مردها – غالبًا – إلى القدرة العالية لنباتات تلك السلالة على امتصاص وتوزيع أيونا الكالسيوم والبوتاسيوم؛ نظرًا لأن ثمارها كانت أعلى محتوى من هذين الأيونين عن محتوى ثمار السلالة M82d منهما. وقد وجد أن كلا الجينين المتحكمين فى تحمل الملوحة وتعفن الطرف الزهرى يقعان فى منطقة كروموسومية واحدة قصيرة، هى الـ IL8-3-83 من IL8-3 (Uozumi وآخرون ٢٠١٢).

تحمل النمو الخضرى والمحصول لشدِّ الملوحة

طرق التقييم لتحمل النمو الخضرى لشدِّ الملوحة

استخدام الماء الملحى وماء البحر فى التقييم

من المفضل اختبار تحمل النباتات للملوحة بريها بمحاليل مغذية تحتوى على نسب مختلفة من ماء البحر، بدلاً من الرى بمحلول لأحد الأملاح أو المخلوط من أملاح معينة؛ ذلك لأن توازن الأملاح – الذى يوجد فى ماء البحر – يجعله أكثر المحاليل الملحية قربًا إلى المحلول الأرضى من حيث محتواه من مختلف الأملاح والأيونات؛ حيث يزيد فيه تركيز أيونات البورون والمغنيسيوم والكبريتات والكربونات، بالإضافة إلى أيونى الصوديوم والكلورين (Rush & Epstein ١٩٨١).

ومن أهم خصائص ماء البحر ما يلى:

١- يبلغ محتواه من الأملاح ٣,٥٪؛ أى نحو ٣٥٠٠٠ جزء فى المليون.

٢- يبلغ تركيز كلوريد الصوديوم به نحو ٠,٥ مولارًا، فيصل محتواه من الصوديوم إلى ١٠٥٦١ جزءًا فى المليون، ومن الكلورين إلى ١٨٩٨٠ جزء فى المليون.

٣- تبلغ درجة توصيله الكهربائى ٤٦,٣ مللى موز/سم (Weast ١٩٧٦).

ويبين جدول (٤-١) تركيز العناصر المغذية الرئيسية فى كل من المحلول الأرضى، والمحلول المغذى، وماء البحر (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩).

جدول (٤-١): تركيز العناصر المغذية الرئيسية فى كل من المحلول الأرضى والمحلول المغذى وماء البحر.

العنصر	التركيز بالجزء فى المليون		
	المحلول الأرضى	المحلول المغذى	ماء البحر
البوتاسيوم	٣٠	٢٣٥	٣٨٠ ويعد غنيًّا بالعنصر
الكالسيوم	٧٥	١٦٠	٤٠٠ ويعد غنيًّا بالعنصر
المغنسيوم	٧٥	٢٤	١٢٧٢ ويعد غنيًّا جدًّا بالعنصر
النيتروجين	١٠٠	٢٢٤	٠,٠٠١ –٠,٧٠ ويعد فقيرًا جدًّا بالعنصر
الفوسفور	٠,٠١٥	٦٢	أقل من ٠,٠٠١ – ٠,١ ويعد فقيرًا جدًّا بالعنصر
الكبريت	٣٨	٣٢	٨٨٤ ويعد غنيًا جدًّا بالعنصر

وقد أجرى Hassan & Desouki (١٩٨٦) اختبارات التقييم لمقاومة الملوحة بإنتاج شتلات الطماطم فى وسط عادى (مخلوط من الرمل والبيت موس بنسبة ١ : ١)، ثم شتلها فى أصص بقطر ٢٠ سم – مملوءة بالرمل المغسول – بمعدل ٣ شتلات بكل أصيص – وريها لمدة ٢-٤ أسابيع بمحلول مغذٍ حتى تستعيد نموها، ثم تبدأ بعد ذلك معاملة الملوحة، وتستمر لحين موت جميع نباتات المقارنة، ويمكن أن تستمر لمدة أسبوع أو أسبوعين آخرين لزيادة فاعلية الانتخاب.

وقد أجرى الباحثان معاملة الملوحة – بالرى خمس مرات أسبوعيًّا – بمحلول مغذٍ فى ٥٠٪ – ٧٥٪ ماء بحر. استُعمِل التركيز المنخفض عندما كانت النباتات رهيفة، وفى حالات الإضاءة الضعيفة. كما رويت النباتات بالمحلول المغذى فقط مرتين أسبوعيًّا؛ بغرض غسيل الأملاح التى يؤدى تراكمها على سطح الرمل إلى تحليق النباتات المنتخبة وموتها تدريجيًّا. كما أدت عملية الغسيل إلى نقل الأملاح إلى منطقة الجذور؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة فاعلية عملية الانتخاب لمقاومة الملوحة. وقد سجل الباحثان عدد النباتات الميتة بفعل الملوحة يوميًّا، وعرضا النتائج كنسبة مئوية متراكمة للنباتات الميتة مع الزمن.

وفى دراسة أخرى.. أجرى Hassan وآخرون (١٩٨٩) اختبار التقييم فى حجرة للنمو، مع رى البادرات ابتداء من عمر خمسة عشر يومًا – لمدة شهر – بمياه جوفية خُفف فيها تركيز الأملاح من نحو ٥٠ مللى موز/سم إلى ١٥ مللى موز/سم. أدت هذه المعاملة إلى موت نحو ٥٠٪ من أصناف الطماطم التى استخدمت للمقارنة.

واستخدم Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) – فى تقييمهم لتحمل الملوحة – محلولاً ملحيًّا يتكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم (بنسبة ٣ : ١)؛ بتركيزات ١٠ آلاف جزء فى المليون، وكان دليلهم على تحمل الملوحة صفات وزن النبات، وعدد العناقيد الزهرية، والمحصول الكلى.

الأساس العملى للقدرة على تحمل الملوحة

يعتمد بعض الباحثين – فى تقدير القدرة على تحمل الملوحة – على أمرين، هما:

١– مستوى الملوحة المحتمل Salinity Threshold.. وهو الحد الأقصى للملوحة الذى يمكن للنبات أن يتحمله دون أن ينخفض محصوله.

٢– الانحدار Slope .. وهو الارتداد الخطى linear regression للنقص فى المحصول، مقابل الزيادة فى مستوى الملوحة بعد المستوى المحتمل.

ويمكن أن يكون المحصول هو محصول الثمار الفعلى فى الأصناف التجارية، أو الوزن الجاف للسيقان، وللأوراق فى أى من الأصناف التجارية، أو السلالات البرية.

قياسات مدى تأثر المحصول

وجد عند تقييم أربعة أصناف من الطماطم الشيرى (الكريزية) وثمانية أصناف عادية لتحمل الملوحة – على أساس كل من أعلى درجة توصيل كهربائى EC لا يحدث عندها نقص فى المحصول (salinity-threshold)، ومقدار النقص فى المحصول مع كل زيادة وحدة EC (الانحدار slope)– أن الأصناف الكريزية كانت أكثر تحملاً للملوحة عن الأصناف العادية الثمار. أما على أساس استجابة النموات الخضرية للزيادة فى الـ EC فإن جميع الأصناف كانت متماثلة (Caro وآخرون ١٩٩١).

قياسات النمو النباتى وتحليل العناصر

وجد Cruz وآخرون (١٩٩٠) أن أفضل دليل لاختبارات تحمل الملوحة (اشتملت الاختبارات على ٣٩ سلالة وصنفًا من خمسة أنواع من الجنس *Solanum*) هو قياسات طول النبات، والوزن الجاف للأوراق، والوزنان الجاف والطازج للسيقان، ومحتوى الأوراق من عنصرى الكلور والصوديوم.

وتؤكد الدراسات إمكان الاعتماد على صفات طول الجذر، ومحتوى الأوراق من الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+، ونسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم؛ حيث يمكن استخدامها كأساس للانتخاب لتحمل الملوحة فى الطماطم (Saeed ٢٠٠٧).

ووجد أنه يمكن تحليل تركيز الصوديوم والبوتاسيوم بدقة بتحليل الوريقة الطرفية بدلاً من تحليل الورقة الكاملة، التى قد يؤدى الاستعانة بها إلى الإضرار بالنبات. وقد أعطى تحليل الوريقة الطرفية أقرب النتائج لتحليل الورقة الكاملة (González-Fernández وآخرون ١٩٩٥).

ظاهرة ميل أعناق الأوراق لأسفل

عُرِّضت نباتات من أصناف الطماطم إدكاوى، و Ramy، و Vemar لمستويات من الملوحة تراوحت من الصفر إلى ٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم، ووجد أن الأصناف المتحملة للملوحة أظهرت درجة أقل من ظاهرة ميل أعناق الأوراق لأسفل (epinasty)، ومستوى أقل نسبيًّا من إنتاج الإثيلين؛ مما يُفيد فى إمكان الاستفادة من هاتين الظاهرتين فى قياس تحمل الملوحة (El-Iklil وآخرون ٢٠٠).

قياسات الكلوروفيل

وجدت ارتباطات قوية بين محتوى النموات الخضرية للطماطم من الصوديوم وبين مختلف خصائص فلورة كلوروفيل a فى ظروف الشدِّ الملحى؛ بما يجعل قياسها تقديرًا مناسبًا لتحمل الملوحة (Zribi وآخرون ٢٠٠٩).

قياس التغير فى المحتوى البروتينى

دُرِست التغيرات فى المحتوى البروتينى للأوراق فى سلالة الطماطم المتحملة للملوحة LA4133 (من الطماطم الكريزية) وصنف الطماطم الحساس للملوحة Walter (وهو: LA3465) – وذلك لدى تعريضهما لشدٍّ ملحى مقداره ٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم – وأمكن التعرف على بروتينات حدثت فيها – نتيجة للمعاملة – تغيرات كمية، وبروتينات أخرى حدثت فيها تغيرات نوعية؛ الأمر الذى يُفيد كثيرًا فى تقييم وانتخاب التراكيب الوراثية المتحملة للملوحة فى برامج التربية (Nveawiah-Yoho وآخرون ٢٠١٣).

التباينات الوراثية فى تحمل النمو الخضرى والمحصول لشدِّ الملوحة

تتوفر صفة تحمل الملوحة خلال مرحلة النمو الخضرى فى عدد من أصناف الطماطم المنزرعة بالإضافة إلى بعض السلالات البرية من كل من الأنواع: *S. peruvianum*، و *S. habrochaites*، و*S. pennellii*، و *S. galapagense*، و *S. pimpinellfolium* (عن Foolad ٢٠٠٤، و de la Pena & Hughes ٢٠٠٧).

الصنف إدكاوى وأصناف وسلالات الطماطم الأخرى

قام Taha (١٩٧١) بمقارنة عدد من أصناف الطماطم؛ من حيث قدرتها على تحمل الملوحة، ووجد أنه يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات كما يلى:

١- أصناف حساسة.. ومن أمثلتها الصنفان أيس Ace، وبيرل هاربر Pearl Harbor.

٢- أصناف متوسطة التحمل للملوحة.. ومن أمثلتها الصنف برتشارد Pritchard.

٣- أصناف تتحمل الملوحة.. ومن أمثلتها الصنف الكريزى الثمار جريب Grape.

وقارن Hassan & Desouki (١٩٨٢) ٢٢ صنفًا وسلالة من الطماطم؛ من حيث قدرتها على تحمل التركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم، ووجدا أنها – جميعًا – كانت حساسة، وكان الصنف إدكاوى أقلها حساسية. وقد تأكدت – بعد ذلك – المقاومة النسبية لهذا الصنف من دراسات Mahmoud وآخرين (١٩٨٦)، و Hashim

وآخرين (١٩٨٨). فمع زيادة تركيز الملوحة أظهر الصنف إدكاوى أقل قدر من الانخفاض فى كل من الوزن الجاف، والمحصول الكلى، وعدد العناقيد الزهرية المنتجة بالنبات، وكان هو أكثر الأصناف تحملاً من بين ستة أصناف جرى تقييمها (Mahmoud وآخرون ١٩٨٦).

وفى دراسة أخرى أظهر الصنف VF145 قدرًا أكبر قليلاً من الحساسية للملوحة عن الصنف إدكاوى (١٩٩٢).

وقد تراكم الصوديوم والكلور فى أوراق صنف الطماطم المتحمل للملوحة إدكاوى بدرجة أكبر عما حدث فى أوراق الصنف أيس الأقل تحملاً، بينما حدث العكس فى السيقان. كذلك كان الضغط الأسموزى للعصير الخلوى أعلى فى أوراق إدكاوى عما كان عليه الحال فى أيس. هذا.. ولم يتأثر عدد الثمار/نبات فى الصنف إدكاوى إلاّ قليلاً بشدٍّ ملحى مقداره ١٠٠ ملى مول، كما كان النقص فى محصوله – بفعل الملوحة عند ١٥٠ ملى مول كلوريد صوديوم – أقل مما حدث فى أيس (Sarg وآخرون ١٩٩٣).

كما وُجد أن لنباتات صنف الطماطم إدكاوى قدرة أعلى للاحتفاظ بالبوتاسيوم فى ظروف الملوحة المعتدلة عن قدرة نباتات الصنف أيس الحساس للملوحة، وهى صفة قد تُسهم فى خاصية تحمل إدكاوى للملوحة (Taleisnik & Grunberg ١٩٩٤).

ومن بين ٢٠ صنفًا وسلالة من الطماطم اختبرت لتحمل الملوحة (حتى ١٢ ملى سيمنز/سم) كانت الأصناف: Marglobe، وP23، وPusa Ruby هى الأكثر تحملاً (Jaiswal & Singh ١٩٨٩).

وأمكن تمييز صنفين من الطماطم متحملين للملوحة – هما: Chwerotonglo، و Nyanyandogo – وذلك من بين ٢٢ سلالة محلية كينية و ٩ أصناف تجارية قيمت لهذا الغرض (Agong وآخرون ١٩٩٧).

وأظهر صنفا الطماطم Siozawa، وGambaru Ne-3 مستوى عالٍ من القدرة على تحمل الملوحة فى مزرعة مائية تراوحت فيها درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى بين ١,٤، و ٣٧ ديسى سيمنز/م (Agong وآخرون ٢٠٠٣).

ويُعد صنف الطماطم دانيلا Daniela متحمل – نسبيًّا – للملوحة، وقد وجد أن نموه لا يتأثر فى مستوى ملوحة قدره ٨٠ مللى مول كلوريد صوديوم، وأُرجع ذلك إلى زيادة نسبة جذوره إلى نمواته الخضرية، وكذلك إلى قدرته على الحد من زيادة تركيز الصوديوم فى نمواته الخضرية (An وآخرون ٢٠٠٥).

وأظهرت أربعة أصناف من الطماطم الشيرى (طراز cerasiforme) قدره أكبر على تحمل الملوحة (معبَّرًا عنها بأعلى تركيز من الملوحة يمكنها أن تتحملها دون أن يحدث لها انخفاض فى المحصول، وبمقدار النقص فى المحصول مقابل كل زيادة مقدراها وحدة EC واحدة) عن ١٢ صنفًا من الطماطم من ذوى الثمار العادية (Caro وآخرون ١٩٩١).

ولقد قام Saeed (٢٠٠٧) باختبار ٧٢ صنفًا وسلالة محلية (باكستانية) ومحسنة (مستوردة) لتحمل كلوريد الصوديوم (١٠ ديسى سيمنز/م)، واستخدمت عدة قياسات فى التقييم كان أفضلها النمو الجذرى المطلق والنمو الجذرى النسبى فى ظروف الملوحة العالية، حيث تميزت كلتا الصفتين بكفاءة توريث عالية، وتوصل من هذا التقييم إلى توفر صفة تحمل الملوحة فى ستة تراكيب وراثية، هى: LA2661، و CLN2498A، و CLN1621L، وBL1176، و6233، و17870. وإلى جانب صفة النمو الجذرى، فقد تميزت تلك التراكيب الوراثية بالقدرة على تحمل الملوحة فى مرحلة نمو البادرة، وانخفاض محتواها من الصوديوم، مع ارتفاع محتواها من البوتاسيوم وارتفاع نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فيها.

سلالات مختلف الأنواع البرية، مقارنة بأصناف سلالات الطماطم

تتوفر صفة القدرة على تحمل الملوحة العالية فى عدد من سلالات بعض الأنواع البرية ويعد النوع *S. galapagense* – الذى ينمو بريًّا فى جزر جالاباجوس – أكثر أنواع الجنس *Solanum* تحملاً للملوحة. ومن بين سلالات هذا النوع كانت السلالة LA1401 أكثرها تحملاً، وهى سلالة جمع C. M. Rick بذورها الأصلية من نباتات كانت نامية على صخور على مسافة ٥ أمتار، وبارتفاع مترين من خط المد بالساحل الشمالى الغربى لجزر جالاباجوس.

كانت هذه النباتات معرضة لتركيزات عالية جدًّا من الملح، بسبب الرذاذ المتواصل الذى يصل إليها من مياه المحيط؛ كما وجد ناميًا بجانبها عدد من النباتات المحبة للملوحة halophytes. وباختبار هذه السلالة فى محلول مغذ لماء البحر.. استمرت النباتات فى النمو، مع زيادة تركيز نسبة ماء البحر فى المحلول المغذى، إلى أن وصلت إلى ١٠٠٪، بينما لم يمكن لنباتات الطماطم البقاء عندما وصل تركيز ماء البحر فى المحلول المغذى إلى ٥٠٪. وقد حدث نقص فى معدل نمو كل من الطماطم والسلالة البرية تحت ظروف الملوحة؛ مما يعنى أن أيًّا منهما لم يكن مستفيدًا من — أو بحاجة إلى — التركيزات المرتفعة من الصوديوم (Rush & Epstein ١٩٧٦).

هذا.. إلا أن دراسات أخرى نشرت بعد ذلك أكدت حساسية هذه السلالة — LA1401 من *S. galapagense* — للملوحة العالية. فأوضح Hassan & Desouki (١٩٨٢) أن هذه السلالة كانت الأكثر حساسية للملوحة من بين ٢٢ صنفًا وسلالة قاما باختبارها. كما وجد Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) أنها كانت أكثر حساسية من الصنفين أيس، وإدكاوى.

وفى دراسة أخرى.. وجد Shannon وآخرون (١٩٨٧) أن صنف الطماطم هاينز ١٣٥٠ Heinz 1350 لم يختلف جوهريًّا — عن الأنواع *S. galapagense*، و *S. peruvianum*، و *S. pennellii* — فى تحمل الملوحة فى مزارع مائية احتوت على تركيزات وصلت إلى ١٥٠ مللى مول من ملحى كلوريد الصوديوم، وكلوريد الكالسيوم؛ بنسبة مولارية قدرها ١:١. ومع زيادة الأملاح تدريجيًّا من صفر إلى ١٠٠ مللى مولار من الملحين بنسبة مولارية قدرها ٥: ١ فى مزرعة رملية.. لم يختلف النقص النسبى فى المحصول بين الصنف هاينز ١٣٥٠ والسلالة LA1401 من *S. galapagense*. وقد أدى ذلك إلى أن يقترح الباحثون أن الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة ربما يكون مختلفًا فى التركيزات المتوسطة من الملوحة عما يكون عليه الحال فى التركيزات العالية. ولكن الصورة قد تتضح — بشكل أفضل — بإعادة الإشارة إلى ما وجده Hassan & Desouki (١٩٨٢)، والذى أكده Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) من أن هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التى اختبرت معها.

وعمومًا.. فإنه يبدو – كما ذكر Phills وآخرون (١٩٧٩) – أن هذا النوع *S. galapagense* ليس مقاومًا بذاته، ولكنه يعطى عند تلقيحه مع الطماطم تراكيب وراثية تتحمل الملوحة بشكل جيد. وكان ذلك الاستنتاج قريبًا مما توصل إليه Sacher وآخرون (١٩٨٢) بشأن تحمل النوع *S. pennellii* للملوحة؛ حيث ذكروا أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى القدرة على تحمل الملوحة فى سلالات الجيل التاسع للتلقيح: (New Yorker × *S. pennellii*) × New Yorker تأتى من الأبوين – المزروع والبرى – وتتفاعل معًا بطريقة إضافية.

وقد ذُكر أن النوع *S. peruvianum* أكثر قدرة على تحمل الملوحة من الطماطم، وكان ذلك فى صورة اختلافات جوهرية بين النوعين فى عديد من الصفات والخصائص الفسيولوجية التى تؤثر فى استجابة النباتات للتركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم؛ مثل: معدل النتح، وكثافة الثغور ومدى اتساعها، ومستوى حامض الأبسيسك (Phills وآخرون ١٩٧٩).

كذلك أظهرت دراسة أجراها Dehan & Tal (١٩٧٨) على الطماطم والنوع *S. pennellii* أن النموات القمية والجذرية لم تتأثر – جوهريًّا – بمعاملات ملوحة بلغت ٢٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم. وقد حدث فى النوع البرى تراكم لأيونى الكلورين والصوديوم، ونقص لأيون البوتاسيوم مع زيادة الملوحة، مقارنة بالطماطم.

وقد أُجرى اختبار لتحمل الملوحة (١٥ مللى سيمنز/سم) على ١٠٦ من الأصناف والسلالات من ستة أنواع من جنس الطماطم، ووُجدت القدرة على التحمل فى السلالات: LA1310 من الطماطم الكريزية (طراز cerasifarme)،و LA1579، و PI365967 من *S. pimpinellifolium* (Hassan ١٩٨٩).

كذلك اختبر Costa وآخرون (١٩٨٩) ٢٢ سلالة من *S. pimpinellifolium*، و ٨ سلالات من *S. peruvianum*، ووجدوا – من بينها – ٤ سلالات من النوع الأول تميزت بقدرتها على تحمل الملوحة؛ وهى PIM-85، و PIM-847، و PIM-1135، و PIM-2350.

وفى اختبار شمل ١٠٦ أصناف وسلالات من سبعة أنواع من الجنس *Solanum* .. وجد Hassan وآخرون (١٩٨٩) صفة تحمل الملوحة فى سلالة من الطماطم الكريزية (طراز cerasiforme)، والسلالتين LA1579، و P.I.365967 من *S. pimpinellifolium*، كما كانت السلالات العشر التالية متحملة نسبيًّا:

S. pimpinellifolium P.I. 309907, P.I. 365959, P.I. 375937, P.I. 379023, P.I. 379025, and P.I. 390716.

S. habrochaites P.I. 365907 and P.I. 365934.

S. peruvianim P.I. 306811.

S. chmielewskiae P.I. 379030.

كما اختبر Anastasio وآخرون (١٩٨٨) سلالة واحدة من كل من النوعين *S. peruvianum*، و *S. pennellii* وثلاث سلالات من الطماطم الكريزية (طراز cerasiforme)، ووجدوا أن السلالة CER 2022 من النوع الأخير كانت أقواها نموًّا وأكثرها قدرة على البقاء، وأقلها تضررًا من الملوحة.

وقيم Bolarin وآخرون (١٩٩١) ٢١ سلالة تنتمى إلى أربعة أنواع برية من الجنس *Solanum*، وكانت أكثر السلالات تحملاً للملوحة فى هذه الدراسة هى السلالة PE-2 من *S. pimpinellifolium*، وتلتها السلالات PE-45 (*S. pennellii*)، و PE-43 (*S. habrochaites*)، و PE-16 (*S. peruvianum*).

ووُجد لدى اختبار الصنف إدكاوى والسلالة LA1138 من *S. galapagense* فى ظروف الملوحة (١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم) أن النوع البرى كان الأقل تأثرًا بالملوحة. وقد تحكم الصنف إدكاوى فى انتقال الملح، بينما لم يحدث ذلك فى نباتات النوع البرى (Sarrobert وآخرون ١٩٩٠).

وأُجرى تقييم لتحمل الملوحة شمل السلالة PE52 من *S. peruvianum*، وأصناف الطماطم: إدكاوى، و Volgogradskil، Pera، والصنفين PE64، و Mex12 من

الطماطم الكريزية (طراز cerasiforme)، وتتضمن خمسة تركيزات من الملوحة وخمس مراحل للتقييم. كانت جميع التراكيب الوراثية أكثر حساسية للملوحة فى مرحلة البادرة. وفى المستويات المتوسطة – وليست العالية – من الملوحة تأقلمت النباتات على الشدِّ الملحى مع الوقت. وتباينت التراكيب الوراثية فى استجابتها للملوحة حسب مرحلة النمو؛ فمثلاً.. أظهر الصنف إدكاوى تحملاً جيدًا فى مرحلة البادرة، لكن فُقدت تلك القدرة فى طور الإزهار؛ بما يعنى أهمية إجراء التقييم لتحمل الملوحة فى طور النبات البالغ (Cruz & Cuartero ١٩٩٠).

وفى دراسة أخرى توفرت صفة تحمل الملوحة فى سلالات من *S. pennellii*، و *S. peruvianum* بمستويات أعلى مما توفرت به فى كل من *S. galapagense* وفى ٥٩ صنفًا وسلالة من الطماطم أُخضعت للتقييم لتحمل الملوحة، وذلك عند مستويات EC مقدارها ٥، و ١٠ ديسى سيمنز/م، لكن أظهرت جميع السلالات المختبرة نقصًا فى كل من المادة الجافة الكلية النسبية والمحصول الكلى النسبى (كنسبة بين القيم المقيسة فى النباتات المعاملة بالملوحة والقيم المقيسة فى نباتات الكنترول من نفس التركيب الوراثى) عند مستوى EC قدره ١٥ ديسى سيمنز/م. وفى تهجينات بين كل من النوعين: *S. pennellii*، و *S. peruvianum* والطماطم كانت نباتات الجيل الأول الأكثر تحملاً (Saranga وآخرون ١٩٩١).

وتحملت أربع سلالات من *S. pimpinellifolium* وسلالتان من *S. galapagense* المعاملة بتركيز ١٧١,١ مللى مول كلوريد صوديوم، ووصل تحمل النوع الثانى لتركيز ٣٢٥,١ مللى مول من الملح (Asins وآخرون ١٩٩٣ أ). هذا.. ولم يمكن التوصل إلى ارتباط عالٍ بين القدرة على تحمل الملوحة وأى من ١١ صفة كمية مورفولوجية تمت دراستها (Asins وآخرون ١٩٩٣ب).

ولقد وجدت تباينات وراثية بين عدد من سلالات *S. pimpinellifolium* قُيمت لتحمل الملوحة، وكانت تلك التباينات فى صفة تحمل الملوحة وراثية وذات درجة توريث منخفضة إلى متوسطة. كما لم يمكن التوصل إلى أى ارتباط بين الصفات الفسيولوجية التى دُرست وبين صفات المحصول ومكوناته؛ مما يدل على أن القدرة على

البقاء والقدرة على إنتاج محصول فى ظروف الشدِّ الملحى مجموعتان مستقلتان من الصفات فى *S. pimpinellifolium*. ومن بين المجموعة الكبيرة من السلالات التى قُيمت فى هذه الدراسة أمكن التوصل إلى خمس سلالات كانت أكثر قدرة على البقاء فى ظروف الملوحة (كأن تميزت – مثلاً – بارتفاع الوزن الجاف لنمواتها الخضرية وارتفاع نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فيها فى ظروف الملوحة)، وسبع سلالات ذات صفات محصولية عالية (أى صفات مكونات المحصول مثل عدد الثمار/نبات)، وسلالتين جمعتا بين صفات القدرة العالية على البقاء مع الصفات المحصولية الجيدة فى ظروف الشدِّ الملحى (Rao وآخرون ٢٠١٣).

أُجرى تقييم لصنفين من الطماطم وسلالات عدد من الأنواع البرية فى ظروف شدِّ الملوحة (ملوحة تعادل ٤٠٪ من ملوحة ماء البحر)، والظروف المناسبة (ملوحة تعادل ٢٪ من ملوحة ماء البحر)؛ حيث قُدِّر النمو المطلق فى ظروف الملوحة والنمو النسبى (نسبة النمو فى ظروف الملوحة إلى النمو فى الظروف المناسبة). وبالنسبة للنمو المطلق كان صنفا الطماطم منى ميكر، وإدكاوى الأفضل، وكذلك كان *S. pimpinellifolium*، وتلاهم *S. pennellii*، و *S. galapagense*، وكان أقلهم تحملاً *S. peruvianum* أما النمو النسبى فكان أفضل نمو فى *S. pimpinellifolium*، والأقل فى *S. peruvianum* (كان الأشد حساسية للملوحة)، بينما كان *S. galapagense* أكثر تحملاً – قليلاً – عن *S. peruvianum* (Cuartero وآخرون ١٩٩٢).

ويمكن القول أن صفة تحمل الملوحة تتوفر فى سلالات من الأنواع البرية التالية:

S. pimpinellifolium	*S. peruvianum*	*S. cheesmaniae*
S. habrochaites	*S. chmielewskii*	*S. pennellii*

وراثة تحمل النمو الخضرى والمحصول لشدِّ الملوحة

الوراثة الكلاسيكية

أجمعت الدراسات القليلة – التى أجريت على وراثة القدرة على تحمل الملوحة خلال مراحل النمو الخضرى فى الطماطم – على أنها صفة كمية يتحكم فيها جينات

ذات تأثير مضيف، ومع ذلك.. فقد أمكن الانتخاب لتلك الصفة فى الأجيال الانعزالية عندما استخدمت السلالة LA 1401 من *S. galapagense* كمصدر لها (Rush & Epstein ١٩٨١)، ولكن تطلب الأمر الانتخاب للصفة حتى الجيل الثالث قبل كل تلقيح رجعى (Hassan & Desouki ١٩٨٦). وكما سبق بيانه.. فقد أوضحت دراسات Sacher وآخرين (١٩٨٢) على سلالات الجيل التاسع للتلقيح: *S.* (New Yorker × *pennellii*) × New Yorker أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى صفة القدرة على تحمل الملوحة تأتى من الأبوين (المزروع والبرى)، وتتفاعل معًا بطريقة إضافية.

ولقد وجد أن صفة تحمل الملوحة فى صنف الطماطم إدكاوى يتحكم فيها عدد محدود من الجينات ذات تأثير مضيف بصورة أساسية، وذلك إذا ما اتُخِذَ تراكم المادة الجافة أو المساحة الورقية تحت ظروف الملوحة كدليل على التحمل. كما وجد أن فعل سيادة جينى من إدكاوى يتحكم فى تراكم الصوديوم فى الأوراق الصغيرة النامية (Jones & Hashim ١٩٩١).

ودُرست صفة تحمل الملوحة فى تلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة M82 والسلالة البرية المتحملة للملوحة LA716 من *S. pennellii*، وذلك فى نباتات التلقيح الذاتى للتلقيح الرجعى الأول للطماطم، وقدرت كفاءة توريث صفات محصول الثمار الكلى، والوزن الكلى المطلق للمادة الجافة، والوزن الكلى النسبى للمادة الجافة نسبة إلى الكنترول بنحو ٠,٣ — ٠,٤٥ هذا.. بينما لم يكن لمحتوى الأوراق والسيقان من كل من الصوديوم والبوتاسيوم والكلورين أهمية فى الانتخاب لصفة تحمل الملوحة، ويُستنتج من الدراسة إمكان الانتخاب لصفة تحمل الملوحة على أساس الوزن الجاف الكلى والمحصول فى ظروف الملوحة (Saranga وآخرون ١٩٩٢).

كما دُرِسَت وراثة تحمل النمو الخضرى للطماطم للملوحة (٢٠ ديسى سيمنز/م) فى تلقيح بين صنف الطماطم الحساس UCT5، والسلالة المتحملة P.I.174263. أدت معاملة الملوحة إلى خفض الكتلة البيولوجية للنمو الخضرى بنسبة ٥٦,١٪ فى الصنف الحساس، و٣٢,٣٪ فى السلالة المتحملة، و٢٧,٤٪ فى نباتات الجيل الأول بينهما. وأوضحت الدراسة أن الجينات التى تتحكم فى قوة النمو الخضرى قد تختلف عن تلك

التى تتحكم فى تحمل الملوحة. ووُجد أن معظم التباين الوراثى كان مرده إلى تأثيرات جينية بسيطة (مضيفة وسائدة)، وأن التفاعلات غير الآليلية – على الرغم من جوهريتها – كانت أقل أهمية بكثير، وأن التأثيرات الجينية المضيفة – وحدها – تحكمت فى ما لا يقل عن ٨٨٪ من التباين الكلى. وقد قُدِّرت كفاءة التوريث فى المعنى الخاص بنحو ٠,٤٩ (Foolad ١٩٩٦).

وقد أجريت دراسة على عشائر الأبوين والجيل الأول والثانى والتلقيح الرجعى للتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للملوحة UCT5 والسلالة P.I.174263 المتحملة للملوحة، قُيم فيها نمو النباتات فى مزرعة مائية تحت ظروف التعرض للشد الملحى (٢٠ ديسى سيمنز/م) وعدم التعرض له (٠,٥ ديسى سيمنز/م). وأوضحت الدراسة أن التحمل المطلق للملوحة (النمو الخضرى المطلق فى ظروف الشدِّ الملحى)، والتحمل النسبى (النمو الخضرى فى ظروف الشد الملحى نسبة إلى النمو فى ظروف عدم الشدِّ) تحكم فيها نظام وراثى كان فيه للتأثيرات المضيفة وتأثيرات السيادة الإسهام الأكبر فى تفسير التباينات فى الصفة. وعلى الرغم من أن التفاعلات غير الآليلية كانت جوهرية فإنها كانت قليلة الأهمية. ويمكن اعتبار القدرة على النمو فى ظروف الشدِّ الملحى مقارنة بالنمو فى الظروف العادية دليل ممتاز للانتخاب لتحمل الملوحة.

وقد تبين أنه فى ظروف الشدِّ الملحى تراكم فى أوراق P.I.174263 تركيزات أقل جوهريًّا من الصوديوم والكلورين، وأعلى جوهريًّا من الكالسيوم عما حدث فى أوراق السلالة UCT5، وأن النمو فى ظروف الشدِّ ارتبط جوهريًّا مع محتوى الأوراق من الكالسيوم وسلبيًّا مع محتواها من الصوديوم. كذلك تبين أن تراكم الصوديوم والكالسيوم بالأوراق تحت ظروف الشدِّ الملحى تحكم فيه نظام وراثى كان فيه للتأثيرات المضيفة الإسهام الأكبر. وعمومًا فإن قدرة أوراق السلالة P.I.172463 على تراكم الكالسيوم واستبعاد الصوديوم تحت ظروف الشدِّ الملحى لعبت الدور الأكبر فى تحمل السلالة للملوحة، وكانت درجة توريث تلك الصفات عالية؛ بما يعنى إمكان الاعتماد عليها فى الانتخاب لصفة تحمل الملوحة خلال مرحلة النمو الخضرى (Foolad ١٩٩٧، و١٩٩٩).

وعندما أُجرى تلقيح بين السلالة المتحملة للملوحة LA1401 من *S. galapagense* وصنف الطماطم الحساس للملوحة Walter، ودرست الصفة تحت ظروف الصوبة حتى الجيل الثانى والتلقيح الرجعى الأول.. تبين أن صفة تحمل الملوحة تورث وتنقل إلى النسل.

وقد أجرى تلقيح آخر بين السلالة المتحملة للملوحة LA716 من *S. pennellii* وسلالة الطماطم الحساسة M82، ودرست الصفة تحت ظروف الحقل، ووجد أن صفات المادة الجافة الكلية، وكمية المحصول تحت ظروف الشدِّ الملحى، وكمية المادة الجافة تحت ظروف الشدِّ الملحى نسبة إلى كميتها تحت الظروف العادية كانت دلائل جيدة للانتخاب لتحمل الملوحة فى الطماطم، وتراوحت تقديرات كفاءة التوريث فى المعنى الخاص h^2 لتلك الصفات بين ٠,٣، و٠,٤٥.

وبتقييم نباتات الجيل الثانى لتهجين بين سلالة طماطم حساسة للملوحة وسلالة متحملة من *S. pimpinellifolium* تحت ظروف الشدِّ الملحى تبين أن صفتى محصول الثمار وعدد الثمار الكلى كانتا دالتين مفيدتين للانتخاب لتحسين تحمل الملوحة فى الطماطم، وكانت تقديرات h^2 لهاتين الصنفين ٠,٥٣، و٠,٧٣ على التوالى (عن Foolad ٢٠٠٤).

وأوضحت دراسة وراثية تحكم جينات ذات تأثيرات مضيفة وغير مضيفة (تأثير سيادة) فى صفة تحمل الملوحة. كانت تلك التأثيرات جوهرية، وبدت وراثة تلك الصفة شديدة التعقيد. كذلك تبين وجود قوة هجين موجبة لصفات طول الجذر ومحتوى الأوراق من البوتاسيوم ونسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فيها فى كل من الظروف الطبيعية وظروف الملوحة (١٠ ديسى سيمنز/م). وكان مرد قوة الهجين لكل من السيادة والتفوق، بما يعنى إمكان التربية لإنتاج الهجن المتحملة (Saeed ٢٠٠٧).

وبدراسة التباين فى بعض الصفات الفسيولوجية وكفاءة توريثها فى ١٣٥ RILs من تلقيح بين *S. lycopersicum*، و *S. pimpinellifolium*، مع تسجيل القياسات على ٦ نباتات من كل تركيب وراثى نامية فى مزرعة مائية بعد ٥ أسابيع من معاملة الشدِّ

الملحى (كانت النباتات بعد المعاملة بعمر ٩ أسابيع)، كانت كفاءة التوريث متوسطة أو منخفضة (جدول ٤-٢)؛ كما هو متوقع لصفات كمية شديدة التأثر بالعوامل البيئية (Cuartero وآخرون ٢٠٠٦).

جدول (٤-٢): كفاءة التوريث فى المعنى العام لتسع صفات ذات علاقة بتحمل الملوحة فى الطماطم مقدرة على ١٣٥ RILs من التلقيح *S. lycopersicum* × *S. pimpinellifolium* عند نموها فى شدٍّ ملحى قدره صفر، و١٠٠، و٢٠٠ ملل مول كلوريد صوديوم.

الصفة	الشدّ الملحى (ملل مول كلوريد صوديوم)		
	صفر	١٠٠	٢٠٠
الوزن الجاف للنموات الخضرية	٠,١١	٠,١٥	٠,٢١
المساحة الورقية الكلية	٠,٧٢	٠,٧١	٠,٧٨
ماء النتح	٠,٦١	٠,٣٣	٠,٢٩
كفاءة استخدام المياه	٠,٥٣	٠,٤٨	٠,٥٩
تركيز الصوديوم [Na^+] بالأوراق	٠,٣٣	٠,٢٢	٠,٢٦
تركيز البوتاسيوم [K^+] بالأوراق	٠,٢٢	٠,٣٣	٠,٤٧
[Na^+]/ [K^+] بالأوراق	٠,١٣	٠,٣٣	٠,٤٩
تركيز الصوديوم [Na^+] إلى الفقد فى المساحة الورقية	–	٠,٢٣	٠,٥٠
انتقال الصوديوم Na^+ للنموات الخضرية	–	٠,٤٠	٠,٢٦

كذلك أمكن التعرف على ثلاثة QTLs مسئولة عن تحمل الملوحة فى مرحلة النمو الخضرى على الكروموسومات أرقام ٣، و٥، و٩، وكانت مستمدة من السلالة LA7222 (عن Li وآخرين ٢٠١١).

ولقد أمكن التعرف على جينين متنحيين لتحمل الملوحة فى الطماطم، أُعطى أحدهما الرمز tss1 (من tomato salt-hypersensitive)، وهو ضرورى للتغذية بالبوتاسيوم ولتحمل كلوريد الصوديوم، وأُعطى الثانى الرمز tss2، وهو ربما يكون مُنَظِّمًا سلبيًّا لحامض الأبسيسك، لأنه فائق الحساسية لتثبيط النمو الذى يُحدثه الحامض؛ بما يعنى أن حامض الأبسيسك مهم كذلك لكلٍ من شدِّ الملوحة والشد الأسموزى (Borsani وآخرون ٢٠٠١).

الوراثة الجزيئية

فى محاولة لربط جينات تحمل الملوحة بإنزيمات معينة ليسهل التعرف عليها باختبارات الفصل الكهربائى electrophpresis دونما حاجة إلى اختبارات التقييم فى وسط ملحى .. قام Zamir &Tal (١٩٨٧ بدراسة الآباء، والجيل الأول، والجيل الثانى لهجين نوعى بين الطماطم الحساسة للملوحة، والنوع البرى *S. pennellii* المتحمل لها؛ فوجدا — كما كان معروفًا من قبل — أن أيونى البوتاسيوم والصوديوم يتراكمان فى النوع الحساس بدرجة أكبر مما يحدث فى النوع البرى المقاوم. وبتحليل ١١٧ نباتًا من الجيل الثانى لخمسة عشر إنزيمًا (موزعة على تسعة من كروموسومات الطماطم الاثنى عشر) بطريق الفصل الكهربائى .. أمكن التعرف على أربعة مواقع جينية ذات تأثير كمى على امتصاص أيونى الصوديوم والكلورين، وموقعين آخرين مؤثرين فى امتصاص أيون البوتاسيوم.

وأمكن فى دراسة استخدمت فيها سلالة متحملة للملوحة من *S. pimpinellifolium* التعرف على ست QTLs — تتحكم فى تحمل ملوحة مقدارها ١٥ ديسى سيمنز/م — وتؤثر فى كل من محصول الثمار، وعدد الثمار/نبات، ومتوسط وزن الثمرة فى ظروف الملوحة (Bretó وآخرون ١٩٩٤).

وفى دراسة أُجريت على عشيرة BC_1S_1 لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للملوحة NC84173 (والتى استخدمت كذلك كأب رجعى) والسلالة المتحملة للملوحة LA7222 من *S. pimpinellifolium* للتعرف على مدى تحمل النمو الخضرى للشدِّ الملحى اعتمادًا على خاصية القدرة على البقاء فى ظروف تركيزات عالية من الأملاح (٧٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم + ٧٠ مللى مول كلوريد كالسيوم، بما يعادل ٦٤ ديسى سيمنز/م).. تبين أن الصفة كمية، وأمكن التعرف على خمس QTLs تتوزع على أربع كروموسومات (اثنتان على كروموسوم ١، وواحدة على كل من الكروموسومات ٣، و٥، و٩، وأسهمت كل منها ما بين ٥٫٧٪، و١٧٫٧٪، وبإسهام جامع قدره ٤٦٪ من التباين الكلى للشكل المظهرى. وقد كانت جميع الآليلات الموجبة لصفة التحمل من الأب المتحمل، وكانت تأثيرات جميع الـ QTLs مضيفة (Foolad ١٩٩٩، وFoolad & Chen ١٩٩٩، وFoolad وآخرون ٢٠٠١).

ومن بين الخمسة QTLs التى تم التعرف عليها، كانت ثلاثة (تلك التى تقع على الكروموسومات أرقام ١، ٣، ٥) قد سبق تحديدها لصفة تحمل الملوحة فى مرحلة إنبات البذور فى دراسة أخرى، وأعيد تأكيدها فى هذه الدراسة. هذا.. بينما لم يمكن التعرف فى هذه الدراسة إلاّ على واحدة – فقط – من المواقع التى أمكن التعرف عليها فى الدراسة السابقة. ولقد حُصِل على عائلات BC_1S_1 كانت تحتوى على معظم الـ QTLs لتحمل الملوحة – أو كلها – وكان مستوى تحملها للملوحة مماثلاً لمستوى تحمل السلالة LA722 (Foolad وآخرون ٢٠٠١).

طبيعة تحمل النمو الخضرى والمحصول لشدِّ الملوحة

التغيرات فى محتوى النباتات من العناصر والمادة الجافة والبروتين الكلى والكلوروفيل

وجد لدى مقارنة مجموعة من الأصناف التى تباينت فى تحملها للملوحة، ما يلى:

١–كان الصنف المتحمل للملوحة أكثر قدرة على الإنبات تحت ظروف الملوحة.

٢–أدت زيادة تركيز الملوحة تدريجيًّا (من صفر إلى ١٢٠٠٠ جزء فى المليون من كلوريد الصوديوم) إلى حدوث نقص متزايد فى الوزن الطازج والجاف للنباتات، بينما ازدادت نسبة المادة الجافة بها. وكانت هذه التأثيرات فى الصنف الكريزى جريب المتحمل للملوحة أقل وضوحًا مما فى بقية الأصناف.

٣–أدت المستويات المرتفعة من الملوحة إلى نقص محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وكان هذا التأثير أقل وضوحًا فى الصنف المتحمل.

٤–احتوت الجذور والنموات الهوائية بالصنف الحساس أيس على أعلى نسبة من الصوديوم والكلور، وأقل نسبة من البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، مقارنة بالصنف المتحمل جريب، الذى احتوت أنسجته على أقل نسبة من الصوديوم والكلور، وأعلى نسبة من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، بينما كان الصنف برتشارد المتوسط التحمل وسطًا بينهما.

٥–مع زيادة الملوحة.. نقص وزن الثمرة وحجمها، بينما ازداد محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والسكريات الذائبة والمختزلة، وفيتامين ج.

٦–بمقارنة تأثير الأنواع المختلفة من الأملاح.. وجد أن كلوريد الصوديوم كان معوقًا للنمو الخضرى بدرجة كبيرة، بعكس كبريتات الصوديوم التى كانت شديدة الضرر على الأعضاء الزهرية والثمرية. وكان الضرر أكثر فى الصنف أيس الحساس مقارنة بالصنف جريب المتحمل (Taha ١٩٧١).

وتبين – لدى مقارنة تأثير التركيزات المرتفعة من الملوحة فى كل من الطماطم والنوع البرى *S. galapagense* المقاوم للملوحة – ما يلى:

١–حدثت فى كليهما زيادة فى محتوى النباتات من النيتروجين الأمينى والحموضة الحرة؛ وكانت الزيادة فى الطماطم أكبر مما فى النوع البرى.

٢–كان الحامض الأمينى برولين Proline أكثر الأحماض الأمينية تأثرًا بزيادة الملوحة.

٣–حدثت كذلك زيادة واضحة جدًّا فى تركيز الحامض الأمينى أسبارتك aspartic مع زيادة الملوحة، إلا أنه لم تظهر اختلافات بين الطماطم والنوع البرى فى هذا الشأن.

٤–صاحبت زيادة الملوحة زيادة كبيرة فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار.

٥–تراكمت بأوراق النوع البرى كميات كبيرة من الصوديوم دون أن يتأثر بشدة، أو تبدو عليه علامات التسمم من الصوديوم، بينما لم يحدث ذلك التراكم فى أنسجة أوراق الصنف الحساس VF36 (Rush & Epstein ١٩٧٦).

وبينما لم تتحمل نباتات الطماطم من صنف Walter النمو فى محلول مغذٍ يحتوى على ٢٠٠ ملى مول من الصوديوم Na^+، فإنها نمت وتحملت نفس التركيز من البوتاسيوم K^+، وحدث العكس تمامًا مع نباتات السلالة LA1401 من *S. galapagense*، حيث لم تتحمل تركيز ٢٠٠ ملى مول من البوتاسيوم، ولكنها نمت وتحملت نفس التركيز من

الصوديوم وبينهما تراكم الصوديوم – بحرية – فى النموات الخضرية للسلالة البرية فى تركيزات ٥–١٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم، فإن نباتات الصنف Walter استبعدت الصوديوم من الأوراق وكان العنصر سامًّا لها. كذلك كان الصوديوم محفزًا لنمو نباتات النوع البرى، وأمكنها الاعتماد عليه – كبديل للبوتاسيوم – عندما لم يتوفر الأخير بالقدر الكافى للنمو الطبيعى، لكن ذلك الأمر لم يحدث مع نباتات الصنف Walter. وتبين – كذلك – أن نباتات النوع البرى كانت أكثر كفاءة فى امتصاصها للبوتاسيوم – عندما كان تركيزه منخفضًا أو معتدلاً (من ٠,٠١ إلى ٠,١ مللى مول كلوريد صوديوم) – عن نباتات الصنف Walter. هذا ولم تظهر اختلافات يعتد بها بين الطماطم والنوع البرى فيما يتعلق بالكلورين (Rush & Epstein ١٩٨١ أ).

وقد قارن Rush (١٩٨٦) هذه السلالة من *S. galapagense* ببعض أصناف الطماطم، ووجد أن النوع البرى كان هو الأكثر قدرة على تحمل الملوحة؛ وكان مردّ ذلك إلى قدرته على تحمل تراكم الصوديوم فى أوراقه، وهو العنصر الذى امتصه النوع البرى ونقله إلى الأوراق بمعدلات أكبر من الطماطم؛ حيث تركز فى أماكن معينة منها.. وهو ما يعرف باسم Compartmentation.

كانت الدراسات السابقة ترتكز على كون السلالة LA1401 أكثر تحملاً للملوحة من أصناف الطماطم التى قورنت بها، ولكن دراسات أخرى – سبقت الإشارة إليها (Hassan & Desouki ١٩٨٢، و Mahmoud وآخرون ١٩٨٦) – أوضحت خلاف ذلك؛ حيث كانت هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التى قورنت بها، وبالرغم من ذلك.. فلم يتغير نمط تراكم الأملاح بها.. فعندما قارن Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) هذه السلالة (التى كانت أكثر حساسية للملوحة فى اختبارهم) بالصنفين: أيس (المعروف بحساسيته للملوحة) وإدكاوى (الذى كان أكثر تحملاً للملوحة).. وجدوا أن أوراق السلالة البرية والصنف إدكاوى احتوت على تركيزات أعلى من أيونات الصوديوم والكالسيوم والكلور، وتركيزات من أيون البوتاسيوم أقل من أوراق

الصنف أيس. الذى كان – كذلك – أقل عصيرية Succulence من أى منهما تحت ظروف الملوحة.

ويذكر Tal & Shannon (١٩٨٣) أن النوعين البريين *S. peruvianum*، و *S. pennellii*، أقل حساسية للملوحة من الطماطم؛ حيث نقص وزنهما الجاف ومحتواهما النسبى من الرطوبة – بدرجة أقل – عند تعرضهما للملوحة العالية، وظلا أكثر غضاضة، وتراكم بهما كميات أكبر من الصوديوم والكلورين، وكميات أقل من البوتاسيوم. وقد وجد الباحثان أن هذين النوعين والنوع *S. galapagense* تنمو بدرجة أسرع من الطماطم فى البيئة الملحية، برغم أن معدلات نموها تكون أقل من الطماطم فى الظروف الطبيعية. وقد أظهر النوع *S. pennellii* – فى هذه الدراسة – أكبر درجة من الغضاضة، واحتوى على تركيز أعلى من الصوديوم والكلورين بالأوراق تحت الظروف الملحية.

ويستدل من الدراسات التى أجريت على النوع البرى *S. pennellii* على أن الصوديوم يتراكم فى نباتاته تحت ظروف الملوحة، بينما يقل تركيز البوتاسيوم فيها، مقارنة بما يحدث فى ظروف غياب الملوحة، وربما يرجع ذلك إلى ضعف كفاءة النباتات فى استبعاد أيون الصوديوم وامتصاص البوتاسيوم فى ظروف الملوحة العالية (عن Tal ١٩٨٤).

ويبدو أن التركيز المطلق للأيونات المختلفة فى الأنسجة النباتية – تحت ظروف الملوحة العالية – لا يرتبط بمقاومة النباتات للملوحة، كما تدل على ذلك دراسات Sacher & Staples (١٩٨٣). وقد قارن الباحثان صنف الطماطم New Yorler بالسلالة P.I.246502 من النوع البرى *S. pennellii*، و١٦ سلالة تربية ناتجة من التهجين بينهما تحت ظروف الملوحة (٠,١ مول كلوريد صوديوم)، وفى الظروف العادية. وقد أظهرت هذه الدراسة وجود مجال واسع من القدرة على تحمل الملوحة فى

سلالات التربية التى كانت أكثر تحملاً من الصنف التجارى. وكان النمو تحت ظروف الملوحة مرتبطًا – بشكل جوهرى – بالقدرة النسبية لتنظيم تراكم الصوديوم بأوراق النباتات، بينما لم يوجد أى ارتباط بين القدرة على النمو تحت الظروف الملحية وبين التركيز المطلق لأى من الصوديوم أو الكلورين بأوراق النباتات فى هذه الظروف. وتُحَدَّد القدرة النسبية لتنظيم تراكم الصوديوم بأنها نسبة الأيون بأوراق النباتات النامية تحت الظروف الملحية إلى نسبته بأوراق نفس التركيب الوراثى عند نموه فى الظروف العادية. وتدل النسبة المنخفضة على زيادة قدرة النبات التنظيمية للأيون.

وقد بينت دراسة أخرى لـ Sacher (١٩٨٢) أن القدرة على تحمل الملوحة فى هذه السلالات كان مردها إلى القدرة على تنظيم استبعاد أيون الصوديوم، مع زيادة فى قدرة الأنسجة على تحمل الزيادة المتوسطة فى تركيز الملح.

كما أوضحت دراسات Saranga وآخرين (١٩٨٧) أن أنسجة النوع *S. pennellii* يتراكم فيها الصوديوم دون أن يكون لذلك تأثير كبير فى النمو النباتى؛ الأمر الذى يدل على تحمل أنسجته للمحتوى المرتفع من هذا الأيون.

كذلك تبين لدى مقارنة صنف الطماطم الحساس للملوحة E6203 بالصنف المقاوم Edkawy (Hashim وآخرون ١٩٨٨) فى مستويات مختلفة من الملوحة أنه – مع زيادة الملوحة – حل الصوديوم محل البوتاسيوم بدرجة واحدة فى جذور الصنفين. لكن هذا الإحلال للبوتاسيوم اختلف بين الصنفين فى الأنسجة الأخرى التى دُرست؛ حيث أبقى الصنف المقاوم على تركيزات أعلى من البوتاسيوم فى السيقان والأوراق فى مختلف مستويات الملوحة. ومع زيادة الملوحة.. حافظ الصنف Edkawy على نسبة أفضل بين أيونى البوتاسيوم والصوديوم فى كل الأنسجة، وبين أيونى الكالسيوم والصوديوم فى الجذور عن الصنف الحساس E6203. أما أيون الكلورين.. فقد كان الأنيون الرئيسى المؤثر فى حالة التوازن فى النبات؛ فقد تراكم – بدرجة أكبر– فى الجذور، وبدرجة أقل فى السيقان والأوراق فى الصنف الحساس مما فى الصنف المقاوم – خاصة فى

المستويات العالية من الملوحة (حتى ٢٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) – بينما كانت مستويات الصوديوم أقل فى الجذور وأعلى فى الأوراق فى الصنف المقاوم (Hashim وآخرون ١٩٨٨ أ).

وقد أدت معاملة نباتات الطماطم بالملوحة إلى تثبيط النمو وخفض محصول الثمار، وإلى زيادة تركيز أيونا الصوديوم والكلورين فى الأوراق، وكان تراكمهما بدرجة أكبر فى الأوراق البالغة عما فى الأوراق الحديثة، بينما كان تراكم البرولين فى الأوراق الصغيرة النامية بدرجة أكبر كثيرًا عما فى الأوراق البالغة، وكان الصنف VF145 أكثر حساسية قليلاً للملوحة عن الصنف إدكاوى (Soliman & Doss ١٩٩٢).

وبينما أدت زيادة الملوحة إلى خفض الجهد المائى لأوراق الطماطم، فإن هذا الانخفاض كان أكثر وضوحًا فى النباتات الصغيرة للصنف رتجرز والطفرة rin عما فى الصنف إدكاوى الذى أظهر نموًّا طبيعيًّا وانخفاضًا بسيطًا فى الجهد المائى للأوراق خلال الأيام التسعة الأولى من المعاملة بالملوحة. وقد بدا أن الجهد المائى للأوراق كان أكثر ارتباطًا بمحتوى الأوراق من الكلورين عن ارتباطه بمحتواها من الصوديوم. وكانت أوراق الصنف إدكاوى الأعلى فى محتوى الكالسيوم ونسبة المادة الجافة فى الأوراق (Atta-Aly وآخرون ١٩٩٣).

وعندما رويت سلالات من ٤ أنواع من الجنس *Solanum*، هى *S. lycopersicum*، و *S. pennellii*، و *S. galapagense*، و *S. peruvianum*، وعشائر من التهجينات بينها بماء ملحى تحت ظروف الحقل، ثم قُدر تركيز عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم فى كل من الأوراق والسيقان، كانت النتائج كما يلى:

١–كانت نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فى أوراق وسيقان التراكيب الوراثية المتحملة للملوحة أعلى تحت ظروف الملوحة، وكان تأثرها بالملوحة معتدلاً مقارنة بالتراكيب الوراثية الحساسة.

٢-كان تركيز الكلورين فى الأوراق ونسبة الكلورين فى الأوراق إلى نسبته فى السيقان أقل فى السلالات البرية المتحملة للملوحة وفى الجيل الأول *S. lycopersicum* × *S. pennellii* عما فى صنف حساس من *S. lycopersicum*.

٣-حدث تنظيم لنسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم – فقط – فى سلالات الطماطم والسلالات البرية المتحملة للملوحة، بينما حدث تنظيم للكلورين فى الأوراق – فقط – فى السلالات البرية.

٤-ارتبطت كمية المادة الجافة بالنبات إيجابيًّا مع كل من نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فى السيقان، وسلبيًّا مع تركيز الكلورين فى الأوراق والسيقان (Saranga وآخرون ١٩٩٣).

وقد تباينت أصناف الطماطم المتحملة للملوحة – المختبرة – فى استجابتها لمعاملة الملوحة (حتى ١٤٠ مللى مول كلوريد صوديوم)؛ فأظهر الصنف المتحمل Pera تركيزات عالية من أيونى الصوديوم والكلور، وتركيز أقل من أيون البوتاسيوم فى نمواته الخضرية، بينما أظهر الصنف الأكثر تحملاً GC-72 قدرة على الاحتفاظ بأيونى الصوديوم والكلور فى الجذور، والحد من انتقالهما إلى النموات الخضرية، مع الإبقاء على اختيارية امتصاص البوتاسيوم فى ظروف الملوحة. أما الصنف الحساس للملوحة Volgogradskij فقد ازداد فيه كثيرًا تراكم أيونى الصودوم والكلور فى نمواته الخضرية (Perez Alfocea وآخرون ١٩٩٣).

وتبين أن نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم تزيد كثيرًا فى الصنف إدكاوى عما فى الصنف أيس؛ بما يعنى زيادة قدرة إدكاوى على تراكم البوتاسيوم فى أنسجته تحت ظروف الملوحة، وهى الصفة التى يمكن أن تُسهم فى خاصية تحمله للملوحة (Taleisnik & Grunberg ١٩٩٤).

ووجد أن السلالة PE-47 من *S. pennellii* أكثر تحملاً للملوحة – من واقع استجابات النمو – من كل من صنف الطماطم P-73، والهجين النوعى بينهما، وذلك

فى مستويين من الملوحة (٧٠، و١٤٠ مللى مولار)، وكان تراكم الصوديوم والكلورين فى نباتات النوع البرى أعلى فى مستويى الملوحة عما كان عليه الحال فى صنف الطماطم، بينما كان الهجين النوعى وسطًا بينهما فى هذا الشأن. وبينما لم يتأثر تركيز البوتاسيوم أو تأثر قليلاً فى الطماطم بزيادة تركيز الملوحة، فإنه انخفض فى نباتات النوع البرى ونباتات الهجين النوعى؛ مما أدى إلى زيادة نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم فى نباتات النوع البرى عما كان عليه الحال فى نباتات الطماطم، بينما كانت نباتات الهجين النوعى وسطًا بينهما (Perez-Alfocea وآخرون ١٩٩٤).

وتميز هجين الطماطم رادجا Radja بتحمله المستويات المتوسطة للملوحة من خلال آلية استبعاده لأيون الصوديوم. وقد أدى تعريضه لملوحة متوسطة (٧٠ مللى مول كلوريد صوديوم)، أو عالية (١٤٠ مللى مول) لمدة ١٣٠ يومًا إلى خفض محصول الثمار بنسبة ١٦٪، و٦٠٪، والكتلة الخضرية للنمو الخضرى بنسبة ٣٠٪، و < ٧٥٪، على التوالى. لم يحدث أى تراكم لأيون الصوديوم سوى فى الجذور عند التركيز العالى للملوحة وفى نهاية فترة المعاملة، كما لم يتراكم البرولين بالنباتات سوى فى التركيز العالى للملوحة. هذا.. بينما تراكم أيون الكلور طرديًّا مع تركيز كلوريد الصوديوم المعامل به (Pérez-Alfocea وآخرون ١٩٩٦).

وكان الصنف إدكاوى أكثر تحملاً للتركيزات المتزايدة من كلوريد الصوديوم عن الصنف كاسل روك فى مراحل إنبات البذور، ونمو البادرات، والنمو النباتى بعد الشتل (Nassar وآخرون ١٩٩٩أ). وفى دراسة أخرى كان الصنف إدكاوى أعلى فى وزنه الجاف فى ظروف الملوحة العالية وأعلى محتوى من البوتاسيوم فى الأوراق والسيقان والجذور، مقارنة بما حدث فى كل من الصنف كاسل روك وثلاث سلالات من *S. pimpinellifolium*، كما وجد ارتباط جوهرى بين الوزن الجاف وتركيز البوتاسيوم فى مختلف الأجزاء النباتية، وهو الذى تناقصت نسبته إلى تركيز الصوديوم – تدريجيًّا – بزيادة تركيز الملوحة من ٠,٥ إلى ٩,٠ ديسى سيمنز/م. وكانت أعلى سلالات النوع البرى فى نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم السلالة LA 1579

(Nassar وآخرون ١٩٩٩ب). وفى دراسة ثالثة.. كان الصنف إدكاوى والسلالة LA 1579 من *S. pimpinellifolium* الأكثر تحملاً للملوحة، وكانت صفة التحمل فى كليهما كمية وظهرت بها سيادة فائقة (Hassan وآخرون ١٩٩٩).

كما وجد أن السلالة المتحملة للملوحة Atico، التى تتبع النوع *S. pennellii* تُعد – مقارنة بالطماطم – أكثر كفاءة فى استخدام البوتاسيوم فى ظروف الشدِّ الملحى، ويمكنها استعمال الصوديوم كـ osmoticum وفى بعض الوظائف الأخرى كبديل للبوتاسيوم، ويزداد فيها انتقال البوتاسيوم من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة (Taha وآخرون ٢٠٠٠).

واستخدمت ثلاثة أصناف من الطماطم (هى: Ramy، و Vemar، وإدكاوى) وسلالة من النوع البرى *S. galapagense* فى دراسة لطبيعة تحمل الملوحة، ووجد أن نسبة أيون البوتاسيوم إلى أيون الصوديوم فى الأوراق وأعناق الأوراق انخفضت مع زيادة شدِّ الملوحة، ولكن النسبة كانت الأعلى فى نباتات النوع البرى. كذلك انخفض جوهريًّا محتوى الأوراق وأعناقها من كل من كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب، والكلوروفيل الكلى، وازداد محتوى البرولين، ولكن مع ملاحظة وجود اختلافات جوهرية بين التراكيب الوراثية المختبرة. ووجدت علاقة مؤكدة بين إنتاج أعناق الأوراق من الإثيلين وكل من مدى شدِّ الملوحة، والتركيب الوراثى، وعمر الورقة (El-Iklil وآخرون ٢٠٠٢).

وبتقييم ٥٥ تركيبًا وراثيًّا من الطماطم لتحمل الملوحة فى مزرعة مائية احتوى المحلول المغذى فيها على ٢٠٠ ملل مول من كلوريد الصوديوم.. وجد تباينًا كبيرًا بين التراكيب الوراثية فى تحملها المظهرى للملوحة وفى تركيز أيون الصوديوم فى نمواتها الخضرية، كما كانت الصفتان مرتبطتين جوهريًّا؛ حيث دلَّ التركيز العالى للصوديوم على زيادة الضرر للنموات الخضرية. كذلك ارتبطت نسبتا K^+/Na^+، و Ca^{2+}/Na^+ فى النموات الخضرية – جوهريًّا – مع الضرر بالنموات الخضرية؛ حيث دلت النسب العالية لكل من البوتاسيوم والكالسيوم على انخفاض الضرر بالنموات الخضرية. وعلى الرغم من ظهور تباين كبير بين التراكيب الوراثية للطماطم فى الوزن الجاف لكل من

المجموعين الجذرى والخضرى، فإنه لم تظهر ارتباطات موجبة بين أى من هاتين الصفتين وشدة الضرر بالمجموع الجذرى أو تركيز الصوديوم به. ويبدو أن الوزن الجاف للمجموعين الجذرى والخضرى كانا مستقلين عن خاصية تحمل الملوحة فى مرحلة النمو التى وصلت إليها النباتات فى تلك الدراسة (Dasgan وآخرون ٢٠٠٢).

ووجد فى دراسة أجريت على ١٠ أصناف تجارية من الطماطم لتحمل الملوحة أن أكثرها تحملاً (الصنفان Brillante، و Jaguar) تميزا بانخفاض امتصاصهما لكل من الصوديوم والكلوريد، وانخفاض تراكم هذين الأيونين فى نمواتهما الخضرية، مع زيادة امتصاصهما للبوتاسيوم، وزيادة تمثيلهما للسكروز والمواد الكاروتينية ومجموعات الثيول thiol، مع ما ترتب على ذلك من انخفاض فى كل من الـ lipid peroxidation، والأضرار التأكسدية فيهما. ولقد ترتب على ذلك كله زيادة فى إنتاج الكتلة الحيوية فى هذين الصنفين مقارنة بالأصناف الأخرى المختبرة. وتؤكد هذه الدراسة — كذلك — أهمية نسبة الـ K^+/Na^+ العالية، والمحتوى العالى من السكروز، ومضادات الأكسدة فى تحمل الملوحة (Juan وآخرون ٢٠٠٥).

هذا.. وقد أظهر صنف الطماطم Poncho Negro مستوى عالٍ من التحمل للملوحة (٧٥، و١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) والبورون (٥، و٢٠ مجم B) فى المحلول المغذى. ففى هذا الصنف تراكم أيون الصوديوم أساسًا فى الجذور وحَدَّ جزئيًّا من انتقاله للأجزاء الهوائية من النبات. كذلك فإن التفاعل بين البورون والملوحة قلل من حركة الصوديوم إلى الأوراق. وربما سمحت قدرة نباتات هذا الصنف على الحدِّ من تراكم الصوديوم، مع تراكم البورون بدرجة أكبر فى أوراقه، ومع المحافظة على مستواه من البوتاسيوم — عند نموه فى وسط يزداد فيه البورون — ربما سمحت تلك العوامل بالزيادة التى لوحظت فى معدل البناء الضوئى بأوراقه. كذلك فإن نباتات هذا الصنف استعملت البرولين والسكريات الذائبة كمنظمات أسموزية فى ظروف تواجد البورون بتركيز عالٍ. وفى جميع ظروف الشدِّ التى تمت دراستها كان هذا الصنف قادرًا على تنظيم محتواه المائى؛ حيث كانت قيم المحتوى المائى النسبى حوالى ٨٦٪ (Diaz وآخرون ٢٠١١).

وعمومًا.. فإن الصفات الفسيولوجية ذات العلاقة بتحمل الملوحة فى الطماطم، والتى يمكن الاعتماد عليها فى برامج التربية، هى:

١- انتقال الصوديوم Na^+ من المحلول المغذى المحيط بالجذور إلى النموات الخضرية.

٢- العلاقة بين محتوى الأوراق من الصوديوم [Na^+] والنقص فى المساحة الورقية.

٣- القدرة على تراكم الصوديوم Na^+ فى الأوراق المسنة، مع المحافظة على تركيز منخفض من الصوديوم [Na^+] فى الأوراق الحديثة.

٤- نسبة تركيز البوتاسيوم إلى الصوديوم [Na^+]/ [K^+] فى الأوراق.

التغيرات فى نوعيات البروتين والأحماض الأمينية ومتعددات الأمين

أدى تعريض نباتات من *S. chilense* لكلوريد الصوديوم بتركيز ٢٠٠ مللى مول إلى إنتاجها لأنواع مختلفة من البروتينات فى أنسجة الأوراق والجذور لم تظهر إلا عندما استُحِث إنتاجها بفعل الشدِّ الملحى. ويبدو أن تلك التغيرات ترتبط بتحمل الملوحة فى كامل النبات (Zhou وآخرون ٢٠١١).

ويُعد الـ Proline أكثر الأحماض الأمينية تأثرًا بزيادة الملوحة. وقد قارن Kartz & Tal (١٩٨٠) مستوى البرولين المتراكم فى أنسجة الكالوس المتحصل عليها من أوراق أصناف الطماطم التجارية والنوع البرى *S. peruvianum* فى بيئات مختلفة تحتوى على كلوريد الصوديوم أو البرولين. ووجد الباحثان أن مستوى البرولين الطبيعى – فى أنسجة الكالوس الخاص بالأصناف التجارية ازداد – عند تعرضها لزيادة كلوريد الصوديوم – بدرجة أكبر مما حدث فى أنسجة النوع البرى، وكان مماثلاً لما يحدث – عادة – فى النباتات الكاملة لدى تعرضها لظروف قاسية. وقد تراكم البرولين فى أنسجة الكالوس النامية فى بيئة أضيف إليها البرولين بدرجة واحدة فى الطماطم والنوع البرى، إلا أن تركيز الحامض الأمينى تناقص فى أنسجة الكالوس – مع الوقت – فى النوع البرى بدرجة أكبر مما فى الطماطم.

إن تراكم البرولين بعد دليلاً على الحساسية لملح كلوريد الصوديوم لدى تعريض أوراق الطماطم المفصولة للملح بتركيز ١٠٠ مللى مول لمدة ٨ ساعات؛ حيث يزداد التراكم فى الأوراق المفصولة فى الطماطم فى الضوء عما فى أوراق *S. pennellii* المتحمل للملوحة فى الضوء والظلام على حد سواء، إلاّ أن بادئات تمثيل البرولين تتباين بين النوعين. ففى الطماطم كانت بادئات البرولين، هى: الأرجينين والأسباراجين، والأورنثين (فى الضوء)، وحامض الجلوتامك (فى الظلام)، أما فى *S. pennellii* فإن بادئات البرولين كانت: الأرجينين فى الظلام والأسباراجين والجلوتامين وحامض الجلوتامك فى كل من الضوء والظلام (Guerrier ١٩٩٨).

ويزداد التحول من حامض الجلوتامك إلى البرولين فى النوع البرى المتحمل *S. pennellii* بزيادة الشدِّ الملحى (Santa-Cruz وآخرون ١٩٩٩).

وعندما قيمت عشرة أنواع من الجنس *Solanum* لتحمل الملوحة، وجد أن *S. galapagense* كان أكثرها تحملاً، بينما كان *S. pennellii* أكثرها حساسية، وكان ترتيب صنف الطماطم Duke السابع فى مستوى تحمل الملوحة. وعلى الرغم من أن جميع الأنواع المقيمة ازداد فيها تركيز البرولين فى كل أعضائها النباتية استجابة للملوحة، إلا إنه لم تظهر علاقة عامة بين تراكم البرولين فى تلك الأنواع وبين درجة تحملها النسبى للملوحة. هذا.. إلا أن التراكم النسبى للـ trigonelline فى الأنسجة الميرستيجية للنباتات التى تعرضت لشد كلوريد الصوديوم ارتبط بمدى تحمل تلك الأنواع للملوحة، كما ارتبط مستوى تحملها مع قدرتها على كل من: الاحتفاظ بالامتلاء tugror فى الأوراق النامية، واستبعاد الصوديوم من الأوراق النامية، واستبعاد الكلوريد من أنسجة الجذر (Rajasekaran وآخرون ٢٠٠٠).

ووجد لدى تعريض ثلاثة أصناف من الطماطم (هى: UC-97، و Momotaro، وإدكاوى) لتركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم أن الصنف UC-97 كان أكثرها

حساسية، وإدكاوى الأكثر تحملاً، حيث كان تأثره بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم أقل فيما يتعلق بكل من النمو النباتى ومعدل البناء الضوئى، وكان محتوى النمو الخضرى من الصوديوم والبرولين أعلى كثيرًا فى الصنف إدكاوى؛ بما يعنى احتفاظه بقدر أكبر من الضغط الامتلائى (Moghaieb وآخرون ٢٠٠١).

وقد قورنت مستويات متعددات الأمين فى أوراق سلالة الطماطم الحساسة للملوحة LA 1500، وسلالة *S. pennellii* المتحملة PE-47 فى ثلاثة مستويات من كلوريد الصوديوم، هى: صفر، و١٠٠، و٢٠٠ ملى مول لمدة ٣٢ يومًا. أدت كلتا معاملتى الملوحة إلى خفض مستويات البوترسين والأسبرميدين فى الأوراق. وبينما ازداد مستوى الاسبرمين فى أوراق النوع البرى فقط بمعاملة ١٠٠ ملى مول كلوريد الصوديوم، فقد انخفض مستواه فى أوراق الطماطم. أدت معاملة الملوحة إلى خفض مستوى متعددات الأمين الكلى، وكذلك مستوى البوتاسيوم، وترافق ذلك مع زيادة فى تركيز الصوديوم وانخفاض فى تركيز البوتاسيوم فى الأوراق، وذلك فى كلا النوعين (Santa-Cruz وآخرون ١٩٩٧).

إن البوترسين putrescine يتراكم وتزداد نسبته إلى الاسبرميدين والاسبرمين فى ظروف الملوحة بدرجة أكبر فى النوع المتحمل للملوحة *S. pennelli* عما فى الطماطم ليلاً ونهارًا، أم الاسبرميدين spermidine، والاسبرمين spermine فإنهما يتراكما فى كلا النوعين البرى والمنزرع فى الضوء وليس فى الظلام. كذلك يزداد محتوى حامض الجلوتامك، والبرولين ونسبته إلى البولى أمينات الأخرى فى النوع البرى ليلاً فى ظروف الملوحة (Santa-Cruz وآخرون ١٩٩٨).

هذا.. ويزداد تركيز الـ myo-inositol فى نباتات الطماطم التى تؤقلم على الملوحة إلى درجة أنه يشكل حوالى ثلثا المواد الكربوهيدراتية الذائبة فى الأوراق وحوالى ثلاثة أرباع المواد الكربوهيدراتية الذائبة فى الجذور فى النباتات المؤقلمة على الملوحة؛ الأمر الذى يحدث فى خلال ثلاثة أيام من تعريض النباتات لـ ١٠٠ ملى مول من كلوريد الصوديوم بالإضافة إلى

الأملاح المغذية لمحلول هوجلند المغذى. وبينما يزداد – كذلك – تركيز السكريات السداسية الحرة والسكروز بمجرد التعرض للملوحة العالية، فإنها تعود إلى مستواها الطبيعى فى نهاية فترة الثلاثة أيام، بينما يستمر تركيز الـ myo-inositol عاليًا، هذا مع العلم بأن النمو يتوقف خلال فترة الأيام الثلاثة، ثم تعاود النباتات – التى تكون قد تأقلمت على الملوحة – نموها – بمعدل منخفض – بعد ذلك. وبدراسة مستوى الـ myo-inositol فى نباتات *S. pennellii* المتحملة للملوحة والسلالات المتحملة والحساسة للملوحة المنتخبة من التلقيح بينها وبين الطماطم فى الـ BC_1 والـ F_8، كان مستواه أعلى ما يمكن فى أكثر التراكيب الوراثية تحملاً للملوحة، ومتوسطًا فى الصنف العادى، ومنخفضًا فى التراكيب الوراثية الحساسة، وذلك بعد المعاملة بالملح (Sacher & Staples ١٩٨٥).

التغيرات فى محتوى النباتات من مضادات الأكسدة

تبين أن نباتات السلالة Atico من *S. pennellii* المتحملة للملوحة تتمتع بالحماية من العناصر النشطة فى الأكسدة – تحت كل من ظروف شدِّ الملوحة والظروف العادية – عن نباتات الطماطم الحساسة (Shalata & Tal ١٩٩٨).

التغيرات فى إنتاج النباتات للإثيلين

دُرست ظاهرة الـ epinasty (ميل نصل الأوراق إلى أسفل) – التى ترتبط بإنتاج النباتات للإثيلين – فى ثلاثة أصناف من الطماطم (هى: Edkawy، وRamy، و Vemar، بترتيب تنازلى لتحملها للملوحة)، وإحدى سلالات النوع البرى المتحمل للملوحة *S. galapagense* لدى تعريضها لأربعة مستويات من الشدِّ الملحى (هى: صفر و٥٠، و١٠٠، و٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم)، ووجد أن الـ epinasty تزداد بزيادة مستوى الملوحة حسب التركيب الوراثى، وعمر الورقة، ومدة التعرض للشدِّ الملحى. كذلك ازداد الإنتاج النسبى للإثيلين من أعناق الأوراق بزيادة الشدِّ الملحى. وقد أظهرت الأصناف المتحملة للملوحة درجة أقل من الـ epinasty وقدرًا أقل من الإنتاج النسبى للإثيلين (El-Iklil وآخرون ٢٠٠٠).

التربية لتحمل النمو الخضرى والمحصول لشدِّ الملوحة

التربية التقليدية للأصناف المتحملة

إن من أهم الصفات التى يجب أن يأخذها المربى فى الحسبان عند التربية لتحمل الملوحة الصفات التالية:

١- زيادة حجم وقوة نمو المجموع الجذرى.

٢- زيادة كفاءة امتصاص الماء من التربة.

٣- زيادة كفاءة تصنيع المادة الجافة لكل وحدة ممتصة من الماء.

٤- زيادة الانتخابية فى امتصاص العناصر، بزايدة القدرة على امتصاص عنصرى الكالسيوم والبوتاسيوم وضعف القدرة على امتصاص الصوديوم.

٥- زيادة القدرة على تجميع الصوديوم الممتص فى الفجوات العصارية وفى الأوراق المسنة.

ومع التعرف على المصادر الوراثية لتلك الصفات، يتعين تجميعها معًا بطريقة "التهريم" pyramiding فى تركيب وراثى واحد (Cuartero & Fernández-Munoz ١٩٩٩).

وقد قام Rush & Epstein (١٩٨١) بتهجين صنف الطماطم Walter مع السلالة LA1401 من النوع البرى *S. galapagense*، وأنتجا الجيلين الأول والثانى، والتهجينات الاختبارية، والجيل الثالث للتهجين الرجعى الأول إلى صنف الطماطم. وقد انتخبا من هذا الجيل الرجعى الأول سلالات كانت على درجة عالية من القدرة على تحمل الملوحة؛ حيث أمكنها البقاء، وأنتجت محصولاً من الثمار، بالرغم من ريها بمحاليل مغذية، وصلت فيها نسبة ماء البحر إلى ٧٠٪.

وقد حصل Hassan & Desouki (١٩٨٦) – كذلك – على سلالات متشابهة فى الجيل الثانى للتلقيح الرجعى الأول بين صنف الطماطم Peto 86 ونفس السلالة البرية السابقة.

كما حصل Sacher وآخرون (١٩٨٢) أيضًا على سلالات قادرة على تحمل الملوحة، ولكن من الجيل التاسع للتلقيح الرجعى الأول إلى الطماطم بعد التلقيح بين صنف الطماطم New Yorker والسلالة P.I. 246502 للنوع البرى *S. pennellii*.

كذلك أُنتج صنف طماطم للتصنيع متحمل للملوحة بتلقيح أحد أصناف التصنيع مع *S. pennelli*، ثم أُتبع ذلك بأربع دورات من الانتخاب المتكرر (Shannon ١٩٩٧).

هذا فضلاً عن انتخاب المزارعين فى شمال مصر للصنف إدكاوى المتحمل للملوحة تحت ضغط ملحى عالٍ على الصنف سوبر مارمند المنزرع على مياه الصرف الزراعى عالية الملوحة (Hassan & Desouki ١٩٨٢).

وأُجرى تلقيح بين كل من صنفى الطماطم Marikit، و Improved Pope، وكل من السلالة *S. galapagense*، والسلالة Atico من *S. pennellii*، ولقحت الأنسال رجعيًا إلى صنف الطماطم Floradade، ولقح النسل ذاتيًّا، وانتُخبت الأنسال المتحملة للملوحة بالتقييم فى مزارع الخلايا (Tal & Rosario ١٩٩٠).

وقد قدَّم Cuartero وآخرون (٢٠٠٦) عرضًا لجهود تربية الطماطم؛ باستراتيجيتين، هما: استعمال الواسمات الجزيئية، والتحويل الوراثى.

الانتخاب فى مزارع الأنسجة

جرت محاولات للانتخاب للقدرة على تحمل الملوحة فى مزارع للأنسجة، وتبعًا لـ Fillippone (١٩٨٥).. فإن أفضل تركيز لملح الطعام فى مزارع الأنسجة هو ٠,٥٪. وكان الباحث قد استعمل "explants" من فلقات صنفين من الطماطم زرعا على بيئة Linsmaier & Skoog، أضيف إليها IBA، و BA. وقد ظهرت اختلافات بين الصنفين فى نمو خلايا الكالوس وتميزها بعد ٤٢ يومًا من بداية الاختبار، مما قد يعنى وجود اختلافات وراثية بينهما فى القدرة على تحمل الملوحة.

كذلك تمكن Bourgeais وآخرون (١٩٨٧) من زيادة القدرة على تحمل الملوحة فى صنف الطماطم سانت بيير St-Pierre، على صورة زيادة مضطردة فى النمو النباتى، مع النقل المتكرر إلى بيئات مغذية تحتوى على تركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم، وصلت إلى ٧٥ أو ١٠٠ مللى مول. وقد استمرت الزيادة فى القدرة على تحمل الملوحة حتى الجيل الثالث؛ حيث لم تظهر فى الجيل الرابع أية زيادة إضافية فى النمو النباتى عند تساوى تركيز الملح فى الجيلين. وقد استخدم الباحثون فى هذه الدراسة – لمزارع الأنسجة – إما النسيج الطرفى للسيقان (بما فى ذلك البرعم القمى والسلاميات الأخيرة)، وإما نسيج الكالوس المتكون من جذور أو سيقان النباتات.

وأمكن تجديد النمو فى البيئة الصناعية لكل من السلالتين LA530، و LA1401 من *S. galapagense* بتزويد البيئة بتوافيق من الزيّاتين أو البنزيل أدنين مع إندول حامض الخلّيك. وبينما لم تُجَذِّر أى من النموات الخضرية المتحصل عليها من السلالة LA530 عندما زُرعت فى بيئة موراشيج وسكوج كاملة مزودة بـ ٢٠٠ مللى مولار كلوريد صوديوم، فإن ٩٣٪ من النموات الخضرية للسلالة LA1401 جَذَّرت تحت نفس الظروف (Arrillaga وآخرون ٢٠٠١).

تربية الأصول المتحملة

أثرت سلالات منعزلة من تلقيح بين سلالة حساسة للملوحة من الطراز cerasiforme من *Solanum lycopersicum*، وسلالة متحملة من *Solanum pimpinellifolium* – عندما استخدمت كأصول لهجين تجارى من الطماطم – أثرت بوضوح على تركيز الصوديوم والفوسفور والنحاس، والمحتوى المائى لأوراق الطعم فى ظروف الملوحة، وبلغت تقديرات كفاءة تلك الصفات ٠,٤ أو أعلى من ذلك، وأمكن التعرف على ما يصل إلى خمس QTLs لكل صفة. وبدا أن تحسين الأصول لمحصول ثمار الطعم تحت ظروف الملوحة كان مرده إلى قدرة الأصول على الحد من الاضطرابات فى الوضع المائى بالطعم (Asins وآخرون ٢٠١٠).