هذا .. وتتميز أصناف فول الصويا المتحملة للملوحة بقدرتها الشديدة على خفض محتوى أوراقها من الكلورين مقارنة بالأصناف الحساسة التى يزيد فيها ذلك المحتوى بمقدار ١٨ ضعف عما فى أوراق الأصناف المتحملة للملوحة، ويقل محصولها عن الأصناف المتحملة بمقدار ٣٧٪ (عن Hanwieh وآخرين ٢٠١١).

تربية الطماطم

الأساس الفسيولوجى لأضرار الملوحة

يستدل من الدراسات التى أجريت على الطماطم أن الشدّ الملحى لا يؤثر على حيوية حبوب اللقاح، ولكنه قد يؤثر على عدد حبوب اللقاح التى تنتجها الزهرة الواحدة، فى الوقت الذى لا تتأثر فيه نسبة عقد الثمار بالملوحة حتى EC = ١٠ ديسى سيمنز/م، بينما تنخفض النسبة عند ارتفاع الـ EC إلى ١٥ ديسى سيمنز/م.

ونجد بزيادة مستوى الملوحة عن EC = ٢,٥ ديسى سيمنز/م أن محصول الطماطم ينخفض بمقدار ١٠٪ مع كل زيادة مقدارها وحدة EC واحدة عن ذلك المستوى. ويرجع الانخفاض فى المحصول — أساسًا — إلى نقص فى متوسط وزن الثمرة، وليس فى أعداد الثمار. وفى إحدى الدراسات كان النقص فى متوسط وزن الثمرة حوالى ١٠٪، و ٣٠٪، و ٥٠٪ عندما كان رى النباتات بماء ملوحته ٥–٦، و ٨، و ٩ ديسى سيمنز/م، على التوالى. ولذا .. فإن أصناف الطماطم ذات الثمار الصغيرة بطبيعتها تكون أكثر تحملاً للمستويات المتوسطة والعالية من الملوحة عن الأصناف ذات الثمار الكبيرة. ومع ازدياد مستوى الملوحة يقل عدد الثمار التى ينتجها النبات بسبب نقص إنتاجه للعناقيد الثمرية حتى فى الأصناف ذات الثمار الصغيرة. هذا .. وتكون العناقيد الثمرية العليا على النبات هى الأكثر حساسية للملوحة العالية؛ لذا .. يفضل عند التربية لتحمل الملوحة السعى لإنتاج الأصناف المحدودة النمو (عن Foolad ٢٠٠٤).

ويعد تحمل الملوحة فى الطماطم خلال مرحلة النمو الخضرى أكثر أهمية من التحمل

طوال مرحلتى إنبات البذور وبزوغ البادرات، ومرحلة الإزهار والإثمار ونضج الثمار؛ ذلك لأن إنتاج الطماطم يكون غالبًا — بواسطة الشتلات من جهة، ولأن الطماطم تصبح متحملة للملوحة بدرجة عالية خلال المراحل المتأخرة من نموها، حيث يمكن لها أن تتحمل مستويات من الملوحة تعد قاتلة لها خلال مرحلة البادرة. كذلك فإنه يوجد ارتباط بين محصول الطماطم وحجم النمو النباتى خلال مرحلة النمو الخضرى فى ظروف الشدِّ الملحى؛ مما يدل على أهمية تحمل الملوحة خلال تلك المرحلة.

ونجد فى التركيزات المنخفضة من الملوحة (EC = ٣–٥ ديسى سيمنز/م) أن نباتات الطماطم تعانى — أساسًا — من عدم التوازن فى العناصر المغذية التى تحصل عليها. ومع زيادة الملوحة إلى مستويات متوسطة إلى عالية (EC = ٦,٠ ديسى سيمنز/م) تعانى النباتات خلال مرحلة النمو الخضرى من كل من عدم التوزان فى العناصر المغذية وسمية بعض الأيونات؛ الأمر الذى يؤدى إلى نقص معدل النمو النباتى (Foolad ٢٠٠٤).

مصادر تحمل الملوحة وطرق التقييم والانتخاب للصفة

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

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 Prichard.

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

وظهرت صفة التحمل فى عدة صور كما يلى:

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

٢- أدت زيادة تركيز الملوحة تدريجيًا (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 جريب أقل وضوحًا مما فى بقية الأصناف.

٤- أدت المستويات المرتفعة من الملوحة إلى نقص محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وكان هذا التأثير أقل وضوحًا فى الصنف المقاوم.

٥- 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 وسطًا بينهما.

٦- مع زيادة الملوحة .. نقص وزن الثمرة وحجمها، بينما ازداد محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والسكريات الذائبة والمختزلة، وفيتامين جـ.

٧- 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 مقارنة بالصنف جريب.

وتأكيدًا لما وجد فى البحث السابق من أن صنف الطماطم الكريزى كان أكثرها تحملاً للملوحة .. 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).

وقد قارن 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).

وتتوفر القدرة على تحمل الملوحة العالية فى عدد من سلالات بعض الأنواع البرية. ويعد النوع *L. cheesmanii* f. *minor* — الذى ينمو بريًّا فى جزر جالاباجوس — أكثر أنواع الجنس *Lycopersicon* 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 — LA 1401 من *L. cheesmanii* f. *minor* — 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.

وقد ذُكر أن النوع *L. peruviannm* 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).

ويذكر Tal & Shannon (١٩٨٣) أن النوعين البريين *L. peruvianum*، و *L. 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 *L. cheesmanii* تنمو بدرجة أسرع من الطماطم فى البيئة الملحية، برغم أن معدلات نموها تكون أقل من الطماطم فى الظروف الطبيعية. وقد أظهر النوع *L. pennellii* — فى هذه الدراسة — أكبر درجة من الغضاضة، واحتوى على تركيز أعلى من الصوديوم والكلورين بالأوراق تحت الظروف الملحية. كما استخدم Sacher (١٩٨٣) السلالة P.I.-124502 من *L. pennellii* كمصدر لصفة القدرة على تحمل الملوحة فى برنامج للتربية.

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

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

ولقد أمكن التعرف على سلالات برية من جنس الطماطم قادرة على الإنبات السريع

فى ١٠٠ ملى مول كلوريد صوديوم، تضمنت سلالات من الأنواع *L. glandulosum*، و *L. pennellii*، و *L. pimpinellifolium*، و *L. peruvianum*، وكذلك سلات غير محسنة (landraces) من *L. esculentum*. وكانت أفضل السلالات ثباتًا فى الإنبات تحت ظروف الشدّ الملحى LA 716 من *L. pennellii*، و السلالة التركية P.I.174263 من *L. esculentum*. أما ثبات نمو البادرات فى ظروف الشدّ الملحى فكان أفضل ما يمكن فى كل من الصنف إدكاوى Edkawy والسلالة P.I. 174263، وتلاهما سلالات من كل من *L. pernuvianum*، و *L. glandulosum*، و *L. parviflorum*. هذا ولم يكن هناك ارتباط بين القدرة على الإنبات السريع والقدرة على النمو المنتظم فى ظروف الشدّ الملحى (Jones ١٩٨٧، و Jones وآخرون ١٩٨٨).

كذلك اختبر Costa وآخرون (١٩٨٩) ٢٢ سلالة من *L. pimpinellifolium*، و ٨ سلالات من *L. 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 وسلالة من سبعة أنواع من الجنس *Lycopersicon* .. وجد Hassan وآخرون (١٩٨٩) صفة تحمل الملوحة فى كل من السلالة *L. esculentum* var. *cerasiforme*، والسلالتين LA 1579، و P.I. 365967 من *L. pimpinellifolium*؛ كما كانت السلالات العشر التالية متحملة نسبيًّا:

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

L. hirsutum P.I. 365907 and P.I. 365934.

L. peruvianim P.I. 306811.

L. chmielewskii P.I. 379030.

كما اختبر Anastasio وآخرون (١٩٨٨) سلالة واحدة من كل من النوعين *L. peruvianum*، و *L. pennellii* وثلاث سلالات من النوع *L. esculentum* var.

cerasiforme، ووجدوا أن السلالة CER 2022 من النوع الأخير كانت أقواها نموًّا وأكثرها قدرة على البقاء، وأقلها تضررًا من الملوحة.

وخلافًا لكل ما ذكر عن مقاومة بعض الأنواع البرية للملوحة .. فقد وجد Shannon وآخرون (١٩٨٧) أن صنف الطماطم هاينز ١٣٥٠ Heinz 1350 لم يختلف جوهريًّا — عن الأنواع *L. cheesmanii*، و *L. peruviaum*، و *L. pennellii* — فى تحمل الملوحة فى مزارع مائية احتوت على تركيزات وصلت إلى ١٥٠ ملى مول من ملحى كلوريد الصوديوم، وكلوريد الكالسيوم؛ بنسبة مولارية قدرها ١:١. ومع زيادة الأملاح تدريجيًّا من صفر إلى ١٠٠ ملى مولار من الملحين بنسبة مولارية قدرها ١:٥ فى مزرعة رملية .. لم يختلف النقص النسبى فى المحصول بين الصنف هاينز ١٣٥٠ والسلالة LA 1401 من *L. cheesnanii*. وقد أدى ذلك إلى أن يقترح الباحثون أن الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة ربما يكون مختلفًا فى التركيزات المتوسطة من الملوحة عما يكون عليه 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 *L. chessmanii* 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 *L. pennellii* للملوحة؛ حيث ذكروا أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى القدرة على تحمل الملوحة فى سلالات الجيل التاسع للتلقيح:

(New Yorker × *L. pennellii)* × New Yorker

تأتى من الأبوين — المزروع والبرى — وتتفاعل معًا بطريقة إضافية.

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 ملى موز/سم (Weast ١٩٧٦).

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. استعمل 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 خفف فيها تركيز الأملاح من نحو ٥٠ ملى موز/سم إلى ١٥ ملى موز/سم. أدت هذه المعاملة إلى موت نحو ٥٠٪ من أصناف الطماطم التى استخدمت للمقارنة.

واستخدم Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) — فى تقييمهم لتحمل الملوحة — محلولاً ملحيًا 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.

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

ويعتمد 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.

وقد استخدم Bolarin وآخرون (١٩٩١) تلك الطريقة فى تقييم ٢١ سلالة تنتمى إلى أربعة أنواع برية من الجنس *Lycopersicon*، وكانت أكثر السلالات تحملاً للملوحة فى هذه الدراسة هى السلالة PE-2 من *L. pimpinellifolium*، وتلتها

السلالات PE-45 (*L. pennellii*)، و PE-43 (*L. hirsutum*)، و PE-16 (*L. peruvianum*).

وهناك من الباحثين من اعتمد فى اختبارات الملوحة على نسبة أو سرعة إنبات البذور فى وسط ملحى. فاختبر Jones (١٩٨٦) سرعة إنبات بذور ١٣ سلالة تمثل ستة أنواع برية من الجنس *Lycopersicon*، و ٢٠ سلالة من الطماطم فى أطباق بترى على آجار يحتوى على ١٠٠ ملى مول من كلوريد الصوديوم، وكانت أسرع السلالات إنباتًا – مرتبة تنازليًا – هى:

السلالة P.I. 126435 من *L. peruvianum*.

السلالة LA 716 من *L. pennellii*.

السلالة P.I. 174263 من *L. esculentum*.

كما أمكن التعرف على عدد آخر من السلالات التى أظهرت سرعة نسبية من الإنبات فى وجود كلوريد الصوديوم، وكانت من النوعين *L. pimpinellifolium*، و *L. peruvianum*. هذا .. إلا أن معاملة الملوحة أخرت الإنبات فى جميع السلالات مقارنة بالشاهد (الكنترول)؛ كما اختلفت سرعة الإنبات جوهريًا – كذلك – فى غياب كلوريد الصوديوم. كذلك وجد Sinel'nikova وآخرون (١٩٨٣) أن صنفى الطماطم Yusupovskii، و Karlik 1185 كانا مقاومين؛ حيث أنبتت بذورهما على حرارة ٢٢°م فى محلول ملحى يحتوى على ٠,٨٥٪ من كلوريد صوديوم؛ بنسبة إنبات بلغت ١٠٠٪، و ٩٦٪ للصنفين على التوالى. وقد استمرت مقاومة الصنفين بعد شتلهما فى أصص وريهما بمحلول ملحى، مقارنة بالأصناف الأخرى التى قورنت بهما.

ولقد لوحظ أن سلالات الطماطم السريعة الإنبات فى التركيزات المنخفضة من الملوحة (٧٥–١٠٠ ملى مول من كلوريد الصوديوم) تكون – كذلك – سريعة الإنبات فى التركيز العالى (٢٠٠ ملى مول كلوريد الصوديوم)، وأن الانتخاب لتحمل أى تركيز من الملوحة عند الإنبات يعطى نسلاً متحملاً لكل من مستويى الملوحة. ولكن بالنظر إلى أن معدل

إنبات الطماطم فى المستوى المتوسط (١٥٠ ملى مول كلوريد صوديوم) من الملوحة يرتبط بدرجة عالية بمعدل الإنبات فى كل من المستوى المنخفض (١٠٠ ملى مول كلوريد صوديوم) والمستوى المرتفع (٢٠٠ ملى مول كلوريد صوديوم) من الملوحة؛ لذا .. يفضل إجراء الانتخاب لتحمل الملوحة فى مستوى متوسط من الشدِّ الملحى (عن Foolad ٢٠٠٤).

وأوضحت الدراسات على كل من سلالة الطماطم P.I. 174263 (المتحملة للملوحة فى كل من مرحلتى الإنبات والنمو الخضرى) والصنف UCT5 (الحساس للملوحة فى كل المراحل التطورية) أن الانتخاب لتحمل الملوحة فى مرحلة الإنبات يُحسِّن جوهريًّا من الإنبات فى ظروف الملوحة، وكانت درجة التوريث المحققة realized heritability لتلك الصفة ٠,٧٣. هذا ألاّ أن الانتخاب لتحمل الملوحة أثناء الإنبات لم يؤثر فى تحمل النباتات للملوحة خلال مرحلة النمو الخضرى؛ فلم تظهر فروق جوهرية بين الأنسال المنتخبة وغير المنتخبة على أساس أى من النمو المطلق أو النمو النسبى فى ظروف الشدِّ الملحى. ويفيد ذلك تحكم نظم وراثية مختلفة فى تحمل الملوحة فى كل من مرحلتى الإنبات والنمو الخضرى، مع ما يعنيه ذلك من ضرورة إجراء الانتخاب لتحمل الملوحة فى كل مراحل النمو بدءًا بالإنبات (Foolad & Lin ١٩٩٧).

وقد درس El-Beltagy وآخرون (١٩٧٩) تأثير الملوحة فى التركيزات الداخلية للإثيلين فى سيقان، وأوراق، وجذور نباتات الطماطم، والفلفل، والسبانخ؛ حيث وجدوا أن معاملة الملوحة العالية أحدثت زيادة ملحوظة فى تركيز الإثيلين فى كل من الأجزاء الهوائية والأرضية لنباتات الطماطم والفلفل، بينما لم تظهر أية زيادة فى تركيز الغاز فى نباتات السبانخ. وقد خلص الباحثون إلى أن ذلك ربما يعكس القدرة الطبيعية للسبانخ على تحمل الملوحة.

وفى دراسة أخرى .. وجد El-Saeid وآخرون (١٩٨٨) — لدى اختبارهم عدة أصناف من الطماطم — وجود ارتباط موجب عالى بين تأثير كل من معاملتى الإثيفون والملوحة على النباتات؛ من حيث سقوط الأوراق والأزهار. كما أدت المعاملة بالإثيفون إلى

زيادة التأثير الضار للملوحة على النباتات. كذلك حصل الباحثون (El-Saeid وآخرون ١٩٨٨أ) على نتائج مماثلة على اللوبيا.

وكان El-Beltagy & Hall (١٩٧٩) قد وجدا اختلافات جوهرية فى المستويات الداخلية للإثيلين، وفى معدل تساقط الأوراق عندما عرضت نباتات صنفين من الفول الرومى لظروف استمرار تشبع وسط نمو الجذور بالرطوبة؛ حيث أدت المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى تركيز الإثيلين فى كل من النموات الجذرية والهوائية لنباتات الفول الرومى.

وتؤكد تلك الدراسات وجود اختلافات فى مدى حساسية النباتات للإثيلين، وفى قدرتها على إنتاج الغاز فى الظروف التى تعيق امتصاصها للماء من التربة (كزيادة الملوحة أو الغدق). وقد أدى ذلك إلى اقتراح الباحثين استخدام الإثيلين، أو المركبات المنتجة له — مثل الإثيفون — فى تقييم قدرة النباتات على تحمل نقص الماء الأرضى.

وبتقييم ٥٥ تركيبًا وراثيًّا من الطماطم لتحمل الملوحة فى مزرعة مائية احتوى المحلول المغذى فيها على ٢٠٠ ملى 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 النموات 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).

وقد 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 ملل 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.

وفى محاولة لربط جينات تحمل الملوحة بإنزيمات معينة ليسهل التعرف عليها باختبارات الفصل الكهربائى electrophoresis 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 *L. 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.

وراثة القدرة على تحمل الملوحة

دُرست فاعلية الانتخاب لتحسين إنبات بذور الطماطم فى ظروف الملوحة العالية، وذلك فى نباتات الجيلين الثانى والثالث للتلقيح بين سلالة الطماطم المتحملة للملوحة P.I.174263 والصنف الحساس UCT5، باستعمال ثلاثة مستويات من الملوحة: ١٠٠ (منخفض)، و ١٥٠ (متوسط)، و ٢٠٠ ملى مول (عال) من خليط أملاح البحر المجهز synthetic sea salt، وانتخبت النباتات الفردية (التى كانت الأسرع إنباتًا) عند كل مستوى من الملوحة. ومع استمرار الانتخاب حتى الجيل الرابع تبين أن الانتخاب كان فعَّالاً بدرجة متماثلة فى جميع مستويات الملوحة، وكان يكفى قصر الانتخاب عند أى مستوى منها. وقد تراوحت درجة التوريث المتحققة realized heritability تحت مختلف مستويات الملوحة بين ٠,٦٧، و ٠,٧٦ (Foolad ١٩٩٦).

ويستدل من دراسات تالية لما سبق بيانها أن صفة القدرة على الإنبات السريع تحت ظروف شدِّ الملوحة فى سلالة الطماطم P.I.174263 (فى تلقيحات مع صنف الطماطم UCT5) وراثية وذات درجة توريث على النطاق الضيق عالية، وقدرت بنحو ٠,٧٥، وأثبتت عدة دراسات أن تلك الصفة يتحكم فيها جينات ذات تأثيرات إضافية بصفة أساسية؛ بما يجعل الانتخاب لها على أساس الشكل المظهرى أمرًا ممكنًا (عن Foolad ٢٠٠٤، و de la Pena & Hughes ٢٠٠٧).

وكذلك دُرست وراثة تحمل الملوحة فى الطماطم فى نباتات الآباء والجيلين الأول والثانى والتلقيحات الرجعية للتلقيح بين السلالة المتحملة P.I. 174263 والصنف الحساس UCT5، وذلك فى محلول ملحى ذات درجة توصيل كهربائى ٢٠ ديسى سيمنز/م، وكنترول ذات درجة توصيل كهربائى ٠,٥ ديسى سيمنز/م. ظهر انخفاض فى نمو الأبوين فى ظروف الشدِّ الملحى، إلاَّ أن الانخفاض كان أقل فى السلالة المتحملة عما فى الصنف الحساس. وفى ظروف الشدِّ الملحى تراكمت فى أوراق السلالة P.I. 174263 كميات أقل من الصوديوم والكلورين، وكميات أكبر من الكالسيوم عما حدث فى أوراق UCT5. وعبر الآباء ومختلف الأجيال ارتبط النمو فى ظروف الشدِّ الملحى إيجابيًّا مع محتوى الكالسيوم

بالأوراق، وارتبط سلبيًا بمحتواها من الصوديوم. وفى المقابل لم يلاحظ أى ارتباط بين النمو وأى من محتوى المواد الذائبة بالأوراق أو معدل إنتاج الإثيلين تحت ظروف الشدّ الملحى.

وأظهرت الدراسة أن النمو المطلق والنسبى وتركيزات الصوديوم والكالسيوم بالأوراق تحت ظروف الشدّ الملحى يتحكم فيها نظام وراثى إضافى بصورة أساسية، وذات درجة توريث عالية. وبذا .. فإن محتوى أنسجة الأوراق من أيونى الصوديوم والكالسيوم يمكن اعتباره مقياسًا مفيدًا للانتخاب عند التربية لتحمل الملوحة، وذلك عند الاعتماد على P.I. 174263 كمصدر لتلك الصفة (Foolad ١٩٩٧).

وقد 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 إضافى، ومع ذلك .. فقد أمكن الانتخاب لتلك الصفة فى الأجيال الانعزالية عندما استخدمت السلالة LA 1401 من *L. cheesmanii* f. *minor* 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: (New Yorker × *L. pennellii*) × New Yorker أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى صفة القدرة على تحمل الملوحة تأتى من الأبوين (المزروع والبرى)، وتتفاعل معًا بطريقة إضافية.

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 بدرجة عالية من التوريث، وتوصل من هذا التقييم إلى توفر صفة تحمل الملوحة فى ستة تراكيب وراثية، هى: LA 2661، و CLN 2498A، و CLN 1621L، و BL 1176، و 6233، و 17870. 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.

وأوضحت دراسة وراثية تحكم جينات ذات تأثيرات إضافية وغير إضافية (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.

وتجدر الإشارة إلى أن جميع الصفات التى أسلفنا بيانها (طول الجذر، ومحتوى الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+، ونسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم يمكن استخدامها كأساس للانتخاب لتحمل الملوحة فى الطماطم.

ويمكن إيجاز بعض أبرز الدراسات التى أجريت على وراثة تحمل الملوحة فى الطماطم فيما يلى:

● أجرى تلقيح بين السلالة المتحملة للملوحة LA 1401 من *L. cheesmanii* وصنف الطماطم الحساس للملوحة Walter، ودرست الصفة تحت ظروف الصوبة حتى الجيل الثانى والتلقيح الرجعى الأول، وتبين أن صفة تحمل الملوحة تورث وتنقل إلى النسل.

● أجرى تلقيح آخر بين السلالة المتحملة للملوحة LA716 من *L. 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 درجة التوريث على النطاق الضيق h^2 لتلك الصفات بين ٠,٣، و ٠,٤٥.

● بتقييم نباتات الجيل الثانى لتهجين بين سلالة طماطم حساسة للملوحة وسلالة متحملة من *L. pimpinellifolium* تحت ظروف الشدّ 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، و ٠,٧٣ على التوالى.

● بدراسة صفة تحمل الملوحة فى مزرعة مائية لنباتات الآباء والجيلين الأول والثانى والتلقيحات الرجعية لتهجين بين سلالة الطماطم الحساسة للملوحة UCT5 والسلالة المتحملة P.I.174263، وجد أن القدرة على النمو تحت ظروف الشدّ الملحى مقارنة بالنمو فى الظروف العادية كانت تحت تأثير نظام وراثى إضافى، ويمكن اعتبارها دليل ممتاز للانتخاب لتحمل الملوحة فى الطماطم (عن Foolad ٢٠٠٤).

● أوضحت الدراسات التى أجريت على وراثة تحمل الملوحة فى الطماطم أنه — فى كل مرحلة من مراحل النمو — يتحكم فى صفة التحمل عدد قليل من الـ QTLs ذات التأثير الرئيسى، وعديد من الـ QTLs بتأثيرات أصغر. ولقد أمكن التعرف على QTLs مختلفة فى مراحل النمو المختلفة؛ بما يعنى غياب العلاقات الوراثية بين تلك المراحل فى خاصية تحمل الملوحة. وبينما أمكن تحديد QTLs كانت خاصة بعشائر معينة ولا توجد فى غيرها، فقد أمكن — فى المقابل — تحديد QTLs كانت متواجدة فى عشائر وأنواع مختلفة من جنس الطماطم.

إن 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 [K^+]/[Na^+] فى الأوراق.

وبينما درست تلك الصفات — باستفاضة — بتحليل الـ QTLs فى القمح وغيره من الحبوب النجيلية، فإن دراستها فى ذوات الفلقتين مازالت قاصرة.

ولكى تكون للـ QTLs قيمة كبيرة، فإن الصفات التى تُحدِّد مواقع جيناتها لا يكفى أن تكون ذات أهمية فسيولوجية وترتبط بعلاقة قوية بتحمل الملوحة، ولكنها يجب أن تكون — كذلك — ذات درجة توريث عالية. وبدراسة التباين فى بعض الصفات الفسيولوجية ودرجة توريثها فى ١٣٥ RILs من تلقيح بين *S. lycopersicon*، 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 درجة التوريث متوسطة أو منخفضة (جدول (١١-٤)؛ كما هو متوقع لصفات كمية شديدة التأثر بالعوامل البيئية (Cuartero وآخرون ٢٠٠٦).

جدول (١١-٤): درجات التوريث على النطاق العريض لتسع صفات ذات علاقة بتحمل الملوحة فى الطماطم مقدرة على ١٣٥ **RILs** من التلقيح ***S. lycopersicon* x *S. pimpinellifolium*** عند نموها فى شدٍّ ملحى قدره صفر، و ١٠٠، و ٢٠٠ ملى مول كلوريد صوديوم.

الصفة	الشدّ الملحى (ملى 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

ولقد أُجريت دراسة لتحديد QTLs لتحمل الملوحة فى الطماطم خلال مرحلة النمو الخضرى، واستخدمت فيها سلالة الطماطم الحساسة للملوحة NC84173 كأم وكأب رجعى، والسلالة المتحملة للملوحة LA722 من *L. pimpinellifolium* (متحملة فى كل من مرحلتى إنبات البذور ونمو البادرات)، وأجرى التقييم لتحمل الملوحة فى مزارع مائية تحتوى على ٧٠٠ ملى مول من كلوريد الصوديوم + ٧٠ ملى مول من كلوريد الكالسيوم (EC = حوالى ٦٤ ديسى سيمنز/م). ولقد حُصل على تقدير قدره ٠,٥ لدرجة التوريث المتحققة realized heritability. وأمكن التعرف على خمسة مواقع جينية على الكروموسومات أرقام ١، ٣، ٥، ٦، ١١ تحمل QTLs جوهرية لتحمل الملوحة. وباستثناء الـ QTLs التى تحددت على الكروموسوم رقم ٣، فإن جميع الـ QTLs الأخرى كان فيها الآليل الإيجابى فى تحمل الملوحة مُتحصل عليه من السلالة البرية LA722. ومن بين الخمسة QTLs، 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 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).

واعتمادًا على عشيرة جيل ثان من ٢٥٠٠ نبات لتلقيح بين سلالة الطماطم UCT5 وسلالة *L. pennellii* المتحملة للملوحة LA716 أمكن التعرف على خمسة QTLs على الكروموسومات أرقام ١، و ٣، و ٧، و ٨، و ١٢ كانت ذات تأثيرات جوهرية على تحمل الملوحة خلال مرحلة إنبات البذور. وتأكدت صحة تلك النتائج بدراسات أخرى عديدة استخدمت فيها عشائر من تلقيحات أخرى شملت: *L. esculentum* x *L. pennellii*، و *L. esculentum* x *L. pimpinellifolium*، وأكدت الدراسة التى استخدم فيها *L. pimpinellifolium* كمصدر لتحمل الملوحة معظم الـ QTLs التى سبق التعرف عليها، وأضافت اثنتان جديدتان على الكروموسومين رقما ٢، و ٩. وتبين — كذلك —

من جميع الدراسات أن قدرة بذور الطماطم على الإنبات فى الملوحة العالية يتحكم فيها عدد قليل من الجينات ذات تأثير رئيسى بالإضافة إلى عديد من جينات أخرى ذات تأثير محدود، كما لم تظهر تفاعلات تفوق بين الـ QTLs التى أمكن التعرف عليها، أو كانت تلك التفاعلات صغيرة (عن Foolad ٢٠٠٤).

وقد أمكن التعرف على سلالات متحملة للملوحة من كل من الأنواع البرية التالية:

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

وأظهرت سبعة QTLs على الكروموسومات أرقام ١، و ٢، و ٣، و ٧، و ٨، و ٩، و ١٢ قدرة أفضل على الإنبات فى ظروف الملوحة فى عشائر انعزالية متنوعة استُمدت من كل من السلالة LA716 من *S. pennellii* و السلالة LA7222 من *S. pimpinellifolium*.

كذلك أمكن التعرف على ثلاثة QTLs مسئولة عن تحمل الملوحة فى مرحلة النمو الخضرى على الكروموسومات أرقام ٣، و ٥، و ٩، وكانت مستمدة من السلالة LA7222 (عن Li وآخرين ٢٠١١).

كذلك استخدمت عشيرتين ناتجتين من التلقيح بين الطماطم وكل من السلالة LA716 من *Solanum pennellii* والسلالة LA2951 من *Solanum lycopersicoides* للتعرف على QTLs لتحمل الملوحة فى مرحلة البادرة. ولقد أمكن فى العشيرة التى حصلت على مقاومتها من *S. pennellii* التعرف على أربعة QTLs رئيسية على الكروموسومات أرقام ٦، و ٧، و ١١، بينما أمكن فى العشيرة الأخرى تحديد ستة QTLs رئيسية على الكروموسومات أرقام ٤، و ٦، و ٩، و ١٢. وتشير الأدلة على أن الـ QTLs المشتركة على الكروموسوم رقم ٦ خاصة بالطماطم. وبالتلقيح بين شلات introgression lines (اختصارًا: ILs) من تلك الخاصة بـ *S. pennellii* — تحمل QTLs على الكروموسومين ٦، و ٧ — أظهرت تلك المواقع سيادة وشبه سيادة semi-dominance، وتفاعل غير إضافى وتفوق بينها (Li وآخرون ٢٠١١).

طبيعية القدرة على تحمل الملوحة

تُشير كل الدلائل على أن ضعف إنبات البذور فى الملوحة العالية يرجع إلى زيادة الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى، وليس إلى أى تأثيرات سامة لأيونات معينة. وفى إحدى الدراسات دُرس إنبات بذور سلالات حساسة وأخرى متحملة للملوحة من كل من الطماطم و *L. pimpinellifolium* فى بيئات متساوية فى جهدها المائى (حوالى ٧٠٠ كيلو باسكال، أى حوالى ١٥ ديسى سيمنز/م) تحتوى على أى من كلوريد الصوديوم أو كلوريد المغنيسيوم أو كلوريد البوتاسيوم، أو كلوريد الكالسيوم، أو السوربيتول sorbitol، أو السكروز، أو المانيتول mannitol، ووجد أن تحمل الملوحة أثناء إنبات البذور كان مرده إلى التأقلم على انخفاض الجهد المائى، وليس إلى أى تأثيرات لأى أيونات معينة (عن Foolad ٢٠٠٤).

وتبين — لدى مقارنة تأثير التركيزات المرتفعة من الملوحة فى كل من الطماطم والنوع البرى *L. cheesmanii* 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 VF 36 (Rush & Epstein ١٩٧٦).

وبينما لم تتحمل نباتات الطماطم من صنف Walter النمو فى محلول مغذٍ يحتوى

على ٢٠٠ مللى مول من الصوديوم Na^+، فإنها نمت وتحملت نفس التركيز من البوتاسيوم K^+، وحدث العكس تمامًا مع نباتات السلالة LA1401 من *L. cheesmanii*، حيث لم تتحمل تركيز ٢٠٠ مللى مول من البوتاسيوم، ولكنها نمت وتحملت نفس التركيز من الصوديوم.

وبينما 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 ١٩٨١أ).

وقد قارن Rush (١٩٨٦) هذه السلالة من *L. cheemanii* ببعض أصناف الطماطم، ووجد أن النوع البرى 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.

ويستدل من الدراسات التى أجريت على النوع البرى *L. 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 وآخرين (١٩٨٣). وقد قارن الباحثون صنف الطماطم New Yorker بالسلالة P.I.246502 من النوع البرى *L. pennellii*، و ١٦ 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.

كذلك تبين لدى مقارنة صنف الطماطم الحساس للملوحة E6203 بالصنف المقاوم Edkawy (Hashim وأخرون 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 درست؛ 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 ايونى 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 ملى مول كلوريد صوديوم) — بينما كانت مستويات الصوديوم أقل فى الجذور وأعلى فى الأوراق فى الصنف المقاوم (Hashim وآخرون ١٩٨٨أ).

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 نموًا طبيعيًا وانخفاضًا بسيطًا فى الجهد المائى للأوراق خلال الأيام التسعة الأولى من المعاملة بالملوحة. وقد بدا أن الجهد المائى للأوراق كان أكثر ارتبطًا 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 *Lycopersicon*، هى *L.*

esculentum، و *L. pennellii*، و *L. cheesmanii*، و *L. 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 *L. esculentium* x *L. pennellii* عما فى صنف حساس من *L. esculentum*.

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 إيجابيًا مع كل من نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فى السيقان، وسلبيًا مع تركيز الكلورين فى الأوراق والسيقان (Saranga وآخرون ١٩٩٣).

وعن مستوى البرولين Proline فى النباتات المعرضة لظروف الملوحة .. سبقت الإشارة إلى ما وجده Rush & Epstein (١٩٧٦) من أنه 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 *L. peruvianum* فى بيئات مختلفة تحتوى على كلوريد الصوديوم أو البرولين. ووجد الباحثان أن مستوى البرولين الطبيعى — فى أنسجة الكالوس الخاصة 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.

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).

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

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 *L. 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).

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).

وقد دُرست ظاهرة الـ epinasty (ميل نصل الأوراق إلى أسفل) فى ثلاثة أصناف من الطماطم (هى: Edkawy، و Ramy، و Vemar، بترتيب تنازلى لتحملها للملوحة)، وإحدى سلالات النوع البرى المتحمل للملوحة *L. cheesmanii* لدى تعريضها لأربعة مستويات من الشدِّ الملحى (هى: صفر و ٥٠، و ١٠٠، و ٢٠٠ ملى 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 الملوحة

قام Rush & Epstein (١٩٨١) بتهجين صنف الطماطم Walter مع السلالات LA1401 من النوع البرى *L. cheesmanii* f. *minor*، 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 *L. pennelii*.

كذلك أُنتج صنف طماطم للتصنيع متحمل للملوحة بتلقيح أحد أصناف التصنيع مع *L. pennellii*، ثم أتبع 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).

هذا .. وبالمقارنة مع وراثة تحمل الملوحة فى مراحل النمو التالية للإنبات ونمو البادرات فى الطماطم، فإن وراثة تلك الصفة فى مرحلتى الإنبات والنمو الأوّلى للبادرات كانت أقل تعقيدًا وأقل تأثرًا بالعوامل البيئية؛ بما يعنى إمكان تحسين تلك الصفة بالانتخاب للشكل المظهرى أو بالانتخاب المساعد بالمعلمات الوراثية marker assisted selection (اختصارًا: MAS). ولكن باعتبار أن مصادر التحمل معظمها برية، فإن الانتخاب المساعد بالمعلمات الوراثية يكون أكثر فاعلية. وتفيد هذه الطريقة فى الانتخاب — كذلك — فى تجميع جينات التحمل من مصادر مختلفة، ولمراحل نمو مختلفة معًا فى تركيب وراثى واحد؛ فيما يعرف بعملية تهريم pyramiding الجينات (عن Foolad ٢٠٠٤).