 0.27 ^{aC}	14.71 \pm 0.17 ^{bC}	14.38 \pm 0.25 ^{cC}	14.80 \pm 0.13 ^{bC}
4		13.11 \pm 0.12 ^{eA}	15.83 \pm 0.06 ^{cB}	16.19 \pm 0.23 ^{bB}	15.93 \pm 0.06 ^{cB}	15.39 \pm 0.24 ^{dB}	16.83 \pm 0.09 ^{aB}
5		13.29 \pm 0.27 ^{eA}	16.31 \pm 0.08 ^{cA}	16.71 \pm 0.20 ^{bA}	16.40 \pm 0.04 ^{cA}	15.83 \pm 0.16 ^{dA}	17.08 \pm 0.18 ^{aA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 15 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



รูปที่ 16 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 17 น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสดต้น ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		7.21 \pm 0.26 ^{bF}	7.48 \pm 0.38 ^{abE}	7.11 \pm 0.27 ^{bF}	7.85 \pm 0.31 ^{aE}	7.31 \pm 0.19 ^{bE}	7.48 \pm 0.22 ^{abD}
1		15.40 \pm 0.33 ^{aE}	13.19 \pm 0.27 ^{dB}	13.80 \pm 0.27 ^{cC}	14.10 \pm 0.49 ^{bcD}	14.58 \pm 0.14 ^{bD}	14.31 \pm 0.49 ^{bcC}
2		26.70 \pm 0.35 ^{aD}	16.69 \pm 0.39 ^{dA}	17.21 \pm 0.45 ^{cdA}	18.30 \pm 0.16 ^{cB}	23.18 \pm 1.36 ^{bA}	18.08 \pm 0.77 ^{cB}
3		31.89 \pm 0.94 ^{aC}	16.75 \pm 0.52 ^{cA}	16.45 \pm 0.69 ^{cB}	17.09 \pm 0.48 ^{cBC}	21.83 \pm 0.37 ^{bB}	17.39 \pm 0.34 ^{cB}
4		35.79 \pm 0.49 ^{abB}	10.59 \pm 0.21 ^{eC}	11.00 \pm 0.65 ^{eD}	16.68 \pm 0.39 ^{cC}	18.69 \pm 0.31 ^{bC}	14.81 \pm 0.50 ^{dC}
5		46.63 \pm 1.39 ^{aA}	9.83 \pm 0.09 ^{dD}	10.00 \pm 0.38 ^{dE}	22.04 \pm 1.93 ^{bA}	23.11 \pm 0.12 ^{bA}	19.70 \pm 0.35 ^{cA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

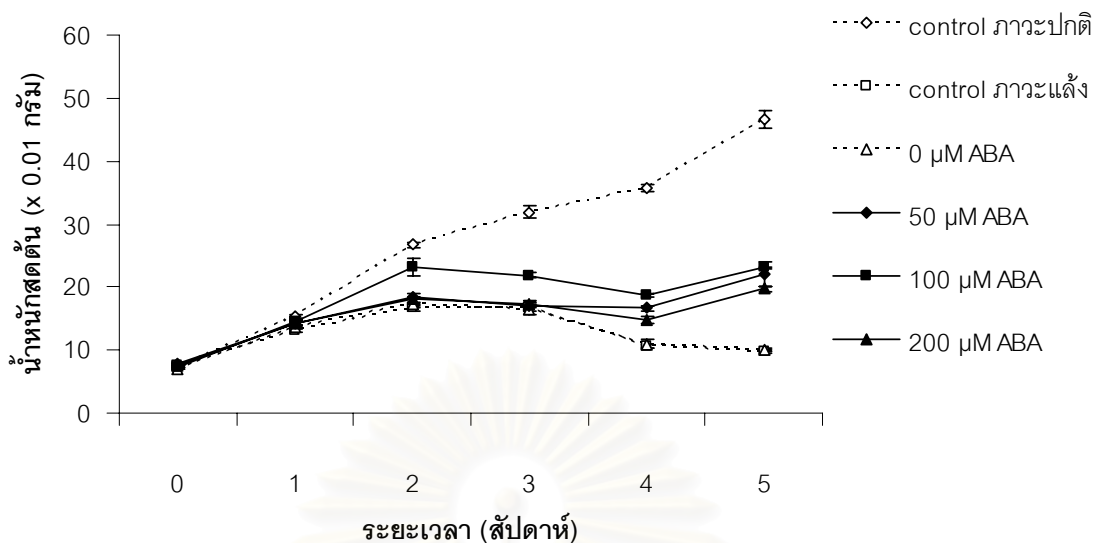
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 18 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

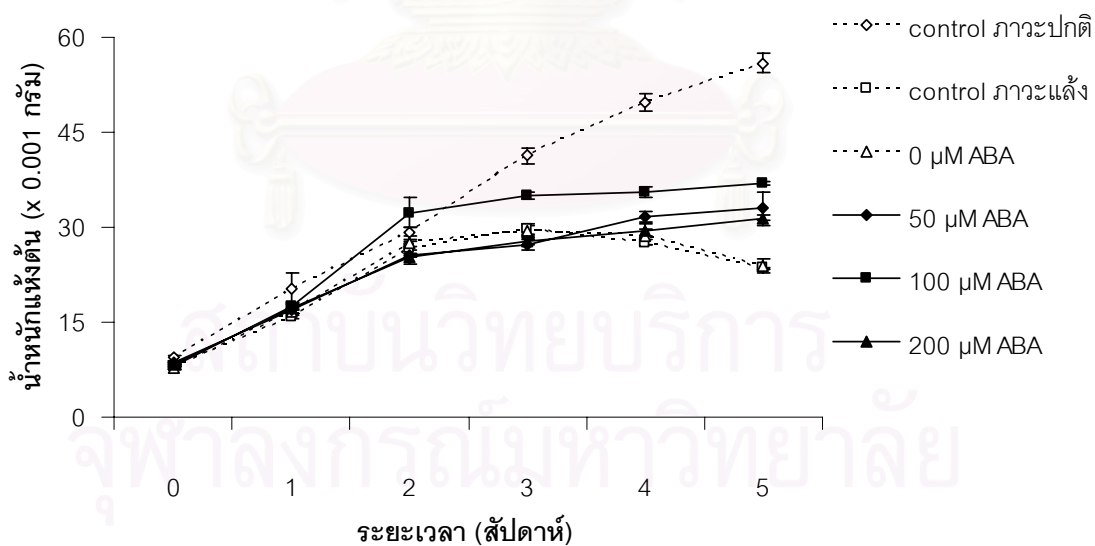
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งต้น ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		9.36 \pm 0.47 ^{aF}	8.10 \pm 0.62 ^{bcE}	7.83 \pm 0.32 ^{cE}	8.55 \pm 0.30 ^{bd}	8.03 \pm 0.31 ^{bcE}	8.25 \pm 0.27 ^{bcF}
1		20.40 \pm 2.34 ^{aE}	15.79 \pm 0.32 ^{bd}	16.56 \pm 0.31 ^{bd}	16.89 \pm 0.41 ^{bc}	17.48 \pm 0.51 ^{bd}	17.16 \pm 0.70 ^{bE}
2		29.28 \pm 0.68 ^{bd}	26.71 \pm 0.97 ^{cdB}	27.50 \pm 0.59 ^{cB}	25.59 \pm 0.24 ^{dB}	32.33 \pm 2.35 ^{aC}	25.16 \pm 1.11 ^{dD}
3		41.29 \pm 1.16 ^{aC}	29.80 \pm 0.78 ^{cA}	29.50 \pm 0.84 ^{cA}	27.30 \pm 0.84 ^{dB}	34.90 \pm 0.54 ^{bB}	27.80 \pm 0.65 ^{dC}
4		49.65 \pm 1.40 ^{aB}	27.60 \pm 0.49 ^{eB}	28.53 \pm 1.20 ^{deAB}	31.70 \pm 0.91 ^{cA}	35.55 \pm 0.70 ^{bAB}	29.56 \pm 1.06 ^{dB}
5		55.88 \pm 1.56 ^{aA}	23.49 \pm 0.23 ^{dC}	23.95 \pm 1.10 ^{dc}	33.03 \pm 2.61 ^{cA}	36.91 \pm 0.30 ^{bA}	31.49 \pm 0.49 ^{cA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 17 น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



รูปที่ 18 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 19 น้ำหนักสตรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสตราก ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		2.60 \pm 0.19 ^{bF}	2.79 \pm 0.22 ^{abF}	3.01 \pm 0.23 ^{aE}	2.60 \pm 0.10 ^{bF}	3.00 \pm 0.21 ^{aF}	2.68 \pm 0.16 ^{bF}
1		6.31 \pm 0.19 ^{aE}	4.09 \pm 0.26 ^{dE}	4.60 \pm 0.11 ^{cD}	4.80 \pm 0.14 ^{bCE}	4.99 \pm 0.21 ^{bE}	4.71 \pm 0.24 ^{bCE}
2		11.40 \pm 0.09 ^{aD}	5.80 \pm 0.07 ^{fD}	6.31 \pm 0.25 ^{eC}	6.91 \pm 0.09 ^{cD}	7.80 \pm 0.09 ^{bD}	6.61 \pm 0.11 ^{dD}
3		12.31 \pm 0.36 ^{aC}	6.20 \pm 0.16 ^{dC}	6.01 \pm 0.35 ^{dC}	8.11 \pm 0.11 ^{cC}	9.21 \pm 0.20 ^{bC}	8.33 \pm 0.10 ^{cC}
4		16.71 \pm 0.14 ^{aB}	6.71 \pm 0.17 ^{fB}	7.11 \pm 0.09 ^{eB}	9.51 \pm 0.17 ^{cB}	10.41 \pm 0.18 ^{bB}	9.01 \pm 0.29 ^{dB}
5		17.71 \pm 0.15 ^{aA}	8.61 \pm 0.28 ^{fA}	9.10 \pm 0.09 ^{eA}	11.81 \pm 0.29 ^{cA}	13.05 \pm 0.12 ^{bA}	11.33 \pm 0.32 ^{dA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

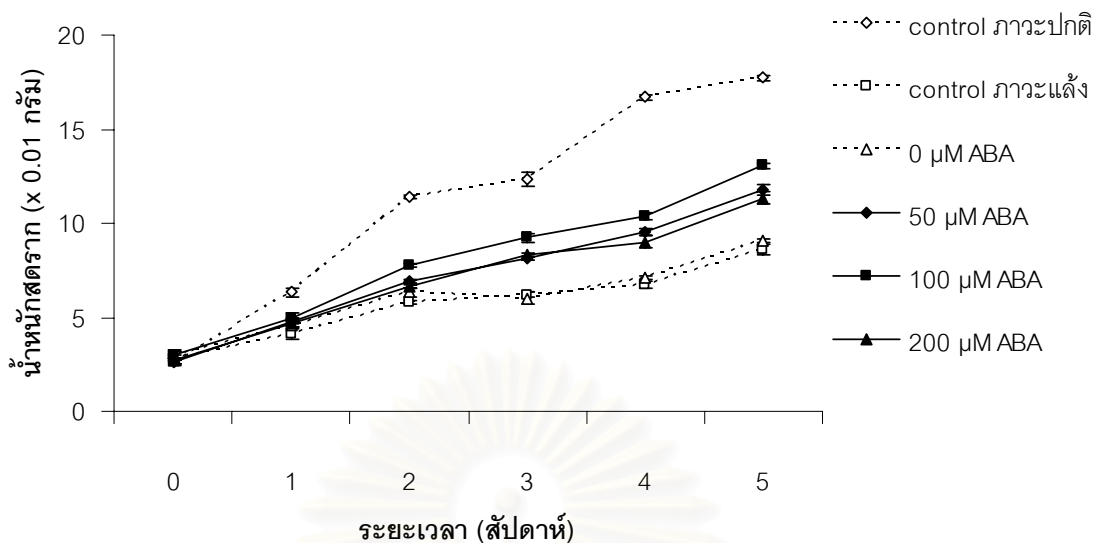
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 20 น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

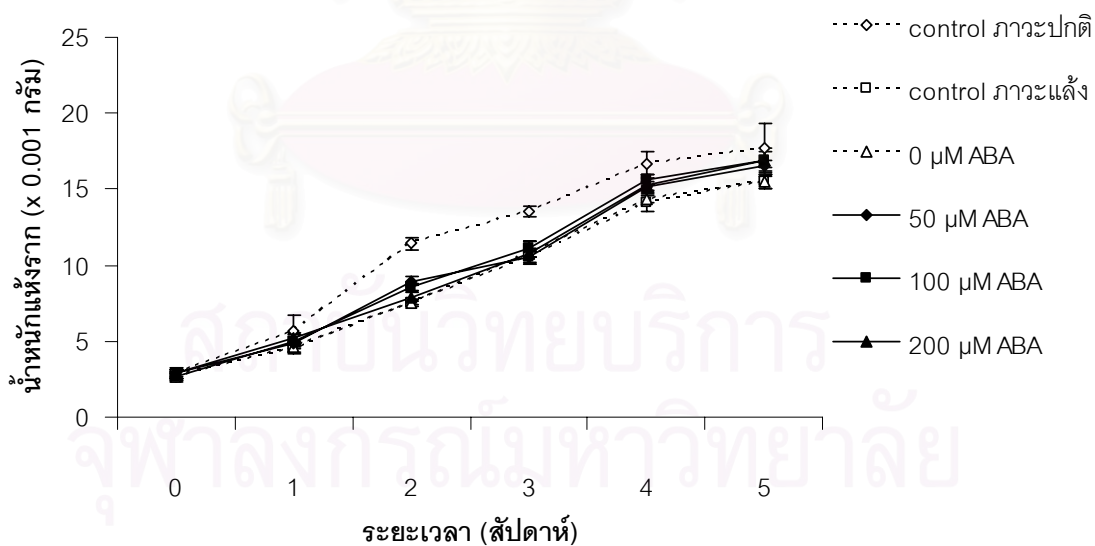
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งราก ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		2.86 \pm 0.23 ^{aE}	2.83 \pm 0.41 ^{aF}	2.71 \pm 0.30 ^{aF}	2.85 \pm 0.33 ^{aF}	2.70 \pm 0.44 ^{aF}	2.85 \pm 0.25 ^{aF}
1		5.68 \pm 1.08 ^{aD}	4.53 \pm 0.31 ^{aE}	4.59 \pm 0.31 ^{aE}	4.83 \pm 0.12 ^{aE}	5.01 \pm 0.48 ^{aE}	5.18 \pm 0.39 ^{aE}
2		11.41 \pm 0.45 ^{aC}	7.54 \pm 0.25 ^{CD}	7.58 \pm 0.13 ^{CD}	8.96 \pm 0.27 ^{BD}	8.58 \pm 0.42 ^{BD}	7.90 \pm 0.28 ^{CD}
3		13.58 \pm 0.33 ^{aB}	10.58 \pm 0.55 ^{bC}	10.81 \pm 0.75 ^{bC}	10.55 \pm 0.35 ^{bC}	11.09 \pm 0.54 ^{bC}	10.79 \pm 0.24 ^{bC}
4		16.71 \pm 0.77 ^{aA}	14.09 \pm 0.58 ^{cB}	14.30 \pm 0.23 ^{cB}	15.21 \pm 0.35 ^{bB}	15.60 \pm 0.35 ^{bB}	15.30 \pm 0.43 ^{bB}
5		17.70 \pm 1.63 ^{aA}	15.48 \pm 0.46 ^{bA}	15.48 \pm 0.43 ^{bA}	16.55 \pm 0.32 ^{abA}	16.88 \pm 0.89 ^{aA}	16.94 \pm 0.55 ^{aA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 19 น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



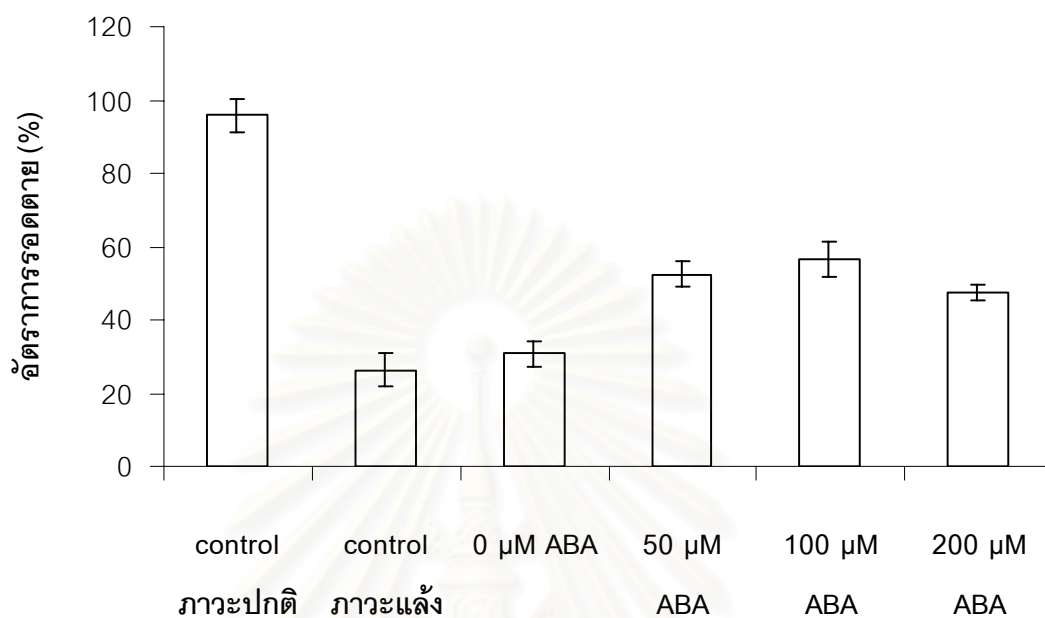
รูปที่ 20 น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 21 อัตราการรอดตายของข้าว LPT123 ภายหลังจากปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

		Treatment					
ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	
การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA	
อัตราการรอดตาย (%)		95.83 \pm 4.41 ^a	26.25 \pm 4.59 ^d	30.83 \pm 3.47 ^d	52.50 \pm 3.47 ^{bc}	56.67 \pm 4.71 ^b	47.50 \pm 2.15 ^c

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 21 อัตราการรอดตายของข้าว LPT123 ภายหลังจากปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ผลของกรดแอมไซซิกที่มีต่อการเติบโตของข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะแล้ง

ในช่วงระยะเวลา 2 สัปดาห์แรกของการได้รับภาวะแล้งข้าว LPT123-TC171 จะไม่แสดงอาการที่บ่งบอกว่าได้รับความเสียหายจากภาวะแล้ง ยกเว้นแต่มีการเจริญเติบโตที่ลดน้อยลง แต่ในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลองจะพบว่าใบของต้นกล้าข้าวที่ได้รับภาวะแล้งมีการม้วนงอเข้าหากันและมีลักษณะแห้งที่ปลายใบ เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 4 ลักษณะดังกล่าวก็ลุกลามสู่ส่วนล่างของแผ่นใบ แต่ใบอ่อนที่เกิดมาใหม่จะไม่แสดงอาการดังกล่าวแต่อย่างใด และหลังจากที่ได้รับการย้ายกลับมาปลูกภายใต้ภาวะปกติ ลักษณะการเหี่ยวแห้งของใบก็ไม่ลุกลามต่อไปและยังพบว่าต้นกล้าข้าวสามารถฟื้นตัวได้ โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีความสามารถในการฟื้นตัวจากภาวะแล้งได้ดีที่สุด ส่วนการเติบโตทางด้านต่างๆ ของข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะแล้งเป็นดังนี้

1.4.1 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว

ภาวะแล้งส่งผลในการชะลอการเจริญเติบโตทางด้านความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวของข้าว LPT123-TC171 อย่างชัดเจนตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลอง ภายใต้ภาวะแล้งพบว่าข้าว LPT123-TC171 ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวมากกว่าในชุดที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลอง และในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าชุดการทดลองที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ภายใต้ภาวะเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในสัปดาห์สุดท้ายซึ่งมีการ rewater ให้แก่ต้นกล้าข้าวในทุกชุดการทดลอง พบว่าในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ มีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวมากที่สุด แต่น้อยกว่าในชุดการทดลองที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะปกติมาตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 22, รูปที่ 22)

1.4.2 ความยาวราก

ในภาวะปกติรากของข้าว LPT123-TC171 จะสั้นกว่าในภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญในทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง การฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ต้นกล้าข้าวที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้ง ทำให้รากมีความยาวมากกว่าต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นภายใต้ภาวะเดียวกัน ในช่วง 1 สัปดาห์หลังจากที่

ได้รับภาวะแล้ง แต่หลังจากนั้นพบว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญและในทุกชุดการทดลองที่ได้รับภาวะแล้งทั้งที่ได้รับการฉีดพ่นและไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกมีแนวโน้มของการเจริญทางด้านความยาวรากที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 3-4 สัปดาห์ หลังจากได้รับภาวะแล้ง แต่เมื่อได้รับน้ำอีกครั้งเมื่อผ่านพ้นภาวะแล้ง (rewater) พบว่าชุดการทดลองที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้งโดยได้รับการรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ จะมีความยาวรากมากที่สุด (ตารางที่ 23, รูปที่ 23)

1.4.3 น้ำหนักสดต้น

ข้าว LPT123-TC171 ในภาวะแล้งที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีความสามารถในการรักษาน้ำหนักสดต้นเอาไว้ได้ดีกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในชุดที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ มีน้ำหนักสดต้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ ที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างสัปดาห์ที่ 2-4 หลังจากที่ได้รับภาวะแล้ง และในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าภาวะแล้งส่งผลให้มีการลดลงของน้ำหนักสดของข้าว LPT123-TC171 อย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามน้ำหนักสดต้นของชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกก็ยังคงมากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิก และหลังจากที่ทำการ rewater ให้แก่ต้นกล้าข้าวเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ผลก็ออกมาในทำนองเดียวกันกล่าวคือ ข้าว LPT123-TC171 ในชุดที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ ก็จะสามารถสะสมน้ำหนักสดต้นเพิ่มขึ้นได้มากกว่าในชุดที่ไม่มีการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ โดยพบว่าข้าว LPT123-TC171 ในชุดที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ มีน้ำหนักสดต้นมากกว่าในชุดการทดลองอื่นที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 24, รูปที่ 24)

1.4.4 น้ำหนักแห้งต้น

การเจริญภายใต้ภาวะแล้งส่งผลให้ต้นกล้าข้าว LPT123-TC171 มีน้ำหนักแห้งต้นน้อยกว่าการเจริญของต้นกล้าข้าวภายใต้ภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นชุดการทดลองที่ได้รับการหรือไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิก โดยพบว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักแห้งต้นน้อยกว่าในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิก 50 100 และ 200 ไม-

โครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะสามารถรักษาน้ำหนักแห้งต้นไว้ได้เหมือนกับชุดการทดลองที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติ ในช่วง 1-3 สัปดาห์หลังจากได้รับภาวะแล้ง และจะมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ภายใต้ภาวะเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 25, รูปที่ 25)

1.4.5 น้ำหนักสตราก

ในภาวะปกติต้นกล้าข้าว LPT123-TC171 จะมีน้ำหนักสตรากมากกว่าน้ำหนักสตรากของต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญ ข้าว LPT123-TC171 ซึ่งอยู่ภายใต้ภาวะแล้งและได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีน้ำหนักสตรากมากกว่าในชุดที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้งแต่ไม่ได้รับการฉีดพ่นตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยพบว่าข้าว LPT123-TC171 ซึ่งเจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้งโดยได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ จะมีน้ำหนักสตรากมากที่สุด (ตารางที่ 26, รูปที่ 26)

1.4.6 น้ำหนักแห้งราก

ข้าว LPT123-TC171 ที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะแล้งและได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้ต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้งมีน้ำหนักแห้งรากมากกว่าในชุดการทดลองที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้งแต่ไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิก การให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้น้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างจากต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญหลังจากเจริญอยู่ในภาวะแล้งและได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกมาเป็นระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตามข้าว LPT123-TC171 ที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะปกติก็มีน้ำหนักแห้งรากมากกว่าข้าว LPT123-TC171 ที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะแล้งในทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 27, รูปที่ 27)

1.4.7 อัตราการรอดตาย

ภายใต้ภาวะแล้งการพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ไม่ได้มีผลช่วยให้ข้าว LPT123-TC171 มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้น แต่การฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกนั้นมีส่วนช่วยให้ข้าว LPT123-TC171 มีอัตราการรอดตายเพิ่มมากขึ้นภายใต้ภาวะแล้ง โดยพบว่า การฉีดพ่นกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะช่วยให้มี

อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ภายใต้ภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 28, รูปที่ 28)

จากผลการทดลองทางการเติบโตและอัตราการรอดตายของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ข้างต้น พบว่าความเข้มข้นของกรดแอบไซซิกที่เหมาะสมต่อการชักนำให้ข้าวแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์มีการทนต่อภาวะขาดน้ำ (ภาวะแล้งและภาวะเค็ม) โดยในข้าว LPT123 การฉีดพ่น กรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้มีการปรับตัวต่อทั้งภาวะแล้งและภาวะเค็มได้ดี ส่วนข้าว LPT123-TC171 ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ มีความสามารถในการทนทานต่อภาวะแล้งและภาวะเค็มได้ดีที่สุด ดังนั้นในการทดลองต่อไป จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของกรดแอบไซซิกที่ 100 ไมโครโมลาร์ เพื่อใช้ในการฉีดพ่นให้แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ทั้งในภาวะแล้งและภาวะเค็ม เพื่อเป็นการควบคุมในเรื่องของความเข้มข้นของ กรดแอบไซซิกในทุกชุดการทดลอง ไม่ให้มีความแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้สามารถนำผลการทดลองเหล่านั้นมาเปรียบเทียบอภิปราย และสรุปผลการทดลองได้ดีขึ้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 22 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว (เซนติเมตร) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		7.33 \pm 0.09 ^{abcF}	7.08 \pm 0.10 ^{dF}	7.50 \pm 0.20 ^{abE}	7.55 \pm 0.11 ^{aF}	7.28 \pm 0.21 ^{bcdE}	7.19 \pm 0.15 ^{cdF}
1		10.61 \pm 0.24 ^{aE}	8.20 \pm 0.19 ^{dE}	8.65 \pm 0.15 ^{cD}	9.79 \pm 0.22 ^{bE}	9.63 \pm 0.16 ^{bD}	9.66 \pm 0.06 ^{bE}
2		11.94 \pm 0.13 ^{aD}	8.69 \pm 0.08 ^{dD}	9.21 \pm 0.15 ^{dC}	10.46 \pm 0.14 ^{cD}	10.90 \pm 0.25 ^{bC}	10.60 \pm 0.22 ^{cD}
3		14.41 \pm 0.09 ^{aC}	9.29 \pm 0.09 ^{dC}	9.40 \pm 0.16 ^{dC}	10.86 \pm 0.10 ^{cC}	11.76 \pm 0.26 ^{bB}	11.01 \pm 0.14 ^{cC}
4		16.66 \pm 0.06 ^{aB}	9.75 \pm 0.20 ^{dB}	9.74 \pm 0.14 ^{dB}	11.33 \pm 0.27 ^{cB}	11.99 \pm 0.20 ^{bB}	12.09 \pm 0.13 ^{bB}
5		17.30 \pm 0.15 ^{aA}	11.60 \pm 0.12 ^{dA}	11.33 \pm 0.06 ^{eA}	13.65 \pm 0.16 ^{cA}	13.86 \pm 0.13 ^{cA}	14.18 \pm 0.26 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

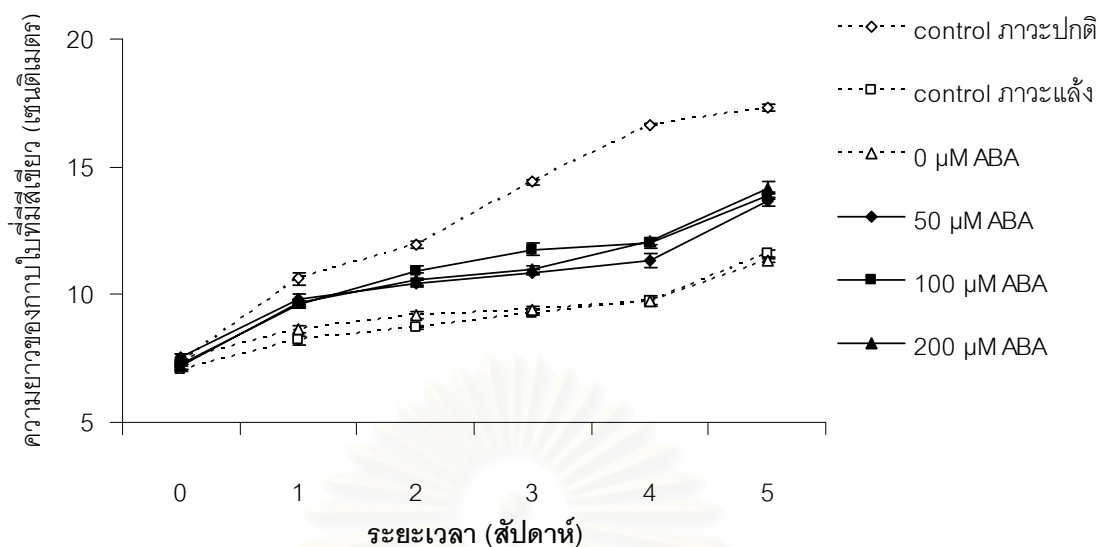
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 23 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

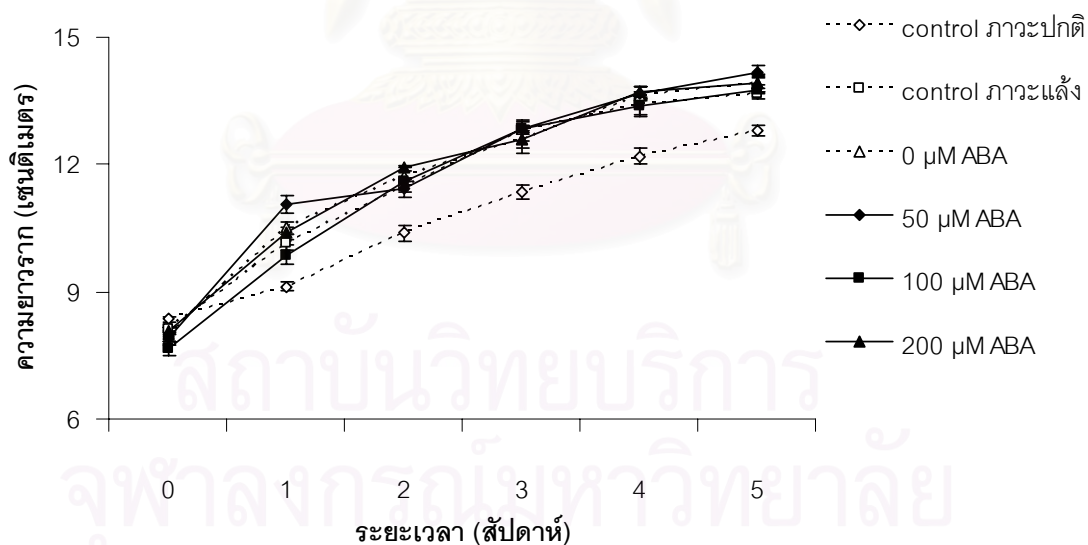
ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความยาวราก (เซนติเมตร) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		8.35 \pm 0.07 ^{aF}	8.11 \pm 0.05 ^{bE}	7.99 \pm 0.18 ^{bcE}	7.90 \pm 0.14 ^{cF}	7.66 \pm 0.15 ^{dF}	8.06 \pm 0.09 ^{bcE}
1		9.13 \pm 0.10 ^{eE}	10.16 \pm 0.20 ^{cD}	10.51 \pm 0.14 ^{bD}	11.08 \pm 0.21 ^{aE}	9.86 \pm 0.23 ^{dE}	10.39 \pm 0.14 ^{bcD}
2		10.39 \pm 0.18 ^{dD}	11.49 \pm 0.15 ^{bcC}	11.73 \pm 0.22 ^{abC}	11.43 \pm 0.19 ^{cD}	11.60 \pm 0.08 ^{bcD}	11.91 \pm 0.07 ^{aC}
3		11.36 \pm 0.17 ^{bcC}	12.81 \pm 0.24 ^{aB}	12.60 \pm 0.22 ^{aB}	12.86 \pm 0.14 ^{aC}	12.84 \pm 0.07 ^{aC}	12.58 \pm 0.33 ^{aB}
4		12.20 \pm 0.17 ^{cB}	13.43 \pm 0.29 ^{abA}	13.65 \pm 0.08 ^{abA}	13.69 \pm 0.17 ^{aB}	13.38 \pm 0.19 ^{bB}	13.71 \pm 0.11 ^{aA}
5		12.79 \pm 0.12 ^{cA}	13.68 \pm 0.12 ^{bA}	13.91 \pm 0.18 ^{bA}	14.18 \pm 0.14 ^{aA}	13.78 \pm 0.10 ^{bA}	13.91 \pm 0.21 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 22 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



รูปที่ 23 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 24 น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสดต้น ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		9.14 \pm 0.30 ^{aF}	9.31 \pm 0.55 ^{aE}	8.93 \pm 0.73 ^{aE}	9.03 \pm 0.30 ^{aD}	9.00 \pm 0.86 ^{aE}	9.21 \pm 0.93 ^{aE}
1		16.85 \pm 0.27 ^{aE}	14.51 \pm 0.42 ^{bD}	14.29 \pm 0.96 ^{bD}	16.31 \pm 0.61 ^{aC}	16.11 \pm 1.54 ^{aD}	16.41 \pm 1.21 ^{aD}
2		29.53 \pm 1.42 ^{aD}	18.90 \pm 1.46 ^{dBC}	19.20 \pm 0.94 ^{dC}	24.51 \pm 1.64 ^{cB}	26.91 \pm 2.27 ^{bC}	26.70 \pm 1.17 ^{bcC}
3		39.23 \pm 0.38 ^{aC}	20.09 \pm 1.09 ^{dB}	21.40 \pm 1.52 ^{dB}	30.21 \pm 1.75 ^{cA}	32.60 \pm 1.37 ^{bB}	32.40 \pm 1.37 ^{bB}
4		48.68 \pm 0.15 ^{aB}	17.80 \pm 1.26 ^{dC}	18.14 \pm 1.26 ^{dC}	23.99 \pm 0.66 ^{cB}	27.20 \pm 2.11 ^{bC}	27.83 \pm 1.50 ^{bC}
5		53.30 \pm 0.96 ^{aA}	23.71 \pm 1.21 ^{dA}	24.30 \pm 1.70 ^{dA}	30.81 \pm 1.18 ^{cA}	35.40 \pm 1.91 ^{bA}	35.70 \pm 1.74 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

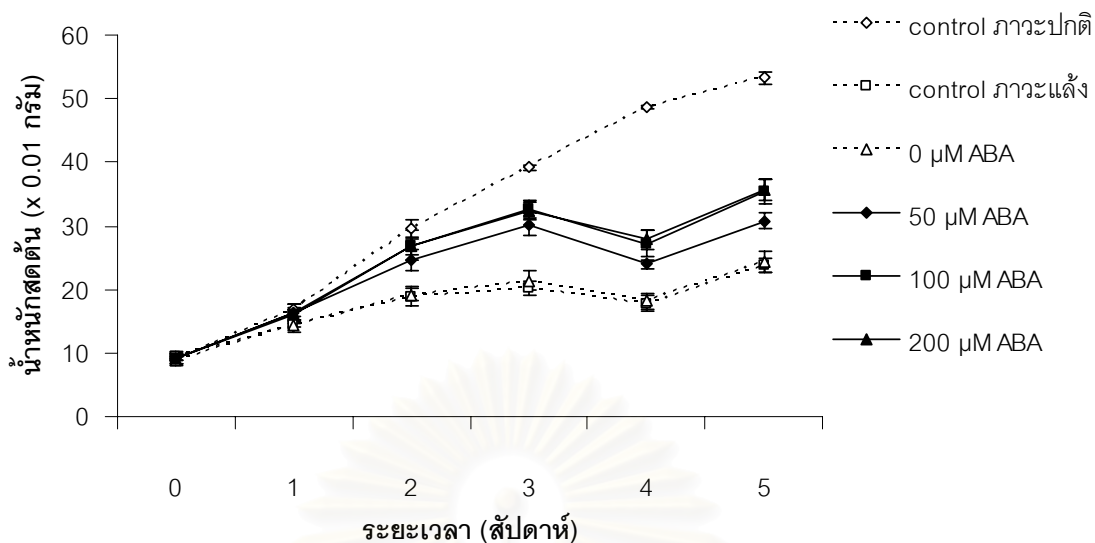
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 25 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

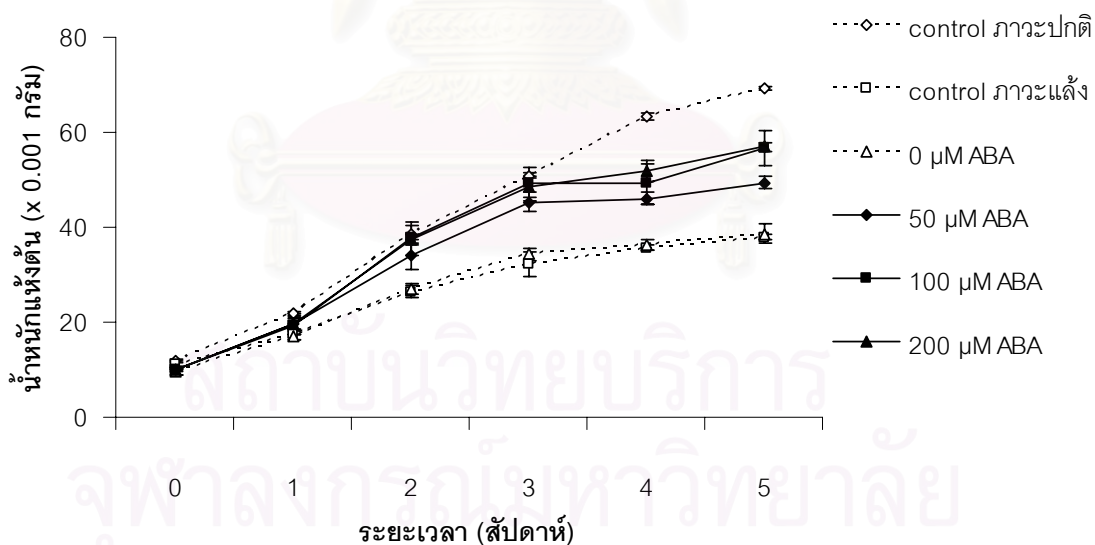
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งต้น ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		11.80 \pm 0.35 ^{aF}	10.99 \pm 0.87 ^{abF}	9.75 \pm 0.73 ^{cE}	9.86 \pm 0.42 ^{cE}	9.91 \pm 1.00 ^{cE}	10.14 \pm 0.25 ^{bcF}
1		21.81 \pm 0.43 ^{aE}	17.40 \pm 1.08 ^{cE}	17.21 \pm 0.88 ^{cD}	19.65 \pm 1.08 ^{bD}	19.29 \pm 1.87 ^{bcD}	19.68 \pm 2.09 ^{bE}
2		38.36 \pm 1.85 ^{aD}	26.39 \pm 1.24 ^{cD}	26.89 \pm 1.11 ^{cC}	34.24 \pm 3.23 ^{bC}	37.68 \pm 3.45 ^{abC}	37.38 \pm 1.11 ^{abD}
3		50.93 \pm 0.43 ^{aC}	32.24 \pm 2.63 ^{cC}	34.30 \pm 1.42 ^{cB}	45.30 \pm 2.01 ^{bB}	49.09 \pm 3.53 ^{aB}	48.58 \pm 2.18 ^{abC}
4		63.41 \pm 0.74 ^{abB}	35.59 \pm 0.58 ^{dB}	36.18 \pm 1.09 ^{dB}	46.00 \pm 1.31 ^{cB}	49.13 \pm 4.22 ^{bcB}	51.88 \pm 2.33 ^{bB}
5		69.18 \pm 0.33 ^{aA}	37.93 \pm 0.68 ^{dA}	38.66 \pm 1.98 ^{dA}	49.31 \pm 1.34 ^{cA}	56.70 \pm 3.70 ^{bA}	56.96 \pm 0.98 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 24 น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



รูปที่ 25 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 26 น้ำหนักสตรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสตราก ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		3.31 \pm 0.07 ^{aF}	3.09 \pm 0.20 ^{aF}	3.39 \pm 0.31 ^{aF}	3.13 \pm 0.22 ^{aF}	3.30 \pm 0.35 ^{aF}	3.21 \pm 0.17 ^{aF}
1		8.09 \pm 0.18 ^{aE}	5.61 \pm 0.14 ^{eE}	5.81 \pm 0.17 ^{eE}	6.41 \pm 0.28 ^{dE}	7.21 \pm 0.19 ^{bE}	6.71 \pm 0.15 ^{cE}
2		11.91 \pm 0.07 ^{aD}	7.31 \pm 0.18 ^{dD}	6.90 \pm 0.21 ^{eD}	8.61 \pm 0.11 ^{cD}	8.91 \pm 0.19 ^{bD}	8.81 \pm 0.22 ^{bcD}
3		15.11 \pm 0.11 ^{aC}	8.71 \pm 0.22 ^{eC}	7.81 \pm 0.09 ^{fC}	10.81 \pm 0.23 ^{dC}	12.09 \pm 0.15 ^{bC}	11.61 \pm 0.31 ^{cC}
4		16.40 \pm 0.32 ^{aB}	9.30 \pm 0.20 ^{eB}	8.43 \pm 0.09 ^{fB}	11.41 \pm 0.07 ^{dB}	13.20 \pm 0.18 ^{bB}	12.11 \pm 0.10 ^{cB}
5		18.91 \pm 0.22 ^{aA}	11.71 \pm 0.18 ^{eA}	10.59 \pm 0.14 ^{fA}	13.50 \pm 0.28 ^{dA}	16.30 \pm 0.13 ^{bA}	15.01 \pm 0.25 ^{cA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

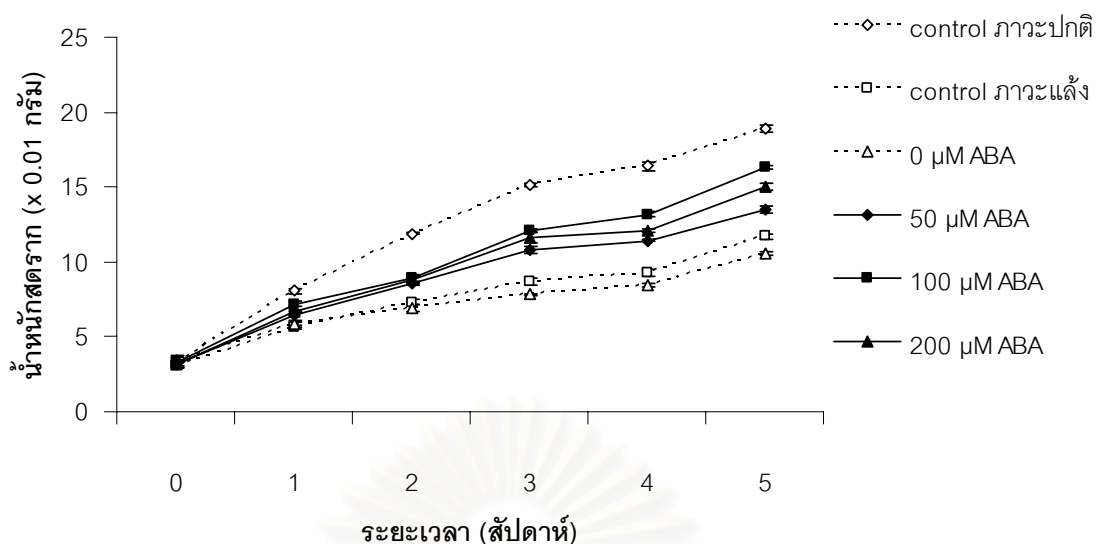
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 27 น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

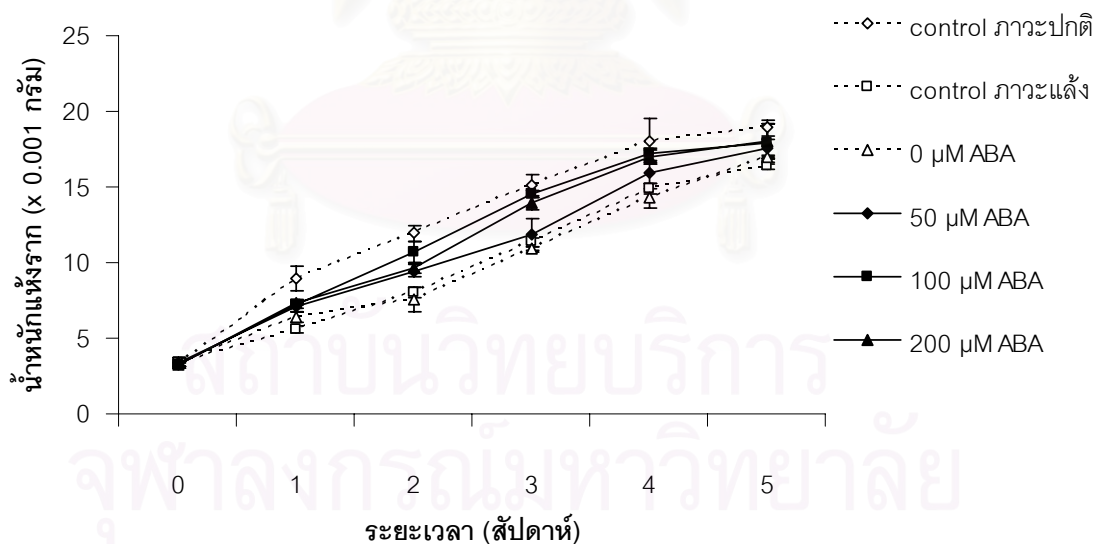
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งราก ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error						
	ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
	การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
0		3.30 \pm 0.12 ^{aE}	3.41 \pm 0.26 ^{aF}	3.41 \pm 0.31 ^{aF}	3.39 \pm 0.37 ^{aF}	3.31 \pm 0.19 ^{aE}	3.21 \pm 0.15 ^{aF}
1		8.91 \pm 0.70 ^{aD}	5.61 \pm 0.26 ^{dE}	6.39 \pm 0.31 ^{cE}	7.05 \pm 0.32 ^{bE}	7.23 \pm 0.27 ^{bD}	7.36 \pm 0.19 ^{bE}
2		11.94 \pm 0.51 ^{aC}	8.04 \pm 0.34 ^{dD}	7.58 \pm 0.81 ^{dD}	9.46 \pm 0.37 ^{cd}	10.70 \pm 0.70 ^{bc}	9.69 \pm 0.36 ^{cd}
3		15.10 \pm 0.75 ^{ab}	11.34 \pm 0.28 ^{cd}	10.91 \pm 0.16 ^{cd}	11.86 \pm 1.09 ^{cc}	14.55 \pm 0.18 ^{ab}	13.90 \pm 0.39 ^{bc}
4		18.03 \pm 1.54 ^{aA}	14.89 \pm 0.31 ^{dB}	14.28 \pm 0.61 ^{cd}	15.96 \pm 0.70 ^{bc}	17.16 \pm 0.43 ^{ab}	16.95 \pm 0.45 ^{ab}
5		18.91 \pm 0.48 ^{aA}	16.36 \pm 0.19 ^{cA}	16.95 \pm 0.15 ^{bc}	17.55 \pm 0.53 ^{bc}	17.91 \pm 1.33 ^{ab}	18.01 \pm 1.12 ^{ab}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 26 น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



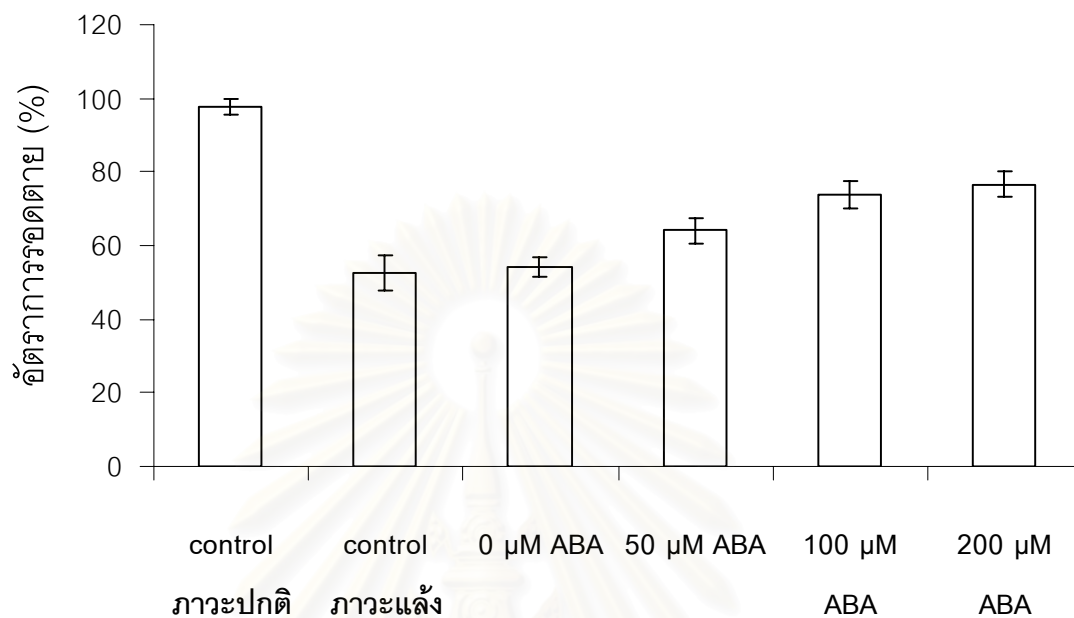
รูปที่ 27 น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ตารางที่ 28 อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 ภายหลังจากปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

	Treatment					
ความแล้ง	-	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG	225g/l PEG
การพ่นABA	-	-	0 μ M ABA**	50 μ M ABA	100 μ M ABA	200 μ M ABA
อัตราการรอดตาย (%)	97.50 \pm 2.15 ^a	52.50 \pm 4.81 ^d	54.17 \pm 2.89 ^d	64.17 \pm 3.47 ^c	73.75 \pm 3.70 ^b	76.67 \pm 3.60 ^b

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 28 อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 เข้มข้น 225 g/l โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)
(mean \pm standard error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การศึกษาผลของการให้กรดแอสไซติกจากภายนอกที่ความเข้มข้นของกรดแอสไซติกที่เหมาะสมซึ่งสามารถชักนำให้ข้าวเกิดความต้านทานต่อภาวะขาดน้ำ (ภาวะแล้งและภาวะเค็ม) เมื่อข้าวอยู่ภายใต้ภาวะปกติ

กรดแอสไซติกที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการชักนำให้ข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 มีความต้านทานต่อภาวะการขาดน้ำนั้น มีผลต่อการเติบโตของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ ดังนี้

2.1 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว

ภายใต้ภาวะปกติทั้งที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ และไม่มีการฉีดพ่น ข้าว LPT123-TC171 จะมีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวมากกว่าข้าว LPT123 อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อมีการฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติกความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์พบว่าส่งผลให้มีการลดลงของความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับชุดที่ไม่มีการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยน้ำในสัปดาห์เดียวกัน (ตารางที่ 29, รูปที่ 29)

2.2 ความยาวราก

การฉีดพ่นกรดแอสไซติกให้แก่ข้าว LPT123 นั้นพบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อ การเจริญในด้านความยาวรากอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในข้าว LPT123-TC171 กลับพบว่าการฉีดพ่นด้วยกรดแอสไซติก ส่งผลให้มีการยืดยาวของรากลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 หลังจากได้รับกรดแอสไซติก และพบว่าในภาวะปกติข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 มีความยาวรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 30, รูปที่ 30)

2.3 น้ำหนักสดต้น

ข้าว LPT123-TC171 ในภาวะปกติมีน้ำหนักสดต้นมากกว่าข้าว LPT123 อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อมีการฉีดพ่นกรดแอสไซติกให้แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าส่งผลในการชะลอการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดของข้าวในทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง พบว่าข้าว LPT123-TC171 มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดต้นจากสัปดาห์ที่ 2 ต่ำกว่าในสัปดาห์อื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 31, รูปที่ 31)

2.4 น้ำหนักแห้งต้น

ภายใต้ภาวะปกติ พบว่าข้าว LPT123 จะมีน้ำหนักแห้งต้นน้อยกว่าข้าว LPT123-TC171 ที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ การฉีดพ่นกรดแอมไซซิกในภาวะปกติแก่ข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ส่งผลให้มีการลดลงของการสะสมน้ำหนักแห้งต้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองในภาวะปกติที่ไม่มีการฉีดพ่น และฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ (ตารางที่ 32, รูปที่ 32)

2.5 น้ำหนักสตราก

ภายใต้ภาวะปกติทั้งที่ได้รับความและไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ข้าว LPT123 จะมีน้ำหนักสตรากน้อยกว่าข้าว LPT123-TC171 ที่อยู่ภายใต้ภาวะเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ และการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้น้ำหนักสตรากของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 33, รูปที่ 33)

2.6 น้ำหนักแห้งราก

การลดลงอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักแห้งรากเกิดขึ้นในทั้งข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกส่งผลในการยับยั้งการเจริญของรากข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ ในภาวะปกติพบว่าน้ำหนักแห้งรากของข้าว LPT123-TC171 มากกว่าน้ำหนักแห้งรากของข้าว LPT123 อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 34, รูปที่ 34)

ภายใต้ภาวะปกติพบว่า การฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ไม่ได้ส่งผลทำให้ค่าการเจริญเติบโตทางด้านต่างๆ ที่ทำการวัดในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ แตกต่างกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 29 ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว (เซนติเมตร) \pm standard error						
ระยะเวลา (สัปดาห์)	LPT123			LPT123-TC171		
	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA
0	6.48 \pm 0.55 ^{bF}	6.20 \pm 0.54 ^{bF}	6.59 \pm 0.35 ^{bF}	7.38 \pm 0.21 ^{aF}	7.44 \pm 0.58 ^{aE}	7.46 \pm 0.21 ^{aE}
1	9.30 \pm 0.12 ^{bE}	9.74 \pm 0.48 ^{bE}	8.69 \pm 0.27 ^{cE}	10.71 \pm 0.45 ^{aE}	10.94 \pm 0.64 ^{aD}	9.48 \pm 0.26 ^{bD}
2	11.40 \pm 0.06 ^{aD}	11.51 \pm 0.41 ^{aD}	9.76 \pm 0.42 ^{bD}	11.81 \pm 0.27 ^{aD}	11.80 \pm 0.17 ^{aD}	10.15 \pm 0.54 ^{bD}
3	13.35 \pm 0.30 ^{bcC}	13.09 \pm 0.41 ^{cc}	11.44 \pm 0.36 ^{dc}	13.91 \pm 0.19 ^{abc}	14.00 \pm 0.52 ^{ac}	11.61 \pm 0.47 ^{dc}
4	15.35 \pm 0.38 ^{bB}	15.26 \pm 0.42 ^{bb}	13.66 \pm 0.52 ^{cb}	16.30 \pm 0.36 ^{ab}	16.19 \pm 0.93 ^{ab}	13.78 \pm 0.58 ^{cb}
5	16.25 \pm 0.29 ^{bA}	16.28 \pm 0.35 ^{ba}	15.46 \pm 0.31 ^{ca}	17.31 \pm 0.21 ^{aA}	17.58 \pm 0.36 ^{aA}	15.86 \pm 0.61 ^{bcA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (P<0.05)

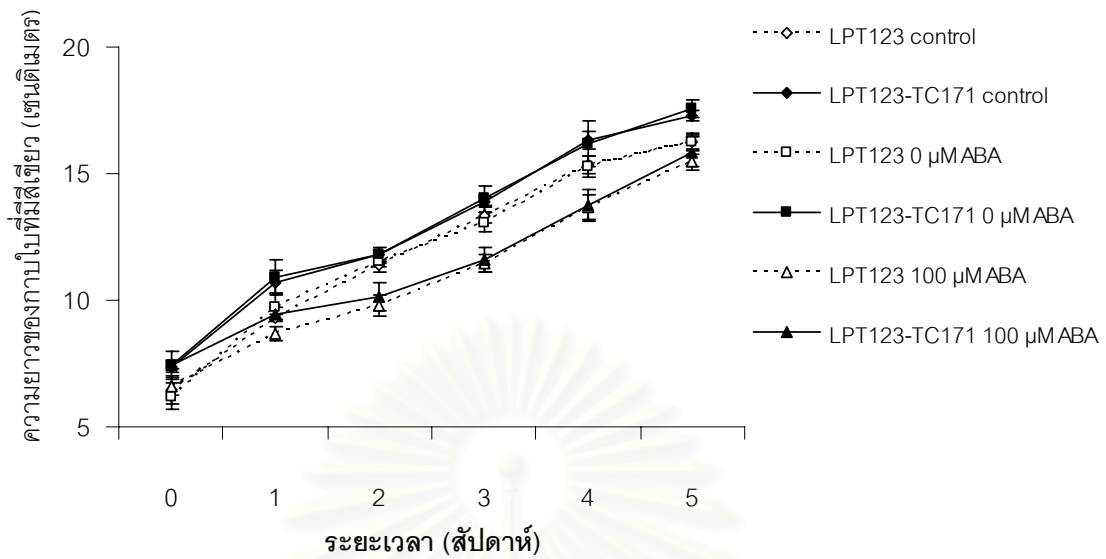
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 30 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

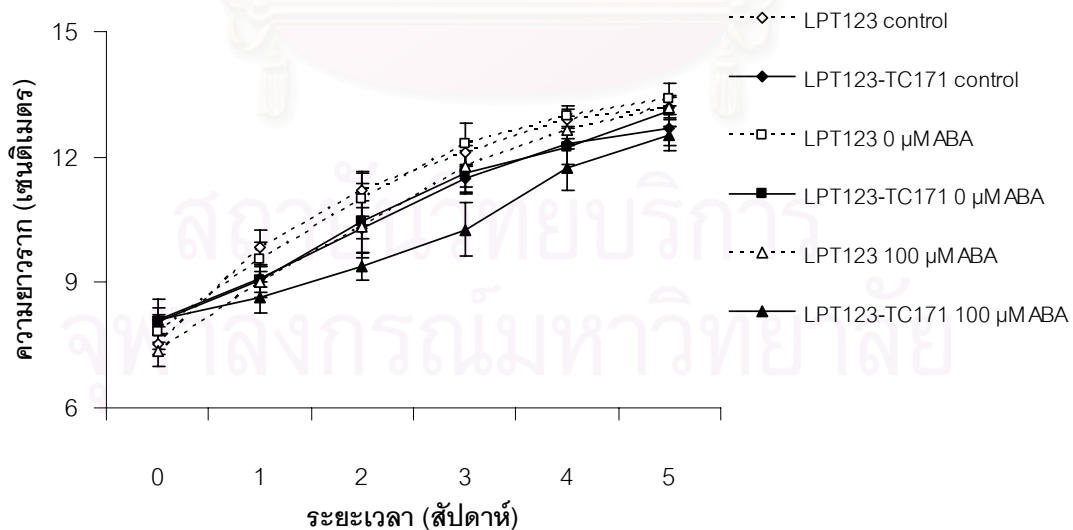
ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความยาวราก (เซนติเมตร) \pm standard error					
	LPT123			LPT123-TC171		
	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA
0	7.53 \pm 0.23 ^{bE}	7.80 \pm 0.39 ^{abE}	7.36 \pm 0.36 ^{bE}	8.10 \pm 0.15 ^{aE}	8.08 \pm 0.52 ^{aE}	8.09 \pm 0.31 ^{aE}
1	9.85 \pm 0.41 ^{aD}	9.56 \pm 0.41 ^{abD}	9.01 \pm 0.37 ^{bcD}	9.09 \pm 0.18 ^{bcD}	9.06 \pm 0.31 ^{bcD}	8.65 \pm 0.38 ^{cE}
2	11.20 \pm 0.41 ^{aC}	11.01 \pm 0.63 ^{aC}	10.35 \pm 0.62 ^{aC}	10.30 \pm 0.27 ^{aC}	10.48 \pm 0.89 ^{aC}	9.40 \pm 0.33 ^{bD}
3	12.10 \pm 0.27 ^{abB}	12.30 \pm 0.51 ^{aB}	11.78 \pm 0.49 ^{abB}	11.49 \pm 0.31 ^{bB}	11.63 \pm 0.52 ^{abB}	10.26 \pm 0.65 ^{cC}
4	12.91 \pm 0.22 ^{aA}	12.98 \pm 0.27 ^{aA}	12.64 \pm 0.34 ^{abA}	12.31 \pm 0.13 ^{bA}	12.23 \pm 0.39 ^{bcB}	11.73 \pm 0.53 ^{cB}
5	13.19 \pm 0.26 ^{abA}	13.39 \pm 0.37 ^{aA}	13.18 \pm 0.28 ^{abA}	12.70 \pm 0.54 ^{bcA}	13.10 \pm 0.39 ^{abA}	12.51 \pm 0.22 ^{cA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 29 ความยาวของกบไ้ที่มีสีเขียวในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean ± standard error)



รูปที่ 30 ความยาวรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean ± standard error)

ตารางที่ 31 น้ำหนักสดต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสดต้น ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error					
	LPT123			LPT123-TC171		
	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA
0	7.30 \pm 0.41 ^{bF}	7.41 \pm 0.49 ^{bF}	7.75 \pm 0.50 ^{bF}	8.91 \pm 0.14 ^{aF}	9.16 \pm 0.37 ^{aF}	9.01 \pm 0.29 ^{aF}
1	17.09 \pm 0.94 ^{abE}	16.84 \pm 0.50 ^{bE}	15.51 \pm 0.46 ^{cE}	17.89 \pm 0.23 ^{aE}	18.06 \pm 1.09 ^{aE}	16.23 \pm 0.26 ^{bcE}
2	25.31 \pm 0.09 ^{cD}	24.19 \pm 0.95 ^{dD}	19.83 \pm 0.46 ^{eD}	30.38 \pm 0.96 ^{aD}	29.96 \pm 0.81 ^{aD}	27.29 \pm 0.47 ^{bD}
3	32.11 \pm 1.14 ^{bC}	31.76 \pm 1.36 ^{bC}	28.13 \pm 0.53 ^{cC}	35.30 \pm 0.76 ^{aC}	35.76 \pm 3.29 ^{aC}	30.13 \pm 0.31 ^{bcC}
4	34.30 \pm 0.97 ^{cB}	35.39 \pm 1.21 ^{cB}	33.54 \pm 0.84 ^{cB}	45.60 \pm 1.28 ^{aB}	46.40 \pm 2.36 ^{aB}	37.74 \pm 1.02 ^{bB}
5	45.69 \pm 2.37 ^{cA}	46.18 \pm 1.94 ^{bcA}	39.90 \pm 1.15 ^{dA}	53.10 \pm 1.05 ^{aA}	53.46 \pm 1.28 ^{aA}	48.28 \pm 0.98 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

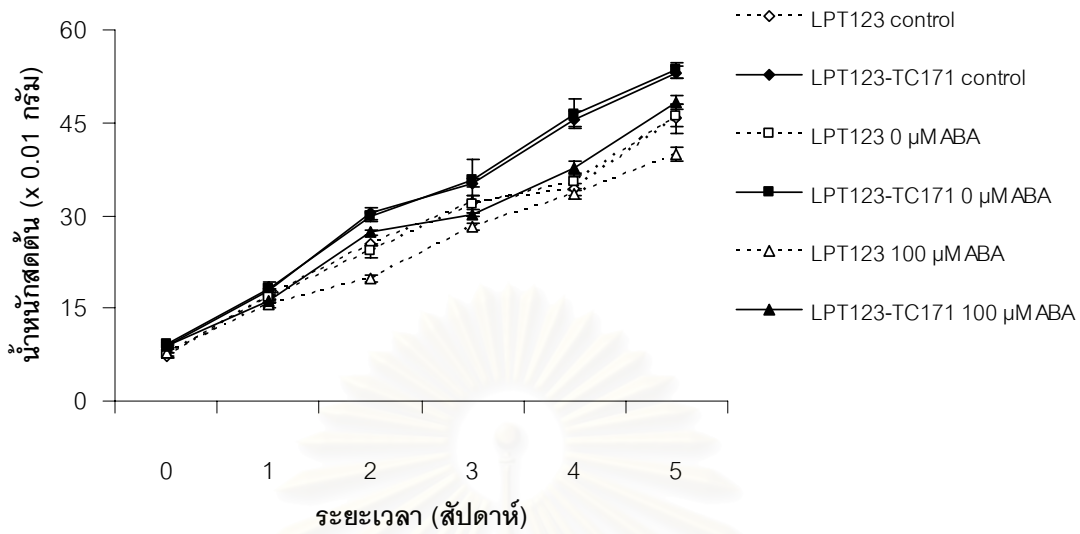
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 32 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

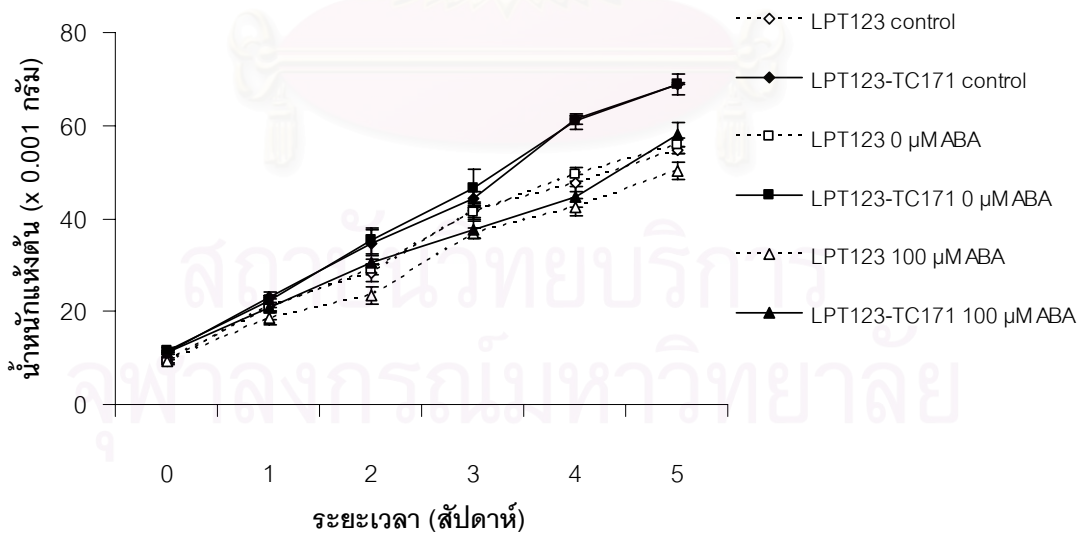
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งต้น ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error					
	LPT123			LPT123-TC171		
	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA
0	9.33 \pm 0.56 ^{bF}	9.31 \pm 0.38 ^{bF}	9.16 \pm 0.51 ^{bF}	11.31 \pm 0.35 ^{aF}	11.63 \pm 0.54 ^{aF}	11.30 \pm 0.39 ^{aF}
1	21.39 \pm 1.16 ^{aE}	20.95 \pm 2.66 ^{aE}	18.54 \pm 1.32 ^{bE}	23.09 \pm 1.08 ^{aE}	22.25 \pm 1.24 ^{aE}	21.00 \pm 0.73 ^{aE}
2	28.25 \pm 1.75 ^{bD}	29.03 \pm 1.16 ^{bD}	23.45 \pm 1.74 ^{cD}	34.66 \pm 2.76 ^{aD}	35.20 \pm 2.75 ^{aD}	30.60 \pm 0.48 ^{bD}
3	41.73 \pm 1.73 ^{bC}	41.29 \pm 1.16 ^{bC}	36.81 \pm 1.12 ^{cC}	44.31 \pm 1.33 ^{abC}	46.66 \pm 4.00 ^{aC}	37.60 \pm 1.86 ^{cC}
4	47.73 \pm 1.85 ^{bB}	49.60 \pm 1.46 ^{bB}	42.35 \pm 1.85 ^{cB}	61.30 \pm 1.01 ^{aB}	60.94 \pm 1.63 ^{aB}	44.59 \pm 2.18 ^{cB}
5	54.71 \pm 0.63 ^{cA}	55.65 \pm 1.66 ^{bcA}	50.18 \pm 1.76 ^{dA}	68.96 \pm 0.29 ^{aA}	68.99 \pm 2.23 ^{aA}	58.08 \pm 2.71 ^{bA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 31 น้ำหนักรดน้ำในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean ± standard error)



รูปที่ 32 น้ำหนักแห้งต้นในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean ± standard error)

ตารางที่ 33 น้ำหนักสดรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักสดราก ($\times 10^{-2}$ กรัม) \pm standard error					
	LPT123			LPT123-TC171		
	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA
0	2.34 \pm 0.19 ^{cF}	2.68 \pm 0.26 ^{bF}	2.75 \pm 0.14 ^{bF}	3.38 \pm 0.13 ^{aF}	3.51 \pm 0.16 ^{aF}	3.50 \pm 0.30 ^{aF}
1	6.14 \pm 0.09 ^{bE}	6.21 \pm 0.31 ^{bE}	5.31 \pm 0.29 ^{cE}	7.91 \pm 0.12 ^{aE}	7.98 \pm 0.34 ^{aE}	6.41 \pm 0.23 ^{bE}
2	10.81 \pm 0.15 ^{bcD}	9.98 \pm 0.95 ^{cD}	8.70 \pm 0.47 ^{dD}	12.20 \pm 0.33 ^{aD}	12.50 \pm 0.83 ^{aD}	11.31 \pm 0.30 ^{bD}
3	12.74 \pm 0.23 ^{bC}	12.60 \pm 0.38 ^{bC}	11.56 \pm 0.65 ^{cC}	14.91 \pm 0.50 ^{aC}	15.09 \pm 0.21 ^{aC}	13.04 \pm 0.25 ^{bC}
4	15.38 \pm 0.33 ^{bB}	15.48 \pm 0.38 ^{bB}	13.19 \pm 0.51 ^{cB}	17.20 \pm 0.30 ^{aB}	16.98 \pm 0.68 ^{aB}	14.94 \pm 0.28 ^{bB}
5	17.70 \pm 0.25 ^{bcA}	18.19 \pm 0.37 ^{bA}	16.39 \pm 0.27 ^{dA}	18.91 \pm 0.44 ^{aA}	19.24 \pm 0.48 ^{aA}	17.50 \pm 0.36 ^{cA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

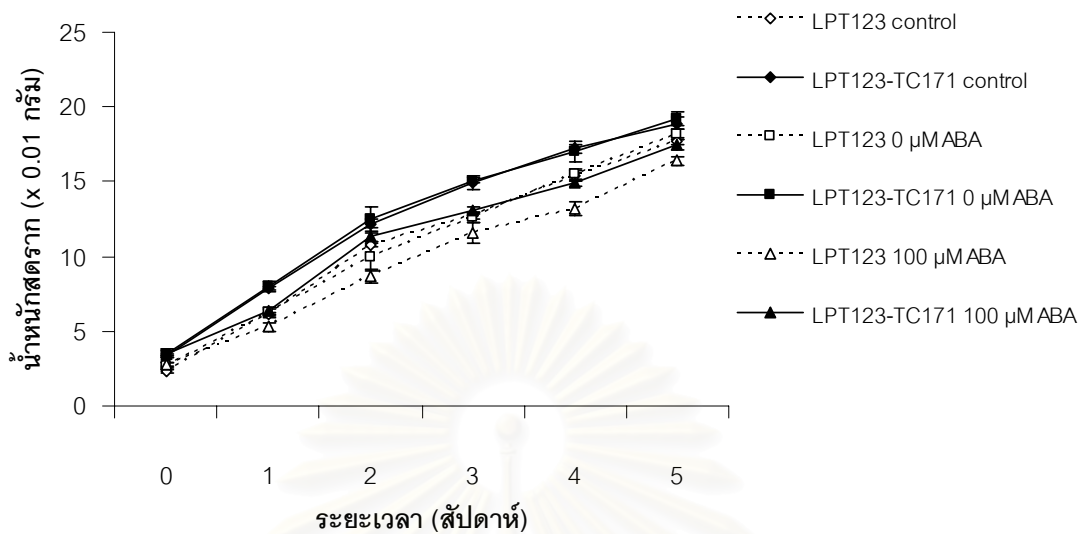
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 34 น้ำหนักแห้งรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

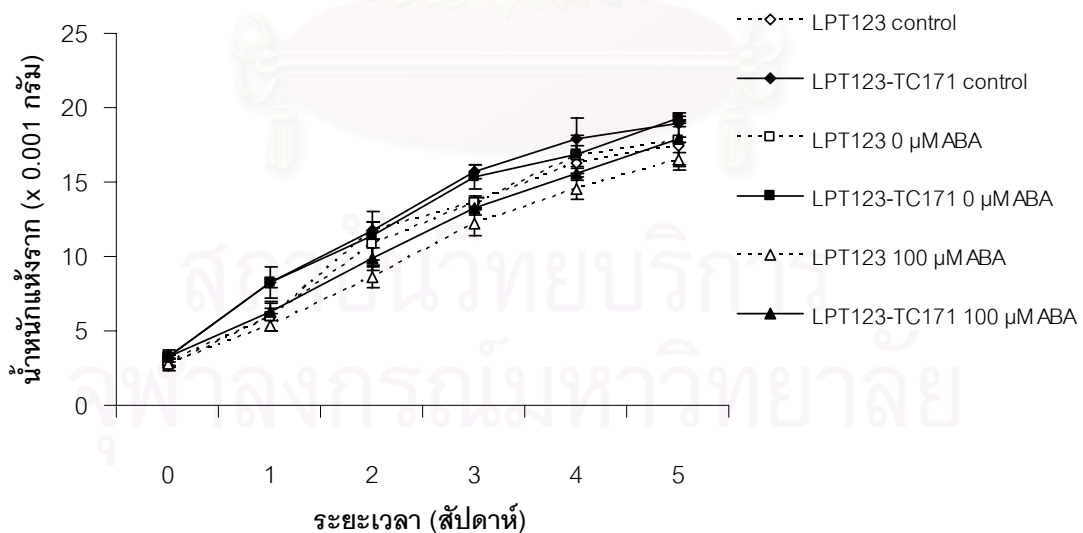
ระยะเวลา (สัปดาห์)	น้ำหนักแห้งราก ($\times 10^{-3}$ กรัม) \pm standard error					
	LPT123			LPT123-TC171		
	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA	control	0 μ M ABA**	100 μ M ABA
0	2.66 \pm 0.30 ^{bE}	2.85 \pm 0.30 ^{abE}	2.84 \pm 0.28 ^{abF}	3.30 \pm 0.13 ^{aE}	3.23 \pm 0.53 ^{aF}	3.30 \pm 0.12 ^{aF}
1	5.95 \pm 0.94 ^{bD}	5.99 \pm 0.95 ^{bD}	5.35 \pm 0.30 ^{bE}	8.23 \pm 1.07 ^{aD}	8.21 \pm 0.32 ^{aE}	6.33 \pm 0.22 ^{bE}
2	11.78 \pm 0.57 ^{aC}	10.86 \pm 1.43 ^{abC}	8.65 \pm 0.70 ^{cD}	11.74 \pm 0.59 ^{aC}	11.36 \pm 1.61 ^{abD}	9.84 \pm 0.80 ^{bcD}
3	13.64 \pm 0.43 ^{bB}	13.59 \pm 0.32 ^{bB}	12.24 \pm 0.85 ^{cC}	15.70 \pm 0.42 ^{aB}	15.33 \pm 0.80 ^{aC}	13.28 \pm 0.46 ^{bC}
4	16.30 \pm 0.69 ^{bA}	16.70 \pm 0.75 ^{abA}	14.58 \pm 0.79 ^{cb}	17.91 \pm 1.43 ^{aA}	16.88 \pm 1.32 ^{abB}	15.58 \pm 0.49 ^{bcB}
5	17.50 \pm 1.72 ^{bcA}	17.80 \pm 1.60 ^{abcA}	16.51 \pm 0.41 ^{ca}	18.90 \pm 0.20 ^{abA}	19.28 \pm 0.38 ^{aA}	17.85 \pm 0.18 ^{abcA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 33 น้ำหนักสตรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)



รูปที่ 34 น้ำหนักแห้งสตรากในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5) (mean \pm standard error)

3. การศึกษาผลของภาวะแล้ง ภาวะเค็ม และการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการสะสมโพสลินในใบข้าว

ภาวะเค็มส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินในใบของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ มากกว่าภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 39-40, รูปที่ 39-40) ภายใต้ภาวะปกติไม่ว่าจะเป็นภาวะปกติที่ไม่มีการฉีดพ่นหรือพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ก็ตาม จะพบว่าข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 ต่างก็มีปริมาณโพสลินที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ตารางที่ 35-38, รูปที่ 35-38) แต่พบว่าการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกจากภายนอกให้แก่ข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 ที่อยู่ในภาวะปกตินั้นส่งผลให้มีการสะสมโพสลินเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงแรกของการทดลอง โดยข้าว LPT123 ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 และ 6 ของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ปลูกภายใต้ภาวะปกติที่ไม่มีการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ภายหลังจากช่วงเวลาดังกล่าวปริมาณโพสลินของชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกก็มีแนวโน้มมากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นเช่นกัน แต่กลับพบว่าค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 35-36, รูปที่ 35-36) ส่วนการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกให้แก่ข้าว LPT123-TC171 ก็ส่งผลทำให้มีปริมาณโพสลินเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 ของการทดลอง แต่หลังจากนั้นกลับพบว่าปริมาณโพสลินกลับเข้าสู่ภาวะปกติคือมีค่าที่ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและชุดการทดลองที่ฉีดพ่นด้วยน้ำอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 37-38, รูปที่ 37-38)

ภาวะแล้งส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินในใบของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เช่นกัน แต่พบว่าจะส่งผลให้มีการเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงวันที่ 12 และ 18 ของการทดลองสำหรับใบข้าว LPT123 (ตารางที่ 36, รูปที่ 36) ส่วนข้าว LPT123-TC171 นั้นจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในชุดการทดลองที่ได้รับการภาวะแล้งและไม่ได้มีการฉีดพ่นน้ำในวันที่ 3 ของการทดลอง หลังจากนั้นพบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินของชุดการทดลองดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับภาวะปกติ (ตารางที่ 36, รูปที่ 36)

การเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินในใบเกิดขึ้นอย่างเด่นชัดตั้งแต่วันที่ 3 ของการทดลองเมื่อข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์อยู่ภายใต้ภาวะเค็ม โดยข้าว LPT123 ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีการสะสมโพสลินเพิ่มมากขึ้นกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยน้ำอย่างมีนัยสำคัญ แต่การเพิ่มขึ้นดังกล่าวก็ยังน้อยกว่าข้าว LPT123-TC171 ที่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโพสลินของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ระหว่างชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยน้ำและไม่ได้มีการฉีดพ่น พบว่าในชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นจะมี

ปริมาณโพสลินมากกว่าชุดการทดลองที่ฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าว LPT123-TC171 จะพบความแตกต่างดังกล่าวในวันที่ 6 และ 18 ของการทดลอง ส่วนข้าว LPT123 จะสามารถพบได้ตั้งแต่ในวันที่ 3 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 41, รูปที่ 41)

การเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินในใบของข้าว LPT123 ในทุกชุดการทดลองภายใต้ภาวะเค็มจะเป็นไปในรูปแบบเดียวกันคือ จะมีการเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดในวันที่ 9 ของการทดลอง หลังจากนั้นปริมาณโพสลินจะลดต่ำลง โดยในชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีปริมาณโพสลินมากกว่าในชุดที่ไม่มีฉีดพ่นและพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 35, รูปที่ 35) ส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินในใบของข้าว LPT123-TC171 ในทุกชุดการทดลองภายใต้ภาวะเค็มก็จะเป็นไปในรูปแบบที่คล้ายคลึงกันเช่นกัน แต่แตกต่างจากรูปแบบของการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินในใบของข้าว LPT123 กล่าวคือ ปริมาณโพสลินในใบของข้าว LPT123-TC171 จะมีการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองโดยไม่มีการลดลงในช่วงวันท้ายๆ ของการทดลอง (ตารางที่ 37, รูปที่ 37)

ปริมาณโพสลินสูงสุดของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ในระหว่างการทดลองภายใต้ภาวะเค็มพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ข้าว LPT123 จะมีการสะสมโพสลินเกิดขึ้นช้ากว่าข้าว LPT123-TC171 อย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 3 และ 6 ซึ่งเป็นช่วงแรกของการได้รับภาวะเค็ม (ตารางที่ 41, รูปที่ 41)

การสะสมโพสลินของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เพื่อตอบสนองต่อภาวะแล้งพบว่า ในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีปริมาณโพสลินน้อยกว่าในชุดการทดลองที่ได้รับกรดแอมไซซิกจากภายนอก การฉีดพ่นกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้มีปริมาณโพสลินลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับข้าว LPT123-TC171 ในวันที่ 3 และ 6 หลังจากที่ได้รับภาวะแล้ง ในขณะที่การฉีดพ่นน้ำให้แก่ข้าว LPT123 ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพสลินอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่น และพบว่า การฉีดพ่นกรดแอมไซซิกให้แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ ในช่วง 9 วันแรกมีผลให้มีปริมาณโพสลินเพิ่มมากขึ้นอย่างไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในวันที่ 12 และ 18 ของการทดลองพบว่าข้าว LPT123-TC171 ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีปริมาณโพสลินมากกว่าข้าว LPT123 ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกในช่วงเวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 42, รูปที่ 42)

ตารางที่ 35 ปริมาณโพรงลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณโพรงลิน(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) \pm standard error					
	LPT123	LPT123	LPT123	LPT123	LPT123	LPT123
	ภาวะปกติ	ภาวะปกติ	ภาวะปกติ	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม
		พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA		พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA
0	0.52 \pm 0.05 ^{aA}	0.43 \pm 0.06 ^{aA}	0.56 \pm 0.06 ^{aC}	0.59 \pm 0.06 ^{aD}	0.57 \pm 0.07 ^{aE}	0.43 \pm 0.05 ^{aD}
3	0.47 \pm 0.04 ^{dA}	0.55 \pm 0.05 ^{cdA}	0.80 \pm 0.06 ^{bc}	0.70 \pm 0.07 ^{bcD}	0.41 \pm 0.03 ^{dE}	1.88 \pm 0.11 ^{aC}
6	0.44 \pm 0.04 ^{dA}	0.47 \pm 0.03 ^{dA}	1.04 \pm 0.07 ^{cAB}	2.41 \pm 0.14 ^{bc}	1.42 \pm 0.13 ^{cd}	5.24 \pm 0.41 ^{aB}
9	0.55 \pm 0.08 ^{dA}	0.41 \pm 0.05 ^{dA}	0.86 \pm 0.06 ^{dC}	9.82 \pm 0.41 ^{ba}	7.57 \pm 0.35 ^{ca}	10.87 \pm 0.34 ^{aA}
12	0.37 \pm 0.06 ^{dA}	0.50 \pm 0.04 ^{dA}	1.11 \pm 0.13 ^{dA}	7.99 \pm 0.52 ^{bb}	5.33 \pm 0.33 ^{cb}	10.13 \pm 0.44 ^{aA}
18	0.44 \pm 0.05 ^{dA}	0.50 \pm 0.06 ^{dA}	0.91 \pm 0.08 ^{dAB}	7.74 \pm 0.47 ^{ab}	2.31 \pm 0.20 ^{cc}	5.99 \pm 0.40 ^{bb}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

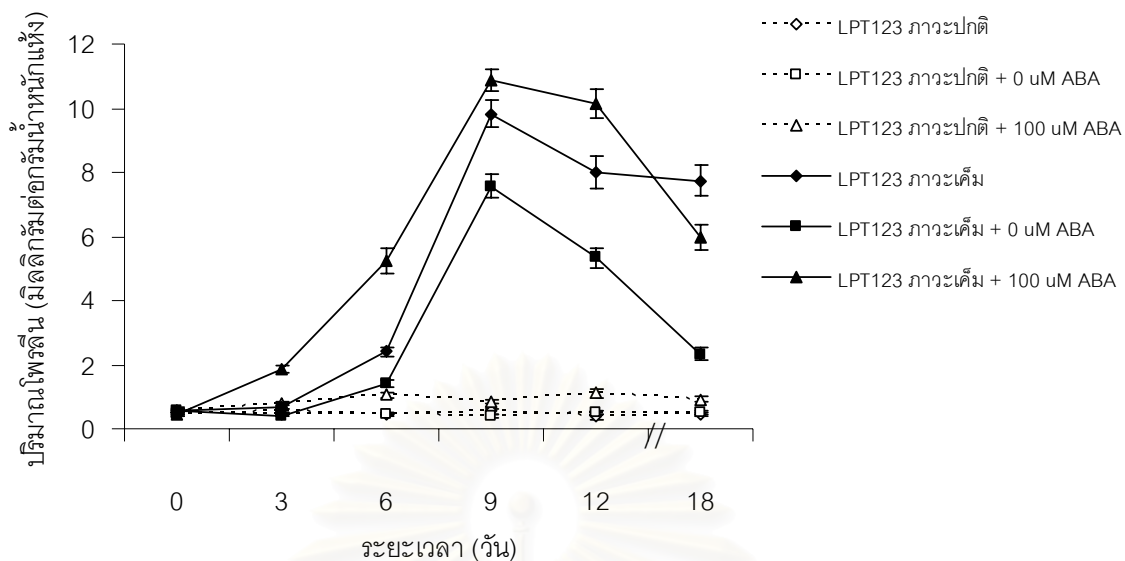
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 36 ปริมาณโพรงลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

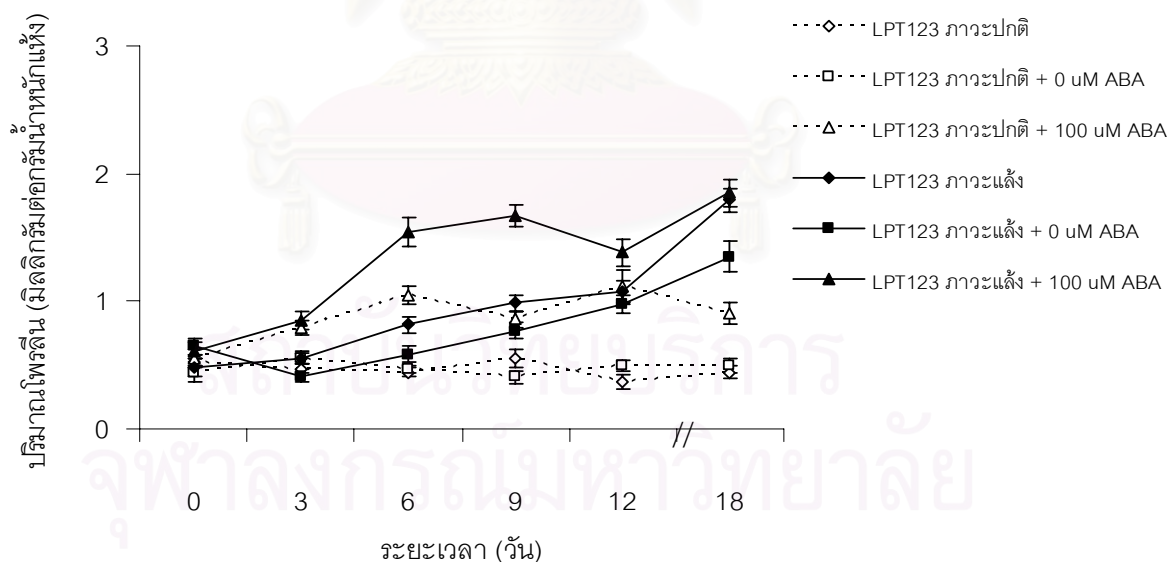
ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณโพรงลิน(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) \pm standard error					
	LPT123	LPT123	LPT123	LPT123	LPT123	LPT123
	ภาวะปกติ	ภาวะปกติ	ภาวะปกติ	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง
	พ่น 0 μ M ABA**		พ่น 100 μ M ABA	พ่น 0 μ M ABA**		พ่น 100 μ M ABA
0	0.52 \pm 0.05 ^{aA}	0.43 \pm 0.06 ^{aA}	0.56 \pm 0.06 ^{aC}	0.48 \pm 0.07 ^{aD}	0.65 \pm 0.06 ^{aC}	0.61 \pm 0.07 ^{aD}
3	0.47 \pm 0.04 ^{bA}	0.55 \pm 0.05 ^{bA}	0.80 \pm 0.06 ^{aC}	0.56 \pm 0.05 ^{bD}	0.42 \pm 0.05 ^{bD}	0.85 \pm 0.08 ^{aD}
6	0.44 \pm 0.04 ^{dA}	0.47 \pm 0.03 ^{dA}	1.04 \pm 0.07 ^{bAB}	0.81 \pm 0.06 ^{cC}	0.59 \pm 0.07 ^{dCD}	1.54 \pm 0.11 ^{aBC}
9	0.55 \pm 0.08 ^{dA}	0.41 \pm 0.05 ^{dA}	0.86 \pm 0.06 ^{bcC}	0.99 \pm 0.06 ^{bBC}	0.77 \pm 0.06 ^{cBC}	1.67 \pm 0.09 ^{aAB}
12	0.37 \pm 0.06 ^{cA}	0.50 \pm 0.04 ^{cA}	1.11 \pm 0.13 ^{bA}	1.08 \pm 0.08 ^{bB}	0.98 \pm 0.07 ^{bB}	1.38 \pm 0.10 ^{aC}
18	0.44 \pm 0.05 ^{dA}	0.50 \pm 0.06 ^{dA}	0.91 \pm 0.08 ^{cAB}	1.79 \pm 0.09 ^{aA}	1.35 \pm 0.11 ^{bA}	1.85 \pm 0.10 ^{aA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 35 ปริมาณโพรรลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)



รูปที่ 36 ปริมาณโพรรลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

ตารางที่ 37 ปริมาณโพรงลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณโพรงลิน(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) \pm standard error					
	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171
	ภาวะปกติ	ภาวะปกติ	ภาวะปกติ	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม
	พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA		พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA	
0	0.57 \pm 0.05 ^{aA}	0.54 \pm 0.05 ^{aA}	0.59 \pm 0.07 ^{aB}	0.62 \pm 0.05 ^{aC}	0.51 \pm 0.05 ^{aC}	0.45 \pm 0.06 ^{aD}
3	0.59 \pm 0.05 ^{dA}	0.50 \pm 0.06 ^{dA}	0.95 \pm 0.05 ^{bA}	0.80 \pm 0.07 ^{bcC}	0.68 \pm 0.05 ^{cdC}	3.72 \pm 0.12 ^{aC}
6	0.53 \pm 0.06 ^{dA}	0.57 \pm 0.05 ^{dA}	0.95 \pm 0.07 ^{dA}	5.15 \pm 0.28 ^{bB}	2.28 \pm 0.18 ^{cB}	7.75 \pm 0.24 ^{aB}
9	0.46 \pm 0.04 ^{cA}	0.62 \pm 0.06 ^{cA}	1.11 \pm 0.09 ^{cA}	6.19 \pm 0.31 ^{bB}	5.41 \pm 0.27 ^{bA}	10.02 \pm 0.56 ^{aA}
12	0.48 \pm 0.06 ^{dA}	0.53 \pm 0.07 ^{dA}	1.01 \pm 0.09 ^{dA}	7.63 \pm 0.67 ^{bA}	6.22 \pm 0.61 ^{cA}	10.42 \pm 0.53 ^{aA}
18	0.53 \pm 0.05 ^{dA}	0.57 \pm 0.06 ^{dA}	0.98 \pm 0.06 ^{dA}	8.46 \pm 0.44 ^{bA}	5.36 \pm 0.34 ^{cA}	10.32 \pm 0.58 ^{aA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

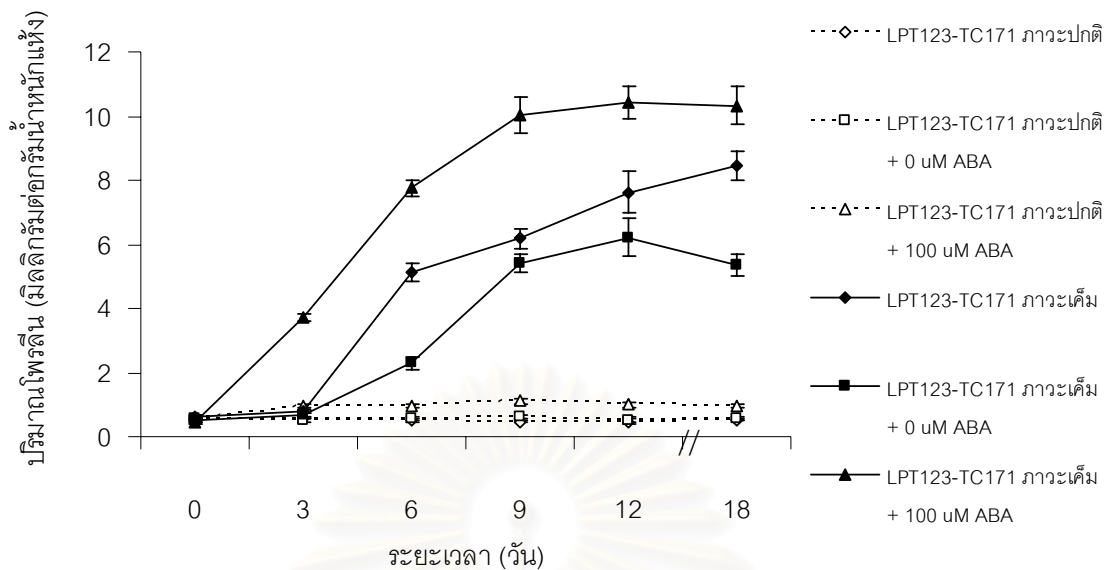
ตารางที่ 38 ปริมาณโพรงลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณโพรงลิน(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) \pm standard error					
	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171
	ภาวะปกติ	ภาวะปกติ	ภาวะปกติ	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง
	พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA	พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA	พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA
0	0.57 \pm 0.05 ^{aA}	0.54 \pm 0.05 ^{aA}	0.59 \pm 0.07 ^{aB}	0.47 \pm 0.03 ^{aD}	0.39 \pm 0.04 ^{aD}	0.49 \pm 0.07 ^{aC}
3	0.59 \pm 0.05 ^{bA}	0.50 \pm 0.06 ^{bA}	0.95 \pm 0.05 ^{aA}	0.83 \pm 0.10 ^{aC}	0.55 \pm 0.05 ^{bCD}	0.86 \pm 0.04 ^{aC}
6	0.53 \pm 0.06 ^{cA}	0.57 \pm 0.05 ^{cA}	0.95 \pm 0.07 ^{bA}	0.82 \pm 0.09 ^{bC}	0.57 \pm 0.05 ^{cCD}	1.55 \pm 0.09 ^{aB}
9	0.46 \pm 0.04 ^{dA}	0.62 \pm 0.06 ^{cdA}	1.11 \pm 0.09 ^{bA}	1.04 \pm 0.09 ^{bBC}	0.75 \pm 0.08 ^{cBC}	1.86 \pm 0.12 ^{aB}
12	0.48 \pm 0.06 ^{cA}	0.53 \pm 0.07 ^{cA}	1.01 \pm 0.09 ^{bA}	1.13 \pm 0.11 ^{bAB}	0.85 \pm 0.12 ^{bB}	1.78 \pm 0.09 ^{aB}
18	0.53 \pm 0.05 ^{cA}	0.57 \pm 0.06 ^{cA}	0.98 \pm 0.06 ^{bA}	1.37 \pm 0.10 ^{bA}	1.13 \pm 0.09 ^{bA}	2.51 \pm 0.30 ^{aA}

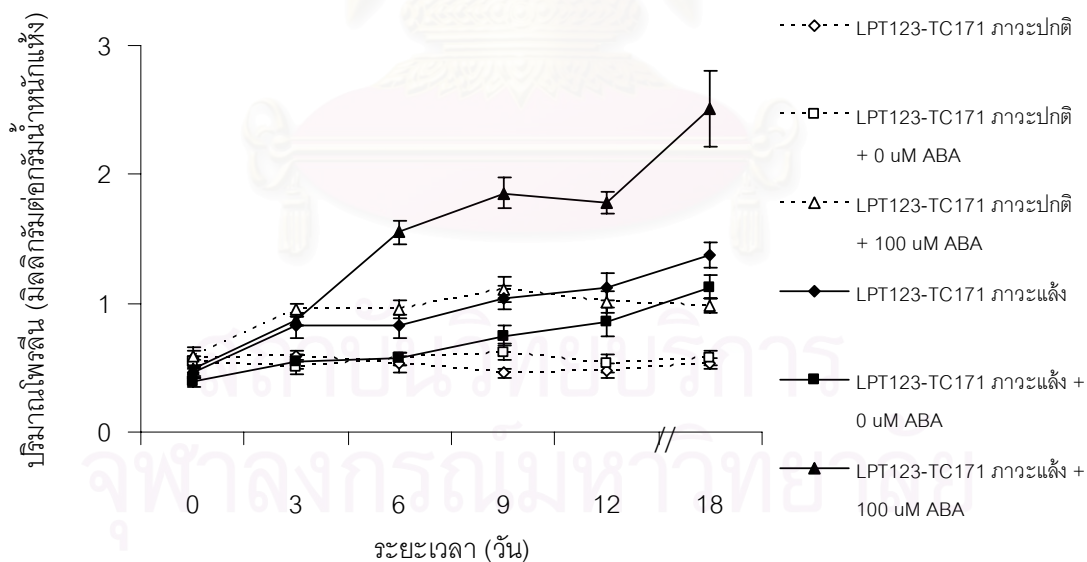
* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 37 ปริมาณไฟรลีนในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)



รูปที่ 38 ปริมาณไฟรลีนในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะปกติ ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

ตารางที่ 39 ปริมาณโพรลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะแล้ง ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณโพรลิน(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) \pm standard error					
	LPT123 ภาวะเค็ม	LPT123 ภาวะเค็ม	LPT123 ภาวะเค็ม	LPT123 ภาวะแล้ง	LPT123 ภาวะแล้ง	LPT123 ภาวะแล้ง
		พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA		พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA
0	0.59 \pm 0.06 ^{aD}	0.57 \pm 0.07 ^{aE}	0.43 \pm 0.05 ^{aD}	0.48 \pm 0.07 ^{aD}	0.65 \pm 0.06 ^{aC}	0.61 \pm 0.07 ^{aD}
3	0.70 \pm 0.07 ^{bcD}	0.41 \pm 0.03 ^{dE}	1.88 \pm 0.11 ^{aC}	0.56 \pm 0.05 ^{cdD}	0.42 \pm 0.05 ^{dD}	0.85 \pm 0.08 ^{bdD}
6	2.41 \pm 0.14 ^{bC}	1.42 \pm 0.13 ^{cD}	5.24 \pm 0.41 ^{aB}	0.81 \pm 0.06 ^{dC}	0.59 \pm 0.07 ^{dCD}	1.54 \pm 0.11 ^{cBC}
9	9.82 \pm 0.41 ^{bA}	7.57 \pm 0.35 ^{aA}	10.87 \pm 0.34 ^{aA}	0.99 \pm 0.06 ^{deBC}	0.77 \pm 0.06 ^{eBC}	1.67 \pm 0.09 ^{dAB}
12	7.99 \pm 0.52 ^{bb}	5.33 \pm 0.33 ^{cb}	10.13 \pm 0.44 ^{aA}	1.08 \pm 0.08 ^{dB}	0.98 \pm 0.07 ^{dB}	1.38 \pm 0.10 ^{dC}
18	7.74 \pm 0.47 ^{aB}	2.31 \pm 0.20 ^{cC}	5.99 \pm 0.40 ^{bB}	1.79 \pm 0.09 ^{cdA}	1.35 \pm 0.11 ^{dA}	1.85 \pm 0.10 ^{cdA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

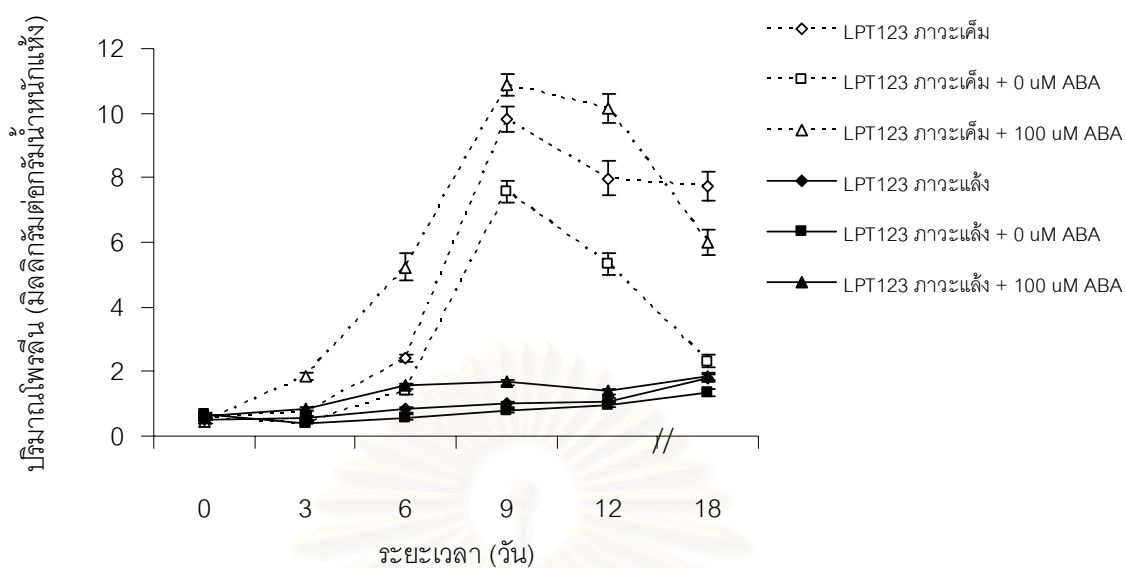
ตารางที่ 40 ปริมาณโพรงลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะแล้ง ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณโพรงลิน(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) \pm standard error					
	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171
	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง
	พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA	พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA	พ่น 0 μ M ABA**	พ่น 100 μ M ABA
0	0.62 \pm 0.05 ^{aC}	0.51 \pm 0.05 ^{aC}	0.45 \pm 0.06 ^{aD}	0.47 \pm 0.03 ^{aD}	0.39 \pm 0.04 ^{aD}	0.49 \pm 0.07 ^{aC}
3	0.80 \pm 0.07 ^{bC}	0.68 \pm 0.05 ^{bcC}	3.72 \pm 0.12 ^{aC}	0.83 \pm 0.10 ^{bC}	0.55 \pm 0.05 ^{cCD}	0.86 \pm 0.04 ^{bC}
6	5.15 \pm 0.28 ^{bB}	2.28 \pm 0.18 ^{bB}	7.75 \pm 0.24 ^{aB}	0.82 \pm 0.09 ^{eC}	0.57 \pm 0.05 ^{eCD}	1.55 \pm 0.09 ^{dB}
9	6.19 \pm 0.31 ^{bB}	5.41 \pm 0.27 ^{bA}	10.02 \pm 0.56 ^{aA}	1.04 \pm 0.09 ^{cdBC}	0.75 \pm 0.08 ^{dBC}	1.86 \pm 0.12 ^{CB}
12	7.63 \pm 0.67 ^{bA}	6.22 \pm 0.61 ^{cA}	10.42 \pm 0.53 ^{aA}	1.13 \pm 0.11 ^{dAB}	0.85 \pm 0.12 ^{dB}	1.78 \pm 0.09 ^{dB}
18	8.46 \pm 0.44 ^{bA}	5.36 \pm 0.34 ^{cA}	10.32 \pm 0.58 ^{aA}	1.37 \pm 0.10 ^{eA}	1.13 \pm 0.09 ^{eA}	2.51 \pm 0.30 ^{dA}

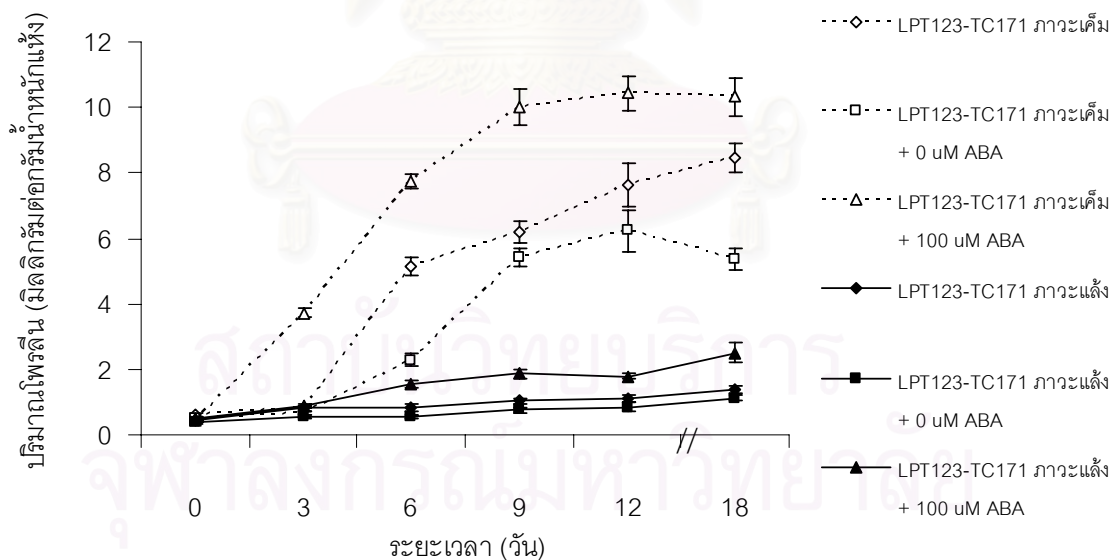
* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 39 ปริมาณไฟรลีนในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะแล้ง ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)



รูปที่ 40 ปริมาณไฟรลีนในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA เปรียบเทียบกับภาวะแล้ง ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

ตารางที่ 41 ปริมาณโพรงลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณโพรงลิน(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) \pm standard error					
	LPT123	LPT123	LPT123	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171
	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม	ภาวะเค็ม
	พ่น 0 μ M ABA**		พ่น 100 μ M ABA	พ่น 0 μ M ABA**		พ่น 100 μ M ABA
0	0.59 \pm 0.06 ^{aD}	0.57 \pm 0.07 ^{aE}	0.43 \pm 0.05 ^{aD}	0.62 \pm 0.05 ^{aC}	0.51 \pm 0.05 ^{aC}	0.45 \pm 0.06 ^{aD}
3	0.70 \pm 0.07 ^{cD}	0.41 \pm 0.03 ^{dE}	1.88 \pm 0.11 ^{bC}	0.80 \pm 0.07 ^{cC}	0.68 \pm 0.05 ^{cC}	3.72 \pm 0.12 ^{aC}
6	2.41 \pm 0.14 ^{cC}	1.42 \pm 0.13 ^{dD}	5.24 \pm 0.41 ^{bB}	5.15 \pm 0.28 ^{bB}	2.28 \pm 0.18 ^{cB}	7.75 \pm 0.24 ^{aB}
9	9.82 \pm 0.41 ^{aA}	7.57 \pm 0.35 ^{bA}	10.87 \pm 0.34 ^{aA}	6.19 \pm 0.31 ^{cB}	5.41 \pm 0.27 ^{cA}	10.02 \pm 0.56 ^{aA}
12	7.99 \pm 0.52 ^{bB}	5.33 \pm 0.33 ^{dB}	10.13 \pm 0.44 ^{aA}	7.63 \pm 0.67 ^{bcA}	6.22 \pm 0.61 ^{cdA}	10.42 \pm 0.53 ^{aA}
18	7.74 \pm 0.47 ^{bB}	2.31 \pm 0.20 ^{dC}	5.99 \pm 0.40 ^{cB}	8.46 \pm 0.44 ^{bA}	5.36 \pm 0.34 ^{cA}	10.32 \pm 0.58 ^{aA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

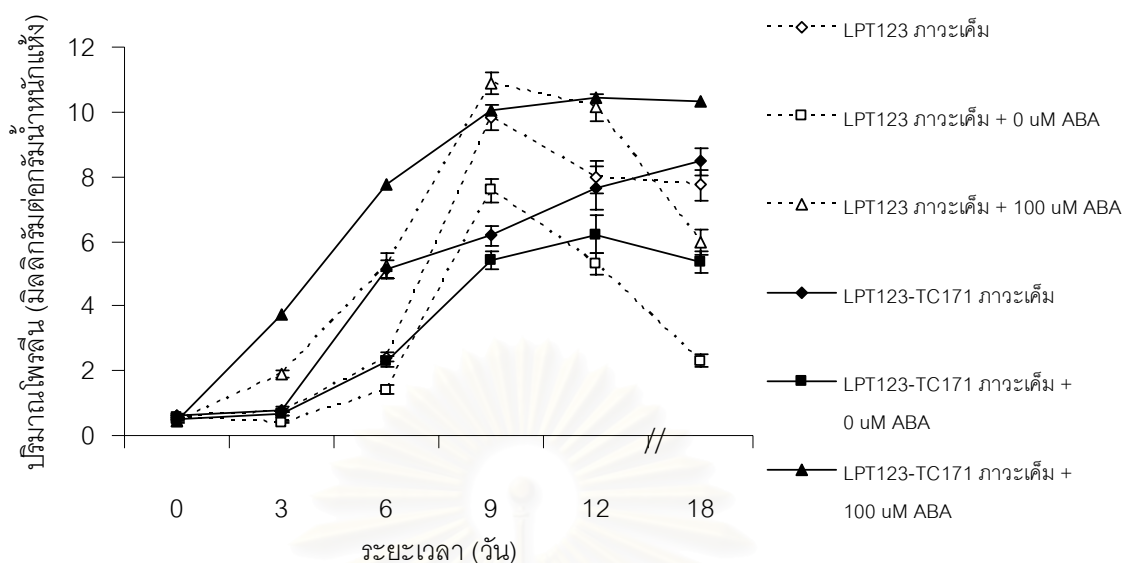
** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 42 ปริมาณโพรงลินในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

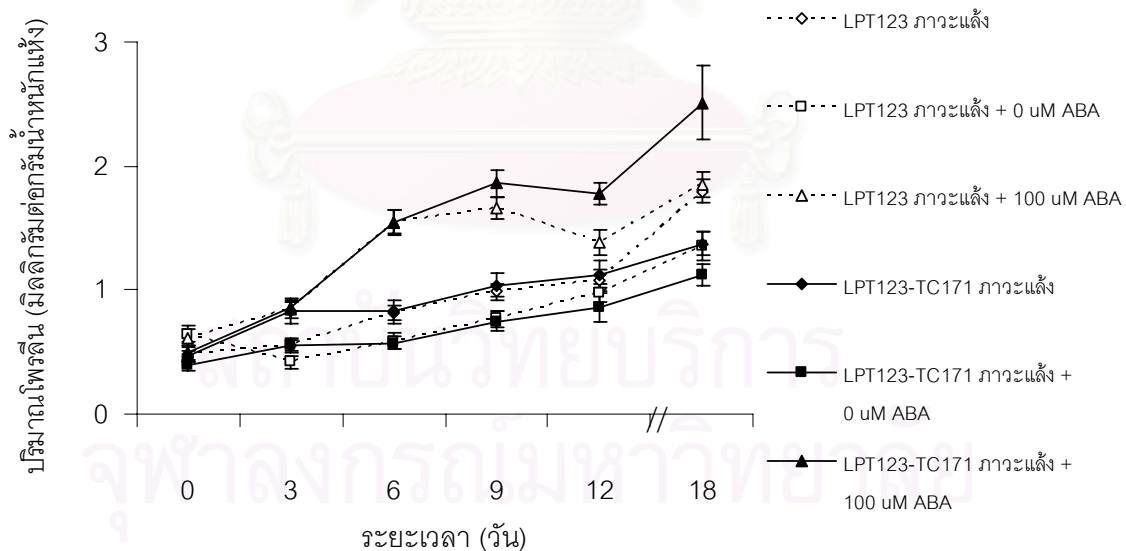
ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณโพรงลิน(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) \pm standard error					
	LPT123	LPT123	LPT123	LPT123-TC171	LPT123-TC171	LPT123-TC171
	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง	ภาวะแล้ง
	พ่น 0 μ M ABA**		พ่น 100 μ M ABA	พ่น 0 μ M ABA**		พ่น 100 μ M ABA
0	0.48 \pm 0.07 ^{abD}	0.65 \pm 0.06 ^{aC}	0.61 \pm 0.07 ^{aD}	0.47 \pm 0.03 ^{abD}	0.39 \pm 0.04 ^{bD}	0.49 \pm 0.07 ^{abC}
3	0.56 \pm 0.05 ^{bD}	0.42 \pm 0.05 ^{bD}	0.85 \pm 0.08 ^{aD}	0.83 \pm 0.10 ^{aC}	0.55 \pm 0.05 ^{bCD}	0.86 \pm 0.04 ^{aC}
6	0.81 \pm 0.06 ^{bC}	0.59 \pm 0.07 ^{bCD}	1.54 \pm 0.11 ^{aBC}	0.82 \pm 0.09 ^{bC}	0.57 \pm 0.05 ^{bCD}	1.55 \pm 0.09 ^{aB}
9	0.99 \pm 0.06 ^{bcBC}	0.77 \pm 0.06 ^{cBC}	1.67 \pm 0.09 ^{aAB}	1.04 \pm 0.09 ^{bBC}	0.75 \pm 0.08 ^{cBC}	1.86 \pm 0.12 ^{aB}
12	1.08 \pm 0.08 ^{cB}	0.98 \pm 0.07 ^{cB}	1.38 \pm 0.10 ^{bC}	1.13 \pm 0.11 ^{bcAB}	0.85 \pm 0.12 ^{cB}	1.78 \pm 0.09 ^{aB}
18	1.79 \pm 0.09 ^{bcA}	1.35 \pm 0.11 ^{cdA}	1.85 \pm 0.10 ^{bA}	1.37 \pm 0.10 ^{cdA}	1.13 \pm 0.09 ^{dA}	2.51 \pm 0.30 ^{aA}

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

** 0 μ M ABA วิธีการเตรียมในภาคผนวก ข



รูปที่ 41 ปริมาณไฟรลีนในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะเค็มที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)



รูปที่ 42 ปริมาณไฟรลีนในเนื้อเยื่อใบของข้าว LPT123 และ LPT123-TC171 เมื่อปลูกในภาวะแล้งที่ได้รับ/ไม่ได้รับการฉีดพ่น ABA ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง (mean \pm standard error)

4. การศึกษาผลของกรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการแสดงออกของยีน *P5CS* เมื่อข้าวอยู่ภายใต้ภาวะแล้งและภาวะเค็ม

จากการศึกษาการแสดงออกของยีน *P5CS* ในข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ในระหว่างวันที่ 3, 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลอง ด้วยวิธี northern blot analysis โดยใช้โคลน *P5CS_2kb_No.27* (ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน, 2546) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับลำดับเบสบางส่วนของ *Oryza sativa* L. *P5CS* mRNA (Accession number D49714) เป็น probe ในการตรวจสอบปรากฏผลดังนี้

ภาวะแล้งส่งผลต่อการแสดงออกของยีน *P5CS* น้อยกว่าภาวะเค็ม โดยพบว่าภาวะเค็มสามารถชักนำให้ยีน *P5CS* ในข้าวมีการแสดงออกได้ตั้งแต่วันที่ 3 ซึ่งสามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจน

วันที่ 3 ของการทดลองพบว่า ข้าว LPT123 ที่ได้รับภาวะเค็มมีการแสดงออกของยีน *P5CS* เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิก เช่นเดียวกับกับข้าว LPT123-TC171 การแสดงออกของยีน *P5CS* สามารถตรวจพบได้เป็น 2 แถบ ซึ่งมีขนาดประมาณ 2.9 kb และ 2.5 kb ตามลำดับ (รูปที่ 50 ข) สำหรับในภาวะแล้งก็สามารถตรวจพบการแสดงออกของยีน *P5CS* ได้ในรูปแบบเดียวกันแต่จะมีน้อยกว่าการแสดงออกของยีนภายใต้ภาวะเค็มมาก การแสดงออกของยีน *P5CS* ในข้าว LPT123-TC171 มีมากกว่าข้าว LPT123 อย่างเห็นได้ชัดเจน และพบว่ากรดแอบไซซิกให้แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ทั้งในภาวะเค็มและภาวะแล้งมีผลชักนำให้มีการแสดงออกของยีน *P5CS* เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ แต่ภาวะแล้งการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกส่งผลให้มีการชักนำให้มีการแสดงออกของยีน *P5CS* ได้น้อยกว่าภาวะเค็ม (รูปที่ 50)

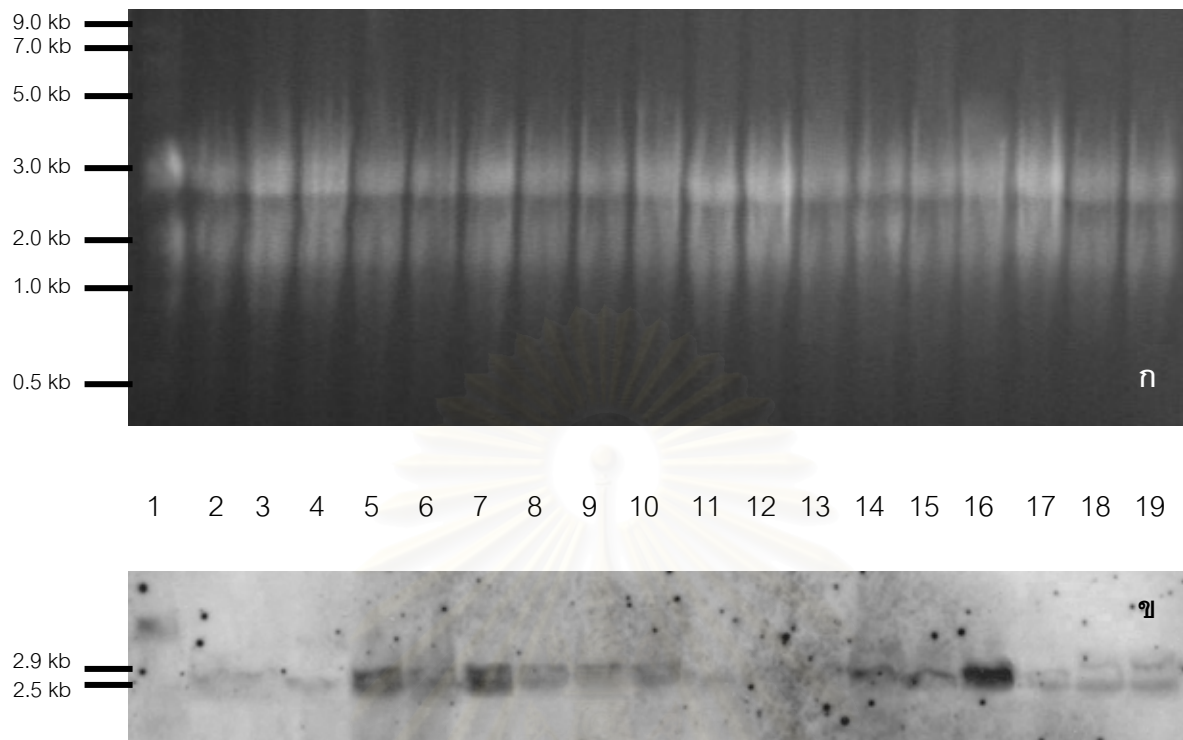
วันที่ 6 ของการทดลองพบว่าข้าว LPT123 ที่อยู่ภายใต้ภาวะเค็มมีการแสดงออกของยีน *P5CS* น้อยกว่าข้าว LPT123-TC171 ที่อยู่ภายใต้ภาวะเดียวกันมาก ส่วนในภาวะแล้งก็ยังสามารถที่จะตรวจพบการแสดงออกของยีน *P5CS* ได้ในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกจะมีการแสดงออกมาก แต่ก็ยังน้อยกว่าการแสดงออกของยีน *P5CS* ของข้าวซึ่งอยู่ภายใต้ภาวะเค็ม และข้าวที่อยู่ภายใต้ภาวะเค็มชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกจะมีการแสดงออกของยีน *P5CS* มากกว่าในชุดที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ อย่างชัดเจน แต่ไม่แตกต่างจากชุดที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นมากนัก (รูปที่ 51)

วันที่ 9 ของการทดลองพบว่า ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้งมีการแสดงออกของยีน *P5CS* ที่สามารถตรวจสอบพบได้ โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิก แต่เมื่อมองในภาพรวมแล้ว ในภาวะแล้งไม่ส่งผลให้มีการแสดงออกของยีน *P5CS* ที่แตกต่างกันมากนักในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ แต่ภายใต้ภาวะเค็มพบว่า ข้าว LPT123 มีการแสดงออกของยีน *P5CS* มากกว่าข้าว LPT123-TC171 และในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์สามารถที่จะตรวจสอบพบการแสดงออกของยีน *P5CS* ได้มากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ (รูปที่ 52)

วันที่ 12 ของการทดลองสามารถตรวจสอบพบการแสดงออกของยีน *P5CS* ของข้าว LPT123-TC171 ที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้งได้น้อยกว่าภาวะเค็มอย่างชัดเจน ในขณะที่ข้าว LPT123 พบการแสดงออกของยีน *P5CS* ในทั้งสองภาวะในระดับที่ไม่แตกต่างกันมาก และพบว่า การให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกสามารถชักนำให้มีการแสดงออกของยีน *P5CS* มากกว่าการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ในทั้งสองภาวะ (รูปที่ 53)

วันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการทดลอง สามารถตรวจสอบการแสดงออกของยีน *P5CS* ของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ในภาวะแล้งได้น้อยกว่าภาวะเค็ม เช่นเดียวกันกับวันที่ผ่านๆ มา โดยภายใต้ภาวะเค็มพบว่าการแสดงออกของยีน *P5CS* ในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ไม่แตกต่างกันมากนัก และพบว่า การฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ต้นกล้าข้าว เป็นผลทำให้มีการแสดงออกของยีน *P5CS* เพิ่มขึ้นในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เช่นเดียวกันกับภาวะแล้ง (รูปที่ 54)

ตลอดระยะเวลาของการทดลองสามารถตรวจสอบพบการแสดงออกของยีน *P5CS* ภายใต้ภาวะปกติได้แต่มีระดับการแสดงออกที่ค่อนข้างต่ำ และพบว่า การฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ที่ปลูกอยู่ภายใต้ภาวะปกตินั้นสามารถชักนำให้มีการแสดงออกของยีน *P5CS* ได้ และพบว่า การพ่นกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ทั้งในภาวะเค็มและภาวะแล้ง มีผลทำให้ยีน *P5CS* มีการแสดงออกลดลงได้



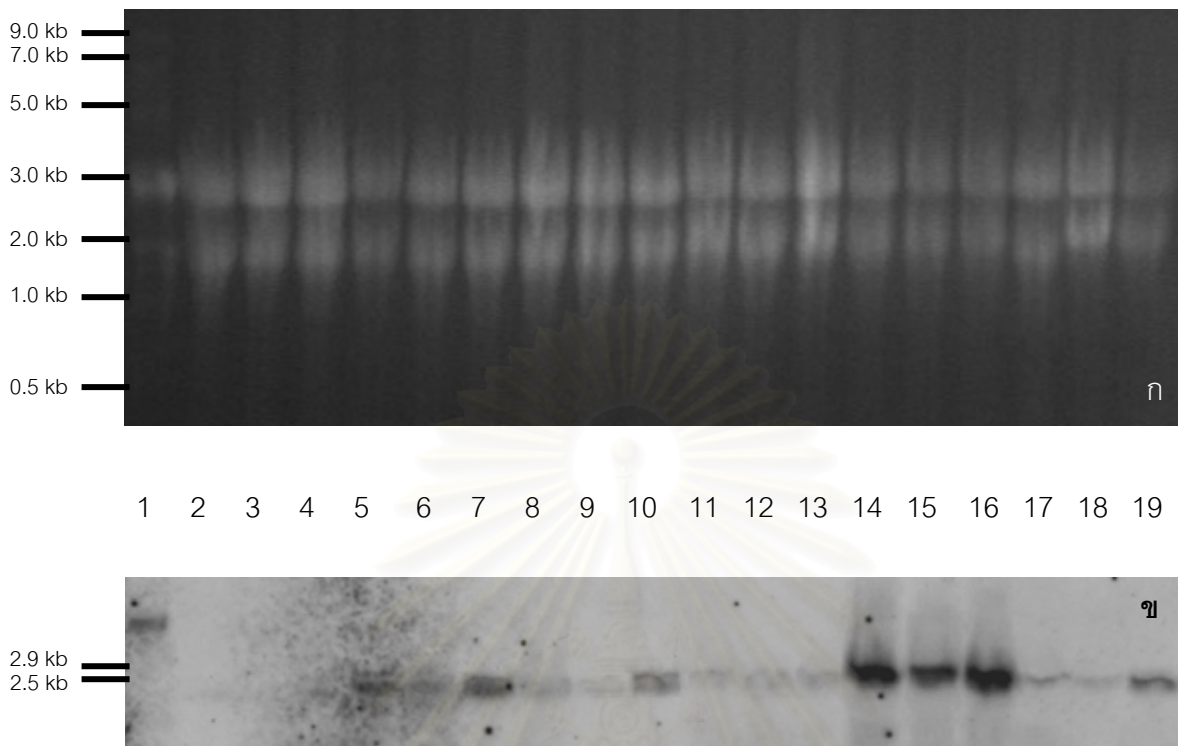
รูปที่ 43 รูปแบบการแสดงออกของยีน *P5CS* ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 3 วัน

(ก) รูปแบบของ Total RNA ที่สกัดจากใบข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 3 ของการทดลอง เมื่อแยกด้วย 1% formaldehyde-agarose gel

(ข) Northern blot analysis ของทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 3 ของการทดลอง โดยใช้โคลน *P5CS_2kb_No.2* เป็น probe

โดยที่ 1 = RNA marker

- | | |
|--|--|
| 2 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ | 11 = LPT123 ภาวะปกติ |
| 3 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟ่น 0 μ M ABA | 12 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟ่น 0 μ M ABA |
| 4 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟ่น 100 μ M ABA | 13 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟ่น 100 μ M ABA |
| 5 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม | 14 = LPT123 ภาวะเค็ม |
| 6 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟ่น 0 μ M ABA | 15 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟ่น 0 μ M ABA |
| 7 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟ่น 100 μ M ABA | 16 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟ่น 100 μ M ABA |
| 8 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง | 17 = LPT123 ภาวะแล้ง |
| 9 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟ่น 0 μ M ABA | 18 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟ่น 0 μ M ABA |
| 10 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟ่น 100 μ M ABA | 19 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟ่น 100 μ M ABA |



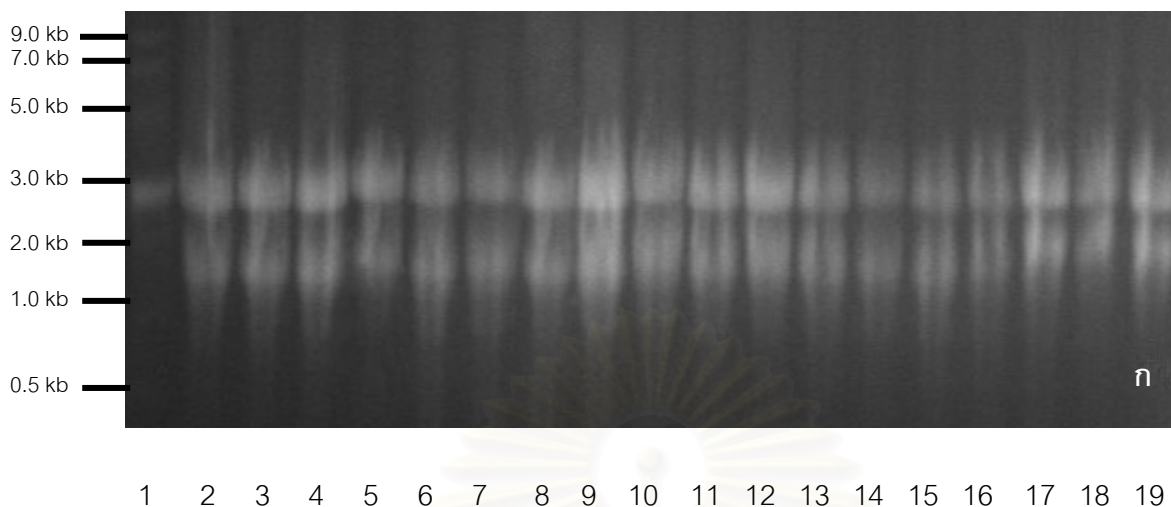
รูปที่ 44 รูปแบบการแสดงออกของยีน *P5CS* ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 6 วัน

(ก) รูปแบบของ Total RNA ที่สกัดจากใบข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 3 ของการทดลอง เมื่อแยกด้วย 1% formaldehyde-agarose gel

(ข) Northern blot analysis ของทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 6 ของการทดลอง โดยใช้โคลน *P5CS_2kb_No.2* เป็น probe

โดยที่ 1 = RNA marker

- | | |
|--|--|
| 2 = LPT123 ภาวะปกติ | 11 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ |
| 3 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟ่น 0 μM ABA | 12 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟ่น 0 μM ABA |
| 4 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟ่น 100 μM ABA | 13 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟ่น 100 μM ABA |
| 5 = LPT123 ภาวะเค็ม | 14 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม |
| 6 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟ่น 0 μM ABA | 15 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟ่น 0 μM ABA |
| 7 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟ่น 100 μM ABA | 16 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟ่น 100 μM ABA |
| 8 = LPT123 ภาวะแล้ง | 17 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง |
| 9 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟ่น 0 μM ABA | 18 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟ่น 0 μM ABA |
| 10 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟ่น 100 μM ABA | 19 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟ่น 100 μM ABA |



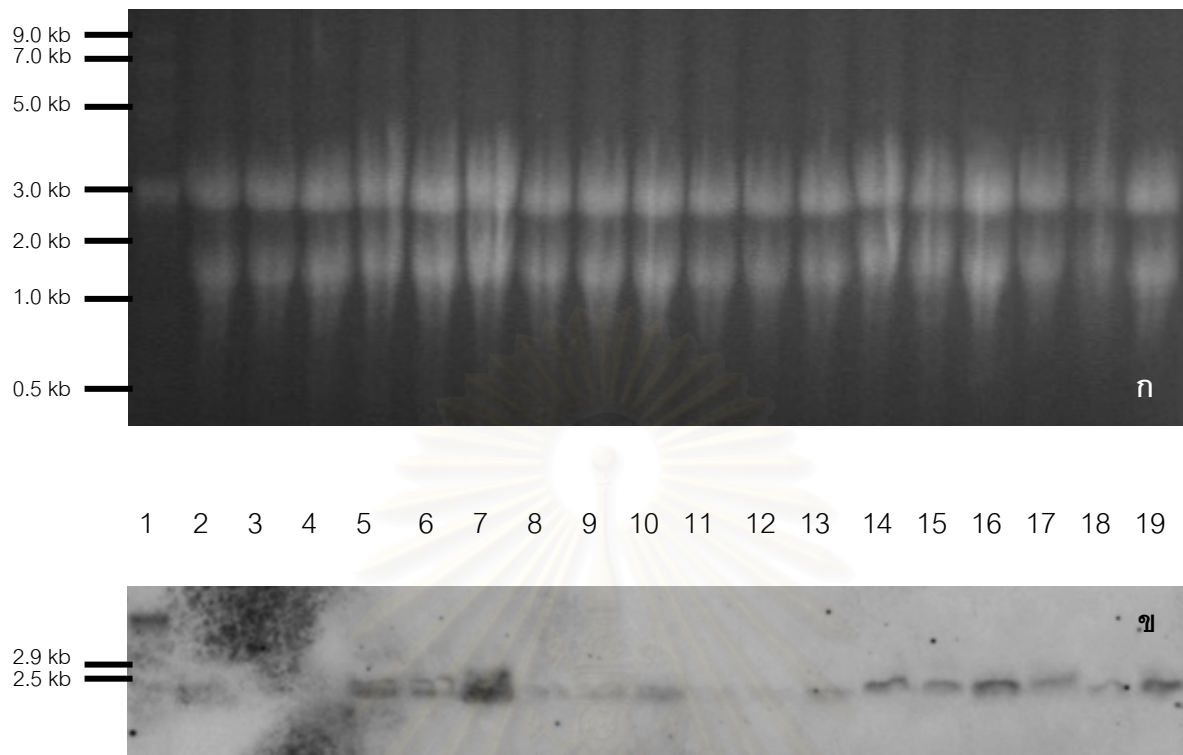
รูปที่ 45 รูปแบบการแสดงผลของยีน *P5CS* ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 9 วัน

(ก) รูปแบบของ Total RNA ที่สกัดจากใบข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 3 ของการทดลอง เมื่อแยกด้วย 1% formaldehyde-agarose gel

(ข) Northern blot analysis ของทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 9 ของการทดลอง โดยใช้โคลน P5CS_2kb_No.2 เป็น probe

โดยที่ 1 = RNA marker

- | | |
|--|--|
| 2 = LPT123 ภาวะปกติ | 11 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ |
| 3 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟัน 0 μ M ABA | 12 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟัน 0 μ M ABA |
| 4 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟัน 100 μ M ABA | 13 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟัน 100 μ M ABA |
| 5 = LPT123 ภาวะเค็ม | 14 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม |
| 6 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟัน 0 μ M ABA | 15 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟัน 0 μ M ABA |
| 7 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟัน 100 μ M ABA | 16 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟัน 100 μ M ABA |
| 8 = LPT123 ภาวะแล้ง | 17 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง |
| 9 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟัน 0 μ M ABA | 18 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟัน 0 μ M ABA |
| 10 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟัน 100 μ M ABA | 19 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟัน 100 μ M ABA |



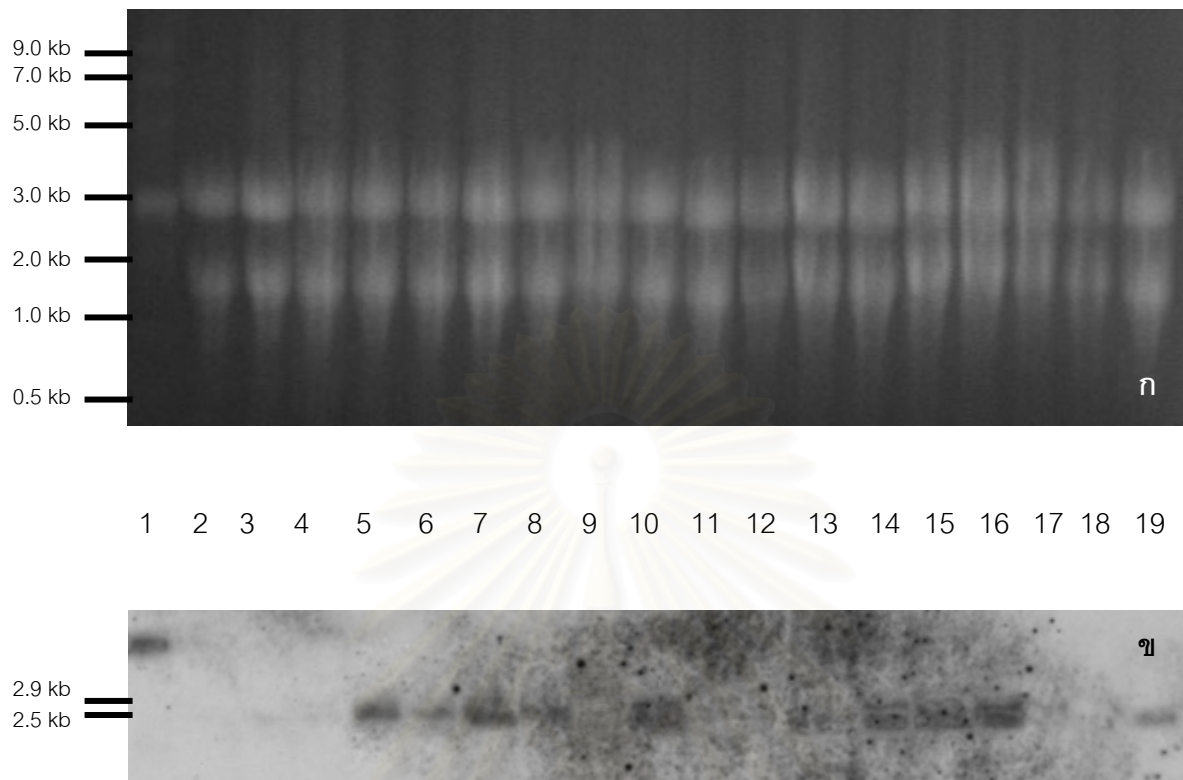
รูปที่ 46 รูปแบบการแสดงผลของยีน *P5CS* ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 วัน

(ก) รูปแบบของ Total RNA ที่สกัดจากใบข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 3 ของการทดลอง เมื่อแยกด้วย 1% formaldehyde-agarose gel

(ข) Northern blot analysis ของทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 12 ของการทดลอง โดยใช้โคลน *P5CS_2kb_No.2* เป็น probe

โดยที่ 1 = RNA marker

- | | |
|--|--|
| 2 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ | 11 = LPT123 ภาวะปกติ |
| 3 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟัน 0 μM ABA | 12 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟัน 0 μM ABA |
| 4 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟัน 100 μM ABA | 13 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟัน 100 μM ABA |
| 5 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม | 14 = LPT123 ภาวะเค็ม |
| 6 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟัน 0 μM ABA | 15 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟัน 0 μM ABA |
| 7 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟัน 100 μM ABA | 16 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟัน 100 μM ABA |
| 8 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง | 17 = LPT123 ภาวะแล้ง |
| 9 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟัน 0 μM ABA | 18 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟัน 0 μM ABA |
| 10 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟัน 100 μM ABA | 19 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟัน 100 μM ABA |



รูปที่ 47 รูปแบบการแสดงผลของยีน *P5CS* ของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 เมื่อเจริญอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เป็นเวลา 18 วัน

(ก) รูปแบบของ Total RNA ที่สกัดจากใบข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 3 ของการทดลอง เมื่อแยกด้วย 1% formaldehyde-agarose gel

(ข) Northern blot analysis ของทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อปลูกในภาวะต่างๆ ในวันที่ 18 ของการทดลอง โดยใช้โคลน *P5CS_2kb_No.2* เป็น probe

โดยที่ 1 = RNA marker

- | | |
|--|--|
| 2 = LPT123 ภาวะปกติ | 11 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ |
| 3 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟ่น 0 μM ABA | 12 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟ่น 0 μM ABA |
| 4 = LPT123 ภาวะปกติ + ฟ่น 100 μM ABA | 13 = LPT123-TC171 ภาวะปกติ + ฟ่น 100 μM ABA |
| 5 = LPT123 ภาวะเค็ม | 14 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม |
| 6 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟ่น 0 μM ABA | 15 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟ่น 0 μM ABA |
| 7 = LPT123 ภาวะเค็ม + ฟ่น 100 μM ABA | 16 = LPT123-TC171 ภาวะเค็ม + ฟ่น 100 μM ABA |
| 8 = LPT123 ภาวะแล้ง | 17 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง |
| 9 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟ่น 0 μM ABA | 18 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟ่น 0 μM ABA |
| 10 = LPT123 ภาวะแล้ง + ฟ่น 100 μM ABA | 19 = LPT123-TC171 ภาวะแล้ง + ฟ่น 100 μM ABA |

บทที่ 5

อภิปรายผลการทดลอง

1. การศึกษาผลของการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อความสามารถในการต้านทานต่อความแล้งและความเค็มของข้าว

ภาวะแล้งและภาวะเค็มมีความเกี่ยวข้องกันในแง่ของการขาดน้ำ โดยความเครียดจากภาวะดังกล่าวมีผลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของกรดแอบไซซิกในเนื้อเยื่อพืช (Thomas และ Bohnert, 1993) กรดแอบไซซิกนี้อาจเป็นสัญญาณที่บอกถึงภาวะขาดน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณรากซึ่งส่งไปยังยอด (Davies และ Zhang, 1991) และจากการศึกษาของ Cramer และคณะ (1998) พบว่ากรดแอบไซซิกส่งผลต่อการปรับตัวของพืชเพื่อลดการสูญเสียน้ำ นอกจากนี้ยังเป็นตัวส่งสัญญาณให้เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของไอออน เพื่อรักษาสมดุลความเป็นกรด-ด่างของเซลล์ให้เป็นปกติเมื่อพืชอยู่ภายใต้ภาวะเครียด (Netting, 2000) และพบว่ากรดแอบไซซิกจากภายนอกมีผลช่วยลดอันตรายอันเป็นผลเนื่องมาจากภาวะขาดน้ำตลอดจนความเครียดอื่นๆ ได้ (Todorov และคณะ, 1998 อ้างถึงใน Dorffling และคณะ, 1990)

จากการทดลองของ อัญชลี ใจดี (2543) ซึ่งทำการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกทางใบให้แก่ต้นถั่วเหลืองซึ่งเจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็ม โดยฉีดพ่นในเวลา 19.00 น. พบว่า ไม่สามารถชักนำการปรับตัวต่อภาวะเค็มในถั่วเหลืองได้ ดังนั้นงานวิจัยในข้าวครั้งนี้ ผู้ทำการวิจัยจึงได้ทำการเปลี่ยนเวลาในการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกมาเป็นเวลา 6.30 น. โดยคาดว่ากรดแอบไซซิกน่าจะไปมีผลในการช่วยลดการสูญเสียน้ำ และเกี่ยวข้องกับการปรับตัวของต้นกล้าข้าวในช่วงเวลากลางวันมากกว่าช่วงเวลากลางคืน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า การฉีดพ่นกรดแอบไซซิกในช่วงเวลาดังกล่าว มีส่วนช่วยให้ต้นกล้าข้าวสามารถปรับตัวให้มีความทนทานต่อภาวะขาดน้ำได้ดีขึ้น แต่หากทำการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ต้นกล้าข้าวในช่วงกลางวันที่มีแดดแรงและอุณหภูมิสูง พบว่าเกิดอาการไหม้บริเวณแผ่นใบได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ต้นพืช ส่งผลต่อการชักนำการปรับตัวของพืชด้วยเช่นกัน

1.1 การเติบโตของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะเค็ม

ระดับความเค็มที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0.5% หรือมีค่าเท่ากับ 85 มิลลิโมลาร์ ซึ่งหากทำการวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารแล้วพบว่ามีค่าประมาณ 8-9 มิลลิโม่ต่อเซนติเมตรหรือเดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งจัดว่าเป็นความเค็มในระดับที่มี

ความรุนแรงต่อพืช (อรุณี ยูวะนิยม, 2532) แต่จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า การใช้ความเข้มข้นของไฮเดียมคลอไรด์ในระดับดังกล่าว ส่งผลให้สามารถที่จะสังเกตเห็นความแตกต่างของการเติบโต รวมถึงอัตราการรอดตายของต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

การให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกแก่ต้นกล้าข้าว LPT123 และ ข้าว LPT123-TC171 ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็ม มีผลช่วยให้ต้นกล้ามีความสามารถในการปรับตัวให้ทนต่อภาวะเค็มได้ดีขึ้น โดยพบว่าต้นกล้าข้าวที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีความสามารถในการรักษาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากไว้ได้ดีกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Bohra และคณะ (1995) ซึ่งทำการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ทางใบให้แก่ข้าว (*Oryza sativa* L.) ซึ่งเจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็ม พบว่าทำให้ต้นกล้าข้าวมีน้ำหนักแห้งต้นเพิ่มขึ้น และยังสามารถช่วยลดปริมาณไฮเดียมในส่วนของต้นลงได้อีกด้วย ส่วน Zhao และคณะ (1995) ซึ่งทำการทดลองโดยการให้กรดแอมไซซิกทางใบแก่ข้าวโพด (*Zea mays* L.) ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็ม ก็ให้ผลในทำนองเดียวกันกล่าวคือ กรดแอมไซซิกสามารถเพิ่มความต้านทานต่อภาวะเค็มของข้าวโพดโดยส่งผลให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้น ซึ่งพบว่ากรดแอมไซซิกไปมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับออสโมติกในเซลล์ และลดปริมาณไฮเดียมไอออน ในส่วนของต้นกล้าข้าว LPT123 และ ข้าว LPT123-TC171 มีการตอบสนองต่อความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกแตกต่างกัน นอกจากนั้นความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่ต่างกันก็ยังส่งผลต่อการเติบโตของต้นกล้าข้าวแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์แตกต่างกันด้วย โดยพบว่าที่ความเข้มข้นของกรดแอมไซซิก 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ จะช่วยให้ต้นกล้าข้าวมีการเจริญเติบโตภายใต้ภาวะเค็มได้ดีกว่าการได้รับกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ ในขณะที่ความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่ส่งผลทำให้ข้าว LPT123-TC171 สามารถทนต่อภาวะเค็มได้ดีที่สุดคือ 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวส่งผลทำให้ข้าว LPT123-TC171 มีอัตราการรอดตายภายใต้ภาวะเค็มสูงที่สุดในขณะที่ข้าว LPT123 ที่ได้รับกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 50 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีอัตราการรอดตายมากกว่าชุดที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกอย่างมีนัยสำคัญ แต่ทั้งสามชุดการทดลองดังกล่าวมีอัตราการรอดตายที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

โดยงานวิจัยของ Amzallag และคณะ (1990) ได้รายงานเอาไว้ว่า กรดแอมไซซิกสามารถชักนำให้พืชเกิดการปรับตัว ตลอดจนเพิ่มการเจริญเติบโตได้เฉพาะเมื่อมีการให้กรดแอมไซซิกในช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยพบว่าการฉีดพ่นกรดแอมไซซิกทุกวันในช่วง 10 วันแรกของภาวะเค็มทำให้ต้นข้าวฟ่างมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับต้นข้าวที่ได้รับภาวะเค็มแต่ไม่ได้รับกรดแอมไซซิก ส่วนการให้กรดแอมไซซิกภายหลังจากต้นกล้าได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 15 วัน จะทำให้เกิดผลตรงกันข้ามคือ กรดแอมไซซิกจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว นอกจากนี้การชัก

นำโดยวิธีดังกล่าวต้องพิจารณาถึงความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแอบไซซิกที่ใช้ด้วย ซึ่งยังไม่มีรายงานถึงความเข้มข้นที่เหมาะสม แต่ในงานวิจัยนี้ Amzallag และคณะ (1990) ได้เสนอว่า กรดแอบไซซิกความเข้มข้นสูงมีบทบาทในการชักนำให้พืชปรับตัวต่อภาวะเค็มได้สูงขึ้น แต่กรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่ำ (ประมาณ 10 ไมโครโมลาร์) มีผลเพียงเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชและควบคุมปริมาณโซเดียมในยอดเมื่อได้รับภาวะเค็มที่ระดับ 150 มิลลิโมลาร์เท่านั้น แต่ไม่สามารถช่วยให้ข้าวฟ่างอยู่รอดในภาวะเค็มที่สูงขึ้นได้

ภายใต้ภาวะเค็มพบว่าความยาวรากของต้นกล้าข้าว LPT123 และ ข้าว LPT123-TC171 ทั้งในชุดการทดลองที่ได้รับและไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิก จะมีความยาวรากที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะยาวกว่ารากของต้นกล้าข้าวที่เจริญภายใต้ภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการยืดยาวของรากภายใต้ภาวะเค็มนั้น นับว่าเป็นการปรับตัวของพืชประการหนึ่ง เพื่อที่จะให้รากมีพื้นที่ผิวในการดูดรับน้ำจากภายนอกเข้ามาใช้ในต้นพืชได้มากยิ่งขึ้น (Marshall และคณะ, 1999)

อัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 ในรุ่นที่ 6 นี้เมื่อนำกลับไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ ทิพย์วรรณ ธนไพศาล (2534) ซึ่งทำการศึกษาในรุ่นที่ 5 พบว่าต้นกล้าข้าว LPT123-TC171 ที่มีอายุ 22 วัน มีอัตราการรอดตายภายใต้ภาวะเค็มที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เป็น 0.5% (w/v) สูงถึง 89.7% และ ธีฎญารัตน์ คงขุนเทียน (2546) ซึ่งทำการศึกษาข้าว LPT123-TC171 ในรุ่นที่ 6 ภายใต้ภาวะเค็มระดับเดียวกัน พบว่าต้นกล้าข้าวอายุ 22 วัน มีอัตราการรอดตายลดลงเหลือ 46% ส่วนต้นกล้าข้าวอายุ 15 วัน มีอัตราการรอดตาย 30% ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ต้นกล้าข้าวที่มีอายุ 2 สัปดาห์ในการทดลอง พบว่ามีอัตราการรอดตายภายใต้ภาวะเค็มระดับเดียวกันกับการทดลองข้างต้นเพียง 28.33% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ ธีฎญารัตน์ คงขุนเทียน (2546) ที่ใช้ต้นกล้าข้าวอายุ 15 วันในการทดลอง ซึ่งการลดลงของอัตราการรอดตายดังกล่าวอาจเป็นผลเนื่องมาจากการเมล็ดได้ผ่านการเก็บรักษามาเป็นระยะเวลานาน ทำให้คุณภาพของเมล็ดลดต่ำลง โดยอาจส่งผลทำให้ต้นกล้าข้าวมีความแข็งแรงลดน้อยลง จึงทำให้อัตราการรอดตายลดลงเป็นลำดับ และต้นกล้าข้าวที่อายุน้อยอาจมีความสามารถในการทนต่อภาวะเค็มต่ำกว่าต้นกล้าที่มีอายุมาก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pearson และคณะ (1966) ซึ่งรายงานว่าข้าวจะตอบสนองต่อความเค็มในแต่ละช่วงอายุต่างกัน โดยระยะที่อ่อนแอต่อความเค็มมีอยู่ด้วยกัน 2 ระยะ คือ ต้นกล้าระยะ 2-5 ใบ และระยะออกดอก

นอกจากนั้นยังมีการศึกษาพบว่า ความสามารถในการทนเค็มในพืชเป็นผลเนื่องมาจากการทำงานร่วมกันของยีนหลายชนิด (polygenic trait) ซึ่งการแสดงออกของยีนเหล่านั้น เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยทางพันธุกรรม ช่วงระยะของการเจริญพัฒนา ความเกี่ยวข้องกันของกระบวนการทางสรีรวิทยาในต้นพืชเอง หรือแม้แต่กระทั่งความเกี่ยวข้องระหว่างพืชกับสิ่งแวดล้อมภายนอก

(Bernstein และ Hayward, 1985) ดังนั้นการเกิด segregation ของยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการตอบสนองต่อภาวะเค็มที่มีความแตกต่างกันซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างการผสมพันธุ์ก็อาจเป็นปัจจัยให้ลักษณะดังกล่าวมีความแปรผันไปได้ โดย Rao และคณะ (1999) ได้ทำการศึกษาพบว่ามีการแปรผันของการถ่ายทอดลักษณะของความสามารถในการทนเค็มในข้าวโพด นอกจากนี้ยังสามารถพบปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ในข้าว (Akbar และ Yabuno, 1977) ถั่วเหลือง (Abel, 1969) ข้าวฟ่าง (Azhar และ McNeilly, 1988) และข้าวสาลี (Ahsan และคณะ, 1996) เป็นต้น ซึ่งลักษณะการแปรผันดังกล่าวอาจส่งผลต่อความสามารถในการทนต่อภาวะเค็มของพืชในรุ่นลูกหลานก็เป็นได้

1.2 การเติบโตของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะแล้ง

การทดลองในครั้งนี้เลือกใช้ความเข้มข้นของ PEG 6000 ที่ 225 g/l ในการจำลองภาวะแล้งให้แก่ต้นกล้าข้าว ซึ่งอ้างอิงมาจากการทดลองของ ปารวี ธิกาศ (2546) ซึ่งได้ทำการศึกษาอัตราการรอดตายของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะแล้ง โดยใช้ PEG 6000 ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าที่ความเข้มข้น 200 g/l มีอัตราการรอดตายของต้นกล้าข้าว LPT123 เท่ากับ 62% และต้นกล้าข้าว LPT123-TC171 มีอัตราการรอดตาย 91% ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 29% แต่ที่ความเข้มข้นดังกล่าวไม่ส่งผลให้ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

ส่วนการใช้ PEG 6000 ที่ความเข้มข้น 250 g/l ทำให้ข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 10% และ 13% ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราที่ค่อนข้างต่ำมาก การทดลองในครั้งนี้ต้องการใช้ PEG 6000 ที่ความเข้มข้นที่ทำให้ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์มีอัตราการรอดตายในระดับหนึ่ง และสามารถที่จะสังเกตเห็นความแตกต่างทางด้านการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายได้ การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของ PEG 6000 ที่ 225 g/l ในการทดลอง เพื่อให้ค่าที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาพิจารณาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลองได้อย่างชัดเจน

เมื่อเปรียบเทียบกับภาวะปกติแล้วพบว่าภาวะแล้งส่งผลให้ข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 มีการเติบโตลดลง และพบว่าการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกส่งผลให้ต้นกล้าข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 มีความสามารถในการปรับตัวให้มีความต้านทานต่อภาวะแล้งได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jiang และ Huang (2002) ซึ่งพบว่าเมื่อมีการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ *Festuca arundinacea* L. ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้ง จะช่วยให้พืชชนิดนี้สามารถรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในต้นไว้ได้ดีกว่า และมีปริมาณการรั่วไหลของไอออน (electrolyte leakage) เกิดขึ้นน้อยกว่าในชุดการทดลองที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้งแต่ไม่มีการพ่นกรดแอบไซซิก

และพบว่ารากข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้งจะมีการยืดยาวมากกว่ารากของต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติ โดยในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ของการทดลอง พบว่าต้นกล้าข้าว LPT123 ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 200 ไมโครโมลาร์ มีความยาวรากมากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hartung และ Davies (1994) ที่พบว่ากรดแอมไซซิกมีส่วนเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นให้พืชมีการยืดยาวของรากเพื่อตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดน้ำของรากพืช

การฉีดพ่นกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ต้นกล้าข้าว LPT123 ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะแล้ง ทำให้ต้นกล้าข้าวมีความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากมากกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ ที่อยู่ภายใต้ภาวะเดียวกัน ส่วนอัตราการรอดตายของต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกมีค่ามากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่น และฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ภายใต้ภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญ

ในขณะที่ต้นกล้าข้าว LPT123-TC171 ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีความสามารถในการฟื้นตัวจากภาวะแล้งได้ดีที่สุดและอัตราการรอดตายของข้าว LPT123-TC171 จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับและไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิก โดยต้นกล้าข้าวในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกจะมีอัตราการรอดตายมากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับกรดแอมไซซิกจากภายนอก แต่ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิก พบว่ากรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ จะมีอัตราการรอดตายที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีค่ามากกว่าในชุดที่มีการฉีดพ่นด้วยกรดแอมไซซิกที่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญ

ซึ่งเมื่อพิจารณาจากการเติบโตและอัตราการรอดตายของข้าวแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ แล้วพบว่า ความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่เหมาะสมที่จะชักนำให้ต้นกล้าข้าวมีความสามารถในการปรับตัวให้มีความต้านทานต่อภาวะแล้งและภาวะเค็มของข้าว LPT123 คือ 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ ส่วนความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่เหมาะสมที่จะชักนำให้ต้นกล้าข้าวมีความสามารถในการปรับตัวให้มีความต้านทานต่อภาวะแล้งและภาวะเค็มของข้าว LPT123-TC171 คือ 100 และ 200 ไมโครโมลาร์ ซึ่งจะพบว่าความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่เหมาะสมที่จะชักนำให้ต้นกล้าข้าวมีความสามารถในการปรับตัวให้มีความต้านทานต่อภาวะแล้งและภาวะเค็มของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ก็มีความแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะเป็นพืชชนิดเดียวกันแต่มีความแตกต่างกันของสายพันธุ์ก็ตาม ในพืชชนิดอื่นๆ พบว่าการตอบสนองต่อความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกก็มีความแตกต่างกันด้วยเช่นกัน (อัญชลี ใจดี, 2543; Amzallag และคณะ, 1990) ส่วนในข้าวมีรายงานว่าความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่ 100 ไมโครโมลาร์ มีผลช่วยให้ข้าวทนต่อภาวะเค็มได้ดีขึ้น (Bohra และคณะ, 1995)

จะเห็นได้ว่านอกจากข้าว LPT123-TC171 จะมีความสามารถในการทนทานต่อภาวะเค็มได้แล้ว ยังมีความสามารถในการที่จะทนทานต่อภาวะแล้งได้ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากภาวะแล้งและภาวะเค็มจัดเป็นภาวะขาดน้ำเช่นเดียวกัน ดังนั้นการตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำของพืชจึงมีความคล้ายคลึงกันทั้งในภาวะแล้งและภาวะเค็ม (Smirnoff, 1998) โดยมีรายงานของ Seki และคณะ (2002) ซึ่งทำการศึกษากการแสดงออกของยีนภายใต้ภาวะแล้งและภาวะเค็มโดยใช้เทคนิค microarray พบว่ามียีนที่ถูกชักนำให้มีการแสดงออกได้ด้วยภาวะเค็มเป็นจำนวน 194 ยีน และมียีนที่ถูกชักนำให้มีการแสดงออกได้ด้วยภาวะแล้งเป็นจำนวน 227 ยีน โดยมียีนที่ถูกชักนำให้มีการแสดงออกทั้งในภาวะแล้งและเค็มซึ่งเป็นยีนเดียวกันจำนวน 101 ยีน

2. การศึกษาผลของการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกที่ความเข้มข้นของกรดแอบไซซิกที่เหมาะสมซึ่งสามารถชักนำให้ข้าวเกิดความต้านทานต่อภาวะขาดน้ำ (ภาวะแล้งและภาวะเค็ม) เมื่อข้าวอยู่ภายใต้ภาวะปกติ

การเติบโตของข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171

การให้กรดแอบไซซิกแก่ต้นกล้าข้าว LPT123 และข้าว LPT123-TC171 ในภาวะปกติ ส่งผลให้ข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์มีการเจริญเติบโตที่ลดลง ทั้งความยาวของส่วนต้นที่มีสีเขียว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก กรดแอบไซซิกที่ให้แก่ต้นกล้าข้าวอาจส่งผลทำให้มีการปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำ (Zeevaart และ Creelman, 1988) แต่ในขณะเดียวกันการปิดปากใบก็ยังส่งผลทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซของพืชลดน้อยลงด้วย โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อมีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดน้อยลง จึงเป็นผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดน้อยลงด้วย (Taiz และ Zeiger, 1998)

แต่พบว่าความยาวรากทั้งในชุดการทดลองที่ได้รับและไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิกจะไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการยืดยาวของรากภายใต้ภาวะขาดน้ำไม่น่าจะเป็นผลเนื่องมาจากการได้รับกรดแอบไซซิกจากภายนอกเพียงอย่างเดียว แต่อาจเป็นผลเนื่องมาจากการชักนำด้วยปัจจัยอื่นๆ จากสภาพแวดล้อมซึ่งส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของกรดแอบไซซิกภายในต้นพืช โดย Jeschke และคณะ (1997) ได้อธิบายว่าภายใต้ภาวะเครียด พืชจะมีการสะสมกรดแอบไซซิกที่รากมากเนื่องจากเป็นบริเวณที่สัมผัสกับภาวะเค็มโดยตรง ซึ่งการสะสมกรดแอบไซซิกนี้น่าจะมีบทบาทในการสร้างโปรตีนที่ช่วยเพิ่มการป้องกัน (protective protein) เช่น ออสโมติน (osmotin) ที่ช่วยให้พืชทนต่อภาวะดังกล่าวได้ และเมื่อปริมาณของกรดแอบไซซิกในรากเพิ่มมากขึ้นในภาวะดังกล่าว พบว่ารากพืชจะมีการปรับตัวให้สามารถดูดรับน้ำจากภายนอกได้เพิ่มมากขึ้นโดยการเพิ่มพื้นที่ผิวของรากโดยยืดยาวออก หรือเพิ่มจำนวนรากฝอยให้มีเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น (Stuedle,

2000) นอกจากนั้นความเข้มข้นของกรดแอบไซซิกที่ 100 ไมโครโมลาร์ ที่ให้เข้าไปจากภายนอกอาจไม่ใช่ระดับที่เหมาะสมที่จะชักนำให้รากของต้นกล้าข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์มีการยืดยาวออกได้ในภาวะปกติก็เป็นได้

นอกจากนั้นภายหลังจากที่งดการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกแก่ต้นกล้าข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าต้นกล้าข้าวก็สามารถที่จะเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ซึ่งพิจารณาได้จากการที่มีการเพิ่มขึ้นของความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว น้ำหนักสดต้นและน้ำหนักสดรากของต้นและรากที่มีการเพิ่มขึ้นได้รวดเร็วกว่าในช่วงที่ได้รับกรดแอบไซซิกจากภายนอก นั้นแสดงให้เห็นว่าการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกแก่ต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติส่งผลในการชะลอการเจริญเติบโตได้

3. การศึกษาผลของภาวะแล้ง ภาวะเค็ม และการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการสะสมโพรลีนในใบข้าว

การให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกแก่ต้นกล้าข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์มีผลทำให้มีการสะสมโพรลีนเพิ่มมากขึ้นได้ทั้งในภาวะปกติ ภาวะแล้ง และภาวะเค็ม แต่จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการได้รับกรดแอบไซซิกในภาวะปกตินั้น ก็ยังน้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีนของต้นกล้าข้าวที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้ง และภาวะเค็ม ที่ไม่ได้รับกรดแอบไซซิกจากภายนอกอยู่มาก

ซึ่งงานวิจัยของ Savouré และคณะ 1977 ได้เสนอว่า การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โพรลีนอาจขึ้นอยู่กับกระบวนการรับและส่งสัญญาณ (signal transduction) อย่างน้อย 2 กระบวนการ คือ

1. การสร้างโพรลีนที่ขึ้นอยู่กับการกระตุ้นของกรดแอบไซซิกจากภายนอก (exogenous ABA-dependent pathway)
2. การสร้างโพรลีนที่ขึ้นอยู่กับการกระตุ้นของภาวะเครียด โดยไม่ขึ้นกับการกระตุ้นของกรดแอบไซซิกที่ให้เข้าไปจากภายนอก (exogenous ABA-independent pathway)

ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นในการทดลองครั้งนี้ แต่อย่างไรก็ตาม การที่จะสามารถยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างการสร้างโพรลีน และกรดแอบไซซิกดังกล่าวได้นั้น อาจจะต้องมีการตรวจสอบปริมาณของกรดแอบไซซิกที่อยู่ในต้นพืชซึ่งอยู่ภายใต้ภาวะเครียดก่อนว่ามีรูปแบบใด จึงจะสามารถให้ข้อสรุปที่แน่นอนเกี่ยวกับรูปแบบความสัมพันธ์ของโพรลีน กรดแอบไซซิก และภาวะเครียดเนื่องจากการขาดน้ำได้อย่างชัดเจน

ภาวะเค็มชักนำให้มีการสะสมโพรลีนในใบข้าวได้มากกว่าภาวะแล้ง โดยในภาวะเค็มข้าว LPT123 จะมีการสะสมโพรลีนสูงกว่าข้าว LPT123-TC171 ในช่วงแรก แต่จะสะสมถึงจุดสูงสุด

ได้รวดเร็วกว่าข้าว LPT123-TC171 จากนั้นปริมาณโพสลินจะมีค่าลดลง ในขณะที่ข้าว LPT123-TC171 จะมีการสะสมโพสลินได้มากกว่าในข้าว LPT123 ในช่วงแรกของการได้รับภาวะเค็มและค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ระหว่างการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองภายใต้ภาวะเค็ม ค่าสูงสุดของปริมาณโพสลินที่สะสมในใบข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ส่วนภายใต้ภาวะแล้งพบว่าการสะสมโพสลินในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์เพิ่มขึ้นน้อยกว่าในภาวะเค็มมาก การเพิ่มขึ้นดังกล่าวในข้าว LPT123-TC171 มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าและมากกว่าในข้าว LPT123 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ วรรณญา คำปิ่น (2541) และ ธนะกาญจน์ มัญชุพาดิ (2543) ได้รายงานไว้ว่า ข้าวสายพันธุ์ทนจะมีความสามารถในการสะสมโพสลินภายใต้ภาวะขาดน้ำได้มากกว่าข้าวพันธุ์เดิมซึ่งไม่ทน แต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่า ปริมาณโพสลินสูงสุดของข้าวสายพันธุ์ทนและข้าวพันธุ์เดิมนั้นมีค่าสูงสุดที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน (2546) แต่ในงานวิจัยของ ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน (2546) ดังกล่าวได้ศึกษาโดยใช้ช่วงห่างของระยะเวลาที่ทำการศึกษเป็นสัปดาห์ ซึ่งอาจส่งผลทำให้ข้อมูลในช่วงต้นๆ ของการได้รับภาวะเค็มขาดหายไป ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงได้ทำการเลือกช่วงห่างของระยะเวลาที่ทำการศึกษเป็นช่วงละเวลา 3 วัน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าสามารถทำให้เห็นรูปแบบของการสะสมโพสลินที่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงต้นของการทดลองในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ และรูปแบบดังกล่าวจะมีความแตกต่างกันออกไปในข้าวแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์อย่างชัดเจนในภาวะเค็ม ส่วนในภาวะแล้งนั้นพบว่ารูปแบบในการสะสมโพสลินไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่หากพิจารณาจากรูปแบบการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพสลินที่เกิดขึ้นภายใต้ภาวะเค็มแล้ว อาจกล่าวได้ว่ากรณีที่ข้าวมีการสะสมโพสลินเพื่อตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำได้รวดเร็วน่าจะเป็นลักษณะหนึ่งที่ทำให้มีความสามารถในการต้านทานต่อภาวะขาดน้ำได้ดียิ่งขึ้น และการฉีดพ่นกรดแอมโมเนียม ให้แก่ต้นกล้าข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ทั้งในภาวะปกติ ภาวะแล้ง ภาวะเค็ม สามารถกระตุ้นให้ต้นกล้ามีการสะสมโพสลินได้รวดเร็วกว่า และมีปริมาณที่มากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอมโมเนียม แต่การกระตุ้นด้วยกรดแอมโมเนียมจากภายนอกในภาวะปกติก็ไม่สามารถที่จะทำให้มีการสะสมโพสลินเพิ่มมากขึ้น เหมือนกับการกระตุ้นจากภายนอกโดยภาวะแล้งและภาวะเค็มได้ และพบว่าการฉีดพ่นกรดแอมโมเนียมความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ให้แก่ต้นกล้าข้าวที่อยู่ภายใต้ภาวะแล้ง และภาวะเค็มส่งผลให้มีการลดลงของการสะสมโพสลินในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ ซึ่งคาดว่ากรฉีดพ่นน้ำให้แก่ต้นกล้าข้าวที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะขาดน้ำ อาจมีผลในการช่วยลดความรุนแรงของภาวะดังกล่าวที่ต้นกล้าข้าวได้รับได้ จึงเป็นผลทำให้มีการสะสมโพสลินเพื่อตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำลดน้อยลงด้วย

4. การศึกษาผลของกรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการแสดงออกของยีน *P5CS* เมื่อข้าวอยู่ภายใต้ภาวะแล้งและภาวะเค็ม

การแสดงออกของยีน *P5CS* ในช่วงแรกของการทดลองคือในวันที่ 3, 6 และ 9 จะมีความสอดคล้องกันกับผลการทดลองของปริมาณโพรลีนในช่วงระยะเวลาดังกล่าว คือ ในวันที่ 3 และวันที่ 6 ซึ่งเป็นช่วงที่ข้าว LPT123-TC171 มีปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายใต้ภาวะเค็มก็สามารถตรวจพบการแสดงออกของยีน *P5CS* ได้มากด้วยเช่นกัน ส่วนในวันที่ 9 ซึ่งเป็นระยะที่ข้าว LPT123 มีปริมาณโพรลีนมากที่สุด ก็สามารถตรวจพบการแสดงออกของยีน *P5CS* ภายใต้ภาวะเค็มได้อย่างชัดเจน และพบว่าทำให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกกระตุ้นกล้าข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ ก็สามารถที่จะชักนำให้มีการแสดงออกของยีน *P5CS* ได้มากขึ้นทั้งในภาวะปกติ ภาวะแล้ง และภาวะเค็ม ซึ่งผลดังกล่าวก็มีความสอดคล้องกับผลการทดลองเรื่องของปริมาณโพรลีนอีกด้วย แต่การแสดงออกของยีน *P5CS* ในวันที่ 12 และ 18 ของการทดลองกลับให้ผลที่ไม่สอดคล้องกับปริมาณโพรลีนที่มีในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ในช่วงเวลาเดียวกัน คือ ข้าว LPT123 มีปริมาณโพรลีนลดลง แต่กลับตรวจพบการแสดงออกของยีน *P5CS* ในระดับที่ค่อนข้างคงที่และไม่มีการลดลงแต่อย่างใด ส่วนข้าว LPT123-TC171 ในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีนอย่างช้าๆ แต่กลับพบว่าการแสดงออกของยีน *P5CS* เมื่อเทียบกับช่วงแรกของการทดลองแล้วมีแนวโน้มว่าจะลดลง ปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจเกิดขึ้นได้เนื่องมาจากยีน *P5CS* ทำหน้าที่ในการสร้าง *P5CS* enzyme ซึ่งเป็น rate-limiting enzyme ซึ่งมีความจำเป็นในการสร้างโพรลีน (Delauney and Verma, 1993) ซึ่งช่วงแรกที่จะมีการสร้างโพรลีนเพิ่มมากขึ้นจึงต้องมีการสร้างเอนไซม์ดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น และเมื่อมีการสร้างโพรลีนเพิ่มมากขึ้นแล้ว พืชก็อาจต้องมีการสร้างความสมดุลระหว่างการสร้างและสลายโพรลีน ภายใต้ภาวะ osmotic stress โดยการสลายโพรลีนซึ่งอาศัยเอนไซม์ proline dehydrogenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะถูกยับยั้ง (Boggess และคณะ, 1976) ซึ่ง Peng และคณะ (1996) ได้ทำการศึกษาการแสดงออกของยีน *proline dehydrogenase (PDH)* ภายใต้ภาวะ osmotic stress พบว่ามีการแสดงออกน้อยมาก จึงส่งผลทำให้มีการสะสมโพรลีนในเนื้อเยื่อเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในช่วงระยะหลังจากที่มีการสร้างโพรลีนถึงระดับที่เหมาะสมในพืชแล้ว *P5CS* จึงไม่จำเป็นต่อการสะสมของปริมาณโพรลีนเท่ากับในช่วงแรก แต่เป็นการสร้างสมดุล โดยมีการสลายโพรลีนให้น้อยลง ทำให้มีโพรลีนในเนื้อเยื่อเพิ่มมากขึ้นได้ (Nanjo และคณะ, 1999) แต่หลังจากที่พืชกลับเข้าสู่ภาวะปกติจะพบว่า การแสดงออกของยีน *P5CS* จะลดน้อยลง ในขณะที่การแสดงออกของยีน *PDH* จะเพิ่มสูงขึ้น เพื่อปรับให้มีปริมาณโพรลีนภายในเซลล์พืชกลับสู่ระดับปกติ (Peng และคณะ, 1996)

การที่ข้าว LPT123 ในวันที่ 12 และ 18 ที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะเค็มมีการลดลงของปริมาณโพสตรีนอย่างมากแต่ยังคงมีการแสดงออกของ *P5CS* อยู่ นั่นอาจเกิดขึ้นเนื่องจากเนื้อเยื่อพืชที่เข้าสู่ภาวะเสื่อมถอยมีการสลายกรดอะมิโนต่างๆ รวมทั้งโพสตรีน จึงทำให้ปริมาณโพสตรีนลดลง แต่ก็ยังมีความจำเป็นที่จะใช้โพสตรีนเพื่อการปรับ osmotic potential ในเซลล์พืชอยู่ จึงต้องมีการสร้างโพสตรีน ทำให้ยังสามารถตรวจพบการแสดงออกของ *P5CS* อยู่ได้ หรืออาจเป็นไปได้ว่าการแสดงออกของยีน *PDH* ในช่วงเวลาดังกล่าวมีสูงมากขึ้น จึงส่งผลทำให้ปริมาณโพสตรีนลดลงนอกจากนี้ยังอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการในการควบคุม post-transcriptional และ post-translational ของยีน *P5CS* อีกด้วย ภาวะเครียดอาจส่งผลต่อการควบคุมการทำงานของยีนในระดับ post-transcription และ post-translation ของพืช โดย Novoa และคณะ (2003) ทำการศึกษาพบว่า ภาวะเค็มอาจส่งผลให้มีการแสดงออกของยีนและการสังเคราะห์โปรตีนที่ไม่สัมพันธ์กัน โดยภาวะดังกล่าวจะทำให้มีความผิดปกติในกระบวนการ translation ของยีน จึงเป็นผลทำให้มีการสร้างโปรตีนที่จะทำงานได้ลดน้อยลง

การแสดงออกของยีน *P5CS* ภายใต้ภาวะแล้งจะไม่มากเท่ากับภาวะเค็ม ทั้งนี้จากการคำนวณค่า osmotic potential ของสารละลายภายใต้ภาวะดังกล่าวมีค่าไม่แตกต่างกันมาก คือ จากสมการของ Michel และ Kaufman (1973) ดังนี้ คือ

$$\Psi_s = - (1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T$$

โดยที่ Ψ_s = osmotic potential

C = ความเข้มข้นของ PEG (g/l)

T = อุณหภูมิในหน่วยของศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

ที่อุณหภูมิ 30°C และความเข้มข้นของ PEG 6000 เท่ากับ 225 g/l พบว่าค่า osmotic potential ภายใต้การจำลองภาวะแล้งด้วย PEG 6000 มีค่า -0.447 MPa และภายใต้ภาวะเค็มที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เป็น 0.5% (W/V) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 85 มิลลิโมลาร์ พบว่าที่อุณหภูมิ 30°C สารละลายมีค่า osmotic potential เท่ากับ -0.43 MPa ซึ่งคำนวณได้จาก Van't Hoff equation (Taiz และ Zeiger, 1998)

$$\Psi_s = -miRT$$

โดยที่ Ψ_s = osmotic potential

m = ปริมาณสารในหน่วยโมลที่ละลายในน้ำ 1 ลิตร

i = ionization constant (ความสามารถในการแตกตัวของตัวถูกละลาย)

R = $8.32 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

T = อุณหภูมิในหน่วยของศาเคลวิน ($^{\circ}\text{K}$)

ซึ่งจากงานวิจัยของ Wyn-Jones และ Storey (1978) รายงานว่าการได้รับภาวะแล้งและภาวะเค็มจะทำให้มีการเพิ่มของ proline และ glycine betaine เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการสะสมสารเหล่านี้น่าจะเป็นผลเนื่องมาจาก osmotic stress มากกว่าเป็นผลกระทบจากไอออนของเกลือ แต่ Lachno และ Baker (1986) ได้รายงานว่าระดับความรุนแรงของภาวะ osmotic stress เท่ากัน ภาวะเค็มจะมีความรุนแรงมากกว่าภาวะแล้งอันเป็นผลเนื่องมาจากความเป็นพิษของการสะสมไอออนเพิ่มมากขึ้นในเนื้อเยื่อของพืช (Jacoby, 1994)

การศึกษาการแสดงออกของยีน *P5CS* ในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ Indica สามารถตรวจพบสัญญาณของ mRNA 2 ตำแหน่ง ซึ่งมีขนาด 2.5 และ 2.9 kb แต่จากการศึกษาในฐานข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์พบว่ายีน *P5CS* ในข้าวพันธุ์ Japonica มีอย่างน้อย 2 ยีน โดยมีขนาด 2.5 kb และ 2.2 kb ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดแตกต่างจากผลการทดลองที่ได้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ายีน *P5CS* ของข้าวทั้งสองกลุ่มนี้มีขนาดแตกต่างกัน โดยมีการศึกษาขนาดของ genome ของข้าวพันธุ์ Indica พบว่ามีขนาด genome ใหญ่กว่าข้าวกลุ่ม Japonica ประมาณ 20% (อภิชาติวรรณวิจิตร, 2545) ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ขนาดและจำนวนชุดของยีน *P5CS* ของข้าวทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันได้

สัญญาณของ mRNA ทั้งสองตำแหน่งของ ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 และ ข้าว LPT123-TC171 สามารถตรวจพบและแยกกันอย่างชัดเจนในวันที่ 3 ของการทดลอง โดยที่แถบขนาด 2.5 kb จะมีความเข้มมากกว่าแถบที่มีขนาด 2.9 kb ลักษณะของการเกิด band ของยีน *P5CS* จากการศึกษาในครั้งนี้ ทำให้เชื่อว่ายีน *P5CS* ในข้าวสายพันธุ์นี้น่าจะมีมากกว่า 1 ยีน และจากการตรวจพบ mRNA ที่มีขนาดแตกต่างกันได้ชัดเจนในข้าวที่มีอายุน้อยนั้น สอดคล้องกับผลการทดลองของ Strizhov และคณะ (1997) ซึ่งพบว่ายีน *P5CS* ใน Arabidopsis นั้นเป็น gene family ซึ่งประกอบไปด้วย *AtP5CS1* และ *AtP5CS2* ซึ่งมีการแสดงออกที่ต่างกัน โดย *AtP5CS1* จะแสดงออกมากในเซลล์ทั่วไปในขณะที่ *AtP5CS2* จะมีการแสดงออกมากในเซลล์ที่กำลังแบ่งตัว และผลการทดลองของ Hien และคณะ (2003) รายงานว่าในข้าวพบมียีน *P5CS* อยู่ 2 ชนิด คือ *OsP5CS1* และ *OsP5CS2* ซึ่ง Igarashi และคณะ (1997) ทำการศึกษาพบว่า *OsP5CS1* นี้สามารถถูกชักนำให้มีการแสดงออกได้ด้วยภาวะเค็ม ภาวะแล้ง ภาวะหนาวเย็น และกรดแอบไซซิก ซึ่งยีนดังกล่าวจะแสดงออกได้ในเนื้อเยื่อต่างๆ ไป ส่วน Hien และคณะ (2003) พบว่า *OsP5CS2* สามารถถูกชักนำได้ด้วยภาวะเค็มและแมนนิทอล และจากการศึกษาของ Hur และคณะ (2004) พบว่า *OsP5CS2* จะมีการแสดงออกในเนื้อเยื่อที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญซึ่งยังมีการแบ่งเซลล์อยู่เป็นส่วนใหญ่ เช่นเดียวกับงานวิจัยใน Arabidopsis

จากการทดลองในครั้งนี้ ซึ่งทำการทดลองโดยใช้ P5CS_2kb_No.2 (ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน, 2546) ซึ่งทำการตรวจสอบจากฐานข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์แล้วพบว่าเป็นชิ้นส่วนของยีน P5CS1 ในข้าว สามารถตรวจพบสัญญาณ mRNA ที่ขนาด 2.5 kb มีความเข้มมากกว่าสัญญาณ mRNA ที่มีขนาด 2.9 kb ดังนั้น mRNA ที่ 2.5 kb น่าจะเป็นยีน P5CS1 และ mRNA ที่ขนาด 2.9 kb น่าจะเป็นยีน P5CS2 แต่ในวันที่ 6, 9, 12 และ 18 ของการทดลองที่ไม่สามารถตรวจสอบพบยีน P5CS2 ได้ชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากการใช้ probe ซึ่งเป็นยีน P5CS1 ในข้าวในการตรวจสอบซึ่งอาจจะมีความคล้ายคลึงกับยีน P5CS2 ในข้าว น้อยเกินไป และพบว่ายีน P5CS2 ในข้าวจะถูกชักนำให้มีการแสดงออกได้ในช่วงต้นของการได้รับภาวะเครียดและจะมีการแสดงออกในระดับที่ค่อนข้างต่ำ (Hur และคณะ, 2004) ดังนั้นหากมีการใช้ probe ที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงในการตรวจสอบการแสดงออก อาจเป็นสาเหตุให้ไม่สามารถตรวจสอบการแสดงออกของยีนดังกล่าวได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาผลของการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกที่มีต่อความสามารถในการต้านทานต่อความแล้งและความเค็มของข้าว

ภายใต้ภาวะแล้ง และภาวะเค็ม พบว่าข้าว LPT123-TC171 สามารถเจริญเติบโต และมีอัตราการรอดตายที่สูงกว่าข้าว LPT123 ส่วนการเจริญเติบโตในภาวะปกติ พบว่าข้าว LPT123 จะมีความยาวของกาบใบที่มีสีเขียว น้ำหนักสดรวมทั้งน้ำหนักแห้งของต้นและรากน้อยกว่าข้าว LPT123-TC171 แต่จะมีอัตราการรอดชีวิตใกล้เคียงกัน

การให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกแก่ต้นกล้าข้าว LPT 123 และข้าว LPT123-TC171 ภายใต้ภาวะแล้ง และภาวะเค็ม สามารถทำให้ต้นกล้ามีความต้านทานต่อภาวะดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น แต่การตอบสนองของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ต่อความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่แตกต่างกัน ก็มีความแตกต่างกันออกไปด้วย ซึ่งเป็นผลทำให้ความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่เหมาะสม ที่จะชักนำให้ต้นกล้าข้าวมีความทนทานต่อภาวะเครียดเพิ่มมากขึ้นของแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันออกไป แต่อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่เหมาะสม สามารถที่จะชักนำให้ต้นกล้าข้าว LPT 123-TC171 ต้านทานต่อภาวะขาดน้ำ (ภาวะแล้งและภาวะเค็ม) ได้ดีกว่าข้าว LPT123

2. การศึกษาผลของการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกที่ความเข้มข้นของกรดแอมไซซิกที่เหมาะสมซึ่งสามารถชักนำให้ข้าวเกิดความต้านทานต่อภาวะขาดน้ำ (ภาวะแล้งและภาวะเค็ม) เมื่อข้าวอยู่ภายใต้ภาวะปกติ

ภายใต้ภาวะปกติการให้กรดแอมไซซิกจากภายนอกแก่ต้นกล้าข้าว LPT123 และ ข้าว LPT123-TC171 จะส่งผลในการชะลอการเจริญเติบโตของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ โดยไม่ส่งผลให้ต้นกล้าข้าวได้รับความเสียหาย แต่ภายหลังจากการงดการฉีดพ่นกรดแอมไซซิก พบว่าต้นกล้าข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์สามารถที่จะมีรูปแบบในการเจริญเติบโตได้อย่างเป็นปกติ

3. การศึกษาผลของภาวะแล้ง ภาวะเค็ม และการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการสะสมโพสลิโนในใบข้าว

การให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกมีผลให้มีการสะสมโพสลิโนเพิ่มมากขึ้น ทั้งในต้นกล้าที่เจริญอยู่ภายใต้ภาวะปกติ ภาวะแล้ง และภาวะเค็ม ของข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ แต่จะไม่สามารถกระตุ้นให้มีการสะสมโพสลิโนภายใต้ภาวะปกติ ได้เท่ากับการกระตุ้นด้วยภาวะแล้ง และภาวะเค็ม โดยพบว่าภาวะเค็มสามารถชักนำให้มีการสะสมโพสลิโนได้มากที่สุด และในข้าว LPT123-TC171 ซึ่งเป็นข้าวสายพันธุ์ทนเค็ม จะสามารถถูกกระตุ้นให้มีการสะสมโพสลิโนภายใต้ภาวะขาดน้ำได้รวดเร็วกว่าข้าว LPT123 ดังนั้นความสามารถในการถูกกระตุ้นให้มีการสะสมโพสลิโนได้รวดเร็วกว่าเพื่อตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำ อาจเป็นลักษณะที่บ่งบอกความสามารถในการทนของข้าวได้

4. การศึกษาผลของกรดแอบไซซิกจากภายนอกที่มีต่อการแสดงออกของยีน P5CS เมื่อข้าวอยู่ภายใต้ภาวะแล้งและภาวะเค็ม

ภาวะแล้งและภาวะเค็มสามารถที่จะชักนำให้มีการแสดงออกของยีน P5CS ในข้าวทั้งสองพันธุ์/สายพันธุ์ได้เพิ่มขึ้น โดยจะชักนำให้มีการแสดงออกในภาวะเค็มมากกว่าในภาวะแล้ง และชักนำให้ข้าว LPT123-TC171 มีการแสดงออกที่มากกว่าข้าว LPT123 ส่วนการให้กรดแอบไซซิกจากภายนอกแก่ต้นข้าวที่อยู่ในภาวะปกติ ภาวะแล้ง และภาวะเค็ม สามารถชักนำให้มีการแสดงออกของยีน P5CS ได้รวดเร็วกว่าและมากขึ้นกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นกรดแอบไซซิก และจากผลการทดลองพบว่าการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีการลดลงของการแสดงออกของยีนดังกล่าวได้ และเช่นเดียวกันกับปริมาณโพสลิโน การกระตุ้นด้วยกรดแอบไซซิกจากภายนอกในภาวะปกติ ก็ไม่สามารถที่จะทำให้มีการแสดงออกของยีน P5CS เพิ่มมากขึ้นได้ เหมือนกับการกระตุ้นจากภายนอกโดยภาวะเค็ม และภาวะแล้งตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

- ทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณกรดแอบไซซิกภายในเนื้อเยื่อของข้าว เมื่ออยู่ภายใต้ภาวะปกติเปรียบเทียบกับภาวะเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ เพื่อที่จะได้ช่วยเพิ่มความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนที่เกิดขึ้นจริงภายในต้นข้าวภายใต้ภาวะดังกล่าว
- นอกจากยีน P5CS ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โพรลีนแล้วอาจมีการศึกษายีนที่ช่วยควบคุมสมดุลของโพรลีนในภาวะปกติ และภาวะเครียด เช่น ยีนที่เกี่ยวข้องกับการสลายโพรลีน คือ *proline dehydrogenase gene* เป็นต้น เพื่อที่จะช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์การเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณโพรลีนที่เกิดขึ้นภายใต้ภาวะต่างๆ ได้
- การศึกษาในระดับการแสดงออกของยีนเป็นเพียงแนวโน้มของการเกิดปฏิกิริยาเท่านั้น หากมีการศึกษาในระดับของ protein ซึ่งเป็นตัวที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือศึกษาถึง activity ของเอนไซม์ ที่สนใจแล้วอาจช่วยให้เห็นภาพที่ใกล้เคียงกับผลที่ปรากฏออกมาซึ่งเป็นผลของการทำงานของเอนไซม์ได้ดียิ่งขึ้น
- เนื่องจากกรดแอบไซซิกในรูปของสารเคมีสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกแสง และมีราคาที่ยังค่อนข้างแพง ดังนั้นหากมีการทดลองอื่นๆ ต่อไป ควรศึกษาเกี่ยวกับสารที่อยู่ในรูปของ ABA analog ที่สลายตัวได้ยากและมีราคาถูกลง เพื่อที่จะนำมาใช้ทดแทนกรดแอบไซซิก เพื่อความสะดวกในการทดลอง
- ควรมีการหาข้อมูลเพิ่มเติม เกี่ยวกับระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ต้นกล้าข้าว และอายุของต้นกล้าที่มีการตอบสนองต่อกรดแอบไซซิก ที่ฉีดพ่นเข้าไปได้ดี เพื่อช่วยลดปริมาณงานที่จะต้องมาทำการฉีดพ่นกรดแอบไซซิกให้แก่ต้นกล้าข้าวทุกวัน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองลงไปได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ทิพย์วรรณ ธนไพศาล. 2534. การคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวทนเค็มที่เจริญจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนะกาญจน์ มัญชุพาทย์. 2543. การสะสมโพรลีน และการแสดงออกของยีน Δ^1 -pyrroline - 5 - carboxylate synthetase ในข้าว *Oryza sativa* L. สายพันธุ์ทนเค็ม เมื่อได้รับภาวะเค็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน. 2546. การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โพรลีนในข้าว *Oryza sativa* L. พันธุ์เหลืองประทิว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปารวี ธิกาศ. 2546. เครื่องหมายทางพันธุกรรมของข้าว *Oryza sativa* L. พันธุ์เหลืองประทิวสายพันธุ์ทนเค็มที่ตรวจสอบโดยวิธีอาร์เอฟดี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรัญญา คำปัน. 2541. ปริมาณโพรลีนและน้ำตาลเมื่อข้าวอยู่ในสภาวะแล้ง และการคัดเลือกข้าวทนแล้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อภิชาติ วรรณวิจิตร. 2545. จีโนมพืช. จีโนมิกส์ ภาษาแห่งชีวิต. หน้า 109-123. กรุงเทพมหานคร. มูลนิธิบัณฑิตสภาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- อรุณี ยูวะนิยม. 2532. ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์. สำนักงานเลขาธิการกรมพัฒนาที่ดิน.
- อัญชลี ใจดี. 2543. บทบาทของกรดแอบไซซิกจากภายนอกต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยาบางประการในถั่วเหลือง *Glycine max* (L.) Merrill พันธุ์ สจ.5 และ มข.35 ที่ปลูกในภาวะเค็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Abel, G. M. 1969. Inheritance of the capacity for chloride inclusion and chloride exclusion by soybean. Crop Science 9: 697-698.
- Abernathy, G. A. and McManus, M. T. 1998. Biochemical responses to an imposed water deficit in mature leaf tissue of *Festuca arundinaceae*. Environmental and Experimental Botany 40: 17-28.
- Agradona, V. and Pahlich, E. 1991. Water stress on proline content and enzyme activities in barley seedlings. Phytochemistry 30: 1093-1094.
- Aguilar, M. L., Espadas, F. L., Coello, J., Trejo, C., Robert, M. L. and Santamaria, J. M. 2000. The role of abscisic acid in controlling leaf water loss, survival and growth of micropropagated *Tagetes erecta* plants when transferred directly to the field. Journal of Experimental Botany 51: 1861-1866.
- Ahsan, M. D., Wright, D. and Vrik, D. 1996. Genetic analysis of salt tolerance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) Cereal Research Communication 24: 353-360.
- Akbar, M. and Yabuno, T. 1997. Breeding saline resistance varieties of rice. IV. Inheritance of delayed type panicle sterility induced by salinity. Japanese Journal of Breeding 27: 237-240.
- Akiyama, T. and Pillai, M. A. 2001. Molecular cloning, characterization and in vivo expression of a novel endo-1,3-glucanase up-regulated by ABA and drought stress in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Science 161: 1089-1098.
- Alia. and Paradha, S. P. 1993. Suppression in mitochondrial electron transport is the prime cause behind stress induced proline accumulation. Biochemical and Biophysical Research Communications 193: 54-58.
- Alia., Mohanty P. and Matysik J. 2001. Effect of proline on the production of singlet oxygen. Amino Acid 21: 195-200.
- Alia., Prasad, K. V., Pardha, S. K. and Saradhi, P. 1995. Effects of zinc on free radicals and proline in Brassica and Cajanus. Phytochemistry 39: 45-47.

- Ambikapathy, J., Marshall, J. S., Horcart, C. H. and Hardham, A. R. 2002. The role of proline in osmoregulation in *Phytophthora nicotianae*. Fungal Genetics and Biology 35: 287-299.
- Amzallag, G. N., Lerner, H. R. and Poljakoff-Mayber, A. 1990. Exogenous ABA as a modulator of the response of *Sorghum bicolor* to high salinity. Journal of Experimental Botany 41: 1529-1534.
- Aspinall, D., and Paleg, L. G. 1981. Proline accumulation: biochemical aspects. In: Paleg, L. G., Aspinall, D.(eds) The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press. Sydney. 243-259.
- Aurelio, G-C., Arbona, V. Jacas, J., Eduardo, P-M. and Talon, M. 2003. Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. Journal of Plant Growth Regulation 21: 234-240.
- Azhar, F. M. and McNeilly, T. 1988. The genetic basis of variation for salt tolerance in *Sorghum bicolor* (L.) Moench, seedling. Plant Breeding 101: 114-121.
- Barnett, N. M. and Naylor, A. W. 1966. Amino acid and protein metabolism in Bermuda grass during water stress. Plant Physiology 41: 1222-1230.
- Bates, L. S., Woldern, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205-207.
- Bernstein, L. and Hayward, H. E. 1958. Physiology of salt tolerance. Annual Review of Plant Physiology 9: 25-46.
- Boggess, S. F. and Stewart, C. R. 1976. Contribution of arginine to proline accumulation in water-stress barley leaves. Plant Physiology 58: 796-797.
- Boggess, S. F., Aspinall, D. and Paleg, L. G. 1976a. Stress metabolism. IX. The significance of end-product inhibition of proline synthesis and of compartmentation in relation to stress-induced proline accumulation. Australian Journal of Plant Physiology 3: 513-525.
- Boggess, S. F., Stewart, C. R., Aspinall, I D. and Paleg, L.G. 1976b. Effect of water stress on proline synthesis from radioactive precursors. Plant Physiology 58: 398-401.
- Bohra, J. S., Doerffling, H. and Doerffling, K. 1995. Salinity tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) with reference to endogenous and exogenous abscisic acid. Journal of Agronomy and Crop Science 174: 79-86.

- Borsani, O., Diaz, P. and Monza, J. 1999. Proline is involved in water stress responses of *Lotus corniculatus* nitrogen fixing and nitrate fed plants. Journal of Plant Physiology 155: 269-273.
- Bradford, K. 1983. Water relation and growth of flacca tomato mutant in relation to abscisic acid. Plant Physiology 72: 251-255.
- Bray, A. E. 1993. Molecular Response to water deficit. Plant Physiology 103: 1035-1040.
- Cachorro, P., Martínez, R., Ortiz, A. and Cerdá, A. 1995. Abscisic acid and osmotic relations in *Phaseolus vulgaris* L. shoot under salt stress. Plant Growth Regulation 14: 99-104.
- Chandler, P. M. and Robertson, M. 1994. Gene expression regulated by abscisic acid and its relation to stress tolerance. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 45: 113-141.
- Charest, C. and Phan, C. T. 1990. Cold acclimation of wheat (*Triticum aestivum*): properties of enzymes involved in proline metabolism. Physiologia Plantarum 80: 159-168.
- Chen, C. C. S. and Plant, A. L. 1999. Salt-induced protein synthesis in tomato roots: the role of ABA. Journal of Experimental Botany 50: 677-687.
- Chen, C. T., Chen, L-M., Lin, C. C. and Kao, C. H. 2001. Regulation of proline accumulation in detached rice leaves exposed to excess copper. Plant Science 160: 283-290.
- Chen, R. D. and Tabaeizadeh, Z. 1992. Alteration of gene expression in tomato plant (*Lycopersicon esculentum*) by drought and salt stress. Genome 35:385-391.
- Chen, S., Wang, S. Huttermann, A. and Altman, A. 2002. Xylem abscisic acid accelerates leaf abscission by modulating polyamine and ethylene synthesis in water-stressed intact poplar. Trees 16: 16-22.
- Chou, I. T., Chen, C. T. and Kao, C. H. 1991. Characteristics of the induction of the accumulation of proline by abscisic acid and isobutyric acid in detached rice leaves. Plant Cell Physiology 32 :269-272.
- Cramer, G. R., Epstein, E. and Läuchli, A. 1991. Effect of sodium, potassium and calcium on salt-stressed barley. II. Elemental analysis. Physiologia Plantarum 81: 197-202.

- Cramer, G. R., Krishnan, K. and Abrams, S. R. 1998. Kinetics of maize leaf elongation. IV. Effects of (+)- and (-)- abscisic acid. Journal of Experimental Botany 49: 191-198.
- Cushman, C. J. and Bohnert, J. H. 2000. Genomic approaches to plant stress tolerance. Current Opinion in Plant Biology 3: 117-124.
- Davies, W. J. and Zhang, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 42: 55-76.
- De Lacerda, C. F., Cambraia, J., Oliva, M. A., Rhiz, H. A. and Prisco, J. T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany 47: 107-120.
- Delauney, A. J. and Verma, D. P. S. 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plant. The Plant Journal 4: 215-223.
- Dorffling, K., Rademacher, W. and Flores-Nimedez, A. A. 1990. Use of cryoprotectants in rice. In: Focus on irrigated rice: The International Rice Research Conference 27-31 August, Seoul, Korea, pp 1-13.
- Finkelstein, R. R., and Somerville, C. R. 1990. Three classes of abscisic acid (ABA)insensitive mutations of *Arabidopsis* define genes that control overlapping subsets of ABA responses. Plant Physiology 94: 1172-1179.
- Flowers, T. J., Troke, P. F. and Yeo, A. R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual Review of Plant Physiology 28: 89-91.
- Gadallah, M. A. A. 1996. Abscisic acid, temperature and salinity interactions on growth and some mineral elements in *Carthamus* plants. Plant Growth Regulation 20: 225-236.
- Garcarrubio, A., Legaria, J. P. and Covarrubias, A. A. 1997. Abscisic acid inhibits germination of mature *Arabidopsis* seeds by limiting the availability of energy and nutrients. Planta 203: 182-187.
- Ghoulam, C., Foursy, A. and Fares, K. 2002. Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany 47: 39-50.

- Girousse, C., Bournoville, R. and Bonnemain, J.-L. 1996. Water deficit-induced changes in concentration in proline and some other amino acids in the phloem sap of alfalfa. Plant Physiology 111: 109-113.
- Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology 31: 149-190.
- Gregorio, G. B., Senadhira, D., Mendoza, R. D., Manigbas, N. L., Roxas, J. P. and Guerta, C. Q. 2002. Progress in breeding for salinity tolerance and associated abiotic stresses in rice. Field Crops Research 76: 91-101.
- Hagedorn, C. H. and Phang, J. M. 1986. Catalytic transfer of hydride ions from NADPH to oxygen by the interconversions of proline δ^1 -pyrroline-5-carboxylate. Archives of Biochemistry and Biophysics 248: 166-174.
- Han, K. H. and Hwang, C. H. 2003. Salt tolerance enhanced by transformation of a *P5CS* gene in carrot. Journal of Plant Biotechnology 5: 157-161.
- Handa, S., Bressen, R. A., Handa, A. K. Carpita, N. C. and Hasegawa, P. M. 1986. Solutes contributing to osmotic adjust in cultured plant cells to stress. Plant Physiology 80: 938-945.
- Hanson, A. D. and Hitz, W. D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant after deficits. Annual Review of Plant Physiology 33: 163-203.
- Hanson, A. D. and Tully, R. E. 1979. Light stimulation of proline synthesis in water-stressed barley leaves. Planta 145: 45-51.
- Hartung, W. and Davies, W. J. 1994. Abscisic acid under drought and salt stress. In Pessarakli M.(ed.). Handbook of Plant and Crop Stress. New York: Marcel Dekker.
- Hartung, W. Sauter, A. and Hose, E. 2002. Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where does it go to ?. Journal of Experimental Botany 53: 27-32.
- Hasegawa, M. P., Bressan, A. R., Zhu, J. and Bohert, J. H. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 463-499.
- Herschbach, C. and Kopriva, S. 2002. Transgenic trees as tools in tree and plant physiology. Trees 16: 250-261.

- Hervieu, F., Le Diry, F., Billard, J-P. and Huault, C. 1994. Effect of water-stress on proline content and ornithine amino transferase activity of radish cotyledons. Phytochemistry 37: 127-131.
- Heyser, J. W., Chacon, M. J. and Warren, R. C. 1989. Characterization of L-[5-¹³C] proline biosynthesis in halophytic and nonhalophytic suspension culture by ¹³C NMR. Journal of Plant Physiology 135:459-466.
- Hien, D. T., Jacobs, M., Angenon, G., Hermans, C., Thu, T., van Son, L. and Roosens, N. H. 2003. Proline accumulation and Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase gene properties in three rice cultivars differing in salinity and drought tolerance. Plant Science 165: 1059-1068.
- Hong Z., Lakkineni K., Zhang Z. and Verma D. P. S. 2000. Removal of feedback inhibition of Δ^1 -pyrroline - 5 - carboxylate synthetase results in increase proline accumulation and protection of plants from osmotic stress. Plant Physiology 122: 1129-1136.
- Hu, C. A., Delauney, A. J. and Verma, D. P. S. 1992. A bifunctional enzyme (delta¹-pyrroline-5-carboxylate synthetase) catalyzes the first two steps in proline biosynthesis in plants. Proceedings of National Academy of Sciences of The United States of America 89: 9354-9358.
- Hur, J., Jung, H-K., Lee, C-H. and An, G. 2004. Stress-inducible *OsP5CS* gene is essential for salt and cold tolerance in rice. Plant Science 167: 417-426.
- Iannucci, A., Russo, M., Arena, L., Fonzo, N. D. and Martiniello, P. 2002. Water deficit effects on osmotic adjustment and solute accumulation in leaves of annual clovers. European Journal of Agronomy 16: 111-122.
- Igarashi, Y., Yoshiba, Y., Sanada, Y., Yamaguchi-Shinozaki, K., Wada, K. and Shinozaki, K. 1997. Characterization of the gene for Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase and correlation between the expression of the gene and salt tolerance in *Oryza sativa* L. Plant Molecular Biology 33: 857-865.
- Iuchi, S., Yamaguchi-Shinozaki, K., Urao, T., Terao, T. and Shinozaki, K. 1996. Novel drought-inducible gene in the highly drought-tolerant cowpea: Cloning of cDNAs and analysis of the expression of the corresponding genes. Plant Cell Physiology 37: 1073-1082.

- Jackson, M. 1997. Hormones from roots as signal for the shoots of stressed plant. Trends in Plant Science 2: 22-28.
- Jacoby, B. 1994. Mechanisms involved in salt tolerance by plants. In Pessaraki M. (ed) Handbook of plant and crop stress. New York: Marcel Dekker.
- Jagendorf, A. T. and Takabe, T. 2001. Inducers of glycine betaine synthesis in barley. Plant Physiology 127: 1827-1835.
- Jeschk, W. D., Peuke, A. D., Pate, J. S. and Hartung, W. 1997 Transport, synthesis and catabolism of abscisic acid (ABA) in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.) under phosphate deficiency and moderate salinity. Journal of Experimental Botany 48:1737-1747.
- Jia, W., Zhang, J. and Liang, J. 2001. Initiation and regulation of water deficit-induced abscisic acid accumulation in maize leaves and roots: cellular volume and water relation. Journal of Experimental Botany 52: 295-300.
- Jiang, Y. and Huang, B. 2002. Protein alteration in tall fescue in response to drought stress and abscisic acid. Crop Science 42: 202-207.
- Joyce, P. A., Aspinall, D. and Peleg, L. G. 1992. Photosynthesis and accumulation of proline in response to water deficit. Australian Journal of Plant Physiology 19: 249-261.
- Kemble, A. R. and Macpherson, H. T. 1957. Liberation of amino acid in perennial rye grass during wilting. Biochemistry Journal 58: 46-49.
- Kerepesi, I. and Galiba, G. 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. Crop science 40: 482-487.
- Kishor, P. B., Hong, K. Z., Miao, G. H., Hu, C. A. and Verma, D. P. S. 1995. Over expression of Δ^1 -pyrroline - 5 - carboxylate synthetase increase proline production and confer osmotolerance in transgenic plants. Plant Physiology 108: 1387-1394.
- Knight, H., Trewavas, J. A. and Knight, R. M. 1997. Calcium signaling in *Arabidopsis thaliana* responding to drought and salinity. The Plant Journal 12: 1067-1078.
- Lachno, D. R. and Baker, D. A. 1986. Stress induction of abscisic acid in maize roots. Physiologia Plantarum 68: 215-221.

- LaRosa, P. C., Hasegawa, P. M., Rhodes, D., Clithero, J. M., Abd-Elrahem, A. W. and Bressan, R. A. 1987. Abscisic acid stimulated osmotic adjustment and its involvement in adaptation of tobacco cells to NaCl. Plant Physiology 85: 174-181.
- Lecoeur, J., Wery, J., Turc, O. and Tardieu, F. 1995. Expansion of leaves subjected to short water deficit: cell number and cell size are sensitive to stress at different periods of leaf development. Journal of Experimental Botany 46: 1093-1101.
- Lee, D. J. and Hwang, C. H. 2003. Proline accumulation and *P5CS* (Δ^1 -pyrroline - 5 - carboxylate synthetase) gene expression in response to salt stress in Zoysiagrasses. Korean Journal of Crop Science 48: 20-24.
- Lerner, H. R., Amzallag, G. N., Friedman, Y. and Goloubinoff, P. 1994. The response of plants to salinity: from turgor adjustments to genome modification. Israel Journal of Plant Sciences 42: 285-300.
- Li, Y. Z. and Chen, Y. 2000. Differential accumulation of *S-adenosylmethionine decarboxylase* transcript in rice seedlings in response to salt and drought stresses. Theoretical and Applied Genetics 100: 782-788.
- Lott, S., Majerus, V. and Kinet, J. M. 1999. NaCl effect on proline metabolism in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Physiologia Plantarum 105:450-458.
- Lu, Z. and Neumann, M. P. 1999. Water stress inhibits hydraulic conductance and leaf growth in rice seedlings but not the transport of water via mercury-sensitive water channels in the root. Plant Physiology 120: 143-151.
- Lui, T. and Staden, J. V. 2001. Partitioning of carbohydrate in salt-sensitive and salt-tolerant soybean callus culture under salinity stress and its subsequent relief. Plant Growth Regulation 33:13-17.
- Lutts, S., Kiner, J.-M. and Bouharmont, J. 1996. Effect of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* (L.)) cultivars differing in salinity resistance. Plant Growth Regulation 19: 207-218.
- Lutts, S., Majerus, V. and Kinet, J. M. 1999. NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Physiologia Plantarum 105: 1399-3054.

- Maggio, A., Reddy, M. P. and Joly, R. J. 2000. Leaf gas exchange and solute accumulation in the halophyte *Salvadora persica* grown at moderate salinity. Environmental and Experimental Botany 44: 31-38.
- Mansour, M. M. F. 1998. Protection of plasmamembrane of onion epidermal cells by glycine betaine and proline against NaCl stress. Plant Physiology and Biochemistry 36: 767-772.
- Marshall, J. G., Dumbroff, E. B., Thatcher, B. J., Martin, B., Rutledge, R. G. and Blumwald, E. 1999. Synthesis and oxidative insolubilization of cell-wall proteins during osmotic stress. Planta 208: 401-408.
- Mattioni, L., Lacerenza, N. G., Troccoli, A., De Leonadis, A. M. and Di Fonzo, N. 1997. Water and salt stress-induced alterations in proline metabolism of *Triticum durum* seedlings. Physiologia Plantarum 101: 787-792.
- Michel, B. E. and Kaufman, M. R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology 51: 914-916.
- Mizrahi, Y., Blumenfeld, A., Bittner, S. and Richmond, A. 1971. Abscisic acid and cytokinin content of leaves in relation to salinity and relative humidity. Plant Physiology 48: 752-755.
- Molinari, H. B. C., Marur, C. J., Filho, J. C. B., Kobayashi, A. K., Pileggi, M., Junior, R. P. L., Pereira, L. F. P. and Vieira, L. G. E. 2004. Osmotic adjustment in transgenic citrus rootstock Carrizo citrange (*Citrus sinensis* Osb. X *Poncirus trifoliata* L. Raf.) overproducing proline. Plant Science 167: 1375-1381.
- Morris, C. J., Thompson, J. F. and Johnson, C. M. 1969. Metabolism of glutamic acid and N-acetylglutamic acid in leaf discs and cell-free extracts of higher plants. Plant Physiology 44: 1023-1026.
- Mundy, J. and Chua, N. 1988. Abscisic acid and water-stress induce the expression of a novel rice gene. The European Molecular Biology Organization Journal 7: 2279-2286.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment 25: 239-250.

- Nanjo, T., Kobayashi, M., Yoshiba, Y., Kakubari, Y., Yamagushi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. 1999. Antisense suppression of proline degradation improve tolerance to freezing and salinity in *Arabidopsis thaliana*. Federation of European Biochemical Societies Letters 461: 205-210.
- Nayyar, H. and Walia, D. P. 2003. Water stress induced proline accumulation in contrasting wheat genotypes as affected by calcium and abscisic acid. Biologia Plantarum 46: 275-279.
- Netting, A. G. 2000. pH, abscisic acid and the integration of metabolism in plants under stressed and non-stressed condition: cellular responses to stress and their implication for plant water relations. Journal of Experimental Botany 51: 147-158.
- Neumann, P. 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. Plant Cell and Environment 20: 1193-1198.
- Neves-Piestun, G. B. and Bernstein, N. 2001. Salinity-induced inhibition of leaf elongation in maize is not mediated by changes in cell wall acidification capacity. Plant Physiology 125: 1419-1428.
- Nguyen, H. T., Babu, R. C. and Blum, A. 1997. Breeding for drought resistance in rice: Physiology and molecular genetics considerations. Crop Science 37: 1426-1443.
- Novoa, I., Zhang, Y., Zeng, H., Jungreis, R., Harding, H. P. and Ron, D. 2003. Stress-induced gene expression requires programmed recovery from translational repression. The European Molecular Biology Organization Journal 22: 1180-1187.
- Oaks A., Mitchell D. J., Barnard R. A. and Johnson F. J. 1970. The regulation of proline biosynthesis in maize roots. Canadian Journal of Botany 48: 2249-2258.
- Ober, E. S. and Sharp, R. E. 1994. Proline accumulation in maize (*Zea mays* L.) primary roots at low water potentials. I. Requirement for increased levels of abscisic acid. Plant Physiology 105: 981-987.
- Oregan, B. P., Cress, W. A. and Wanstaden, J. 1993. Root-growth, water relations, abscisic acid and proline levels of drought-resistant and drought-sensitive maize cultivars in response to water-stress. South African Journal of Botany 59: 98-104.
- Pearson, G. A., Ayers, A. D. and Eberhard, D. L. 1966. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. Soil Science. 102: 151-156.

- Pena-Cortes, H., Willmitzer, L. and Sanchez-Serrno, J. J. 1991. Abscisic acid mediates wound induction but not developmental-specific expression of the proteinase inhibitor II gene family. The Plant Cell 3:963-972.
- Peng, Z., Lu, Q. and Verma, D. P. S. 1996. Reciprocal regulation of Δ^1 -pyrroline - 5 - carboxylate synthetase and proline dehydrogenase genes controls proline level during and after osmotic stress in plants. Molecular and General Genetics 253: 334-341.
- Pérez-Molphe-Balche, E., Gidekel, M., Segura-Nieto, M., Herrera-Estrella, L. And Ochoa-Alejo, N. 1996. Effect of water stress on plant growth and root proteins in three cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) with different levels of drought tolerance. Physiologia Plantarum 96: 284-290.
- Pesci, P. 1987. ABA-induced proline accumulation in barley leaf segments: dependence on protein synthesis. Physiology of Plant Biology 105: 981-987.
- Peuake, A. D., Jeschke, W. D. And Hartung, W. 1994. The uptake and flow of C, N, and ions between roots and shoots in *Ricinus communis* L. III. Long-distance transport of abscisic acid depending on nitrogen nutrition and salt stress. Journal of Experimental Botany 45: 741-747.
- Phutela, A., Jain, V., Dhawan, K. and Nainawatee, H. S. 2000. Proline metabolism under water stress in the leaves and roots of Brassica juncea cultivars differing in drought tolerance. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 9: 35-39.
- Piatkowski, D., Schneider, K., Salamini, F. and Bartels, D. 1990. Characterization of five abscisic acid-responsive cDNA clones isolated from the desiccation-tolerant plant *Craterostigma plantagineum* and their relationship to other water-stress genes. Plant Physiology 94: 1682-1688.
- Pilet, P. E. 1998. Some cellular and molecular properties of abscisic acid: its particular involvement in growing plant root. Cellular and Molecular Life Science 54: 851-865.
- Poehlman, J. M. and Sleper, D. A. 1995. Breeding Field Crop. 4th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Popova, L. P., Stoinova, Z. G. and Maslenkova, L. T. 1995. Involvement of abscisic acid in photosynthetic process in *Hordeum vulgare* L. during salinity stress. Plant Growth Regulation 14: 211-218.

- Quesada, V., Garcia- Martiner S., Piqueras P., Ponce, M. R. and Micol, J. L. 2002. Genetic architecture of NaCl tolerance in Arabidopsis. Plant Physiology 130: 951-963.
- Rai, S. P., Luthra, R. and Kumar, S. 2003. Salt-tolerant mutants in glycophytic salinity response (GPR) genes in *Catharanthus roseus*. Theoretical Applied Genetics 106: 221-230.
- Rajendrakumar, C. S., Reddy, B. V. and Reddy, A. R. 1994. Proline-protein interaction: protection of structural and functional integrity of M4 lactate dehydrogenase. Biochemical and Biophysical Research Communications 201: 957-963.
- Rao, S. A. and McNeilly, T. 1999. Genetic basis of variation for salt tolerance in maize (*Zea mays* L). Euphytica 108: 145-150.
- Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. and Vivekanandan M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161: 1189-1202.
- Rhodes, D., Handa, S. and Bressan, R. A. 1986. Metabolic changes associated with adaptation of plant cells to water stress. Plant Physiology 82: 890-903.
- Rhodolph, A. S., Crowe, J. H. and Crowe, L.M. 1986. Effects of three stabilizing agents- proline, betaine and trehalose-on membrane phospholipids. Archieve of Biochemistry and Biophysics 245: 134-143.
- Roberts, S. K. and Snowman, B. N. 2000. The effects of ABA on channel-mediated K⁺ transport across higher plant roots. Journal of Experimental Botany 51:1585-1594.
- Rodriguez, H. G., Roberts, J., Jordan, W. R. and Drew, M. C. 1997. Growth, water relations and accumulation of organic and inorganic solutes in root of maize seedlings during salt stress. Plant Physiology 113: 881-893.
- Rout, N. P. and Shaw, B. P. 1998. Salinity tolerance in aquatic macrophytes: probable role of proline, the enzymes involved in its synthesis and C₄ type of metabolism. Plant Science 136: 121-130.
- Sambrook, J., Fritsch, E. F. and Maniatis, T. 1989. Molecular Cloning: A Laboratory Manual. 2nd ed. Cold Spring Harbor, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Sauter, A., Davies, W. J. And Hartung, W. 2001. The long-distance abscisic acid signal in the drought plant: the fate of the hormone on its way from root to shoot. Journal of Experimental Botany 52: 1991-1997.

- Savouré, A., Hua, X.-J., Bertanche, N., Van Montagu, M. and Verbruggem, N. 1997. Abscisic acid-independent and abscisic acid-dependent regulation of proline biosynthesis following cold and osmotic stress in *Arabidopsis Thaliana*. Molecular and General Genetics 254: 104-109.
- Seki, M., Narusaka, M., Ishida, J., Nanjo, T., Fujota, M., Oono, Y., Kamiya, A., Nakajima, M., Enju, A., Sakurai, T., Satou, M., Akiyama, K., Taji, T., Yamaguchi-Shinozaki, K., Carninci, P., Kawai, J., Hayashizaki, Y. and Shinozaki, K. 2002. Monitoring the expression profiles of 7000 *Arabidopsis* genes under drought, cold and high-salinity stresses using a full-length cDNA microarray. The Plant Journal 31: 279-292.
- Serrano, R. and Gaxiola, R. 1994. Microbial models and salt stress tolerance in plants. Critical Review in Plant Science 13: 121-138.
- Sibole, J., Montero, E., Cabot, C., Poschenrieder, C. and Barcelo, J. 1988. Role of sodium in the ABA-mediated long-term growth response of bean to salt stress. Physiologia Plantarum 104: 299-305.
- Sivakumar, P., Sharmila, P. and Saradhi, P. P. 1998. Proline suppresses Rubisco activity in higher plants. Biochemical and Biophysical Research Communications 252: 428-432.
- Smirnov, N. 1998. Plant resistance to environment stress. Current Opinion in Biotechnology 9: 214-219.
- Smirnov, N. and Cumbes, Q. J. 1989. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. Phytochemistry 28: 1057-1060.
- Solomon, A., Beer, S., Waisel, Y., Jones, G. P. and Paleg, L. G. 1994. Effects of NaCl on the carboxylating activity of Rubisco from *Tamarix jordanis* in the presence and absence of proline-related compatible solutes. Physiologia Plantarum 90: 198-204.
- Steudle, E. 2000. Water uptake by root: effects of water deficits. Journal of Experimental Botany 51: 1531-1542.
- Stewart, C. R. 1972. The effect of wilting on proline metabolism in excised bean leaves in the dark. Plant Physiology 51: 508-511.

- Stewart, C. R. and Boggess, S. F. 1978. Metabolism of proline barley leaves and its use in measuring the effect of water stress on proline oxidation. Plant Physiology 61: 654-657.
- Stewart, C. R., Boggess, S. F., Aspinall, D. and Paleg, L. G. 1977. Inhibition of proline oxidation by water stress. Plant Physiology 59: 930-932.
- Strizhov, N., Abraham, E., Oekresz, L., Blicking, S., Ziberstine, A., Schell, J., Koncz, C. and Szabados, L. 1997. Differential expression of two *P5CS* gene controlling proline accumulation during salt-stress require ABA and is regulated by *ABA1*, *ABI1* and *AXP2* in Arabidopsis. The Plant Journal 12: 557-569.
- Su, J. and Wu, R. 2004. Stress-inducible synthesis of proline in transgenic rice confers faster growth under stress conditions than that with constitutive synthesis. Plant Science 166: 941-948.
- Sultana, N., Ikeda, T. and Ito, R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany 42: 211-220.
- Sundaresan, S. and Sudhakaran, P. R. 1995. Water stress-induced alterations in the proline metabolism of drought-susceptible and drought-tolerant cassava (*Manihot esculenta*) cultivars. Physiologia Plantarum 94: 635-642.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 1998. Plant Physiology. 2nd ed. Massachusetts. Sinaure Associate.
- Tardieu, F. and Davies, W. J. 1992. Stomatal response to abscisic acid is a function of current plant water status. Plant Physiology 98: 540-545.
- Thikart, P., Kowanij, D., Selanan, T., Vajrabhaya, M., Bangyeekhun, T. and Chadchawan, S. 2005. Genetic variation and stress tolerance of somaclonal variated rice and its original cultivar. Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University. In press.
- Thomas, J. C. and Bohnert, H. J. 1993. Salt stress perception and plant growth regulators in halophyte *Mesembryanthemum crystallinum*. Plant Physiology 103: 1299-1304.
- Todorov, D., Alexieva, V. and Karanov, E. 1998. Effect of putrescine, 4-PU-30 and abscisic acid on maize plant grown under normal, drought and rewatering conditions. Journal of Plant Growth Regulation 17: 197-203.

- Ueda, A., Kanichi, M., Uno, Y. and Inagaki, N. 2003. Photosynthetic limitations of halophyte sea aster (*Aster tripolium* L.) under water stress and NaCl stress. Journal of Plant Research 116: 65-70.
- Vajrabhaya, M. and Vajrabhaya, T. 1991. Somaclonal variation of salt tolerance in rice. In Y.P.S. Bajaj, (ed.). Biotechnology in Agriculture and Forestry. Berlin Heidelberg : Springer -Valege 14: 368-382.
- Venekamp, J. H. 1989. Regulation of cytosol acidity in plants under conditions of drought. Physiologia Plantarum 76: 112-117.
- Vivekanada, J., Drew, M. C. and Thomas, T. L. 1992. Hormonal and environmental regulation of the carrot lea-class gene Dc3. Plant Physiology 100: 576-581.
- Walton, D. C. and Li, Y. 1995. Abscisic acid biosynthesis and metabolism. In Davies, P. J. (ed) Plant Hormones. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Wang, X-J., Loh, C-S., Yeoh, H-H. and Sun, W. Q. 2002. Drying rate and dehydrin synthesis associated with abscisic acid-induced dehydration tolerance in *Spathoglottis plicata* orchidaceae protocorms. Journal of Experimental Botany 53: 551-558.
- Wolf, O., Jeschke, W. D. and Harrung, W. 1990. Long Distance transport of abscisic acid in salt-stressed *Lupinus albus* plants. Journal of Experimental Botany 41: 593-600.
- Wyn-Jones, R. G. and Storey, R. 1978. Salt stress and comparative physiology in the Gramineae. II. Glycine betaine and proline accumulation in two salt- and water-stressed barley cultivars. Australian Journal of Plant Physiology 5: 817-829.
- Yamaguchi-Shinozaki, K., Urao, T. and Shinozaki, K. 1995. Regulation of genes that are induced by drought stress in *Arabidopsis thaliana*. Plant Research 108: 127-136.
- Yang, C. W. and Kao, C.H. 1999. Importance of ornithine-delta-aminotransferase to proline accumulation caused by water stress in detached rice leaves. Plant Growth Regulation 27: 189-192.
- Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. and Lui, L. 2002. Abscisic acid and cytokinin in the root exudates and leaves and their relationship to senescence and remobilization of carbon reserves in rice subjected to water stress during grain filling. Planta 215: 645-652.

- Yokota, S. 2003. Relationship between salt tolerance and proline accumulation in Australian acacia species. Japanese Forestry Research 8: 83-93.
- Yong, C. B. and Jung, J. 1990. Water deficit induced oxidative stress and antioxidative defenses in rice plants. Journal of Plant Physiology 155: 255-261.
- Yoshiba, Y., Kiyosue, T., Katagiri, T., Ueda, H., Mizoguchi, T., Yamaguchi-Shinozaki, K., Wada, K., Harada, Y. and Shinozaki, K. 1995. Correlation between the induction of a gene for *delta*¹-pyrroline-5-carboxylate synthetase and the accumulation of proline in *Arabidopsis thaliana* under osmotic stress. Plant Journal 7: 751-760.
- Yoshiba, Y., Nanjo, T. Miura, S., Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. 1999. Stress-responsive and development regulation of Δ^1 -pyrroline - 5 - carboxylate synthetase (*P5CS1*) gene expression in *Arabidopsis thaliana*. Biochemical and Biophysical Research Communications 261: 766-772.
- Zabada, T. 1974. A water potential threshold for the increase of abscisic acid in leaves. Plant Physiology 53: 125-127.
- Zeevaart, J. A. D. and Creelman, R. A. 1988. Metabolism and physiology of abscisic acid. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 39: 439-473.
- Zeng, L. and Shannon, C. M. 2000. Salinity effect on seedling growth and yield component of rice. Crop Science 40: 996-1003.
- Zhang, J., Jia, W. and Zhang, D-P. 1997. Re-export and metabolism of xylem-delivered ABA in attached maize leaves under different transpirational fluxes and xylem ABA concentrations. Journal of Experimental Botany 48: 1557-1564.
- Zhao, K. F., Fan, H. and Harriss, P. J. C. 1995. Effects of exogenous ABA on salt tolerance of corn seedlings under salt stress. Acta Botanica Sinica 37: 295-300.
- Zheng, Z., Sheth, U., Nadiga, M., Pinkham, J. L. and Shetty, K. 2001. A model for the role of the proline-linked pentose phosphate pathway in polymeric dye tolerance in oregano. Process Biochemistry 36: 941-946.
- Zhu, B., Su, J., Chang, M., Verma, D. P. S., Yu-Liu, F. and Wu, R. 1998. Overexpression of a Δ^1 -pyrroline - 5 - carboxylate synthetase gene and analysis of tolerance to water- and salt-stress in transgenic rice. Plant Science 139: 41-48.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 1991
(Vajrabhaya and Vajrabhaya, 1991)

ชื่อสารเคมี	ปริมาณสาร (mg/l)
Macroelements	
Potassium nitrate (KNO ₃)	580
Calcium sulfate(CaSO ₄)	500
Magnesium sulfate (MgSO ₄ .7H ₂ O)	450
Triple super phosphate	250
Ammonium sulfate ((NH ₄) ₂ SO ₄)	100
Microelements	
di-sodium ethylene diamine tetraacetate (Na ₂ EDTA) ^a	160
Ferrous sulfate (FeSO ₄ .7H ₂ O) ^a	120
Manganese sulfate (MnSO ₄ .H ₂ O)	15
Boric acid (H ₃ BO ₃)	5
Zinc sulfate (ZnSO ₄ .7H ₂ O)	1.5
Potassium iodide (KI)	1.0
Sodium molybdate (Na ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O)	0.1
Copper sulfate(CuSO ₄ . 5H ₂ O)	0.05
Cobalt chloride (CoCl ₂ . 6H ₂ O)	0.05

^a การเตรียม FeSO₄ stock ความเข้มข้น 30 g/L (1L)

1. ชั่ง Na₂EDTA 40 กรัม และ FeSO₄.7H₂O 30 กรัม
2. แยกละลายในน้ำกลั่น 500 ml ทีละตัว ที่อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส
3. ผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน แล้วพ่นฟองอากาศประมาณ 3-4 ชั่วโมงจนกระทั่งสารละลายใส

2. สารละลายที่ใช้ในการทดลอง

สารละลาย	ส่วนประกอบ
acid ninhydrin	ninhydrin 1.25 กรัม glacial acetic acid 30 ml 6M phosphoric acid 20 ml นำไปอุ่นที่ 80 °C จนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สารที่เตรียมต้องใช้ภายใน 24 ชั่วโมง
LB medium	1 % bacto-tryptone 0.5% bacto-yeast extract 1% NaCl
LB Agar medium	1% bacto-tryptone 0.5% bacto-yeast extract 1% NaCl 1.5% LB Agar
Solution I	50 mM glucose 25 mM Tris-Hcl 10 mM EDTA
Solution II	0.1 N NaOH 1% SDS
Solution III	5 M Potassium acetate Glacial acetic acid
TE	10mM Tris pH 8.0 1mM EDTA
5X TBE	54 g Tris-base 27.5 g Boric acid 20ml 0.5 M EDTA pH 8.0
DNA loading dye and RNA loading dye for agarose gel	30% glycerol in water 0.25% bromophenol blue 0.25% xylene cyanol

สารละลาย	ส่วนประกอบ
RNA extraction buffer	100 mM Tris pH 9.0 100 mM NaCl 20 mM EDTA 1% lauryl sarcosinate 0.1% (v/v) β -mercaptoethanol 0.1% DEPC (diethyl pyrrocarbonate)
10X MOPS(10X formaldehyde gel running buffer)	0.2 M MOPS 80 mM sodium acetate 10 mM EDTA
RNA loading dye for formaldehyde gel (1.5 ml)	80%Glycerol 100 μ l formamide 720 μ l formaldehyde 260 μ l 10X MOPS 160 μ l DEPC-treated water 180 μ l bromophenol blue (saturated) 80 μ l
Formaldehyde gel	1.2 g agarose ใน DEPC-water 100 ml 15 ml 37% formaldehyde 12ml 10X MOPS
20X SSC	3 M NaCl 0.3 M sodium acetate
Maleic acid buffer	0.1 M Maleic acid 0.15 M NaCl
Washing buffer	0.1 M Maleic acid 0.15 M NaCl 0.3% (v/v) Tween 20
Detection buffer	0.2 M Tris-Hcl 0.1 M NaCl



ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโพรลีน ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ Bates และคณะ (1973)

- 1.1 บดใบข้าวหนัก 0.03 กรัมด้วยโกร่งบดให้ละเอียด เติม 3% sulfosalicylic acid(w/v) 3.5 ml ลงในโกร่งบด
- 1.2 นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วดูดสารละลายที่ได้จำนวน 1 ml ใส่ในหลอดทดลองขนาด 30 ml
- 1.3 เติม 1 ml glacial acetic acid และ 1 ml acid ninhydrin (ภาคผนวก ก) ที่เตรียมเสร็จใหม่ๆ แล้วนำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 1.4 หยุดปฏิกิริยาทันทีโดยการนำหลอดทดลองแช่ในน้ำแข็ง 10 นาที
- 1.5 เติม toluene 2 ml ผสมสารให้เข้ากันโดยใช้ vortex นาน 15-20 วินาที ตั้งทิ้งไว้ 1-2 นาที
- 1.6 ดูดสารละลายที่มีสีชมพูในชั้นของ toluene 2 ml มาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้ toluene เป็น blank เทียบกับกราฟมาตรฐาน (standard curve) ของโพรลีนที่รู้ความเข้มข้นที่แน่นอน

2. วิธีการเตรียมสารละลายกรดแอบไซซิก

- 2.1 สารเคมีที่ใช้คือ (\pm) Abscisic acid (Sigma); 99% pure; (5-[1-hydroxy-2,6,6-trimethyl-4-oxo-cyclohex-en-1-yl]-3-methyl-{2Z,4E}-pentadienoic acid); $C_{15}H_{20}O_4$; MW. 264.3
- 2.2 วิธีการเตรียม stock 500, 1,000 และ 2,000 μ M ABA ปริมาตร 20 มิลลิิตร ซึ่งกรดแอบไซซิกหนัก 2.64 มิลลิกรัม (เตรียม stock 500 μ M ABA) ละลายด้วย ethanol 500 μ l คนจนให้ได้สารละลายใส เติมน้ำกลั่นลงไปผสมให้เข้ากัน และเติม 100 μ l ของ Triton x-100 จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 20 มิลลิิตร สำหรับการเตรียม stock 1,000 และ 2,000 μ M ABA ใช้วิธีการเดียวกันกับข้างต้น แต่ใช้กรดแอบไซซิก 5.27 และ 10.57 กรัม ตามลำดับ
- 2.3 วิธีการเตรียม working concentration ของ ABA solution
ทำการเจือจาง stock solution ของ ABA ด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ stock ABA : น้ำกลั่น ในอัตรา 1:9 ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน

3. วิธีการเตรียมสารละลาย 0 μM ABA

ผสม ethanol 500 μl กับน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 100 μl ของ Triton x-100 คนให้เข้ากันจนได้สารละลายใส แล้วทำการปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 20 มิลลิลิตร สำหรับใช้เป็น stock solution หากต้องการเตรียม working solution สามารถทำได้โดยทำการเจือจาง stock solution ด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ stock solution : น้ำกลั่น ในอัตรา 1:9 ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน

4. วิธีการสกัด RNA โดยวิธีการดัดแปลงจาก Hot phenol ของปารวี ธิกาศ (2546)

- 3.1 บดตัวอย่างใบข้าวที่อยู่ในภาวะแช่แข็งประมาณ 0.1 กรัม กับไนโตรเจนเหลวในโกร่งบดที่ผ่านการทำลาย RNase แล้ว จากนั้นตัดตัวอย่างพืชใส่หลอด microcentrifuge ที่ทำให้เย็นจัดด้วยไนโตรเจนเหลว
- 3.2 เเท RNA extraction buffer และ phenol:chloroform (1:1) อย่างละ 500 μl ซึ่งอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นำไป vortex และแช่ลงในน้ำแข็งทันที
- 3.3 บั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที
- 3.4 แยกส่วน supernatant และนำมาสกัดซ้ำด้วย phenol:chloroform (1:1) อีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ปริมาตรเท่ากับสารละลายในหลอด
- 3.5 ดูดสารละลายชั้นบนใส่หลอดใหม่ แล้วเติม 100% ethanol ในปริมาตร 2 เท่าของสารละลายที่ดูมาได้ ผสมให้เข้ากัน และนำไปตกตะกอนที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
- 3.6 บั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
- 3.7 ล้าง pellet ด้วย 80% ethanol และนำไป air dry ที่อุณหภูมิห้องให้ ethanol ระเหยจนหมด
- 3.8 ละลาย pellet ใน DEPC treated TE buffer 160 μl
- 3.9 เติม 10 M LiCl₂ 40 μl และนำไปตกตะกอนที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 18 ชั่วโมง
- 3.10 บั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และนำไป air dry ที่อุณหภูมิห้อง
- 3.11 ละลาย pellet ใน DEPC treated TE buffer 10 μl

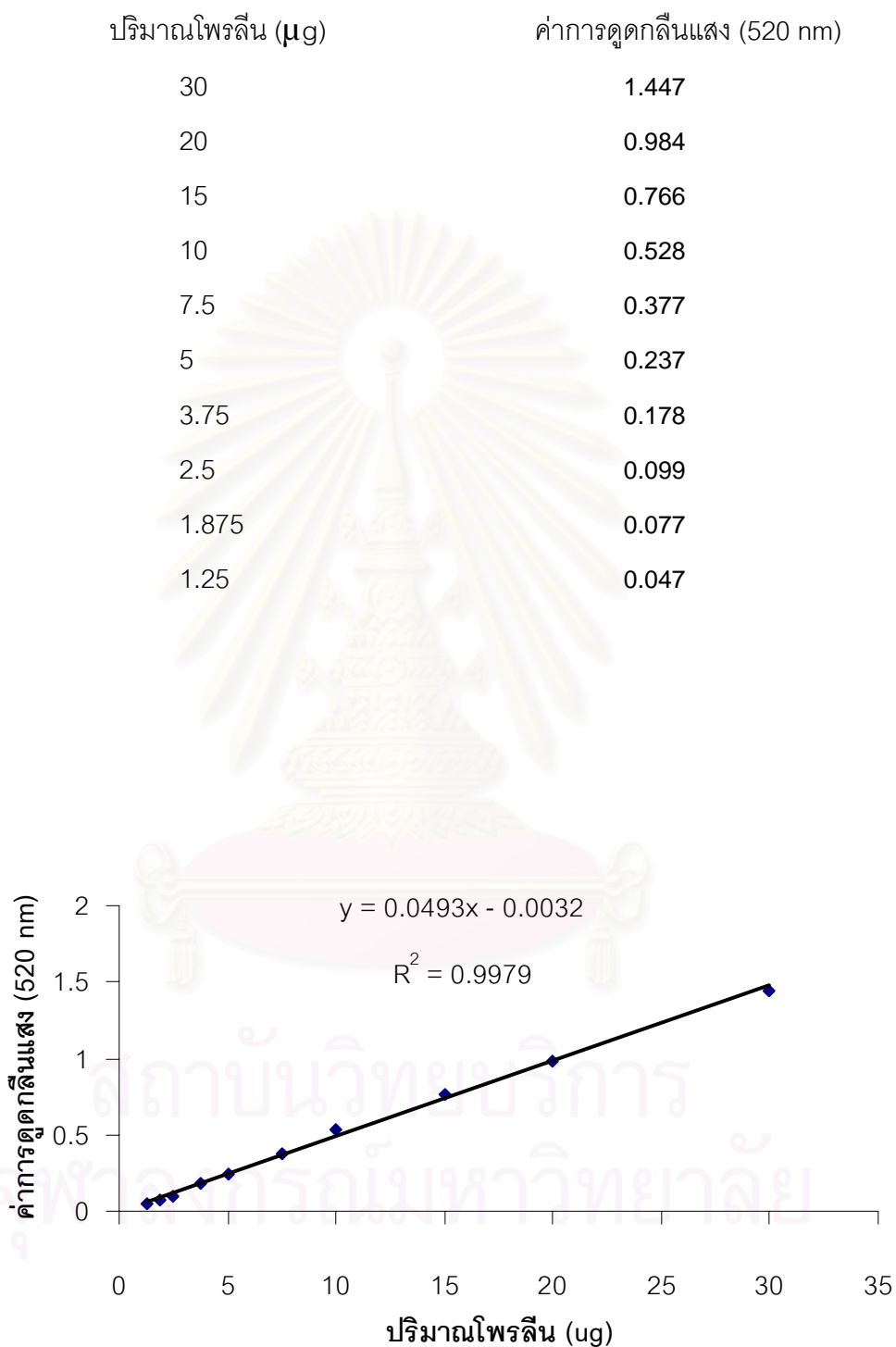
- 3.12 วัดความเข้มข้นของสารละลายด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร เพื่อประมาณค่าความเข้มข้นของ RNA
- 3.13 นำ RNA ไปรันเจลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของ RNA ในชุดแยกกรดนิวคลีอิก ด้วยกระแสไฟฟ้าในแนวระนาบ (Horizontal gel electrophoresis)

5. การปลูกข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123สายพันธุ์ทนเค็ม (LPT123-TC171) เก็บเมล็ด เพื่อเป็นการรักษาสายพันธุ์

ทำการเพาะเมล็ดบนทรายเป็นเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นย้ายปลูกลงในขวดแก้ว ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่ภายในมีสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 (Vajrabhaya and Vajrabhaya, 1991) 50 มิลลิลิตร โดยบรรจุขวดละ 20 ต้น เป็นเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารมาใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุกสัปดาห์ และทำการเติมน้ำเพื่อรักษาระดับของสารละลายธาตุอาหารให้คงที่ทุกวันตลอดระยะเวลาของการทดลอง เมื่อครบระยะเวลา 4 สัปดาห์ของการให้ภาวะเค็มแล้วทำการ rewater อีกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วจึงทำการคัดเลือกต้นกล้าข้าวที่รอดตายและแข็งแรง นำไปปลูกในกระถางเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ซึ่งบรรจุด้วยดินเหนียวประมาณ 3 ใน 4 ของกระถาง ซึ่งจะต้องมีการเตรียมดินก่อนที่จะทำการย้ายปลูกต้นกล้าโดยเติมน้ำลงไปจนเต็มกระถางทิ้งไว้ให้ดินอ่อนตัวเป็นเวลา 2-3 วัน จากนั้นเติมปุ๋ย 16-16-16 ลงไปในกระถางก่อนที่จะทำการย้ายปลูกต้นกล้าข้าว 1-2 วัน เมื่อย้ายปลูกข้าวลงไปในกระถางแล้วรดน้ำให้เต็มกระถางทุกวัน และใส่ปุ๋ย 16-16-16 อาทิตย์ละ 1 ครั้ง รดให้ข้าวแตกกอประมาณ 60-75 วันหลังจากทำการย้ายปลูก ในระหว่างการปลูกเพื่อเก็บเมล็ดทำการกำจัดโรค, แมลง และศัตรูพืชตามการระบาดจนกว่าจะเก็บเมล็ด

สำหรับข้าวเหลืองประทิวสายพันธุ์ทนเค็ม123-TC171 ซึ่งเป็นข้าวไวแสงนั้น จะต้องคำนวณระยะเวลาให้ต้นข้าวเจริญและแตกกอเต็มที่ตามเวลาที่กำหนดข้างต้น จนถึงราวกลางเดือนพฤศจิกายนซึ่งจะเข้าสู่ช่วงวันสั้น เพื่อกระตุ้นการเกิดตาดอก (flower bud initiation) หลังจากข้าวตั้งท้องและออกรวงเป็นเวลาประมาณ 1.5-2 เดือน ทำการรดให้น้ำข้าวเป็นเวลา 2 สัปดาห์ แล้วจึงทำการเก็บเมล็ด โดยตัดรวงที่มีเมล็ดแก่จัดแล้วนำไปตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำไปเก็บในตู้เย็นเป็นเวลา 1 ฤดูกาลปลูก สำหรับรอการปลูกในรอบต่อไป

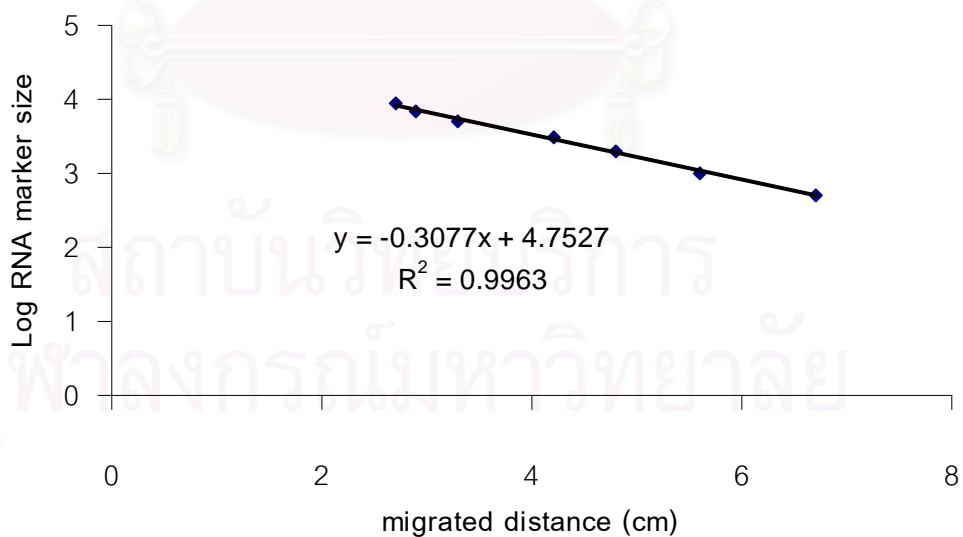
กราฟมาตรฐานโพรลิน ในการวิเคราะห์ปริมาณโพรลิน



ตัวอย่างกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณโพรลิน

การหาขนาดจาก RNA marker

RNA marker size (bp)	Distance migrate (cm)	Log10 RNA marker size
9000	2.7	3.9542
7000	2.9	3.8451
5000	3.3	3.699
3000	4.2	3.4771
2000	4.8	3.301
1000	5.6	3
500	6.7	2.699



ตัวอย่างกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์หาขนาดของ RNA marker



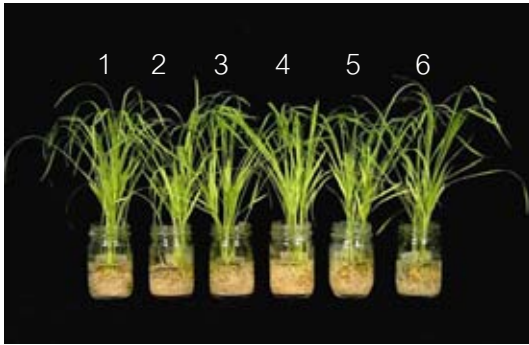
ภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

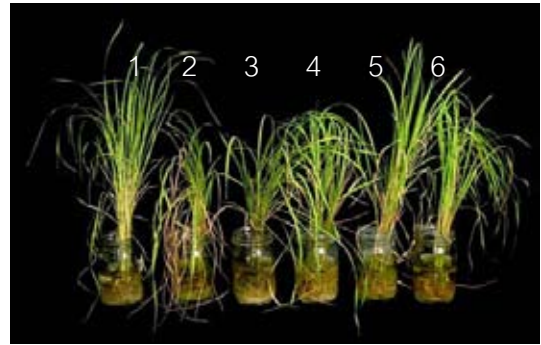


รูปที่ 48 ลักษณะของต้นกล้าข้าวซึ่งแสดงให้เห็นถึงเกณฑ์ในการวัดความยาว
ของส่วนกาบใบที่มีสีเขียว และความยาวราก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



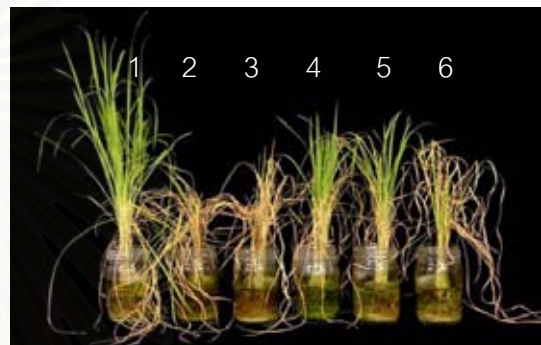
สัปดาห์ที่ 0



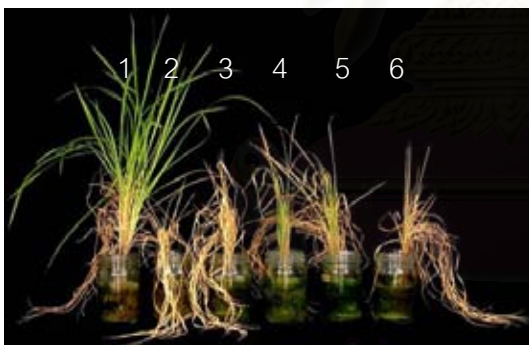
สัปดาห์ที่ 1



สัปดาห์ที่ 2



สัปดาห์ที่ 3



สัปดาห์ที่ 4



สัปดาห์ที่ 5

รูปที่ 49 การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหาร สูตร WP No.2 ที่มีไซโตไคนมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิก ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)

โดยที่ 1 = ชุดควบคุมภาวะปกติ
2 = ชุดควบคุมภาวะเค็ม
3 = ฉีดพ่นด้วยน้ำ (0 μM ABA)

4 = ฉีดพ่นด้วย 50 μM ABA
5 = ฉีดพ่นด้วย 100 μM ABA
6 = ฉีดพ่นด้วย 200 μM ABA



สัปดาห์ที่ 0



สัปดาห์ที่ 1



สัปดาห์ที่ 2



สัปดาห์ที่ 3



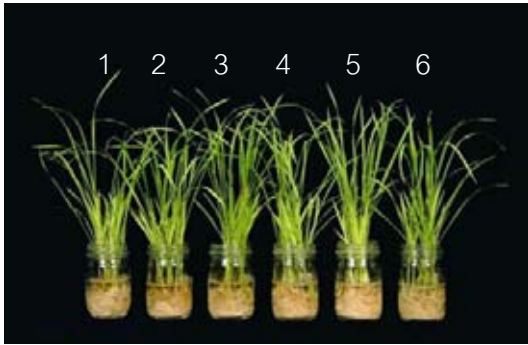
สัปดาห์ที่ 4



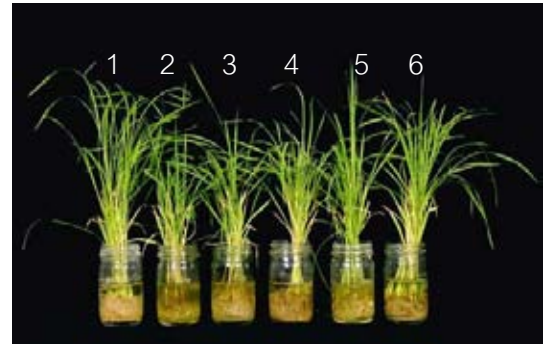
สัปดาห์ที่ 5

รูปที่ 50 การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 รุ่นที่ 6 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มีไซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% (w/v) โดยได้รับกรดแอบไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)

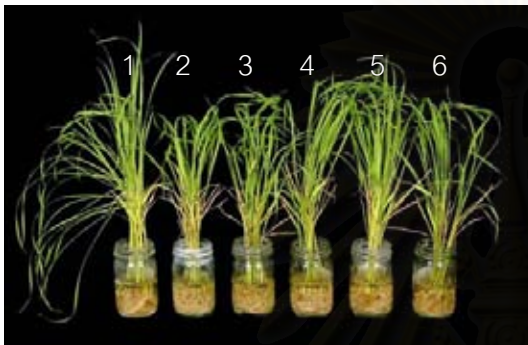
โดยที่ 1 = ชุดควบคุมภาวะปกติ	4 = ฉีดพ่นด้วย 50 μM ABA
2 = ชุดควบคุมภาวะเค็ม	5 = ฉีดพ่นด้วย 100 μM ABA
3 = ฉีดพ่นด้วยน้ำ (0 μM ABA)	6 = ฉีดพ่นด้วย 200 μM ABA



สัปดาห์ที่ 0



สัปดาห์ที่ 1



สัปดาห์ที่ 2



สัปดาห์ที่ 3



สัปดาห์ที่ 4



สัปดาห์ที่ 5

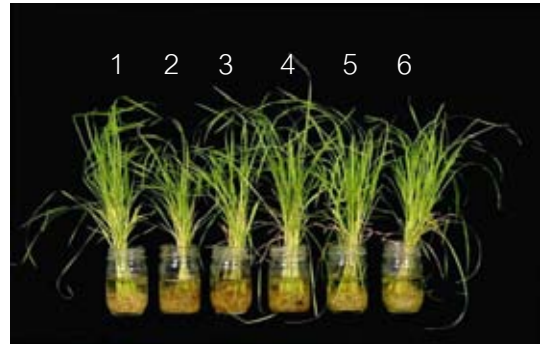
รูปที่ 51 การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 ความเข้มข้น 225 g/l โดยได้รับการกดแอสไซซิกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)

โดยที่ 1 = ชุดควบคุมภาวะปกติ
2 = ชุดควบคุมภาวะเค็ม
3 = ฉีดพ่นด้วยน้ำ (0 μM ABA)

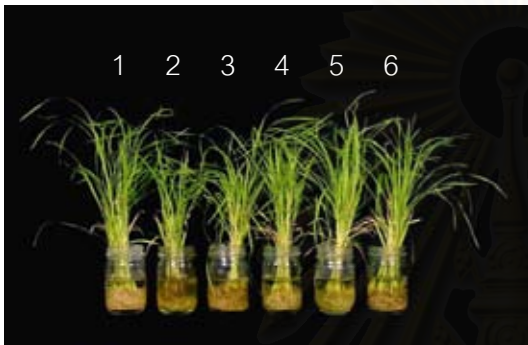
4 = ฉีดพ่นด้วย 50 μM ABA
5 = ฉีดพ่นด้วย 100 μM ABA
6 = ฉีดพ่นด้วย 200 μM ABA



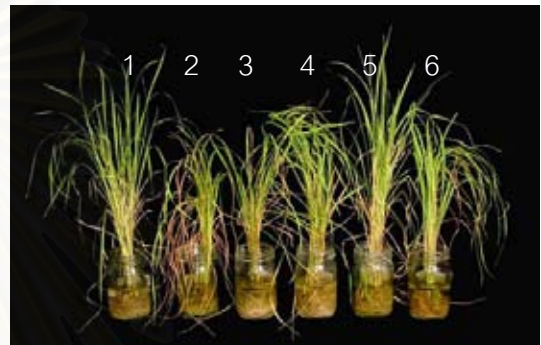
สัปดาห์ที่ 0



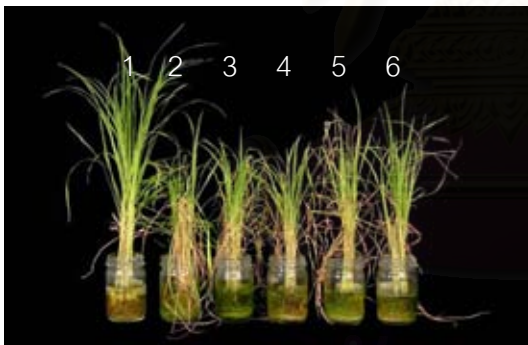
สัปดาห์ที่ 1



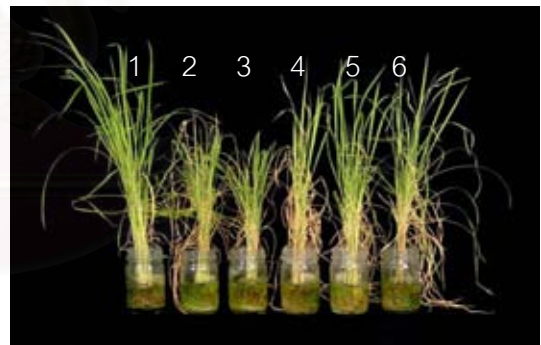
สัปดาห์ที่ 2



สัปดาห์ที่ 3



สัปดาห์ที่ 4



สัปดาห์ที่ 5

รูปที่ 52 การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ที่มี PEG 6000 ความเข้มข้น 225 g/l โดยได้รับการดูแลรักษาที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)

โดยที่ 1 = ชุดควบคุมภาวะปกติ
2 = ชุดควบคุมภาวะเค็ม
3 = ฉีดพ่นด้วยน้ำ (0 μM ABA)

4 = ฉีดพ่นด้วย 50 μM ABA
5 = ฉีดพ่นด้วย 100 μM ABA
6 = ฉีดพ่นด้วย 200 μM ABA



สัปดาห์ที่ 0



สัปดาห์ที่ 1



สัปดาห์ที่ 2



สัปดาห์ที่ 3

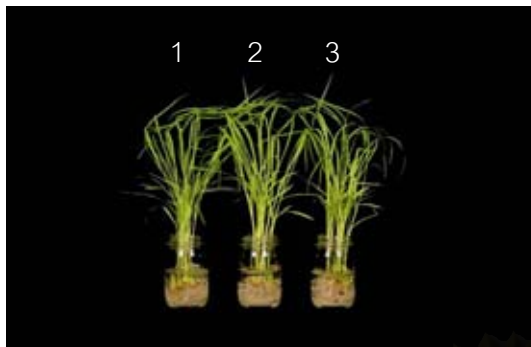


สัปดาห์ที่ 4



สัปดาห์ที่ 5

รูปที่ 53 การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)
 โดยที่ 1 = ชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการฉีดพ่น
 2 = ฉีดพ่นด้วยน้ำ ($0 \mu\text{M}$ ABA)
 3 = ฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิก ($100 \mu\text{M}$ ABA)



สัปดาห์ที่ 0



สัปดาห์ที่ 1



สัปดาห์ที่ 2



สัปดาห์ที่ 3



สัปดาห์ที่ 4



สัปดาห์ที่ 5

รูปที่ 54 การเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ของข้าว LPT123-TC171 เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP No.2 ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และหลังจากการเจริญในภาวะปกติเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 5)

โดยที่ 1 = ชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการฉีดพ่น

2 = ฉีดพ่นด้วยน้ำ ($0 \mu\text{M}$ ABA)

3 = ฉีดพ่นด้วยกรดแอบไซซิก ($100 \mu\text{M}$ ABA)



รูปที่ 55 ลักษณะของอาการความเสียหายที่ต้นกล้าข้าวอันเป็นผลเนื่องมาจากภาวะแล้งและภาวะเค็ม (ก) ใบม้วน, (ข) ปลายใบไหม้, (ค) ใบแห้งตายทั้งใบ และ (ง) บริเวณแผ่นใบเกิด chlorosis เป็นหย่อมๆ



รูปที่ 56 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรากของต้นกล้าข้าว LPT123 (ก) และข้าว LPT123-TC171 (ข) หลังจากที่ถูกเจริญอยู่ภายใต้ภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 1 สัปดาห์

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพงศธร กล่อมสกุล เกิดวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดนครราชสีมา เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541 และสำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง เหรียญทอง สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2545 โดยทั้งในระดับปริญญาตรีและปริญญาโทได้รับทุนจากโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย