



# วิทยานิพนธ์

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะทนเค็มในฝรั่ง

AN INHERITANCE OF SALT TOLERANT TRAIT IN GUAVA

(*Psidium guajava* L.)

นางสาวจิรภัทร์ อัฐฐิติลปี่เวท

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะทนเค็มในฝรั่ง

An Inheritance of Salt Tolerant Trait in Guava (*Psidium guajava* L.)

โดย

นางสาวจิรภัทร์ อัฐิศิลป์เวท

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อขอความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2550

จิรภัทร์ อัฐสิริศิลป์ เวท 2550: การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะทนเค็มในฝรั่ง  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน  
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์อุณา รุจ บุญประกอบ, Ph.D. 69 หน้า

ฝรั่งเป็นไม้ผลยืนต้นที่ถูกจัดว่าทนทานต่อดินเค็มได้ดี การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ  
ทราบบทบาทการทำงานของยีนและความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะการ  
ทนดินเค็ม นำฝรั่งจำนวน 13 พันธุ์ ประกอบด้วย กลุ่มพันธุ์ทนทานเกลือ 6 พันธุ์ คือ ‘อินเดีย’  
‘Xa’Li’ ‘ฝรั่งไทย’ ‘Beaumont’ ‘Okinawa’ และ ‘Alla Habad Safeda’ และกลุ่มพันธุ์ไม่ทนทานเกลือ  
7 พันธุ์ คือ ‘จันทน์แดง’ ‘Kona 1’ ‘กลมสาเล่’ ‘ไต้หวัน’ ‘แดงสยาม’ ‘พจ.12-102’ และ ‘Pink Acid’  
มาผสมพันธุ์แบบพหุคูณ (diallel crossing) ได้ลูกผสมทั้งหมด 169 คู่ผสม จากนั้นเมื่อต้นกล้า  
มีอายุ 7 เดือน จึงนำมาทดสอบความสามารถในการทนดินเค็ม โดยให้สารละลายธาตุอาหาร  
ประยุกต์สูตรของ Hoagland (1950) ร่วมกับเกลือ โซเดียมคลอไรด์ที่มีค่าการนำไฟฟ้า  $16 \text{ dS.m}^{-1}$   
ปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว และใช้ทรายที่ผ่านการล้างจนสะอาดแล้วเป็นวัสดุปลูก  
ทำการทดลองในโรงเรือนกระจก เป็นเวลา 60 วัน วางแผนการทดลองแบบ CRD บันทึกความ  
ทนทานจากปริมาณของใบไหม้ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและผลทาง  
พันธุกรรม จากผลการทดลอง พบว่า ลักษณะการทนดินเค็มของฝรั่งที่นำมาศึกษานี้มีความ  
แปรปรวนแบบต่อเนื่อง แสดงว่า ลักษณะนี้เป็นลักษณะพันธุกรรมทางปริมาณ จากการวิเคราะห์  
ความสามารถในการรวมตัวพบปฏิริยาการทำงานของยีนแบบเป็นบวกสะสม (GCA) แบบไม่เป็น  
บวกสะสม (SCA) และอิทธิพลเนื่องจากการผสมสลับ (REC) มีบทบาทต่อการแสดงออกของ  
ลักษณะการทนดินเค็ม โดยอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมมีความสำคัญมากกว่า เนื่องจากอัตราส่วน  
ระหว่าง GCA: SCA: REC มีค่าเท่ากับ 8: 1: 1.4 และจากการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ  
พบว่า ลักษณะทนดินเค็มมีค่าอัตราพันธุกรรมปานกลาง ( $h^2 = 0.56$ ) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า  
พันธุ์ที่ควรนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อสร้างพันธุ์ใหม่ที่ทนดินเค็ม คือ ‘Beaumont’ ‘อินเดีย’  
‘พจ.12-102’ ‘Okinawa’ ‘ไต้หวัน’ และ ‘ฝรั่งไทย’ เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยการทนทานดินเค็มที่สูง และ  
ให้ค่า GCA ของลักษณะทนดินเค็มดีที่สุด

Jeeraputr Attisitwet 2007: An Inheritance of Salt Tolerant Trait in Guava (*Psidium guajava* L.). Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Associate Professor Unaroj Boonprakob, Ph.D. 69 pages.

Guava is a fruit tree classified as a salt tolerance. The objectives were to evaluate the mode of gene action and inheritance of salt tolerant trait in guava. Thirteen varieties of guava consisting of 6 salt tolerant varieties: 'India', 'Xa'Li', 'Thai Guava', 'Beaumont', 'Okinawa' and 'Alla Habad Safeda' and 7 susceptible varieties: 'Keynok Daeng', 'Kona 1', 'Klom Salee', 'Taiwan', 'Daeng Siam', 'PC.12-102' and 'Pink Acid' were crossed in a diallel plan resulting in 169 crosses. Progeny were planted in 8-inch size of plastic pot containing cleanly washed sands. They were tested for salt tolerance using sodium chloride solution with Hogland's (1950) formula ( $EC\ 16\ dS.m^{-1}$ ) when seedlings were seven months old in green house for 60 days. The experimental design was completely randomized design (CRD). Salt tolerant trait was recorded as an amount of leaf burn. Analysis of variance (ANOVA), genetic effect in combining ability was analyzed by using Method I model I, Griffing (1956) and the heritability estimate in narrow sense ( $h^2$ ) by using mid-parent offspring regression. The results showed that the inheritance of salt tolerance in guava expressed as quantitative trait and had additive gene action (GCA), non-additive gene action (SCA) and reciprocal effect (REC). The additive gene action had the main role in controlling this trait because the ratio of GCA: SCA: REC was 8: 1: 1.4. The estimated narrow sense heritability was moderate (0.56). Based on the study, 'Beaumont', 'India', 'PC.12-102', 'Okinawa', 'Taiwan' and 'Thai Guava' had the highest salt tolerance and good general combining ability. They will be useful as parents in breeding guavas for salt tolerance.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. อุณารุจ บุญประกอบ ประธานกรรมการที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. ลพ ภาณุตานนท์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก และ รศ. ดร. ยงยุทธ โอสดสภา  
กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไข  
วิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ กราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. ชูศักดิ์ จอมพุก ที่ให้ความช่วยเหลือ  
ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Diallel Cross โดยวิธีของ Griffing (1956) และกราบขอบพระคุณ อ. ดร.  
วิศิษฐ์ ใจอารีย์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ภายใต้งานโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว.  
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ อ. เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ และ คุณสุทิน พรหมโชติ ที่ให้คำปรึกษา และช่วยเหลือ  
ในการจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคน อาทิ พี่ไฝ พี่นัด น้องจ้อย  
น้องโบว์ น้องเมย์ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ คุณอำมรินทร์ กราบทอง  
พนักงานที่แปลง และน้อง ๆ ทุกคน อาทิ น้องแบงค์ น้องเอ็ม น้องอ้อย ที่ช่วยดูแลต้นฝรั่งในแปลง  
และให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ เต๋ทวนทอง อัจฉริศิลป์เวท ที่เป็นกำลังใจสำคัญตลอดมา และคุณแม่  
ศรีนวล จิตบรรจงจักร ที่เป็นกำลังใจ และคอยให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ขอขอบคุณ ร.ท. สิทธิชัย  
อัจฉริศิลป์เวท พี่ชายที่ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการเรียนมาโดยตลอด ขอขอบคุณ  
คุณสุณัฐฐา และ ร.ต. ศิริวัฒน์ อัจฉริศิลป์เวท น้องสาวและน้องชาย และญาติทุกคนที่เป็นกำลังใจให้  
ตลอดมา และขอขอบคุณ คุณธนภัทร์ พุ่มพวง ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ เต๋ คุณแม่ กิ่ง คุณย่า  
คุณยาย และครูอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

จิรภัทร์ อัจฉริศิลป์เวท

เมษายน 2550

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	27
ผล	27
วิจารณ์	46
สรุปและข้อเสนอแนะ	56
สรุป	56
ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ภาคผนวก	66
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	69

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จากแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD)	20
2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัว โดยวิธีของ Griffing (1956) method I model I	22
3 แสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือของฝรั่ง 13 พันธุ์ โดยทำการผสมแบบพบกันหมด ประกอบด้วย ลูกผสมตัวเอง (ขีดเส้นใต้) ลูกผสมชั่วที่ 1 และ ลูกผสมสลับ (ภายในวงเล็บ) จำนวน 169 คู่ผสม	29
4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวของลักษณะทนดินเค็มในฝรั่งลูกผสม	31
5 แสดงค่าเฉลี่ยโดยทั่ว ๆ ไปของเปอร์เซ็นต์ใบไหม้ เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ (General Mean) และค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability; GCA)	32
6 ค่าอิทธิพลของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และอิทธิพลเนื่องจากการผสมสลับ (REC) (ภายในวงเล็บ) ของลักษณะการทนดินเค็มในฝรั่ง	33
7 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือในลักษณะทนดินเค็มของลูกผสม และพ่อแม่พันธุ์ระหว่างคู่ผสมต่าง ๆ 169 คู่ผสม	37
<b>ตารางผนวกที่</b>	
1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทนดินเค็มของฝรั่งลูกผสม 13 พันธุ์ ประกอบด้วย ลูกผสมตัวเอง ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมสลับ	67

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลูกผสมกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ (mid-parent and offspring regression) จากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือ โดยสมการเส้นตรงรีเกรชัน คือ $y = 0.56x + 7.31$ , $x =$ ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์, $y =$ ค่าของลูกผสม	45
<b>ภาพผนวกที่</b>	
1 ลักษณะของต้นฝรั่งก่อนได้รับเกลือ NaCl	67
2 ลักษณะอาการใบไหม้ของต้นฝรั่งหลังจากได้รับเกลือ NaCl ที่มีค่าการนำไฟฟ้า $16 \text{ dS.m}^{-1}$ เป็นเวลา 2 เดือน (ก ข ค และ ง)	69

## การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะทนเค็มในฝรั่ง

### An Inheritance of Salt Tolerant Trait in Guava (*Psidium guajava* L.)

#### คำนำ

ดินเค็มเป็นปัญหาที่สำคัญในการผลิตพืช (เกลียว, 2534) จากการสำรวจพบว่า ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นปัญหาส่วนใหญ่ของดินเค็มในประเทศไทย (สรสิทธิ์, 2535) โดยมีพื้นที่ดินเค็ม 17.8 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ดินเค็มจัด 1.5 ล้านไร่ ดินเค็มปานกลาง 3.7 ล้านไร่ ดินเค็มน้อย 12.6 ล้านไร่ และมีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายดินเค็มประมาณ 19.4 ล้านไร่ (สมศรี, 2534) ดินเค็มที่เกิดขึ้นร้อยละ 90 เป็นผลมาจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (สรสิทธิ์, 2535) ลักษณะของดินเค็มโดยทั่วไปมักจะพบคราบเกลือบริเวณผิวหน้าดิน (สมศรี, 2539) วิโรจ (2531) กล่าวว่า ความเค็มของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ในถั่วเหลืองทำให้ลำต้นแคระแกร็น พื้นที่ใบเล็กลง และมีผลกระทบต่อ การสร้างปมที่รากเพื่อตรึงไนโตรเจน (อรุณศิริ, 2525) อิทธิพลของความเค็มทำให้ใบพืชมีขนาดเล็ก สีเขียวเข้มกว่าปกติ ใบหนา มีอาการอวบน้ำ พืชมีการเจริญเติบโตลดลง ใบไหม้จากปลายใบมาโคนใบ และใบแห้งกรอบ (สมศรี, 2534) นอกจากนี้ยังพบว่า การตอบสนองของพืชต่อความเค็มเป็นสิ่งที่ซับซ้อน ความแตกต่างขึ้นอยู่กับพันธุ์พืชแต่ละชนิด ความเข้มข้นของเกลือ ชนิดของไอออน ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่น ๆ และระยะเวลาการเจริญเติบโต (Iyengar and Reddy, 1995)

การปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อให้มีลักษณะทนทานต่อสภาพดินเค็มนั้นเป็นวิธีการที่ค่อนข้างหนึ่ง เพราะนอกจากจะสามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินเค็มได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังเป็นการช่วยแก้ปัญหาดินเค็มได้ในระดับหนึ่ง ในขณะที่ถ้าหากใช้วิธีการปรับปรุงสภาพดินเค็มให้ดีขึ้นเพียงด้านเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีความเค็มในระดับเค็มจัดนั้น จะต้องมีการลงทุนเพื่อดำเนินการสูงมาก ใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานนาน และกระทำได้ในพื้นที่จำกัด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549)

ฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) เป็นไม้ผลยืนต้นชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี 2549 มีผลผลิตรวมประมาณ 95,400 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) เป็นพืชที่มีศักยภาพและมีความโดดเด่นในตัวเองหลายประการ เช่น ปลูกและดูแลรักษาง่าย เจริญเติบโต

และให้ผลผลิตเร็ว ออกดอกติดผลตลอดทั้งปี มีรสชาติดี มีคุณค่าทางอาหารสูง และสามารถเจริญเติบโตได้ทุกภาคของประเทศไทย (ไพโรจน์, 2540) นอกจากนี้ยังพบว่าฝรั่งเป็นไม้ผลที่ค่อนข้างมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เมื่อเทียบกับไม้ผลชนิดอื่น ๆ ฝรั่งจึงเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสนใจเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ และสามารถปลูกได้ทั้งในสภาพดินทราย ดินร่วน ดินเหนียวในที่ลุ่ม ดินลูกรัง ในสภาพดินที่มีความเป็นกรดค่อนข้างสูง หรือมีความเป็นด่างอ่อน ๆ เช่น ดินชุดลพบุรี ตากลิ หรือแม้กระทั่งดินเค็มก็พบว่า ต้นฝรั่งสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้เช่นกัน (อภิชาติ, 2543)

การปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อให้ทนทานดินเค็มได้ในระดับหนึ่งนั้น จากการศึกษาพบว่า ฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ สามารถทนต่อสภาพดินเค็มที่ค่าการนำไฟฟ้า  $16 \text{ dS.m}^{-1}$  ได้แตกต่างกัน (อัญมณี และ อุณารุจ, 2547) ซึ่งในการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งในสภาพดินเค็มนั้น ควรจะได้ศึกษาถึงการควบคุมทางพันธุกรรมของฝรั่ง เพื่อให้เข้าใจถึงความแตกต่างระหว่างพันธุ์และพฤติกรรมการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะทนเค็มซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ให้ประสบความสำเร็จต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ทราบบทบาทการทำงานของยีน (gene action) ในพฤติกรรมการถ่ายทอดลักษณะการทนดินเค็มของต้นฝรั่ง
2. เพื่อให้ทราบความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะการทนดินเค็มของต้นฝรั่ง

## การตรวจเอกสาร

### ดินเค็ม

ดินเค็ม (saline soil) เป็นดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ง่ายอยู่มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช (มุกดา, 2544) โดยทั่วไปนิยมใช้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเป็นดัชนี (สมศรี, 2535) ดินจัดว่าเป็นดินเค็มเมื่อการนำไฟฟ้าของสารละลายดินซึ่งสกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (soil saturation extract) มีค่าตั้งแต่ 4 เดซิซีเมนต่อเมตร ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) ขึ้นไป (ยงยุทธ และคณะ, 2541) ที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่า pH น้อยกว่า 8.5 และมีค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium percentage, ESP) ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ (สมศรี, 2535)

การวัดปริมาณเกลือในดินหรือน้ำจะใช้วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหรือสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (soil saturation extract) ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้ เรียกว่า Electrical conductivity (EC) มีหน่วยเป็น เดซิซีเมนต่อเมตร ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) หรือ มิลลิโอมล์ต่อเซนติเมตร ( $\text{mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) (Kotuby-Amacher *et al.*, 1997) คุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของไอออนที่มีอยู่ในสารละลายที่แตกตัวให้อนุผลที่นำไฟฟ้าได้ เช่น กรดอนินทรีย์ เกลือซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี ถ้ามีเกลือปริมาณมากอยู่ในสารละลายส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงตาม แต่ถ้าในสารละลายมีเกลืออยู่น้อยค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าต่ำ (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954)

สาเหตุการแพร่กระจายดินเค็มนั้น อรุณี (2534) สรุปไว้ 2 ประการ คือ

1. สาเหตุจากธรรมชาติ ได้แก่ หินหรือแร่สลายตัวผุพังทำให้เกิดเกลือขึ้นมา โดยหินที่มีเกลือซึ่งละลายง่ายเป็นองค์ประกอบ คือ หินเกลือ (rock salt) ซึ่งมี NaCl เป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังมีหินชนิดอื่นซึ่งมีเกลือที่ละลายง่ายแทรกอยู่ระหว่างผลึก เมื่อวัตถุต้นกำเนิดดินซึ่งมีหินและแร่ประเภทนี้สลายตัวจะปลดปล่อยเกลือออกมาสะสมในดิน (ยงยุทธ และคณะ, 2541) การมีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ในระดับตื้น และเป็นที่ต่ำก่อให้เกิดการสะสมเกลือ

2. สาเหตุจากมนุษย์ ได้แก่ การทำนาเกลือ การสร้างอ่างเก็บน้ำบนพื้นที่ดินเค็ม การปล่อยให้พื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายดินเค็มว่างเปล่า และการใช้น้ำชลประทานเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดการสะสมเกลือซึ่งน้ำชลประทานจะมีเกลืออยู่มากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำที่

นำมาใช้ กิจกรรมบางอย่าง เช่น การระบายน้ำเสียจากชุมชน การปล่อยน้ำเสียจากโรงงาน อุตสาหกรรมมีส่วนเพิ่มเกลือลงไปในแม่น้ำ (ยงยุทธ และคณะ, 2541) นอกจากนี้ดินเค็มยังเกิดจากการใส่ปุ๋ยเคมีมากเกินไปทำให้เกิดดินเค็มเป็นหย่อม ๆ ในระยะเวลาสั้น

### ความสามารถในการทนเค็มของพืช

พืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการทนเค็ม (salt tolerance) ได้แตกต่างกัน หรือแม้แต่พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันก็มีความทนต่อความเค็มไม่เท่ากัน พืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ดินเค็ม เรียกว่า พืชทนเค็ม ส่วนพืชที่ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพนี้ จัดเป็นพืชที่ไม่ทนเค็ม โดยพืชไม่ทนเค็มจะเริ่มแสดงอาการผิดปกติ เช่น การเจริญเติบโตลดลง ใบสีเข้มขึ้น ใบหนาขึ้น ปลายใบไหม้ ปลายใบม้วนงอ ตั้งแต่ที่ระดับความเค็ม  $2-4 \text{ dS.m}^{-1}$  ส่วนพืชทนเค็มยังสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ ซึ่งพืชทนเค็มแต่ละชนิดจะสามารถทนต่อความเค็มได้ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ กัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549)

ฝรั่งจัดเป็นพืชที่มีความสามารถในการทนทานดินเค็มได้ดี สามารถเจริญเติบโตได้ในวัสดุปลูกที่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง  $8-12 \text{ dS.m}^{-1}$  (สมศรี, 2539)

Hayward and Wedleigh (1949) กล่าวว่า ความทนเค็มของพืชสามารถประเมินได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ความทนเค็มของพืช อาจพิจารณาจากความสามารถในการดำรงชีพอยู่ได้แม้ระดับเกลือในดินจะสูง ทั้งนี้พืชดังกล่าวอาจไม่มีการเจริญเติบโตเลยหรือเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อย
2. ความทนเค็มของพืช อาจพิจารณาจากความสามารถในการให้ผลผลิตของพืชแต่ละชนิดเมื่ออยู่ในดินที่มีความเค็มระดับเดียวกัน
3. ความทนเค็มของพืช อาจพิจารณาโดยเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชที่ระดับความเค็มต่างกัน

### ผลของความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

พืชที่ปลูกในดินหรือสารละลายที่มีเกลือมากกว่าปกติจะมีการเจริญเติบโตที่ลดลง การตอบสนองของพืชต่อความเค็มเป็นสิ่งที่ซับซ้อน พืชแต่ละชนิดหรือแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อความเค็มได้แตกต่างกันขึ้นกับความสามารถในการทนเค็ม ความเข้มข้นของเกลือ ชนิดของไอออน ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่น ๆ และระยะการเจริญเติบโต (Iyengar and Reddy, 1995)

อิทธิพลของความเค็มก่อให้เกิดความเสียหายกับพืช 3 ประการ คือ

1. ความเสียหายเนื่องจากการขาดน้ำ ซึ่ง O'Leary (1995) อธิบายว่า เกิดจากการที่รากพืชสัมผัสกับสารละลายที่มีเกลือในความเข้มข้นสูง ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างแรงดันออสโมติกของสารละลายในดินกับสารละลายในเซลล์พืชโดยสารละลายในเซลล์พืชมีค่าน้อยลงทำให้อัตราการดูดน้ำน้อยกว่าอัตราการคายน้ำจึงทำให้พืชได้รับน้ำไม่เพียงพอจนเกิดอาการขาดน้ำ

2. ความเสียหายเนื่องจากการสะสมไอออนที่เป็นพิษ Jacoby (1994) ได้กล่าวว่า โซเดียมคลอไรด์เป็นส่วนประกอบสำคัญของดินเค็ม การที่พืชสะสมโซเดียมคลอไรด์หรือคูดโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) และ คลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) ที่มากเกินไปไว้ในเซลล์จะทำให้เกิดความเป็นพิษ Poljakoff-Mayber (1975) อธิบายว่า เมื่อสารละลายดินมีความเข้มข้นของไอออนสูง พืชจะดูดและสะสมไอออนเหล่านั้นไว้ในส่วนของราก ลำต้น หรือเก็บสะสมไว้ที่ใบจนถึงระดับที่เป็นพิษ และ Evangelou (1995) กล่าวว่า โซเดียมไอออนที่มากเกินไปในสารละลายดินจะไปยับยั้งกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช เช่น ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงลดลง (ลิลลี่ และคณะ, 2549)

3. ความเสียหายเนื่องจากความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ทำให้พืชขาดธาตุอาหารบางธาตุเป็นผลจากการมีไอออนในสารละลายดินมากเกินไป (Albescu *et al.*, 1974)

ดินเค็มมีผลกระทบต่อพืช โดยทำให้พืชมีการเจริญเติบโตช้าลง ใบมีสีเขียวเข้มขึ้น ใบหนาและอาจมีอาการอวบน้ำมากกว่าปกติ ซึ่งในพืชยืนต้น พบว่า ดินที่มีความเค็มสูงทำให้พืชเกิดอาการใบไหม้และใบร่วง (Kotuby-Amacher *et al.*, 1997) โดยบริเวณปลายใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ใบไหม้จากปลายใบมายังโคนใบ ใบแห้งกรอบ (สมศรี, 2534) เกิดจุดปะบนใบ ใบม้วน และใบเหลืองเนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ยังทำให้ลักษณะภายในของพืชเปลี่ยนไป เช่น ผนังเซลล์ในส่วนของท่อลำเลียงอาหารหนาผิดปกติ (อำนาจ, 2525)

## กลไกการทนเค็มของพืช

การที่พืชสามารถมีชีวิตอยู่ในสภาพที่เป็นดินเค็มจนกระทั่งครบวงจรชีวิตได้นั้นเนื่องจากพืชมีกลไกพิเศษในการปรับตัวเพื่อช่วยบรรเทาความเป็นพิษของเกลือ ดังนี้

1. Salt extrusion: glands and bladders พืชปรับตัวโดยการขับเกลือออกจากเนื้อเยื่อ โดยมีการสร้างต่อมเกลือที่เรียกว่า salt glands และ salt bladders เพื่อเก็บสะสมเกลือที่มีอยู่มากเกินไปไว้ (Orcutt and Nilsen, 2000) พืชที่ทนเกลือใช้วิธีรวบรวมในต่อมเกลือแล้วขับออกไป (ยงยุทธ, 2546; Fitzgerald and Allaway, 1991) โดยต่อมเกลือประกอบด้วย เซลล์รวบรวม (collecting cells) ทำหน้าที่รวบรวมไอออนจากเซลล์ที่มีโซไฟลล์มาไว้ก่อนส่งไปขับออกที่เซลล์ขับ (secretory cells) ซึ่งอยู่ใกล้ผิวใบ เนื้อเซลล์นี้มีช่องสำหรับปล่อยสารละลายเกลือออกมา (ยงยุทธ 2546; Fahm, 1988) หรือเคลื่อนย้ายเกลือไปสะสมในแวคิวโอล (Vacuole) (มุกดา, 2544)

2. Salt exclusion: ion homeostasis พืชปรับตัวโดยการรักษาสภาพสมดุลของไอออนในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ไว้ พืชพวก glycophytes รักษาสภาพสมดุลของไอออนนี้โดยการกั้น (exclusion) ไม่ให้ไอออนที่มากเกินไปเข้ามา (Gorham, 1994) ซึ่งเป็นกลไกที่ช่วยลดการเคลื่อนที่ของเกลือจากรากไปที่ใบ โดยไอออนที่เคลื่อนที่มาที่ใบจะเคลื่อนย้ายกลับมารากทางท่อลำเลียงอาหาร (phloem) และการเคลื่อนย้าย  $\text{Na}^+$  กลับไปที่รากนี้จะไม่มีประสิทธิภาพถ้าพืชอยู่ในสภาพที่มีเกลือเป็นเวลานาน เพราะ  $\text{Na}^+$  จะทำให้เกิดความเป็นพิษที่ราก (Orcutt and Nilsen, 2000)

3. Salt reabsorption and retranslocation พืชปรับตัวโดยการปล่อยไอออนบางส่วนออกมาจากไซเลม (xylem) และเคลื่อนย้ายไอออนที่มากเกินไปนี้กลับไปที่รากโดยผ่านทางท่อลำเลียงอาหาร (phloem) การดูดซึมและการเคลื่อนย้าย  $\text{Na}^+$  กลับไปที่รากจะพบในพืชที่ทนต่อความเค็มได้น้อย (Jeschke *et al.*, 1997) พืชที่ไม่ชอบโซเดียม เมื่ออยู่ในสารละลายที่มี  $\text{NaCl}$  มากจะเก็บ  $\text{Na}^+$  ส่วนใหญ่ไว้ในรากและลำต้นส่วนล่าง โดยดึงออกมาสะสมในไซเลมพารังกิมา (xylem parenchyma) (ยงยุทธ, 2546; Jeschke and Pate, 1991)

#### 4. Tissue salt tolerance แบ่งเป็น 3 แบบ คือ

4.1 Compatible solute accumulation พืชปรับตัวโดยการสะสมสารละลายซึ่งเข้ากันได้ (compatible solute) ไว้ในไซโตพลาสซึมโดยสารละลายที่สะสมนี้จะไม่ไปรบกวนปฏิกิริยาชีวเคมีในไซโตพลาสซึม (Bohnert *et al.*, 1995) ในสภาพที่เป็นดินเค็มพืชพวก glycophytes จะสะสม organic solute เพิ่มขึ้น ส่วนพืชพวก halophytes ซึ่งทนทานเกลือจะสะสม inorganic ion และ organic solute เพิ่มขึ้น (Orcutt and Nilsen, 2000)

4.2 Membrane stability พืชปรับตัวโดยการรักษาระดับ metabolic activity โดยมีกลไกสำหรับการควบคุมไอออน การป้องกันเอนไซม์ (enzyme) และการรักษาเสถียรภาพของ membrane ไว้ และพบว่า sterols ซึ่งเป็น steroid ชนิดหนึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการซึมผ่านได้ของ membrane และสมดุลของไอออน พืชที่ทนทานต่อดินเค็มได้ก่อนข้างสูงจะมี sterols อยู่มาก (Wu *et al.*, 1998)

4.3 Growth hormone relationship with salinity ระดับความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณ auxin cytokinin และ gibberellin ในเนื้อเยื่อพืชลดลง และทำให้ abscisic acid (ABA) เพิ่มสูงขึ้น (Prakash and Prathapasanen, 1990) รวมทั้งทำให้ระดับของ ethylene เพิ่มขึ้น (Feng and Barker, 1992) ซึ่งระดับของ ABA ที่เพิ่มขึ้นนี้จะพบทั้งในพืชพวก glycophytes และ halophytes (Nilsen and Orcutt, 1996)

5. Salt dilution: succulence พืชปรับตัวโดยการเพิ่มปริมาณน้ำในเซลล์ โดยมีสัดส่วนของน้ำต่อน้ำหนักแห้งที่สูง (หรือสัดส่วนของ vacuole/cytoplasm ที่สูง) ซึ่งลักษณะที่เป็น succulence นี้จะเป็นลักษณะสำคัญของพืชที่ทนทานเกลือ (Gorham, 1992)

#### พันธุกรรมกับการดูดแร่ธาตุอาหารของพืช

การดูดซับธาตุอาหาร การเคลื่อนย้ายรวมทั้งการนำธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์เป็นการกระทำที่อยู่ภายใต้การควบคุมทางพันธุกรรม ความแตกต่างในการดูดธาตุอาหารของพืชต่าง ๆ ถูกควบคุมโดยยีน (Barber *et al.*, 1964) การศึกษาความทนเค็มของต้นถั่วเหลือง พบว่า พันธุ์ที่ทนเกลือและไม่ทนเกลือจะดูดคลอไรด์ได้เกือบเท่า ๆ กัน แต่รากของพันธุ์ที่ทนเกลือจะเคลื่อนย้ายคลอไรด์

ไปที่ใบเพียงเล็กน้อย ส่วนพันธุ์ที่ไม่ทนกลื่อนั้นคลอไรด์จะถูกส่งขึ้นไปไปที่ใบมากจนใบไหม้และทำให้พืชตายในที่สุดซึ่งเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยยีน (Barber *et al.*, 1967; Abel, 1969) นอกจากนี้ยังพบว่า มียีนจำนวนมากที่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะทนเค็ม เช่น พืชเขตนาว ไม้ผล กล้วยพืช และ *Arabidopsis* (Skriver and Mundy, 1990; Ingram and Bartel, 1996; Bray, 1997; Zhu *et al.*, 1997; Liming and Jian-Kang, 2002)

### ความหลากหลาย ถิ่นกำเนิด ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ และการกระจายพันธุ์ของฝรั่ง

ฝรั่งอยู่ในวงศ์ (Family) Myrtaceae สกุล (Genus) *Psidium* พืชในสกุลนี้มีอยู่มากกว่า 150 ชนิด การจำแนกชนิดของฝรั่งจะอาศัยลักษณะรูปร่างผลเป็นเกณฑ์ ชนิดที่สำคัญได้แก่ ชนิดรับประทานผลที่ปลูกกันทั่วไป คือ *Psidium guajava* L. และชนิดอื่น ๆ เช่น *P. guineense*, *P. pomiferum*, *P. pyriferum*, *P. montanum*, *P. friedrichsthalianum*, *P. cattleianum* (สัมฤทธิ์, 2536) ซึ่งมีความหลากหลายของลักษณะต่าง ๆ ภายในชนิดเดียวกันเป็นอย่างมาก (Nakasone and Paull, 1998) พืชสกุลนี้มีจำนวนโครโมโซมตั้งแต่ 2 ชุด (diploid) จนถึง 8 ชุด (octaploid) โดยมีจำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์ (haploid chromosome) เท่ากับ 11 ( $n = x = 11$ ) ซึ่งในพันธุ์การค้า (*P. guajava*) มักจะมีโครโมโซม 2 ชุด เท่ากับ 22 (diploid;  $2n = 2x = 22$ ) (อัญชลี, 2546)

ฝรั่งเป็นไม้ผลที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกาใต้ ตั้งแต่ประเทศเม็กซิโกไปจนถึงประเทศเปรู และแพร่กระจายทั่วไปในเขตร้อนของโลก แหล่งผลิตที่สำคัญ คือ หมู่เกาะฮาวาย คิวบา อินเดีย ไทย พม่า ลาวและอินโดจีน (สัมฤทธิ์, 2536) ฝรั่งสามารถปลูกได้ดีในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างหลากหลาย มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมมาก เมื่อเทียบกับไม้ผลชนิดอื่น ๆ สามารถขึ้นได้ทั่วไปทั้งในสภาพที่เป็นดินทราย ดินร่วน ดินเหนียวในที่ลุ่ม ดินลูกรัง ในสภาพดินที่มีความเป็นกรดค่อนข้างสูง เช่น แดงรังสิต ( $pH < 4.5$ ) ในดินที่มีความเป็นด่างอ่อน ๆ เช่น ในดินชุดลพบุรี ตาคี ( $pH = 7.5$ ) หรือแม้กระทั่งดินเค็มก็พบว่าต้นฝรั่งสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้เช่นกัน (อภิชาติ, 2543) แต่จะไม่ทนต่อสภาพน้ำขัง ความเป็นกรดต่ำ ( $pH$ ) อยู่ระหว่าง 4.5-8.2 (สัมฤทธิ์, 2536) พื้นที่ตั้งแต่ระดับต่ำจากที่ราบลุ่มจนถึงความสูง 1,200-1,300 เมตร จากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิเฉลี่ยไม่ควรต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส เพราะอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้ดอกเป็นหมัน (มนตรี, 2546)

ฝรั่งเป็นไม้ผลจำพวกไม้ยืนต้น ทรงต้นสูงประมาณ 3-10 เมตร (จารุพันธุ์, 2532) เปลือกต้นเรียบ สีน้ำตาลอมเทา หลุดล่อนได้ง่าย (อุไร, 2547) ใบเป็นใบประเททู่ จัดเรียงตรงกันข้าม

(opposite) ใบรูปไข่ (elliptic) ถึงรูปรี (oblong) (Soetopo, 1992) เห็นเส้นใบชัดเจน เมื่อขยี้มีกลิ่นหอม (อุไร, 2547) ฝรั่งเป็นพืชผสมตัวเองแต่สามารถผสมข้ามได้ 5-14% (สุนิสา, 2545) ดอกออกที่ซอกใบ และปลายยอด (อุไร, 2547) อาจเป็นดอกเดี่ยวหรือดอกช่อก็ได้ ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียอยู่ในดอกเดียวกัน (Free, 1993) กลีบเลี้ยงมีสีเขียว มีจำนวน 4 กลีบ ส่วนกลีบดอกมีสีขาว มีจำนวน 5 กลีบ กลีบดอกบอบบางและร่วงง่าย มีเกสรเพศผู้จำนวนมาก (อุไร, 2547) รังไข่อยู่ใต้ส่วนของฐานรองดอก (inferior ovary) (ศรีธนา, 2539) เมื่อติดผลส่วนฐานดอกจะขยายขนาดจนกลายเป็นผลกลม ปลายผลมีกลีบเลี้ยงติดอยู่เห็นเด่นชัด เมื่อสุกเนื้อนุ่ม รสหวาน และมีกลิ่นหอม ภายในมีเมล็ดกลมแข็ง สีน้ำตาลอ่อนจำนวนมาก (อุไร, 2547) รูปร่างผลมีหลายแบบ ทั้งทรงกลม (spherical) หรือทรงคล้ายลูกแพร์ (pyriform) แตกต่างกันไปตามพันธุ์ (ศรีธนา, 2539)

ปัจจุบันมีหลายพันธุ์ที่นิยมบริโภคกันมาก แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่รับประทานผลสด เช่น ฝรั่ง ‘จันทน์’ ฝรั่ง ‘อินเดีย’ ซึ่งเป็นพันธุ์ดั้งเดิม พันธุ์ ‘กลมสาเล่’ พันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า (มนตรี, 2546) จะเป็นฝรั่งพันธุ์ผลใหญ่ มีผลกลม ผิวของเปลือกเป็นสีเขียวอ่อนออกขาวเป็นมัน มีรสหวานกรอบ เนื้อหนา เมล็ดน้อย (โกศล, 2547) และประเภทที่สองคือ ฝรั่งสำหรับแปรรูป (มนตรี, 2546) ซึ่งเป็นฝรั่งพันธุ์ผลเล็ก เนื้อไม่แน่น และน้ำหนักว่าพันธุ์ที่รับประทานผลสด ใต้อีสขมพูน และมีกลิ่นหอม เช่น พันธุ์ ‘บัวมองท์’ (Beaumont) พันธุ์ ‘กาฮัวคูลา’ (Ka Hua Kula) ซึ่งการแปรรูปส่วนใหญ่เป็นฝรั่งคั้นน้ำ (อุไร, 2547) การปลูกฝรั่งในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้เพื่อการบริโภคผลสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ บ้างเล็กน้อย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) ฝรั่งเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย (โกศล, 2547) ที่ได้รับความนิยมมากทั้งจากผู้ผลิตและผู้บริโภค ฝรั่งมีศักยภาพและความโดดเด่นในตัวเองหลายประการ เช่น มีตลาดรองรับกว้าง ปลูกและดูแลรักษาง่าย ออกดอกติดผลได้ตลอดทั้งปี (ไพโรจน์, 2540) สามารถบังคับให้ฝรั่งออกดอกได้ด้วยการตัดแต่งกิ่ง การเด็ดยอด การโน้มกิ่ง และการทำให้ใบร่วง เพื่อให้อีกที่แตกออกมาใหม่มีตาดอก (โกศล, 2547) มีรสชาติดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (ไพโรจน์, 2540) ราคาไม่แพง มีจำหน่ายโดยทั่วไป (โกศล, 2547) อุดมไปด้วยวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินซีและเอที่มากกว่ามะนาวถึง 4 เท่า (ไพโรจน์, 2540)

### ความสำคัญของฝรั่งที่เกี่ยวข้องกับงานปรับปรุงพันธุ์

อุณารุจ (2541) กล่าวว่า ฝรั่งเป็นไม้ผลยืนต้นที่มีความเหมาะสมต่อการใช้เป็นต้นแบบของไม้ผลเพื่อการศึกษาเกี่ยวกับพันธุกรรมหลายประการ คือ

1. ฝรั่งเป็นไม้ผลที่สามารถบังคับให้ออกดอกได้ง่ายด้วยการตัดแต่งกิ่ง ทำให้สามารถวางแผนการผสมพันธุ์และสร้างลูกผสมได้ง่าย
2. ผลของฝรั่งเพียงผลเดียวสามารถติดเมล็ดจำนวนมาก ทำให้การสร้างประชากรลูกผสมทำได้รวดเร็ว
3. เนื่องจากต้นฝรั่งมีขนาดไม่ใหญ่มากและสามารถบังคับขนาดของทรงพุ่มได้ไม่ยาก ทำให้ขนาดของพื้นที่ปลูกฝรั่งไม่ใหญ่มาก
4. การขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ (asexual propagation) ง่าย ทำให้สามารถคงสภาพทางพันธุกรรมไว้ได้
5. ต้นฝรั่งสามารถให้ผลผลิตได้ภายใน 8-9 เดือน หลังจากปลูกด้วยกิ่งตอนหรือกิ่งปักชำ และภายใน 1-2 ปี หลังจากปลูกด้วยต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ด ทำให้เริ่มงานคัดเลือกพันธุ์ได้เร็ว

#### สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์

สมรรถนะการผสม (combining ability) ของสายพันธุ์ หมายถึง ความสามารถของแต่ละสายพันธุ์ในการให้ลูกผสมที่ดี (กฤษณา, 2543) มีประโยชน์ในการประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรม ทำให้ทราบถึงความแปรปรวนอันเนื่องมาจากยีนว่ามีมากน้อยเพียงใด (Rojas and Sprague, 1952) สมรรถนะการผสมแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ สมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง เมื่อผสมกับอีกสายพันธุ์หนึ่งแล้วให้ลูกผสมที่ดีเป็นขีดความสามารถเฉพาะของกลุ่มผสมนั้น ๆ (กฤษณา, 2543) หรือเป็นอิทธิพลของยีนแบบไม่บวกสะสม ซึ่งจะรวมอิทธิพลของยีนข่ม (dominant effect) และปฏิกริยาระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis effect) (Rojas and Sprague, 1952) และสมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง เมื่อผสมกับอีกหลาย ๆ สายพันธุ์แล้วให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมสูงเป็นขีดความสามารถทั่วไปของสายพันธุ์นั้น ๆ (กฤษณา, 2543) หรือเป็นอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมเป็นส่วนใหญ่ (Rojas and Sprague, 1952)

การทดสอบสมรรถนะการผสมมี 3 วิธี ซึ่งการเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมจะช่วยให้การประหยัดแรงงาน งบประมาณ และระยะเวลา นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการปรับปรุงพันธุ์อีกด้วย วิธีที่นิยมมากวิธีหนึ่ง คือ การผสมพันธุ์แบบพบกันหมดภายในกลุ่ม (diallel cross) (กฤษฎา, 2543) ประกอบด้วย สายพันธุ์พ่อแม่ที่ผสมตัวเอง ( $n$  สายพันธุ์) ลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 1 ชุด [ $n(n-1)/2$  สายพันธุ์] และลูกผสมกลับจำนวน 1 ชุด [ $n(n-1)/2$ ] เนื่องจากการวิเคราะห์ลูกผสมแบบพบกันหมด อยู่บนพื้นฐานของหลักการทางสถิติในการวิเคราะห์อาจใช้รูปแบบคงที่ (fixed model) หรือรูปแบบสุ่ม (random model) โดยรูปแบบคงที่ถูกนำมาใช้เมื่อต้องการเปรียบเทียบความสามารถในการรวมตัวของพ่อแม่ที่ใช้ทดลอง ส่วนรูปแบบสุ่มถูกนำมาใช้เมื่อพ่อแม่เป็นตัวอย่างที่สุ่มจากประชากร (Griffing, 1956)

### ค่าอัตราพันธุกรรม

ค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรม หมายถึง ความสามารถของยีนในการแสดงออกของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนนั้น ๆ ได้ อย่างสม่ำเสมอเพียงใด จากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง (กฤษฎา, 2546) แบ่งเป็น 2 แบบ คือ ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad sense heritability,  $H^2$ ) เป็นอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนทางพันธุกรรมทั้งหมดต่อความแปรปรวนที่สังเกตได้ทั้งหมด (Falconer and Mackay, 1996) ซึ่งการวัดความแปรปรวนทางพันธุกรรมนี้จะมีทั้งพันธุกรรมที่ไม่ใช่ผลบวกและพันธุกรรมที่เป็นแบบผลบวก สำหรับพันธุกรรมที่ไม่ใช่ผลบวก เป็นพันธุกรรมที่คาดการณ์ได้ยาก เพราะปฏิสัมพันธ์ของยีนแต่ละตัวสามารถเปลี่ยนไปได้ เมื่อรวมอยู่กับยีนที่ต่างกัน ส่วนพันธุกรรมแบบผลบวกสามารถคาดการณ์ได้สูง จากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง เนื่องจากลักษณะของลูกจะอยู่กึ่งกลางระหว่างพ่อแม่เสมอ (กฤษฎา, 2546) และค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow sense heritability,  $h^2$ ) เป็นค่าอัตราพันธุกรรมที่คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของยีนแบบบวกต่อความแปรปรวนที่สังเกตได้ทั้งหมด (Falconer and Mackay, 1996) โดยทั่วไปนิยมประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ ( $h^2$ ) เพื่อศึกษาปฏิกริยาของยีนที่เป็นผลบวก (additive gene action) (กฤษฎา, 2546) และ Falconer and Mackay (1996) กล่าวว่า ค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ ( $h^2$ ) มีประโยชน์มากกว่าค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง ( $H^2$ ) เพราะความแปรปรวนอันเนื่องมาจากอิทธิพลของยีนข่มและอิทธิพลของยีนต่างตำแหน่ง เป็นคุณสมบัติของ genotype ไม่ใช่ของยีนจึงเป็นอิทธิพลทางพันธุกรรมที่ไม่สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกได้ ค่าอัตราพันธุกรรมจึงเป็นตัวกำหนดความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์พืชในลักษณะนั้น ๆ ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่ามีโอกาสเพิ่มหรือลดลักษณะนั้นได้มากน้อย

เพียงไร (พีระศักดิ์, 2525) ซึ่งสมชัย และ พีระศักดิ์ (2546) กล่าวว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะหนึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะในประชากรหนึ่งและภายใต้สภาพแวดล้อมหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมขึ้นอยู่กับความถี่และปฏิกริยาของยีน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นหลักในการคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสม เช่น ถ้าค่าอัตราพันธุกรรมสูงอาจใช้วิธีการคัดเลือกแบบง่าย ๆ แต่ถ้าค่าอัตราพันธุกรรมต่ำอาจต้องใช้วิธีทดสอบลูกร่วมด้วยเพราะสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลมากทำให้การคัดเลือกทำได้ยาก (สมชัย และ พีระศักดิ์, 2527) สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมนั้น พบว่า ประชากรที่พ่อแม่มีความแปรปรวนหรือมีความหลากหลายทางพันธุกรรมยิ่งมากเท่าใดก็ยิ่งทำให้ได้อัตราพันธุกรรมสูงขึ้น (บุญหงษ์, 2548)

### การวิเคราะห์ค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ

ค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบหรือความสามารถในการถ่ายทอดพันธุกรรมแบบผลบวก (additive gene effect) สามารถประเมินได้จากการวิเคราะห์รีเกรชัน (regression analysis) ระหว่างค่าสังเกตของลูกกับแม่หรือพ่อ (one-parent offspring regression) โดยใช้ข้อมูลจากแม่หรือพ่อฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง หรือหาจากการวิเคราะห์รีเกรชันระหว่างลูกและค่าเฉลี่ยที่ได้จากค่าสังเกตของแม่และพ่อรวมกัน (mid-parent offspring regression) โดยที่ค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์รีเกรชัน ( $h^2 = b$ ) เมื่อค่ารีเกรชันคำนวณได้จาก mid-parent offspring regression และค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับสองเท่าของค่าสัมประสิทธิ์รีเกรชัน ( $h^2 = 2b$ ) เมื่อค่ารีเกรชันคำนวณได้จาก one-parent offspring (สมชัย และ พีระศักดิ์, 2546) ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรชัน (regression coefficient) หรือค่าความชัน (slope) ของสมการรีเกรชันแบบเส้นตรงแสดงถึงระดับของความสามารถในการถ่ายทอดพันธุกรรมแบบผลบวกของพ่อแม่ และในขณะเดียวกัน ก็ยังสามารถบ่งชี้ถึงระดับของยีนที่ไม่เป็นผลบวกที่เกี่ยวกับลักษณะนั้น ๆ (กฤษญา, 2546) ซึ่ง Falconer and Mackay (1996) กล่าวว่า การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมจากการวิเคราะห์รีเกรชันนี้เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้มีความสัมพันธ์ทางสายเลือดใกล้ชิดกันมาก และ Lynch and Walsh (1998) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่า วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย ๆ จึงไม่มีอิทธิพลของความลำเอียงเนื่องจากการเลือกพ่อหรือแม่และเป็นการวิเคราะห์ที่ประเมินจากความคลาดคลึงระหว่างลูกกับพ่อและแม่ ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทราบเพื่อการปรับปรุงพันธุ์

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ต้นพันธุ์ฝรั่งจำนวน 13 พันธุ์ สำหรับใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ ที่มีความสามารถในการทนเค็มแตกต่างกัน ประกอบด้วย กลุ่มพันธุ์ทนทานเกลือจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ ‘อินเดีย’ ‘Xa’Li’ ‘ฝรั่งไทย’ ‘Beaumont’ ‘Okinawa’ และ ‘Alla Habad Safeda’ และกลุ่มพันธุ์ไม่ทนทานเกลือ จำนวน 7 พันธุ์ ได้แก่ ‘จันทน์แดง’ ‘Kona 1’ ‘กลมสาเล่’ ‘ไต้หวัน’ ‘แดงสยาม’ ‘พจ.12-102’ และ ‘Pink Acid’ (อัญมณี และ อุณารุจ, 2547)

2. ลูกผสมฝรั่งจากแผนการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด (diallel cross) ประกอบด้วย ลูกผสมตัวเอง ลูกผสมซ้ำที่ 1 และลูกผสมสลับ (reciprocal crosses) จำนวน 169 คู่ผสม ระหว่าง แม่ × พ่อ ดังนี้

- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 2.1 ‘อินเดีย’ ⊗              | 2.17 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘กลมสาเล่’  |
| 2.2 ‘อินเดีย’ × ‘ฝรั่งไทย’   | 2.18 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘แดงสยาม’   |
| 2.3 ‘อินเดีย’ × ‘Okinawa’    | 2.19 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘พจ.12-102’ |
| 2.4 ‘อินเดีย’ × ‘Kona 1’     | 2.20 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘ไต้หวัน’   |
| 2.5 ‘อินเดีย’ × ‘Beaumont’   | 2.21 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘AHS’       |
| 2.6 ‘อินเดีย’ × ‘จันทน์แดง’  | 2.22 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Xa’Li’     |
| 2.7 ‘อินเดีย’ × ‘กลมสาเล่’   | 2.23 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Pink Acid’ |
| 2.8 ‘อินเดีย’ × ‘แดงสยาม’    | 2.24 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘จันทน์แดง’ |
| 2.9 ‘อินเดีย’ × ‘พจ.12-102’  | 2.25 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Kona 1’    |
| 2.10 ‘อินเดีย’ × ‘ไต้หวัน’   | 2.26 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Beaumont’  |
| 2.11 ‘อินเดีย’ × ‘AHS’       | 2.27 ‘Okinawa’ ⊗              |
| 2.12 ‘อินเดีย’ × ‘Xa’Li’     | 2.28 ‘Okinawa’ × ‘Beaumont’   |
| 2.13 ‘อินเดีย’ × ‘Pink Acid’ | 2.29 ‘Okinawa’ × ‘จันทน์แดง’  |
| 2.14 ‘ฝรั่งไทย’ ⊗            | 2.30 ‘Okinawa’ × ‘กลมสาเล่’   |
| 2.15 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘อินเดีย’  | 2.31 ‘Okinawa’ × ‘แดงสยาม’    |
| 2.16 ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Okinawa’  | 2.32 ‘Okinawa’ × ‘พจ.12-102’  |

- 2.33 'Okinawa' × 'ฝรั่งไทย'
- 2.34 'Okinawa' × 'Kona 1'
- 2.35 'Okinawa' × 'อินเดีย'
- 2.36 'Okinawa' × 'Pink Acid'
- 2.37 'Okinawa' × 'Xa'Li'
- 2.38 'Okinawa' × 'ใต้หวัน'
- 2.39 'Okinawa' × 'AHS'
- 2.40 'Kona 1' ⊗
- 2.41 'Kona 1' × 'Beaumont'
- 2.42 'Kona 1' × 'จีนกแดง'
- 2.43 'Kona 1' × 'กลมสาตี'
- 2.44 'Kona 1' × 'แดงสยาม'
- 2.45 'Kona 1' × 'พจ.12-102'
- 2.46 'Kona 1' × 'ใต้หวัน'
- 2.47 'Kona 1' × 'AHS'
- 2.48 'Kona 1' × 'Xa'Li'
- 2.49 'Kona 1' × 'Pink Acid'
- 2.50 'Kona 1' × 'อินเดีย'
- 2.51 'Kona 1' × 'Okinawa'
- 2.52 'Kona 1' × 'ฝรั่งไทย'
- 2.53 'Beaumont' ⊗
- 2.54 'Beaumont' × 'Kona 1'
- 2.55 'Beaumont' × 'จีนกแดง'
- 2.56 'Beaumont' × 'กลมสาตี'
- 2.57 'Beaumont' × 'แดงสยาม'
- 2.58 'Beaumont' × 'พจ.12-102'
- 2.59 'Beaumont' × 'AHS'
- 2.60 'Beaumont' × 'Okinawa'
- 2.61 'Beaumont' × 'ใต้หวัน'
- 2.62 'Beaumont' × 'อินเดีย'
- 2.63 'Beaumont' × 'ฝรั่งไทย'
- 2.64 'Beaumont' × 'Pink Acid'
- 2.65 'Beaumont' × 'Xa'Li'
- 2.66 'จีนกแดง' ⊗
- 2.67 'จีนกแดง' × 'Beaumont'
- 2.68 'จีนกแดง' × 'Okinawa'
- 2.69 'จีนกแดง' × 'กลมสาตี'
- 2.70 'จีนกแดง' × 'แดงสยาม'
- 2.71 'จีนกแดง' × 'พจ.12-102'
- 2.72 'จีนกแดง' × 'ใต้หวัน'
- 2.73 'จีนกแดง' × 'AHS'
- 2.74 'จีนกแดง' × 'Xa'Li'
- 2.75 'จีนกแดง' × 'Pink Acid'
- 2.76 'จีนกแดง' × 'อินเดีย'
- 2.77 'จีนกแดง' × 'Kona 1'
- 2.78 'จีนกแดง' × 'ฝรั่งไทย'
- 2.79 'กลมสาตี' ⊗
- 2.80 'กลมสาตี' × 'Okinawa'
- 2.81 'กลมสาตี' × 'Beaumont'
- 2.82 'กลมสาตี' × 'จีนกแดง'
- 2.83 'กลมสาตี' × 'แดงสยาม'
- 2.84 'กลมสาตี' × 'พจ.12-102'
- 2.85 'กลมสาตี' × 'ใต้หวัน'
- 2.86 'กลมสาตี' × 'อินเดีย'
- 2.87 'กลมสาตี' × 'Xa'Li'
- 2.88 'กลมสาตี' × 'Pink Acid'
- 2.89 'กลมสาตี' × 'ฝรั่งไทย'
- 2.90 'กลมสาตี' × 'Kona 1'

- 2.91 ‘กลมสาถึ่’ × ‘AHS’
- 2.92 ‘แดงสยาม’ ⊗
- 2.93 ‘แดงสยาม’ × ‘Kona 1’
- 2.94 ‘แดงสยาม’ × ‘Beaumont’
- 2.95 ‘แดงสยาม’ × ‘จึ้นกแดง’
- 2.96 ‘แดงสยาม’ × ‘กลมสาถึ่’
- 2.97 ‘แดงสยาม’ × ‘พจ.12-102’
- 2.98 ‘แดงสยาม’ × ‘ไต้หวัน’
- 2.99 ‘แดงสยาม’ × ‘AHS’
- 2.100 ‘แดงสยาม’ × ‘Xa’Li’
- 2.101 ‘แดงสยาม’ × ‘Pink Acid’
- 2.102 ‘แดงสยาม’ × ‘อินเดีย’
- 2.103 ‘แดงสยาม’ × ‘ฝรั่งไทย’
- 2.104 ‘แดงสยาม’ × ‘Okinawa’
- 2.105 ‘พจ.12-102’ ⊗
- 2.106 ‘พจ.12-102’ × ‘Kona 1’
- 2.107 ‘พจ.12-102’ × ‘Beaumont’
- 2.108 ‘พจ.12-102’ × ‘จึ้นกแดง’
- 2.109 ‘พจ.12-102’ × ‘กลมสาถึ่’
- 2.110 ‘พจ.12-102’ × ‘แดงสยาม’
- 2.111 ‘พจ.12-102’ × ‘ไต้หวัน’
- 2.112 ‘พจ.12-102’ × ‘AHS’
- 2.113 ‘พจ.12-102’ × ‘Xa’Li’
- 2.114 ‘พจ.12-102’ × ‘Pink Acid’
- 2.115 ‘พจ.12-102’ × ‘อินเดีย’
- 2.116 ‘พจ.12-102’ × ‘ฝรั่งไทย’
- 2.117 ‘พจ.12-102’ × ‘Okinawa’
- 2.118 ‘ไต้หวัน’ ⊗
- 2.119 ‘ไต้หวัน’ × ‘กลมสาถึ่’
- 2.120 ‘ไต้หวัน’ × ‘Okinawa’
- 2.121 ‘ไต้หวัน’ × ‘ฝรั่งไทย’
- 2.122 ‘ไต้หวัน’ × ‘จึ้นกแดง’
- 2.123 ‘ไต้หวัน’ × ‘แดงสยาม’
- 2.124 ‘ไต้หวัน’ × ‘พจ.12-102’
- 2.125 ‘ไต้หวัน’ × ‘AHS’
- 2.126 ‘ไต้หวัน’ × ‘Xa’Li’
- 2.127 ‘ไต้หวัน’ × ‘Pink Acid’
- 2.128 ‘ไต้หวัน’ × ‘อินเดีย’
- 2.129 ‘ไต้หวัน’ × ‘Beaumont’
- 2.130 ‘ไต้หวัน’ × ‘Kona 1’
- 2.131 ‘AHS’ × ‘ฝรั่งไทย’
- 2.132 ‘AHS’ ⊗
- 2.133 ‘AHS’ × ‘Beaumont’
- 2.134 ‘AHS’ × ‘จึ้นกแดง’
- 2.135 ‘AHS’ × ‘กลมสาถึ่’
- 2.136 ‘AHS’ × ‘แดงสยาม’
- 2.137 ‘AHS’ × ‘พจ.12-102’
- 2.138 ‘AHS’ × ‘ไต้หวัน’
- 2.139 ‘AHS’ × ‘Xa’Li’
- 2.140 ‘AHS’ × ‘Pink Acid’
- 2.141 ‘AHS’ × ‘อินเดีย’
- 2.142 ‘AHS’ × ‘Kona 1’
- 2.143 ‘AHS’ × ‘Okinawa’
- 2.144 ‘Xa’Li’ ⊗
- 2.145 ‘Xa’Li’ × ‘Kona’
- 2.146 ‘Xa’Li’ × ‘Beaumont’
- 2.147 ‘Xa’Li’ × ‘จึ้นกแดง’
- 2.148 ‘Xa’Li’ × ‘กลมสาถึ่’

- |                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 2.149 'Xa'Li' × 'ฝรั่งไทย'     | 2.160 'Pink Acid' × 'ฝรั่งไทย'  |
| 2.150 'Xa'Li' × 'Okinawa'      | 2.161 'Pink Acid' × 'Okinawa'   |
| 2.151 'Xa'Li' × 'ใต้หวัน'      | 2.162 'Pink Acid' × 'ใต้หวัน'   |
| 2.152 'Xa'Li' × 'AHS'          | 2.163 'Pink Acid' × 'จีนกแดง'   |
| 2.153 'Xa'Li' × 'Pink Acid'    | 2.164 'Pink Acid' × 'กลมสาถี่'  |
| 2.154 'Xa'Li' × 'อินเดีย'      | 2.165 'Pink Acid' × 'แดงสยาม'   |
| 2.155 'Xa'Li' × 'แดงสยาม'      | 2.166 'Pink Acid' × 'พจ.12-102' |
| 2.156 'Xa'Li' × 'พจ.12-102'    | 2.167 'Pink Acid' × 'AHS'       |
| 2.157 'Pink Acid' ⊗            | 2.168 'Pink Acid' × 'Xa'Li'     |
| 2.158 'Pink Acid' × 'Kona 1'   | 2.169 'Pink Acid' × 'อินเดีย'   |
| 2.159 'Pink Acid' × 'Beaumont' |                                 |

หมายเหตุ 'AHS' = 'Alla Habad Safeda'

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมพันธุ์ฝรั่ง
  - 3.1 มีดโกนเพื่อใช้ตอนดอก
  - 3.2 ปากคียบปลายแหลม
  - 3.3 ถูกระดาษคลุมดอกขนาด 4 × 12 ซม. ทำจากกระดาษลอกลาย
  - 3.4 ป้ายชื่อ
  - 3.5 ถูพลาสติกห่อผลขนาด 8 × 12 นิ้ว
  - 3.6 กรรไกรตัดแต่งกิ่ง
  - 3.7 อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ไม้หมพรม คลิปหนีบกระดาษฯ
  
4. วัสดุและอุปกรณ์ในการล้างและเก็บเมล็ด
  - 4.1 มีดสำหรับผ่าผล
  - 4.2 ซ้อนดักเมล็ด
  - 4.3 กระชอนตาถี่
  - 4.4 แก้วพลาสติกขนาดกลาง
  - 4.5 กระดาษตากเมล็ด
  - 4.6 ถูใส่เมล็ด

5. อุปกรณ์ในการเพาะเมล็ดฝรั่งลูกผสม
  - 5.1 ถาดหลุมขนาด 24 หลุม สูง 8 นิ้ว
  - 5.2 กระจกพลาสติกขนาด 8 นิ้ว
  - 5.3 ทราย
  - 5.4 ปุ๋ยคอก
  - 5.5 ถ่านแกลบ
  
6. อุปกรณ์ในการทดสอบความเค็ม
  - 6.1 ปุ๋ยเคมี สูตร 30-20-10
  - 6.2 สารละลายธาตุอาหาร Hoagland's nutrient solution (Benton and Jones, 1997)
  - 6.3 เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
  - 6.4 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย
  - 6.5 เครื่องวัด pH

## วิธีการ

### การสร้างฝรั่งลูกผสม

ผสมพันธุ์ฝรั่งทั้ง 13 พันธุ์แบบควบคุม โดยนำมาผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) ได้ลูกผสมฝรั่งจำนวน 169 คู่ผสม ประกอบด้วย ลูกผสมตัวเอง ลูกผสมซ้ำที่ 1 (ลูกผสมตรง) และ ลูกผสมสลับ (reciprocal crosses)

การทำหมัน (emasculation) เริ่มจากตอนดอกฝรั่งที่จะใช้เป็นต้นแม่พันธุ์ โดยเลือกดอกตูมในระยะก่อนดอกบาน 2 วัน สังเกตจากกลีบเลี้ยงมีสีเขียวอ่อนและใส กลีบเลี้ยงยังไม่ปลิ ใช้มีดโกนตอนดอกตัดส่วนที่เป็นกลีบเลี้ยง กลีบดอกและเกสรเพศผู้ออกเหลือไว้แต่เกสรเพศเมียและใช้ปากกิบปลายแหลมคีบส่วนของเกสรตัวผู้ออกให้หมดแล้วใช้ถุงกระดาษคลุมดอกไว้ วันต่อมาคลุมดอกของพันธุ์ที่ต้องการใช้เป็นพ่อพันธุ์ โดยเลือกดอกที่กำลังจะบาน (กลีบเลี้ยงปลิและเห็นกลีบดอก) ทำการผสมเกสรในตอนเช้าของวันถัดมา โดยนำดอกบานจากต้นพันธุ์ที่ใช้เป็นพ่อมาเคาะบนยอดเกสรเพศเมียของดอกบนต้นแม่ คลุมดอกที่ผสมแล้วด้วยถุงกระดาษ โดยระบุ ชื่อคู่ผสมและวันที่ผสมสำหรับลูกผสมตัวเองจะใช้ถุงคลุมดอกไว้ก่อนดอกบานแล้วปล่อยให้ผสมกันเอง หลังจากการผสมประมาณ

2 สัปดาห์ ถ้าผสมไม่ติดดอกจะร่วงไป ถ้าผสมติดดอกจะพัฒนาไปเป็นผลให้ติดป้ายแทนการใช้ถุงคลุม เมื่อผลมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงทำการห่อผลเพื่อป้องกันแมลงวันทอง รอจนผลสุกจึงเก็บผลไปล้างเมล็ด เก็บไว้

เมื่อได้เมล็ดลูกผสมครบทุกคู่แล้ว นำเมล็ดลูกผสมที่ได้มาเพาะลงในถาดหลุมขนาด 24 หลุม สูง 8 นิ้ว คู่ผสมละ 1 ถาด โดยใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ทราย: ปุ๋ยคอก: ถ่านแกลบ ในอัตราส่วน 1: 1: 1 เมื่อต้นกล้าฝรั่งมีอายุ 5 เดือน คัดเลือกต้นที่มีขนาดสม่ำเสมอ คู่ผสมละ 6 ต้น ล้างรากให้สะอาดแล้วนำมาปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ทรายที่ผ่านการล้างจนสะอาดแล้ว การดูแลในช่วงนี้โดยให้น้ำร่วมกับปุ๋ยสูตร 30-20-10 ในอัตรา 10 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ปริมาตรต้นละ 250 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 เดือน เพื่อให้ต้นกล้าฝรั่งมีการปรับตัวและสามารถเจริญเติบโตได้ในวัสดุปลูกที่เป็นทราย โดยให้น้ำร่วมกับปุ๋ยในตอนเช้าและให้น้ำตามปกติในตอนเย็น

#### การทดสอบความทนเค็ม

เมื่อต้นกล้าลูกผสมมีอายุ 7 เดือน จึงนำต้นกล้าลูกผสมที่ปลูกในทรายมาทดสอบความทนเค็มในโรงเรือนหลังคากระจก โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งต้นฝรั่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ต้น โดย 1 ต้น คือ 1 ซ้ำ กลุ่มควบคุม (ไม่ให้เกิดไอโซเดียมคลอไรด์) และกลุ่มที่เกิดไอโซเดียมคลอไรด์ ที่มีค่าการนำไฟฟ้า  $16 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  ทำการทดสอบโดยให้สารละลายธาตุอาหาร Hoagland's nutrient solution (Benton and Jones, 1997) ทั้ง 2 กลุ่ม วันละ 2 ครั้งในตอนเช้าและเย็น ปริมาตร 250 มิลลิลิตรต่อกระถาง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ (วัชรพล, 2548) จากนั้นกลุ่มที่เกิดไอโซเดียมคลอไรด์จะให้สารละลายธาตุอาหารที่ใส่ไอโซเดียมคลอไรด์ โดยในช่วงแรกจะใส่ไอโซเดียมคลอไรด์ จนมีค่าการนำไฟฟ้าที่ระดับ 4 8 และ  $12 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  ระดับละ 3 วัน หลังจากนั้นจึงเพิ่มเกลือเป็น  $16 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  ส่วนกลุ่มควบคุมให้สารละลายธาตุอาหารที่ไม่มีไอโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่วัดได้มีค่าประมาณ  $2.7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  การให้สารละลายธาตุอาหารที่มีและไม่มีเกลือจะให้น้ำทุก 2 วัน สลับกับการให้น้ำธรรมดา 1 วัน (เพื่อล้างเกลือที่สะสมในกระถาง) ทำการทดสอบเป็นเวลา 60 วัน (วัชรพล, 2548) ตรวจสอบผลโดยการนับจำนวนใบไหม้ในต้น และนำค่าที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์จำนวนใบไหม้ในต้น ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์จำนวนใบไหม้ในต้น} = \frac{\text{จำนวนใบไหม้}}{\text{จำนวนใบทั้งหมด}} \times 100$$

หมายเหตุ ใบใหม่	คือ ใบที่ใหม่มากกว่า 25% ของพื้นที่ใบ
ใบทั้งหมด	คือ ผลรวมของใบปกติกับใบใหม่
ใบปกติ	คือ ใบที่ไม่ใหม่และใบที่ใหม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25% ของพื้นที่ใบ

เมื่อได้เปอร์เซ็นต์ใบใหม่ในต้นแล้วจึงนำค่าที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์ใบใหม่เฉลี่ย จากนั้นจึงหาเปอร์เซ็นต์ใบใหม่เฉลี่ยเนื่องจากผลของเกลือ ดังนี้

ใบใหม่เฉลี่ยเนื่องจากผลของเกลือ (%) = ใบใหม่เฉลี่ยในกลุ่มที่ให้เกลือ (%) - ใบใหม่เฉลี่ยในกลุ่มควบคุม (%)

ข้อมูลที่น่าไปวิเคราะห์ คือ ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ใบใหม่เฉลี่ยเนื่องจากผลของเกลือ และกำหนดความทนทานเกลือโดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ใบใหม่เฉลี่ยเนื่องจากผลของเกลือ คือ ถ้าใบใหม่เฉลี่ยเนื่องจากผลของเกลือมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30% จัดให้เป็นกลุ่มสมหรือพันธุ์ที่ทนทานเกลือ แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 30% จัดให้เป็นกลุ่มสมหรือพันธุ์ที่ไม่ทนทานเกลือ ซึ่งการกำหนดความทนทานเกลือนี้ได้พิจารณาจากวิธีการประเมินความทนทานเกลือของ วัชรพล (2548)

#### การวิเคราะห์ผล

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) มีตารางการวิเคราะห์ ดังนี้

**ตารางที่ 1** การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จากแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD)

Source	df	SS	MS	F-value
Treatments	t-1	SS <sub>Tr</sub>	MS <sub>Tr</sub>	MS <sub>Tr</sub> / MS <sub>E</sub>
Error	N-t	SS <sub>E</sub>	MS <sub>E</sub>	
Total	N-1	SS <sub>T</sub>	MS <sub>T</sub>	

$$\text{เมื่อ } SS_{Tr} = \sum_{i=1}^t \frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T_{..}^2}{N}$$

$$SS_E = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{T_{..}^2}{N}$$

$t$  = จำนวนทริทเมนต์ = จำนวนลูกผสม = 169

$Y_{ij}$  = ค่าสังเกตของทริทเมนต์ที่  $i$  สำหรับตัวอย่างที่  $j$

$i$  = 1, 2, ...,  $t$  และ  $j = 1, 2, \dots, n_i$

$n_i$  = ขนาดตัวอย่างของทริทเมนต์ที่  $i = 169$

$T_{..}$  = ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด

$N$  = ขนาดตัวอย่างทั้งหมด =  $\sum_{i=1}^t n_i = tr = 169 \times 3 = 507$

$r$  = จำนวนซ้ำ = 3

$T_i$  = ผลรวมของค่าสังเกตที่ได้จากทริทเมนต์ที่  $i = \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}$

$\bar{Y}_i$  = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตที่ได้จากทริทเมนต์ที่  $i$

2. การวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมในความสามารถการรวมตัว (combining ability) โดยใช้แบบ diallel cross design ของ Griffing (1956) method I model I มี model ดังนี้

$$x_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + \frac{1}{r} \sum_k e_{ijk}$$

เมื่อ  $i$  และ  $j$  = 1, 2, ...,  $p$  = จำนวนพ่อแม่

$K$  = 1, 2, ...,  $r$  = จำนวนซ้ำ

$x_{ij}$  = ค่าสังเกตที่เกิดจากลูกผสมที่เกิดจากพันธุ์ที่  $i$  และ  $j$

$\mu$  = ค่าเฉลี่ยของลูกผสมทั้งหมด

$g_i$  = อิทธิพลของความสามารถการรวมตัวทั่วไปของพันธุ์ที่  $i$

$g_j$  = อิทธิพลของความสามารถการรวมตัวทั่วไปของพันธุ์ที่  $j$

$s_{ij}$  = อิทธิพลของความสามารถการรวมตัวเฉพาะของพันธุ์ที่  $i$  กับ  $j$

$r_{ij}$  = อิทธิพลเนื่องจากการผสมสลับ (reciprocal effect)

$e_{ijk}$  = อิทธิพลของความคลาดเคลื่อนจากสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับค่าสังเกต  
ที่  $ijk$

**ตารางที่ 2** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถการรวมตัวโดยวิธีของ Griffing (1956)  
method I model I

Source	df	SS	MS	EMS
GCA	$p-1$	$S_g$	$M_g$	$\sigma^2 + 2p\left[\frac{1}{p-1}\right]\sum g_i^2$
SCA	$p(p-1)/2$	$S_s$	$M_s$	$\sigma^2 + \left[\frac{2}{p(p-1)}\right]\sum_i \sum_j s_{ij}^2$
REC	$p(p-1)/2$	$S_r$	$M_r$	$\sigma^2 + 2\left[\frac{2}{p(p-1)}\right]\sum_{i < j} s_{ij}^2$
Error	$m$	$S_e$	$M_e'$	$\sigma^2$

เมื่อ GCA = ความสามารถในการรวมทั่วไป (general combining ability)  
 SCA = ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability)  
 REC = อิทธิพลเนื่องจากการผสมสลับ (reciprocal effects)  
 M = df ความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ =  $(r-1)(n^2-1)$   
 R = จำนวนซ้ำ = 3  
 P = จำนวนพ่อแม่

$$S_g = \frac{1}{2p_i} \sum (X_i + X_i)^2 - \frac{2}{p^2} X_{..}^2$$

$$S_s = \frac{1}{2} \sum (X_i + X_i)^2 + \frac{1}{2p_i} \sum_i \sum_j x_{ij}(x_{ij} + x_{ji}) - \frac{1}{p^2} X_{..}^2$$

$$S_r = \frac{1}{2} \sum_{i < j} \sum (x_{ij} - x_{ji})^2$$

$$M_e' = \frac{M_e}{r}$$

การทดสอบความแตกต่างทำได้ดังนี้

$$\text{ทดสอบความสามารถในการรวมตัวทั่วไป } F_{[(p-1), m]} = M_g / M_e'$$

$$\text{ทดสอบความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ } F_{[p(p-1)/2, m]} = M_s / M_e'$$

$$\text{ทดสอบความสามารถในการผสมสลับ } F_{[p(p-1)/2, m]} = M_r / M_e'$$

ประมาณค่าอิทธิพลต่าง ๆ ดังนี้

$$\hat{g}_i = \frac{1}{2p}(X_{i.} + X_{.i}) - \frac{1}{p^2}X_{..}$$

$$\hat{s}_{ij} = \frac{1}{2}(x_{ij} + x_{ji}) - \frac{1}{2p}(X_{i.} + X_{.i} + X_{.j} + X_{j.}) + \frac{1}{p^2}X_{..}$$

$$\hat{r}_{ij} = \frac{1}{2}(x_{ij} - x_{ji})$$

ประมาณความแปรปรวนของอิทธิพลและความแตกต่างระหว่างอิทธิพล ดังนี้

$$\text{var}(\hat{u}) = \frac{1}{p^2}\hat{\sigma}^2$$

$$\text{var}(\hat{g}_i) = \frac{p-1}{2p^2}\hat{\sigma}^2$$

$$\text{var}(\hat{s}_{ii}) = \frac{(p-1)^2}{p^2}\hat{\sigma}^2$$

$$\text{var}(\hat{s}_{ij}) = \frac{1}{2p^2}(p^2 - 2p + 2)\hat{\sigma}^2 \quad (i \neq j)$$

$$\text{var}(\hat{r}_{ij}) = \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2 \quad (i \neq j)$$

$$\text{var}(\hat{g}_i - \hat{g}_j) = \frac{1}{p}\hat{\sigma}^2 \quad (i \neq j)$$

$$\text{var}(\hat{s}_{ii} - \hat{s}_{jj}) = \frac{2(p-2)}{p}\hat{\sigma}^2 \quad (i \neq j)$$

$$\text{var}(\hat{s}_{ii} - \hat{s}_{ij}) = \frac{1}{2p}(3p-2)\hat{\sigma}^2 \quad (i \neq j)$$

$$\text{var}(\hat{s}_{ii} - \hat{s}_{jk}) = \frac{3}{2p}(p-2)\hat{\sigma}^2 \quad (i \neq j, k; j \neq k)$$

$$\text{var}(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ik}) = \frac{p-1}{p}\hat{\sigma}^2 \quad (i \neq j, k; j \neq k)$$

$$\text{var}(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kl}) = \frac{p-2}{p} \hat{\sigma}^2 \quad (i \neq j, k, l; j \neq k, l; k \neq l)$$

$$\text{var}(\hat{r}_{ij} - \hat{r}_{kl}) = \hat{\sigma}^2 \quad (i \neq j; k \neq l)$$

ความแปรปรวนของพ่อแม่หรือค่าเฉลี่ยของลูกชั่วที่ 1 คือ

$$\text{Var}(x_{ij}) = \hat{\sigma}^2 = M_e'$$

ความแปรปรวนของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า คือ

$$\text{Var}(x_{ij} - x_{kl}) = 2\hat{\sigma}^2$$

คำนวณความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

$$\text{จากสูตร S.E.}(x) = \sqrt{\text{Var}(x)}$$

การหาความแตกต่างที่น้อยที่สุดของค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{LSD ของความแตกต่างจาก 0 ของ GCA} = t_\alpha \text{ S.E.}(\hat{g}_i)$$

$$\text{LSD ของการเปรียบเทียบ GCA ของพ่อแม่ 2 พันธุ์} = t_\alpha \text{ S.E.}(\hat{g}_i - \hat{g}_j)$$

$$\text{LSD ของความแตกต่างจาก 0 ของ SCA ที่เกิดจากพ่อ i แม่ j} = t_\alpha \text{ S.E.}(\hat{s}_{ij})$$

$$\text{LSD ของความแตกต่างจาก 0 ของ REC ที่เกิดจากพ่อ j แม่ i} = t_\alpha \text{ S.E.}(\hat{r}_{ji})$$

2. การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow sense heritability,  $h^2$ ) โดยการวิเคราะห์รีเกรชันระหว่างลูกกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (mid-parent and offspring regression) แล้วนำค่ารีเกรชันที่ได้ไปประเมินค่าอัตราพันธุกรรม โดย  $h^2 = b$

$$\text{จากสูตร} \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

เมื่อ  $b$  = ค่ารีเกรชันระหว่างลูกกับค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่

$X_i$  = ค่าสังเกตของตัวแปรปรวนอิสระ  
= เปอร์เซ็นต์ไบบีใหม่เนื่องจากเกลือของพ่อแม่แต่ละพันธุ์

$\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรปรวนอิสระ โดยที่  $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$   
= ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไบบีใหม่เนื่องจากเกลือของพ่อแม่ทั้งหมด  
 $n$  = จำนวนพ่อแม่ = 13 พันธุ์

$Y_i$  = ค่าสังเกตของตัวแปรปรวนตาม  
= เปอร์เซ็นต์ไบบีใหม่เนื่องจากเกลือของลูกผสมแต่ละคู่ผสม

$\bar{Y}$  = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรปรวนตาม โดยที่  $\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$   
= ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไบบีใหม่เฉลี่ยเนื่องจากเกลือของลูกผสมทั้งหมด  
 $n$  = จำนวนลูกผสมทั้งหมด = 169 คู่ผสม

### สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

#### สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงทดสอบพันธุ์ฝรั่ง โครงการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมที่สำคัญของฝรั่งเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ ภายในแปลงทดลองของศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. แปลงทดสอบพันธุ์ฝรั่งลูกผสมภายในแปลงทดลอง 1 โรงเรือน A1 และ A3 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3. ห้องปฏิบัติการปรับปรุงพันธุ์พืชและเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร  
กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาทำการทดลอง

เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2550

## ผลและวิจารณ์

### ผล

จากการนำพันธุ์ฝรั่งทั้ง 13 พันธุ์มาผสมแบบพบกกันหมด (diallel crosses) ได้ลูกผสมฝรั่งจำนวน 169 คู่ผสม ที่ประกอบด้วย ลูกผสมตัวเอง ลูกผสมชั่วที่ 1 (ลูกผสมตรง) และลูกผสมสลับ นำต้นกล้าลูกผสมมาทดสอบความทนเค็ม โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ให้สารละลายธาตุอาหารอย่างเค็มและกลุ่มที่ให้สารละลายธาตุอาหารร่วมกับเกลือ โซเดียมคลอไรด์ ที่มีค่าการนำไฟฟ้า  $16 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  แล้วตรวจสอบผลโดยการนับจำนวนใบใหม่ที่มากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใบ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ใบใหม่ที่เกิดเนื่องจากผลของเกลือ นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ วิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมในความสามารถการรวมตัว (combining ability) และประเมินค่าอัตราพันธุกรรม มีผลการทดลองดังนี้

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะการทนดินเค็มของฝรั่งลูกผสม (ตารางภาคผนวกที่ 1) พบว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบใหม่ที่เกิดเนื่องจากผลของเกลือมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $Prob. < 0.01$ ) แสดงว่า ต้นกล้าลูกผสมแต่ละคู่มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมในลักษณะการทนดินเค็ม

จากการพิจารณาการทนดินเค็มด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ใบใหม่ที่เกิดเนื่องจากผลของเกลือต่อฝรั่งทั้ง 13 พันธุ์ (ลูกผสมตัวเอง) ที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ (ตารางที่ 3) พบว่า พันธุ์ที่มีความทนเค็มสูง ได้แก่ ‘อินเดีย’ ‘Okinawa’ ‘Beaumont’ ‘Xa’Li’ ‘Alla Habad Safeda’ และ ‘ฝรั่งไทย’ โดยมีเปอร์เซ็นต์ใบใหม่ที่เฉลี่ย เท่ากับ 1.8, 12.0, 13.8, 14.3, 25.8 และ 27.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่ไม่ทนเค็ม ได้แก่ ‘ได้ห้วน’ ‘Pink Acid’ ‘พจ.12-102’ ‘Kona 1’ ‘แดงสยาม’ ‘กลมสาเล่’ และ ‘จ๊นคแดง’ มีเปอร์เซ็นต์ใบใหม่ที่เฉลี่ย เท่ากับ 31.1, 35.1, 36.1, 56.7, 58.8, 73.4 และ 84.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการพิจารณาการทนดินเค็มลูกผสมตรงและลูกผสมสลับของฝรั่งทั้ง 13 พันธุ์ ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 3)

ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์ที่ทนเค็มกับพ่อพันธุ์ที่ทนเค็ม จำนวน 36 คู่ผสม พบว่า มี 25 คู่ผสม ที่จัดอยู่ในระดับความทนเค็มสูง โดยคู่ผสมของ ‘Xa’Li’ × ‘Beaumuont’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘อินเดีย’, ‘อินเดีย’ × ‘Beaumont’, ‘Beaumont’ × ‘อินเดีย’ และ ‘อินเดีย’ × ‘Okinawa’ มีระดับความทนเค็มอยู่ในอันดับที่ 1-5 และมีค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ย เท่ากับ 1.9, 2.9, 4.8, 6.6 และ 7.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลูกผสมที่พบว่าไม่ทนเค็มมี 3 คู่ผสม เกิดจากคู่ผสมระหว่าง ‘ฝรั่งไทย’ × ‘อินเดีย’, ‘Xa’Li’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Okinawa’ × ‘Alla Habad Safeda’ มีค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ย เท่ากับ 39.2, 46.4 และ 55.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์ที่ทนเค็มกับพ่อพันธุ์ที่ไม่ทนเค็ม จำนวน 42 คู่ผสม พบว่า มี 33 คู่ผสม ที่จัดอยู่ในระดับความทนเค็มสูง โดยคู่ผสมของ ‘Xa’Li’ × ‘กลมสาตี’, ‘อินเดีย’ × ‘พจ.12-102’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘พจ.12-102’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘แดงสยาม’ และ ‘Okinawa’ × ‘ไต้หวัน’ มีระดับความทนเค็มอยู่ในอันดับที่ 1-5 มีค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ย เท่ากับ 0.4, 1.0, 1.7, 4.6 และ 5.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนลูกผสมที่พบว่าไม่ทนเค็มมี 9 คู่ผสม เกิดจากคู่ผสมระหว่าง ‘อินเดีย’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Xa’Li’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘Xa’Li’ × ‘แดงสยาม’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘กลมสาตี’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Pink Acid’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Kona 1’ และ ‘อินเดีย’ × ‘แดงสยาม’ มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ย ตั้งแต่ 30.2 – 58.9 เปอร์เซ็นต์

ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์ที่ไม่ทนเค็มกับพ่อพันธุ์ที่ทนเค็ม จำนวน 42 คู่ผสม พบว่า มี 25 คู่ผสม ที่จัดอยู่ในระดับความทนเค็มสูง โดยคู่ผสมของ ‘Pink Acid’ × ‘Okinawa’, ‘ไต้หวัน’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Beaumont’, ‘ไต้หวัน’ × ‘อินเดีย’ และ ‘ไต้หวัน’ × ‘Alla Habad Safeda’ มีระดับความทนเค็มอยู่ในอันดับที่ 1-5 มีค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ย เท่ากับ 6.8, 7.5, 7.9, 8.9 และ 10.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนลูกผสมที่พบว่าไม่ทนเค็มมี 17 คู่ผสม เกิดจากคู่ผสมระหว่าง ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘อินเดีย’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Xa’Li’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Okinawa’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Kona 1’ × ‘Xa’Li’, ‘Kona 1’ × ‘Okinawa’, ‘กลมสาตี’ × ‘อินเดีย’, ‘กลมสาตี’ × ‘Okinawa’, ‘กลมสาตี’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Xa’Li’, ‘แดงสยาม’ × ‘อินเดีย’, ‘แดงสยาม’ × ‘Xa’Li’, ‘แดงสยาม’ × ‘Okinawa’, ‘พจ.12-102’ × ‘Xa’Li’, ‘Pink Acid’ × ‘Xa’Li’, ‘Pink Acid’ × ‘Beaumont’, ‘Pink Acid’ × ‘Alla Habad Safeda’ มีค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ย ตั้งแต่ 32.5 – 87.1 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือของลูกผสมฝรั่ง 13 พันธุ์ โดยทำการผสมแบบพบก้นหมด ประกอบด้วย ลูกผสมตัวเอง (จีดเส้นใต้) ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมสลับ (ภายในวงเล็บ) จำนวน 169 คู่ผสม

Parents	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือ												
	ID	XL	TG	BM	KD	K1	OK	KS	TW	DS	AHS	PC	PA
ID	<u>1.8</u>	9.8	21.6	4.8	28.0	11.4	7.3	24.6	38.2	30.2	21.7	1.0	5.9
XL	(27.3)	<u>14.3</u>	26.0	1.9	33.0	25.9	27.2	0.4	14.4	51.2	46.4	17.4	21.5
TG	(39.3)	(27.3)	<u>27.5</u>	22.0	58.9	29.9	18.1	38.9	12.6	24.8	26.0	7.6	35.1
BM	(6.6)	(12.6)	(17.7)	<u>13.8</u>	28.5	11.4	13.7	16.6	17.6	21.1	17.2	11.7	11.2
KD	(76.7)	(83.6)	(16.7)	(13.2)	<u>84.2</u>	64.3	87.1	70.6	62.5	28.3	68.6	42.7	69.8
K1	(19.2)	(40.9)	(28.9)	(27.9)	(27.3)	<u>56.7</u>	49.5	81.7	49.3	22.7	27.3	61.4	39.4
OK	(22.9)	(10.7)	(19.5)	(11.7)	(33.4)	(16.3)	<u>12.0</u>	15.6	5.6	7.7	55.3	14.3	9.9
KS	(35.1)	(29.2)	(15.9)	(9.6)	(19.9)	(31.7)	(53.7)	<u>73.4</u>	68.4	42.2	37.7	5.1	67.9
TW	(8.9)	(36.6)	(7.5)	(7.9)	(35.5)	(17.4)	(29.3)	(16.7)	<u>31.1</u>	13.9	10.6	6.5	12.2
DS	(32.5)	(43.9)	(26.8)	(27.1)	(14.9)	(23.5)	(37.4)	(33.3)	(14.7)	<u>58.8</u>	14.1	13.3	23.4
AHS	(2.9)	(9.3)	(27.3)	(11.9)	(33.5)	(53.9)	(12.1)	(18.1)	(20.9)	(4.6)	<u>25.8</u>	1.7	26.0
PC	(12.9)	(53.7)	(21.2)	(24.3)	(63.4)	(9.8)	(17.9)	(12.1)	(4.9)	(15.2)	(27.8)	<u>36.1</u>	27.3
PA	(28.8)	(36.5)	(14.2)	(56.6)	(46.5)	(11.8)	(6.9)	(27.3)	(37.0)	(26.7)	(55.8)	(8.1)	<u>35.1</u>

หมายเหตุ ID =	‘อินเดีย’	XL =	‘Xa’Li’
TG =	‘ฝรั่งไทย’	BM =	‘Beaumont’
KD =	‘จีนกแดง’	K1 =	‘Kona 1’
OK =	‘Okinawa’	KS =	‘กลมสาตี’
TW =	‘ไต้หวัน’	DS =	‘แดงสยาม’
PC =	‘พจ.12-102’	PA =	‘Pink Acid’
AHS =	‘Alla Habad Safeda’		

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือ  $\leq 30\%$  = ทนทานเกลือ

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือ  $> 30\%$  = ไม่ทนทานเกลือ

ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์ที่ไม่ทนเค็มกับพ่อพันธุ์ที่ไม่ทนเค็ม จำนวน 49 คู่ผสม พบว่า มี 23 คู่ผสม ที่จัดอยู่ในระดับความทนเค็มสูง โดยคู่ผสมของ ‘พจ.12-102’ × ‘ไต้หวัน’, ‘กลมสาตี’ × ‘พจ.12-102’, ‘ไต้หวัน’ × ‘พจ.12-102’, ‘Pink Acid’ × ‘พจ.12-102’ และ ‘พจ.12-102’ × ‘Kona 1’ มีระดับความทนเค็มอยู่ในอันดับที่ 1-5 มีค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ย เท่ากับ 4.9, 5.1, 6.5, 8.1 และ 9.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนลูกผสมที่พบว่าไม่ทนเค็มมี 19 คู่ผสม เกิดจากคู่ผสมระหว่าง ‘จีนกแดง’ × ‘Kona 1’, ‘จีนกแดง’ × ‘กลมสาตี’, ‘จีนกแดง’ × ‘ไต้หวัน’, ‘จีนกแดง’ × ‘พจ.12-102’, ‘จีนกแดง’ × ‘Pink Acid’, ‘Kona 1’ × ‘จีนกแดง’, ‘Kona 1’ × ‘กลมสาตี’, ‘Kona 1’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Kona 1’ × ‘พจ.12-102’, ‘Kona 1’ × ‘Pink Acid’, ‘กลมสาตี’ × ‘Kona 1’, ‘กลมสาตี’ × ‘ไต้หวัน’, ‘กลมสาตี’ × ‘แดงสยาม’, ‘กลมสาตี’ × ‘Pink Acid’, ‘ไต้หวัน’ × ‘จีนกแดง’, ‘แดงสยาม’ × ‘กลมสาตี’, ‘พจ.12-102’ × ‘จีนกแดง’, ‘Pink Acid’ × ‘จีนกแดง’ และ ‘Pink Acid’ × ‘ไต้หวัน’ มีค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ย ตั้งแต่ 31.7 – 81.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคู่ผสมทุกคู่มีความทนเค็มสูงกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ ยกเว้น 9 คู่ผสม ที่มีความทนเค็มน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ คือ ‘จีนกแดง’ × ‘ไต้หวัน’, ‘จีนกแดง’ × ‘Pink Acid’, ‘Kona 1’ × ‘กลมสาตี’, ‘Kona 1’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Kona 1’ × ‘พจ.12-102’, ‘กลมสาตี’ × ‘ไต้หวัน’, ‘กลมสาตี’ × ‘Pink Acid’, ‘พจ.12-102’ × ‘จีนกแดง’ และ ‘Pink Acid’ × ‘ไต้หวัน’

## 2. การวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมในความสามารถการรวมตัว (combining ability)

จากผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 4) พบว่า ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และอิทธิพลในการผสมสลับ (RCE) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงว่า ลักษณะการทนเค็มของพันธุ์ฝรั่งที่นำมาทดสอบนี้ มีอิทธิพลของยีนทั้งแบบเป็นผลบวก (additive gene effect) ซึ่งพิจารณาจาก GCA แบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene effect) ซึ่งพิจารณาจาก SCA และมีอิทธิพลของฝ่ายแม่ (maternal effect หรือ maternal inheritance) ซึ่งพิจารณาจาก REC ร่วมอยู่ด้วย และจากการศึกษาอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการรวมตัวทั่วไปต่อความสามารถในการรวมตัวเฉพาะต่ออิทธิพลของการผสมสลับ (GCA: SCA: REC) พบว่า มีค่าเท่ากับ 8: 1: 1.4 แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปมีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะและความสามารถในการผสมสลับ แสดงว่า บทบาทการทำงานของยีนแบบบวกสะสมมีความสำคัญต่อลักษณะทนเค็มของฝรั่ง

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวของลักษณะทนดินเค็มในฝรั่งลูกผสม

Source	df	SS	MS	F-value
GCA	12	21718.25	1809.85	16.58**
SCA	78	17363.79	222.61	2.04**
REC	78	24873.74	318.89	2.92**
Error	336	110025.78	327.46	

GCA : SCA : REC = 8 : 1 : 1.4

หมายเหตุ \*\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (ตารางที่ 5) พบว่า พันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นลบและมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 'Beaumont' 'อินเดีย' 'พจ.12-102' 'Okinawa' 'ไต้หวัน' และ 'ฝรั่งไทย' ซึ่งมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเท่ากับ -11.0, -7.6, -6.3, -4.3, -4.1 และ -3.1 ตามลำดับ แสดงว่า ทั้ง 6 พันธุ์นี้ เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ แล้วจะให้ลูกผสมที่มีความทนเค็มสูง ซึ่งสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ยของฝรั่งลูกผสมที่ได้จากการผสมกับทั้ง 6 พันธุ์นี้หรือค่าเฉลี่ยทั่ว ๆ ไปของเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เมื่อผสมกับ

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยทั่ว ๆ ไปของเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ (General Mean) และค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability; GCA)

พันธุ์	General Mean	GCA	ระดับความทนทานเกลือ
'Beaumont'	33.3	-11.0**	1
'อินเดีย'	40.1	-7.6**	2
'พจ.12-102'	42.6	-6.3**	3
'Okinawa'	46.7	-4.3**	4
'ไต้หวัน'	47.0	-4.1**	5
'ฝรั่งไทย'	49.1	-3.1**	6
'All Habad Safeda'	52.5	-1.4 <sup>ns</sup>	7
'แดงสยาม'	54.7	-0.3 <sup>ns</sup>	8
'Xa'Li'	55.0	-0.1 <sup>ns</sup>	9
'Pink Acid'	59.7	2.2*	10
'Kona 1'	68.9	6.8**	11
'กลมสาละ'	70.7	7.7**	12
'จีนแดง'	98.1	21.4**	13

หมายเหตุ \*\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ค่า General Mean เรียงตามลำดับจากค่าน้อย (ทนทานเกลือมาก) ไปหาค่ามาก (ทนทานเกลือ น้อย)

ค่า GCA เรียงตามลำดับจากค่าน้อย (ทนทานเกลือมาก) ไปหาค่ามาก (ทนทานเกลือ น้อย) โดยพันธุ์ที่ทนทานเกลือมากที่สุดมีค่า GCA ติดลบมากที่สุด และพันธุ์ที่ทนทานเกลือ น้อยที่สุดมีค่า GCA เป็นบวกมากที่สุด

พันธุ์อื่น ๆ (General Mean) มีระดับความทนทานเกลืออยู่ในลำดับที่ 1-6 ตามลำดับ ส่วน 'Pink Acid' มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 6 ค่าอิทธิพลของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และอิทธิพลเนื่องจากการผสมสลับ (REC) (ภายในวงเล็บ) ของลักษณะการทนดินเค็มในฝรั่ง

Parents	SCA และ REC												
	ID	XL	TG	BM	KD	K1	OK	KS	TW	DS	AHS	PC	PA
ID	-10.7**	-1.4*	13.5**	-3.3**	10.9**	-11.6**	-0.7 <sup>ns</sup>	2.1**	7.6**	11.6**	-6.4**	-6.7**	-4.9**
XL	(-8.7)**	-13.1**	2.2**	-9.6**	9.4**	-1.0 <sup>ns</sup>	-4.3**	-20.5**	2.1 <sup>ns</sup>	20.3**	1.7**	14.4**	-0.7 <sup>ns</sup>
TG	(-8.8)**	(-0.6) <sup>ns</sup>	6.0**	6.3**	-8.2**	-2.0**	-1.5*	-4.9**	-10.4**	1.5**	3.5**	-3.8**	-2.1**
BM	(-0.9) <sup>ns</sup>	(-5.4)**	(2.2)**	8.1**	-17.2**	-3.8**	0.4 <sup>ns</sup>	-11.2**	0.3 <sup>ns</sup>	7.8**	-0.7 <sup>ns</sup>	7.8**	15.1**
KD	(-24.4)**	(-25.3)**	(21.1)**	(7.6)**	13.7**	-10.1**	15.5**	-11.5**	4.1**	-27**	3.4**	10.3**	6.9**
K1	(-3.9)**	(-7.5)**	(0.5) <sup>ns</sup>	(-8.3)**	(18.5)**	15.4**	2.7**	14.53*	3.0**	-11**	7.5**	7.5**	-11.1**
OK	(-7.8)**	(8.2)**	(-0.7) <sup>ns</sup>	(1.0) <sup>ns</sup>	(26.9)**	(17)**	-7.1**	3.6**	-1.8 <sup>ns</sup>	-0.5 <sup>ns</sup>	11.8**	-0.9 <sup>ns</sup>	-17.2**
KS	(-5.2)**	(-14.4)**	(11.5)**	(3.5)**	(25.4)**	(25)**	(-19.0)**	30.3**	11.3**	2.7**	-6.0**	-20.4**	10.0**
TW	(14.7)**	(-11.1)**	(2.6)**	(4.8)**	(13.5)**	(16)**	(-11.9)**	(25.8)**	11.7**	-8.9**	-6.4**	-11.5**	-1.15 <sup>ns</sup>
DS	(-1.1) <sup>ns</sup>	(3.6)**	(-1.0) <sup>ns</sup>	(-3.0)**	(6.7)**	(-0.4) <sup>ns</sup>	(-14.8)**	(4.4)**	(-0.4) <sup>ns</sup>	31.8**	-16.6**	-6.8**	-4.53**
AHS	(9.4)**	(18.6)**	(-0.7) <sup>ns</sup>	(2.6)**	(17.6)**	(-13)**	(21.6)**	(9.8)**	(-5.1)**	(4.7)**	0.9 <sup>ns</sup>	-5.2**	12.5**
PC	(-6.0)**	(-18.2)**	(-6.8)**	(-6.3)**	(-10.3)**	(26)**	(-1.8)**	(-3.5)**	(0.8) <sup>ns</sup>	(-1.0) <sup>ns</sup>	(-13.1)**	21.1**	-5.8**
PA	(-11.5)**	(-7.5)**	(10.5)**	(-22.7)**	(11.7)**	(14)**	(1.5)**	(20.3)**	(-12)**	(-2)**	(-14.9)**	(9.6)**	3.1**

หมายเหตุ ID	=	‘อินเดีย’	XL	=	‘Xa’Li’
TG	=	‘ฝรั่งไทย’	BM	=	‘Beaumont’
KD	=	‘จีนกแดง’	K1	=	‘Kona 1’
OK	=	‘Okinawa’	KS	=	‘กลมสาดี’
TW	=	‘ไต้หวัน’	DS	=	‘แดงสยาม’
PC	=	‘พจ.12-102’	PA	=	‘Pink Acid’
AHS	=	‘Alla Habad Safeda’			

\*\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

LSD ของความแตกต่างจากศูนย์ มีดังนี้

LSD <sub>0.05</sub> ของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA)	=	3.51
LSD <sub>0.01</sub> ของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA)	=	4.41
LSD <sub>0.05</sub> ของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA)	=	9.04
LSD <sub>0.01</sub> ของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA)	=	10.13
LSD <sub>0.05</sub> ของอิทธิพลจากการผสมสลับ (REC)	=	9.76
LSD <sub>0.01</sub> ของอิทธิพลจากการผสมสลับ (REC)	=	10.93

โดยมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป เท่ากับ 2.2 แสดงว่า ‘Pink Acid’ จะให้ลูกผสมที่มีความทนเค็มต่ำในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับค่าเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ยของฝรั่งลูกผสมที่ได้จากการผสมกับ ‘Pink Acid’ มีระดับความทนทานเกลืออยู่ในลำดับที่ 10 ส่วน ‘Kona 1’ ‘กลมสาดี’ และ ‘จีนกแดง’ มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นบวกและแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป เท่ากับ 6.8, 7.7 และ 21.4 ตามลำดับ แสดงว่าทั้ง 3 พันธุ์นี้ จะให้ลูกผสมที่มีระดับความทนเค็มต่ำ ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับค่าเฉลี่ยทั่ว ๆ ไปของเปอร์เซ็นต์ใบไหม้ของพันธุ์เหล่านี้ เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ (General Mean) โดยมีระดับความทนทานเกลืออยู่ในลำดับที่ 11-13 ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) (ตารางที่ 6) พบว่า กลุ่มสมที่มีค่าความสามารถในการผสมเฉพาะเป็นลบ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติมี 37 กลุ่มสม และมี 2 กลุ่มสม ที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเป็นลบ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ คือ ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Okinawa’ และ ‘อินเดีย’ × ‘Xa’Li’ มีค่าเท่ากับ -1.5 และ -1.4 ส่วนกลุ่มสมที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเป็นบวก และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติมี 42 กลุ่มสม

จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของการผสมกลับ (REC) (ตารางที่ 6) พบว่า กลุ่มสมที่มีค่าอิทธิพลของการผสมกลับเป็นลบ และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติมี 32 กลุ่มสม ส่วนกลุ่มสมที่มีค่าอิทธิพลของการผสมกลับเป็นบวก และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติมี 34 กลุ่มสม

จากการทดสอบความทนเค็มของฝรั่งลูกผสม เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของลูกผสมและพ่อแม่แต่ละกลุ่มสม ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 7)

กลุ่มสมระหว่างแม่และพ่อพันธุ์ที่ทนเค็ม คือ ‘อินเดีย’ × ‘XaLi’, ‘อินเดีย’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘อินเดีย’ × ‘Beaumont’, ‘อินเดีย’ × ‘Okinawa’, ‘อินเดีย’ × ‘Alla Habad Safeda, XaLi’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Beaumont’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Okinawa’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Beaumont’ × ‘อินเดีย’, ‘Beaumont’ × ‘XaLi’, ‘Beaumont’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Beaumont’ × ‘Okinawa’, ‘Beaumont’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Okinawa’ × ‘XaLi’, ‘Okinawa’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Okinawa’ × ‘Beaumont’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘อินเดีย’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘XaLi’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Beaumont’, และ ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Okinawa’ พบว่า มีระดับความทนเค็มอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 2.86 – 26.01 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มสมระหว่าง ‘XaLi’ × ‘Beaumont’ พบว่า มีระดับความทนเค็มสูงกว่าพ่อแม่ มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย เท่ากับ 1.89 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มสมระหว่าง ‘XaLi’ × ‘Okinawa’, ‘XaLi’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘อินเดีย’, ‘Okinawa’ × ‘อินเดีย’ และ ‘Okinawa’ × ‘Alla Habad Safeda’ พบว่า มีระดับความทนเค็มต่ำกว่าพ่อแม่ มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 22.9 - 55.3 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มสมระหว่างแม่และพ่อพันธุ์ที่ไม่ทนเค็ม คือ ‘Kona 1’ × ‘แดงสยาม’, ‘กลมสาลี’ × ‘จ๊วนแดง’, ‘กลมสาลี’ × ‘Kona 1’, ‘กลมสาลี’ × ‘แดงสยาม’, ‘กลมสาลี’ × ‘พจ.12-102’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Kona 1’,

‘ไต้หวัน’ × ‘กลมสาลี’, ‘ไต้หวัน’ × ‘แดงสยาม’, ‘ไต้หวัน’ × ‘พจ.12-102’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Pink Acid’, ‘แดงสยาม’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘แดงสยาม’ × ‘Kona 1’, ‘แดงสยาม’ × ‘กลมสาลี’, ‘แดงสยาม’ × ‘ไต้หวัน’, ‘แดงสยาม’ × ‘พจ.12-102’, ‘แดงสยาม’ × ‘Pink Acid’, ‘พจ.12-102’ × ‘Kona 1’, ‘พจ.12-102’ × ‘กลมสาลี’, ‘พจ.12-102’ × ‘ไต้หวัน’, ‘พจ.12-102’ × ‘แดงสยาม’, ‘Pink Acid’ × ‘Kona 1’, ‘Pink Acid’ × ‘แดงสยาม’ และ ‘Pink Acid’ × ‘พจ.12-102’ พบว่า มีระดับความทนเค็มสูงกว่าพ่อแม่ มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 4.9 – 42.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มผสมระหว่าง ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Kona 1’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘กลมสาลี’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘ไต้หวัน’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘แดงสยาม’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘พจ.12-102’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Pink Acid’, ‘Kona 1’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘Kona 1’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Kona 1’ × ‘Pink Acid’, ‘กลมสาลี’ × ‘ไต้หวัน’, ‘กลมสาลี’ × ‘Pink Acid’, ‘ไต้หวัน’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘พจ.12-102’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘พจ.12-102’ × ‘Pink Acid’, ‘Pink Acid’ × ‘จ๊ีนกแดง’ และ ‘Pink Acid’ × ‘กลมสาลี’ พบว่า มีระดับความทนเค็มอยู่ระหว่างพ่อแม่ มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 28.3 – 70.6 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มผสมระหว่าง ‘Kona 1’ × ‘กลมสาลี’, ‘Kona 1’ × ‘พจ.12-102’ และ ‘Pink Acid’ × ‘ไต้หวัน’ พบว่า มีระดับความทนเค็มต่ำกว่าพ่อแม่ มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 37.0 – 81.7 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มผสมระหว่างแม่พันธุ์ที่ทนเค็มกับพ่อพันธุ์ที่ไม่ทนเค็ม คือ ‘Xa’Li’ × ‘กลมสาลี’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘ไต้หวัน’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘พจ.12-102’, ‘Beaumont’ × ‘Kona 1’, ‘Beaumont’ × ‘พจ.12-102’, ‘Beaumont’ × ‘Pink Acid’, ‘Okinawa’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Okinawa’ × ‘แดงสยาม’, ‘Okinawa’ × ‘พจ.12-102’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘กลมสาลี’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘แดงสยาม’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘พจ.12-102’ พบว่า มีระดับความทนเค็มสูงกว่าพ่อแม่ มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 0.4 – 20.9 ส่วนกลุ่มผสมระหว่าง ‘อินเดีย’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘อินเดีย’ × ‘Kona 1’, ‘อินเดีย’ × ‘กลมสาลี’, ‘อินเดีย’ × ‘แดงสยาม’, ‘อินเดีย’ × ‘พจ.12-102’, ‘อินเดีย’ × ‘Pink Acid’, ‘Xa’Li’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘Xa’Li’ × ‘Kona 1’, ‘Xa’Li’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Xa’Li’ × ‘แดงสยาม’, ‘Xa’Li’ × ‘พจ.12-102’, ‘Xa’Li’ × ‘Pink Acid’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Kona 1’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘กลมสาลี’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘แดงสยาม’, ‘Beaumont’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘Beaumont’ × ‘กลมสาลี’, ‘Beaumont’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Beaumont’ × ‘แดงสยาม’, ‘Okinawa’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘Okinawa’ × ‘Kona 1’, ‘Okinawa’ × ‘กลมสาลี’, ‘Okinawa’ × ‘Pink Acid’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Kona 1’ และ ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Pink Acid’ พบว่า มีระดับความทนเค็มอยู่ระหว่างพ่อแม่ มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 1.01 – 38.91 เปอร์เซ็นต์

และคู่ผสมระหว่าง ‘อินเดีย’ × ‘ไต้หวัน’ และ ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Pink Acid’ พบว่า มีระดับความทนเค็มต่ำกว่าพ่อแม่ มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 35.1 – 38.2 เปอร์เซ็นต์

คู่ผสมระหว่างแม่พันธุ์ที่ไม่ทนเค็มกับพ่อพันธุ์ที่ทนเค็ม คือ ‘จีนกแดง’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘จีนกแดง’ × ‘Beaumont’, ‘กลมสาลี’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘กลมสาลี’ × ‘Beaumont’, ‘ไต้หวัน’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Beaumont’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘พจ.12-102’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Pink Acid’ × ‘ฝรั่งไทย’ และ ‘Pink Acid’ × ‘Okinawa’ พบว่า มีระดับความทนเค็มสูงกว่าพ่อแม่ มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 7.5 – 21.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคู่ผสมระหว่าง ‘จีนกแดง’ × ‘อินเดีย’, ‘จีนกแดง’ × ‘Xa’Li’, ‘จีนกแดง’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Kona 1’ × ‘อินเดีย’, ‘Kona 1’ × ‘Xa’Li’, ‘Kona 1’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Kona 1’ × ‘Beaumont’, ‘Kona 1’ × ‘Okinawa’, ‘กลมสาลี’ × ‘อินเดีย’, ‘กลมสาลี’ × ‘Xa’Li’, ‘กลมสาลี’ × ‘Okinawa’, ‘กลมสาลี’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘ไต้หวัน’ × ‘อินเดีย’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Okinawa’, ‘แดงสยาม’ × ‘อินเดีย’, ‘แดงสยาม’ × ‘Xa’Li’, ‘แดงสยาม’ × ‘Beaumont’, ‘แดงสยาม’ × ‘Okinawa’, ‘พจ.12-102’ × ‘อินเดีย’, ‘พจ.12-102’ × ‘Beaumont’, ‘พจ.12-102’ × ‘Okinawa’, ‘พจ.12-102’ × ‘Alla Habad Safeda’, และ ‘Pink Acid’ × ‘อินเดีย’ พบว่า มีระดับความทนเค็มอยู่ระหว่างพ่อแม่ มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 8.9 – 83.6 เปอร์เซ็นต์ และคู่ผสมระหว่าง ‘จีนกแดง’ × ‘Okinawa’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Xa’Li’, ‘แดงสยาม’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘แดงสยาม’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘พจ.12-102’ × ‘Xa’Li’, ‘Pink Acid’ × ‘Xa’Li’, ‘Pink Acid’ × ‘Beaumont’, และ ‘Pink Acid’ × ‘Alla Habad Safeda’ พบว่า มีระดับความทนเค็มต่ำกว่าพ่อแม่มีระดับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย ตั้งแต่ 14.1 – 87.1 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือในลักษณะทนดินเค็มของลูกผสม และ พ่อแม่พันธุ์ ระหว่างคู่ผสมต่าง ๆ 169 คู่ผสม

คู่ผสม	แม่พันธุ์	พ่อพันธุ์	ลูกผสม
‘อินเดีย’ ⊗	1.8	1.8	1.8
‘อินเดีย’ × ‘Xa’Li’	1.8	14.3	9.8
‘อินเดีย’ × ‘ฝรั่งไทย’	1.8	27.5	21.6
‘อินเดีย’ × ‘Beaumont’	1.8	13.8	4.8
‘อินเดีย’ × ‘จีนกแดง’	1.8	84.2	28.0

ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	แม่พันธุ์	พ่อพันธุ์	ลูกผสม
'อินเดีย' × 'Kona 1'	1.8	57.2	11.4
'อินเดีย' × 'Okinawa'	1.8	12.0	7.3
'อินเดีย' × 'กลมสาตี'	1.8	73.4	24.6
'อินเดีย' × 'ใต้หวัน'	1.8	31.1	38.2
'อินเดีย' × 'แดงสยาม'	1.8	58.8	30.2
'อินเดีย' × 'Alla Habad Safeda'	1.8	25.8	21.7
'อินเดีย' × 'พจ.12-102'	1.8	36.1	1.0
'อินเดีย' × 'Pink Acid'	1.8	35.1	5.9
'Xa'Li' × 'อินเดีย'	14.3	1.8	27.3
'Xa'Li' ⊗	14.3	14.3	14.3
'Xa'Li' × 'ฝรั่งไทย'	14.3	27.5	26.0
'Xa'Li' × 'Beaumont'	14.3	13.8	1.9
'Xa'Li' × 'จีนแดง'	14.3	84.2	33.0
'Xa'Li' × 'Kona 1'	14.3	57.2	25.9
'Xa'Li' × 'Okinawa'	14.3	12.0	27.2
'Xa'Li' × 'กลมสาตี'	14.3	73.4	0.4
'Xa'Li' × 'ใต้หวัน'	14.3	31.1	14.4
'Xa'Li' × 'แดงสยาม'	14.3	58.8	51.2
'Xa'Li' × 'Alla Habad Safeda'	14.3	25.8	46.4
'Xa'Li' × 'พจ.12-102'	14.3	36.1	17.4
'Xa'Li' × 'Pink Acid'	14.3	35.1	21.5
'ฝรั่งไทย' × 'อินเดีย'	27.5	1.8	39.2
'ฝรั่งไทย' × 'Xa'Li'	27.5	14.3	27.3
'ฝรั่งไทย' ⊗	27.5	27.5	27.5
'ฝรั่งไทย' × 'Beaumont'	27.5	13.8	22.0
'ฝรั่งไทย' × 'จีนแดง'	27.5	84.2	58.9

ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	แม่พันธุ์	พ่อพันธุ์	ลูกผสม
'ฝรั่งไทย' × 'Kona 1'	27.5	57.2	29.9
'ฝรั่งไทย' × 'Okinawa'	27.5	12.0	18.1
'ฝรั่งไทย' × 'กลมสาเลี'	27.5	73.4	38.9
'ฝรั่งไทย' × 'ใต้หวัน'	27.5	31.1	12.6
'ฝรั่งไทย' × 'แดงสยาม'	27.5	58.8	24.8
'ฝรั่งไทย' × 'Alla Habad Safeda'	27.5	25.8	26.0
'ฝรั่งไทย' × 'พจ.12-102'	27.5	36.1	7.6
'ฝรั่งไทย' × 'Pink Acid'	27.5	35.1	35.1
'Beaumont' × 'อินเดีย'	13.8	1.8	6.6
'Beaumont' × 'Xa'Li'	13.8	14.3	12.6
'Beaumont' × 'ฝรั่งไทย'	13.8	27.5	17.7
'Beaumont' ⊗	13.8	13.8	13.8
'Beaumont' × 'จีนกแดง'	13.8	84.2	28.5
'Beaumont' × 'Kona 1'	13.8	57.2	11.4
'Beaumont' × 'Okinawa'	13.8	12.0	13.7
'Beaumont' × 'กลมสาเลี'	13.8	73.4	16.6
'Beaumont' × 'ใต้หวัน'	13.8	31.1	17.6
'Beaumont' × 'แดงสยาม'	13.8	58.8	21.1
'Beaumont' × 'Alla Habad Safeda'	13.8	25.8	17.2
'Beaumont' × 'พจ.12-102'	13.8	36.1	11.7
'Beaumont' × 'Pink Acid'	13.8	35.1	11.2
'จีนกแดง' × 'อินเดีย'	84.2	1.8	76.7
'จีนกแดง' × 'Xa'Li'	84.2	14.3	83.6
'จีนกแดง' × 'ฝรั่งไทย'	84.2	27.5	16.7
'จีนกแดง' × 'Beaumont'	84.2	13.8	13.2
'จีนกแดง' × 'จีนกแดง'	84.2	84.2	84.2

ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	แม่พันธุ์	พ่อพันธุ์	ลูกผสม
'จีนกแดง' × 'Kona 1'	84.2	57.2	64.3
'จีนกแดง' × 'Okinawa'	84.2	12.0	87.1
'จีนกแดง' × 'กลมสาลี'	84.2	73.4	70.6
'จีนกแดง' × 'ไต้หวัน'	84.2	31.1	62.5
'จีนกแดง' × 'แดงสยาม'	84.2	58.8	28.3
'จีนกแดง' × 'Alla Habad Safeda'	84.2	25.8	68.6
'จีนกแดง' × 'พจ.12-102'	84.2	36.1	42.7
'จีนกแดง' × 'Pink Acid'	84.2	35.1	69.8
'Kona 1' × 'อินเดีย'	57.2	1.8	19.2
'Kona 1' × 'Xa'Li'	57.2	14.3	40.9
'Kona 1' × 'ฝรั่งไทย'	57.2	27.5	28.9
'Kona 1' × 'Beaumont'	57.2	13.8	27.9
'Kona 1' × 'จีนกแดง'	57.2	84.2	27.3
'Kona 1' ⊗	57.2	57.2	56.7
'Kona 1' × 'Okinawa'	57.2	12.0	49.5
'Kona 1' × 'กลมสาลี'	57.2	73.4	81.7
'Kona 1' × 'ไต้หวัน'	57.2	31.1	49.3
'Kona 1' × 'แดงสยาม'	57.2	58.8	22.7
'Kona 1' × 'Alla Habad Safeda'	57.2	25.8	27.3
'Kona 1' × 'พจ.12-102'	57.2	36.1	61.4
'Kona 1' × 'Pink Acid'	57.2	35.1	39.4
'Okinawa' × 'อินเดีย'	12.0	1.8	22.9
'Okinawa' × 'Xa'Li'	12.0	14.3	10.7
'Okinawa' × 'ฝรั่งไทย'	12.0	27.5	19.5
'Okinawa' × 'Beaumont'	12.0	13.8	11.7
'Okinawa' × 'จีนกแดง'	12.0	84.2	33.4

ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	แม่พันธุ์	พ่อพันธุ์	ลูกผสม
'Okinawa' × 'Kona 1'	12.0	57.2	16.3
'Okinawa' ⊗	12.0	12.0	12.0
'Okinawa' × 'กลมสาลี'	12.0	73.4	15.6
'Okinawa' × 'ไต้หวัน'	12.0	31.1	5.6
'Okinawa' × 'แดงสยาม'	12.0	58.8	7.7
'Okinawa' × 'Alla Habad Safeda'	12.0	25.8	55.3
'Okinawa' × 'พจ.12-102'	12.0	36.1	14.3
'Okinawa' × 'Pink Acid'	12.0	35.1	9.9
'กลมสาลี' × 'อินเดีย'	73.4	1.8	35.1
'กลมสาลี' × 'Xa'Li'	73.4	14.3	29.2
'กลมสาลี' × 'ฝรั่งไทย'	73.4	27.5	15.9
'กลมสาลี' × 'Beaumont'	73.4	13.8	9.6
'กลมสาลี' × 'จีนกแดง'	73.4	84.2	19.9
'กลมสาลี' × 'Kona 1'	73.4	57.2	31.7
'กลมสาลี' × 'Okinawa'	73.4	12.0	53.7
'กลมสาลี' ⊗	73.4	73.4	73.4
'กลมสาลี' × 'ไต้หวัน'	73.4	31.1	68.4
'กลมสาลี' × 'แดงสยาม'	73.4	58.8	42.2
'กลมสาลี' × 'Alla Habad Safeda'	73.4	25.8	37.7
'กลมสาลี' × 'พจ.12-102'	73.4	36.1	5.1
'กลมสาลี' × 'Pink Acid'	73.4	35.1	67.9
'ไต้หวัน' × 'อินเดีย'	31.1	1.8	8.9
'ไต้หวัน' × 'Xa'Li'	31.1	14.3	36.6
'ไต้หวัน' × 'ฝรั่งไทย'	31.1	27.5	7.5
'ไต้หวัน' × 'Beaumont'	31.1	13.8	7.9
'ไต้หวัน' × 'จีนกแดง'	31.1	84.2	35.5

ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	แม่พันธุ์	พ่อพันธุ์	ลูกผสม
'ไต้หวัน' × 'Kona 1'	31.1	57.2	17.4
'ไต้หวัน' × 'Okinawa'	31.1	12.0	29.3
'ไต้หวัน' × 'กลมสาตี'	31.1	73.4	16.7
'ไต้หวัน' ⊗	31.1	31.1	31.1
'ไต้หวัน' × 'แดงสยาม'	31.1	58.8	13.9
'ไต้หวัน' × 'Alla Habad Safeda'	31.1	25.8	10.6
'ไต้หวัน' × 'พจ.12-102'	31.1	36.1	6.5
'ไต้หวัน' × 'Pink Acid'	31.1	35.1	12.2
'แดงสยาม' × 'อินเดีย'	58.8	1.8	32.5
'แดงสยาม' × 'Xa'Li'	58.8	14.3	43.9
'แดงสยาม' × 'ฝรั่งไทย'	58.8	27.5	26.8
'แดงสยาม' × 'Beaumont'	58.8	13.8	27.1
'แดงสยาม' × 'จีนกแดง'	58.8	84.2	14.9
'แดงสยาม' × 'Kona 1'	58.8	57.2	23.5
'แดงสยาม' × 'Okinawa'	58.8	12.0	37.4
'แดงสยาม' × 'กลมสาตี'	58.8	73.4	33.3
'แดงสยาม' × 'ไต้หวัน'	58.8	31.1	14.7
'แดงสยาม' ⊗	58.8	58.8	58.8
'แดงสยาม' × 'Alla Habad Safeda'	58.8	25.8	14.1
'แดงสยาม' × 'พจ.12-102'	58.8	36.1	13.3
'แดงสยาม' × 'Pink Acid'	58.8	35.1	23.4
'Alla Habad Safeda' × 'อินเดีย'	25.8	1.8	2.9
'Alla Habad Safeda' × 'Xa'Li'	25.8	14.3	9.3
'Alla Habad Safeda' × 'ฝรั่งไทย'	25.8	27.5	27.3
'Alla Habad Safeda' × 'Beaumont'	25.8	13.8	11.9
'Alla Habad Safeda' × 'จีนกแดง'	25.8	84.2	33.5

ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	แม่พันธุ์	พ่อพันธุ์	ลูกผสม
'Alla Habad Safeda' × 'Kona 1'	25.8	57.2	53.9
'Alla Habad Safeda' × 'Okinawa'	25.8	12.0	12.1
'Alla Habad Safeda' × 'กลมสาดี'	25.8	73.4	18.1
'Alla Habad Safeda' × 'ไต้หวัน'	25.8	31.1	20.9
'Alla Habad Safeda' × 'แดงสยาม'	25.8	58.8	4.6
'Alla Habad Safeda' ⊗	25.8	25.8	25.8
'Alla Habad Safeda' × 'พจ.12-10'	25.8	36.1	1.7
'Alla Habad Safeda' × 'Pink Acid'	25.8	35.1	26.0
'พจ.12-102' × 'อินเดีย'	36.1	1.8	12.9
'พจ.12-102' × 'Xa'Li'	36.1	14.3	53.7
'พจ.12-102' × 'ฝรั่งไทย'	36.1	27.5	21.2
'พจ.12-102' × 'Beaumont'	36.1	13.8	24.4
'พจ.12-102' × 'จีนกแดง'	36.1	84.2	63.4
'พจ.12-102' × 'Kona 1'	36.1	57.2	9.8
'พจ.12-102' × 'Okinawa'	36.1	12.0	17.9
'พจ.12-102' × 'กลมสาดี'	36.1	73.4	12.1
'พจ.12-102' × 'ไต้หวัน'	36.1	31.1	4.9
'พจ.12-102' × 'แดงสยาม'	36.1	58.8	15.2
'พจ.12-102' × 'Alla Habad Safed'	36.1	25.8	27.8
'พจ.12-102' ⊗	36.1	36.1	36.1
'พจ.12-102' × 'Pink Acid'	36.1	35.1	27.3
'Pink Acid' × 'อินเดีย'	35.1	1.8	28.8
'Pink Acid' × 'Xa'Li'	35.1	14.3	36.5
'Pink Acid' × 'ฝรั่งไทย'	35.1	27.5	14.2
'Pink Acid' × 'Beaumon'	35.1	13.8	56.6
'Pink Acid' × 'จีนกแดง'	35.1	84.2	46.5

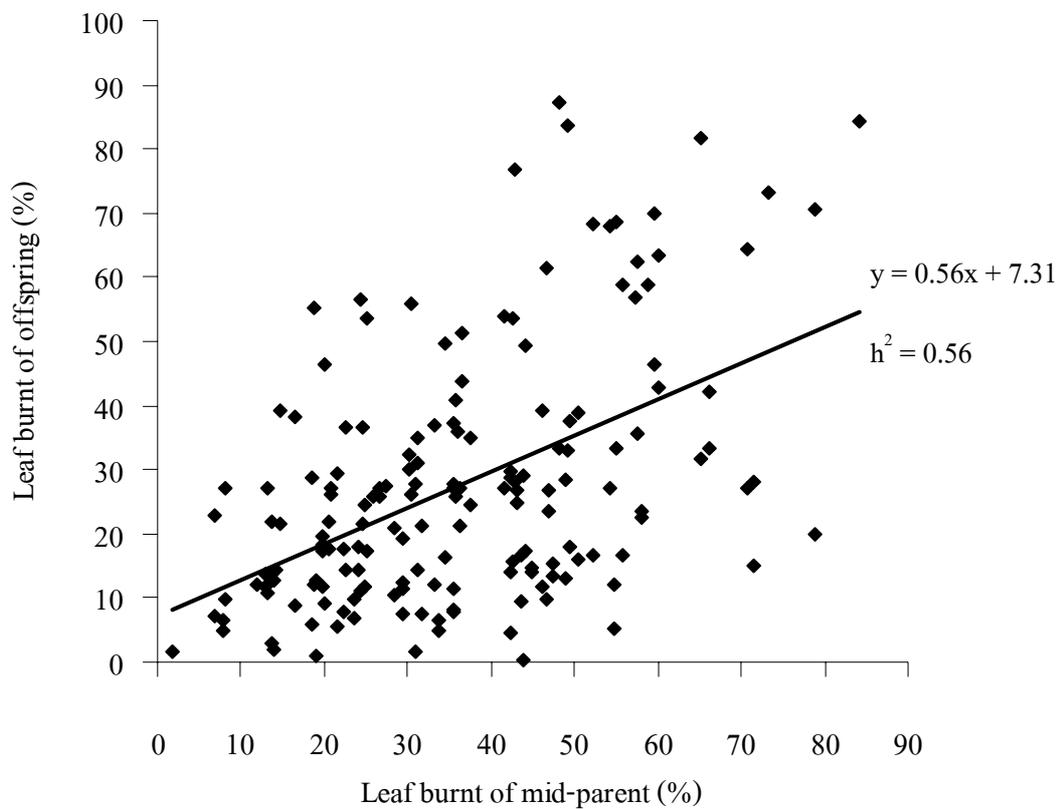
ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	แม่พันธุ์	พ่อพันธุ์	ลูกผสม
'Pink Acid' × 'Kona 1'	35.1	57.2	11.8
'Pink Acid' × 'Okinawa'	35.1	12.0	6.9
'Pink Acid' × 'กลมสาถี่'	35.1	73.4	27.3
'Pink Acid' × 'ไต้หวัน'	35.1	31.1	37.0
'Pink Acid' × 'แดงสยาม'	35.1	58.8	26.7
'Pink Acid' × 'Alla Habad Safeda'	35.1	25.8	55.8
'Pink Acid' × 'พจ.12-102'	35.1	36.1	8.1
'Pink Acid' ⊗	35.1	35.1	35.1

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือ  $\leq 30\%$  = ทนทานเกลือ

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือ  $> 30\%$  = ไม่ทนทานเกลือ

การประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแบบแคบ (narrow sense heritability,  $h^2$ ) ของลักษณะการทนดินเค็มในฝรั่งลูกผสม โดยใช้วิธีการหาค่ารีเกรชันระหว่างการแสดงออกของลูกผสมกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ (mid-parent and offspring regression) ซึ่งวิเคราะห์ได้จากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือของพันธุ์พ่อและแม่ที่ได้จากการผสมตัวเอง รวมกันเป็นตัวแปรอิสระ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือของลูกผสมตรงและลูกผสมสลับเป็นตัวแปรตาม แล้วหาสัมประสิทธิ์ของรีเกรชันของลูกผสมตรงและลูกผสมสลับบนค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ พบว่า มีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเท่ากับ 56 ( $h^2 = 0.56$ ) (ภาพที่ 1) แสดงว่า ลักษณะการทนดินเค็มของฝรั่งที่ศึกษานี้ มีความสามารถในการถ่ายทอดได้ดีปานกลาง



**ภาพที่ 1** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลูกผสมกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ (mid-parent and offspring regression) จากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือ โดยสมการเส้นตรงรีเกรชัน คือ  $y = 0.56x + 7.31$ ,  $x$  = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์,  $y$  = ค่าของลูกผสม

## วิจารณ์

จากการนำต้นลูกผสมฝรั่งมาทดสอบความทนเค็ม (ภาพผนวกที่ 1) พบว่า ต้นลูกผสมแสดงอาการใบไหม้อย่างชัดเจนเมื่อได้รับสารละลายเกลือ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งลักษณะที่สังเกตเห็นได้ง่าย คือ ใบไหม้ (ภาพผนวกที่ 2) สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการใบไหม้เนื่องมาจากการสะสมโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) และคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) ที่มากเกินไปจนทำให้เกิดความเป็นพิษ (Francois and Maas, 1994) อาการใบไหม้ที่พบมักเกิดกับใบล่างที่มีอายุมากกว่า อาจเป็นกลไกของพืชที่ต้องการปลดปล่อยเกลือออกไป โดยมีการเคลื่อนย้าย  $\text{Na}^+$  จากใบอ่อนไปยังใบแก่เพื่อที่จะหลุดร่วงไป (อรุณี และ สมศรี, 2540) และอาการใบไหม้มักจะเกิดจากบริเวณปลายใบหรือขอบใบก่อน อาจเนื่องมาจากบริเวณนี้เป็นปลายทางสุดของท่อลำเลียงที่น้ำและไอออนเคลื่อนที่มาและเป็นบริเวณที่น้ำสามารถระเหยได้อย่างรวดเร็ว เมื่อน้ำระเหยไปจะทำให้ความเข้มข้นของไอออนสูงขึ้นหลายเท่า โดยเฉพาะ  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ทำให้เกิดความเป็นพิษและเนื้อเยื่อขอบใบหรือปลายใบตายไป (necrosis) (ยงยุทธ, 2546; Fitzgerald and Allaway, 1991)

พืชแต่ละชนิดหรือแต่ละพันธุ์มีความสามารถในการทนทานเกลือได้แตกต่างกัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549) ซึ่งวัชรพล (2547) ได้รายงานไว้ว่า ฝรั่งพันธุ์ 'กลมสาเล่' หลังจากได้รับเกลือ NaCl ที่  $16 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  พบปริมาณ  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ในใบสูงจนเป็นพิษ โดยเกิดอาการใบไหม้อย่างรุนแรงจนกระทั่งต้นตาย ในขณะที่พันธุ์ 'Okinawa' ตรวจสอบปริมาณของ  $\text{Cl}^-$  ในใบ 1.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับสูงแต่ไม่เกิดใบไหม้ และสุรพล (2547) รายงานว่า ฝรั่งพันธุ์ 'พจ.13-10' ที่ได้รับ NaCl ที่ 30 และ 90 mM มีการสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ในส่วนของใบสูงกว่าในส่วนของรากและลำต้นแต่ไม่พบอาการใบไหม้ ในขณะที่ฝรั่งพันธุ์ 'กลมสาเล่' ที่ได้รับ NaCl ความเข้มข้น 30 mM มีการสะสมในส่วนของรากมากกว่าลำต้นและใบ ส่วนที่ได้รับ NaCl 90 mM พบอาการใบไหม้และมีการสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ที่ใบมากกว่าส่วนอื่น ๆ

จากรายงานข้างต้น แสดงให้เห็นว่า พันธุ์ที่ทนทานเกลือจะสามารถทนต่อการสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ในเนื้อเยื่อได้ จึงทำให้ไม่เกิดอาการใบไหม้หรือมีอาการใบไหม้น้อยหรือพันธุ์ที่ทนทานเกลือมีการนำเกลือไปเก็บสะสมไว้ในแวคคิวโอล (vacuole) ของใบ เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อเอนไซม์ (enzyme) และออร์แกเนลล์ (organelle) ต่าง ๆ ในไซโทพลาสซึม (cytoplasm) (สุรพล, 2547) ส่วนพันธุ์ที่ไม่ทนทานเกลือจะมีกลไก salt exclusion เพื่อป้องกันการสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ในส่วนของใบ (Greenway and Munns, 1980) ซึ่งกลไกนี้จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ความ

เข้มข้นของเกลือในระดับที่ไม่สูงมากอยู่ที่ประมาณ  $8-12 \text{ dS.m}^{-1}$  แต่ที่ความเข้มข้น  $16 \text{ dS.m}^{-1}$  กลไก salt exclusion ไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเคลื่อนย้าย  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ไปที่ใบจนเกิดอาการใบไหม้ (สุรพล, 2547) แต่ก็มีความเป็นไปได้ว่า พันธุ์ที่นำมาผสมกัน ลูกผสมที่ทนทานเกลืออาจมีความสามารถทนต่อการสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ในเนื้อเยื่อได้และมีกลไก salt exclusion เพื่อป้องกันการสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ในส่วนของใบร่วมด้วย แต่ปัจจัยหลักน่าจะมาจากการมีเนื้อเยื่อที่ทนทานเกลือและมีการนำเกลือไปเก็บสะสมไว้ในแวคิวโอลของใบมากกว่า เพราะกลไก salt exclusion จะมีประสิทธิภาพต่ำที่ความเข้มข้นของเกลือในระดับสูง

การนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ยเนื่องจากผลของเกลือไปทำการวิเคราะห์ผล ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากข้อมูลผลต่างของเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่ให้เกลือโซเดียมคลอไรด์ ( $16 \text{ dS.m}^{-1}$ ) กับกลุ่มที่ไม่ให้เกลือ (control) และการนับจำนวนใบไหม้ที่นับเฉพาะใบที่ไหม้มากกว่า 25% ของพื้นที่ใบนั้น เนื่องจากการทดลอง พบว่า กลุ่มที่ไม่ให้เกลือมีอาการใบไหม้ด้วย ซึ่งอาการใบไหม้ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มที่ไม่ให้เกลือนี้เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมและไม่ได้เกี่ยวข้องกับผลของเกลือ ดังนั้นจึงต้องกำจัดส่วนที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลของสภาพแวดล้อมออกไปเพื่อให้อาการใบไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการได้รับเกลือโดยตรง จึงต้องหาผลต่างของเปอร์เซ็นต์ใบไหม้ทั้ง 2 กลุ่ม และจากการเกิดอาการใบไหม้ของกลุ่มที่ไม่ให้เกลือส่วนใหญ่มีอาการไหม้น้อยกว่า 25% ของพื้นที่ใบ ซึ่งเป็นอาการใบไหม้ที่ไม่รุนแรงมากโดยแสดงอาการไหม้ภายในใบเพียงเล็กน้อยหรือไม่เกิน 25% ของพื้นที่ใบ (ไม่เกิน 1 ใน 4 ส่วน ของพื้นที่ใบ) จึงไม่ควรนำใบส่วนนี้มานับเป็นจำนวนใบไหม้ด้วย เพราะอาจทำให้เกิดปัญหาในการวิเคราะห์ได้ เช่น ในกลุ่มผสมเดี่ยว พบว่า ต้นที่ไม่ให้เกลือมีจำนวนใบไหม้ 30 ใบโดยแสดงอาการไหม้ที่ปลายใบเพียงเล็กน้อย จากจำนวนใบทั้งหมด 40 ใบ ส่วนต้นที่ได้รับเกลือมีจำนวนใบไหม้ 30 ใบ แต่แสดงอาการไหม้หมดทั้งแผ่นใบ จากจำนวนใบทั้งหมด 40 ใบ เช่นเดียวกัน ซึ่งถ้านำมาหาใบไหม้เนื่องจากผลของเกลือจะพบว่า กลุ่มผสมนี้ไม่แสดงอาการใบไหม้เลย ดังนั้นในการทดลองนี้จึงกำหนดให้ใบที่ไหม้ไม่เกิน 25% ของพื้นที่ใบและใบที่ไม่ไหม้เป็นใบปกติ และจำนวนใบที่ไหม้มากกว่า 25% ของพื้นที่ใบ ซึ่งแสดงเป็นอาการใบไหม้ที่ค่อนข้างรุนแรงถึงขั้นรุนแรงมากเป็นใบไหม้

การทดลองได้กำหนดความทนทานเกลือโดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ใบไหม้เฉลี่ยเนื่องจากผลของเกลือที่กำหนดว่า ถ้าใบไหม้เฉลี่ยเนื่องจากผลของเกลือมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30% จัดให้เป็นกลุ่มผสมหรือพันธุ์ที่ทนทานเกลือ แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 30% จัดให้เป็นกลุ่มผสมหรือพันธุ์ที่ไม่ทนทานเกลือ นั้น การกำหนดความทนทานเกลือนี้ได้พิจารณาจากวิธีการประเมินความทนทานเกลือของ

วัชรพล (2548) ที่ประเมินโดยการให้คะแนนจากการเกิดอาการใบไหม้ โดยต้นฝรั่งที่มีอาการใบไหม้ในต้นมากกว่า 30% ขึ้นไปถูกจัดเป็นพันธุ์ที่ไม่ทนทานเกลือ ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 0-2 ดังนั้น การกำหนดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์จะให้ข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ที่แม่นยำกว่าการให้เป็นคะแนน เพราะคะแนนจะถูกพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ที่มีการกำหนดเป็นช่วง เช่น ช่วงระหว่าง 30% ถึง 50% ให้คะแนนเท่ากับ 2 เป็นต้น ซึ่งพันธุ์ที่ได้คะแนนเท่ากันอาจมีเปอร์เซ็นต์ที่ไม่เท่ากันก็ได้ แต่การให้เป็นเปอร์เซ็นต์จะสามารถบอกความทนทานเกลือของพันธุ์หรือคู่ผสมนั้น ๆ ได้โดยตรง

จากการวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมในความสามารถการรวมตัว (combining ability) ของฝรั่งลูกผสม จำนวน 169 คู่ผสม พบว่า ทั้งความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) ซึ่งเป็นการแสดงปฏิกิริยาของยีนแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene action) ที่รวมอิทธิพลของยีนแบบข่ม (dominant gene action) และปฏิกิริยาของยีนต่างตำแหน่ง (epistasis) และอิทธิพลเนื่องจากการผสมสลับ (RCE) ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงว่า บทบาทการทำงานของยีนที่ควบคุมลักษณะการทนเค็มของพันธุ์ฝรั่งที่นำมาศึกษานี้ มีอิทธิพลของยีนทั้งแบบเป็นผลบวก (additive gene effect) แบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene effect) และมีอิทธิพลของพันธุกรรมจากฝ่ายแม่ (maternal effect หรือ maternal inheritance) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย แต่อิทธิพลของยีนแบบผลบวกมีบทบาทสำคัญต่อลักษณะทนเค็มมากกว่า โดยพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการรวมตัวทั่วไปต่อความสามารถในการรวมตัวเฉพาะต่ออิทธิพลเนื่องจากการผสมสลับ (GCA: SCA: REC) ที่มีค่าเท่ากับ 8: 1: 1.4 ซึ่งบทบาทการทำงานของยีนแบบผลบวกที่ควบคุมลักษณะทนเค็มของฝรั่งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ เพราะเป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ โดยพันธุกรรมแบบผลบวกสามารถคาดการณ์ได้สูงจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง (กฤษฎา, 2546) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า ลักษณะทนเค็มของฝรั่งมีอิทธิพลของยีนแบบเป็นผลบวก (additive gene effect) เป็นอิทธิพลหลักที่มีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดมากกว่าอิทธิพลของยีนชนิดอื่น และมีบทบาทมากกว่าอิทธิพลของฝ่ายแม่ (maternal effect) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับพีชอื่น ๆ เช่นกัน เช่น การทดลองของ สำเรียง (2532) ที่รายงานไว้ว่า ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบบวกสะสมและไม่เป็นบวกสะสมควบคุมลักษณะการทนเค็มในข้าว แต่อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมมีความสำคัญมากกว่า และสอดคล้องกับงานทดลองของ Jones (1985) ซึ่งกล่าวว่า ปฏิกิริยาของยีนแบบบวกสะสมมีความสำคัญมากกว่าปฏิกิริยาของยีนแบบไม่เป็นบวกสะสมของลักษณะทนเค็มในข้าว

จากการวิเคราะห์อิทธิพลของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) เนื่องจากความทนดินเค็มพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ใบไหม้ของฝรั่งทั้ง 13 พันธุ์ พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยทั่ว ๆ ไปของเปอร์เซ็นต์ใบไหม้ เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ (general mean) น้อยที่สุดจะมีระดับความทนทานเกลือมากที่สุด ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับค่า GCA โดยพันธุ์ที่มีค่า GCA น้อยที่สุดหรือมีค่าติดลบมากจะมีระดับความทนทานเกลือมากที่สุด เห็นได้ว่า พันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปดี มีระดับความทนทานเกลือสูงเป็นอันดับ 1- 6 คือ ‘Beaumont’, ‘อินเดีย’, ‘พจ.12-102’, ‘Okinawa’, ‘ไต้หวัน’ และ ‘ฝรั่งไทย’ ตามลำดับ โดย ‘Beaumont’, ‘อินเดีย’, ‘Okinawa’ และ ‘ฝรั่งไทย’ เป็นพันธุ์ทนทานเกลือ เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ แล้วก็สามารถให้ลูกผสมที่มีความทนดินเค็มสูง ส่วน ‘พจ.12-102’ และ ‘ไต้หวัน’ เป็นพันธุ์ไม่ทนทานเกลือแต่เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ สามารถให้ลูกผสมที่มีความทนเค็มสูงได้ ส่วน ‘Pink Acid’, ‘Kona 1’, ‘กลมสาเล่’ และ ‘จ๊ีนกแดง’ จัดเป็นพันธุ์ที่ไม่ทนทานเกลือ เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ แล้วยังคงให้ลูกผสมที่มีระดับความทนเค็มต่ำ สำหรับ ‘Alla Habad Safeda’, ‘แดงสยาม’ และ ‘Xa’Li’ นั้นมีค่า GCA ไม่แตกต่างทางสถิติ (ns) แสดงว่า เมื่อผสมกับพันธุ์อื่น ๆ แล้วจะให้ลูกผสมที่มีความทนเค็มปานกลาง

จากการวิเคราะห์อิทธิพลของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) เห็นได้ว่า กลุ่มผสมที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะดี มีจำนวน 36 กลุ่มผสม คือ ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘แดงสยาม’, ‘Xa’Li’ × ‘กลมสาเล่’, ‘กลมสาเล่’ × ‘พจ.12-102’, ‘Beaumont’ × ‘จ๊ีนกแดง’, ‘Okinawa’ × ‘Pink Acid’, ‘แดงสยาม’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Xa’Li’ ⊗, ‘อินเดีย’ × ‘Kona 1’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘กลมสาเล่’, ‘ไต้หวัน’ × ‘พจ.12-102’, ‘Beaumont’ × ‘กลมสาเล่’, ‘Kona 1’ × ‘แดงสยาม’, ‘Kona 1’ × ‘Pink Acid’, ‘อินเดีย’ ⊗, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘ไต้หวัน’, ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Kona 1’, ‘Xa’Li’ × ‘Beaumont’, ‘ไต้หวัน’ × ‘แดงสยาม’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘จ๊ีนกแดง’, Okinawa ⊗, ‘แดงสยาม’ × ‘พจ.12-102’, ‘อินเดีย’ × ‘พจ.12-102’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘กลมสาเล่’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘อินเดีย’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘พจ.12-102’ × ‘Pink Acid’, ‘อินเดีย’ × ‘Pink Acid’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘พจ.12-102’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘กลมสาเล่’, ‘Xa’Li’ × ‘Okinawa’, ‘แดงสยาม’ × ‘Pink Acid’, ‘Beaumont’ × ‘Kona 1’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘พจ.12-102’, ‘อินเดีย’ × ‘Beaumont’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Pink Acid’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Kona 1’, ‘Okinawa’ × ‘ไต้หวัน’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Okinawa’ และ ‘อินเดีย’ × ‘Xa’Li’ และกลุ่มผสมที่มีค่าสูงที่สุด คือ ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘แดงสยาม’ รองลงมา คือ ‘Xa’Li’ × ‘กลมสาเล่’ และ ‘กลมสาเล่’ × ‘พจ.12-102’ ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มผสมที่มีค่า SCA ที่ดินนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นกลุ่มผสมที่ดีเสมอไป เพราะการเลือกกลุ่มผสมที่ดีต้องมีการนำค่า GCA และ ค่า REC มาพิจารณาร่วมด้วย นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงอัตราส่วนระหว่าง GCA: SCA: REC

ด้วย คือ ถ้า GCA มีอัตราส่วนมากกว่า SCA และ REC มักจะใช้ค่า GCA เป็นหลักในการพิจารณาลักษณะทนเค็ม

จากผลการพิจารณาอิทธิพลเนื่องจากการผสมสลับ (REC) ซึ่งเห็นได้ว่า กลุ่มสมที่มีค่าอิทธิพลของการผสมสลับเป็นลบ มีจำนวน 32 กลุ่มสม เรียงตามลำดับ คือ ‘จีนกแดง’ × ‘Xa’Li’, ‘จีนกแดง’ × ‘อินเดีย’, ‘Pink Acid’ × ‘Beaumont’, ‘กลมสาตี’ × ‘Okinawa’, ‘พจ.12-102’ × ‘Xa’Li’, ‘Pink Acid’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘แดงสยาม’ × ‘Okinawa’, ‘กลมสาตี’ × ‘Xa’Li’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Kona 1’, ‘พจ.12-102’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Pink Acid’ × ‘ไต้หวัน’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Okinawa’, ‘Pink Acid’ × ‘อินเดีย’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Xa’Li’, ‘พจ.12-102’ × ‘จีนกแดง’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘อินเดีย’, ‘Xa’Li’ × ‘อินเดีย’, ‘Kona 1’ × ‘Beaumont’, ‘Okinawa’ × ‘อินเดีย’, ‘Kona 1’ × ‘Xa’Li’, ‘Pink acid’ × ‘Xa’Li’, ‘พจ.12-102’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘พจ.12-102’ × ‘Beaumont’, ‘พจ.12-102’ × ‘อินเดีย’, ‘Beaumont’ × ‘Xa’Li’, ‘กลมสาตี’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Kona 1’ × ‘อินเดีย’, ‘พจ.12-102’ × ‘กลมสาตี’, ‘แดงสยาม’ × ‘Beaumont’, ‘พจ.12-102’ × ‘Okinawa’ และ ‘Pink Acid’ × ‘แดงสยาม’ มีค่าเท่ากับ -25.3, -24.4, -22.7, -19.0, -18.2, -14.9, -14.8, -14.4, -13.3, -13.1, -12.4, -11.9, -11.5, -11.1, -10.3, -8.8, -8.7, -8.3, -7.8, -7.5, -7.5, -6.8, -6.3, -6.0, -5.4, -5.2, -5.1, -3.9, -3.5, -3.0, -1.8 และ -1.6 ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มสมที่มีค่า REC เป็นลบ แสดงว่า กลุ่มสมตรงมีความสามารถในการทนเค็มได้ดีกว่ากลุ่มผสมสลับ สำหรับกลุ่มสมที่มีค่าเป็นบวกเรียงตามลำดับ คือ ‘Okinawa’ × ‘จีนกแดง’, ‘ไต้หวัน’ × ‘กลมสาตี’, ‘พจ.12-102’ × ‘Kona 1’, ‘กลมสาตี’ × ‘จีนกแดง’, ‘กลมสาตี’ × ‘Kona 1’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Okinawa’, ‘จีนกแดง’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Pink Acid’ × ‘กลมสาตี’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Xa’Li’, ‘Kona 1’ × ‘จีนกแดง’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘จีนกแดง’, ‘Okinawa’ × ‘Kona 1’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Kona 1’, ‘ไต้หวัน’ × ‘อินเดีย’, ‘Pink Acid’ × ‘Kona 1’, ‘ไต้หวัน’ × ‘จีนกแดง’, ‘Pink Acid’ × ‘จีนกแดง’, ‘กลมสาตี’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Pink Acid’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘กลมสาตี’, ‘Pink Acid’ × ‘พจ.12-102’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘อินเดีย’, ‘Okinawa’ × ‘Xa’Li’, ‘จีนกแดง’ × ‘Beaumont’, ‘แดงสยาม’ × ‘จีนกแดง’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Beaumont’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘แดงสยาม’, ‘แดงสยาม’ × ‘กลมสาตี’, ‘แดงสยาม’ × ‘Xa’Li’, ‘กลมสาตี’ × ‘Beaumont’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Beaumont’, ‘ไต้หวัน’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Beaumont’ × ‘ฝรั่งไทย’ และ ‘Pink Acid’ × ‘Okinawa’ มีค่าเท่ากับ 26.9, 25.8, 25.8, 25.4, 25.0, 21.6, 21.1, 20.3, 18.6, 18.5, 17.6, 16.6, 16.0, 14.7, 13.8, 13.5, 11.7, 11.5, 10.5, 9.8, 9.6, 9.4, 8.2, 7.6, 6.7, 4.8, 4.7, 4.4, 3.6, 3.5,

2.6, 2.6, 2.1 และ 1.5 ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มผสมที่มีค่า REC เป็นบวก แสดงว่ากลุ่มผสมสลัที่มีความสามารถในการทนเค็มได้ดีกว่ากลุ่มผสมตรง

เนื่องจากค่าอิทธิพลของการผสมสลัในแต่ละคู่คำนวณมาจากผลต่างของกลุ่มผสมตรงกับกลุ่มผสมสลัแล้วหารด้วยสอง ดังนั้น กลุ่มผสมที่มีค่าอิทธิพลของการผสมสลัมากจึงเป็นกลุ่มผสมที่มีความแตกต่างของกลุ่มผสมตรงกับกลุ่มผสมสลัมาก ส่วนกลุ่มผสมที่มีค่าน้อยเป็นกลุ่มผสมที่มีความแตกต่างของกลุ่มผสมตรงกับกลุ่มผสมสลัน้อยเช่นเดียวกัน ดังเช่น กลุ่มผสมระหว่าง ‘Xa’Li’ × ‘จ๊ีนกแดง’ (กลุ่มผสมตรง) กับ ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Xa’Li’ (กลุ่มผสมสลั) มีความทนเค็มแตกต่างกันมากและมีค่าเป็นลบโดยกลุ่มผสมระหว่าง ‘Xa’Li’ × ‘จ๊ีนกแดง’ มีความทนเค็ม (32.99%) สูงกว่า ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Xa’Li’ (83.61%) ส่วนกลุ่มผสมระหว่าง ‘แดงสยาม’ × ‘Pink Acid’ (กลุ่มผสมตรง) กับ ‘Pink Acid’ × ‘แดงสยาม’ (กลุ่มผสมสลั) มีความทนเค็มแตกต่างกันน้อยและมีค่าเป็นลบ โดยกลุ่มผสมระหว่าง ‘แดงสยาม × ‘Pink Acid’ (23.37%) มีความทนเค็มสูงกว่า ‘Pink Acid’ × ‘แดงสยาม’ (26.67 %) ส่วนกลุ่มผสมระหว่าง ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Okinawa’ (กลุ่มผสมตรง) กับ ‘Okinawa’ × ‘จ๊ีนกแดง’ (กลุ่มผสมสลั) มีความทนเค็มแตกต่างกันมากและมีค่าเป็นบวกโดยกลุ่มผสมระหว่าง ‘Okinawa’ × ‘จ๊ีนกแดง’ (33.36%) มีความทนเค็มสูง ส่วน ‘จ๊ีนกแดง’ × ‘Okinawa’ มีความทนเค็มต่ำ (87.12%) ส่วนกลุ่มผสมระหว่าง ‘Okinawa’ × ‘Pink Acid’ (กลุ่มผสมตรง) กับ ‘Pink Acid’ × ‘Okinawa’ (กลุ่มผสมสลั) มีความทนเค็มแตกต่างกันน้อยและมีค่าเป็นบวกโดยกลุ่มผสมระหว่าง ‘Pink Acid’ × ‘Okinawa’ (6.85%) มีความทนเค็มสูงกว่า ‘Okinawa’ × ‘Pink Acid’ (9.87%) เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ลักษณะการทนเค็มของลูกผสมที่ได้ของทั้งสายผสมตรงและสายผสมสลั มีอัตราส่วนไม่เท่ากัน ในหลายกลุ่มผสม ซึ่งอิทธิพลที่เกิดจากการผสมสลันั้นอาจเป็นผลมาจาก maternal effect หรือ maternal inheritance ก็ได้ ประดิษฐ์ (2546) กล่าวว่า ลักษณะพันธุกรรมที่มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมในนิวเคลียส การถ่ายทอดพันธุกรรมจะเป็นไปตามกฎของเมนเดล ซึ่งพ่อแม่จะถ่ายทอดพันธุกรรมให้กับลูกได้เท่า ๆ กัน เมื่อมีการผสมระหว่างพ่อแม่ทั้งสายผสมตรง (crossing) และสายผสมสลั (reciprocal cross) ลูกผสมทั้ง 2 สาย ควรมีอัตราส่วนเท่ากัน และลักษณะใดก็ตาม เมื่อมีการผสมระหว่างพ่อแม่ทั้งสายผสมตรงและสายผสมสลัพ่อแม่ ลูกผสมที่ได้ของทั้ง 2 สาย มีอัตราส่วนไม่เท่ากัน และพิสูจน์ไม่ได้ว่าลักษณะพันธุกรรมนี้ถูกควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศหรือไม่ แสดงว่า ลักษณะนั้นอาจควบคุมด้วยยีนนอกนิวเคลียส (extrachomosomal inheritance) ที่เป็นผลมาจากการถ่ายทอดทางแม่ (maternal inheritance) หรือเป็นผลมาจากอิทธิพลของฝ่ายแม่ (maternal effect) ซึ่งประดิษฐ์ (2546) ได้อธิบายว่า ลักษณะที่มีการผสมระหว่างพ่อแม่ทั้งสายผสมตรงและสายผสมสลัพ่อแม่ ถ้าลูกผสมที่ได้ทั้ง 2 สาย แสดงลักษณะออกมาเหมือนกับฝ่ายแม่ตลอดเวลา (maternal inheritance) แสดงว่า ลักษณะดังกล่าวควบคุมด้วยยีนนอกนิวเคลียส เพราะเซลล์สืบพันธุ์

จากฝ่ายแม่จะถ่ายทอดไซโทพลาสซึมให้กับลูกได้ แต่ถ้าเป็นผลมาจาก maternal effect แสดงว่าลักษณะนั้น ไม่ได้ควบคุมด้วยยีนนอกนิวเคลียส แต่ลักษณะที่ปรากฏหรือฟีโนไทป์ของลูกเป็นผลมาจากอิทธิพลของพันธุกรรมหรือยีนโนไทป์ของฝ่ายแม่ ดังนั้นลักษณะการทนเค็มของฝรั่งลูกผสมนี้จึงมีอิทธิพลของพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนนอกนิวเคลียส ที่เป็นผลมาจากการถ่ายทอดทางแม่ (maternal inheritance) หรือมีอิทธิพลของพันธุกรรมจากฝ่ายแม่ (maternal effect) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย แต่ก็เป็นส่วนน้อยเมื่อพิจารณาจากค่าอิทธิของการผสมสลับ (REC) ที่มีเพียง 1.4 เท่านั้น

ถ้าพิจารณาลูกผสมจากการเปรียบเทียบค่า GCA, SCA และ REC โดยไม่คำนึงถึงอัตราส่วนระหว่างค่าทั้ง 3 ที่มีค่าเท่ากับ 8 : 1: 1.4 แล้ว เห็นได้ว่า ลูกผสมที่ดีมีจำนวน 12 คู่ผสม คือ ‘ไต้หวัน’ × ‘พจ.12-102’, ‘พจ.12-102’ × ‘ไต้หวัน’, อินเดีย ⊗, ‘ไต้หวัน’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Okinawa’ ⊗, ‘อินเดีย’ × ‘พจ.12-102’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘พจ.12-102’, ‘อินเดีย’ × ‘Beaumont’, ‘Beaumont’ × ‘อินเดีย’, ‘Okinawa’ × ‘ไต้หวัน’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Okinawa’ และ ‘Okinawa’ × ‘ฝรั่งไทย’ โดยมีหลักการพิจารณา คือ นำพันธุ์ที่มีค่า GCA ที่ดีมาคัดเลือกคู่ผสมที่มีค่า SCA ดี โดยเลือกเฉพาะคู่ผสมที่ได้จากการผสมกันของพันธุ์ที่มีค่า GCA ที่ดีเท่านั้น จากนั้นจึงนำคู่ผสมที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่า REC เพื่อดูความสามารถในการผสมสลับ ถ้าลูกผสมทั้งสายผสมตรงและผสมสลับมีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความสามารถในการทนเค็มได้ดีพอๆ กัน แต่ถ้าลูกผสมมีค่า REC แตกต่างกัน แสดงว่าลูกผสมทั้ง 2 สาย มีความสามารถในการทนเค็มได้ดีไม่เท่ากัน กรณีนี้ให้เลือกสายผสมตรงหรือสายผสมสลับอย่างใดอย่างหนึ่งที่มีความสามารถในการทนเค็มได้ดีกว่าเท่านั้น

จากการพิจารณาค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow sense heritability,  $h^2$ ) ของลักษณะการทนเค็มของฝรั่ง โดยวิธีการหาค่ารีเกรชันระหว่างลูกผสมกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ (mid-parent and offspring regression) มีค่าเท่ากับ 0.56 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากค่าอัตราพันธุกรรมแสดงถึงสัดส่วนความแปรปรวนจากอิทธิพลของพันธุกรรม เมื่อเปรียบเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมด (Falconer and Mackay, 1996) จากการทดลองได้ทำการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ ซึ่งเป็นอิทธิพลของพันธุกรรมที่แสดงความแปรปรวนอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาของยีนแบบผลบวก (additive variance) ซึ่งเป็นส่วนของพันธุกรรมที่สำคัญมีผลทำให้ประชากรมีการตอบสนองต่อการคัดเลือก (พีระศักดิ์, 2525) โดยลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงหรือปานกลาง การแสดงออกของลักษณะนั้นเป็นผลมาจากพันธุกรรมเป็นสำคัญ แสดงว่า การแสดงออกของลักษณะทนเค็มเป็นผลเนื่องมาจากพันธุกรรม 56 เปอร์เซ็นต์ ที่สามารถถ่ายทอดได้ และอีก 44 เปอร์เซ็นต์เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมและพันธุกรรมที่ไม่สามารถถ่ายทอดได้ ซึ่งได้แก่ อิทธิพลของ

พันธุกรรมแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive variance) ดังนั้น ลักษณะการทนเค็มของฝรั่งจึงมี โอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์

จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ต่าง ๆ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของลูกผสมและพ่อแม่พันธุ์แต่ละ คู่ผสม จะเห็นได้ว่า

คู่ผสมระหว่างพันธุ์ที่ทนเค็มด้วยกัน คือ พันธุ์ ‘อินเดีย’ × ‘Xa’Li’, ‘อินเดีย’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘อินเดีย’ × ‘Beaumont’, ‘อินเดีย’ × ‘Okinawa’, ‘อินเดีย’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Xa’Li’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘ฝรั่งไทย’ × Beaumont’, ‘ฝรั่งไทย’ × Okinawa’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Beaumont’ × ‘อินเดีย’, ‘Beaumont’ × ‘Xa’Li’, ‘Beaumont’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Beaumont’ × ‘Okinawa’, ‘Beaumont’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Okinawa’ × ‘Xa’Li’, ‘Okinawa’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Okinawa’ × ‘Beaumont’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘อินเดีย’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Xa’Li’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Beaumont’ และ ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Okinawa’ ยังคงอยู่ในระดับทนเค็ม ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของยีนแบบ บวกสะสมเป็นส่วนใหญ่ ส่วนคู่ผสมระหว่าง ‘Xa’Li’ × ‘Beaumont’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มสูงกว่า พ่อแม่พันธุ์ ซึ่งอาจเกิดจากการทำงานของยีนแบบข่มเกิน (over dominance gene) และคู่ผสมระหว่าง ‘Xa’Li’ × ‘Okinawa’, ‘Xa’Li’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘อินเดีย’, ‘Okinawa’ × ‘อินเดีย’ และ ‘Okinawa’ × ‘Alla Habad Safeda’ พบว่า มีระดับความทนเค็มต่ำกว่าพ่อแม่พันธุ์ ซึ่งอาจเกิด จากการทำงานของยีนแบบไม่เป็นผลบวกและเป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของพันธุกรรมจากฝ่ายแม่ พันธุ์ (maternal effect หรือ maternal inheritance)

ส่วนคู่ผสมระหว่างพันธุ์ที่ไม่ทนเค็มด้วยกัน คือ ‘Kona 1’ × ‘แดงสยาม’, ‘กลมสาลี’ × ‘จื๋นคแดง’, ‘กลมสาลี’ × ‘Kona 1’, ‘กลมสาลี’ × ‘แดงสยาม’, ‘กลมสาลี’ × ‘พจ.12-102’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Kona 1’, ‘ไต้หวัน’ × ‘กลมสาลี’, ‘ไต้หวัน’ × ‘แดงสยาม’, ‘ไต้หวัน’ × ‘พจ.12-102’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Pink Acid’, ‘แดงสยาม’ × ‘จื๋นคแดง’, ‘แดงสยาม’ × ‘Kona 1’, ‘แดงสยาม’ × ‘กลมสาลี’, ‘แดงสยาม’ × ‘ไต้หวัน’, ‘แดงสยาม’ × ‘พจ.12-102’, ‘แดงสยาม’ × ‘Pink Acid’, ‘พจ.12-102’ × ‘Kona 1’, ‘พจ.12-102’ × ‘กลมสาลี’, ‘พจ.12-102’ × ‘ไต้หวัน’, ‘พจ.12-102’ × ‘แดงสยาม’, ‘Pink Acid’ × ‘Kona 1’, ‘Pink Acid’ × ‘แดงสยาม’ และ ‘Pink Acid’ × ‘พจ.12-102’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มสูงกว่า พ่อแม่พันธุ์ อาจเกิดจากการทำงานของยีนแบบข่มเกิน (over dominance gene) แต่ก็เป็นส่วนน้อย ส่วนคู่ผสมระหว่าง ‘จื๋นคแดง’ × ‘Kona 1’, ‘จื๋นคแดง’ × ‘กลมสาลี’, ‘จื๋นคแดง’ × ‘ไต้หวัน’,

‘จีนิกแดง’ × ‘แดงสยาม’, ‘จีนิกแดง’ × ‘พจ.12-102’, ‘จีนิกแดง’ × ‘Pink Acid’, ‘Kona 1’ × ‘จีนิกแดง’, ‘Kona 1’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Kona 1’ × ‘Pink Acid’, ‘กลมสาตี’ × ‘ไต้หวัน’, ‘กลมสาตี’ × ‘Pink Acid’, ‘ไต้หวัน’ × ‘จีนิกแดง’, ‘พจ.12-102’ × ‘จีนิกแดง’, ‘พจ.12-102’ × ‘Pink Acid’, ‘Pink Acid’ × ‘จีนิกแดง’ และ ‘Pink Acid’ × ‘กลมสาตี’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มอยู่ระหว่างพ่อแม่พันธุ์ อาจเกิดจากอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมเป็นส่วนใหญ่ และคู่ผสมระหว่าง ‘Kona 1’ × ‘กลมสาตี’, ‘Kona 1’ × ‘พจ.12-102’ และ ‘Pink Acid’ × ‘ไต้หวัน’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มต่ำกว่าพ่อแม่พันธุ์ อาจเกิดจากการทำงานของยีนแบบไม่เป็นผลบวกและเป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของพันธุกรรมจากฝ่ายแม่พันธุ์ (maternal effect หรือ maternal inheritance) แต่ก็เป็นส่วนน้อย

ส่วนคู่ผสมระหว่างพันธุ์ที่ทนเค็มกับพันธุ์ที่ไม่ทนเค็ม คือ ‘Xa’Li’ × ‘กลมสาตี’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘ไต้หวัน’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘พจ.12-102’, ‘Beaumont’ × ‘Kona 1’, ‘Beaumont’ × ‘พจ.12-102’, ‘Beaumont’ × ‘Pink Acid’, ‘Okinawa’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Okinawa’ × ‘แดงสยาม’, ‘Okinawa’ × ‘พจ.12-102’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘กลมสาตี’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘แดงสยาม’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘พจ.12-102’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มสูงกว่าพ่อแม่พันธุ์ อาจเกิดจากการทำงานของยีนแบบข่มเกิน (over dominance gene) แต่ก็เป็นส่วนน้อย ส่วนคู่ผสมระหว่าง ‘อินเดีย’ × ‘จีนิกแดง’, ‘อินเดีย’ × ‘Kona 1’, ‘อินเดีย’ × ‘กลมสาตี’, ‘อินเดีย’ × ‘แดงสยาม’, ‘อินเดีย’ × ‘พจ.12-102’, ‘อินเดีย’ × ‘Pink Acid’, ‘Xa’Li’ × ‘จีนิกแดง’, ‘Xa’Li’ × ‘Kona 1’, ‘Xa’Li’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Xa’Li’ × ‘แดงสยาม’, ‘Xa’Li’ × ‘พจ.12-102’, ‘Xa’Li’ × ‘Pink Acid’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘จีนิกแดง’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Kona 1’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘กลมสาตี’, ‘ฝรั่งไทย’ × ‘แดงสยาม’, ‘Beaumont’ × ‘จีนิกแดง’, ‘Beaumont’ × ‘กลมสาตี’, ‘Beaumont’ × ‘ไต้หวัน’, ‘Beaumont’ × ‘แดงสยาม’, ‘Okinawa’ × ‘จีนิกแดง’, ‘Okinawa’ × ‘Kona 1’, ‘Okinawa’ × ‘กลมสาตี’, ‘Okinawa’ × ‘Pink Acid’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘จีนิกแดง’, ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Kona 1’ และ ‘Alla Habad Safeda’ × ‘Pink Acid’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มอยู่ระหว่างพ่อแม่พันธุ์ อาจเกิดจากอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมเป็นส่วนใหญ่ และคู่ผสมระหว่าง ‘อินเดีย’ × ‘ไต้หวัน’ และ ‘ฝรั่งไทย’ × ‘Pink Acid’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มต่ำกว่าพ่อแม่พันธุ์ อาจเกิดจากการทำงานของยีนแบบไม่เป็นผลบวกและเป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของพันธุกรรมจากฝ่ายแม่พันธุ์ (maternal effect หรือ maternal inheritance) แต่ก็เป็นส่วนน้อย

สำหรับคู่ผสมระหว่างพันธุ์ที่ไม่ทนเค็มกับพันธุ์ที่ทนเค็ม คือ ‘จีนิกแดง’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘จีนิกแดง’ × ‘Beaumont’, ‘กลมสาตี’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘กลมสาตี’ × ‘Beaumont’, ‘ไต้หวัน’ ×

‘ฝรั่งไทย’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Beaumont’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘พจ.12-102’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Pink Acid’ × ‘ฝรั่งไทย’ และ ‘Pink Acid’ × ‘Okinawa’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มสูงกว่าพ่อแม่พันธุ์ อาจเกิดจากการทำงานของยีนแบบข่มเกิน (over dominance gene) แต่ก็เป็นส่วนน้อย ส่วนกลุ่มผสมระหว่าง ‘จีนกแดง’ × ‘อินเดีย’, ‘จีนกแดง’ × ‘Xa’Li’, ‘จีนกแดง’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘Kona 1’ × ‘อินเดีย’, ‘Kona 1’ × ‘Xa’Li’, ‘Kona 1’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘Kona 1’ × ‘Beaumont’, ‘Kona 1’ × ‘Okinawa’, ‘กลมสาลี’ × ‘อินเดีย’, ‘กลมสาลี’ × ‘Xa’Li’, ‘กลมสาลี’ × ‘Okinawa’, ‘กลมสาลี’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘ไต้หวัน’ × ‘อินเดีย’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Okinawa’, ‘แดงสยาม’ × ‘อินเดีย’, ‘แดงสยาม’ × ‘Xa’Li’, ‘แดงสยาม’ × ‘Beaumont’, ‘แดงสยาม’ × ‘Okinawa’, ‘พจ.12-102’ × ‘อินเดีย’, ‘พจ.12-102’ × ‘Beaumont’, ‘พจ.12-102’ × ‘Okinawa’, ‘พจ.12-102’ × ‘Alla Habad Safeda’, และ ‘Pink Acid’ × ‘อินเดีย’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มอยู่ระหว่างพ่อแม่พันธุ์ อาจเกิดจากอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมเป็นส่วนใหญ่ และกลุ่มผสมระหว่าง ‘จีนกแดง’ × ‘Okinawa’, ‘ไต้หวัน’ × ‘Xa’Li’, ‘แดงสยาม’ × ‘ฝรั่งไทย’, ‘แดงสยาม’ × ‘Alla Habad Safeda’, ‘พจ.12-102’ × ‘Xa’Li’, ‘Pink Acid’ × ‘Xa’Li’, ‘Pink Acid’ × ‘Beaumont’, และ ‘Pink Acid’ × ‘Alla Habad Safeda’ ซึ่งมีระดับความทนเค็มต่ำกว่าพ่อแม่พันธุ์ อาจเกิดจากการทำงานของยีนแบบไม่เป็นผลบวกและเป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของพันธุกรรมจากฝ่ายแม่พันธุ์ (maternal effect หรือ maternal inheritance) แต่ก็เป็นส่วนน้อย

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทนดินเค็มของฝรั่ง จากพันธุ์พ่อแม่ 13 พันธุ์ ที่แบ่งเป็นพันธุ์ทนทานเกลือ 6 พันธุ์ และ พันธุ์ไม่ทนทานเกลือ 7 พันธุ์ นำมาผสมแบบพบกันหมดได้ลูกผสมจำนวน 169 คู่ผสม ที่ประกอบด้วย ลูกผสมตัวเอง ลูกผสมตรงและลูกผสมสลับ ทำการทดสอบความทนเค็มในระยะที่ต้นฝรั่งมีอายุประมาณ 7 เดือน ในวัสดุปลูก คือทรายที่ผ่านการล้างจนสะอาดแล้ว แยกต้นฝรั่งในการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ให้สารละลายธาตุอาหารประยุกต์สูตรของ Hoagland (1950) ร่วมกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่มีค่าการนำไฟฟ้า  $16 \text{ dS.m}^{-1}$  และกลุ่มที่ให้สารละลายธาตุอาหารประยุกต์ที่ไม่มีเกลือ โซเดียมคลอไรด์เป็นตัวควบคุม ประเมินลักษณะความทนทานดินเค็มโดยใช้ลักษณะใบไหม้ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติแบบ CRD วิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมโดยใช้วิธีของ Griffing (1956) Method I Model I และประเมินค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow sense heritability,  $h^2$ ) โดยวิธีการหาค่ารีเกรชันระหว่างลูกผสมกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ (mid-parent and offspring regression) สรุปผลได้ดังนี้

1. ลักษณะการทนดินเค็มของฝรั่งที่นำมาศึกษานี้มีความแปรปรวนแบบต่อเนื่อง แสดงว่าลักษณะนี้ถูกควบคุมด้วยยีนหลายตัวและแตกต่างกันจัดเป็นลักษณะปริมาณ (quantitative trait)
2. การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของฝรั่งที่นำมาศึกษานี้ มีอิทธิพลของยีนแบบผลบวก แบบไม่เป็นผลบวก และอิทธิพลของพันธุกรรมจากฝ่ายแม่ โดยอิทธิพลของยีนแบบผลบวกมีความสำคัญมากกว่า เนื่องจากอัตราส่วนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปมีมากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะและความสามารถในการผสมสลับ โดยมีอัตราส่วน คือ 8: 1: 1.4
3. อัตราพันธุกรรมแบบแคบของลักษณะทนดินเค็ม มีค่าเท่ากับ 0.56 แสดงว่า ลักษณะที่นำมาศึกษานี้ มีความสามารถในการถ่ายทอดได้ดีปานกลาง

ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งให้ทนทานดินเค็ม โดยใช้วิธีการผสมพันธุ์ จากพันธุ์ฝรั่ง 13 พันธุ์ ที่ศึกษานี้ พันธุ์ที่ควรได้รับการพิจารณานำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งทนดินเค็ม คือ

‘Beaumont’ ‘อินเดีย’ ‘พจ.12-102’ ‘Okinawa’ ‘ไต้หวัน’ และ ‘ฝรั่งไทย’ ทั้งนี้ เนื่องจากฝรั่งทั้ง 6 พันธุ์ ให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะทนดินเค็มสูงที่สุด

### ข้อเสนอแนะ

พันธุ์ฝรั่งทั้ง 6 พันธุ์ ได้แก่ ‘Beaumont’ ‘อินเดีย’ ‘พจ.12-102’ ‘Okinawa’ ‘ไต้หวัน’ และ ‘ฝรั่งไทย’ ที่คัดเลือกได้นี้จะนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อให้ทนทานดินเค็มต่อไป ซึ่งวิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมกลับ (backcross method) เป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีการผสมที่ทำให้ได้ลูกผสมที่ทนทานดินเค็มและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี โดยนำพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพของผลผลิตดีหรือพันธุ์ที่ปลูกการค้า เช่น ‘กลมสาเล่’ แต่ไม่ทนเค็มมาเป็นพันธุ์แม่หรือตัวรับ (recurrent parent) ผสมกับพันธุ์ที่มีความสามารถทนเค็มได้ดีพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งจากทั้ง 6 พันธุ์นี้ ซึ่งใช้เป็นพันธุ์พ่อหรือตัวให้ (donor parent) นำลูกผสมไปปลูกและทดสอบในสภาพดินเค็ม จากนั้นผสมกลับไปหาตัวรับจะได้เมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 1 นำเมล็ดไปปลูกและทดสอบในสภาพดินเค็มอีก ทำเช่นนี้ต่อไปอีกหลาย ๆ ชั่ว จนได้ลักษณะของต้นลูกที่ทนเค็มเหมือนพันธุ์พ่อและให้ผลผลิตดีเหมือนพันธุ์แม่

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2549. การปลูกพืชทนเค็ม. ตารางการปลูกพืชทนเค็ม. แหล่งที่มา:

[http://www.sisaket.go.th/WEB\\_1dd/Soil/Page09.htm](http://www.sisaket.go.th/WEB_1dd/Soil/Page09.htm), 8 ตุลาคม 2549.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. สถิติการปลูกไม้ผลยืนต้นระหว่างเดือนพฤษภาคม 2548 ถึง เมษายน

2549. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร. แหล่งที่มา:

[http://production.doae.go.th/estimate/reportP2/reportP2\\_display.php](http://production.doae.go.th/estimate/reportP2/reportP2_display.php), 8 มีนาคม 2550.

กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2543. การปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2546. การปรับปรุงพันธุ์พืช: พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

กรุงเทพฯ.

โกศล มารมย์. 2547. การปลูกไม้ผล 10 ชนิด. สำนักพิมพ์ภูมิปัญญา, กรุงเทพฯ.

จารุพันธุ์ ทองแถม, มล. 2532. ฝรั่งคั้นน้ำ ไม้ผลอุตสาหกรรมใหม่ของไทย. เลขาธิการเกษตร 13(2):

69-75.

เจลิยว แจ็งไพร. 2534. ศักยภาพของทรัพยากรดินและคู่มือทางในการพัฒนาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ,

น. 231-243. ใน กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, ผู้รวบรวม. เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม.

กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

บุญหงส์ จงคิด. 2548. หลักและเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประดิษฐ์ พงษ์ทองคำ. 2546. พันธุศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2540. **รวมกลยุทธฝรั่ง**. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- มนตรี แสนสุข. 2546. **THAILAND...BIG FRUITS**. อนิเมทกรุ๊ป, กรุงเทพฯ
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- ขงยุทธ โอสดสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ขงยุทธ โอสดสภา, สุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชัยสิทธิ์ ทองจู. 2541. **ปลูกพืชยาเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ลิลลี่ กาวีตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ สุรียา ตันติวิวัฒน์. 2549. **สรีรวิทยาของพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิโรจ อิมพิทักษ์. 2531. **การจัดการดิน เล่ม 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วัชรพล เสถียรคช. 2548. **การประเมินความสามารถในการทนทานดินเค็มที่ระดับเค็มมากของฝรั่ง (*Psidium guajava* L.)**. ปัญหาพิเศษปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศรีธนา ชุมวิสูตร. 2539. **การศึกษาการเจริญเติบโตของผลฝรั่งพันธุ์เย็นสอง**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2535. **คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย**. คณะกรรมการจัดกิจกรรม เพื่อเพิ่ม กองทุน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมชัย จันทร์สว่าง และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2527. **พันธุศาสตร์ประชากร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_ และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2546. พันธุศาสตร์ประชากร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศรี อรุณินท์. 2534. พีชทนเค็ม, น. 185-193. ใน กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, ผู้รวบรวม. เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2535. การปรับปรุงดินเค็มและดิน โซดิก, น. 45-55. ใน พิชิต พงษ์สกุล และปรีดา พากเพียร, ผู้รวบรวม. คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2539. ดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุรพล จิตินากุล. 2547. ผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโต การใช้น้ำ พลังงานศักย์ของน้ำในใบ และการสะสมโซเดียมและคลอไรด์ในส่วนต่างๆของฝรั่งพันธุ์ 'กลมสาลี' และ พันธุ์ 'พจ.13-10'. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2536. เทคนิคน้ำรู้เกี่ยวกับการผลิตฝรั่ง. เลหการเกษตร 17: 22-25.

ลำเรียง แซ่ตัน. 2532. การถ่ายทอดลักษณะการทนเค็มในข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิชาติ ศรีสะอาด. 2543. ฝรั่งเงินล้าน: คู่มือการทำสวนฝรั่งอย่างมืออาชีพ. บริษัท ก.พล (1996) จำกัด, กรุงเทพฯ.

อรุณี ยูวะนิยม. 2534. ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, น. 52-56. ใน กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, ผู้รวบรวม. เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

- \_\_\_\_\_ และ สมศรี อรุณินท์. 2540. การวิจัยพืชทนเค็มและพืชชอบเกลือบางชนิดในดินเค็มจัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, น. 278-283. ใน กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, ผู้รวบรวม. เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- อรุณศิริ กำลั้ง. 2525. อิทธิพลของเกลือแคงที่มีต่อการเจริญเติบโตและการสะสมไอออนต่าง ๆ ของถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อัญชลี ศรีสุวรรณ. 2546. การศึกษาจำนวนโครโมโซมของฝรั่งกลุ่มรับประทานสด กลุ่มคั้นน้ำ และลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อัญมณี อาวชานนท์ และอนุจร บัญประกอบ. 2547. การประเมินหาพันธุ์ฝรั่งทนทานดินเค็ม, น. 143. ใน รายงานการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 4. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- อนุจร บัญประกอบ. 2541. โครงการการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมที่สำคัญของฝรั่งเพื่อการปรับปรุงพันธุ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อุไร จิรมงคลการ. 2547. ไม้ผลในสวน. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ. 2525. ความสัมพันธ์ระหว่างดินกับพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abel, G.H. 1969. Inheritance of the capacity for chloride inclusion and chloride exclusion by soybeans. **Crop Sci.** 9: 697-698.
- Albescu, I., I. Akenova and A.N. Maianu. 1974. Effect of soil salinity on rice as influenced by planting method under fertilization condition. **Riso.** 23: 127-130.

- Barber, D.E., W.I. Thomas and G.W. Gorsline. 1964. Differential accumulation of strontium, calcium, and other elements by corn (*Zea mays* L.) under greenhouse and field condition. **Agron. J.** 56: 325-355.
- Barber, W.D., W.I. Thomas and D.E. Baker. 1967. Inheritance of relative phosphorus accumulation in corn (*Zea mays* L.). **Crop Sci.** 7: 104-107.
- Benton-Jones, J. 1997. **Hydroponic a Practical Guide for the Soilless Grower.** St. Lccie Boca Raton, Florida
- Bohnert, H. J., D. E. Nelson and R. G. Jensen. 1995. Adaptations to environmental stresses. **Plant Cell** 7: 1099-1111.
- Bray E.A. 1997. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Sci.** 2:48–54.
- Evangelou, V.P. 1994. Influence of sodium on soils of humid regions, pp. 31-62. *In*, M. Pessaraki, ed. **Handbook of Plant and Crop Stress.** Marcel Dekker, Inc., New York.
- Falconer, D.S. and F.C. Mackay. 1996. **Introduction to Quantitative Genetics.** Longman group, Ltd., London.
- Fahn, A. 1988. Secretory tissues in vascular plants. **New Phytol.** 108: 229-257.
- Feng, J. and A.V. Barker. 1992. Ethylene evolution and ammonium accumulation by nutrient-stressed tomato plants. **J. Plant Nutri.** 15: 137-154.
- Francois, E.L. and E.V. Maas. 1994. Crop response and management on salt-affected soils, pp. 149-181. *In* M. Pessaraki, ed. **Handbook of Plant and Crop Stress.** Marcel Dekker, Inc., New York.

- Fitzgerald, M.A. and W.G. Allaway. 1991. Apoplastic and symplastic pathways in the leaf of gray mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. **New Phytol.** 119: 217-226.
- Free, J.B. 1993. **Insect Pollination of Crop**, 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press, Ltd., London.
- Gorham, J. 1992. Salt tolerance of plant. **Science Progress** 76(3-4): 273-285.
- Gorham, J. 1994. Salt tolerance in the triticeae: K/Na discrimination in some perennial wheatgrasses. **J. Exp. Bot.** 45: 441-447.
- Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annu. Rev. Plant Physiol.** 31: 149-190.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Aust. J. Bio. Sci.** 9: 463-493.
- Hayward, H.E. and C.H. Wedleigh. 1949. Plant growth on saline and alkali soils. **Adv. Agron.** 1: 1-38.
- Ingram, J. and D. Bartels. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. **Plant Mol. Biol.** 47: 377-403.
- Iyengar, E. R.R. and M. P. Reddy. 1994. Crop response to salt stress: seawater application and prospects, pp. 183-195. *In* M. Pessarakli, ed. **Handbook of Plant and Crop Stress**. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Jacoby, B. 1994. Mechanisms Involved in Salt Tolerance by plants, pp. 97-116. *In* M. Pessarakli, ed. **Handbook of Plant and Crop Stress**. Marcel Dekker, Inc., New York.

- Jones, M.P. 1985. Genetic analysis of salt tolerance of mangrove swamp rice, pp. 411-422. *In* H.I. Oka and G.S. Khush, eds. **Paper Presented of the International Rice Genetics Symposium 27-31 May 1985**. IRRI, Los Banos.
- Jeschke, W. D. and J. S. Pate. 1991. Cation and chloride partitioning through xylem and phloem within the whole plant of *Ricinus communis* L. under conditions of salt stress. **J. Exp. Bot.** 42: 1105-1116.
- Jeschke, W. D., E. A. Kirkby, A. D. Peuke, J. S. Pate and W. Hartung. 1997. Effect of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in the intact plants of castor bean (*Ricinis communis* L.). **Bot.** 48: 75-92.
- Kotuby-Amacher, J., R. Koenig and B. Kitchen . 1997. Salinity and plant tolerance . **AG-SO-03**. Available Source: <http://extension.usu.edu/files/agpubs/salini.htm>, October 9, 2006.
- Liming, X. and Z. Jian-Kang. 2002. Salt tolerance. **The Arabidopsis Book**. Available Source: <http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1199%2Ftab.0048#I1543-8120-24-1-1-ZHU3>, October 9, 2006.
- Lynch, M. and B. Walsh. 1998. **Genetics and Analysis of Quantitative Traits**. Sinauer Associates, Inc., Sunderland.
- Nakasone, H.Y. and R.E. Paull. 1998. **Tropical Fruits**. CAB International, Wallingford.
- O'Leary, J.W. 1995. Adaptive components of salt tolerance. pp. 183-195, *In* M. Pessaraki, ed. **Handbook of Plant and Crop Physiology**, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Orcutt, D.M. and E.T. Nilsen. 2000. **Physiology of Plant under Stress Soil and Biotic Factors**. John Wiley & Sons, Inc., New York.

- Poljakoff-Mayber, A. 1975. Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress. **Ecological Studies** 15: 97-98
- Prakash, L. and G. Prathapasanan. 1990. NaCl-and gibberellic acid-induced changes in the content of auxin and the activities of cellulase and pectin lyase during leaf growth in rice (*Oryza sativa*). **Annu. Bot.** 65: 251-257.
- Rojas, B.A. and G.F. Sprague. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III. General and specific combining ability and their interactions with locations and years. **Agron. J.** 44: 462-466.
- Skriver, K. and J. Mundy. 1990. Gene expression in response to abscisic acid and osmotic stress. **Plant Cell** 2: 503-512.
- Soetopo, L. 1992. *Psidium guajava*, pp. 260-270. In E.M.W. Verheij and R.E. Coronel, eds. **Plant Resources of South-East Asia No.2 Edible Fruits and Nuts**. PROSEA Wageningen.
- United States Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil. **Agriculture Handbook; No. 60**. United States. Department of Agriculture, Washington D.C.
- Wu, J., D. M. Seliskar and J. L. Gallagher. 1998. Stress tolerance in the marsh plant *Spartina patens*: impact of NaCl on growth and root plasmamembrane lipid composition. **Physiol. Plant** 102: 307-317.
- Zhu, J.K., P.M. Hasegawa and R.A. Bressan. 1997. Molecular aspects of osmotic stress in plants. **Crit. Rev. Plant Sci.** 16:253-277.

**ภาคผนวก**

**ตารางผนวกที่ 1** แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทนดินเค็มของฝรั่งลูกผสม 13 พันธุ์ ประกอบด้วย ลูกผสมตัวเอง ลูกผสมชั่วที่ 1 และลูกผสมกลับ

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	168	191867.32	1142.07	3.42**
Error	338	112759.09	333.61	
Total	506	304626.41		

CV(%) = 66.11

\*\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น < 0.01



**ภาพผนวกที่ 1** ลักษณะของต้นฝรั่งก่อนได้รับเกลือ NaCl



ก



ข



ค



ง

ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะอาการใบไหม้ของต้นฝรั่งหลังจากได้รับเกลือ NaCl ที่มีค่าการนำไฟฟ้า 16  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  เป็นเวลา 2 เดือน (ก ข ค และ ง)

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวจิรภัทร์ อัฐฐิติลปี่เวท
วัน เดือน ปี ที่เกิด	14 เมษายน 2522
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดระยอง
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	นิสิต
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ผลงานในระดับปริญญาตรี	งานวิจัยเรื่อง ผลของ NAA, BA และ Kinetin ที่มีต่อการ งอกของเมล็ดพริกและการเจริญของต้นกล้าพริก ( <i>Capsicum annuum</i> L.) พันธุ์ CA365 ในสภาพปลอดเชื้อ
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนจากโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปี พ.ศ. 2548