

การเปรียบเทียบการตอบสนองทางสรีรวิทยาบางประการของถั่วเหลือง  
*Glycine max* (L.) Merrill พันธุ์สจ.5 และมข.35 ต่อภาวะเค็ม

นางสาวศิริพรรณ บรรหาร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-725-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARISON OF SOME PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN SOYBEAN  
*Glycine max* (L.) Merrill CV. SJ.5 AND K KU.35 TO SALT STRESS

Miss Siripan Banharn

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 2000  
ISBN 974-346-725-4



ศิริพรรณ บรรหาร : การเปรียบเทียบการตอบสนองทางสรีรวิทยาบางประการของถั่วเหลือง *Glycine max* (L.) Merrill พันธุ์สจ.5 และ มข.35 ต่อภาวะเค็ม (COMPARISON OF SOME PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN SOYBEAN *Glycine max* (L.) Merrill CV. SJ.5 AND KKU.35 TO SALT STRESS) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร.ปรีดา บุญ-หลง, อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ. ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ ; 126 หน้า. ISBN 974-346-725-4

งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสองพันธุ์คือ สจ.5 และ มข.35 ในระยะต้นกล้าซึ่งปลูกอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช เมื่อถั่วเหลืองได้รับเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกันคือ 0 40 80 และ 120 mM NaCl และตรวจสอบการตอบสนองต่อภาวะเค็ม โดยวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ตรวจหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี ในใบที่ 3 และใบที่ 5 จากยอด ปริมาณไอออนของโซเดียม คลอไรด์ และโปแตสเซียมในส่วนต่างๆของต้นถั่วเหลือง ได้แก่ ราก ลำต้นและใบ รวมทั้งอัตราการเจริญเติบโต ได้แก่ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของต้นและราก อัตราส่วนของรากต่อต้น (R/S) อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) และน้ำหนักจำเพาะของใบ (SLW) พบว่าในวันที่ 0 4 8 12 16 และ 20 หลังจากเริ่มให้เกลือ ถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อภาวะเค็ม โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และอัตราการเจริญเติบโตในส่วนของพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต้นและรากและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อได้รับเกลือในระยะเวลา 16 และ 20 วัน โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนมีการสะสมในส่วนของต้นและใบรวมในขณะที่โปแตสเซียมไอออนในลำต้นและรากลดลง ที่ระดับเกลือ 120 mM จะพบการสะสมโซเดียมไอออนในใบสูงขึ้นในวันที่ 12 ภายหลังจากได้รับเกลือในพันธุ์สจ.5 ในขณะที่พันธุ์มข.35 การสะสมโซเดียมไอออนจะพบตั้งแต่วันที่ 4 ภายหลังจากได้รับเกลือ การที่โซเดียมไอออนเคลื่อนที่เข้าสู่ใบได้ช้ากว่าในพันธุ์สจ.5 นี้สนับสนุนการที่พันธุ์สจ.5 มีความสามารถในการทนเค็มได้ดีกว่าพันธุ์มข.35 ส่วนการสะสมโปแตสเซียมไอออนในใบของสจ.5 และ มข.35 เมื่อได้รับภาวะเค็มนั้นแสดงถึงบทบาทของโปแตสเซียมไอออนในการปรับค่าออสโมติกและการลดพิษของโซเดียมไอออนในภาวะดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนของรากต่อต้นและน้ำหนักจำเพาะของใบเพิ่มขึ้นด้วย ที่ระดับเกลือ 120 mM ต้นถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 แสดงอาการเหี่ยวและตายเมื่อสิ้นสุดการทดลองในขณะที่พันธุ์สจ.5 ยังคงอยู่รอดได้ การศึกษาครั้งนี้เสนอว่า สามารถใช้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ปริมาณไอออนของเกลือในส่วนต่างๆของต้น และการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต ในการคัดเลือกหาพันธุ์ที่มีคุณสมบัติทนเค็มได้ จากถั่วเหลืองสองพันธุ์ที่ทำการศึกษา พันธุ์สจ.5 น่าจะเป็นพันธุ์ที่ทนเค็มได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์มข.35

ภาควิชา พฤษศาสตร์ .....ลายมือชื่อนิสิต.....  
สาขาวิชา พฤษศาสตร์ .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา 2543 .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # 4072395923 : MAJOR BOTANY

KEY WORD: SOYBEAN / SALINITY / PHYSIOLOGICAL RESPONSES

SIRIPAN BANHARN : COMPARISON OF SOME PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN  
SOYBEAN *Glycine max* (L.) Merrill CV. SJ.5 AND K KU.35 TO SALT STRESS. THESIS  
ADVISOR : ASSO.PROF.PREEDA BOON-LONG, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR :  
SUPACHITRA CHADCHAWAN, Ph.D. 126 pp.ISBN 974-346-725-4

The comparative study of the physiological responses of two soybean cultivars, i.e., SJ.5 and K KU.35 at seedling stage grown in nutrient solution at the salinity level of 0, 40, 80 and 120 mM NaCl was conducted. The responses were monitored by measuring photosynthetic rate, water use efficiency, chlorophyll *a* and *b* content in the 3<sup>rd</sup> and the 5<sup>th</sup> leaves from the top, sodium, chloride and potassium ion content in roots, stems and leaves, and growth parameter, i.e., leaf area, stem and root dry weight, root/shoot ratio (R/S), relative growth rate (RGR) and specific leaf weight (SLW) at 0, 4, 8, 12, 16 and 20 days after salt treatments. It was found that both soybean cultivars responded to salinity. Photosynthetic rate, water use efficiency, leaf chlorophyll contents, and growth parameter, i.e., leaf area, stem and root dry weight, relative growth rate significantly decreased after 16 and 20 days of salt treatment. Sodium and chloride content significantly increased in stems and leaves, while potassium ion content in stems and roots decreased. At 120 mM NaCl treatment, the sodium ion accumulation in SJ.5's leaves was found on day 12 of salt treatment, while the sodium ion accumulation was detected on day 4 in K KU.35's leaves. The slower movement of sodium ion into leaf tissues in SJ.5 supported the better salt tolerant characters of SJ.5 when compared to K KU.35. The potassium ion accumulation in both SJ.5 and K KU.35 leaves suggested the K<sup>+</sup> role in osmotic adjustment and Na<sup>+</sup> detoxicity during salt stress in soybean. In addition, it was found that root/shoot ratio and specific leaf weight significantly increased for 16 and 20 days after salt treatments. At 120 mM NaCl treatment, K KU.35 plants wilted and died at the end of the experiment while SJ.5 plants still survived. This study suggests that it is possible to use photosynthetic rate, water use efficiency, leaf chlorophyll contents, ion contents in plant tissue and growth analysis as parameters for salt resistant line selection. From the two soybean cultivars studied, SJ.5 should be more salt-resistant when compared to K KU.35.

Department Botany..... Student's signature *Siripan Banharn*  
Field of study Botany..... Advisor's signature *Preeda Boonlong*  
Academic year 2000..... Co-advisor's signature *Supachitra Chadchawan*



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอแสดงความขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา บุญ-หลง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา แนวความคิด ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่างๆ ของงานวิจัยนี้ ด้วยความห่วงใยเสมอมา อีกทั้งสนับสนุนเงินทุนวิจัยบางส่วนและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อาจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนวความคิดในการวิจัยครั้งนี้ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จด้วยดี

รองศาสตราจารย์นันทนา อังกินันท์ กรรมการสอบ ที่ได้ช่วยแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

รองศาสตราจารย์สุมิตรา คงชื่นสิน ประธานกรรมการสอบ ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พิพัฒน์ผลไพบูรณ์ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์รวมทั้งช่วยประสานงานในการทำวิจัยที่สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ อาจารย์วรลักษณ์ ดันติบริบทกุล ที่ได้ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ รองศาสตราจารย์ ดร.สนิท ลวดทอง ที่ได้อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมข.35 จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น อาจารย์ ดร.สุวัฒน์ และคุณกัลยา ธีระพงษ์ธนากร ที่คอยช่วยเหลือดูแลในการทำวิจัยที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ขอขอบคุณ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่สนับสนุนด้านเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสจ.5 ในการทำวิจัย เจ้าหน้าที่ภาควิชาพฤกษศาสตร์และเพื่อนๆทุกท่าน ที่ได้ช่วยให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คุณปรเมศร์ ทาพิลา ที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนเงินทุนในการศึกษาและค่าใช้จ่ายมาโดยตลอด และคุณทศพล คำบุญมา ที่คอยให้กำลังใจและอยู่ในดวงใจของผู้เขียนตลอดเวลา

ขอขอบคุณ โครงการการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) ที่ได้กรุณาให้ทุนการศึกษาเป็นระยะเวลา 3 ปี และทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณกำลังใจจากคุณพ่อ และคุณแม่ ที่มีให้เสมอมา

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ณ
สารบัญภาพ .....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	3
แผนดำเนินการวิจัย .....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
2 การตรวจเอกสาร .....	4
ผลของเกลือที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช .....	5
ผลของเกลือที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช .....	7
ผลของเกลือที่มีต่อพืช .....	9
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อศักยภาพของน้ำในพืช .....	9
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ในลักษณะที่เป็นพิษต่อพืช .....	11
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการดูดซึ่มธาตุอาหารพืช .....	13
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง .....	16
อุปกรณ์การศึกษา .....	16
วิธีดำเนินการทดลอง .....	18
4 ผลการศึกษา .....	22
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง .....	22
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบ .....	29
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่ออัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) .....	29
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักจำเพาะของใบ (SLW) .....	34
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง .....	34

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ของถั่วเหลือง.....	37
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (chl) ในใบถั่วเหลือง.....	46
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการสะสมโซเดียมในเนื้อเยื่อพืช .....	62
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการสะสมคลอไรด์ในเนื้อเยื่อพืช .....	69
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการสะสมโปแตสเซียมในเนื้อเยื่อพืช .....	74
5.อภิปรายผลการศึกษา .....	82
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง.....	82
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบ.....	84
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่ออัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) และน้ำ หนักจำเพาะของใบ (SLW) .....	85
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและประสิทธิภาพ การใช้น้ำ (WUE) .....	86
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์(chl) ในใบ .....	89
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการสะสมโซเดียมและคลอไรด์ในเนื้อเยื่อพืช.....	90
ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการสะสมโปแตสเซียมในเนื้อเยื่อพืช .....	92
6.สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	95
สรุปผลการศึกษา .....	95
ข้อเสนอแนะ .....	96
รายการอ้างอิง .....	98
ภาคผนวก .....	104
ประวัติผู้วิจัย .....	126



## สารบัญตาราง

		หน้า
1	น้ำหนักแห้งต้น (Shoot dry weight, grams) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	24
2	น้ำหนักแห้งราก (Root dry weight, grams) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	24
3	น้ำหนักแห้งต้น (Shoot dry weight, grams) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	26
4	น้ำหนักแห้งราก (Root dry weight, grams) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	26
5	อัตราส่วนรากต่อต้น (Root/Shoot ratio) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	28
6	อัตราส่วนรากต่อต้น (Root/Shoot ratio) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	28
7	พื้นที่ใบต่อต้น (Leaf area, cm <sup>2</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	31
8	พื้นที่ใบต่อต้น (Leaf area, cm <sup>2</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	31
9	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate, g g <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ภายหลังจากที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	33
10	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate, g g <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ภายหลังจากที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	33
11	อัตราส่วนระหว่งน้ำหนักแห้งใบและพื้นที่ใบ (Specific Leaf Weight, mg DW cm <sup>-2</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	36
12	อัตราส่วนระหว่งน้ำหนักแห้งใบและพื้นที่ใบ (Specific Leaf Weight, mg DW cm <sup>-2</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	36
13	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (A, μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) ที่ตำแหน่งใบบน (ใบที่ 3 จากยอด) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	39
14	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (A, μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) ที่ตำแหน่งใบล่าง (ใบที่ 5 จากยอด) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ( $A, \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ที่ตำแหน่งใบบน (ใบที่ 3 จากยอด) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	41
16	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ( $A, \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ที่ตำแหน่งใบล่าง (ใบที่ 5 จากยอด) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	41
17	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE, $\mu\text{mol C/mol H}_2\text{O}$ ) ที่ตำแหน่งใบบน (ใบที่ 3 จากยอด) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	43
18	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE, $\mu\text{mol C/mol H}_2\text{O}$ ) ที่ตำแหน่งใบล่าง (ใบที่ 5 จากยอด) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	43
19	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE, $\mu\text{mol C/mol H}_2\text{O}$ ) ที่ตำแหน่งใบบน (ใบที่ 3 จากยอด) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	45
20	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE, $\mu\text{mol C/mol H}_2\text{O}$ ) ที่ตำแหน่งใบล่าง (ใบที่ 5 จากยอด) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	45
21	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	51
22	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	51
23	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	53
24	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	53
25	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (chlorophyll b content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	55
26	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (chlorophyll b content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	55
27	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (chlorophyll b content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	57
28	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (chlorophyll b content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	57

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
29	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ+บี (chlorophyll <i>a+b</i> content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	59
30	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ +บี (chlorophyll <i>a+b</i> content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	59
31	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ +บี (chlorophyll <i>a+b</i> content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	61
32	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ +บี (chlorophyll <i>a+b</i> content, mg/g FW) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	61
33	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	64
34	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	66
35	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในรากของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	66
36	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	68
37	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	68
38	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในรากของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	66
39	เปอร์เซ็นต์คลอไรด์ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	71
40	เปอร์เซ็นต์คลอไรด์ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	71
41	เปอร์เซ็นต์คลอไรด์ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	73
42	เปอร์เซ็นต์คลอไรด์ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	73

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
43	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	77
44	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	77
45	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในรากของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	79
46	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	79
47	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	81
48	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในรากของถั่วเหลือง พันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	81

## สารบัญรูปร่างภาพ

รูปที่		หน้า
1	น้ำหนักแห้งต้น (Shoot dry weight, grams) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน.....	23
2	น้ำหนักแห้งราก (Root dry weight, grams) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน.....	23
3	น้ำหนักแห้งต้น (Shoot dry weight, grams) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	25
4	น้ำหนักแห้งราก (Root dry weight, grams) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	25
5	อัตราส่วนรากต่อต้น (Root : Shoot dry weight) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	27
6	อัตราส่วนรากต่อต้น (Root : Shoot dry weight) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	27
7	พื้นที่ใบต่อต้น (Leaf area, cm <sup>2</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	30
8	พื้นที่ใบต่อต้น (Leaf area, cm <sup>2</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	30
9	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate, g g <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ภายหลังจากได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	32
10	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate, g g <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ภายหลังจากได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน....	32
11	อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งใบและพื้นที่ใบ (Specific Leaf Weight, mg DW cm <sup>2</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	35
12	อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งใบและพื้นที่ใบ (Specific Leaf Weight, mg DW cm <sup>2</sup> ) ของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	35
13	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (A, μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน.....	38

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
14	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ( $A$ , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	38
15	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ( $A$ , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน.....	40
16	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ( $A$ , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	40
17	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency, WUE) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	42
18	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency, WUE) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	42
19	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency, WUE) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	44
20	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency, WUE) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	44
21	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chl <i>a</i> content) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	50
22	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chl <i>a</i> content) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน.....	50
23	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chl <i>a</i> content) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	52
24	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chl <i>a</i> content) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	52
25	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (chl <i>b</i> content) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	54
26	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (chl <i>b</i> content) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	54
27	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (chl <i>b</i> content) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	56

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
28	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (chl <i>b</i> content) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	56
29	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ+บี (chl <i>a+b</i> content) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	58
30	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ+บี (chl <i>a+b</i> content) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	58
31	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ +บี (chl <i>a+b</i> content) ที่ตำแหน่งใบบนของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	60
32	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ +บี (chl <i>a+b</i> content) ที่ตำแหน่งใบล่างของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	60
33	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	63
34	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	63
35	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในรากของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	65
36	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	65
37	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	67
38	เปอร์เซ็นต์โซเดียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในรากของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	67
39	เปอร์เซ็นต์คลอไรด์ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	70
40	เปอร์เซ็นต์คลอไรด์ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	70
41	เปอร์เซ็นต์คลอไรด์ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลืองพันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	72

## สารบัญรูปรภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
42	เปอร์เซ็นต์คลอไรด์ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลืองพันธุ์ มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน.....	72
43	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลือง พันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	76
44	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลือง พันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	76
45	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในรากของถั่วเหลือง พันธุ์สจ.5 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	78
46	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในใบของถั่วเหลือง พันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	78
47	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในต้นของถั่วเหลือง พันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	80
48	เปอร์เซ็นต์โปแตสเซียม (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ในรากของถั่วเหลือง พันธุ์มข.35 ที่ได้รับภาวะเค็มเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน .....	80