



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

### โครงการวิจัยเรื่อง

ผลของการต่อกิ่งต่อสรีรวิทยาการทนเค็มของมะเขือเทศ

Effects of grafting on physiology of salt tolerance of tomato

### คณะผู้วิจัย

รศ. ดร. ปิยะดา ธีระกุลพิศุทธิ์

รศ. ดร. สุমনทิพย์ บุนนาค

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยประเภททุนอุดหนุนทั่วไป

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการต่อกิ่งมะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอนบนต้นตอของพันธุ์ทนเค็ม ต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นพันธุ์ พันธุ์มะเขือเทศที่คัดเลือกมาศึกษามี 4 พันธุ์คือ พันธุ์ HW96 พันธุ์ สิดา (Sida) พันธุ์ THBW104 และ พันธุ์ THBW109 จากการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเจริญ ของมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 140 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 15 วัน พบว่า พันธุ์ HW96 ทนเค็มมากที่สุด พันธุ์ Sida และพันธุ์ THBW104 ทนเค็มน้อยกว่า ส่วนพันธุ์ THBW109 อ่อนแอมากที่สุด โดยพิจารณาจากน้ำหนักสดและแห้งของราก ลำต้น และใบที่ลดลงเมื่อได้รับเกลือเทียบกับ กลุ่มควบคุม และจากการเพิ่มขึ้นของโซเดียมไอออนและอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมและโซเดียมไอออน และการรั่วไหลของไอออนออกจากเซลล์ของใบที่ได้รับความเครียดเกลือ จากนั้นทำการทดลองต่อกิ่งพันธุ์ THBW109 บนต้นตอของ HW96 และ ต่อกิ่งพันธุ์ HW 96 บนต้นตอของพันธุ์ THBW109 ปลูกจนมะเขือเทศ ต่อกิ่งมีอายุ 75 วัน จึงเริ่มให้เกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 140 มิลลิโมลาร์เป็นเวลาทั้งหมด 25 วัน เก็บ ตัวอย่างใบมาวัดค่าทางสรีรวิทยาก่อนให้เกลือ และหลังให้เกลือ 10 และ 25 วัน พบว่า ใบของพันธุ์ THBW109 ที่ต่อกิ่งบนต้นตอของพันธุ์ HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมและ โซเดียมไอออนน้อยกว่าใบของพันธุ์ THBW109 ที่ต่อกิ่งกับตัวเอง มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่าการรั่วไหล ของไอออนออกจากเซลล์ของใบน้อยกว่าใบของพันธุ์ THBW109 ที่ต่อกิ่งกับตัวเอง และมีเปอร์เซ็นต์การ เพิ่มขึ้นของโพรลีนน้อยกว่าใบของพันธุ์ THBW109 ที่ต่อกิ่งกับตัวเอง แสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการทน เค็มดีขึ้น ในทางตรงกันข้ามใบของพันธุ์ HW96 ที่ต่อบนต้นตอของพันธุ์ THBW109 กลับมีความสามารถในการ ทนเค็มต่ำกว่าใบของพันธุ์ HW96 ที่ต่อกิ่งกับตัวเอง อย่างไรก็ตามพบว่าพันธุ์ THBW109 ที่ต่อกิ่งบนต้นตอของ พันธุ์ HW96 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์ THBW109 ที่ต่อกิ่งกับตัวเอง

## Abstract

The objective of this project focused on the study on the effects of grafting salt-sensitive tomato scion onto salt-tolerant tomato rootstock on modulation of salt tolerance of the salt-sensitive scion. Four cultivars of tomato namely HW96, Sida, THBW104 and THBW109 were used in a preliminary experiment to investigate the effects of NaCl stress on growth and physiology. Tomato plants were grown in potted soil until 15 days old before 140 mM NaCl was applied instead of water for 15 days. NaCl stress resulted in growth reduction, increase in  $\text{Na}^+$ , reduction in  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  ratio, reduction in chlorophyll content, increase in proline and electrolyte leakage (EL). The results showed that HW96 was the most tolerant followed by Sida and THBW104, whereas THBW109 was the most salt-sensitive. When the salt-sensitive THBW109 scion was grafted onto HW96 rootstock and allowed to grow until 75 days old before 140 mM NaCl was applied for a total of 25 days and the leaves were collected for physiological determination 10 and 25 days after salt treatment, it was found that the level of salt-tolerance of the THBW109 plants increased compared to the self-grafted control. Percentage reduction in  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ratio was lower in grafted THBW109, whereas percentage increases in EL and proline were lower in grafted THBW109 than the self-grafted THBW109. The leaves of HW96 grafted onto THBW109 root stock, on the other hand, showed reduced levels of salt tolerance compared to the self-grafted HW96 leaves. The results clearly showed that salt tolerance of tomato scion can be increased by grafting onto a rootstock of a more tolerant tomato cultivar. However, fruit yield of the grafted THBW109 under salt stress was not significantly improved compared to that of the self-grafted THBW109.

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องผลของการต่อกิ่งต่อสรีรวิทยาการทนเค็มของมะเขือเทศ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภททุนอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูง ขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์อนุญาตใช้โรงเรือนปลูกพืช ขอขอบคุณ ดร. มงคล ต๊ะอ๋น ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ครุภัณฑ์ในโรงเรือนปลูกพืช ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร ที่อนุเคราะห์ให้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ขอขอบคุณคุณทศพล เจริญเอม ภาควิชาโครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา (เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีต่อยอดมะเขือเทศ ขอขอบพระคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่อนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการและครุภัณฑ์ และขอบคุณผู้ช่วยวิจัยคุณเดชอุดม ปามุทา ที่ช่วยให้งานทดลองสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

รองศาสตราจารย์ปิยะดา อีระกุลพิศุทธิ์  
หัวหน้าโครงการวิจัย

ตุลาคม

2555

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 ผลของความเครียดจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโต และการตอบสนองทางสรีรวิทยาของมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ที่มีความทนเค็ม แตกต่างกัน	8
บทที่ 4 ผลของความเครียดเกลือต่อการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่มีการ ต่อกิ่งระหว่างพันธุ์อ่อนแอกับพันธุ์ทนเค็ม	28
บทที่ 5 ผลของความเครียดเกลือต่อผลผลิตของมะเขือเทศที่มีการต่อกิ่ง ระหว่างพันธุ์อ่อนแอกับพันธุ์ทนเค็ม	59
บทที่ 6 วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย	72
เอกสารอ้างอิง	76
ภาคผนวก	80

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การลดลงของ น้ำหนักรากสด น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบสด น้ำหนักใบแห้ง ความยาวราก ความสูงต้น การร่วไหลของอ็อกซอน ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ปริมาณโพรงสีน อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออน ปริมาณธาตุโซเดียม ปริมาณโพแทสเซียม ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	25
ตารางที่ 2	สรุปผลการทดลองทั้งหมดของการปลูกมะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	27
ตารางที่ 3	ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การลดลงของ การร่วไหลของอ็อกซอน ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณน้ำตาลรวม ปริมาณโพรงสีน อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออน ปริมาณธาตุโซเดียม ปริมาณโพแทสเซียม ของ Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140	55
ตารางที่ 4	สรุปผลของการให้ความเครียดเกลือกับมะเขือเทศที่ได้รับการต่อกิ่ง ต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของใบ	58
ตารางที่ 5	ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การลดลง (เทียบกับกลุ่มควบคุม) ของ จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อต้น จำนวนผลต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักผลต่อต้น น้ำหนักผลต่อผล ความกว้างผล ความยาวผล ของมะเขือเทศ Non-HW96 Self-HW96 HW96 บน Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ THBW109 บน Rootstock-HW96 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 mM เป็นเวลา 25 วัน ระยะเวลา 75 – 100 วัน	70
ตารางที่ 6	สรุปข้อมูลด้านผลผลิตของมะเขือเทศ Non-HW96 Self-HW96 HW96 บน Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ THBW109 บน Rootstock-HW96 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 mM	71

## สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	เปรียบเทียบการเจริญของมะเขือเทศ 4 พันธุ์ อายุ 30 วัน ที่รดด้วยน้ำ (control) และรดด้วย 140 mM NaCl เป็นเวลา 15 วัน (ก) HW96 (ข) Sida (ค) THBW104 (ง) THBW109	12
ภาพที่ 2	ความยาวราก (เซนติเมตร) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	16
ภาพที่ 3	ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	16
ภาพที่ 4	น้ำหนักสดของราก (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	17
ภาพที่ 5	น้ำหนักสดของลำต้น (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	17
ภาพที่ 6	น้ำหนักสดของใบ (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	18
ภาพที่ 7	น้ำหนักแห้งของราก (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	18
ภาพที่ 8	น้ำหนักแห้งของต้น (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	19
ภาพที่ 9	น้ำหนักแห้งของใบ (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	19

ภาพที่ 10	ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (mg/g FW) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	22
ภาพที่ 11	ปริมาณการการร่วงไหลของอ็อนของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	22
ภาพที่ 12	ปริมาณโพสลิโนในใบ ( $\mu\text{g/g}$ FW) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	23
ภาพที่ 13	ปริมาณธาตุโซเดียม (% DW) ในใบของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	23
ภาพที่ 14	ปริมาณโพแทสเซียมในใบ (% DW) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	24
ภาพที่ 15	อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนในใบของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	24
ภาพที่ 16	ขั้นตอนการต่อกิ่งแบบใช้หลอด (ก) และแบบพันด้วยพาราฟิล์ม (ข)	33
ภาพที่ 17	จำนวนต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดาน้ำเค็มที่รอดชีวิตจากการต่อกิ่งด้วยวิธีต่างๆ จากจำนวนที่ต่อกิ่งวิธีละ 10 ต้น	34
ภาพที่ 18	จำนวนต้นมะเขือเทศที่รอดชีวิตจากจำนวนทั้งหมด 40 ต้นที่ทำการต่อกิ่งด้วยวิธีพันด้วยพาราฟิล์ม (1) พันธุ์ HW96 ไม่ต่อกิ่ง (Non-HW96) (2) พันธุ์ THBW109 ไม่ต่อกิ่ง (Non-THBW109) (3) พันธุ์ HW96 ต่อตัวเอง (Self-HW96) (4) พันธุ์ THBW109 ต่อตัวเอง (Self-THBW109) (5) กิ่งพันธุ์ HW96 ต่อยอดบนต้นต่อพันธุ์ THBW109 (Rootstock-THBW109) (6) กิ่งพันธุ์ THBW109 ต่อยอดบนต้นต่อพันธุ์ HW96 (Rootstock-HW96)	35
ภาพที่ 19	เปรียบเทียบการเจริญของมะเขือเทศที่รดด้วยน้ำ (control) และรดด้วย 140 mM NaCl ที่อายุ 100 วัน (ก) Non-HW96 (ข) Self-HW96 (ค) Non-THBW109 (ง) Self- THBW109 (จ) Rootstock-HW96 (ฉ) Rootstock-THBW109	36

ภาพที่ 20	เปรียบเทียบการเจริญของมะเขือเทศอายุ 100 วัน (ก) Non-HW96, Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 ต่อบน Rootstock-THBW109 รดด้วยน้ำ (control) (ข) Non-HW96, Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 ต่อบน Rootstock-THBW109 รดด้วย 140 mM NaCl (ค) Non-THBW109, Self-THBW109 และกิ่งพันธุ์ THBW109 ต่อบน Rootstock-HW96 รดด้วยน้ำ (ง) Non-THBW109, Self-THBW109 และกิ่งพันธุ์ THBW109 ต่อบน Rootstock-HW96 รดด้วย 140 mM NaCl	37-38
ภาพที่ 21	ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	39
ภาพที่ 22	ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน	40
ภาพที่ 23	ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน	40
ภาพที่ 24	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	41
ภาพที่ 25	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน	42
ภาพที่ 26	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังได้รับได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน	42
ภาพที่ 27	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	43
ภาพที่ 28	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน	44
ภาพที่ 29	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน	44
ภาพที่ 30	ปริมาณการรั่วไหลของไอออนในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	46

ภาพที่ 31	ปริมาณการรั่วไหลของไอออนในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน	46
ภาพที่ 32	ปริมาณการรั่วไหลของไอออนในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน	47
ภาพที่ 33	ปริมาณโพรลีน ( $\mu\text{g/g}$ FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	48
ภาพที่ 34	ปริมาณโพรลีน ( $\mu\text{g/g}$ FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน	49
ภาพที่ 35	ปริมาณโพรลีน ( $\mu\text{g/g}$ FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน	49
ภาพที่ 36	ปริมาณน้ำตาลรวม ( $\text{mg/g}$ FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM	50
ภาพที่ 37	ปริมาณน้ำตาลรวม ( $\text{mg/g}$ FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน	51
ภาพที่ 38	ปริมาณน้ำตาลรวม ( $\text{mg/g}$ FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน	51
ภาพที่ 39	อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน	53
ภาพที่ 40	ปริมาณโซเดียมไอออน (%DW) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM แล้วเป็นเวลา 25 วัน	53
ภาพที่ 41	ปริมาณโพแทสเซียมไอออน (%DW) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน	54
ภาพที่ 42	เปรียบเทียบการเจริญของมะเขือเทศระหว่างรดด้วยน้ำ (control) และรดด้วย 100 mM NaCl ที่อายุ 110 วัน (ก) Non-HW96 (ข) Non-THBW109 (ค) Self-HW96 (ง) Self-THBW109 (จ) กิ่งพันธุ์ THBW109-Rootstock-HW96 (ฉ) กิ่งพันธุ์ HW96-Rootstock-THBW109	62-64
ภาพที่ 43	จำนวนช่อดอกต่อต้นของมะเขือเทศที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM	67
ภาพที่ 44	จำนวนดอกต่อต้นของมะเขือเทศที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM	67

ภาพที่ 45	จำนวนผลต่อต้นของมะเขือเทศที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM	68
ภาพที่ 46	น้ำหนักผล (กรัม) ต่อผลของมะเขือเทศที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM	68
ภาพที่ 47	น้ำหนักผล (กรัม) ต่อต้นของมะเขือเทศที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM	69
ภาพที่ 48	ความกว้างผล (มิลลิเมตร) ของมะเขือเทศที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM	69
ภาพที่ 49	ความยาวผล (มิลลิเมตร) ของมะเขือเทศที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM	70

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้ได้ผลผลิตทางการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำกว่าที่ควรจะเป็น การแก้ปัญหาหลายแนวทางประกอบด้วย การแก้ปัญหาดิน เช่น การล้างเกลือ การปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยชีวภาพ การเขตกรรม การหยุดยั้งการทำนาเกลือ การหยุดยั้งการตัดไม้ทำลายป่า เป็นต้น อีกแนวทางหนึ่งคือการปรับปรุงพันธุ์พืชเศรษฐกิจให้ทนเค็มมากขึ้น โดยวิธีการผสมพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีมาตรฐาน (conventional breeding) การนำเทคนิคทางชีวโมเลกุลมาช่วยในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืช (molecular breeding) การใช้เทคโนโลยีชีวภาพมาช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ เช่น การเพาะเลี้ยงเซลล์และเนื้อเยื่อ การสร้างพืชตัดแปลงพันธุกรรม เป็นต้น ซึ่งการศึกษาในด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ทนเค็มโดยวิธีดังกล่าวมีนักวิทยาศาสตร์ทำการวิจัยค่อนข้างมาก มีผลงานวิจัยเป็นจำนวนมากในต่างประเทศ ซึ่งนักวิจัยไทยอาจนำมาศึกษาต่อยอด หรือใช้ประโยชน์ได้ เช่น การนำเครื่องหมายโมเลกุลมาใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ทนเค็ม

อย่างไรก็ตามยังมีแนวทางการเพิ่มผลผลิตของพืชเมื่อปลูกในดินเค็มอีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งยังมีการวิจัยในประเทศไทยน้อยมาก คือ การใช้เทคนิคต่างๆ ในการปลูก (cultural techniques) เพื่อชักนำให้พืชที่อ่อนแอมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ทำให้สามารถทนเค็มได้มากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะทำการวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลของการแช่เมล็ดมะเขือเทศในสารละลายเกลือเข้มข้นก่อนนำไปปลูก ว่าจะสามารถทำให้พืชมีการปรับตัวด้านสรีรวิทยาอย่างไร และจะมีความสามารถทนเค็มได้เพิ่มขึ้นมากน้อยอย่างไร นอกจากนี้ยังต้องการศึกษาวิธีการเหนี่ยวนำมะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอให้ทนเค็มมากขึ้นโดยการวิธีการต่อกิ่งพันธุ์อ่อนแอเข้ากับต้นต่อที่เป็นพันธุ์ทนเค็ม แล้วศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ความสามารถในการทนเค็ม และผลผลิต จากนั้นจะนำผลการศึกษาทั้งสองตอนมาประยุกต์ตัดแปลงเป็นวิธีใหม่ โดยทำการต่อกิ่งพันธุ์อ่อนแอกับ ต้นต่อที่เป็นพืชที่ปลูกโดยผ่านกระบวนการทำให้ทนเค็มมากขึ้นโดยแช่เมล็ดในสารละลายเกลือก่อนเพาะ ว่าจะสามารถเพิ่มผลผลิตของมะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอได้หรือไม่ ถ้าวิธีดังกล่าวทั้งสามวิธีทำให้มะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอสามารถทนเค็มมากขึ้น และให้ผลผลิตมากขึ้น ก็จะสามารถทำงานวิจัยต่อยอดหาแนวทางที่จะทำให้วิธีการดังกล่าวมีความสะดวกรวดเร็ว สามารถใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ และในระดับไร่นา ซึ่งจะเป็นวิธีการที่ไม่ต้องลงทุนสูง ไม่ต้องพึ่งพาต่างชาติ ไม่ต้องใช้สารเคมีหรือครุภัณฑ์ราคาแพง เหมาะกับสภาพเศรษฐกิจของประเทศไทยซึ่งมุ่งเน้นแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงและการพึ่งตนเอง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อให้ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับความสามารถในการทนเค็มของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ต่อลักษณะการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้อง

2) เพื่อให้ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับผลของการตอกิ่งมะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอบนต้นตอพันธุ์ทนเค็มต่อลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทนเค็มในระยะต้นอ่อนจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการทนเค็มของมะเขือเทศแต่ละพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาผลของการตอกิ่งต่อการเจริญและสรีรวิทยาการทนเค็มของพันธุ์มะเขือเทศอ่อนแอ ที่ตอกิ่งบนต้นตอพันธุ์ทนเค็ม

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ข้อมูลกลไกการตอบสนองต่อความเค็มของมะเขือเทศ
2. ข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันระหว่างมะเขือเทศพันธุ์ทนเค็มและพันธุ์อ่อนแอ
3. เทคนิคการปลูกมะเขือเทศให้มีความทนทานต่อความเค็มโดยวิธีการตอกิ่ง

## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะเขือเทศ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบชายฝั่งทะเลตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้ อยู่ในวงศ์ Solanaceae มีโครโมโซมเท่ากับ  $2n = 24$

##### 2.1.1 ราก (Root system)

ระบบรากเป็นระบบรากแก้ว เมื่อรากแก้วขาดจะทำให้เกิดรากแขนงและรากพิเศษ (adventitious and fibrous root) เป็นจำนวนมาก มะเขือเทศจะสร้างรากแขนงพิเศษที่ลำต้น เพื่อช่วยดูดอาหารไปเลี้ยงต้น เจริญลงในแนวลึก 2-3 ฟุต เจริญลงในแนวนอน 4-5 ฟุต

##### 2.1.2 ลำต้น (Stem)

มะเขือเทศจะสร้างลำต้น และระบบกิ่งก้านที่แตกแขนงเป็นจำนวนมาก ต้นอ่อนจะมีขนปกคลุมต้นแก่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม ในระยะแรกของการเจริญลำต้นจะตั้งตรง ต่อมาเมื่อลำต้นสูง 1-2 ฟุต จะทอดไปในแนวนอน ในบางสายพันธุ์จะมีลำต้นสั้นจากนั้นดอกจะเจริญตรงส่วนยอด ทำให้อัตราการเจริญหยุดชะงักและมีการเจริญแบบจำกัด (determinate type) และอีกบางสายพันธุ์จะมีลำต้นทอดยาวสามารถเจริญได้หลายฤดู ดอกเจริญทางด้านข้างห่างกันทุก 3 ข้อ เรียกรากเจริญแบบไม่จำกัด (indeterminate type)

##### 2.1.3 ใบ (leaf)

ใบเจริญสลับกันแบบ odd-pinnately compound leaves (Muller, 1940) เป็นใบประกอบค่อนใหญ่บางพันธุ์มีใบย่อยกว้าง บางสายพันธุ์ใบจะยาวและแคบ มีขนอ่อนขึ้นบนใบ และมีต่อมสารระเหยที่ขน เมื่อถูกรบกวนจะปลดปล่อยสารที่มีกลิ่นออกมา สายพันธุ์ส่วนใหญ่ ขอบใบเป็นหยัก

##### 2.1.4 ช่อดอก ( Truss or Inflorescence or Flower cluster)

ช่อดอกเป็นแบบ raceme หรือ monochasialcyne ช่อดอกสามารถแตกกิ่งมากกว่าสองกิ่ง โดยทั่วไปจะมีจำนวน 4-5 ดอกต่อช่อ แต่บางสายพันธุ์มีมากกว่าโดยเฉพาะสายพันธุ์ที่มีผลขนาดเล็ก บางสายพันธุ์สามารถเจริญได้ตลอดเวลา เรียกลักษณะช่อดอกแบบไม่จำกัด (indeterminate ) บางสายพันธุ์มีจำนวนดอกต่อช่อมาก จนกระทั่งมีดอกเจริญบนยอดช่อดอก ซึ่งจำกัดการเจริญของช่อดอกเรียกช่อดอกแบบจำกัด (determinate หรือ self running)

##### 2.1.5 ดอก (Flower)

ดอกเป็นแบบสมบูรณ์เพศ ( complete or perfect flower) ประกอบด้วย กลีบเลี้ยง กลีบดอก มีสีเหลือง จำนวน 5 - 6 กลีบ เกสรเพศผู้ (stamen) จำนวน 5 อัน อยู่ถัดจากกลีบรองดอก ล้อมรอบด้วยเกสรเพศเมีย (pistil) ปกติก้านเกสรเพศเมีย (style) จะอยู่ต่ำกว่าอับละอองเกสรเพศผู้ (anther) เพื่อที่จะรองรับละอองเกสร เมื่ออับละอองเกสรเปิด พันธุ์มะเขือเทศส่วนใหญ่ผสมตัวเอง (self pollination) อับละอองเกสรเปิดหลังจากดอกบาน 24-48 ชั่วโมง เกสรเพศเมียพร้อมที่จะผสมได้ ก่อนที่อับละอองเกสรเปิด 1-2 วัน

### 2.1.6 ผล (Fruit)

ผลเป็นแบบ berry สร้างเมล็ดใน fleshy mesocarp โดยเมล็ดจะเกิดขึ้นบน placenta อยู่ในโพรง (pocket or locule) ผลประกอบด้วยโพรงจำนวน 2-15 locules ผลมีลักษณะอวบ สด มีรูปร่าง ขนาด และสี แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เนื้อเยื่อชั้นผิวของมะเขือเทศไม่มีสี ส่วนผลสีเขียว หรือเหลือง เกิดจากสีของเนื้อผล รูปร่างของผลมีหลายแบบ เช่น กลม (globe) กลมแบน (oblate) กลมยาว (pear shape) หรือเป็นเหลี่ยม (square or blocky shape)

### 2.2 ดินเค็ม

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นปัญหาสำคัญอันดับต้นๆ ที่ทำให้ผลผลิตการเกษตรต่ำ และปัญหาจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกขณะเพราะพื้นที่ดินเค็มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ใน พ.ศ. 2544 พื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จัดว่าเป็นดินเค็มมีสูงถึง 17.8 ล้านไร่ และมีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการกระจายเกลืออีก 19.4 ล้านไร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาวะโลกร้อน จะเร่งให้พื้นที่แห้งแล้ง และดินเค็มเพิ่มเร็วยิ่งขึ้นอีก มะเขือเทศเป็นพืชผักเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากชนิดหนึ่ง มีการผลิตเพื่อส่งออก และบริโภคภายในประเทศ ซึ่งมีทั้งพันธุ์สำหรับรับประทานผลสดแบบผลใหญ่ เช่น พันธุ์ฟลอราเดล พันธุ์มาสเตอร์เบอร์ 3 พันธุ์สำหรับรับประทานผลสดแบบผลเล็ก เช่น พันธุ์สิดาทิพย์ พันธุ์สิดาห้างฉัตร และพันธุ์แบบส่งโรงงานแปรรูป เช่น พันธุ์วีเอฟ 134-1-2, พันธุ์พี 502, พันธุ์พี 600 เป็นต้น ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการปลูกมะเขือเทศมากในหลายจังหวัด ได้แก่ หนองคาย นครพนม ขอนแก่น บุรีรัมย์ สกลนคร ศรีสะเกษ ซึ่งมีปัญหาพื้นที่ดินเค็มกระจายอยู่ทั่วไป

ดินเค็มทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง เนื่องจากดินเค็มมีค่าศักย์ของน้ำต่ำทำให้พืชเสียน้ำ หรือดูดน้ำจากดินได้ยากขึ้น (osmotic effects) และเกิดจากการที่พืชดูดไอออนของโซเดียม และคลอไรด์เข้าไปสะสมมากจนเป็นอันตรายต่อเซลล์ (toxic ion effects) ในขณะเดียวกันรากพืชจะดูดไอออนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต โปแตสเซียม และแคลเซียมได้น้อยลง ความเค็มมีผลต่อการเจริญของมะเขือเทศในทุกระยะพัฒนาเริ่มจากระยะเมล็ดงอก และมะเขือเทศพันธุ์ต่างๆ มีความแตกต่างกันเป็นอย่างมากในระดับความทนเค็มในระยะการงอก เช่น จากการศึกษาโดย Cuartero & Fernandez-Munoz (1999) ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 190 mM จะยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์ Mex-112 และ PE-22 ได้ถึง 98-100% ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ Volgogradskij และพันธุ์ Edkawy ยังงอกได้ถึง 89% และ 100% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้เกลือยังทำให้เมล็ดงอกช้าลงด้วยเกลือมีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทำให้เกิดการยับยั้งการงอก

### 2.3 การทนเค็มของพืช

ความเค็มทำให้รากดูดน้ำได้น้อยลงทำให้การเจริญเติบโตของรากและลำต้นลดลง รากดูดไนเตรต โปแตสเซียม และแคลเซียมได้น้อยลง แต่ดูดโซเดียมเข้าไปสะสมมากขึ้น การวัดค่าสัดส่วนระหว่างโปแตสเซียมไอออนกับโซเดียมไอออน ( $K^+/Na^+$ ) ในใบ เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของสภาพความเครียดเกลือในเนื้อเยื่อของมะเขือเทศ (Dasgan et al., 2002; Chookhampaeng et al., 2007) พันธุ์พืชที่ทนเค็มจะมีค่า  $K^+/Na^+$  สูงกว่าพันธุ์อ่อนแอ โดยพันธุ์ทนเค็มจะมีโปรตีนทำหน้าที่ปั๊มโปรตอนออกที่เยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane ATPase) เพื่อทำให้เกิดโปรตอนเกรเดียนซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่จะผลักดันโซเดียมไอออนออกจากเซลล์แลกเปลี่ยนกับการไหลกลับของโปรตอนเข้าสู่เซลล์โดยกิจกรรม

ของโปรตีน  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  antiporter ร่วมกับกิจกรรมของโปรตีน vacuolar ATPase ที่ปั๊มโปรตอนจากแวคิวโอลออกสู่ไซโทซอล ทำให้เกิดโปรตอนเกรเดียนต์ที่จะผลักดันให้มีการเคลื่อนที่ของโซเดียมจากไซโทซอลเข้าไปสะสมในแวคิวโอล ทำให้ไม่มีการสะสมโซเดียมในไซโทซอลจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อเมแทบอลิซึมของเซลล์ พืชที่อ่อนแอต่อความเค็มจะมีกลไกการขับโซเดียมออกจากเซลล์ (ion exclusion) หรือ กลไกการสะสมโซเดียมในแวคิวโอล (ion storage) ที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าพันธุ์ทนเค็ม (Mansour et al., 2003)

เมื่อพืชสะสมโซเดียมมาก จะมีผลทำให้การเจริญถูกยับยั้งโดยเกลือจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในไซโทซอล ยับยั้งการสังเคราะห์รงควัตถุ และกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยการยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนและยับยั้งเอนไซม์ของวัฏจักรเครบส์ ทำให้ปากใบปิดการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จึงต่ำลง ทำให้เซลล์มีการสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Hasagawa et al., 2000) ภายใต้สภาพความเครียดเกลือ มะเขือเทศทนเค็มพันธุ์พื้นเมือง (*Lycopersicon pennellii*) จะมีกิจกรรมของเอนไซม์กำจัดอนุมูลอิสระทุกชนิด ได้แก่ SOD, APX, MDHAR, GST, GST, PHGPX และ POD สูงกว่าพันธุ์อ่อนแอ *L. esculentum* (Mittova et al., 2002)

กลไกการทนเค็มที่สำคัญมากอีกอย่างหนึ่งพืชหลายชนิดรวมทั้งมะเขือเทศ (Ashraf and Harris, 2004) คือการสร้างสารประกอบพวก compatible solutes เช่น โพรลีน ไกลซีนบีเทน น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลแอลกอฮอล์ต่างๆ สารประกอบพวกนี้จะทำให้ค่าศักย์ออสโมซิสและศักย์ของน้ำในเนื้อเยื่อลดลงต่ำกว่าสารละลายเกลือภายนอก ทำให้สามารถดูดน้ำเข้ามาสู่เนื้อเยื่อได้ (osmotic adjustment) และยังช่วยป้องกันโปรตีนไม่ให้ถูกทำลายโดยไอออนของโซเดียมและคลอไรด์ (osmoprotection)

ความเครียดเกลือมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลมะเขือเทศ โดยทั่วไปมะเขือเทศถูกจัดเป็นพืชที่อ่อนแอปานกลางต่อเกลือ (Cuartero & Fernandez-Munoz, 1999) นั่นคือ มะเขือเทศสามารถเจริญได้ในดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินอิ่มตัว (EC of saturated soil extract)  $2.5 \text{ dS m}^{-1}$  ได้โดยผลผลิตไม่ลดลง เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นผลผลิตจะลดลงประมาณ 10% ต่อค่า EC ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ  $1 \text{ dS m}^{-1}$  ในระดับความเค็มที่ไม่สูงมาก ผลผลิตที่ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุมเกิดจากน้ำหนักผลเฉลี่ยลดลง แต่จำนวนผลต่อต้นยังคงที่ เมื่อระดับความเค็มสูงมากขึ้น ผลผลิตจะลดลงเนื่องจากจำนวนผลลดลงมากกว่า การทดลองปลูกมะเขือเทศในสภาวะเครียดเกลือมีผลต่อลักษณะทางคุณภาพของผลหลายอย่าง ได้แก่ ทำให้ค่า total soluble solid (TSS) เพิ่มขึ้นประมาณ 10.5% ต่อค่า EC ที่เพิ่มขึ้น  $1 \text{ dS m}^{-1}$  และทำให้รสชาตของมะเขือเทศดีขึ้นโดยทำให้ปริมาณน้ำตาลและกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ Chookahampaeng et al. (2007) การปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหารที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 25, 50, 100 mM ทำให้มะเขือเทศออกดอกช้าลง 3, 12 และ 12 วัน ตามลำดับเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม จำนวนผลต่อต้นลดลงจากชุดควบคุมเท่ากับ 38, 53 และ 52% และน้ำหนักผลสุกเฉลี่ยลดลง 15, 54 และ 58% ปริมาณน้ำตาลซูโครส

และกิจกรรมของเอนไซม์ซูโครสฟอสเฟตซินเทสในผลสุกเพิ่มขึ้นแตกต่างจากชุดควบคุมเมื่อได้รับเกลือ 50 และ 100 mM

การแช่เมล็ดในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นก่อนเพาะ ทำให้มะเขือเทศสามารถทนต่อความเครียดเกลือเพิ่มขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอก การตั้งตัวของต้นอ่อน และอัตราการเจริญของต้นอ่อนสูงกว่ากลุ่มที่เมล็ดไม่ได้รับเกลือก่อนเพาะ การแช่เมล็ดในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นก่อนเพาะยังส่งผลกระทบยาวจนถึงระยะการสร้างผลด้วย โดยการแช่เมล็ดใน NaCl 1 M เป็นเวลา 36 ชั่วโมงก่อนเพาะ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกมะเขือเทศในสารละลายเกลือเข้มข้น 35-70 mM (Cano et al., 1991) การแช่เมล็ดแต่งในสารละลาย NaCl 18 dS m<sup>-1</sup> เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสก่อนเพาะ ทำให้ต้นอ่อนมีความทนเค็มเพิ่มขึ้นเมื่อนำไปปลูกในสารละลาย NaCl 3.0, 4.5, 9.0 และ 18 dS m<sup>-1</sup> โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอก อัตราการงอก และน้ำหนักต้นอ่อนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการแช่เมล็ดก่อนเพาะ นอกจากนี้ต้นอ่อนเหล่านี้ยังมีลักษณะทางสรีรวิทยาที่บ่งบอกถึงความสามารถในการทนเค็มเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ได้แก่ ค่า Na/K ต่ำกว่า ค่า Ca/Na สูงกว่า ปริมาณน้ำตาล และโปรตีนสูงกว่า (Sivritepe et al., 2003) จากการศึกษาในมะเขือเทศ Cayuela et al. (1996) เสนอว่า เมล็ดที่แช่ในน้ำเกลือเข้มข้นมาก่อนสามารถงอกเป็นต้นอ่อนได้เร็วกว่า และต้นอ่อนเจริญได้ดีกว่าเนื่องจากมีความสามารถในการปรับตัวด้านออสโมติกได้ดีกว่าทำให้ดูดน้ำได้ดีกว่า เพราะมี Na<sup>+</sup> และ Cl<sup>-</sup> ในรากมากกว่า และน้ำตาลและกรดอินทรีย์ในใบสูงกว่าต้นอ่อนที่เจริญจากเมล็ดที่ไม่ได้ในสารละลายเกลือก่อน

การต่อกิ่ง (grafting) โดยนำกิ่งพันธุ์อ่อนแต่อลงบนต้นตอที่เป็นพันธุ์ทนเค็มตั้งแต่ระยะต้นอ่อนก่อนนำลงปลูกในดิน เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถชักนำให้กิ่งพันธุ์มีการปรับตัวทางสรีรวิทยาและสามารถทนดินเค็มได้ดีขึ้น ซึ่งเทคนิคการต่อกิ่งในพืชผักมีหลายแบบ ได้แก่ แบบ cleft grafting และ tube grafting ในมะเขือเทศ (Oda, 1995), แบบ tongue approach grafting และ slant-cut grafting ในพืชพวงแดง (Oda et al., 1993) ในประเทศญี่ปุ่นผลผลิตมะเขือเทศที่ได้จากการใช้วิธีต่อกิ่งมีถึงประมาณเกือบ 30% ของผลผลิตมะเขือเทศทั้งหมด เกษตรกรในประเทศญี่ปุ่นใช้เทคนิคการต่อกิ่งมะเขือเทศเพื่อแก้ปัญหาโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย รา และนิมาโทต ( Oda et al., 1993) อย่างกว้างขวาง แต่การต่อกิ่งเพื่อปรับปรุงผลผลิตมะเขือเทศในดินเค็มยังไม่เป็นที่แพร่หลายและมีงานวิจัยยังไม่มาก และยังปรากฏผลการศึกษาที่ขัดแย้งกัน โดย Romero et al. (1997) พบว่าความสามารถทนเค็มและผลผลิตของกิ่งพันธุ์ของแตงโมขึ้นอยู่กักระดับความทนเค็มพันธุ์ที่ใช้เป็นต้นตอ แต่ Dua et al. (1997) พบว่า ความสามารถในการทนเค็มขึ้นอยู่กัคุณสมบัติทางสรีรวิทยาของต้นพันธุ์เองมากกว่าจะขึ้นอยู่กัต้นตอ

Santa-Cruz et al. (2002) ได้ใช้กิ่งมะเขือเทศพันธุ์ moneymaker (เป็นพวก Na excluder) และ กิ่งพันธุ์ UC-82B (เป็นพวก Na includer) ต่อกิ่งไปบนต้นตอของมะเขือเทศลูกผสมพันธุ์ Kyndia (เป็นพวก Na excluder) แล้วปลูกพืชในสภาพที่ได้รับ NaCl 0, 50 และ 100 mM พบว่าการต่อกิ่งช่วยลดปริมาณการสะสม Na<sup>+</sup> และ Cl<sup>-</sup> ในใบของกิ่งพันธุ์ UC-82B ทำให้มีค่า Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> สูง

กว่าถึงเกือบ 3 เท่า เมื่อเทียบกับกิ่งพันธุ์ UC-82BC ที่ต่อลงบนต้นตอพันธุ์เดียวกัน (ชุดควบคุม) นอกจากนี้ยังมีค่าปริมาณน้ำและค่าศักย์ออสโมซิสสูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งลักษณะทางสรีรวิทยาเหล่านี้สอดคล้องกับผลผลิตที่เพิ่มขึ้นทั้งน้ำหนักผลเฉลี่ยและจำนวนผล ในทางตรงกันข้ามการต่อกิ่งพันธุ์ moneymaker (ซึ่งมีความสามารถทนเค็มได้ในระดับหนึ่งแล้วเนื่องจากมีกลไกการขับโซเดียม) ลงบนต้นตอพันธุ์ Kyndia ไม่ได้ช่วยเพิ่มความทนเค็มให้แก่พันธุ์ moneymaker โดยใบของ moneymaker ยังคงมีปริมาณ  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$ , ปริมาณน้ำ, ค่าศักย์ออสโมซิสเท่ากับชุดควบคุม ดังนั้นปริมาณไอออนของโซเดียม คลอไรด์ และโปแตสเซียมในกิ่งพันธุ์ จึงถูกควบคุมโดยกลไกการขับโซเดียมและดูดโปแตสเซียมของต้นตอ แต่ปริมาณไอออนที่สะสมจะมีผลเพิ่มระดับความทนเค็มของกิ่งพันธุ์หรือไม่ขึ้นอยู่กับกลไกการทนเค็มของตัวกิ่งพันธุ์เอง ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cuartero & Fernandez-Munoz (1999) ที่พบว่าการต่อกิ่งพันธุ์ Jaguar ที่อ่อนแอ ลงบนต้นตอของพันธุ์ทนเค็ม Radja และ Volgogradsjik ทำให้กิ่งพันธุ์ลดการสะสมไอออนของโซเดียมและคลอไรด์ และทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

### บทที่ 3

#### ผลของความเครียดจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโต และการตอบสนองทางสรีรวิทยาของมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ที่มีความทนเค็มแตกต่างกัน

##### 3.1 บทนำ

การศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของพืชที่ได้รับผลกระทบจากความเป็นพิษของเกลือ พืชแต่ละชนิด จะมีความสามารถในการทนเค็มที่แตกต่างกัน พืชทนเค็ม หมายถึง พืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งที่มีเกลือในปริมาณสูง พืชประเภทนี้สามารถปรับตัวอย่างรวดเร็ว ตลอดช่วง ของ การเจริญเติบโต พืชไม่ทนเค็ม หมายถึง พืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งที่ไม่มีเกลือ (nonsaline habitat) แต่สามารถปรับตัวได้บ้างในสภาพดินเค็ม พืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพดินเค็มได้ เนื่องจากมีกลไกในการบรรเทาความเป็นพิษของเกลือในลักษณะต่างๆ อาทิ การหลีกเลี่ยงการดูดเกลือเข้าไปโดยปรับโครงสร้างรากให้แผ่ไปบริเวณที่มีความเค็มน้อย พืชสะสมเกลือไว้ในส่วนของแวคิวโอลซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อพืช มากกว่าการสะสมไว้ในไซโตพลาสซึม พืชบางชนิดจะ สะสมสารต่างๆ เพื่อให้ทนต่อ ผลกระทบ ของเกลือ ที่ได้รับ และมีกลไกทำให้อวบน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณ น้ำภายในเซลล์ เพื่อให้ความเข้มข้นของเกลือภายในเซลล์ลดลง เป็นต้น (สันติภาพ ปัญจพรรค, 2543)

เช่น มะเขือเทศในแต่ละพันธุ์ก็จะมีมีความสามารถทนทานต่อสภาพปัญหาดินเค็มที่แตกต่างกัน ซึ่งมะเขือเทศจะสามารถขึ้นได้ตั้งแต่ความเค็ม 0-3 มิลลิโมล/ชม. โดยที่ผลผลิตไม่ลดลง แต่ถ้าเพิ่มความเค็มขึ้นเป็น 7 มิลลิโมล/ชม. ผลผลิตจะลดลงถึง 50% (Ayers and Wescot, 1976) ความสามารถในการทนเค็มของมะเขือเทศจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ (รังสรรค์ อิมเอิบ และชัชยาม ดิสถาพร , 2525) ความเค็มจะมีผลต่อมะเขือเทศโดยทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดน้อยลง การเจริญเติบโตจะน้อยลงโดยอัตราการระสมน้ำหนักแห้ง จำนวนผลต่อต้น ขนาดของผลจะลดลง และทำให้ผลแตกมากขึ้น การทดลองนี้จึงต้องการศึกษาผลของการได้รับความเครียดจากเกลือต่อการเจริญเติบโตและค่าทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นของมะเขือเทศ 4 พันธุ์ที่มีระดับความทนเค็มแตกต่างกัน

##### 3.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการได้รับความเครียดเกลือต่อการเจริญเติบโตและค่าทางสรีรวิทยาของมะเขือเทศ 4 พันธุ์ที่มีระดับความทนเค็มแตกต่างกันโดยศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อความยาวราก ความสูงต้น น้ำหนักสดของราก ใบและลำต้น น้ำหนักแห้งของราก ใบและลำต้น ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ปริมาณโปรตีน การร่วไหลของอ็อกซาลิก และการสะสมธาตุโซเดียมและโพแทสเซียมไอออน

### 3.3 วิธีการวิจัย

#### 3.3.1 การปลูกมะเขือเทศและการให้เกลือโซเดียมคลอไรด์

ปลูกมะเขือเทศทั้ง 4 สายพันธุ์ลงในกระถางดิน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น หลังจากนั้นเมื่ออายุ 15 วัน เริ่มให้ความเกลือกับต้นมะเขือเทศเป็นระยะเวลา 15 วัน (มะเขือเทศอายุ 30 วัน) แล้วเก็บตัวอย่างใบมะเขือเทศ

##### ชุดควบคุม

- พันธุ์ HW96 รดน้ำด้วยน้ำ
- พันธุ์ Sida รดด้วยน้ำ
- พันธุ์ THBW104 รดด้วยน้ำ
- พันธุ์ THBW109 รดด้วยน้ำ

##### ชุดการทดลอง

- พันธุ์ HW96 รดด้วย NaCl 140 mM
- พันธุ์ Sida รดด้วย NaCl 140 mM
- พันธุ์ THBW104 รดด้วย NaCl 140 mM
- พันธุ์ THBW109 รดด้วย NaCl 140 mM

#### 3.3.2 การบันทึกข้อมูล

##### 3.3.2.1 ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง

นำตัวอย่างพืชที่ได้ในแต่ละชุดการทดลองมาจำนวน 9 ต้น แยกส่วนราก ใบและลำต้น ทำการวัดความยาวของรากและลำต้นโดยวัดจากส่วนโคนของต้นไปยังปลายรากและปลายใบที่ยาวที่สุด ทำการชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่ง 4 ตำแหน่ง บันทึกผลน้ำหนักสด แล้วนำไปห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมงแล้วทำการบันทึกผลน้ำหนักแห้ง

##### 3.3.2.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์

นำตัวอย่างใบมะเขือเทศมา 0.1 กรัม บดในโกร่งให้ละเอียดพร้อมใส่ 80% acetone ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปกรองแล้ววัดปริมาตรสารละลายที่กรองได้ จากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (รุ่น Model 340 ยี่ห้อ Sequoia Turner) ในช่วงคลื่น 645 นาโนเมตร และ 663 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยใช้ 80% acetone เป็น blank แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อสด (mg/g FW)

##### จากสูตร

$$\text{Chlorophyll a (mg/g tissue)} = [ 12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) ] \times V/1000 \times W$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g tissue)} = [ 22.9 (A_{645}) - 4.63 (A_{663}) ] \times V/1000 \times W$$

$$\text{Total chlorophyll (mg/g tissue)} = [ 20.2(A_{645}) + 8.02(A_{663}) ] \times V/1000 \times W$$

V = ปริมาตรของสารละลายทั้งหมดที่กรองได้      W = น้ำหนักสดของเนื้อเยื่อใบมะเขือเทศ

A<sub>645</sub> = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 nm      A<sub>663</sub> = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 nm

### 3.3.2.3 วิธีการตรวจวัดค่าการรั่วไหลของอออน ( Electrolyte leakage percentage; ELP) ตัดแปลงตามวิธีการของ Liu et al. (1985)

เก็บตัวอย่างใบพืช น้ำหนัก 0.1 กรัม นำมาตัดให้เป็นชิ้นสั้นๆ ใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 15 ml เติมน้ำ Deionized water 10 ml แล้วนำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำน้ำในหลอดมาวัดค่าการนำไฟฟ้า ครั้งที่ 1 (EC1) จากนั้นนำหลอดไป autoclave นาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น วัดค่าการนำไฟฟ้าครั้งที่ 2 (EC2) นำข้อมูลค่าการนำไฟฟ้าครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 มาคำนวณค่า electrolyte leakage percentage (ELP) วิธีการคำนวณ Electrolyte leakage percentage (ELP)

จากสูตร Electrolyte leakage =  $(EC1/EC2) \times 100$

เช่น วัดค่า EC1 = 769  $\mu\text{s/cm}$       EC2 = 841  $\mu\text{s/cm}$

แทนค่า      ELP =  $(769/841) \times 100$

= 91.44 %

### 3.3.2.4 การวัดปริมาณโพรลีน

นำตัวอย่างใบสดมา 0.1 กรัม มาวัดปริมาณโพรลีนด้วยวิธีของ Bates et al. (1973) ใส่ในโกรงบดให้ละเอียดแล้วเติมสารละลาย 3% aqueous sulfosalicylic acid จำนวน 5 มิลลิลิตร กรองสารละลายผ่านกระดาษกรอง Whatman filter paper No.1 จดปริมาตรของสารละลายที่กรองได้ทั้งหมด นำสารละลายที่กรองได้มา 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดฝาเกลียว เติมน้ำกลacial acetic acid และ 2 มิลลิลิตร acid ninhydrin ปิดฝาเกลียวแล้วผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortex จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วหยุดปฏิกิริยาโดยนำไปแช่ในกระบอกน้ำแข็ง เติมน้ำ 4 มิลลิลิตร toluene ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้สารละลายแยกออกจากกันเป็น 2 ชั้น ดูดสารละลายชั้นบนที่มีสีชมพูมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer (รุ่น Model 340 ยี่ห้อ Sequoia Turner) โดย blank ที่ใช้จะมีขั้นตอนวิธีการและสารเคมีที่ใช้เหมือนกันกับการวัดโพรลีนข้างต้นเว้นแต่ใช้ 3% aqueous sulfosalicylic acid ปริมาตร 2 มิลลิลิตรแทนสารละลายของตัวอย่าง นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของ L-proline (ดูภาคผนวก) แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณโพรลีน มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อสด ( $\mu\text{g/g FW}$ )

### คำนวณหาปริมาณโพรลินจากสูตร

ปริมาณโพรลิน ( $\mu\text{g/g tissue}$ ) =  $V \times$  ปริมาณโพรลินที่เทียบได้จากกราฟมาตรฐาน ( $\mu\text{g}$ ) / ( $2 \times W$ )

$V$  = ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ทั้งหมด (มิลลิลิตร)  $W$  = น้ำหนักใบสด (กรัม)

#### 3.3.2.5 การหาปริมาณธาตุโซเดียมและโพแทสเซียม

นำตัวอย่างใบพืชที่อบแล้วแห้งที่อุณหภูมิ  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 72 ชั่วโมง มาบดให้ละเอียดแล้วนำตัวอย่างที่บดแล้วไปอบที่  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  อีกครั้งจนแห้งสนิท นำไปเติมกรดเปอร์คลอริก 5 มิลลิลิตร แล้วต้มที่อุณหภูมิ  $200 - 300\text{ }^{\circ}\text{C}$  จนกระทั่งควันสีเหลืองหมดไป ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติมกรดไนตริก 10 มิลลิลิตร ต้มจนควันสีขาวจางหายไปทิ้งไว้ 10 นาที แล้วจึงเติมกรดไฮโดรคลอริก 2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที นำสารละลายที่ได้ไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วจึงนำสารละลายที่ปรับปริมาตรแล้วไปปรับปริมาตรอีกครั้งโดยให้มีอัตราส่วนเป็น 1 : 50 โดยให้สารละลายที่ต้องการวัดค่า เป็น 1 ส่วน ต่อน้ำกลั่น 49 ส่วน แล้วจึงนำไปวัดหาปริมาณธาตุโซเดียมและโพแทสเซียม ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer (Model GBC 932 AA) และคำนวณเปอร์เซ็นต์โซเดียมและโพแทสเซียมไอออน

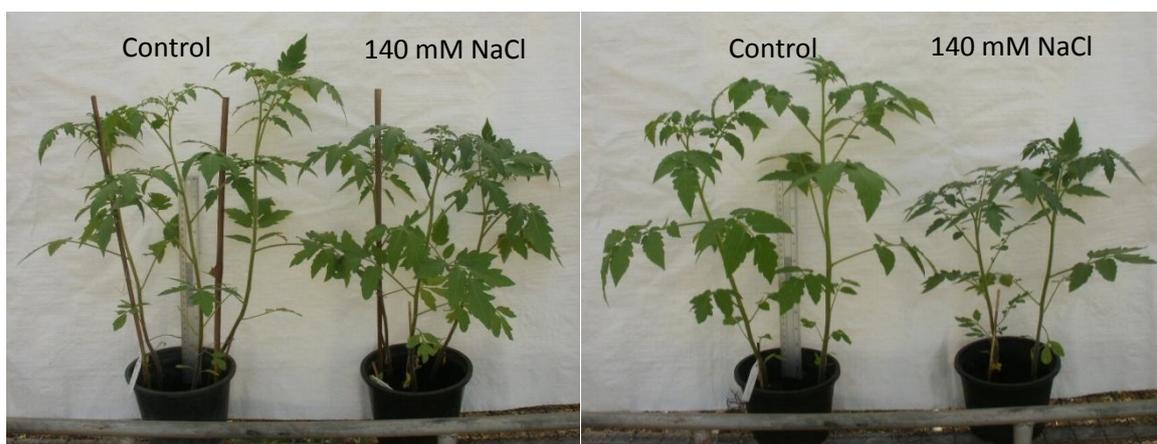
จากสูตร  $(100/\text{น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้ง (g)} \times \text{dilution} \times \text{concentration})/1000$

#### 3.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ของข้อมูลระหว่างกลุ่มทดลองด้วย One – Way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS

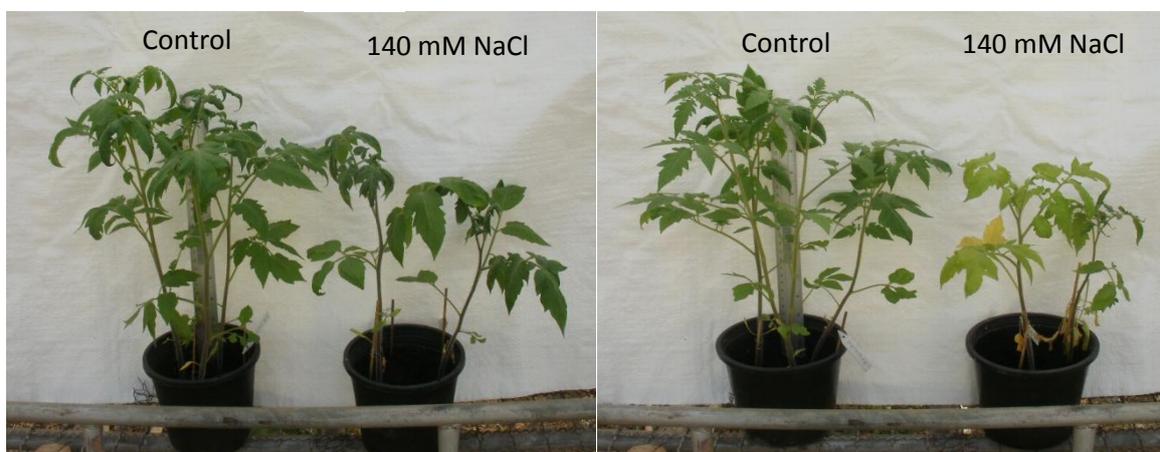
### 3.5 ผลการศึกษา

ต้นมะเขือเทศทุกพันธุ์ที่รดด้วยสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM เป็นเวลา 15 วัน ในระหว่างอายุ 15 - 30 วัน มีการเจริญเติบโตลดลงจากต้นมะเขือเทศชุดควบคุมที่รดด้วยน้ำตามปกติ (ภาพที่ 1) ความเครียดจากเกลือยับยั้งการเจริญในด้านของความสูงของต้น จำนวนและขนาดของใบ ทำให้ใบเหี่ยวและเหลือง โดยเฉพาะพันธุ์ THBW109 ได้รับผลกระทบมากที่สุด



(ก)

(ข)



(ค)

(ง)

ภาพที่ 1 เปรียบเทียบการเจริญของมะเขือเทศ 4 พันธุ์ อายุ 30 วัน ที่รดด้วยน้ำ (control) และรดด้วย 140 mM NaCl เป็นเวลา 15 วัน (ก) HW96 (ข) Sida (ค) THBW104 (ง) THBW109

### 3.5.1 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ 4 พันธุ์

#### 3.5.1.1 ความยาวของราก

ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความยาวรากเท่ากับ 28.70% 16.30% 4.55% และ 15.00% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความยาวรากมากที่สุด แต่ความยาวรากเฉลี่ยหลังจากการได้รับเกลือยังมีค่ามากกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความยาวรากน้อยที่สุดคือพันธุ์ THBW104 ลดลงเพียง 4.55% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วนความยาวเฉลี่ยของรากยังมีค่าใกล้เคียงกันกับพันธุ์ Sida และ THBW109 เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่าพันธุ์ HW96 และ THBW109 ที่ได้รับความเครียดเกลือมีค่าเฉลี่ยความยาวรากลดลงแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 2

#### 3.5.1.2 ความสูงของต้น

ในมะเขือเทศทั้ง 4 สายพันธุ์ ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่าพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความสูงต้นเท่ากับ 17.74% 18.89% 24.54% และ 32.08% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความสูงต้นมากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของความสูงต้นหลังจากที่ได้รับเกลือ น้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความสูงต้นน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 ลดลงเพียง 17.74% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และมีค่าเฉลี่ยของความสูงต้นหลังจากที่ได้รับเกลือมากกว่าพันธุ์อื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่าความเครียดเกลือทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงต้นของทั้ง 4 พันธุ์ลดลงและแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 3

#### 3.5.1.3 น้ำหนักสดของราก

ในมะเขือเทศทั้ง 4 สายพันธุ์ ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนัก รากสดเท่ากับ 33.33% 39.68% 40.09% และ 53.66% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักรากสดมากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักรากสด หลังจากที่ได้รับเกลือต่ำที่สุด ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักรากสดน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 ลดลงเพียง 33.33% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักรากสดหลังจากที่ได้รับเกลือสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่า ความเครียดเกลือทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงต้นของ ทั้ง 4 พันธุ์ลดลงและแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 4

### 3.5.1.4 น้ำหนักสดของลำต้น

ในมะเขือเทศทั้ง 4 สายพันธุ์ ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักสดของต้นเท่ากับ 21.85% 46.56% 46.00% และ 44.39% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักของต้นสดใกล้เคียงกัน และสูงกว่าของพันธุ์ HW96 มากกว่าสองเท่า ส่วนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต้นหลังจากที่ได้รับเกลือพันธุ์ Sida และ THBW104 จะมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่ามากกว่าพันธุ์ THBW109 ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักรากสดน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 ลดลงเพียง 21.85% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของต้นสดหลังจากที่ได้รับเกลือมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่า ความเครียดเกลือทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของลำต้นของทั้ง 4 พันธุ์ลดลงและแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 5

### 3.5.1.5 น้ำหนักสดของใบ

ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักสดของใบเท่ากับ 22.72% 18.45% 2.88% และ 42.53% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักของใบสดมากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดของใบหลังจากที่ได้รับเกลือต่ำที่สุด ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักใบสดน้อยที่สุดคือพันธุ์ THBW104 ลดลงเพียง 2.88% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของใบสดหลังจากที่ได้รับเกลือใกล้เคียงกันกับพันธุ์ Sida ส่วนพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักใบสดมากที่สุดคือพันธุ์ HW96 เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่า พันธุ์ HW96 และ THBW109 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของใบต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพันธุ์ Sida และ THBW104 น้ำหนักใบสดไม่แตกต่างกันระหว่างชุดควบคุมกับชุดที่ได้รับเกลือ ดังแสดงในภาพที่ 6

### 3.5.1.6 น้ำหนักแห้งของราก

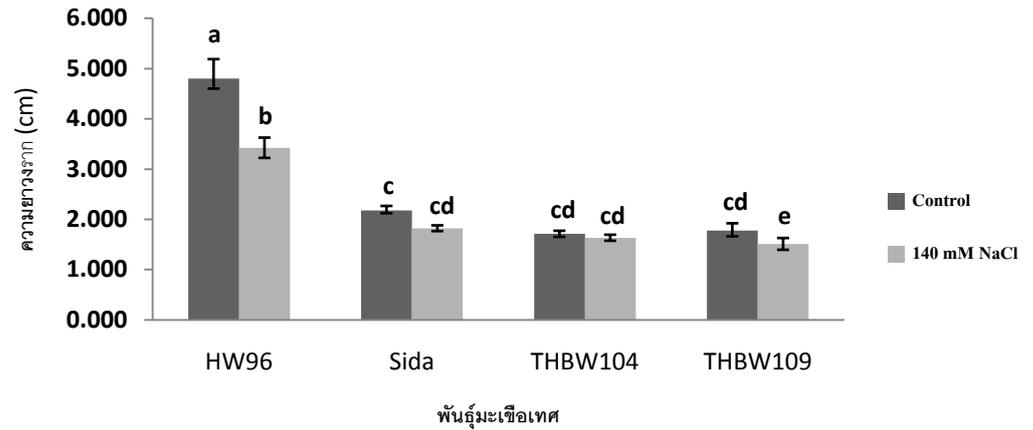
ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งของรากเท่ากับ 12.57% 18.89% 24.56% และ 32.07% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งของรากมากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของรากหลังจากที่ได้รับเกลือต่ำที่สุด ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งของรากน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 ลดลงเพียง 12.57% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และมีค่าเฉลี่ยหลังจากที่ได้รับเกลือสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกัน พบว่า ความเครียดเกลือทำให้น้ำหนักแห้งของรากเฉลี่ยของทุกพันธุ์ลดลงแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 7

### 3.5.1.7 น้ำหนักแห้งของลำต้น

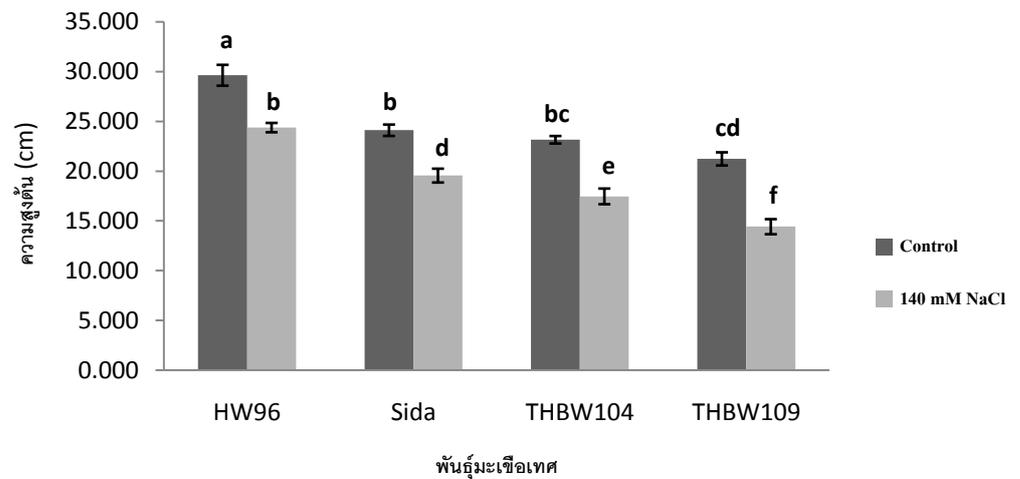
ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งของต้นเท่ากับ 14.66% 34.87% 40.13% และ 40.04% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW109 และ THBW104 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด โดยพันธุ์ THBW109 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของลำต้นหลังจากที่ได้รับเกลือต่ำที่สุด ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งของต้นน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 ลดลงเพียง 14.66% ซึ่งไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และมีค่าเฉลี่ยหลังจากที่ได้รับเกลือสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกัน พบว่าเฉพาะพันธุ์ THBW104 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักลำต้นแห้งแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 8

### 3.5.1.8 น้ำหนักแห้งของใบ

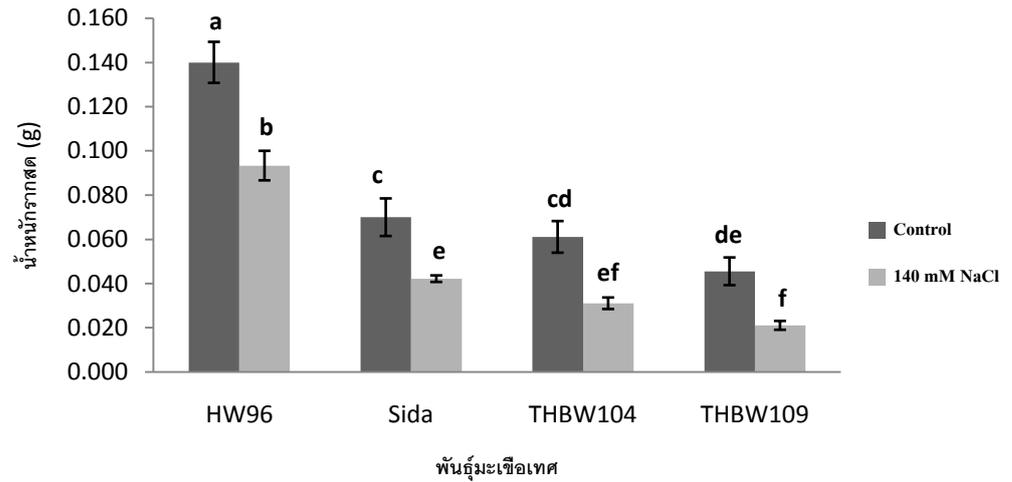
ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งของใบเท่ากับ 17.05% 40.60% 11.73% และ 54.72% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งของใบมากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของใบหลังจากที่ได้รับเกลือต่ำที่สุด ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักแห้งของใบน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 และ THBW104 ลดลงเพียง 14.66% และ 11.73% ซึ่งไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 9



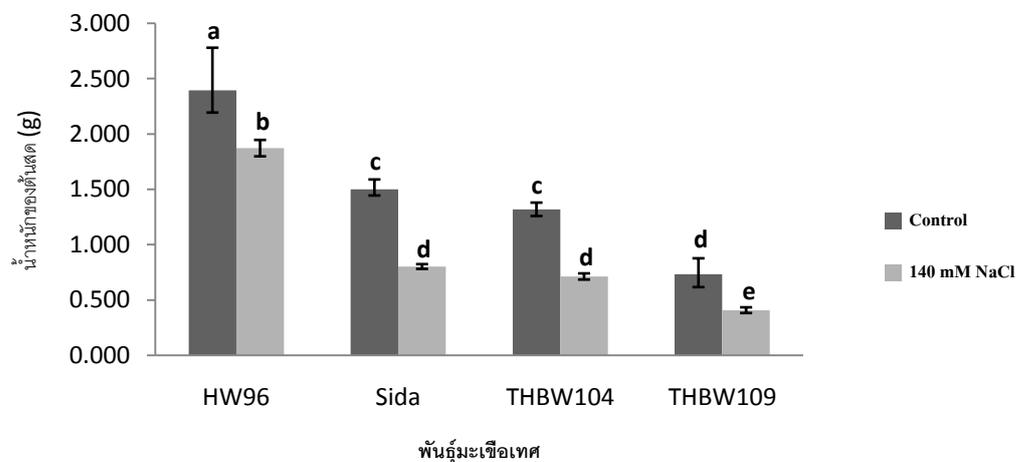
ภาพที่ 2 ความยาวราก (เซนติเมตร) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



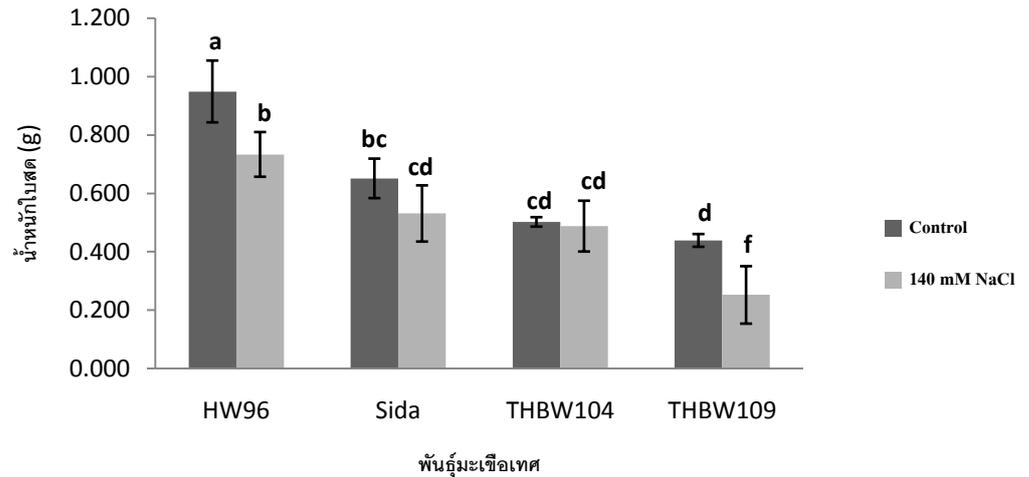
ภาพที่ 3 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



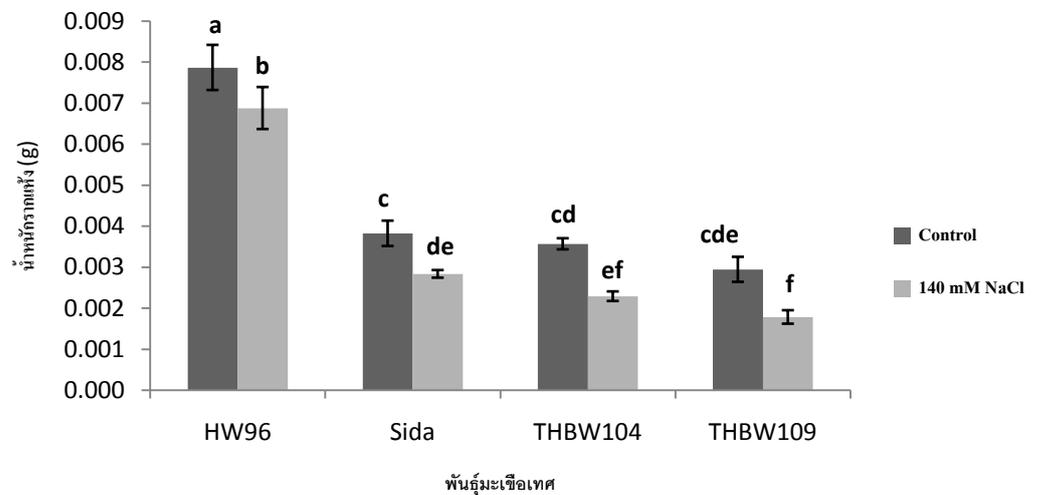
ภาพที่ 4 น้ำหนักสดของราก (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



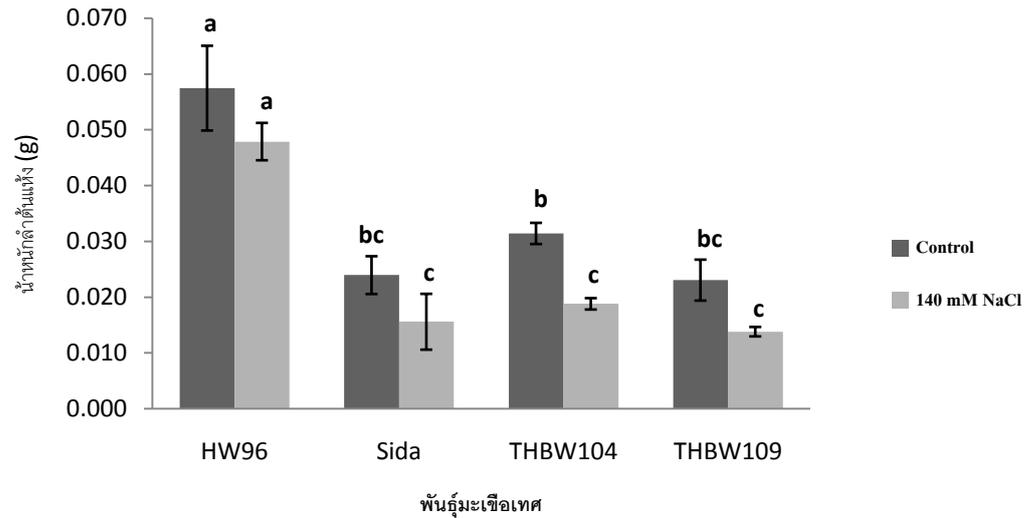
ภาพที่ 5 น้ำหนักสดของลำต้น (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



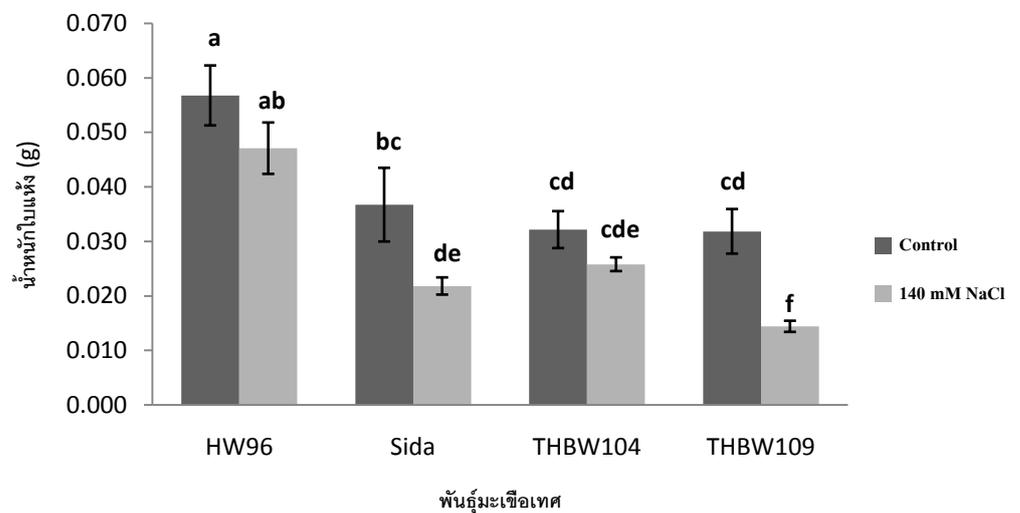
ภาพที่ 6 น้ำหนักสดของใบ (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 7 น้ำหนักแห้งของราก (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 8 น้ำหนักแห้งของต้น (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 9 น้ำหนักแห้งของใบ (กรัมต่อต้น) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

### 3.5.2 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์รวมของมะเขือเทศ 4 พันธุ์

ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศ พันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงปริมาณคลอโรฟิลล์รวมเท่ากับ 23.56% 41.15% 21.14% และ 32.45% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ Sida มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมากที่สุด แต่ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์รวมหลังจากที่ได้รับเกลือมีความใกล้เคียงกันทั้ง 4 พันธุ์ ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 และ THBW104 ลดลงเพียง 23.56% และ 21.14% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกัน พบว่าทุกพันธุ์เมื่อได้รับความเค็มมีค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์รวมลดลงและแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 10

### 3.5.3 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการร่วไหลของอออนของมะเขือเทศ 4 พันธุ์

ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศ พันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของการร่วไหลของอออนเท่ากับ 134.91% 225.40% 187.19% และ 384.18% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของการร่วไหลของอออนมากที่สุดเมื่อเทียบกับพันธุ์ HW96 และ THBW104 และมีค่าเฉลี่ยของการร่วไหลของอออนหลังจากที่ได้รับเกลือสูงที่สุด พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของการร่วไหลของอออนน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 เพิ่มขึ้นเพียง 134.91% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่ามะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์เมื่อได้รับความเค็มเกลือจะมีค่าเฉลี่ยการร่วไหลของอออนจากเซลล์ของใบสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 11

### 3.5.4 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณโพรตีนของมะเขือเทศ 4 พันธุ์

ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศ พันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของโพรตีนเท่ากับ 146.42% 307.58% 319.11% และ 801.51% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยพันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของโพรตีนมากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของโพรตีนหลังจากที่ได้รับเกลือสูงที่สุด และสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ เกือบสองเท่า ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของโพรตีนน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 เพิ่มขึ้นเพียง 146.42% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม พันธุ์ HW96 Sida และ THBW104 จะมีค่าเฉลี่ยโพรตีนที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่ามะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ เมื่อได้รับเกลือจะมีการสะสมโพรตีนสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 12

### 3.5.5 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณธาตุโซเดียมและโพแทสเซียมของ

#### มะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์

##### 3.5.5.1 ปริมาณธาตุโซเดียมในใบ

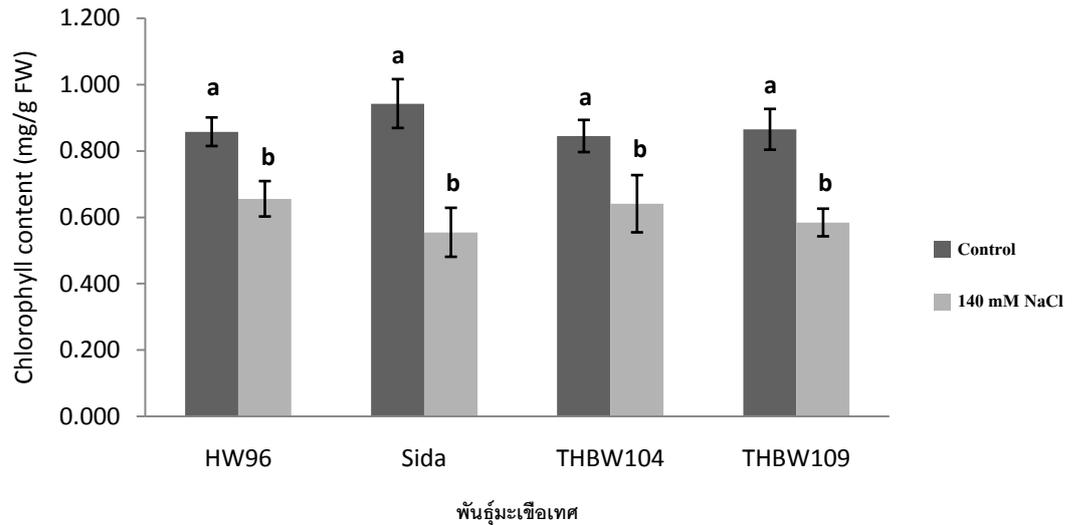
ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของธาตุโซเดียมเท่ากับ 120.75% 145.92% 314.00% และ 1087.91% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นธาตุโซเดียมมากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุโซเดียมหลังจากที่ได้รับเกลือสูงสุดด้วย ส่วนพันธุ์ HW96 และ Sida จะมีค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียมหลังจากที่ได้รับเกลือใกล้เคียงกัน ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของธาตุโซเดียมน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 เพิ่มขึ้นเพียง 120.75% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่ามะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ หลังจากได้รับความเครียดเกลือจะมีการสะสมธาตุโซเดียมในใบสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 13

##### 3.5.5.2 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบ

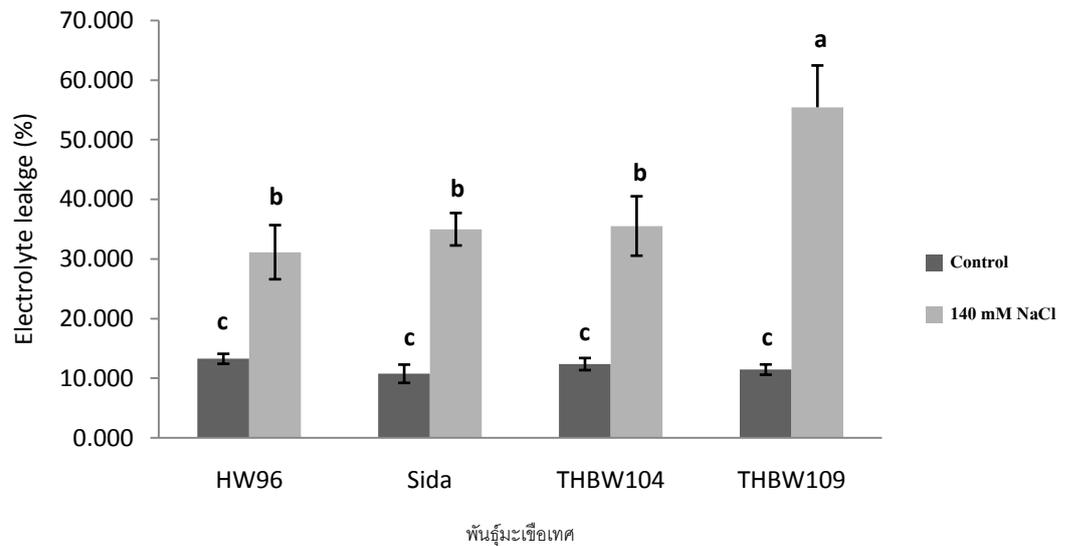
ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของธาตุโพแทสเซียมเท่ากับ 29.12% 49.09% 85.83% และ 77.28% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นธาตุโพแทสเซียมมากกว่าพันธุ์ HW96 และ Sida และพันธุ์ THBW104 มีค่าเฉลี่ยของธาตุโพแทสเซียมหลังจากที่ได้รับเกลือสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของธาตุโพแทสเซียมน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 เพิ่มขึ้นเพียง 29.12% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่ามะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ที่ได้รับความเครียดเกลือจะมีปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยในใบสูงขึ้นและแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 14

##### 3.5.5.3 อัตราส่วนระหว่างธาตุโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนในใบมะเขือเทศ

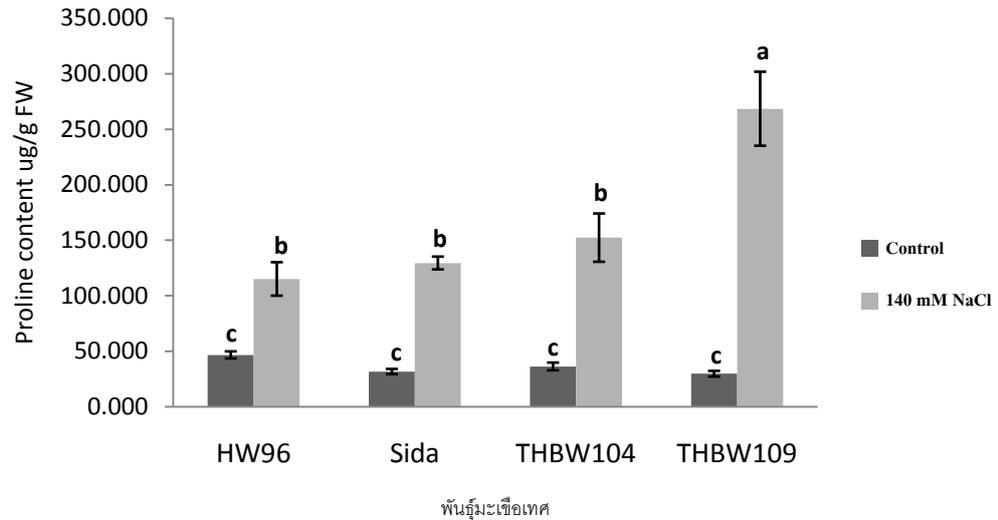
ในมะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์ชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราส่วนระหว่างธาตุโพแทสเซียมกับโซเดียมเท่ากับ 41.98% 39.27% 55.01% และ 84.88% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่พันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราส่วนระหว่างธาตุโพแทสเซียมมากที่สุด ส่วนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราส่วนระหว่างธาตุโพแทสเซียมน้อยที่สุดคือพันธุ์ HW96 และ Sida ลดลงเพียง 41.98% และ 39.27% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกันพบว่ามะเขือเทศทั้ง 4 พันธุ์เมื่อได้รับความเครียดจากเกลือมีค่าอัตราส่วนระหว่างธาตุโพแทสเซียมกับโซเดียมลดลงและแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 15



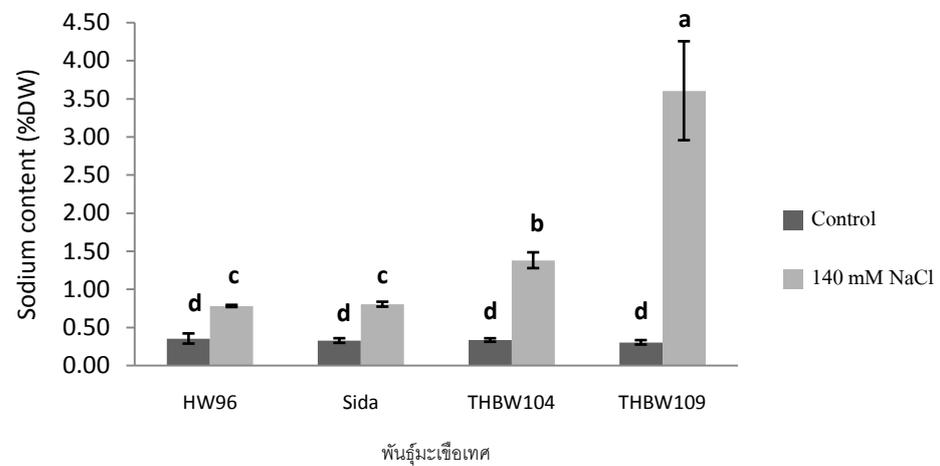
ภาพที่ 10 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (mg/g FW) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



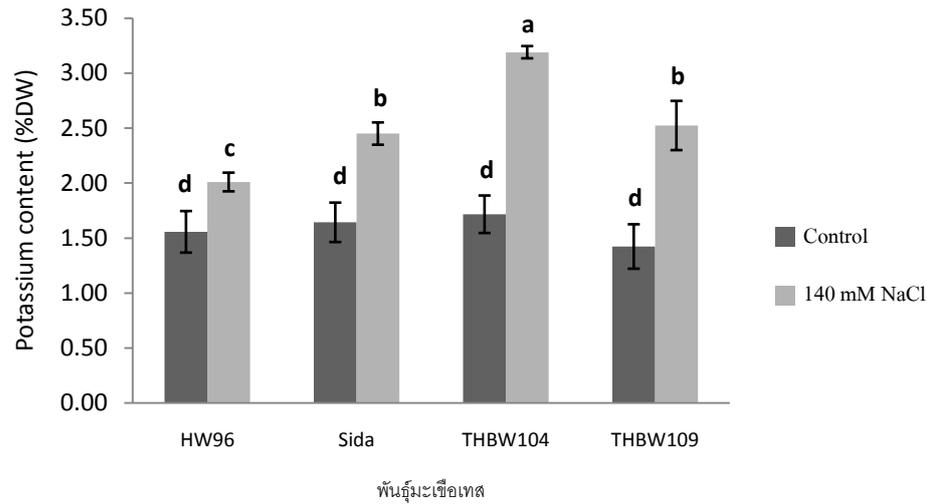
ภาพที่ 11 ปริมาณการการรั่วไหลของไอออนของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



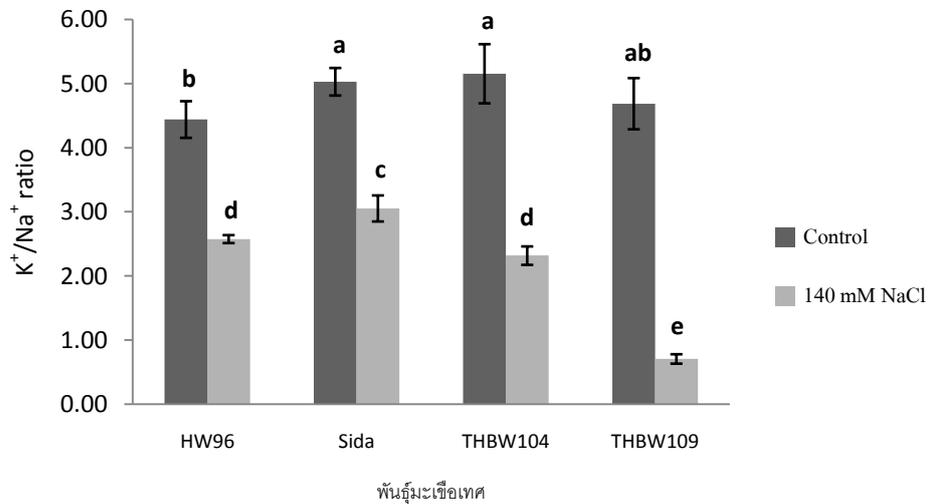
ภาพที่ 12 ปริมาณโพรลีนในใบ ( $\mu\text{g/g}$  FW) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 13 ปริมาณธาตุโซเดียม (% DW) ในใบของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 14 ปริมาณโพแทสเซียมในใบ (% DW) ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 15 อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนในใบของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 พันธุ์ Sida พันธุ์ THBW104 และพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การลดลงของ น้ำหนักรากสด น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบสด น้ำหนักใบแห้ง ความยาวราก ความสูงต้น การรั่วไหลของไอออน ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ปริมาณโปรตีน อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออน ปริมาณธาตุโซเดียม ปริมาณโพแทสเซียม ของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 Sida THBW104 และ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมเค็มคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM

No.	genotype	HW96	Sida	THBW104	THBW109
น้ำหนักรากสด (กรัม)	Control (Mean±SE)	0.14±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.06±0.01 <sup>cd</sup>	0.05±0.01 <sup>de</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.09±0.01 <sup>b</sup>	0.04±0.00 <sup>e</sup>	0.03±0.00 <sup>ef</sup>	0.02±0.00 <sup>f</sup>
	% ที่ลดลง	33.33	39.68	49.09	53.66
น้ำหนักรากแห้ง (กรัม)	Control (Mean±SD)	0.008±0.002 <sup>a</sup>	.004±0.001 <sup>c</sup>	.004±0.000 <sup>cd</sup>	.003±0.001 <sup>c-e</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SD)	0.007±0.002 <sup>b</sup>	0.003±0.000 <sup>de</sup>	0.002±0.000 <sup>ef</sup>	0.002±0.00 <sup>f</sup>
	% ที่ลดลง	12.57	18.89	24.56	32.07
น้ำหนักต้นสด (กรัม)	Control (Mean±SE)	2.40±0.15 <sup>a</sup>	1.50±0.13 <sup>c</sup>	1.32±0.05 <sup>c</sup>	0.73±0.07 <sup>d</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	1.87±0.07 <sup>b</sup>	0.08±0.02 <sup>d</sup>	0.71±0.03 <sup>d</sup>	0.41±0.03 <sup>e</sup>
	% ที่ลดลง	21.85	46.56	46.00	44.39
น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม)	Control (Mean±SE)	0.057±0.02 <sup>a</sup>	0.024±0.01 <sup>bc</sup>	0.031±0.00 <sup>b</sup>	0.023±0.01 <sup>bc</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.048±0.01 <sup>a</sup>	0.016±0.17 <sup>c</sup>	0.019±0.00 <sup>c</sup>	0.014±0.00 <sup>c</sup>
	% ที่ลดลง	16.66	34.87	40.13	40.04
น้ำหนักใบสด (กรัม)	Control (Mean±SE)	0.95±0.11 <sup>a</sup>	0.65±0.07 <sup>bc</sup>	0.50±0.02 <sup>cd</sup>	0.44±0.02 <sup>d</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.73±0.03 <sup>b</sup>	0.53±0.03 <sup>cd</sup>	0.49±0.03 <sup>cd</sup>	0.25±0.03 <sup>f</sup>
	% ที่ลดลง	22.72	18.45	2.88	42.53
น้ำหนักใบแห้ง (กรัม)	Control (Mean±SE)	0.054±0.01 <sup>a</sup>	0.037±0.02 <sup>bc</sup>	0.032±0.01 <sup>cd</sup>	0.032±0.01 <sup>cd</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.047±0.01 <sup>ab</sup>	0.022±0.00 <sup>de</sup>	0.026±0.00 <sup>c-e</sup>	0.014±0.00 <sup>f</sup>
	% ที่ลดลง	17.05	40.60	11.732	54.72
ความยาวราก (เซ็นติเมตร)	Control (Mean±SE)	4.80±0.38 <sup>a</sup>	2.18±0.09 <sup>c</sup>	1.71±0.06 <sup>cd</sup>	1.78±0.14 <sup>cd</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	3.42±0.20 <sup>b</sup>	1.82±0.06 <sup>cd</sup>	1.63±0.06 <sup>cd</sup>	1.51±0.12 <sup>e</sup>
	% ที่ลดลง	28.70	16.33	4.55	15.00
ความสูงลำต้น (เซ็นติเมตร)	Control (Mean±SE)	29.63±1.05 <sup>a</sup>	24.11±0.57 <sup>b</sup>	23.16±0.38 <sup>bc</sup>	21.23±0.66 <sup>cd</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	24.38±0.47 <sup>b</sup>	19.56±0.69 <sup>d</sup>	17.47±0.79 <sup>e</sup>	14.42±0.76 <sup>f</sup>
	% ที่ลดลง	17.74	18.89	24.54	32.08
Electrolyte leakage	Control (Mean±SE)	13.25±0.83 <sup>c</sup>	10.75±1.53 <sup>c</sup>	12.37±1.01 <sup>c</sup>	11.45±0.86 <sup>c</sup>

	NaCl 140 mM (Mean±SE)	31.14±4.54 <sup>b</sup>	34.99±2.72 <sup>b</sup>	35.53±4.98 <sup>b</sup>	55.44±7.02 <sup>a</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	134.91	225.40	187.19	384.18
Chlorophyll content (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.858±0.043 <sup>a</sup>	0.943±0.074 <sup>a</sup>	0.845±0.048 <sup>a</sup>	0.865±0.061 <sup>a</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.656±0.053 <sup>b</sup>	0.555±0.074 <sup>b</sup>	0.641±0.086 <sup>b</sup>	0.584±0.042 <sup>b</sup>
	% ที่ลดลง	23.56	41.15	24.14	32.45
Proline content (µg/g FW)	Control (Mean±SE)	46.71±3.20 <sup>c</sup>	31.767±2.31 <sup>c</sup>	36.345±3.48 <sup>ac</sup>	29.769±2.56 <sup>c</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	115.12±15.07 <sup>b</sup>	129.47±5.74 <sup>b</sup>	152.32±21.73 <sup>b</sup>	268.37±33.33 <sup>a</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	146.42	307.58	319.11	801.51
K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> ratio	Control (Mean±SE)	4.44±0.16 <sup>b</sup>	5.03±0.12 <sup>ab</sup>	5.15±0.26 <sup>a</sup>	4.69±0.23 <sup>ab</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	2.57±0.04 <sup>b</sup>	3.05±0.11 <sup>a</sup>	2.319±0.08 <sup>b</sup>	0.70±0.04 <sup>c</sup>
	% ที่ลดลง	41.98	39.27	55.01	84.88
Sodium content (%DW)	Control (Mean±SE)	0.35±0.04 <sup>d</sup>	0.33±0.01 <sup>d</sup>	0.33±0.09 <sup>d</sup>	0.30±0.11 <sup>d</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.78±0.07 <sup>c</sup>	0.80±0.05 <sup>c</sup>	1.38±0.03 <sup>b</sup>	3.60±0.12 <sup>a</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	120.75	145.92	314.00	1087.91
Potassium content (%DW)	Control (Mean±SE)	1.56±0.10 <sup>c</sup>	1.64±0.10 <sup>c</sup>	1.72±0.09 <sup>c</sup>	1.42±0.11 <sup>c</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	2.01±0.07 <sup>b</sup>	2.45±0.05 <sup>b</sup>	3.19±0.03 <sup>b</sup>	2.52±0.12 <sup>a</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	29.12	49.09	85.83	77.28

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 2 สรุปผลการทดลองทั้งหมดของการปลูกมะเขือเทศทั้ง 4 สายพันธุ์ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์

การเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยา	มะเขือเทศพันธุ์ HW96 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม	มะเขือเทศพันธุ์ Sida ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม	มะเขือเทศพันธุ์ THBW104 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม	มะเขือเทศพันธุ์ THBW109 ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม
น้ำหนักสดของราก	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	ลดลงมาก	ลดลงมาก
น้ำหนักสดของต้น	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	ลดลง	ลดลง
น้ำหนักสดของใบ	ลดลง	ลดลง	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงมาก
น้ำหนักแห้งของราก	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	ลดลง	ลดลงมาก
น้ำหนักแห้งของต้น	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	ลดลง	ลดลง
น้ำหนักแห้งของใบ	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงมาก
ความยาวราก	ลดลง	ลดลง	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง
ความสูงต้น	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	ลดลง
ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบ	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง
ปริมาณการรั่วไหลของไอออนในใบ	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้นมาก
ปริมาณโพรงในใบ	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้นมาก
ปริมาณโซเดียมไอออนในใบ	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้นมาก
ปริมาณโพแทสเซียมไอออนในใบ	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อโซเดียมไอออนในใบ	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลงมาก

## บทที่ 4

### ผลของความเครียดเกลือต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของมะเขือเทศ ที่มีการต่อกิ่งระหว่างพันธุ์อ่อนแอกับพันธุ์ทนเค็ม

#### 4.1 บทนำ

การศึกษาวีธีที่ทำให้พืชสามารถลดผลกระทบจากการที่ได้รับความเค็มในช่วงของการเจริญเติบโตสามารถทำได้โดย การนำกิ่งพันธุ์อ่อนแอต่อลงบนต้นตอที่เป็นพันธุ์ทนเค็มตั้งแต่ระยะต้นอ่อนก่อนนำลงปลูกในดิน ซึ่งเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถชักนำให้กิ่งพันธุ์ อ่อนแอมีการปรับตัวทางสรีรวิทยาและสามารถทนดินเค็มได้ดี ยิ่งขึ้น การต่อกิ่งมะเขือเทศในเชิงพาณิชย์มีการทำมากในประเทศเกาหลีและประเทศญี่ปุ่น (Lee, 1994) จากการศึกษาการต่อกิ่งมะเขือเทศบนต้นที่ทนทานจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมสารอาหารได้ดียิ่งขึ้น (Ruiz et al, 1997) และทนต่อความแห้งแล้ง ความเค็มและน้ำท่วม (Estan et al., 2005) นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าความสัมพันธ์ระหว่างต้นตอกับยอดโดยเมื่อได้ต้นตอที่มีระบบรากที่แข็งแรง รากจะมีการดูดน้ำและแร่ธาตุไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของต้นทำให้ได้ผลผลิตที่ดี (Loanno et al., 2002) การศึกษาในบทนี้เพื่อตรวจสอบผลของการได้รับความเครียดเกลือต่อการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่มีการต่อกิ่งระหว่างพันธุ์ทนเค็มกับพันธุ์อ่อนแอ

#### 4.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการได้รับความเครียดเกลือต่อการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่มีการต่อกิ่งระหว่างพันธุ์โดยต่อกิ่งระหว่างพันธุ์ที่ทนเค็มกับพันธุ์ที่อ่อนแอ โดยศึกษาผลของเกลือ โซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณโปรตีน การรั่วไหลของไอออน และการสะสมโซเดียมและโพแทสเซียมไอออน

#### 4.3 วิธีการวิจัย

##### 4.3.1 การปลูกมะเขือเทศ

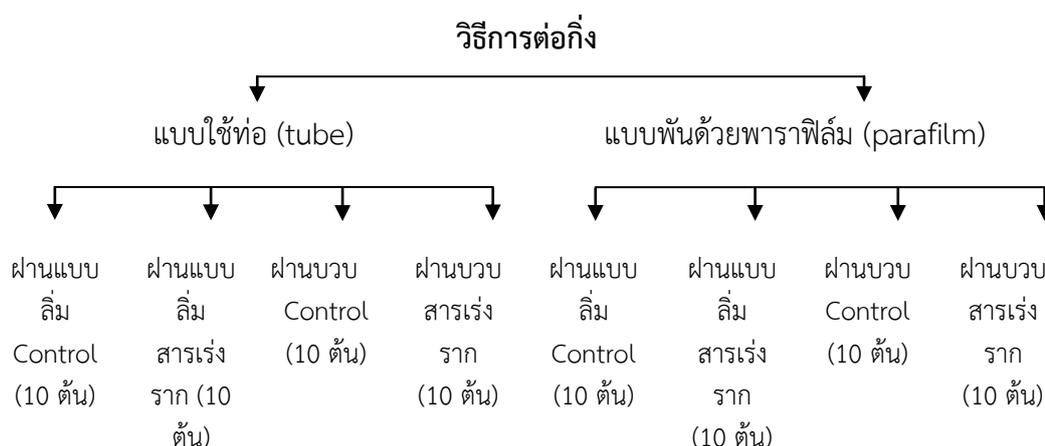
ทำการเพาะเมล็ดมะเขือเทศพันธุ์ Sida พันธุ์ HW96 (พันธุ์ทนเค็ม) และ พันธุ์ THBW109 (พันธุ์อ่อนแอ) ในกระถางดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว จนกระทั่งอายุ 45 วันแล้วทำการต่อกิ่งมะเขือเทศ

##### 4.3.2 การต่อกิ่งมะเขือเทศ

###### 4.3.2.1 การเปรียบเทียบวิธีต่อกิ่งมะเขือเทศโดยวิธีใช้หลอดและวิธีพันด้วยพาราฟิล์ม

เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการต่อกิ่ง 2 วิธี คือ วิธีใช้หลอด (tube grafting) และวิธีพันด้วยพาราฟิล์ม (parafilm method) โดยทดลองทำกับมะเขือเทศพันธุ์ที่หาง่ายคือพันธุ์ Sida โดยใช้ต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ Sida อายุ 45 วัน จากข้อ 4.3.1 มาทำการต่อกิ่งด้วยวิธีใช้หลอด (ภาพที่ 16ก) และวิธีพันด้วยพาราฟิล์ม (ภาพที่ 16ข) โดยใช้วิธีผานลำต้น 2 แบบ คือแบบรูปลิ่ม และแบบผานบวบ และทดลองใช้ / ไม่ใช้สารเร่งราก แล้วนำเข้าไปอนุบาลบนชั้น

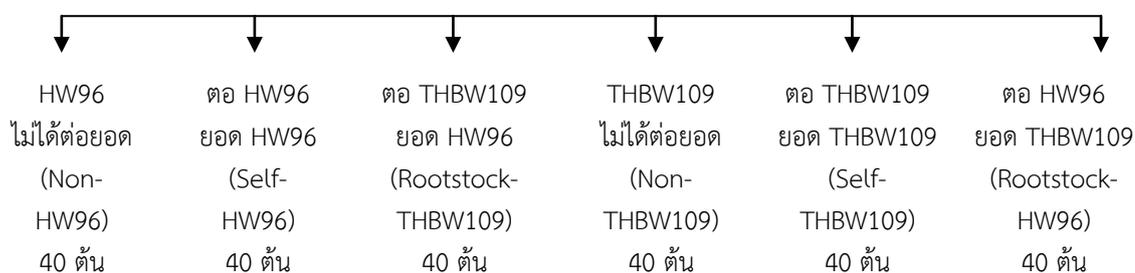
วางกระดาษที่ทำเป็นกระโจม (grafting chamber) คลุมด้วยแผ่นพลาสติกขุ่นโดยรอบเพื่อรักษาความชื้นภายในกระโจม และพรางแสงด้านบนด้วยพลาสติกพรางแสงสีดำ รักษาความชื้นภายในกระโจมโดยการวางภาตใส่น้ำไว้ภายใน โดยในวันที่ 1-7 ต้องคลุมด้วยพลาสติกให้มิดชิด วันที่ 8-10 ค่อยๆ เปิดพลาสติกที่คลุมออกบางส่วนให้อากาศภายนอกเข้าไปได้ วันที่ 11-19 นำต้นมะเขือเทศที่ต่อกิ่งมาปักในเรือนทดลอง แล้วตรวจสอบจำนวนต้นที่รอดชีวิตแล้วคัดเลือกวิธีที่ดีที่สุดเพื่อทำการต่อกิ่งในข้อ 4.3.2.2



#### 4.3.2.2 การต่อกิ่งระหว่างพันธุ์ HW96 กับพันธุ์ THBW109 โดยวิธีพันด้วยพาราฟิล์ม

นำต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 (พันธุ์ทนเค็ม) และพันธุ์ THBW109 (พันธุ์อ่อนแอ) อายุ 45 วัน จากข้อ 4.3.1 มาทำการต่อกิ่งแบบต่างๆ ดังแผนผังข้างล่าง แล้วนำเข้าอนุบาลในกระโจม โดยวันที่ 1-7 ต้องคลุมด้วยพลาสติกให้มิดชิด วันที่ 8-10 ค่อยๆ เปิดพลาสติกที่คลุมออก วันที่ 11-19 นำต้นมะเขือเทศที่ต่อกิ่งแล้วมาปักในเรือนทดลองแล้วตรวจสอบจำนวนต้นที่รอดชีวิต จากนั้นนำต้นมะเขือเทศที่รอดชีวิตไปทำการทดลองตามข้อ 4.3.2.3

#### การต่อกิ่งแบบลิ่มที่พันด้วยพาราฟิล์ม



### 4.3.2.3 การให้เกลือโซเดียมคลอไรด์

นำต้นมะเขือเทศที่ได้จากการข้อ 4.3.2.2 ลงปลูกในกระถางเบอร์ 4 จนกระทั่งต้นมะเขือเทศอายุ 75 วัน แล้วเริ่มรดด้วยน้ำเกลือตั้งแต่วันที่ 75 – 100 วัน เป็นเวลาทั้งหมด 25 วัน ทำการเก็บตัวอย่างใบมะเขือเทศ 3 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 ก่อนการให้เกลือ ครั้งที่ 2 เก็บตัวอย่าง 10 วัน หลังให้เกลือ ครั้งที่ 3 เก็บตัวอย่าง 25 วันหลังให้เกลือ โดยเก็บตัวอย่างใบที่ข้อที่ 3 หรือ 4 นับจากยอด นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าทางสรีรวิทยาต่อไป โดยมีชุดการทดลองทั้งหมด 12 ชุดๆ ละ 6 ต้น ดังแสดงข้างล่าง

ชุดควบคุม	ชุดการทดลอง
- HW96 ไม่ได้ต่อยอด (Non-HW96) รดด้วยน้ำ	- HW96 ไม่ได้ต่อยอด (Non-HW96)
- ต่อ HW96 + ยอด HW96 (Self-HW96) รดด้วยน้ำ	รดด้วย NaCl 140 mM
- ต่อ THBW109 + ยอด HW96 (Rootstock- THBW109) รดด้วยน้ำ	- ต่อ HW96 + ยอด HW96 (Self-HW96) รดด้วย NaCl 140 mM
- THBW109 ไม่ได้ต่อยอด (Non-THBW109) รดด้วยน้ำ	- ต่อ THBW109 + ยอด HW96 (Rootstock- THBW109) รดด้วย NaCl 140 mM
- ต่อ THBW109 + ยอด THBW109 (Self-THBW109) รดด้วยน้ำ	- THBW109 ไม่ได้ต่อยอด (Non-THBW109) รดด้วย NaCl 140 mM
- ต่อ HW96 + ยอด THBW109 (Rootstock-HW96) รดด้วยน้ำ	- ต่อ THBW109 + ยอด THBW109 (Self-THBW109) รดด้วย NaCl 140 mM
	- ต่อ HW96 + ยอด THBW109 (Rootstock-HW96) รดด้วย NaCl 140 mM

## 4.3.2 การศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยา

### 4.3.2.1 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์

นำตัวอย่างใบมะเขือเทศมา 0.1 กรัม บดในโกร่งให้ละเอียดพร้อมใส่ 80% acetone ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปกรองแล้ววัดปริมาตรสารละลายที่กรองได้ จากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (รุ่น Model 340 ยี่ห้อ Sequoia Turner) ในช่วงคลื่น 645 นาโนเมตร และ 663 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยใช้ 80% acetone เป็น blank แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อสด (mg/g FW)

จากสูตร

$$\text{Chlorophyll a (mg/g tissue)} = [ 12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) ] \times V/1000 \times W$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g tissue)} = [ 22.9 (A_{645}) - 4.63 (A_{663}) ] \times V/1000 \times W$$

$$\text{Total chlorophyll (mg/g tissue)} = [ 20.2(A_{645}) + 8.02(A_{663}) ] \times V/1000 \times W$$

V = ปริมาตรของสารละลายทั้งหมดที่กรองได้      W = น้ำหนักสดของเนื้อเยื่อใบมะเขือเทศ

A<sub>645</sub> = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 nm      A<sub>663</sub> = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 nm

#### 4.3.2.2 วิธีการตรวจวัดค่าการรั่วไหลของอออน ( Electrolyte leakage percentage; ELP) ตัดแปลงตามวิธีการของ Liu et al. (1985)

เก็บตัวอย่างใบพืช น้ำหนัก 0.1 กรัม นำมาตัดให้เป็นชิ้นสั้นๆ ใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 15 ml เติมน้ำ Deionized water 10 ml แล้วนำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำน้ำในหลอดมาวัดค่าการนำไฟฟ้า ครั้งที่ 1 (EC1) จากนั้นนำหลอดไป autoclave นาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น วัดค่าการนำไฟฟ้าครั้งที่ 2 (EC2) นำข้อมูลค่าการนำไฟฟ้าครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 มาคำนวณค่า electrolyte leakage percentage (ELP)

วิธีการคำนวณ Electrolyte leakage percentage (ELP)

จากสูตร Electrolyte leakage =  $(EC1/EC2) \times 100$

เช่น วัดค่า EC1 = 769  $\mu\text{s/cm}$  วัดค่า EC2 = 841  $\mu\text{s/cm}$

แทนค่า =  $(769/841) \times 100$

= 91.44

ELP = 91.44%

#### 4.3.2.3 การวัดปริมาณโพรลีน

นำตัวอย่างใบสดมา 0.1 กรัม มาวัดปริมาณโพรลีนด้วยวิธีของ Bates et al. (1973) ใส่ในโถรงบดให้ละเอียดแล้วเติมสารละลาย 3% aqueous sulfosalicylic acid จำนวน 5 มิลลิลิตร กรองสารละลายผ่านกระดาษกรอง Whatman filter paper No.1 จดปริมาตรของสารละลายที่กรองได้ทั้งหมด นำสารละลายที่กรองได้มา 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดฝาเกลียว เติมน้ำกลacial acetic acid และ 2 มิลลิลิตร acid ninhydrin ปิดฝาเกลียวแล้วผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortex จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วหยุดปฏิกิริยาโดยนำไปแช่ในกระบอกน้ำแข็ง เติมน้ำ 4 มิลลิลิตร toluene ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้สารละลายแยกออกจากกันเป็น 2 ชั้น ดูดสารละลายชั้นบนที่มีสีชมพูมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer (รุ่น Model 340 ยี่ห้อ Sequoia Turner) โดย blank ที่ใช้จะมีขั้นตอนวิธีการและสารเคมีที่ใช้เหมือนกันกับการวัดโพรลีนข้างต้นเว้นแต่ใช้ 3% aqueous sulfosalicylic acid ปริมาตร 2 มิลลิลิตรแทนสารละลายของตัวอย่าง นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของ L-proline (ดูภาคผนวก) แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณโพรลีน มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อกรัมเนื้อเยื่อสด ( $\mu\text{g/g FW}$ )

#### คำนวณหาปริมาณโพรลีนจากสูตร

ปริมาณโพรลีน ( $\mu\text{g/g tissue}$ ) =  $V \times$  ปริมาณโพรลีนที่เทียบได้จากกราฟมาตรฐาน ( $\mu\text{g}$ ) /  $(2 \times W)$

$V$  = ปริมาณสารละลายที่สกัดได้ทั้งหมด (มิลลิลิตร)  $W$  = น้ำหนักใบสด (กรัม)

#### 4.3.2.4 การวัดปริมาณน้ำตาลรวม

นำตัวอย่างใบสดมา 0.1 กรัม มาวัดปริมาณน้ำตาลรวมด้วยวิธีของ Dubois et al. (1956) ชั่งเนื้อเยื่อพืชมา 0.1 g ใส่ในหลอดทดลอง ใส่ 80% ethanol ลงในหลอด 3-5 ml นำไปต้มใน waterbath ที่มีน้ำเดือดประมาณ 1/2 - 1 นาที เพื่อฆ่าเอนไซม์ที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชออก (กรณีใช้บีกเกอร์ต้มควรใส่เกลือในน้ำด้วย) นำไปแช่ใน waterbath อุณหภูมิ 65 องศา เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อสกัดน้ำตาลออกจากเนื้อเยื่อพืชเก็บสารละลาย ethanol ที่มีน้ำตาลละลายอยู่ในหลอดทดลองใหม่ จากนั้นใส่ 80% ethanol 3-5 ml ในเนื้อเยื่อพืชแล้วนำไปแช่ที่ 65 องศา เป็นเวลาอีก 1 ชั่วโมง เพื่อสกัดน้ำตาลต่อ จากนั้นเก็บสารละลายที่ได้รวมกับสารละลายที่มีอยู่เดิม สารละลายน้ำตาลที่ได้นำไปวิเคราะห์หาน้ำตาลชนิดต่างๆ ส่วนเนื้อเยื่อพืชที่เหลือ แช่เก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อทำการหาปริมาณแบ่งต่อไป สำหรับการหาปริมาณน้ำตาลรวม นำสารละลายน้ำตาลที่ได้จากข้างต้น 100  $\mu$ l ใส่ในหลอดทดลอง (ควรเขย่าก่อนนำไปทดสอบ) เติมสารละลาย 5% phenol (phenol in water 5% w/v) เขย่าเล็กน้อยเพื่อให้เข้ากันเติมกรด sulfuric ( $H_2SO_4$ ) เข้มข้น (ควรทำใน fume hood) 1 ml ในหลอด ตั้งไว้นิ่งๆ เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดแล้ว vortex ให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ อีก 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 490 nm เปรียบเทียบกับสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

#### 4.3.2.5 การหาปริมาณธาตุโซเดียมและโพแทสเซียม

นำตัวอย่างใบพืชที่อบแล้วแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง มาบดให้ละเอียดแล้วนำตัวอย่างที่บดแล้วไปอบที่ 80 °C อีกครั้งจนแห้งสนิท นำไปเติมกรดเปอร์คลอริก 5 มิลลิลิตร แล้วต้มที่อุณหภูมิ 200 – 300 °C จนกระทั่งควันสีเหลืองหมดไป ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติมกรดไนตริก 10 มิลลิลิตร ต้มจนควันสีขาวจางหายไปทิ้งไว้ 10 นาที แล้วจึงเติมกรดไฮโดรคลอริก 2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที นำสารละลายที่ได้ไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วจึงนำสารละลายที่ปรับปริมาตรแล้วไปปรับปริมาตรอีกครั้งโดยให้มีอัตราส่วนเป็น 1 : 50 โดยให้สารละลายที่ต้องการวัดค่า เป็น 1 ส่วน ต่อน้ำกลั่น 49 ส่วน แล้วจึงนำไปวัดหาปริมาณธาตุโซเดียมและโพแทสเซียม ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer (Model GBC 932 AA) และคำนวณเปอร์เซ็นต์โซเดียมและโพแทสเซียมไอออน

**จากสูตร**  $(100/\text{น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้ง (g)} \times \text{dilution} \times \text{concentration})/1000$

#### 4.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ของข้อมูลระหว่างกลุ่มทดลองด้วย One – Way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS



(ก)



(ข)

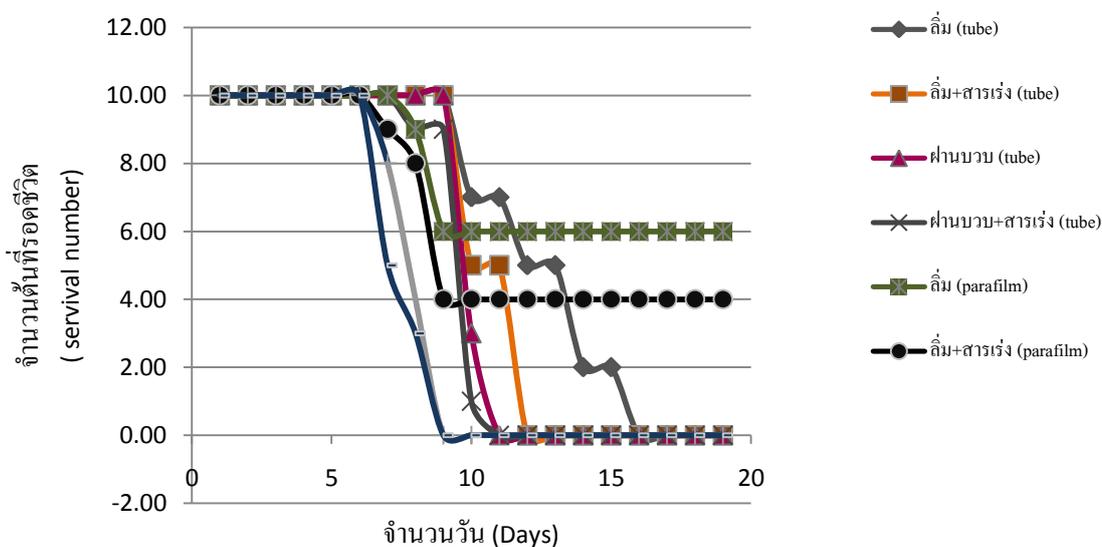
ภาพที่ 16 ขั้นตอนการต่กิ่งแบบใช้หลอด (ก) และแบบพันด้วยพาราฟิล์ม (ข)

## 4.7 ผลการศึกษา

### 4.7.1 การเปรียบเทียบวิธีต่อกิ่งมะเขือเทศโดยวิธีใช้หลอดและวิธีพันด้วยพาราฟิล์ม

จากการทดสอบเบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการต่อกิ่ง 2 วิธี คือแบบใช้ท่อและแบบพันด้วยพาราฟิล์ม โดยใช้ต้นมะเขือเทศพันธุ์ Sida อายุ 45 วัน นำมาต่อกิ่งกับต้นเดิม พบว่าการต่อกิ่งแบบใช้ท่อโดยที่ต้นตอที่ผ่าแบบปากฉลามและกิ่งพันธุ์ที่ผ่านเป็นรูปลิ้มมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 0 % การต่อกิ่งแบบใช้ท่อโดยที่ต้นตอที่ผ่าแบบปากฉลามและกิ่งพันธุ์ที่ผ่านเป็นรูปลิ้มพร้อมกับจุ่มน้ำยาเร่งรากมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 0% การต่อกิ่งแบบใช้ท่อโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์ตัดเอียงแบบฝานบวบมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 0 % การต่อกิ่งแบบใช้ท่อโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์ตัดเอียงแบบฝานบวบพร้อมกับจุ่มน้ำยาเร่งรากมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 0%

การต่อกิ่งแบบใช้ พาราฟิล์ม พันโดยที่ต้นตอผ่าแบบปากฉลามและกิ่งพันธุ์ที่ผ่านเป็นรูปลิ้มมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 60% การต่อกิ่งแบบใช้พาราฟิล์มพันโดยที่ต้นตอผ่าแบบปากฉลามและกิ่งพันธุ์ที่ผ่านเป็นรูปลิ้มมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 40% การต่อกิ่งแบบใช้พาราฟิล์มพันโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์ตัดเอียงแบบฝานบวบมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 0% การต่อกิ่งแบบใช้พาราฟิล์มพันโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์ตัดเอียงแบบฝานบวบพร้อมกับจุ่มน้ำยาเร่งรากมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 0% แสดงในภาพที่ 17

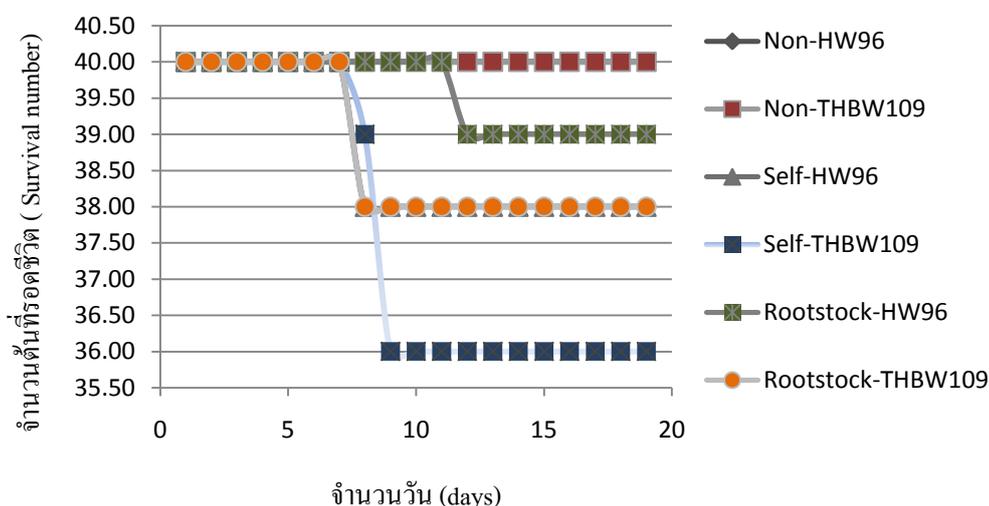


ภาพที่ 17 จำนวนต้นมะเขือเทศพันธุ์ Sida ที่รอดชีวิตจากการต่อกิ่งด้วยวิธีต่างๆ จากจำนวนที่ต่อกิ่งวิธีละ 10 ต้น

### 4.7.2 การต่อกิ่งระหว่างพันธุ์ HW96 กับพันธุ์ THBW109 โดยวิธีพันด้วยพาราฟิล์ม

ในการทดลองต่อกิ่งพันธุ์ระหว่างพันธุ์ HW96 กับพันธุ์ THBW109 โดยวิธีพันด้วยพาราฟิล์ม โดยผ่าต้นตอแบบปากฉลามและผ่านกิ่งพันธุ์แบบรูปลิ้ม พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ HW96 และ THBW109 ที่ไม่ได้ตัดยอด (Non-grafted) มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 100% มะเขือเทศพันธุ์ HW96

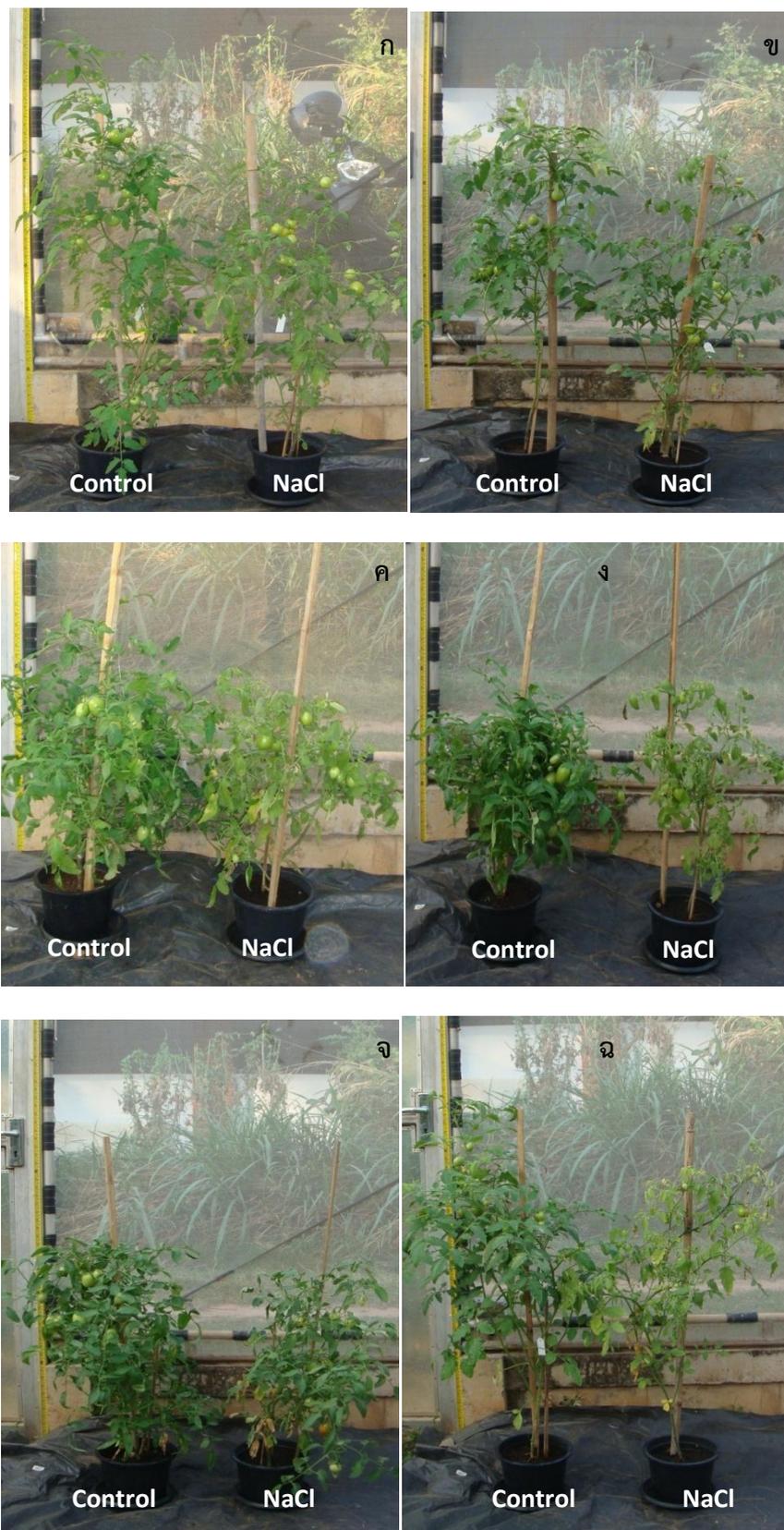
ต่อตัวเอง (Self-grafted HW96) มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 95.0% มะเขือเทศพันธุ์ THBW109 ต่อตัวเอง (Self-grafted THBW109) มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 90.0% มะเขือเทศพันธุ์ HW96 เป็นกิ่งพันธุ์-ต่อยอดบนตอพันธุ์ THBW109 (Rootstock-THBW109) มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 97.5% มะเขือเทศพันธุ์ THBW109 เป็นกิ่งพันธุ์-ต่อยอดบนกิ่งพันธุ์ HW96 (Rootstock-HW96) มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 95.0% แสดงในภาพที่ 18



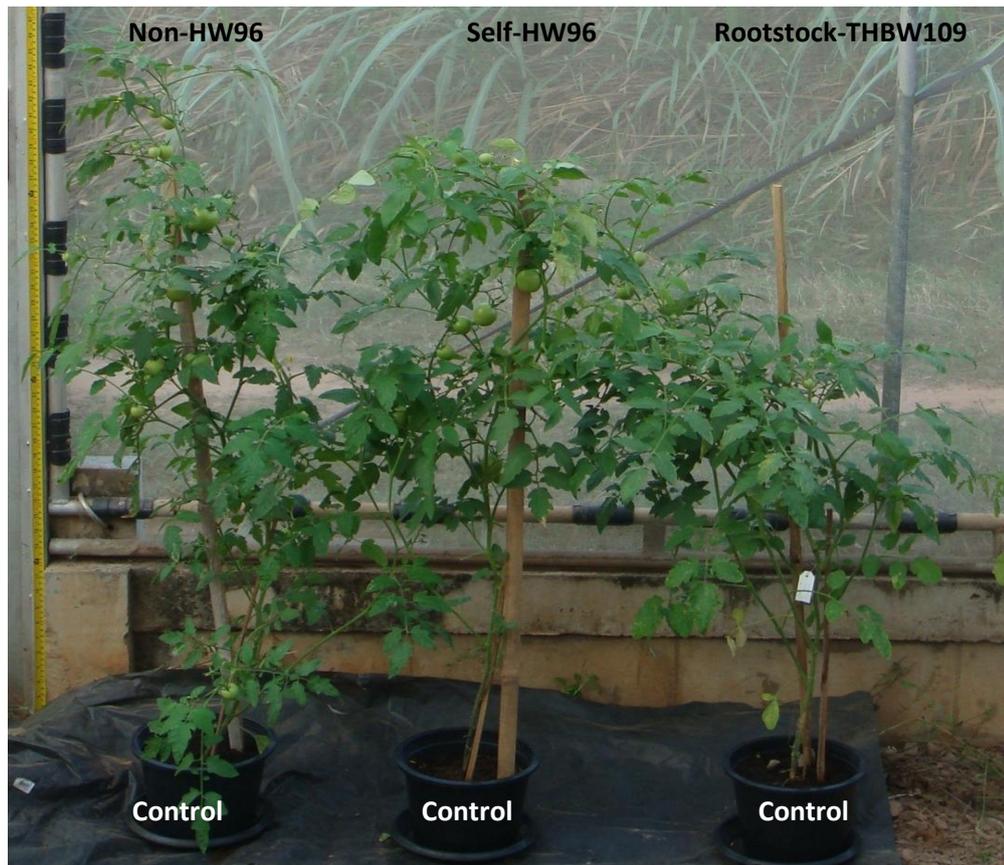
**ภาพที่ 18** จำนวนต้นมะเขือเทศที่รอดชีวิตจากจำนวนทั้งหมด 40 ต้นที่ทำการต่อกิ่งด้วยวิธีพันด้วยพาราฟิล์ม (1) พันธุ์ HW96 ไม่ต่อกิ่ง (Non-HW96) (2) พันธุ์ THBW109 ไม่ต่อกิ่ง (Non-THBW109) (3) พันธุ์ HW96 ต่อตัวเอง (Self-HW96) (4) พันธุ์ THBW109 ต่อตัวเอง (Self-THBW109) (5) กิ่งพันธุ์ HW96 ต่อยอดบนต้นตอพันธุ์ THBW109 (Rootstock-THBW109) (6) กิ่งพันธุ์ THBW109 ต่อยอดบนต้นตอพันธุ์ HW96 (Rootstock-HW96)

#### 4.7.3 ผลของความเครียดเกลือต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 และ พันธุ์ THBW109 ที่ต่อกิ่ง

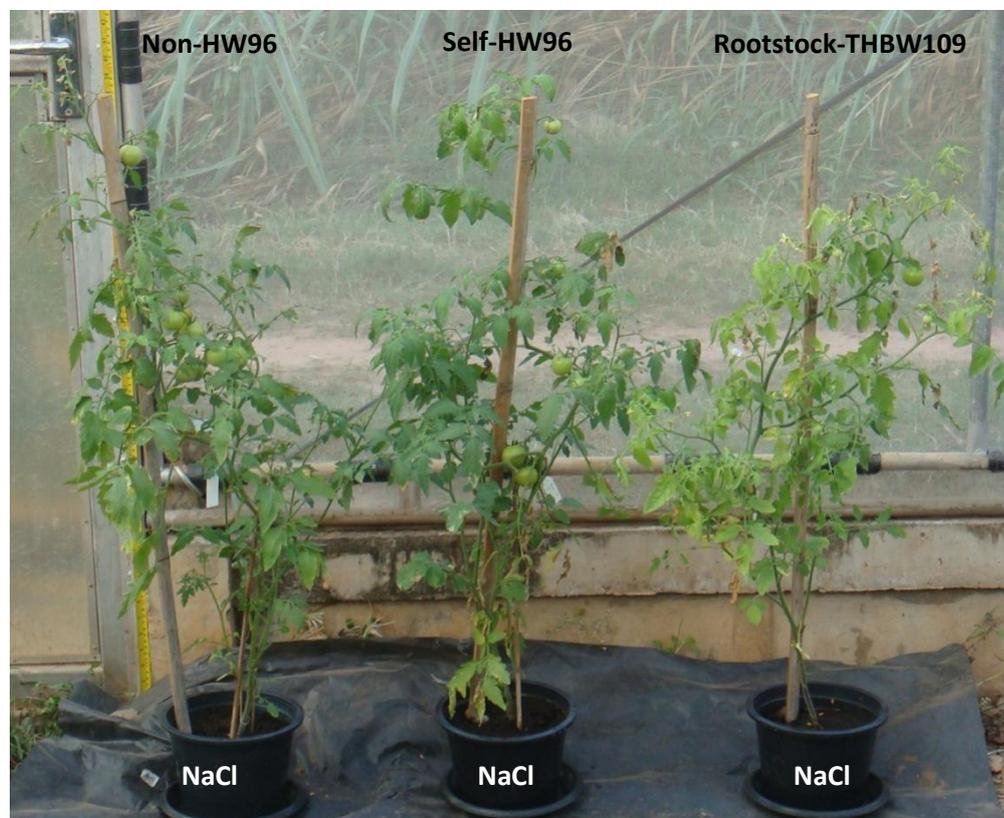
การรดต้นมะเขือเทศที่ต่อกิ่งกับตัวเอง (Self-HW96 และ Self-THBW109) หรือต่อกิ่งต่างพันธุ์ ได้แก่ กิ่งพันธุ์ HW96 ต่อบนต้นตอ THBW109 (Rootstock-THBW109) และกิ่งพันธุ์ THBW109 ต่อบนต้นตอ HW96 (Rootstock-HW96) ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 140 mM เป็นเวลา 25 วันตั้งแต่ต้นมะเขือเทศมีอายุ 75 วัน จนถึง 100 วัน พบว่า การได้รับเกลือทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง ใบซีดเหลือง ติดผลน้อยลง ดังแสดงในภาพที่ 19 เมื่อเปรียบเทียบความสมบูรณ์ของกิ่งพันธุ์ THBW109 (อ่อนแอ) ที่ต่อบนต้นตอของพันธุ์ HW96 (ทนเค็ม) กับกิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ต่อตัวเอง จะเห็นว่ากิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ต่อบนต้นตอ HW96 มีความทนทานต่อความเค็มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเทียบกับกิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ต่อกับตัวเอง (ภาพที่ 20g) แต่กิ่งพันธุ์ HW96 ที่ต่อบนต้นตอ THBW109 กลับอ่อนแอต่อความเค็มมากกว่ากิ่งพันธุ์ HW96 ที่ต่อตัวเอง (ภาพที่ 20h)



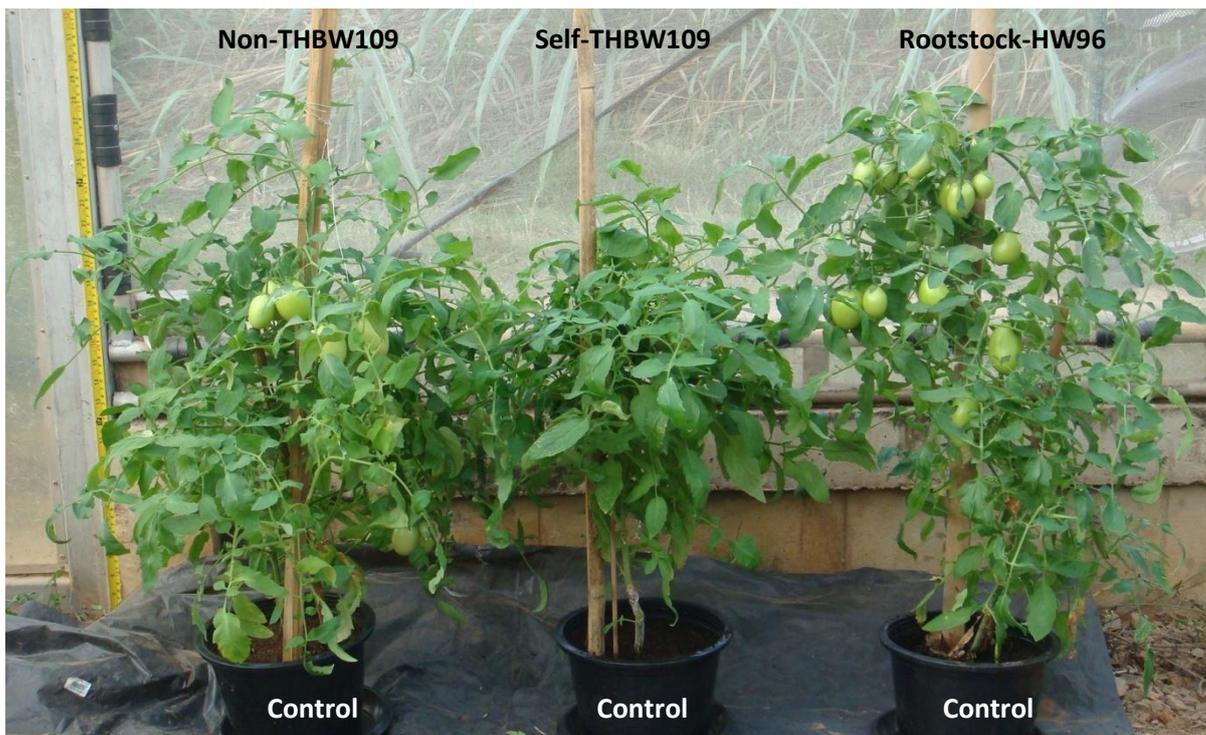
ภาพที่ 19 เปรียบเทียบการเจริญของมะเขือเทศที่รดด้วยน้ำ (control) และรดด้วย 140 mM NaCl ที่อายุ 100 วัน  
 (ก) Non-HW96 (ข) Self-HW96 (ค) Non-THBW109 (ง) Self-THBW109 (จ) Rootstock-HW96  
 (ฉ) Rootstock- THBW109



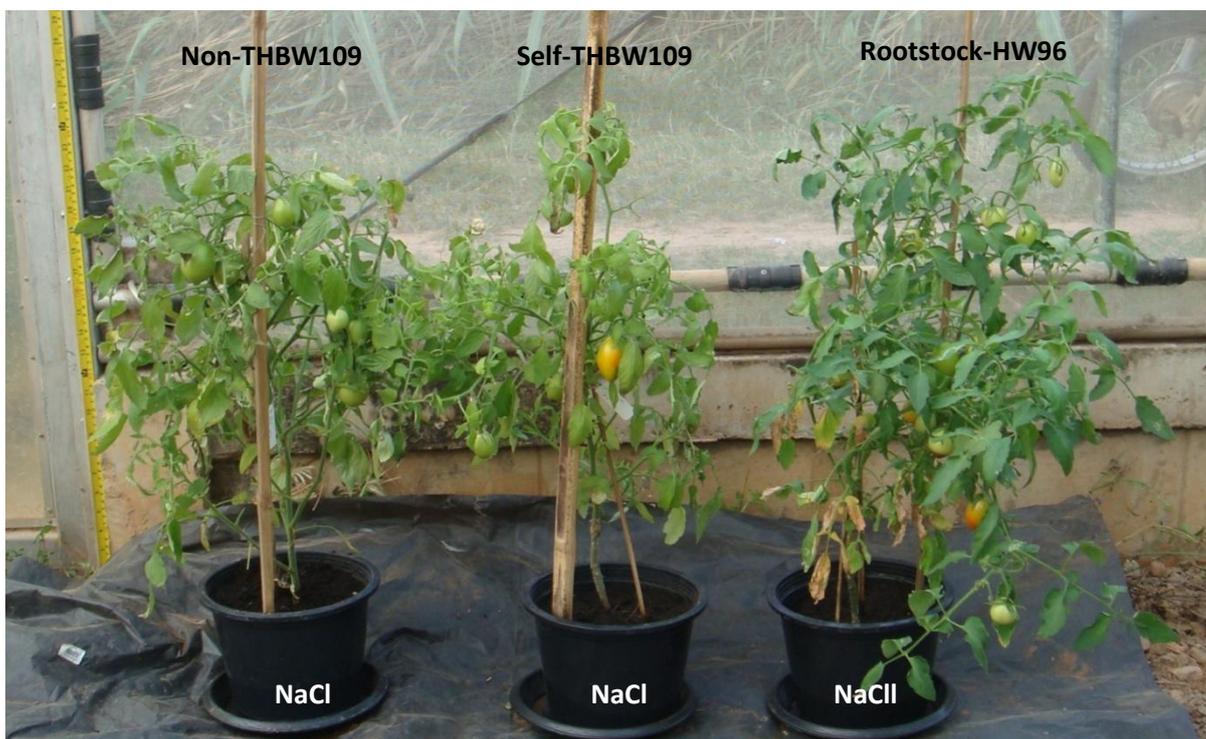
(n)



(o)



(ค)



(ง)

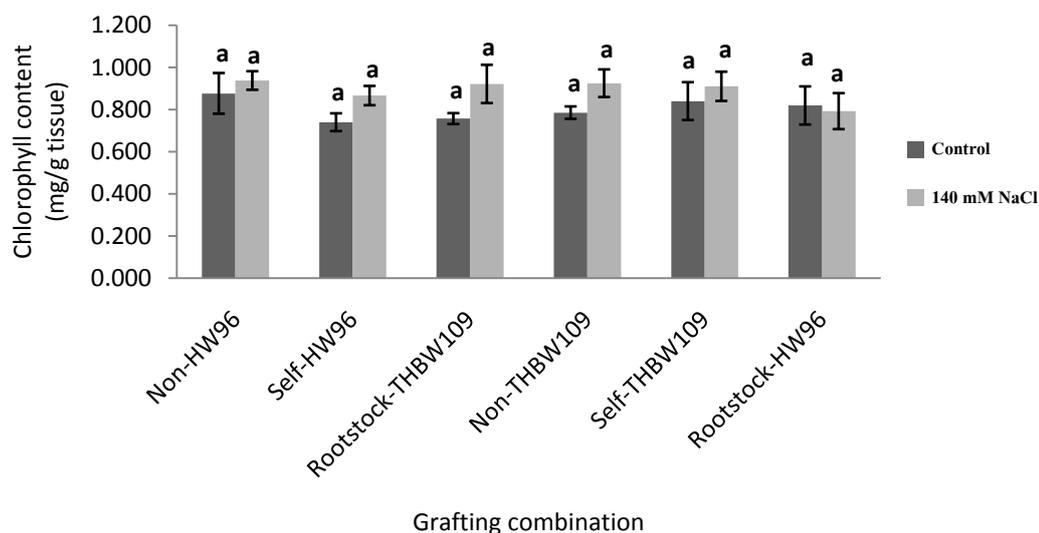
ภาพที่ 20 เปรียบเทียบการเจริญของมะเขือเทศอายุ 100 วัน (ก) Non-HW96, Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 ต่อบนต่อ Rootstock-THBW109 รดด้วยน้ำ (ข) Non-HW96, Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 ต่อบน THBW109 Rootstock-THBW109 รดด้วย 140 mM NaCl (ค) Non- THBW109, Self- THBW109 และกิ่งพันธุ์ THBW109 ต่อบน Rootstock-HW96 รดด้วยน้ำ (ง) Non- THBW109, Self-101 และกิ่งพันธุ์ THBW109 ต่อบน Rootstock-HW96 รดด้วย 140 mM NaCl

#### 4.7.4 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

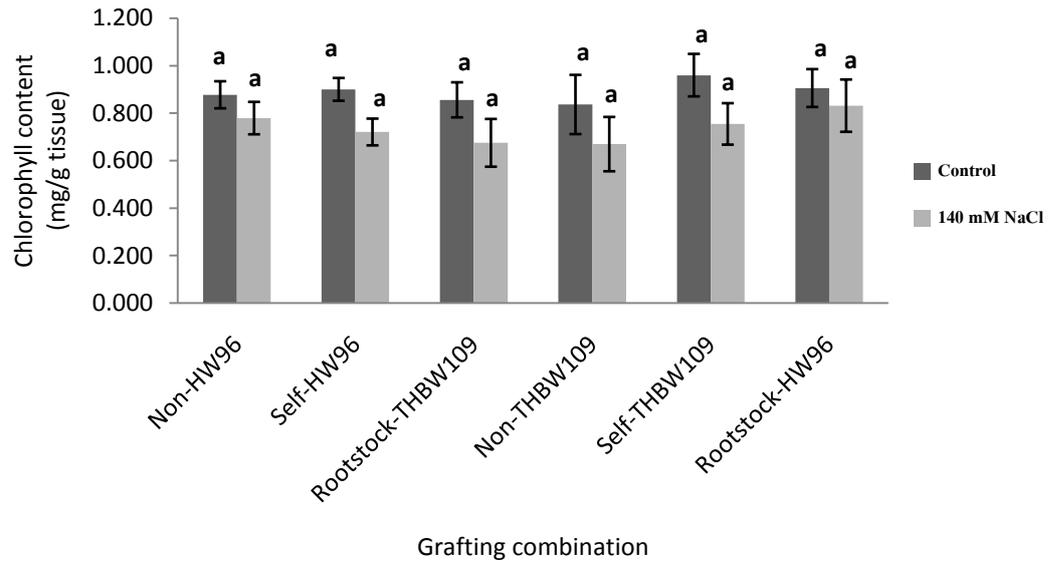
จากการเก็บตัวอย่างใบมะเขือเทศที่อายุ 75 วัน ก่อนที่จะให้เกลือโซเดียมคลอไรด์มาหาปริมาณคลอโรฟิลล์ (ภาพที่ 21) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หลังจากรดด้วยสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นเวลา 10 วัน เมื่อมะเขือเทศมีอายุ 85 วัน พบว่าชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM 10 วัน (ภาพที่ 22) ของ Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมเท่ากับ 11.19% 19.93% 21.14% 19.94% 21.38% และ 8.18% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับในแต่ละ combination พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

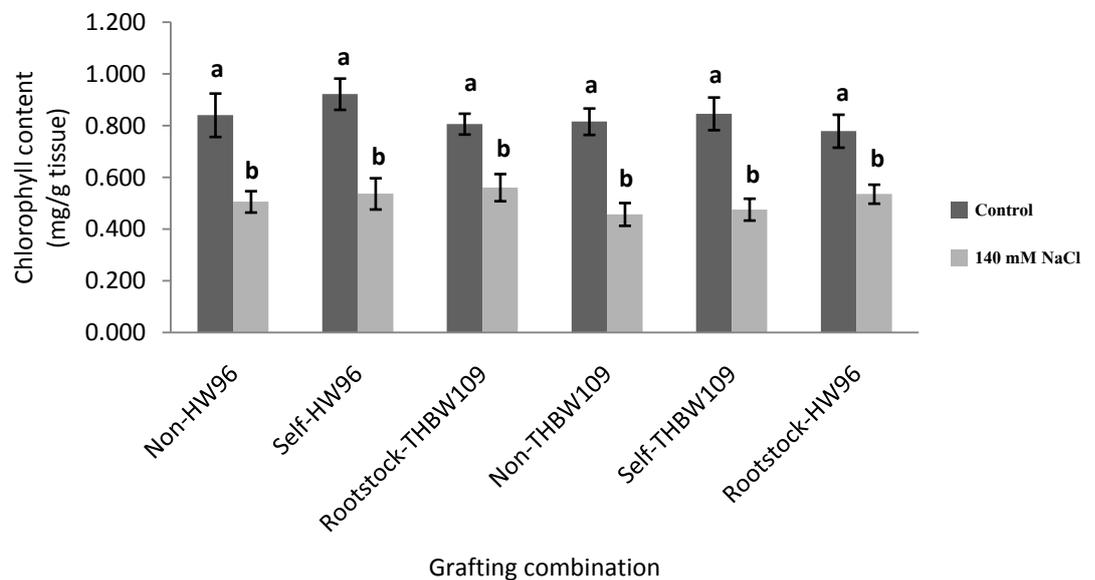
หลังจากรดด้วยสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นเวลา 25 วัน เมื่อมะเขือเทศมีอายุ 100 วัน พบว่าชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM 25 วัน (ภาพที่ 23) ของชุด Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงและของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมเท่ากับ 39.85% 41.80% 30.47% 43.96% 43.79% 31.27% ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมของทั้ง 6 graft combination ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบใน graft combination เดียวกันพบว่าปริมาณเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์รวมลดลงจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมต่ำกว่ามะเขือเทศอายุ 75 วัน และ 85 วัน



ภาพที่ 21 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 22 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน ที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



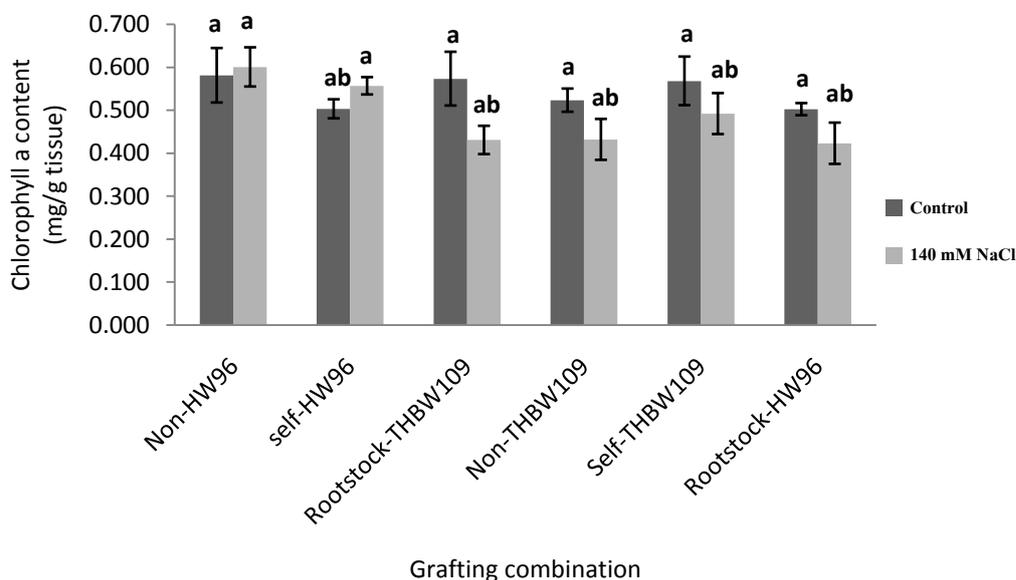
ภาพที่ 23 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน ที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

#### 4.5.4 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอในใบของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

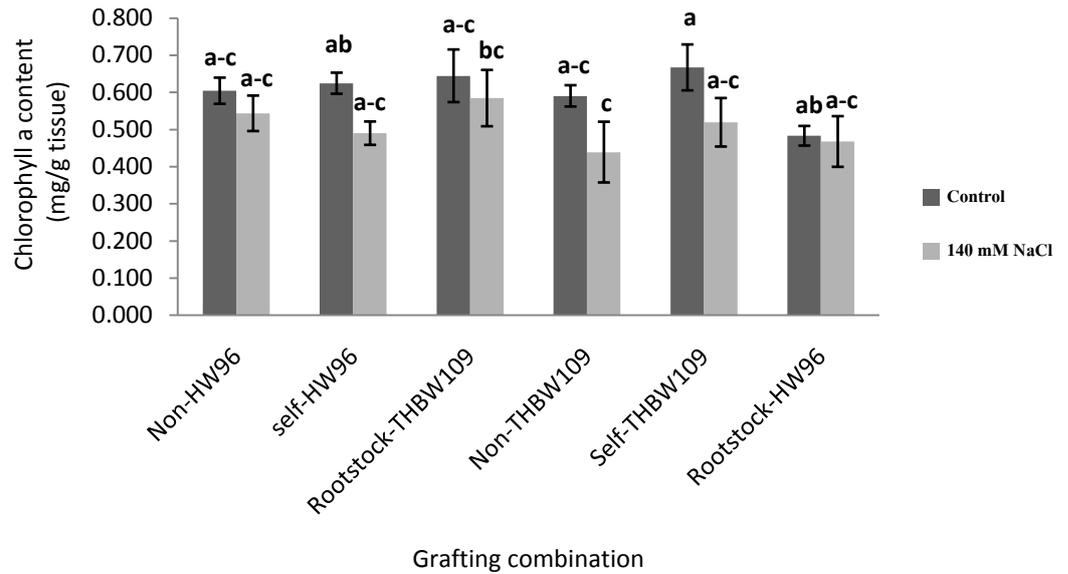
มะเขือเทศที่อายุ 75 วัน ก่อนที่จะได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ (ภาพที่ 24) ของชุด Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มะเขือเทศอายุ 85 วันชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้วเป็นเวลา 10 วัน (ภาพที่ 25) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 10.07% 21.55% 9.32% 25.64% 22.16% และ 3.18% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากชุดที่ไม่ได้รับเกลือ และเมื่อเปรียบเทียบกับกันระหว่าง 6 graft combination พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์เอไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

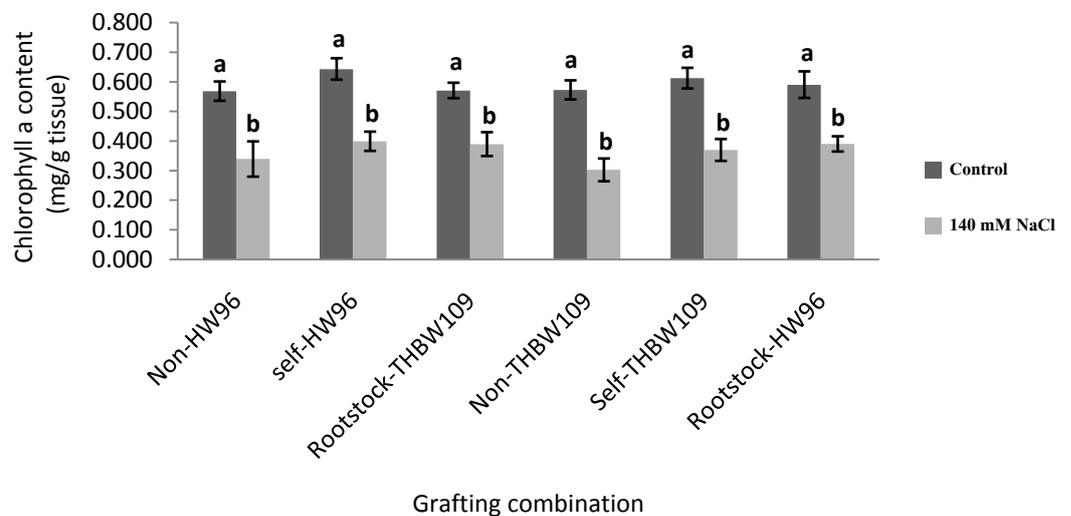
มะเขือเทศที่อายุ 100 วันชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้วเป็นเวลา 25 วัน (ภาพที่ 26) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 40.31% 37.95% 31.74% 47.15% 39.57% 33.89% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง graft combination ทั้ง 6 พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์เอไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะลดต่ำลงมากจากตอนที่มะเขือเทศมีอายุ 85 วัน



**ภาพที่ 24** ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 25 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

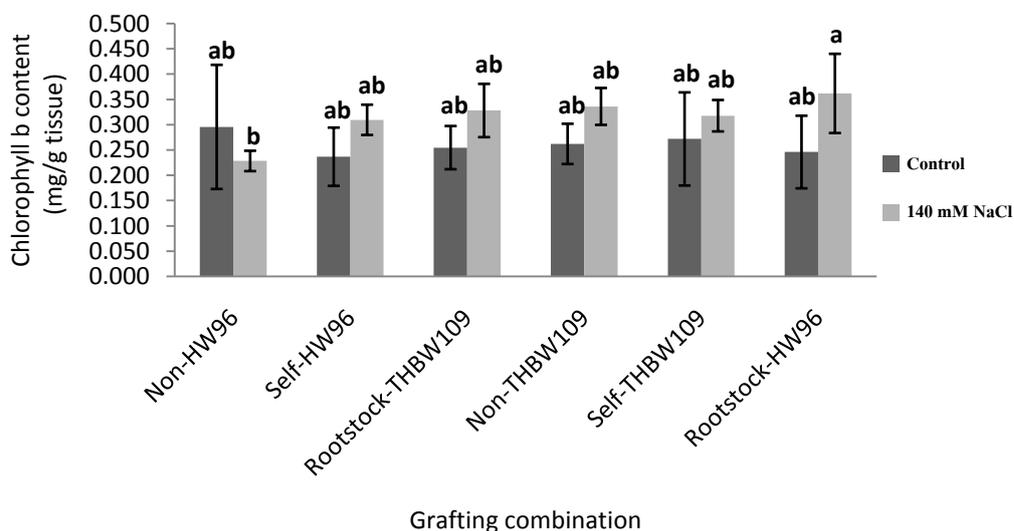


ภาพที่ 26 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังได้รับได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

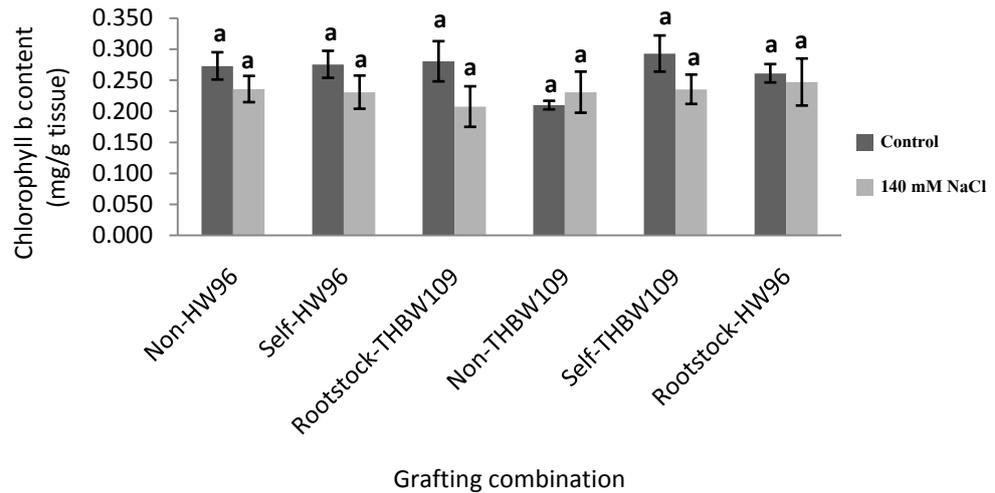
#### 4.5.4 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์บีในใบของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

มะเขือเทศที่อายุ 75 วันชุดก่อนที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM (ภาพที่ 27) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีไม่แตกต่างกัน ส่วนมะเขือเทศอายุ 85 วัน ชุดที่ได้รับความเค็มเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้วเป็นเวลา 10 วัน (ภาพที่ 28) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 13.69% 16.26% 26.02% 19.64% และ 5.4% ตามลำดับ แต่ Non-THBW109 มีคลอโรฟิลล์บีเพิ่มขึ้น 9.91% แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างทุก combination พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์บีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบใน combination เดียวกันพบว่าปริมาณเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์บีลดลงจากชุดควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

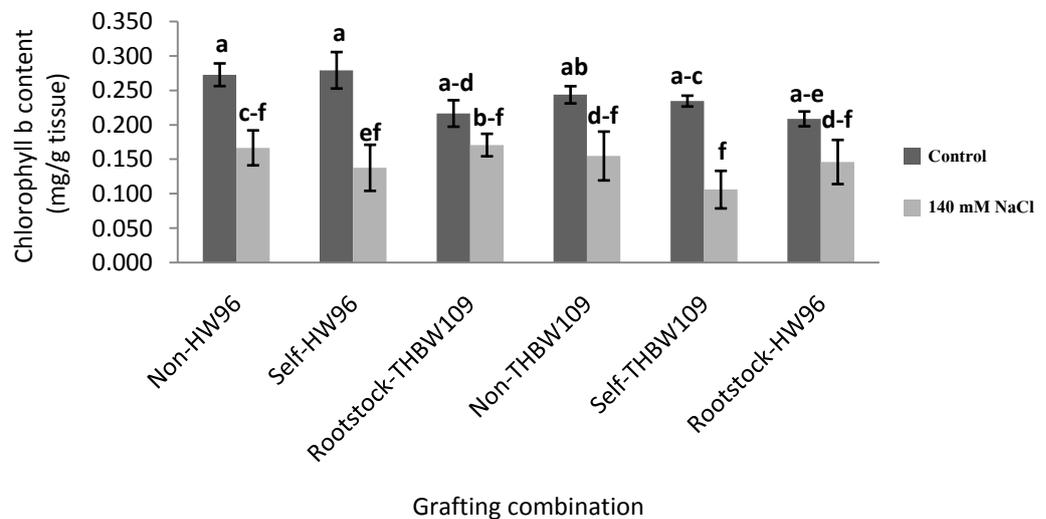
มะเขือเทศที่อายุ 100 วันชุดที่ได้รับความเค็มเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้ว 25 วัน (ภาพที่ 29) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 38.91% 50.70% 21.17% 36.47% 54.82% และ 29.99% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างทุก combination พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์บีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบใน combination เดียวกันพบว่าปริมาณเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์บีลดลงจากชุดควบคุมมากกว่าในมะเขือเทศอายุ 75 วัน และ 85 วัน



ภาพที่ 27 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แบ่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 28 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



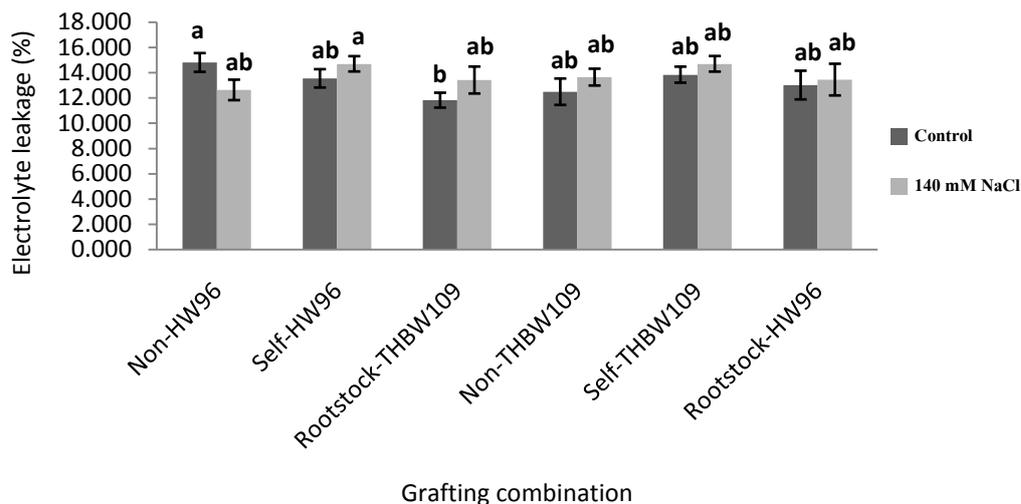
ภาพที่ 29 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg/g tissue) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

#### 4.5.4 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อค่าการรั่วไหลของอ็อกซินในใบมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

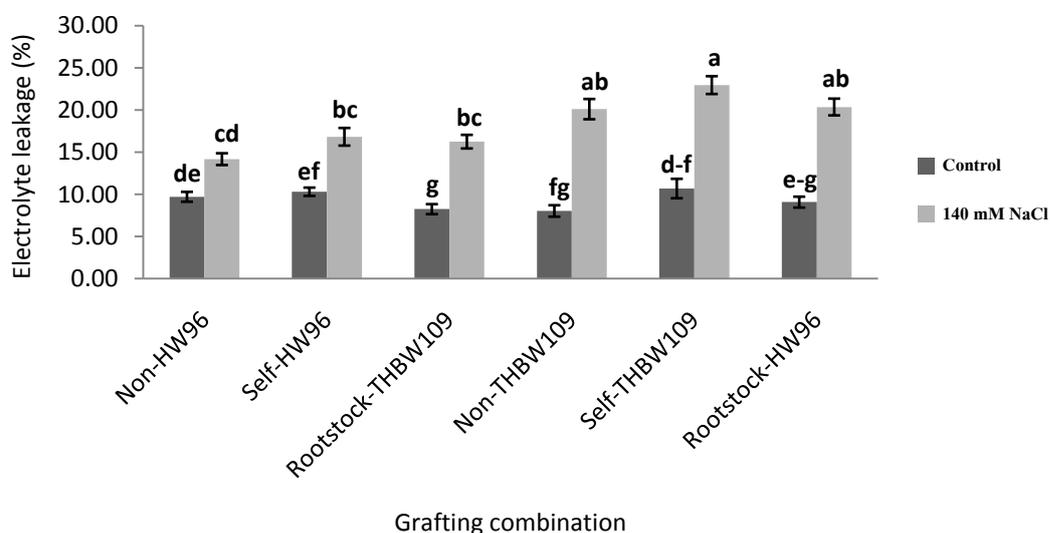
มะเขือเทศที่อายุ 75 วัน ก่อนที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM (ภาพที่ 30) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีปริมาณการรั่วไหลของอ็อกซินอยู่ระหว่าง 12 – 14% ซึ่งไม่แตกต่างกัน

มะเขือเทศที่อายุ 85 วัน ชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้ว 10 วัน (ภาพที่ 31) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณการรั่วไหลของอ็อกซินเท่ากับ 12.81% 63.22% 158.69% 150.43% 114.75% และ 124.27% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับในระหว่าง combination ต่างๆ พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณการรั่วไหลของอ็อกซินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ใบของพันธุ์ THBW109 จะมีการรั่วไหลของอ็อกซินมากกว่าใบของพันธุ์ HW96 กล่าวคือ Self-THBW109 มีปริมาณการรั่วไหลของอ็อกซินมากที่สุด รองลงมาจะเป็น Non-THBW109 และ Rootstock-HW96 ตามลำดับ ส่วนใบพืชที่มีปริมาณการรั่วไหลของอ็อกซินน้อยที่สุดคือ Non-HW96 ส่วน Self-HW96 และ HW96 ที่ต่อบนตอของ THBW109 มีค่าการรั่วไหลของอ็อกซินสูงกว่า Non-HW96 เล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบในพืชกลุ่มเดียวกันพบว่า ปริมาณเฉลี่ยของการรั่วไหลของอ็อกซินจะเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น Non-HW96

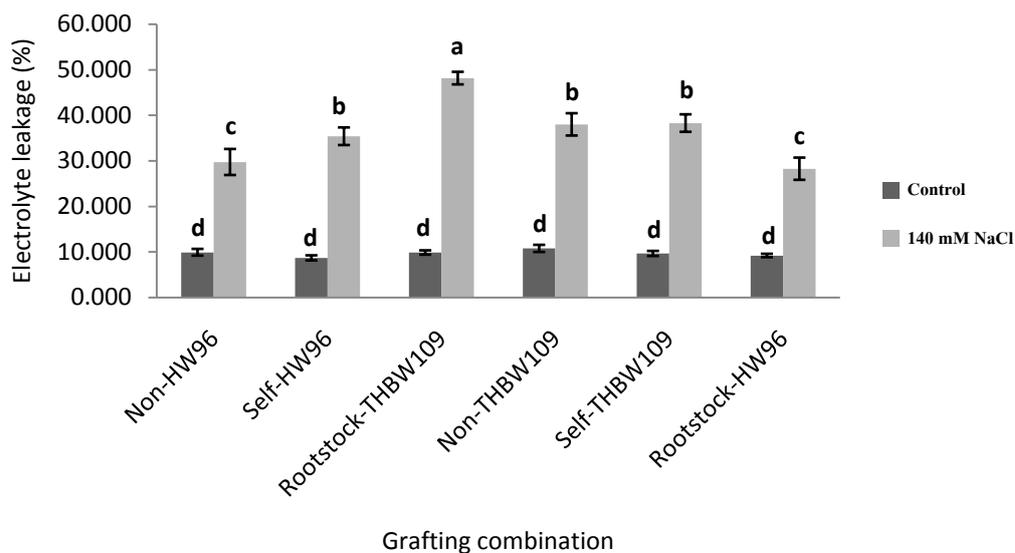
มะเขือเทศที่อายุ 100 วันชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้ว 25 วัน (ภาพที่ 32) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของการรั่วไหลของอ็อกซินเท่ากับ 199.92% 307.70% 388.24% 253.04% 296.54% และ 207.18% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ได้รับเกลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มพืช พบว่าค่าเฉลี่ยของการรั่วไหลของอ็อกซินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพืชที่มีการรั่วไหลของอ็อกซินเฉลี่ยมากที่สุดคือ ใบของพันธุ์ HW96 ที่มี Rootstock-THBW109 รองลงมาคือ Self-THBW109 และ Non-THBW109 ตามลำดับ ส่วนพืชที่มีค่าการรั่วไหลของอ็อกซินน้อยที่สุดคือ Non-HW96 และ ใบของพันธุ์ 101 ที่มี Rootstock-HW96 และพบว่าค่าปริมาณเฉลี่ยของการรั่วไหลของอ็อกซินเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่ได้รับเกลือ



ภาพที่ 30 ปริมาณการรั่วไหลของไอออนในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 31 ปริมาณการรั่วไหลของไอออนในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



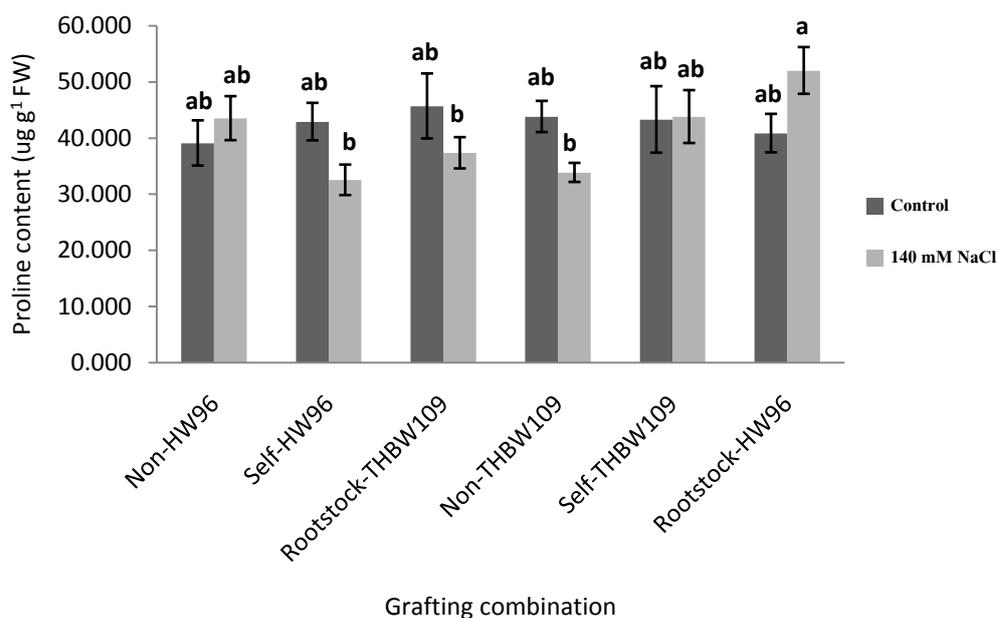
**ภาพที่ 32** ปริมาณการรั่วไหลของไอออนในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

#### 4.5.5 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณโพรลีนในใบของมะเขือเทศที่ตอกิ่ง

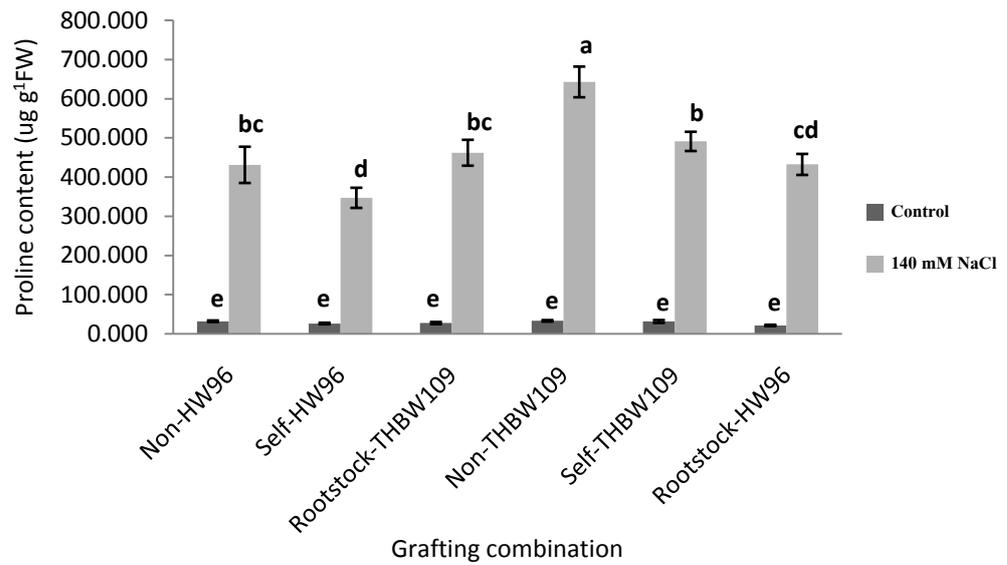
มะเขือเทศที่อายุ 75 วัน ก่อนที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ (ภาพที่ 33) ของ Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีปริมาณโพรลีนใกล้เคียงกัน มะเขือเทศที่มีอายุ 85 วันชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้ว 10 วัน (ภาพที่ 34) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีนเท่ากับ 431.21% 347.06% 426.09% 642.90% 491.09% และ 432.31% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันในระหว่างกลุ่มพืช พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโพรลีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ Non-THBW109 มีปริมาณโพรลีนมากที่สุด รองลงมาคือ Rootstock-THBW109 และ Self-THBW109 ตามลำดับ ส่วน Self-HW96 มีการสะสมปริมาณโพรลีนน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบในพืชกลุ่มเดียวกันพบว่าปริมาณเฉลี่ยการสะสมโพรลีนจะเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มะเขือเทศที่อายุ 100 วัน เมื่อได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM เพิ่มขึ้นเป็น 25 วัน (ภาพที่ 35) มีโพรลีนในใบเพิ่มขึ้นจากเดิมเกือบสองเท่าหรือมากกว่า โดย Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-101 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรลีนเท่ากับ 642.38% 942.31% 1090.11% 1311.06% 1244.14% และ 1003.20%

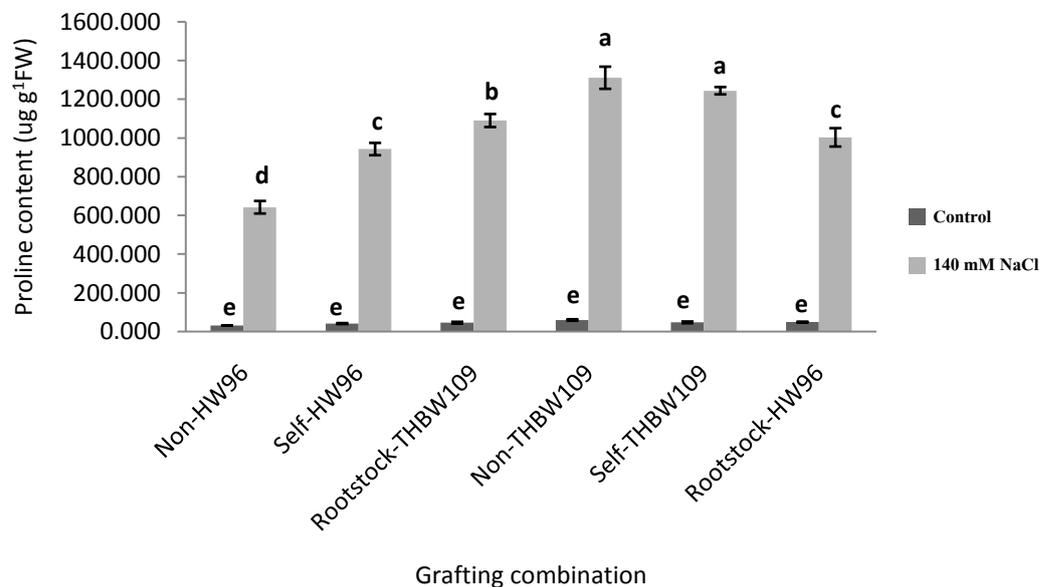
ตามลำดับ เทียบกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบกันในระหว่างกลุ่มพืช พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโพรลีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพืชที่มีโพรลีนในใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ Non-THBW109 และ Self-THBW109 ส่วนใบของกิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ต่อลงบนตอของ HW96 มีปริมาณโพรลีนต่ำกว่าใบ THBW109 ของ Non-THBW109 และ Self-THBW109 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนพืชที่มีปริมาณโพรลีนในใบน้อยที่สุดคือ Non-HW96 แต่เมื่อ HW96 ถูกต่อยอดกับตัวเองหรือต่อบนต้นตอของ THBW109 จะมีปริมาณโพรลีนสูงกว่าปกติ



ภาพที่ 33 ปริมาณโพรลีน ( $\mu\text{g/g}$  FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 34 ปริมาณโพรลีน ( $\mu\text{g/g}$  FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

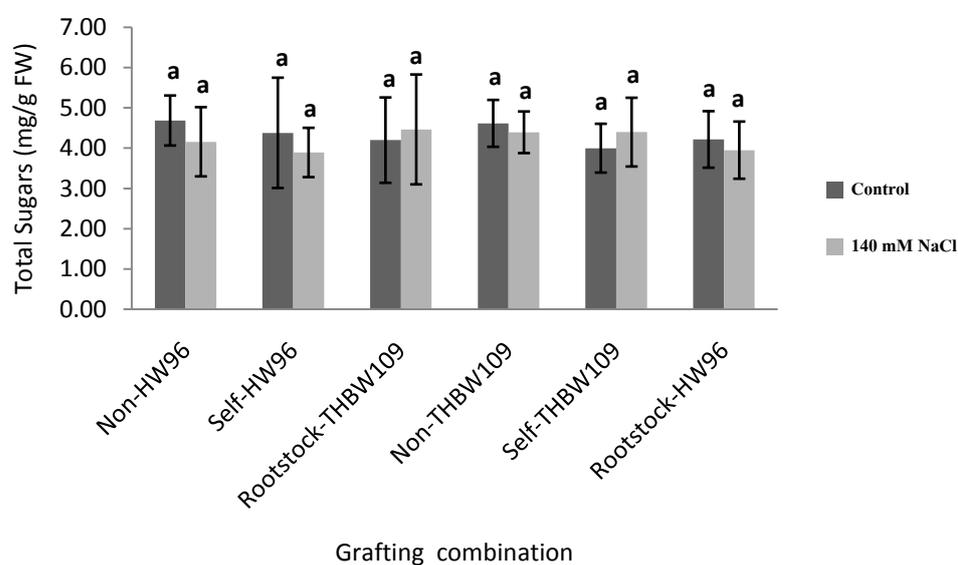


ภาพที่ 35 ปริมาณโพรลีน ( $\mu\text{g/g}$  FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

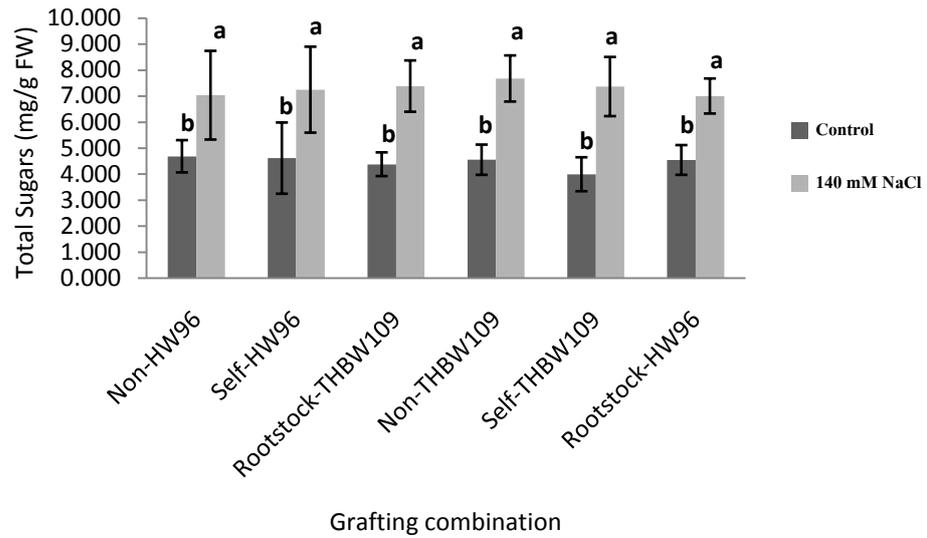
#### 4.5.6 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณน้ำตาลรวมในใบของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

มะเขือเทศอายุ 75 วัน ชุดก่อนที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM (ภาพที่ 36) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีปริมาณน้ำตาลรวมในใบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มะเขือเทศอายุ 85 วันชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้ว 10 วัน (ภาพที่ 37) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลรวมเท่ากับ 50.14% 57.06% 68.62% 68.65% 84.46% และ 54.15 ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพืชทั้ง 6 กลุ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลรวมไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบในพืชกลุ่มเดียวกันพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลรวมเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

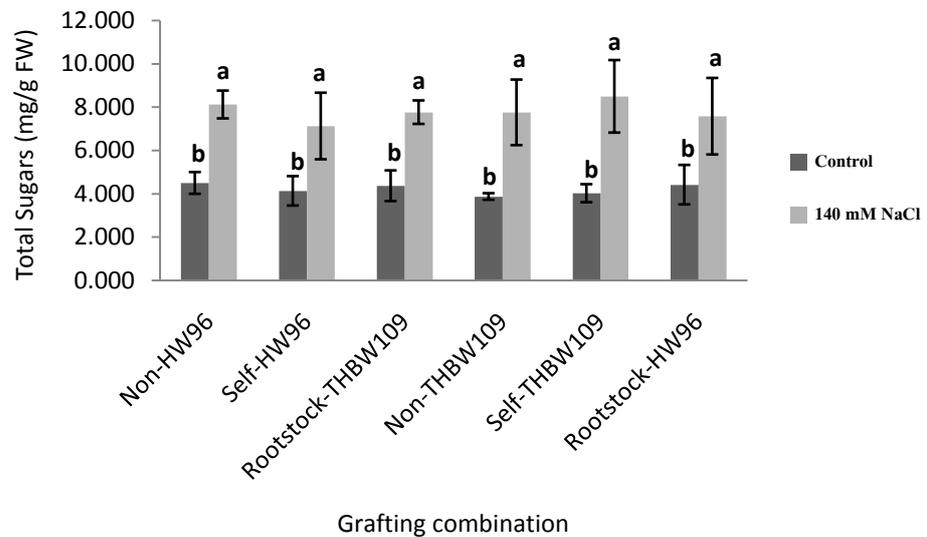
มะเขือเทศที่อายุ 100 วันชุดที่ได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้ว 25 วัน (ภาพที่ 38) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลรวมเท่ากับ 80.57% 72.42% 77.77% 100.25% 111.25% และ 71.59% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพืชทั้ง 6 กลุ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลรวมไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบในพืชกลุ่มเดียวกันพบว่าปริมาณเฉลี่ยของน้ำตาลรวมเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมมากกว่ามะเขือเทศอายุ 85 วัน



**ภาพที่ 36** ปริมาณน้ำตาลรวม (mg/g FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนได้รับการเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 37 ปริมาณน้ำตาลรวม (mg/g FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 85 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 10 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



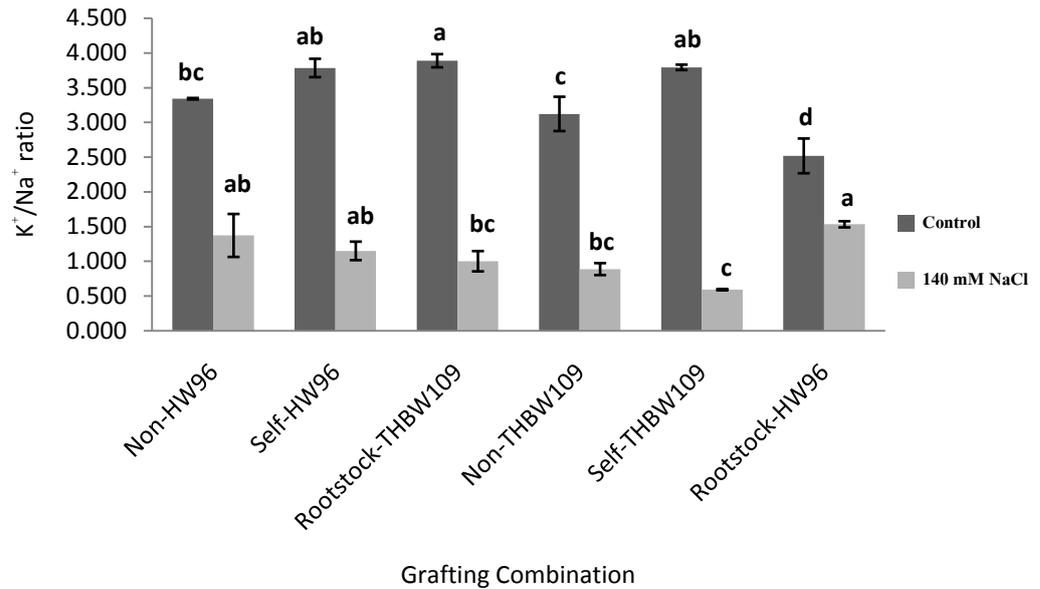
ภาพที่ 38 ปริมาณน้ำตาลรวม (mg/g FW) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

#### 4.5.7 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณธาตุโซเดียมและโพแทสเซียมในใบของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

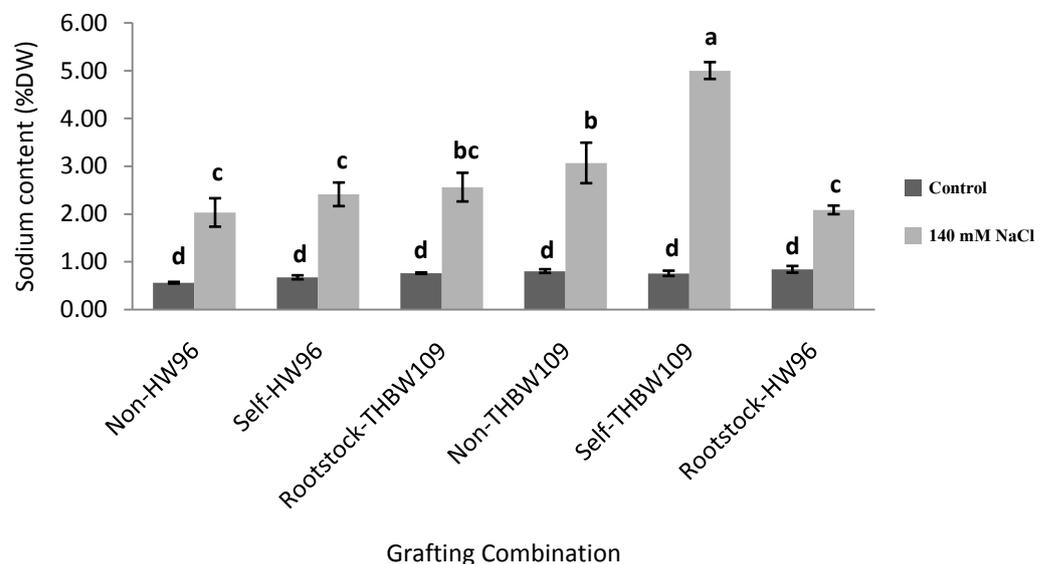
มะเขือเทศอายุ 100 วัน ที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้วเป็นเวลา 25 วัน (ภาพที่ 39) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนเท่ากับ 58.90% 69.58% 74.23% 71.53% 84.36% และ 39.10% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพีช พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่กิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ต่อบนตอของ Rootstock-HW96 มีอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนมากที่สุด สูงกว่าต้น HW96 ที่ไม่มีการต่อกิ่ง และสูงกว่า Self-HW96 ส่วนใบของ Self-THBW109 มีอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนน้อยที่สุด การนำกิ่งของ THBW109 ไปต่อบนต้นตอของ HW96 ทำให้อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนของใบ THBW109 สูงขึ้นมากกว่าสองเท่า

มะเขือเทศที่ชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้ว 25 วัน (ภาพที่ 40) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุโซเดียมไอออน 262.50% 257.92% 236.84% 281.74% 560.79% และ 148.01% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มพีช พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุโซเดียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ Self-THBW109 มีปริมาณธาตุโซเดียมไอออนมากที่สุด ส่วน Non-HW96 และ ใบของพันธุ์ 101 ที่ต่อบนตอของ Rootstock-HW96 มีปริมาณธาตุโซเดียมไอออนน้อยที่สุด

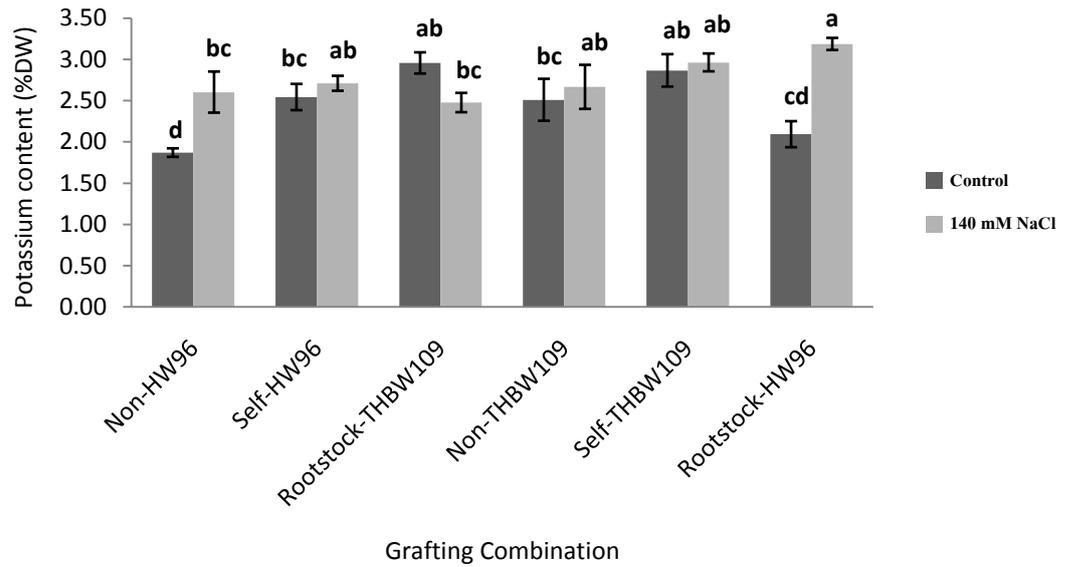
มะเขือเทศที่ชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แล้ว 25 วัน (ภาพที่ 41) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณธาตุโพแทสเซียมเท่ากับ 39.26% 6.55% -16.23% 6.24% 3.37% และ 52.22% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุโพแทสเซียมไอออนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบพีชกลุ่มเดียวกัน พบว่าส่วนใหญ่ปริมาณธาตุโพแทสเซียมจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากชุดควบคุมไม่มากนัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น Non-HW96 และ พันธุ์ THBW109 ที่ต่อยอดบน Rootstock-HW96



ภาพที่ 39 อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 40 ปริมาณโซเดียมไอออน (%DW) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM แล้วเป็นเวลา 25 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 41 ปริมาณโพแทสเซียมไอออน (%DW) ในใบมะเขือเทศอายุ 100 วัน หลังจากได้รับเกลือโซเดียม เดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM เป็นเวลา 25 วัน (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

**ตารางที่ 3** ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าการรั่วไหลของอออน ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณน้ำตาลรวม ปริมาณโพรลีน อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออน ปริมาณธาตุโซเดียม ปริมาณโพแทสเซียม ของมะเขือเทศ Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 ที่ได้รับเกลือโซเดียมเค็มคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 140 mM \* มะเขือเทศอายุ 75 วัน ก่อนการได้รับเกลือโซเดียมเค็มคลอไรด์ \*\* มะเขือเทศอายุ 85 วัน ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 10 วัน \*\*\* มะเขือเทศอายุ 100 วัน ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 25 วัน

No.	combination	Non-HW96	Self- HW96	กิ่งพันธุ์ HW96 Rootstock- THBW109	Non- THBW109	Self - THBW109	กิ่งพันธุ์ THBW109 Rootstock- HW96
Electrolyte leakage* (%)	Control (Mean±SE)	14.80±0.74 <sup>a</sup>	13.54±0.72 <sup>ab</sup>	11.82±0.59 <sup>b</sup>	12.48±1.04 <sup>ab</sup>	13.83±0.63 <sup>ab</sup>	13.01±1.13 <sup>ab</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	12.63±0.81 <sup>ab</sup>	14.69±0.60 <sup>a</sup>	11.82±1.06 <sup>ab</sup>	12.48±0.66 <sup>ab</sup>	13.83±0.61 <sup>ab</sup>	13.01±1.25 <sup>ab</sup>
Chlorophyll content* (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.957±0.051 <sup>a</sup>	0.824±0.050 <sup>a</sup>	0.979±0.029 <sup>a</sup>	0.896±0.070 <sup>a</sup>	0.978±0.045 <sup>a</sup>	0.924±0.049 <sup>a</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.937±0.044 <sup>a</sup>	0.866±0.046 <sup>a</sup>	0.921±0.091 <sup>a</sup>	0.925±0.066 <sup>a</sup>	0.910±0.069 <sup>a</sup>	0.972±0.085 <sup>a</sup>
Chlorophyll a content* (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.581±0.063 <sup>a</sup>	0.503±0.022 <sup>ab</sup>	0.573±0.063 <sup>ab</sup>	0.523±0.027 <sup>ab</sup>	0.568±0.056 <sup>ab</sup>	0.502±0.014 <sup>a</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.601±0.046 <sup>a</sup>	0.557±0.020 <sup>a</sup>	0.431±0.033 <sup>a</sup>	0.432±0.048 <sup>a</sup>	0.492±0.048 <sup>ab</sup>	0.423±0.048 <sup>ab</sup>
Chlorophyll b content* (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.296±0.050 <sup>ab</sup>	0.237±0.024 <sup>ab</sup>	0.255±0.017 <sup>ab</sup>	0.262±0.016 <sup>ab</sup>	0.272±0.038 <sup>ab</sup>	0.246±0.029 <sup>ab</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.228±0.020 <sup>b</sup>	0.310±0.030 <sup>ab</sup>	0.328±0.053 <sup>ab</sup>	0.336±0.036 <sup>ab</sup>	0.318±0.031 <sup>ab</sup>	0.362±0.078 <sup>a</sup>
Proline content* (µg g <sup>-1</sup> FW)	Control (Mean±SE)	39.09±4.02 <sup>ab</sup>	42.90±3.33 <sup>ab</sup>	45.68±5.78 <sup>ab</sup>	43.81±2.77 <sup>ab</sup>	43.28±5.92 <sup>ab</sup>	40.85±3.42 <sup>ab</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	43.51±3.91 <sup>ab</sup>	32.53±2.71 <sup>b</sup>	37.34±2.78 <sup>b</sup>	33.85±1.69 <sup>b</sup>	43.79±4.70 <sup>ab</sup>	52.01±4.16 <sup>a</sup>
Total Sugar* (mg/g FW)	Control (Mean±SE)	4.69±0.25 <sup>a</sup>	4.38±0.55 <sup>a</sup>	4.20±0.43 <sup>a</sup>	4.61±0.23 <sup>a</sup>	4.00±0.24 <sup>a</sup>	4.22±0.28 <sup>a</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	4.16±0.35 <sup>a</sup>	3.89±0.25 <sup>a</sup>	4.46±0.55 <sup>a</sup>	4.39±0.21 <sup>a</sup>	4.40±0.34 <sup>a</sup>	3.95±0.29 <sup>a</sup>
Electrolyte leakage** (%)	Control (Mean±SE)	12.56±1.25 <sup>de</sup>	10.31±0.49 <sup>ef</sup>	6.28±0.62 <sup>g</sup>	8.03±0.68 <sup>fg</sup>	10.63±1.15 <sup>df</sup>	9.08±0.65 <sup>e-g</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	14.17±1.25 <sup>cd</sup>	16.82±0.49 <sup>bc</sup>	16.24±0.62 <sup>bc</sup>	20.10±0.68 <sup>ab</sup>	22.9±51.15 <sup>a</sup>	20.10±0.65 <sup>ab</sup>

	% ที่เพิ่มขึ้น	12.81	63.22	158.69	150.43	114.75	124.27
Chlorophyll content** (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.877±0.057 <sup>a</sup>	0.900±0.048 <sup>a</sup>	0.856±0.074 <sup>a</sup>	0.836±0.125 <sup>a</sup>	0.960±0.089 <sup>a</sup>	0.905±0.080 <sup>a</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.779±0.068 <sup>b</sup>	0.721±0.056 <sup>b</sup>	0.675±0.101 <sup>b</sup>	0.670±0.114 <sup>b</sup>	0.755±0.089 <sup>b</sup>	0.831±0.110 <sup>b</sup>
	% ที่ลดลง	11.19	19.93	21.14	19.94	21.38	8.18
Chlorophyll a content** (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.604±0.035 <sup>a-c</sup>	0.625±0.028 <sup>ab</sup>	0.645±0.071 <sup>a-c</sup>	0.591±0.029 <sup>a-c</sup>	0.667±0.062 <sup>a</sup>	0.483±0.026 <sup>ab</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.544±0.048 <sup>a-c</sup>	0.49±0.031 <sup>a-c</sup>	0.585±0.076 <sup>bc</sup>	0.439±0.082 <sup>c</sup>	0.519±0.065 <sup>a-c</sup>	0.468±0.068 <sup>a-c</sup>
	% ที่ลดลง	10.07	21.55	9.32	25.64	22.16	3.18
Chlorophyll b content** (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.273±0.022 <sup>a</sup>	0.275±0.022 <sup>a</sup>	0.280±0.032 <sup>a</sup>	0.210±0.007 <sup>a</sup>	0.293±0.029 <sup>a</sup>	0.261±0.015 <sup>a</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.236±0.021 <sup>a</sup>	0.231±0.027 <sup>a</sup>	0.207±0.033 <sup>a</sup>	0.231±0.033 <sup>a</sup>	0.235±0.024 <sup>a</sup>	0.247±0.038 <sup>a</sup>
	% ที่ลดลง	13.69	16.26	26.02	+9.91	19.64	5.40
Proline content** ( $\mu\text{g g}^{-1}$ FW)	Control (Mean±SE)	32.14±1.97 <sup>e</sup>	26.35±1.99 <sup>e</sup>	27.54±2.76 <sup>e</sup>	33.04±1.99 <sup>e</sup>	31.47±3.66 <sup>e</sup>	21.41±1.70 <sup>e</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	431.21±46.23 <sup>bc</sup>	347.06±25.71 <sup>d</sup>	462.09±33.02 <sup>bc</sup>	642.90±39.18 <sup>a</sup>	491.09±24.53 <sup>b</sup>	432.31±26.84 <sup>cd</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	1241.55	1217.26	1577.84	1846.08	1460.70	1919.55
Total Sugar** (mg/g FW)	Control (Mean±SE)	4.68±0.25 <sup>b</sup>	4.61±0.55 <sup>b</sup>	4.38±0.18 <sup>b</sup>	4.55±0.23 <sup>b</sup>	3.99±0.26 <sup>b</sup>	4.54±0.23 <sup>b</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	7.03±0.69 <sup>a</sup>	7.25±0.67 <sup>a</sup>	7.38±0.40 <sup>a</sup>	7.68±0.36 <sup>a</sup>	7.37±0.46 <sup>a</sup>	7.00±0.27 <sup>a</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	50.14	57.06	68.62	68.65	84.46	54.15
Electrolyte leakage*** (%)	Control (Mean±SE)	9.91±0.74 <sup>d</sup>	8.68±0.56 <sup>d</sup>	9.86±0.47 <sup>d</sup>	10.76±0.78 <sup>d</sup>	9.65±0.55 <sup>d</sup>	9.20±0.38 <sup>d</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	29.73±2.86 <sup>c</sup>	35.38±1.94 <sup>b</sup>	48.14±1.38 <sup>a</sup>	37.99±2.45 <sup>b</sup>	38.27±1.92 <sup>b</sup>	28.25±2.44 <sup>c</sup>
	% ที่ลดลง	199.92	307.70	388.24	253.04	296.54	207.18
Chlorophyll content*** (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.841±0.084 <sup>a</sup>	0.922±0.060 <sup>a</sup>	0.806±0.040 <sup>a</sup>	0.816±0.051 <sup>a</sup>	0.846±0.063 <sup>a</sup>	0.779±0.064 <sup>a</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.506±0.041 <sup>a</sup>	0.537±0.060 <sup>a</sup>	0.561±0.053 <sup>a</sup>	0.457±0.044 <sup>a</sup>	0.476±0.042 <sup>a</sup>	0.535±0.037 <sup>a</sup>
	% ที่ลดลง	39.855	41.80	30.47	43.96	43.79	31.27

Chlorophyll a content*** (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.568±0.33 <sup>a</sup>	0.643±0.036 <sup>a</sup>	0.571±0.026 <sup>a</sup>	0.572±0.032 <sup>a</sup>	0.612±0.035 <sup>a</sup>	0.590±0.045 <sup>a</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.339±0.059 <sup>b</sup>	0.399±0.032 <sup>b</sup>	0.389±0.040 <sup>b</sup>	0.302±0.038 <sup>b</sup>	0.370±0.037 <sup>b</sup>	0.390±0.026 <sup>b</sup>
	% ที่ลดลง	40.31	37.95	31.74	47.15	39.57	33.89
Chlorophyll b content*** (mg/g tissue)	Control (Mean±SE)	0.273±0.016 <sup>a</sup>	0.279±0.026 <sup>a</sup>	0.217±0.019 <sup>a-d</sup>	0.244±0.012 <sup>ab</sup>	0.234±0.008 <sup>a-c</sup>	0.209±0.011 <sup>a-e</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	0.167±0.025 <sup>c-f</sup>	0.138±0.033 <sup>ef</sup>	0.171±0.016 <sup>b-f</sup>	0.155±0.035 <sup>d-f</sup>	0.106±0.027 <sup>f</sup>	0.146±0.032 <sup>d-f</sup>
	% ที่ลดลง	38.91	50.70	21.17	36.47	54.82	29.99
Proline content*** (µg g <sup>-1</sup> FW)	Control (Mean±SE)	31.96±0.67 <sup>e</sup>	41.60±2.50 <sup>e</sup>	46.01±4.67 <sup>e</sup>	60.04±3.95 <sup>e</sup>	47.82±4.50 <sup>e</sup>	48.91±2.68 <sup>e</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	642.38±32.43 <sup>d</sup>	942.81±31.90 <sup>c</sup>	1090.11±33.61 <sup>b</sup>	1311.06±57.16 <sup>a</sup>	1244.14±18.98 <sup>a</sup>	1003.20±47.43 <sup>c</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	1909.69	2166.17	2269.20	2083.47	2501.50	1951.26
Total Sugar*** (mg/g FW)	Control (Mean±SE)	4.49±0.20 <sup>b</sup>	4.13±0.27 <sup>b</sup>	4.37±0.28 <sup>b</sup>	3.87±0.06 <sup>b</sup>	4.02±0.17 <sup>b</sup>	4.41±0.37 <sup>b</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	8.12±0.26 <sup>a</sup>	7.12±0.62 <sup>a</sup>	7.76±0.22 <sup>a</sup>	7.75±0.61 <sup>a</sup>	8.49±0.68 <sup>a</sup>	7.58±0.72 <sup>a</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	80.57	72.42	77.77	100.25	111.25	71.59
K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> ratio***	Control (Mean±SE)	3.34±0.01 <sup>bc</sup>	3.78±0.1a <sup>b</sup>	3.88±0.09 <sup>a</sup>	3.12±0.24 <sup>c</sup>	3.79±0.04a <sup>b</sup>	2.51±0.25 <sup>d</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	1.37±0.31 <sup>ef</sup>	1.15±0.13 <sup>ef</sup>	1.00±0.14 <sup>fg</sup>	0.88±0.08 <sup>f</sup>	0.59±0.01 <sup>g</sup>	1.53±0.04 <sup>e</sup>
	% ที่ลดลง	58.90	69.58	74.23	71.53	84.36	39.10
Sodium content*** (%DW)	Control (Mean±SE)	0.56±0.01 <sup>d</sup>	0.67±0.04 <sup>d</sup>	0.76±0.02 <sup>d</sup>	0.80±0.04 <sup>d</sup>	0.76±0.06 <sup>d</sup>	0.84±0.07 <sup>d</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	2.03±0.29 <sup>c</sup>	2.41±0.25b <sup>c</sup>	2.56±0.30 <sup>bc</sup>	3.07±0.42 <sup>b</sup>	5.00±0.18 <sup>a</sup>	2.08±0.09 <sup>c</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	262.50	257.92	236.84	281.74	560.79	148.01
Potassium content*** (%DW)	Control (Mean±SE)	1.87±0.05 <sup>d</sup>	2.54±0.16 <sup>bc</sup>	2.96±0.13 <sup>ab</sup>	2.51±0.25 <sup>bc</sup>	2.87±0.20 <sup>ab</sup>	2.09±0.16 <sup>cd</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	2.60±0.25 <sup>bc</sup>	2.71±0.09 <sup>ab</sup>	2.48±0.12 <sup>bc</sup>	2.67±0.27 <sup>ab</sup>	2.96±0.11 <sup>ab</sup>	3.19±0.07 <sup>a</sup>
	% ที่เพิ่มขึ้น	39.26	6.55	-16.23	6.24	3.37	52.22

ตารางที่ 4 สรุปผลของการให้ความเครียดเกี่ยวกับมะเขือเทศที่ได้รับการต่อกิ่ง ต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของใบ

วัน	การเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยา	Non-HW96	Self-HW96	Rootstock-THBW109	Non-THBW109	Self-THBW109	Rootstock-HW96
85 (ได้รับ เกลือ 10 วัน)	ปริมาณของคลอโรฟิลล์รวมในใบ	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย
	ปริมาณของคลอโรฟิลล์เอในใบ	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย
	ปริมาณของคลอโรฟิลล์บีในใบ	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย
	ปริมาณการรั่วไหลของไอออนในใบ	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	ปริมาณโพรงในใบ	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	ปริมาณน้ำตาลรวมในใบ	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้น
100 (ได้รับ เกลือ 25 วัน)	ปริมาณของคลอโรฟิลล์รวมในใบ	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง
	ปริมาณของคลอโรฟิลล์เอในใบ	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง
	ปริมาณของคลอโรฟิลล์บีในใบ	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง
	ปริมาณการรั่วไหลของไอออนในใบ	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก
	ปริมาณโพรงในใบ	เพิ่มขึ้นขึ้น	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้น
	ปริมาณน้ำตาลรวมในใบ	เพิ่มขึ้น มาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้นมาก
	ปริมาณโซเดียมไอออนในใบ	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้นมาก	เพิ่มขึ้น
	ปริมาณโพแทสเซียมไอออนในใบ	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
	อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อโซเดียมไอออนในใบ	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลงเล็กน้อย

## บทที่ 5

### ผลของความเครียดเกลือต่อผลผลิตของมะเขือเทศที่มีการตอกิ่ง ระหว่างพันธุ์อ่อนแอกับพันธุ์ทนเค็ม

#### 5.1 บทนำ

การศึกษาวีธีที่ทำให้พืชสามารถลดผลกระทบจากการที่ได้รับความเค็มมาก ๆ ในช่วงของการเจริญเติบโตนั้น ประจวบนี้ได้มีการเอาเทคนิคการตอยอดมะเขือเทศมาใช้ โดยการนำเอากิ่งพันธุ์มะเขือเทศที่ต้องการมาทำการตอยอดบนต้นตอมะเขือเทศที่ทนต่อสภาวะดินเค็ม ซึ่งต้นตอที่ดีต้องสามารถดูดน้ำจากดินเข้าสู่ราก เพื่อส่งไปยัง ลำต้น ใบ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งจากศึกษาของ Leonardi and Giuffrida (2006) ได้รายงานการดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศตอยอดพบว่ามะเขือเทศจะมีการดูดธาตุอาหารที่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นตอยอดบนต้นเดิม (self-grafted) แสดงให้เห็นว่าต้นตอมะเขือเทศแต่ละพันธุ์มีความสามารถในการดูดธาตุอาหารแต่ละธาตุได้แตกต่างกันด้วย นอกจากนี้แล้วยังมีปัจจัยด้าน การเข้ากันได้ (compatibility) ของต้นตอกิ่งพันธุ์ โดยมะเขือเทศที่มีการตอกิ่งจะมีรอยเชื่อมระหว่างกิ่งพันธุ์กับต้นตอ จากการศึกษาของ Oda et al. (1996) พบว่ามะเขือเทศที่ตอยอดบนต้นตอมะเขือม่วง จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงซึ่งมีสาเหตุมาจากท่อลำเลียงน้ำต่อไม่ตรงกัน จึงทำให้การดูดธาตุอาหารต่างๆ ไม่ดีและส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกิ่งพันธุ์ในระยะต่อมา ในปัจจุบันการตอยอดมะเขือเทศเป็นการใช้ประโยชน์จากต้นตอที่ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการดูดน้ำและธาตุอาหารให้ดีขึ้น ให้ทนต่ออุณหภูมิสูง และต่ำ ทนต่อ การระบาดของโรคเหี่ยวเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *R. solanacearum* และให้ทนต่อสภาพดินเค็ม

#### 5.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการได้รับความเครียดเกลือต่อผลผลิตของมะเขือเทศที่มีการตอกิ่งระหว่างพันธุ์ทนเค็มกับพันธุ์อ่อนแอ โดยศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อจำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อต้น จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผล ผลผลิตต่อต้น ความกว้างผล ความยาวผล

#### 5.3 วิธีวิจัย

##### 5.3.1 การศึกษาในสภาพเรือนทดลอง

นำต้นมะเขือเทศที่ได้จากการตอกิ่งจากข้อ 4.3.2.2 เอาลงปลูกในกระถางเบอร์ 4 จนกระทั่งต้นมะเขือเทศอายุ 75 วัน จากนั้นเริ่มให้เกลือโดยรดด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 100 mM ทุกวันแทนการรดด้วยน้ำ ตั้งแต่วันที่ 75 เป็นต้นไป จนกระทั่งเก็บผลผลิต

## ชุดควบคุม

- HW96 ไม่ได้ต่อยอด (Non-HW96) รดด้วยน้ำ
- ต่อ HW96 + ยอด HW96 (Self-HW96) รดด้วยน้ำ
- ต่อ THBW109 + ยอด HW96 (Rootstock- THBW109) รดด้วยน้ำ
- THBW109 ไม่ได้ต่อยอด (Non-THBW109) รดด้วยน้ำ
- ต่อ THBW109 + ยอด THBW109 (Self-THBW109) รดด้วยน้ำ
- ต่อ HW96 + ยอด THBW109 (Rootstock-HW96) รดด้วยน้ำ

## ชุดการทดลอง

- HW96 ไม่ได้ต่อยอด (Non-HW96) รดด้วย NaCl 100 mM
- ต่อ HW96 + ยอด HW96 (Self-HW96) รดด้วย NaCl 100 mM
- ต่อ THBW109 + ยอด HW96 (Rootstock- THBW109) รดด้วย NaCl 100 mM
- THBW109 ไม่ได้ต่อยอด (Non-THBW109) รดด้วย NaCl 100 mM
- ต่อ THBW109 + ยอด THBW109 (Self-THBW109) รดด้วย NaCl 100 mM
- ต่อ HW96 + ยอด THBW109 (Rootstock-HW96) รดด้วย NaCl 100 mM

### 5.3.2 การบันทึกข้อมูลด้านผลผลิต

1. จำนวนช่อดอกทั้งหมดต่อต้น เฉลี่ยจาก 10 ต้น
2. จำนวนดอกต่อต้น เฉลี่ยจาก 10 ต้น
3. จำนวนผลต่อต้น เฉลี่ยจาก 10 ต้น
4. น้ำหนักผลเฉลี่ยจากการสุ่มต้นละ 5 ผล จำนวน 10 ต้น
5. น้ำหนักผลรวมต่อต้น เฉลี่ยจาก 10 ต้น
6. ขนาดความกว้างผล เฉลี่ยจากการสุ่มต้นละ 5 ผล จำนวน 10 ต้น
7. ขนาดความยาวผล เฉลี่ยจากการสุ่มต้นละ 5 ผล จำนวน 10 ต้น

### 5.3.3 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ของข้อมูลระหว่างกลุ่มทดลองด้วย One – Way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS

## 5.4 ผลการศึกษา

### 5.4.1 ผลของการให้ความเครียดเกลือต่อการเจริญและผลผลิตของมะเขือเทศที่ตอกิ่ง

จากภาพที่ 42 จะเห็นว่าการรดต้นมะเขือเทศด้วยสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ในระหว่างที่ต้นมะเขือเทศมีอายุระหว่าง 75-100 วัน จะเห็นว่าความเครียดเกลือทำให้ใบเหี่ยว เหลือง ตายไปเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ต่อลงต้นตอของพันธุ์ HW96 กับกิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ตอกิ่งกับตัวเองพบว่ากิ่งพันธุ์ THBW109 ที่เจริญบนต้นตอ HW96 มีความทนเค็มมากกว่า โดยมีจำนวนใบเขียวมากกว่าอย่างชัดเจน ในทางตรงกันข้ามกิ่งพันธุ์ HW96 ที่ต่อบนต้นตอของพันธุ์ THBW109 กลับมีความทนเค็มต่ำกว่ากิ่งพันธุ์ HW96 ที่ตอกิ่งกับตัวเอง แสดงให้เห็นความสำคัญของต้นตอ

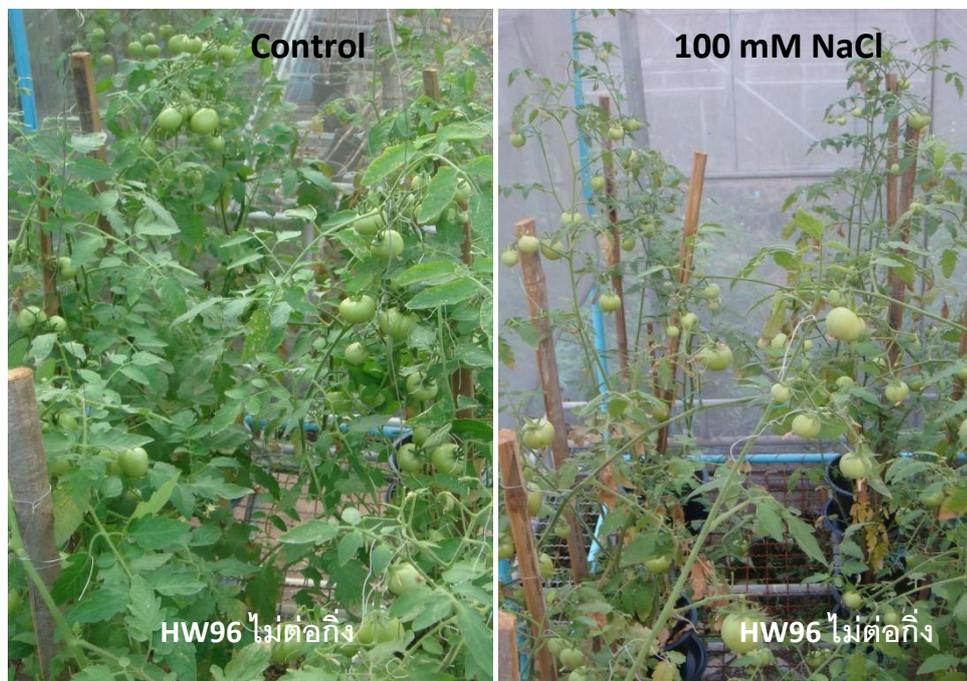
### 5.4.2 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อจำนวนช่อดอกต่อต้นของมะเขือเทศที่ตอกิ่ง

ในมะเขือเทศชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 100 mM (ภาพที่ 43) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนช่อดอกต่อต้นเท่ากับ 7.04% 11.40% 44.26% 5.89% 43.73% และ 19.96% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพืชทั้ง 6 กลุ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนช่อดอกต่อต้นจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 Non-HW96 Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 และกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 โดยในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเฉลี่ยของช่อดอกต่อต้นที่ใกล้เคียงกัน กลุ่มที่ 1 Non-HW96 มีจำนวนช่อดอกต่อต้นมากกว่า Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 มีจำนวนช่อดอกต่อต้นมากกว่า Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าเปรียบเทียบกันระหว่าง Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 พบว่า กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 มีจำนวนช่อดอกต่อต้นสูงกว่า Self-THBW109 เล็กน้อย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

### 5.4.3 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อจำนวนดอกต่อต้นของมะเขือเทศที่ตอกิ่ง

ในมะเขือเทศชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 100 mM (ภาพที่ 44) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนดอกต่อต้นเท่ากับ 5.56% 26.14% 44.26% 8.18% 27.23% และ 19.96% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพืช พบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนดอกต่อต้นจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 Non-HW96 Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 และกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 กลุ่มที่ 1 Non-HW96 มีจำนวนดอกต่อต้นมากกว่า Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าเปรียบเทียบกันระหว่าง Self-HW96 และ กิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 พบว่า Self-

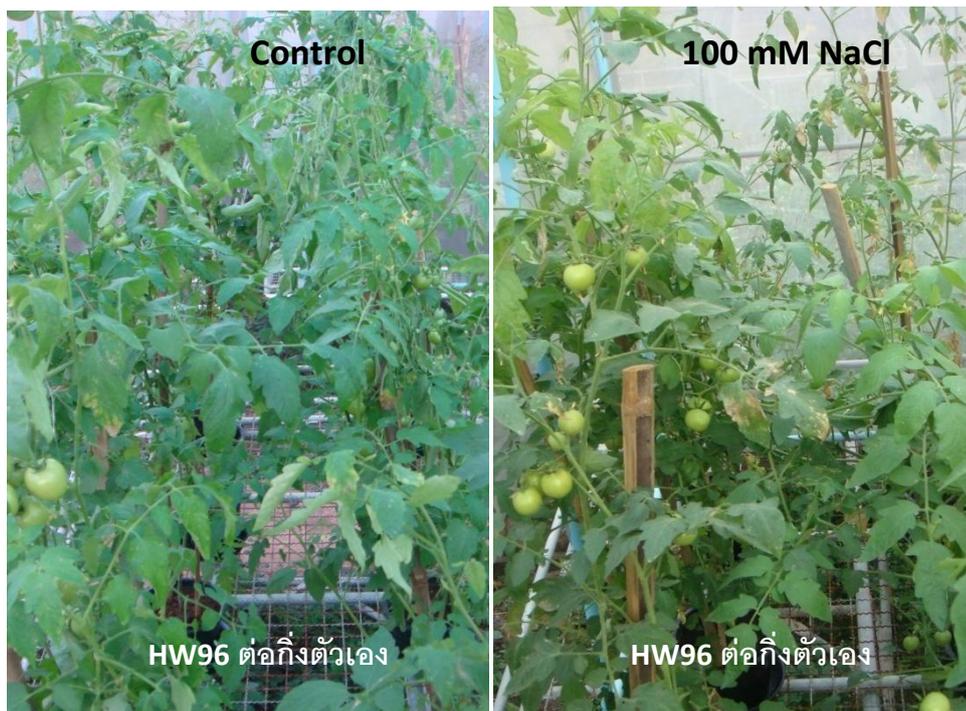
HW96 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนดอกต่อต้นมากกว่า กิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 มีจำนวนดอกต่อต้นมากกว่า Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และถ้าเปรียบเทียบกันระหว่าง Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 พบว่า กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 มีดอกมากกว่า Self- THBW109 เล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



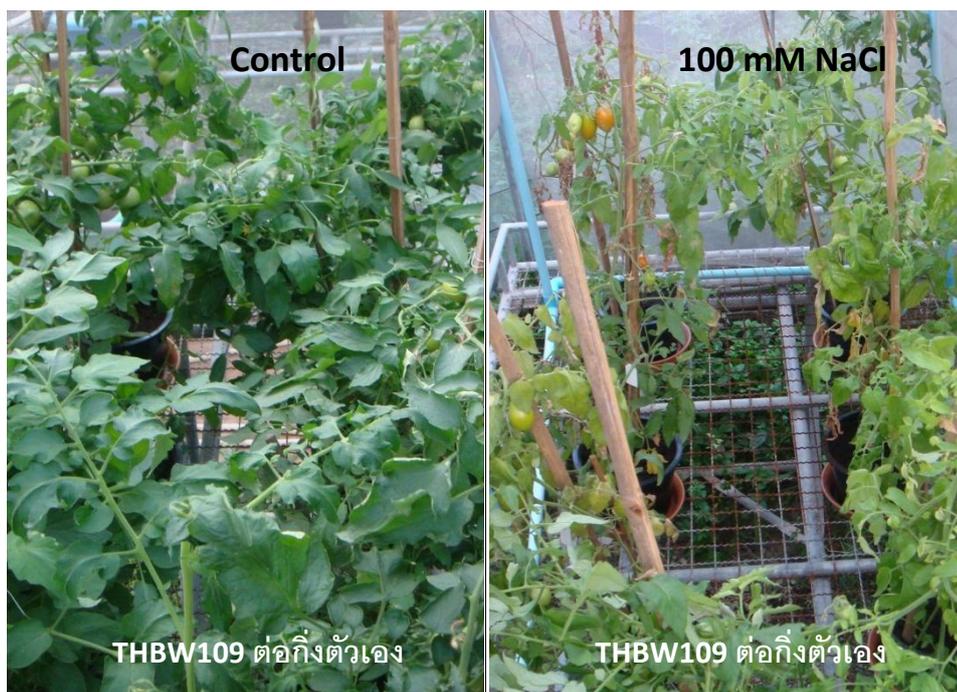
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 42 เปรียบเทียบการเจริญของมะเขือเทศระหว่างรดด้วยน้ำ ( control) และรดด้วย 100 mM NaCl ที่อายุ 110 วัน (ก) Non-HW96 (ข) Non-THBW109 (ค) Self-HW96 (ง) Self-THBW109 (จ) กิ่งพันธุ์ THBW109-Rootstock-HW96 (ฉ) กิ่งพันธุ์ HW96-Rootstock-THBW109

#### 5.4.4 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อจำนวนผลต่อต้นของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

ในมะเขือเทศชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 100 mM (ภาพที่ 45) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนผลต่อต้นเท่ากับ 43.43% 41.70% 47.40% 5.56% 10.88% และ 20.45% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพืช พบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนผลต่อต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 Non-HW96 Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 และกลุ่มที่ 2 Non-101 Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 กลุ่มที่ 1 Non-HW96 และ Self-HW96 มีจำนวนผลต่อเฉลี่ยต้นไม่แตกต่างกันและทั้ง 2 กลุ่มมีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้นมากกว่า กิ่งพันธุ์ HW96 ที่ต่อบน Rootstock-THBW109 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ 2 มีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบในพืชกลุ่มเดียวกัน พบว่าจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้นเมื่อได้รับเกลือลดลง แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกกลุ่ม

#### 5.4.5 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักผลเฉลี่ยของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

ในมะเขือเทศชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 100 mM (ภาพที่ 46) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักผลต่อผลเท่ากับ 51.32% 57.58% 55.52% 78.16% 78.41% และ 69.49% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพืชทั้ง 6 กลุ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลต่อผล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 Non-HW96 Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 และกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 กลุ่มที่ 1 Non-HW96 และ Self-HW96 มีน้ำหนักผลต่อผลเฉลี่ยไม่แตกต่างกันและ Non-HW96 มีน้ำหนักผลต่อผลเฉลี่ยมากกว่า กิ่งพันธุ์ HW96 ที่ต่อบน Rootstock-THBW109 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 และ Self-THBW109 มีน้ำหนักต่อผลเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ และทั้ง 2 combination มีน้ำหนักต่อผลเฉลี่ยน้อยกว่า กิ่งพันธุ์ 101 ที่ต่อบนตอของ Rootstock-HW96 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

#### 5.4.6 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักผลต่อต้นของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

ในมะเขือเทศชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 100 mM (ภาพที่ 47) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักผลต่อต้นเท่ากับ 71.17% 75.40% 68.12% 85.40% 81.87% และ 68.12% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพืชทั้ง 6 กลุ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลต่อต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 Non-HW96 Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 และกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 กลุ่มที่ 1 Non-HW96 มีน้ำหนักเฉลี่ย

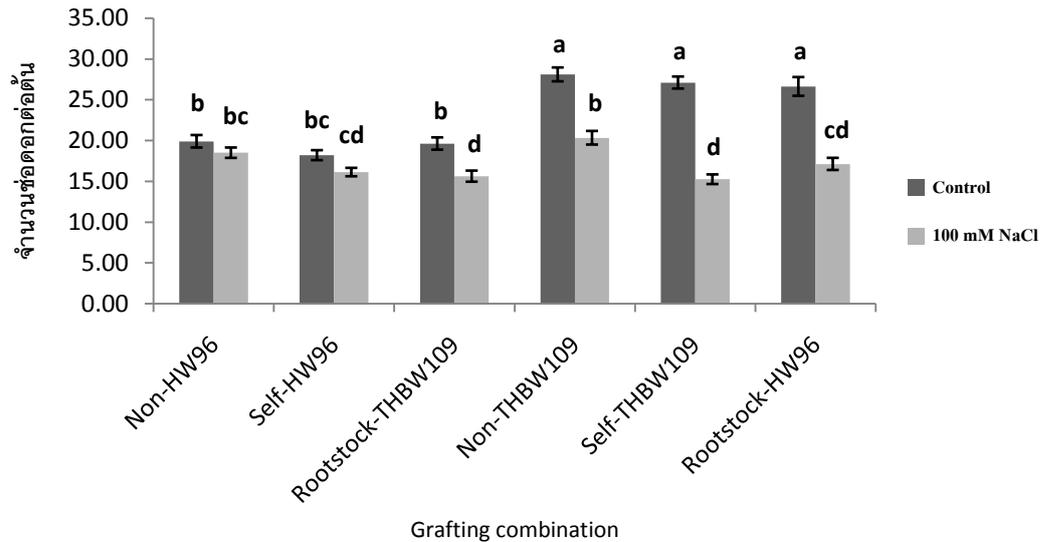
ผลต่อต้นมากกว่า Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถ้าเปรียบเทียบกันระหว่าง Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 ทั้งสองจะมีน้ำหนักผลเฉลี่ยต่อต้นที่ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ 2 ทั้ง Non-THBW109 Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 มีน้ำหนักผลเฉลี่ยต่อต้นที่ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ กิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ต่อบน Rootstock-HW96 มีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตมากขึ้นเทียบกับ Self- THBW109

#### 5.4.7 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อความกว้างของผลของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

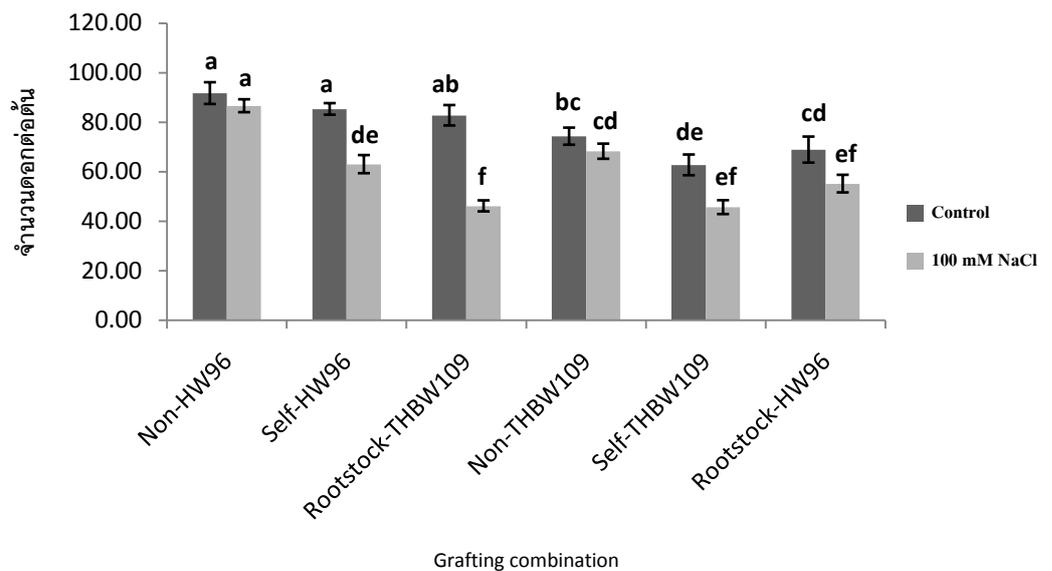
ในมะเขือเทศชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 100 mM (ภาพที่ 48) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-101 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความกว้างผลเฉลี่ยเท่ากับ 36.86% 31.75% 35.81% 29.80% 31.96% และ 27.26% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพืชทั้ง 6 กลุ่มพบว่ามีความกว้างของผลแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 Non-HW96 Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 และกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 กลุ่มที่ 1 Non-HW96 Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 มีความกว้างผลเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ 2 กิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ต่อบน Rootstock-HW96 มีความกว้างผลเฉลี่ยมากกว่า Non- THBW109 และ Self-THBW109 และแตกต่างกับ Self-THBW109 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการต่อกิ่งพันธุ์ THBW109 บนต้นต่อ HW96 มีแนวโน้มที่จะทำให้ผลที่ความกว้างเพิ่มขึ้น

#### 5.4.8 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อความกว้างของผลของมะเขือเทศที่ต่อกิ่ง

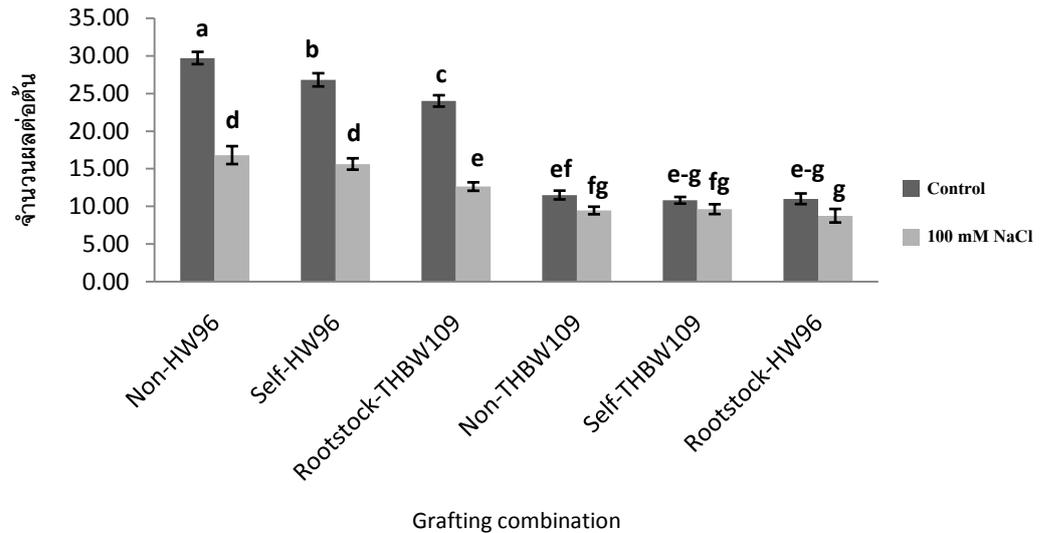
ในมะเขือเทศชุดที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 100 mM (ภาพที่ 49) พบว่า Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความยาวผลเฉลี่ยเท่ากับ 32.39% 32.32% 39.86% 24.17% 28.40% และ 27.75% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละ combination โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 Non-HW96 Self-HW96 และกิ่งพันธุ์ HW96 บน Rootstock-THBW109 และกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 กลุ่มที่ 1 Non-HW96 Self-HW96 มีความยาวผลเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีความยาวผลเฉลี่ยมากกว่า กิ่งพันธุ์ HW96 ที่ต่อบน Rootstock-THBW109 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ 2 Non-THBW109 Self-THBW109 และ กิ่งพันธุ์ THBW109 บน Rootstock-HW96 มีความยาวผลเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ



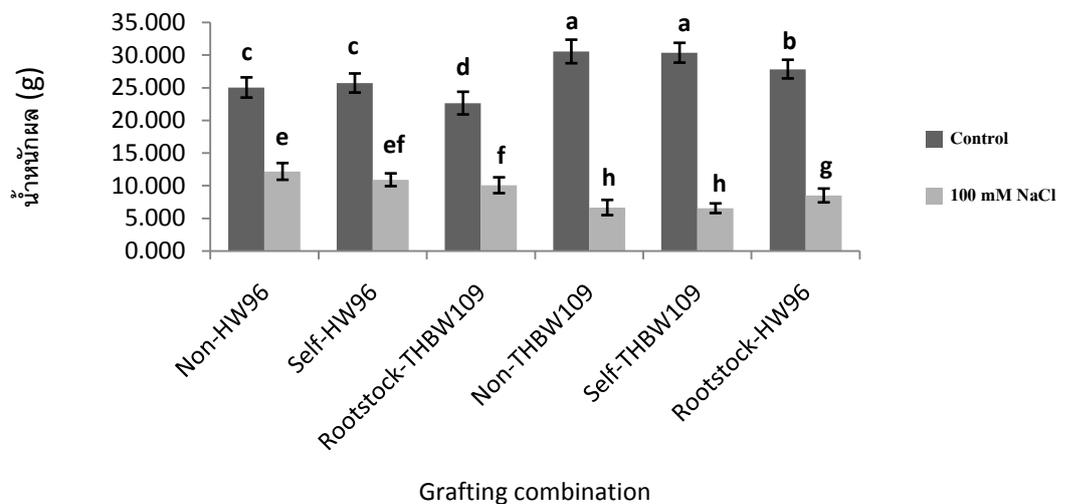
ภาพที่ 43 จำนวนช่อดอกต่อต้นของมะเขือเทศได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



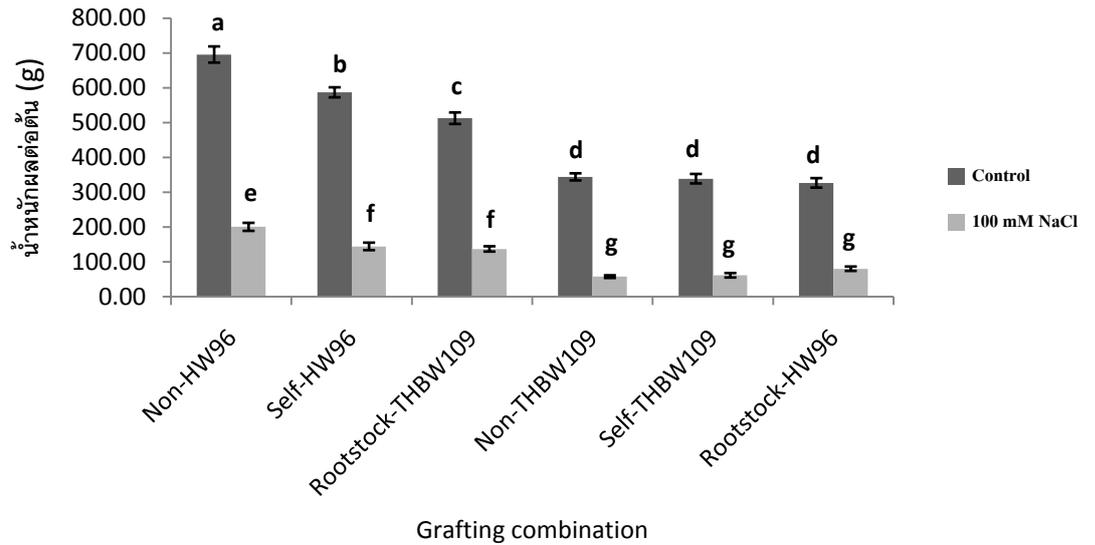
ภาพที่ 44 จำนวนดอกต่อต้นของมะเขือเทศได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



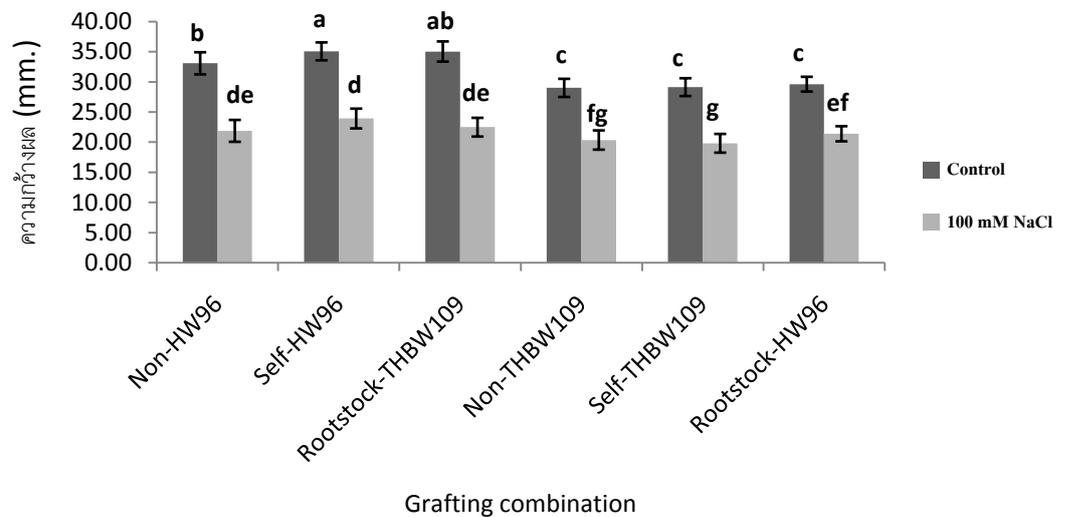
ภาพที่ 45 จำนวนผลต่อต้นของมะเขือเทศได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



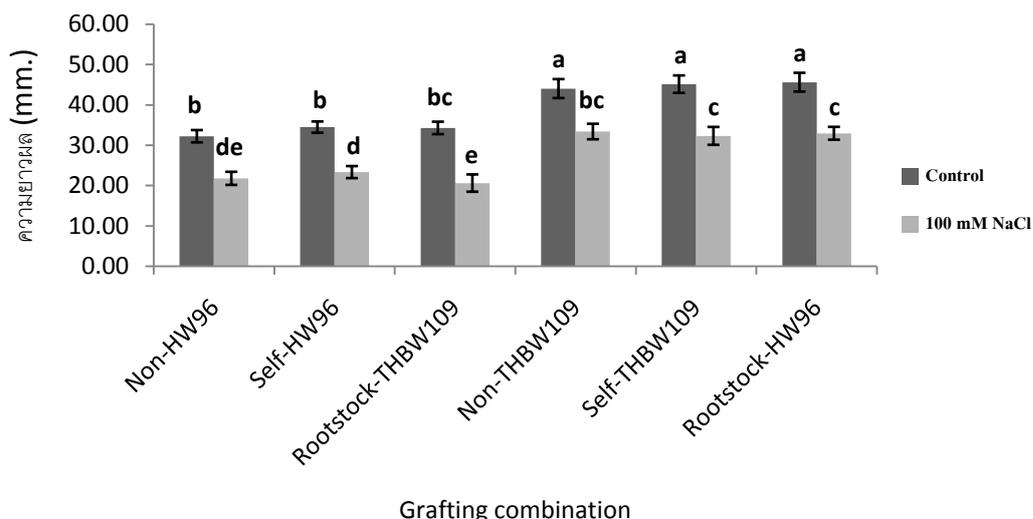
ภาพที่ 46 น้ำหนักผลต่อผล (กรัม) ของมะเขือเทศได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 47 น้ำหนักผลต่อต้น (กรัม) ของมะเขือเทศได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 48 ความกว้างผล (มิลลิเมตร) ของมะเขือเทศได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 และ 100 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)



ภาพที่ 49 ความยาวผล (มิลลิเมตร) ของมะเขือเทศที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0 และ 100 mM (แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การลดลง (เทียบกับกลุ่มควบคุม) ของ จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อต้น จำนวนผลต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักรผลต่อต้น น้ำหนักรผลต่อผล ความกว้างผล ความยาวผล ของมะเขือเทศ Non-HW96 Self-HW96 HW96 บน Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ THBW109 บน Rootstock-HW96 ที่ได้รับเกลือโซเดียมเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 mM เป็นเวลา 25 วัน ระยะเวลาอายุ 75 – 100 วัน (ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน มีค่าทางสถิติแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT)

No.	genotypes	Non-HW96	Self-HW96	Rootstock- THBW109	Non- THBW109	Self- THBW109	Rootstock-HW96
จำนวนช่อดอกต่อต้น	Control (Mean±SE)	19.90±0.76 <sup>b</sup>	18.20±0.61 <sup>bc</sup>	19.63±0.75 <sup>b</sup>	28.21±0.84 <sup>a</sup>	27.21±0.73 <sup>a</sup>	26.63±1.14 <sup>a</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	18.90±0.63 <sup>bc</sup>	16.13±0.51 <sup>cd</sup>	15.63±0.68 <sup>d</sup>	26.44±1.06 <sup>b</sup>	15.25±0.59 <sup>d</sup>	17.13±0.74 <sup>cd</sup>
	% ที่ลดลง	7.04	11.40	44.26	5.89	43.73	19.96
จำนวนดอกต่อต้น	Control (Mean±SE)	91.70±4.40 <sup>a</sup>	85.30±2.34 <sup>a</sup>	82.75±4.12 <sup>ab</sup>	74.30±3.45 <sup>bc</sup>	62.70±4.18 <sup>de</sup>	68.88±5.25 <sup>cd</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	86.60±2.60 <sup>a</sup>	63.00±3.66 <sup>de</sup>	46.13±2.23 <sup>f</sup>	68.22±3.06 <sup>cd</sup>	45.63±2.80 <sup>ef</sup>	55.13±3.55 <sup>ef</sup>
	% ที่ลดลง	5.56	26.14	44.26	8.18	27.23	19.90
จำนวนผลต่อต้น	Control (Mean±SE)	29.70±0.81 <sup>a</sup>	26.80±0.87 <sup>b</sup>	24.00±0.75 <sup>c</sup>	10.00±0.65 <sup>ef</sup>	10.80±0.44 <sup>e-g</sup>	11.00±0.70 <sup>e-g</sup>
	NaCl 140 mM (Mean±SE)	16.80±1.19 <sup>d</sup>	15.63±0.75 <sup>d</sup>	12.63±0.56 <sup>e</sup>	9.44±0.5 <sup>fg</sup>	9.63±0.65 <sup>fg</sup>	8.75±0.90 <sup>g</sup>



## บทที่ 6

### วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

การรดต้นมะเขือเทศด้วยสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 140 mM แทนการรดด้วยน้ำธรรมดา มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของมะเขือเทศพันธุ์ HW96 (ทนเค็ม) Sida (ทนเค็มปานกลาง) THBW104 (อ่อนแอต่อความเค็ม) และ THBW109 (อ่อนแอต่อความเค็ม) ทำให้มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก ลำต้น และใบ ลดลง ความยาวรากและความยาวต้นลดลง โดยที่พันธุ์ HW96 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของการเจริญเติบโตน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (รดด้วยน้ำ) และพันธุ์ THBW109 มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของการเจริญเติบโตมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และเมื่อวัดค่าสรีรวิทยาในตัวอย่างใบของมะเขือเทศ พบว่าพืชที่ได้รับเกลือมีปริมาณโซเดียมเพิ่มขึ้น และอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมและโซเดียมลดลง โดยพันธุ์ทนเค็มมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของโซเดียมน้อยกว่าพันธุ์อ่อนแอ และมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราส่วนโพแทสเซียมและโซเดียมน้อยกว่าพันธุ์อ่อนแอ แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ทนเค็มมีกลไกการขับโซเดียมออกจากต้นหรือป้องกันการดูดโซเดียมดีกว่าพันธุ์อ่อนแอสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Dasgan et al. (2002) และ Chookhampaeng et al. (2007) ในมะเขือเทศ 13 พันธุ์ ปริมาณโซเดียมที่สูงเกินไปภายในเซลล์จะมีผลเสียหลายอย่าง เช่น ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้เกิดการสะสมอนุมูลอิสระ ซึ่งนำไปสู่การทำลายลิพิดโดยเฉพาะลิพิดที่เป็นองค์ประกอบของเมมเบรนทำให้เมมเบรนสูญเสียคุณสมบัติทำให้ค่ารั่วไหลของไอออนออกจากเซลล์ของมะเขือเทศที่ได้รับความเครียดเกลือมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม เช่นที่พบในมะเขือเทศ (Tuna et al., 2007) และข้าว (Salethong et al., 2011) ซึ่งในการทดลองนี้พบเช่นเดียวกันว่าความเครียดเกลือทำให้เมมเบรนสูญเสียคุณสมบัติ นอกจากนี้ยังพบว่ามะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอที่ได้รับความเครียดเกลือจะมีค่าการรั่วไหลของไอออนออกจากเซลล์ของใบสูงกว่ามะเขือเทศพันธุ์ทนเค็มมาก แสดงให้เห็นว่าการที่มะเขือเทศพันธุ์ทนเค็มมีความสามารถในการจำกัดการดูดและสะสมโซเดียมไอออนมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการรักษาคุณสมบัติของเมมเบรนได้ดีกว่าพันธุ์อ่อนแอ

พืชที่ได้รับความเครียดจากเกลือจะมีการสะสมสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กในความเข้มข้นสูงในไซโทซอลเพื่อลดค่าศักย์ออสโมซิสภายในเซลล์ โดยสารอินทรีย์เหล่านี้ไม่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ สารอินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ น้ำตาล โพรลีน และไกลซีนบีเทน (Munns and Tester, 2008) ในการทดลองนี้พบว่า มะเขือเทศที่ได้รับความเครียดเกลือมีปริมาณโพรลีนเพิ่มสูงขึ้นหลายเท่า โดยเฉพาะพันธุ์อ่อนแอจะสะสมโพรลีนมากกว่าพันธุ์ทนเค็ม ความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมโพรลีนกับระดับความทนเค็มมีข้อสรุปที่แตกต่างกันในการวิจัยหลายชิ้นที่ผ่านมา โดย Hare et al. (1999) พบว่าพืชพันธุ์ทนเค็มจะสะสมโพรลีนมากกว่าพันธุ์อ่อนแอ แต่สำหรับข้าว Lutts et al., 1999 และ Theerakulpisut et al., 2005 พบว่า ข้าวพันธุ์อ่อนแอจะสะสมโพรลีนมากกว่าพันธุ์ทนเค็ม ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าพันธุ์อ่อนแอสะสมโพรลีนสูงกว่าพันธุ์ทนเค็มมากซึ่งสัมพันธ์กับอาการเสื่อมของ

ใบซึ่งเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยเฉพาะในพันธุ์ THBW109 ในขณะที่พันธุ์ทนเค็ม เช่น HW96 ใบยังเขียวสดอยู่ จากการศึกษาในใบมะม่วงหิมพานต์ Silveira et al. (2003) พบว่า การสะสมโพรตีนในระหว่างที่ได้รับ ความเครียดเกลือสัมพันธ์กับการเสื่อม (senescence) ของใบ ซึ่งแสดงโดยปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง และกิจกรรมของเอนไซม์โพรทีเอสที่เพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาวีธีต่อกิ่งมะเขือเทศพันธุ์ Sida ทั้ง 8 แบบ คือการต่อกิ่งแบบใช้ท่อโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์เป็นรูปปลีมี การต่อกิ่งแบบใช้ท่อโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์เป็นรูปปลีพร้อมกับจุ่มน้ำยาเร่งราก การต่อกิ่งแบบใช้ท่อโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์ต่อบนฝานบวบ การต่อกิ่งแบบใช้ท่อโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์ต่อบนฝานบวบพร้อมกับจุ่มน้ำยาเร่งราก การต่อกิ่งแบบใช้พาราฟิล์มพันโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์เป็นรูปปลีมี การต่อกิ่งแบบใช้พาราฟิล์มพันโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์เป็นรูปปลีพร้อมกับจุ่มน้ำยาเร่งราก การต่อกิ่งแบบใช้พาราฟิล์มพันโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์ต่อบนฝานบวบ และการต่อกิ่งแบบใช้พาราฟิล์มพันโดยที่ต้นตอและกิ่งพันธุ์ต่อบนฝานบวบพร้อมกับจุ่มน้ำยาเร่งราก พบว่าการต่อกิ่งแบบใช้พาราฟิล์มพันโดยฝานกิ่งพันธุ์เป็นรูปปลีมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากที่สุด

ผลการศึกษากการต่อกิ่งมะเขือเทศระหว่างพันธุ์ HW96 และ THBW109 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น ชุดควบคุมมะเขือเทศพันธุ์ HW96 และ THBW109 ที่ไม่ได้ต่อยอด (Non-grafted) มะเขือเทศพันธุ์ HW96 ต่อกิ่งตัวเอง (Self-grafted HW96) มะเขือเทศพันธุ์ THBW109 ต่อกิ่งตัวเอง (Self-grafted THBW109) มะเขือเทศพันธุ์ HW96 ที่เป็นกิ่งพันธุ์และต่อยอดบนตอพันธุ์ THBW109 (Rootstock- THBW109) และมะเขือเทศพันธุ์ HW96 ที่เป็นต้นตอและต่อยอดพันธุ์ THBW109 (Rootstock-HW96) พบว่าการต่อกิ่งทั้ง 4 แบบมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากกว่า 90% ซึ่งการต่อกิ่งแบบใช้พันธุ์ HW96 เป็นกิ่งพันธุ์และต่อยอดบนตอพันธุ์ THBW109 (Rootstock-THBW109) มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากที่สุด ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาของ Fernandez-Garcia et al. (2002) การต่อกิ่งมะเขือเทศพันธุ์ Fanny และ Goldmar เป็นกิ่งพันธุ์แล้วต่อยอดลงบนต้นตอมะเขือเทศพันธุ์ AR-9704 พบว่า พบว่าการดูน้ำของมะเขือเทศต่อยอดระหว่างพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการศึกษาด้านสรีรวิทยาของมะเขือเทศที่ต่อกิ่งแบบ Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 ที่ได้รับ NaCl 140 mM พบว่ามะเขือเทศที่อายุ 75 วันทุกกลุ่มทดลอง (ก่อนการให้เกลือ) มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณการรั่วไหลของอ็อกซิเจน ปริมาณโพรตีน ปริมาณน้ำตาลรวม ไม่แตกต่างกัน แต่ในมะเขือเทศที่อายุ 85 วัน และ 100 วัน (หลังการให้เกลือ 10 วัน และ 25 วันตามลำดับ) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และปริมาณคลอโรฟิลล์บีมี ปริมาณลดลง ส่วนปริมาณการรั่วไหลของอ็อกซิเจน ปริมาณโพรตีน และปริมาณน้ำตาลรวมจะเพิ่มขึ้น โดย กิ่งพันธุ์อ่อนแอ THBW109 เมื่อต่อบนต้นตอของพันธุ์ทนเค็ม HW96 มีค่าทางสรีรวิทยาที่มีแนวโน้มดีขึ้นทุกค่าเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ THBW109 ปกติที่ไม่ต่อกิ่ง (Non-THBW109) และกิ่งพันธุ์ THBW109 ที่ต่อกิ่งตัวเอง (Self-THBW109) โดยจะเห็นได้ชัดเจนในพืชอายุ 85 วัน หลังจากได้รับเกลือเป็นเวลานาน 25 วัน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การลดลงของคลอโรฟิลล์รวม คลอโรฟิลล์เอ

คลอโรฟิลล์บี อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออน ของกิ่งพันธุ์ THBW109 ต่อบนต้นต่อของ HW96 จะลดลงน้อยกว่าทั้ง Non-THBW109 และ Self- THBW109 ส่วนเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่าการรั่วไหลของไอออนและปริมาณโพรงของกิ่งพันธุ์ THBW109 ต่อบนต้นต่อของ HW96 จะเพิ่มขึ้นน้อยกว่าทั้ง Non-THBW109 และ Self-THBW109 ในทางตรงกันข้าม กิ่งพันธุ์ HW96 ที่ต่อบนต้นต่อของ Rootstock-THBW109 กลับมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาในทิศทางที่คล้ายกับพันธุ์อ่อนแอ เมื่อเทียบกับใบของพันธุ์ HW96 ปกติที่ไม่ต่อกิ่ง (Non-HW96) และ HW96 ที่ต่อกิ่งกับตัวเอง (Self-HW96) ได้แก่ มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของการรั่วไหลของไอออนและปริมาณโพรงมากกว่า และมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าอัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมไอออนมากกว่า

ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การต่อต้าน (shoot) ของพันธุ์ที่อ่อนแอต่อความเค็มบนต้นต่อ (rootstock) ของพันธุ์ทนเค็มสามารถเพิ่มระดับความทนเค็มในส่วนของต้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยหลายชิ้นในต่างประเทศ เช่น Estan et al. (2005) ซึ่งทดลองต่อกิ่งของมะเขือเทศพันธุ์อ่อนแอ (Jaguar) บนต้นต่อของพันธุ์ทนเค็มที่มีกลไกความทนเค็มที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ Radja เป็นพันธุ์ทนเค็มที่เป็นพวก Na excluder ส่วนพันธุ์ Pera เป็นพันธุ์ทนเค็มที่เป็นพวก Na includer หลังจากให้เกลือ 25, 50 และ 75 mM เป็นเวลา 90 วัน พบว่า ใบของ Jaguar ที่ต่อกิ่งตัวเอง (self-grafted) มีปริมาณโซเดียมและอัตราส่วนระหว่างโซเดียมและโพแทสเซียมไอออนสูงที่สุด ส่วนใบของ Jaguar ที่ต่อบนต้นต่อของ Radja มีค่าทั้งสองต่ำสุด ส่วนใบของ Jaguar ที่ต่อบน Pera มีค่าปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่า ผลผลิตแปรผกผันกับปริมาณโซเดียมไอออนและอัตราส่วนระหว่างโซเดียมและโพแทสเซียมไอออนในใบ ในทางกลับกันคุณสมบัติของต้นที่ใช้เป็นกิ่งพันธุ์ก็มีผลต่อความสำเร็จของการต่อกิ่งเช่นเดียวกัน โดย Santa-Cruz et al. (2002) ได้ทำการต่อกิ่งพันธุ์มะเขือเทศ MoneyMaker ซึ่งเป็นพวก Na excluder แต่เป็นพันธุ์อ่อนแอ กับต้นต่อของพันธุ์ Kyndia ซึ่งเป็นพันธุ์ทนเค็มและเป็น Na excluder เปรียบเทียบกับการต่อกิ่งพันธุ์ UC-82B ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอที่มีกลไก Na includer กับต้นต่อ Kyndia พบว่า การต่อกิ่งให้ผลดีคือช่วยส่งเสริมการเติบโตของกิ่งพันธุ์ในสภาวะเค็ม เฉพาะเมื่อใช้ UC-82B เป็นกิ่งพันธุ์เท่านั้น ดังนั้นเทคนิคการต่อกิ่งบนต้นต่อของพันธุ์ทนเค็มที่เป็น Na excluder จะให้ผลดีเฉพาะเมื่อใช้กิ่งพันธุ์อ่อนแอที่เป็นพวก Na includer จากการศึกษาของ He et al. (2009) การต่อกิ่งมะเขือเทศอ่อนแอบนต้นต่อทนเค็มนอกจากจะมีผลต่อการลดการสะสมโซเดียมในต้นและลดค่าอัตราส่วนระหว่างโซเดียมและโพแทสเซียมไอออนเมื่อเปรียบเทียบกับต้นพันธุ์อ่อนแอที่ต่อกิ่งตัวเองแล้ว ยังมีผลต่อลักษณะทางสรีรวิทยาอื่นๆ ได้แก่ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้น้ำดีขึ้น ลิพิดเพอรอกซิเดชันลดลงอย่างมาก รวมทั้งมีกิจกรรมของเอนไซม์ต้านออกซิเดชันหลายชนิดสูงขึ้น ได้แก่ แคททาลาส แอสคอร์เบตเพอรอกซิเดส กลูตาไทโอนรีดักเทส และดีไฮโดรแอสคอร์เบตรีดักเทส ส่งผลให้พันธุ์อ่อนแอที่ต่อกิ่งบนพันธุ์ทนเค็มมีน้ำหนักแห้งของต้นเพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาด้านผลผลิตของมะเขือเทศที่ต่อกิ่งแบบ Non-HW96 Self-HW96 Rootstock-THBW109 Non-THBW109 Self-THBW109 และ Rootstock-HW96 ที่ได้รับ NaCl 100 mM พบว่าจำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อต้น จำนวนผลต่อต้น ผลผลิตต่อต้น น้ำหนักผลต่อผล ความกว้างผล และความยาวผล จะลดลงเมื่อได้รับความเครียดเกลือเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (รดด้วยน้ำ) โดยที่ Rootstock-HW96 มีปริมาณผลผลิตที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Self-THBW109 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และ Rootstock-THBW109 มีปริมาณผลผลิตที่ต่ำลงเมื่อเทียบกับ Self-HW96 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

### เอกสารอ้างอิง

- รังสรรค์ อีมเอิม และชยันาม ดิสถาพร. 2523. การศึกษาพันธุ์มะเขือเทศทนเค็ม. ใน: **รายงานผลการค้นคว้า ทดลองและวิจัยประจำปี 2522**. หน้า 59. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สันติภาพ ปัญจพรุค. 2543. **ดินเค็มและพืชทนเค็ม** เอกสารประกอบการสอนภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Ashraf, M. and Harris, P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science** 166: 3-16.
- Ayers, R.S., and Wescot, D.W. 1976. **Water quality for irrigation**. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome.
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil** 39: 205-207.
- Cano, E.A., Bolarin, M.C., Perez-Alfocea, F. and Caro, M. 1991. Effect of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. **Journal of Horticultural Science** 66: 621-628.
- Cayueta, E., Perez-Alfocea, F., Caro, M. and Bolarin, M.C. 1996. Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress. **Physiologia Plantarum** 96: 231-236.
- Chookhaempaeng, S., Pattanagul, W. and Theerakulpisut, P. 2007. Screening some tomato commercial cultivars from Thailand for salinity tolerance. **Asian Journal of Plant Sciences** 6 (5): 788-794.
- Chookhampaeng, S., Pattanagul, W. and Theerakulpisut, P. 2008. Effects of salinity on growth, activity of antioxidant enzymes and sucrose content in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) at the reproductive stage. **ScienceAsia** 34(1): 69-75.
- Cuartero, J. and Fernandez-Munoz, R. 1999. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae** 78: 83-125.
- Cuartero, J., Bolarin, M.C., Asins, M.J. and Moreno, V. 2006. Increasing salt tolerance in tomato. **Journal of Experimental Botany** 57(5): 1045-1058.
- Dasgan, H.Y., Aktas, H., Abak, K. and Cakmak, I. 2002. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. **Plant Science** 163: 695-703.

- Dua, R.P. 1997. Grafting technique in gram (*Cicer arietinum*) to ascertain control of root and shoot for salinity tolerance. **Indian Journal of Agricultural Science** 67: 212-214.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical of Chemistry**. 28:350-356.
- Estan, M.T., Martinez-Rodriguez, M.M., Perez-Alfocea, F., Flowers, T.J. and Bolarin, M.C. 2005. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. **Journal of Experimental Botany** 56(412): 703-712.
- Hare, P.D., Cress, W.A. and Van Staden, J. 1999. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. *J. Exp. Bot.* 50: 413-434.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K. and Bohnert, H.J. 2000. Plant molecular and cellular responses to high salinity. **Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** 51: 463-499.
- He, Y., Zhu, Z., Yang, J., Ni, X. and Zhu, B. 2009. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. **Environmental and Experimental Botany** 66: 270-278.
- Lee, J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables: current status, grafting methods, and benefits. **Hortscience** 29:235-239.
- Leonardi, C. and Giuffrida, F. 2006. Variation of plant growth and macronutrient uptake in grafted tomatoes and eggplants on three different rootstocks. **European Journal of Horticultural Science** 71 (3): 97-101.
- Liu, HX., Zeng, SX., Wang, YR., Li, P., Chan, DF. And Guo, JY. 1985. The effect of temperature on superoxide dismutase in various organelles of cucumber seedling cotyledon with different cold tolerance. **Acta Phytophysiol Sinica** 1: 48-57.
- Loannou, N., Loannou., M and Hadjiparakevas., K . 2002. Evaluation of watermelon rootstocks for off-season production in heated greenhouses. **Acta Horticulturae** 579, 501-506.
- Lutts, S., Majerus, V. and Kinet, J.M. 1999. NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa*) seedlings. **Physiologia Plantarum** 105: 450-458.

- Mansour, M.M.F., Salama, K.H.A. and Al-Mutawa, M.M. 2003. Transport proteins and salt tolerance in plants. **Plant Science** 164: 891-900.
- Mittova, V., Tal, M., Volokita, M. and Guy, M. 2002. Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species *Lycopersicon pennellii* but not in the cultivated species. **Physiologia Plantarum** 115: 393-400.
- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology** 59: 651-681.
- Muller, C. H. 1940. **A revision of the genus *Lycopersicon***. U.S.D.A. Misc. Publishing. Washington, D.C.
- Oda, M., Tsuji, K. and Sasaki, H. 1993. Effects of hypocotyls morphology on survival rate and growth of cucumber seedlings grafted on Cucurbita spp. **Japan Agricultural Research Quarterly** 26: 259-263.
- Oda, M. 1995. New grafting method for fruit-bearing vegetables in Japan. **Japan Agricultural Research Quarterly** 29: 187-194.
- Ruiz, G.M., Carlton, J.T., Grosholz, E.D., and Hines, A.H. 1997. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent and consequences. **American Zoologist** 37: 621-632.
- Romero, L., Belakbir, L., Ragala, J.M. and Ruiz, J.M. 1997. Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumis melo* L.). **Soil Science and Plant Nutrition** 43: 855-862.
- Saleethong, P., Sanitchon, J., Kong-ngern, K. and Theerakulpisut, P. 2011. Pretreatment with spermidine reverses inhibitory effects of salt stress in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. **Asian Journal of Plant Sciences** 10(4): 245-254.
- Santa-Cruz, A., Martinez-Rodriguez, M.M., Perez-Alfocea, F., Romero-Arunda, R. and Bolarin, M.C. 2002. The rootstock effect on the tomato salinity response depends on the shoot genotype. **Plant Science** 162: 825-831.
- Sivritepe, N., Sivritepe, h.O. and Eris, A. 2003. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. **Scientia Horticulturae** 97: 229-237.

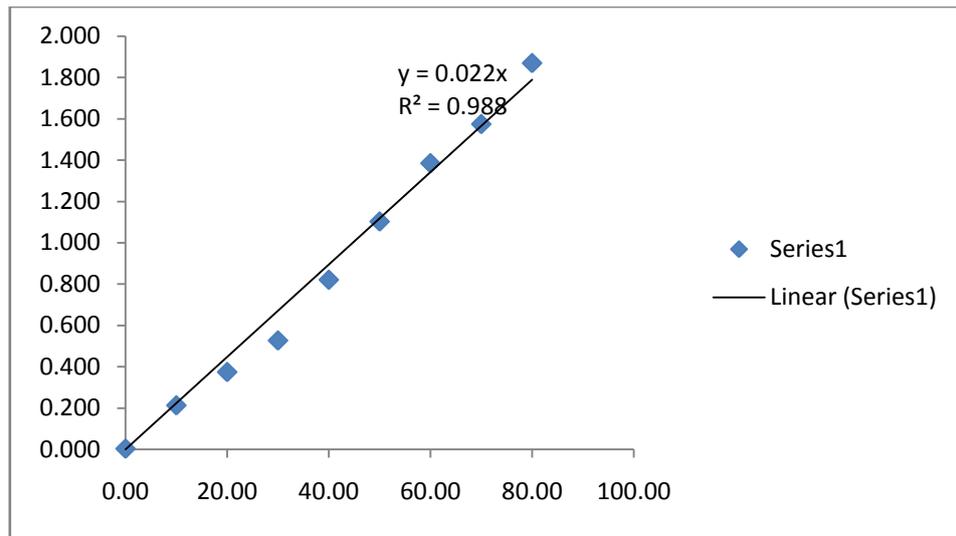
- Theerakulpisut, P., Bunnag, S. and Kong-ngern, K. 2005. Genetic diversity, salinity tolerance and physiological responses to NaCl of six rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Asian Journal of Plant Science** 4(6): 562-573.
- Tuna, A.L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, I. and Yagmur, B. 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. **Environmental and Experimental Botany** 59(2): 173-178.

### ภาคผนวก

#### การสร้างกราฟมาตรฐานของโพรลีน

เตรียมโพรลีนมาตรฐานความเข้มข้น 1 mg/ml นำมา 0, 10, 20, 40, 60 และ 80  $\mu\text{g}$  ใส่ในแต่ละหลอด จากนั้นเติม 3% sulphosalicylic acid ให้ครบ 2 ml จากนั้นเติม glacial acetic acid และ acid ninhydrin จำนวนอย่างละ 2 ml ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortex จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วหยุดปฏิกิริยาโดยนำไปแช่ในกระบอกน้ำแข็ง เติม toluene 4 ml ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้สารละลายแยกออกจากกันเป็น 2 ชั้น ดูดสารละลายชั้นบนที่มีสีชมพูมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร โดยให้แกน X เป็นปริมาณโพรลีน 0, 10, 20, 40, 60 และ 80  $\mu\text{g}$  แกน Y เป็นค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 nm

Stock solution of proline ( $\mu\text{l}$ )	3% sulfosalicylic acid (ml)	Ninhydrin (ml)	Glacial acetic acid (ml)	Toluene (ml)
0	2.00	2	2	4
10	1.99	2	2	4
20	1.98	2	2	4
30	1.97	2	2	4
40	1.96	2	2	4
50	1.95	2	2	4
60	1.94	2	2	4
70	1.93	2	2	4
80	1.92	2	2	4



การสร้างกราฟมาตรฐานของน้ำตาลรวม

หลอดที่	1 (0 umole)	2 (0.5 umole)	3 (1.0 umole)	4 (1.5 umole)	5 (2.0 umole)
10 mM glucose ( $\mu$ l)	0	5	10	15	20
น้ำ ( $\mu$ l)	500	495	490	485	480

