

ผลของโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันต่อการสะสมโพรลิน  
และการแสดงออกของยีน P5CS ในถั่วเหลืองบางพันธุ์



นางสาวฐปนา อัครเอกปัญญา

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพฤษศาสตร์ ภาควิชาพฤษศาสตร์


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1494-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SODIUM CHLORIDE AND SODIUM CHLORIDE ACCLIMATION ON PROLINE  
ACCUMULATION AND *P5CS* GENE EXPRESSION IN SOME SOYBEAN CULTIVARS



Miss Thapana Akaraeakpanya

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
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 2001

ISBN 974-03-1494-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันต่อการสะสม  
โพสดีนและการแสดงออกของยีน P5CS ในถั่วเหลืองบางพันธุ์  
โดย นางสาวฐปนา อัครเอกปัญญา  
สาขาวิชา พฤษศาสตร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ปริดา บุญ-หลง  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... รองคณบดีฝ่ายบริหาร  
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ การเที่ยง) รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ สุมิตรา คงชื่นสิน)

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ นันทนา อังกินันท์)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ)

รूपนา อัครเอกปัญญา : ผลของโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์แอดคลิเมชันต่อการสะสมโพรลีนและการแสดงออกของยีน P5CS ในถั่วเหลืองบางพันธุ์ (EFFECTS OF SODIUM CHLORIDE AND SODIUM CHLORIDE ACCLIMATION ON PROLINE ACCUMULATION AND P5CS GENE EXPRESSION IN SOME SOYBEAN CULTIVARS) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์, 133 หน้า. ISBN 974-03-1494-5

การทดลองนี้ศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์แอดคลิเมชันที่มีต่อการเจริญเติบโตของส่วนต้นและราก การสะสมโพรลีน ตลอดจนการแสดงออกของยีน P5CS ซึ่งเป็นยีนหนึ่งที่ควบคุมการสะสมโพรลีน ในถั่วเหลือง 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ สจ.5 มข.35 สท.2 และ ชม.60 จากการทดลองให้ภาวะเค็มตั้งแต่ระยะเพาะเมล็ดพบว่าจะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของถั่วเหลืองลดลง และยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งส่วนต้นและรากของต้นกล้าถั่วเหลือง การให้โซเดียมคลอไรด์แอดคลิเมชันกับถั่วเหลืองในระยะงอก โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ไม่ทำให้ถั่วเหลืองมีความทนต่อภาวะเค็มได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้มีน้ำหนักแห้งต้นและรากลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับแอดคลิเมชัน และยังทำให้เกิดอาการเหลืองยกเว้นเส้นใบในต้นกล้าที่ได้รับแอดคลิเมชันอีกด้วย การให้โซเดียมคลอไรด์แอดคลิเมชัน 2 แบบ กับต้นกล้าถั่วเหลืองอายุ 10 วัน คือ แบบที่ 1 ค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ดังนี้ 10 mM เป็นเวลา 3 วัน แล้วเพิ่มเป็น 20 mM เป็นเวลา 3 วัน และ 40 mM เป็นเวลา 4 วัน แล้วจึงให้ภาวะเค็มที่ระดับ 80 mM และแบบที่ 2 ค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์แบบเดียวกันกับแบบที่ 1 แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นถึง 40 mM เพียง 2 วันจึงย้ายกลับไปที่มีความเข้มข้น 0 mM เป็นเวลา 2 วันก่อนได้รับภาวะเค็มที่ระดับ 80 mM พบว่าถั่วเหลืองที่ได้รับแอดคลิเมชันทั้ง 2 แบบมีการเจริญเติบโตในส่วนต้นและรากเท่ากับต้นที่ไม่ได้รับแอดคลิเมชัน แต่ยังคงน้อยกว่าชุดควบคุมจากการศึกษาการสะสมโพรลีนเมื่อได้รับภาวะเค็ม จะพบการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 ที่ไม่ได้รับแอดคลิเมชัน ในขณะที่ต้นที่ได้รับแอดคลิเมชันทั้ง 2 แบบมีการสะสมโพรลีนในระดับปกติซึ่งไม่แตกต่างจากชุดควบคุม อย่างไรก็ตามพบการสะสมโพรลีนในถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 ที่ได้รับแอดคลิเมชันแบบที่ 1 มีการสะสมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่นๆ และการสะสมโพรลีนเพิ่มมากขึ้นนี้จะพบควบคู่ไปกับอาการใบไหม้เป็นจุดทำให้ขอบใบม้วนลง แสดงให้เห็นว่าการสะสมโพรลีนเพิ่มมากขึ้นในถั่วเหลืองเมื่อได้รับภาวะเค็มเป็นอาการของความเสียหายมากกว่าจะเป็นลักษณะของความทนเค็ม

จากการศึกษายีน P5CS ในถั่วเหลืองด้วยวิธี Southern blot analysis โดยใช้ P5CS ของ mothbean เป็น probe พบแถบ DNA เพียงแถบเดียว ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นยีนเดี่ยว (single gene) และจากการศึกษาการแสดงออกของยีน P5CS ในถั่วเหลืองด้วยวิธี Northern blot analysis พบสัญญาณของ P5CS mRNA ในถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน โดยมีทิศทางสอดคล้องกับการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นในใบ แสดงให้เห็นว่า การสะสมโพรลีนเพิ่มมากขึ้นในถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะเค็ม เป็นผลมาจากการแสดงออกของยีน P5CS เพิ่มมากขึ้น

ภาควิชา.....พฤกษศาสตร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....  
สาขาวิชา.....พฤกษศาสตร์..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา.....2544..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



##4172275323 : MAJOR BOTANY

KEYWORDS : SALT STRESS / SODIUM CHLORIDE ACCLIMATION / SOYBEAN / PROLINE / P5CS

THAPANA AKARAEAKPANYA : EFFECTS OF SODIUM CHLORIDE AND SODIUM CHLORIDE ACCLIMATION ON PROLINE ACCUMULATION AND P5CS GENE EXPRESSION IN SOME SOYBEAN CULTIVARS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. PREEDA BOON-LONG, THESIS CO-ADVISOR : ASSIST. PROF. DR. SUPACHITRA CHADCHAWAN. 133 pp. ISBN 974-03-1494-5

Effects of sodium chloride and sodium chloride acclimation on proline accumulation and expression of the *P5CS* gene were determined in 4 soybean cultivars; SJ.5, KCU.35, ST.2, and CM.60. Salt stress treatments during the seed germination were found to lower the germination percentage and inhibit the shoot and root growth of the soybean seedlings. Neither the salt acclimation with 40 mM NaCl nor the salt acclimation with 80 mM NaCl at the seed germination stage enhanced the salt tolerance in all soybean tested. Moreover, both treatments resulted in the reduction of shoot and root dry weight when compared to that without the salt acclimation. Leaf interveinal bleaching was also detected in the seedlings treated with salt acclimation during the seed germination. Two conditions of salt acclimation, Acclimation I (gradually increased salt concentration from 10, 20, to 40 mM NaCl for 3, 3, and 4 days, respectively, before being subjected to 80 mM NaCl) and Acclimation II (10, 20, 40 and 0 mM NaCl for 3, 3, 2 and 2 days, respectively, before being subjected to 80 mM NaCl), were applied to 5 day-old seedlings. Shoot and root growth of the acclimated seedlings were similar to those of the non-acclimated ones, which were lower than those of the non-stressed controls. The 80 mM NaCl treatment in 15 days-old seedlings induced significant proline accumulation in the ST.2 cultivar after 12 days of the salt treatment whereas no proline accumulation could be detected in the others. Both conditions of the salt acclimation did not affect the proline content of the ST.2 seedlings. However, Acclimation I caused the significant increase in proline content in the KCU.35 seedlings. The increase in proline accumulation in these salt-stressed soybean seedlings occurred together with the necrosis and downward curling of the leaf margin suggesting that it might be the symptoms of injury rather than the salt tolerance. No significant change in proline content was detected in any of the tested SJ.5 and CM.60.

Using the Southern Blot Hybridization with the mothbean *P5CS* as a probe, only one DNA fragment was detected which implied that the soybean *P5CS* is possibly a single gene. Signals of the *P5CS* mRNA found in the salt stressed KCU.35 leaves correlated with the leaf proline content suggesting that the higher level of proline accumulation during the salt stress condition in KCU.35 was due to the increase of the *P5CS* gene expression.

Department.....Botany.....  
Field of study.....Botany.....  
Academic year..... 2001.....

Student's signature.....Thapana Akaraeakpanya  
Advisor's signature.....Prof. Preeda Boonlong  
Co-advisor's signature.....Supachitra Chadchawan

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา บุญ-หลง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์ ที่กรุณาให้กำลังใจ และคำแนะนำต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุมิตรา คงชื่นสิน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ นันทนา อังกินันท์ และอาจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. พงศ์ธาริน โสภัทรตระกูล ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ ในการทำวิจัย และการเขียนวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณทบวงมหาวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาโท-เอก และกองทุนการศึกษาเชลล์ 100 ปี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณสถานีวิจัยพืชไร่แม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พันธุ์ สจ.5 และศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน (AVRDC) ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 มข.35 สท.2 และ ชม.60

ขอขอบคุณ Professor Dr. Desh Pal S. Verma แห่ง Biotechnology Center, Ohio State University, U.S.A. ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ P5CS cDNA ของ mothbean (*Vigna aconitifolia*) เพื่อใช้เป็น probe ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณรักชนก โคโต และอาจารย์อัญชลี ใจดี คุณสายสุนีย์ แก้วเทศ คุณสหัช จันทนาอรพินท์ คุณจินตนา จันท์เจริญฤทธิ์ คุณญาวดี ศรีเมฆ คุณโสภิตา ทองโสภิต คุณสุชาดา วงศ์ภาคำ และเพื่อนๆ ร่วมรุ่นทุกคน สำหรับความช่วยเหลือในการทำวิจัยและให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนความห่วงใยที่มีให้กันเสมอมา

กราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้กำลังใจและความห่วงใย ตลอดจนสนับสนุนในทุกๆ ด้านในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา



# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฒ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. การตรวจเอกสาร.....	3
ผลของภาวะเค็มต่อการเจริญเติบโตของพืช.....	3
แอคคลิเมชัน (Acclimation) .....	4
การสะสมสารบางชนิดในพืชเมื่อได้รับภาวะเค็ม.....	7
การสะสมโปรตีนในพืช.....	7
เมตาบอลิซึมของโปรตีน.....	9
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	14
วัสดุอุปกรณ์.....	14
วิธีการทดลอง.....	17
4. ผลการทดลอง.....	26
1. ผลของไซเตียมคลอไรด์ต่อการงอกของเมล็ดและขนาดของต้นกล้าถั่ว	
เหลือง.....	26
1.1 ผลของไซเตียมคลอไรด์ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด.....	26
1.2 ผลของไซเตียมคลอไรด์ต่อขนาดของต้นกล้า.....	26
2. ผลของภาวะเค็มในระยะเพาะเมล็ดถึงระยะต้นกล้า ที่มีต่อการเจริญเติบโตและปริมาณน้ำภายในต้นพืชของถั่วเหลือง.....	32
2.1 ผลต่อการเจริญเติบโต.....	32
2.1.1 ผลต่อน้ำหนักแห้งต้น.....	32
2.1.2 ผลต่อน้ำหนักแห้งราก.....	38
2.2 ผลต่อปริมาณน้ำภายในต้นพืช.....	45

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.1 ผลต่อปริมาณน้ำในส่วนต้น.....	45
2.2.1 ผลต่อปริมาณน้ำในส่วนราก.....	45
3. ผลของไซเตียมคลอไรด์แอกคลิเมชันในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้าที่มีต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง.....	54
3.1 ผลต่อน้ำหนักแห้งต้น.....	54
3.2 ผลต่อน้ำหนักแห้งราก.....	60
4. ผลของไซเตียมคลอไรด์แอกคลิเมชันในระยะเพาะเมล็ดที่มีต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง.....	66
4.1 ผลต่อน้ำหนักแห้งต้น.....	66
4.2 ผลต่อน้ำหนักแห้งราก.....	66
5. ผลของไซเตียมคลอไรด์แอกคลิเมชันในระยะต้นกล้าที่มีต่อการเจริญเติบโตและการสะสมโปรตีนของถั่วเหลือง.....	71
5.1 ผลต่อการเจริญเติบโต.....	71
5.1.1 ผลต่อน้ำหนักแห้งต้น.....	71
5.1.2 ผลต่อน้ำหนักแห้งราก.....	79
5.2 ผลต่อการสะสมโปรตีนในใบ.....	87
6. การศึกษาจำนวนยีนในยีนแฟมิลีของ P5CS และการแสดงออกของยีน P5CS ในถั่วเหลือง.....	95
6.1 การศึกษาจำนวนยีนและจำนวนชุดของยีน P5CS โดยใช้วิธี Southern Blot Analysis.....	95
6.2 การศึกษาการแสดงออกของยีน P5CS ในใบถั่วเหลือง.....	95
5. อภิปรายผลการทดลอง.....	98
1. ผลของไซเตียมคลอไรด์ต่อการงอกของเมล็ดและขนาดของต้นกล้าถั่วเหลือง.....	98
2. ผลของภาวะเค็มในระยะเพาะเมล็ดถึงระยะต้นกล้า ที่มีต่อการเจริญเติบโตและปริมาณน้ำภายในต้นพืชของถั่วเหลือง.....	99
3. ผลของไซเตียมคลอไรด์แอกคลิเมชันในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้าที่มีต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง.....	101



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลของโซเดียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันในระยะเพาะเมล็ดที่มีต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง.....	102
5. ผลของโซเดียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันในระยะต้นกล้าที่มีต่อการเจริญเติบโตและการสะสมโปรตีนของถั่วเหลือง.....	103
6. การศึกษาจำนวนยีนในยีนแฟมิลีของ P5CS และการแสดงออกของยีน P5CS ในถั่วเหลือง.....	106
6. สรุปผลการทดลอง.....	109
รายการอ้างอิง.....	112
ภาคผนวก.....	119
ภาคผนวก ก.....	120
ภาคผนวก ข.....	127
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	133

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	เปอร์เซ็นต์การงอกของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ หลังจากเพาะเมล็ดในสารละลายไซโตไคนมคลอไรด์ความเข้มข้น 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 วัน.....29
2	ความยาวต้นของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ หลังจากเพาะเมล็ดในสารละลายไซโตไคนมคลอไรด์ความเข้มข้น 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 วัน.....30
3	ความยาวรากของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ หลังจากเพาะเมล็ดในสารละลายไซโตไคนมคลอไรด์ความเข้มข้น 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 วัน.....30
4	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและระยะต้นกล้า.....34
5	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและระยะต้นกล้า.....34
6	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและระยะต้นกล้า.....36
7	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและระยะต้นกล้า.....36
8	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและระยะต้นกล้า.....40
9	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและระยะต้นกล้า.....40
10	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและระยะต้นกล้า.....42

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
11	42
12	44
13	44
14	46
15	46
16	48
17	48
18	50
19	50



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
20	ปริมาณน้ำในส่วนรากของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและระยะต้นกล้า.....52
21	ปริมาณน้ำในส่วนรากของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและระยะต้นกล้า.....52
22	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะเค็ม เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเดียมคลอไรด์แอสคูลิเมชันที่ระดับ 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้า.....56
23	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเดียมคลอไรด์แอสคูลิเมชันที่ระดับ 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้า.....56
24	น้ำหนักแห้งต้น ของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะเค็ม เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเดียมคลอไรด์แอสคูลิเมชันที่ระดับ 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้า.....58
25	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เมื่อได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเดียมคลอไรด์แอสคูลิเมชันที่ระดับ 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้า.....58
26	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเดียมคลอไรด์แอสคูลิเมชันที่ระดับ 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้า.....61
27	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเดียมคลอไรด์แอสคูลิเมชันที่ระดับ 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้า.....61
28	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเดียมคลอไรด์แอสคูลิเมชันที่ระดับ 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้า.....63



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
29	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เมื่อได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันที่ระดับ 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดจนถึงระยะต้นกล้า.....63
30	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ ที่ได้รับภาวะเค็ม 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันที่ระดับ 40 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและต้นกล้า.....65
31	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ ที่ได้รับภาวะเค็ม 80 มิลลิโมลาร์เป็นเวลา 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันที่ระดับ 40 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะเมล็ดและต้นกล้า.....65
32	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะเค็ม 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันในระยะเพาะเมล็ด.....67
33	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะเค็ม 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันในระยะเพาะเมล็ด.....67
34	น้ำหนักแห้งราก ของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะเค็ม 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันในระยะเพาะเมล็ด.....69
35	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะเค็ม 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชันในระยะเพาะเมล็ด.....69
36	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน.....74
37	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน .....74
38	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน.....76

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
39	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน. ....76
40	การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ ที่ได้รับภาวะเค็ม 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชัน.... ....78
41	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน. ....82
42	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับ ภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน. ....82
43	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน. ....84
44	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เมื่อได้รับ ภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน. ....84
45	การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ ที่ได้รับภาวะเค็ม 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชัน.... ....86
46	ปริมาณโพรลีนของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน..... ....90
47	ปริมาณโพรลีนของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน. ....90
48	ปริมาณโพรลีนของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน..... ....92
49	ปริมาณโพรลีนของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน. ....92
50	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพรลีนในใบของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ ที่ได้รับภาวะเค็ม 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 12 วัน ภายหลังจากได้รับไซเตียมคลอไรด์แอสคิลิเมชัน ....94



## สารบัญรูปภาพ

ตารางที่	หน้า
1	กลไกการสังเคราะห์โพรีลินในพืช.....13
2	เปอร์เซ็นต์การงอกของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ หลังจากเพาะเมล็ดในสารละลาย ไซเตียมคลอไรด์ความเข้มข้น 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 วัน.....30
3	ความยาวต้นของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ หลังจากเพาะเมล็ดในสารละลายไซเตียม คลอไรด์ความเข้มข้น 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 วัน.....31
4	ความยาวรากของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ หลังจากเพาะเมล็ดในสารละลายไซเตียม คลอไรด์ความเข้มข้น 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 วัน.....31
5	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะ เมล็ดและระยะต้นกล้า.....35
6	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะ เมล็ดและระยะต้นกล้า.....35
7	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะ เมล็ดและระยะต้นกล้า.....37
8	น้ำหนักแห้งต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะ เมล็ดและระยะต้นกล้า.....37
9	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะ เมล็ดและระยะต้นกล้า.....41
10	น้ำหนักแห้งรากของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะ เมล็ดและระยะต้นกล้า.....41
11	น้ำหนักแห้งราก ของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะปกติ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน ภายหลังจากได้รับภาวะเค็ม 40 และ 80 มิลลิโมลาร์ ในระยะเพาะ เมล็ดและระยะต้นกล้า.....43









## สารบัญรูปภาพ

ตารางที่	หน้า
42 ปริมาณโพรตีนของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน. ....	91
43 ปริมาณโพรตีนของถั่วเหลืองพันธุ์ สท.2 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน.....	93
44 ปริมาณโพรตีนของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เมื่อได้รับภาวะเค็มระดับ 80 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 0 4 8 และ 12 วัน และหลังจากสิ้นสุดภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน. ....	93
45 Southern blot hybridization (non radioactive system) แสดงยีน <i>P5CS</i> ใน genomic DNA ของถั่วเหลือง 4 พันธุ์ ที่ตัดด้วยเอนไซม์ HindIII โดยใช้ <i>P5CS</i> ของ mothbean เป็น probe.....	96
46 Northern blot hybridization แสดง <i>P5CS</i> mRNA ของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 โดยใช้ <i>P5CS</i> cDNA ของ mothbean เป็น probe .....	97