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 أو الجفاف).

قدرة البذور على الإنبات والبادرات على النمو فى ظروف الشدِّ الملحى

تؤدى الحساسية للملوحة خلال مرحلة إنبات البذور إلى بطء الإنبات، وبطء نمو البادرات، وامتداد توزيع الإنبات على مدى فترة زمنية أطول؛ مما يكون له تأثير سلبى على ضبط المعاملات الزراعية وضبط توقيت الحصاد الآلى. ويعمل تحمل الملوحة خلال مرحلة الإنبات على التغلب على تلك المشاكل.

التباينات الوراثية فى قدرة البذور على الإنبات والبادرات على النمو فى ظروف شدِّ الملوحة

اعتمد بعض الباحثين 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 *Solanum*، و٢٠ سلالة من الطماطم فى أطباق بترى على آجار يحتوى على ١٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم، وكانت أسرع السلالات إنباتًا – مرتبة تنازليًّا – هى:

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

السلالة LA 716 من *S. pennellii*.

السلالة P.I. 174263 من *S. lycopesicum*.

كما أمكن التعرف على عدد آخر من السلالات التى أظهرت سرعة نسبية من الإنبات فى وجود كلوريد الصوديوم، وكانت من النوعين *S. pimpinellifolium*، و *S. peruvianum*. هذا.. إلا أن معاملة الملوحة أخرت الإنبات فى جميع السلالات مقارنة بالشاهد (الكنترول)؛ كما اختلفت سرعة الإنبات جوهريًّا – 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 الصوديوم، بنسبة إنبات بلغت ١٠٠٪، و٩٦٪ للصنفين، على التوالى. وقد استمرت مقاومة الصنفين بعد شتلهما فى أصص وريهما بمحلول ملحى، مقارنة بالأصناف الأخرى التى قورنت بهما.

كذلك أمكن التعرف على سلالات برية من جنس الطماطم قادرة على الإنبات السريع فى ١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم، تضمنت سلالات من الأنواع *S. corneliomulleri*، و *S. pennellii*، و *S. pimpinellifolium*، و *S. peruvianum*، وكذلك سلات غير محسنة (landraces) من *S. lycopersicum*. وكانت أفضل السلالات ثباتًا فى الإنبات تحت ظروف الشدِّ الملحى LA 716 من *S. pennellii*، والسلالة التركية P.I.17463 من *S. lycopersicum*. أما ثبات نمو البادرات فى ظروف الشدِّ الملحى فكان أفضل ما يمكن فى كل من الصنف إدكاوى Edkawy والسلالة P.I. 174263، وتلاهما سلالات من كل من *S. pernuvianum*، و *S. corneliomulleri*، و *S. neorickii*. هذا ولم يكن هناك ارتباط بين القدرة على الإنبات السريع والقدرة على النمو المنتظم فى ظروف الشدِّ الملحى (Jones ١٩٨٦، و Jones وآخرون ١٩٨٨).

واختبرت قدرة بذور ٤٢ سلالة برية من *S. pimpinellifolium*، و١١ صنفًا من الطماطم، والسلالة LA716 من *S. pennellii* المتحملة للملوحة، وصنف الطماطم المتحمل

P.I. 74263، والصنف الحساس UCT5.. اختبرت قدرتها على الإنبات فى صفر مللى مول أو ١٠٠ مللى مول ملح بحر مجهز synthetic sea salt يحتوى على أيونا الصوديوم والكالسيوم بنسبة مولارية مقدارها ٥ : ١، على التوالى، ووجد ما يلى:

١-ازداد الوقت الذى يلزم للإنبات بزيادة الشدِّ الملحى فى كل التراكيب الوراثية المختبرة، ولكن مع وجود تباينات وراثية فى هذا الشأن.

٢-أنبتت بذور السلالة LA1578 من *S. pimpinellifolium* بنفس سرعة إنبات السلالة LA 716، وأنبت كلاهما أسرع من أى تركيب وراثى آخر تحت ظروف الشد الملحى.

٣-أنبتت بذور ١٠ سلالات من *S. pimpinellifolium* أسرع من إنبات بذور سلالة الطماطم P. I 1174263، وأنبتت بذور ٣٥ سلالة من النوع البرى أسرع من UCT5 تحت ظروف الشد الملحى.

٤-كان هناك ارتباط موجب جوهرى جدًّا (r = ٠,٦٢) بين القدرة على الإنبات السريع فى الظروف الطبيعية وظروف الشدِّ الملحى (Foolad & Lin ١٩٩٧).

وراثة قدرة البذور على الإنبات والبادرات على النمو فى ظروف شدِّ الملوحة

الوراثة الكلاسيكية

تبين من دراسة الجيل الأول والأجيال الانعزالية للتلقيح بين سلالة الطماطم المتحملة للملوحة P.I. 174263 والصنف الحساس UCT5 أن صفة التحمل أثناء إنبات البذور ليس مردها إلى خصائص معينة فى الجنين، وإنما – وبصفة أساسية – إلى عوامل ذات تأثيرات مضيفة فى الإندوسبرم، وأخرى ذات تأثيرات سائدة فى قصرة البذرة testa، ولكن معظم التباين الوراثى كان مردة إلى التأثيرات المضيفة فى الإندوسبرم؛ الأمر الذى انعكس فى الحصول على تقدير عالٍ لكفاءة التوريث فى المعنى الخاص لصفة القدرة على تحمل الملوحة أثناء الإنبات (Foolad & Jones ١٩٩١)؛ حيث قدرت (من

واقع ارتداد قيم متوسطات أنسال الجيل الثالث على قيم نباتات الجيل الثانى) بنحو ٠,٧٨، و ٠,٧٦، و ٠,٨٥؛ بما يعنى غياب أى تأثيرات جينية جوهرية للسيادة، وبما يعنى – كذلك – إمكان الحصول على استجابة سريعة للانتخاب فى الأجيال الانعزالية الأولى (Foolad & Jones ١٩٩٢).

لقد وجد أن تحمل الملوحة خلال مرحلة إنبات البذور صفة وراثية كمية أكبر مكوناتها التأثير المضيف، وكان مرد التباين فى تحمل الملوحة إلى التأثيرات الإضافية لإندوسبرم البذرة بصفة أساسية. وتبين أن صفة تحمل الملوحة أثناء إنبات البذور يمكن تحسينها بالانتخاب على أساس الشكل المظهرى؛ حيث بلغت كفاءة التوريث المتحققة realized heritability ٠,٧٣ (عن Foolad ١٩٩٩).

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

الوراثة الجزيئية

فى دراسة على الجيل الثانى لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للملوحة UCT5، والسلالة المتحملة للملوحة LA716 من *S. pennellii* أمكن التعرف على ثمانىQTLs موزعة على سبعة كروموسومات وذات تأثيرات جوهرية على الصفة. كما تبين أن تلك الـ QTLs ذاتها تُسهم فى تحمل الملوحة عند مستويات مختلفة من الملح؛ بما يعنى أن الانتخاب لتحمل الملوحة عند أى مستوى من الملح يُعطى نسلاً متحملاً للملوحة فى مدى واسع من مستويات الشدِّ الملحى.

وفى دراسة أخرى على عشيرة BC_1S_1 لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للملوحة NC84173 والسلال المتحملة للملوحة LA722 من *S. pimpinellifolium* أمكن التعرف على ست QTLs تتوزع على ستة كروموسومات كانت لها تأثيرات جوهرية على تحمل الملوحة خلال مرحلة الإنبات (Foolad وآخرون ١٩٩٨، و Foolad ١٩٩٩).

وتأكيدًا لما سبق بيانه.. أمكن اعتمادًا على عشيرة جيل ثانٍ من ٢٥٠٠ نبات لتلقيح بين سلالة الطماطم UCT5 وسلالة *S. pennellii* المتحملة للملوحة LA716 – التعرف على خمسة QTLs على الكروموسومات أرقام ١، و ٣، و٧، و٨، 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: *S. lycopersicum* × *S. pennellii*، و*S. pimpinellifolium* × *S. Lycopersicum*، وأكدت الدراسة التى استخدم فيها *S. pimpinellifolium* كمصدر لتحمل الملوحة معظم الـ QTLs التى سبق التعرف عليها، وأضافت اثنتان جديدتان على الكروموسومين رقما ٢، و٩. 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).

وأظهرت سبعة QTLs على الكروموسومات أرقام ١، و٢، و٣، و٧، و٨، و٩، و١٢ قدرة أفضل على الإنبات فى ظروف الملوحة فى عشائر انعزالية متنوعة استُمِدت من كل من السلالة LA716 من *S. pennellii* والسلالة LA 7222 من *S. pimpinellifolium* (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، و٧، و١١، بينما أمكن فى العشيرة الأخرى تحديد ستة QTLs رئيسية على الكروموسومات أرقام ٤، و٦، و٩، و١٢. وتشير الأدلة على أن الـ QTLs المشتركة على الكروموسوم رقم ٦ خاصة بالطماطم. وبالتلقيح بين ثلاث introgression lines من تلك الخاصة بـ *S. pennellii* – تحمل QTLs على الكروموسومين ٦، و٧ – أظهرت تلك المواقع سيادة وشبه سيادة semidominace، وتفاعل غير مضيف وتفوق بينها (Li وآخرون ٢٠١١).

طبيعة قدرة البذور على الإنبات والبادرات على النمو فى ظروف شد 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 *S. 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).

التربية لقدرة البذور على الإنبات وتحمل البادرات للنمو فى ظروف شدِّ 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)، و١٥٠ (متوسط)، و٢٠٠ ملل 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، و٠,٧٦ (Foolad ١٩٩٦).

وبالمقارنة مع وراثة تحمل الملوحة فى مراحل النمو التالية للإنبات ونمو البادرات فى الطماطم، فإن وراثة تلك الصفة فى مرحلتى الإنبات والنمو الأوَّلى للبادرات كانت أقل تعقيدًا وأقل تأثرًا بالعوامل البيئية؛ بما يعنى إمكان تحسين تلك الصفة بالانتخاب للشكل المظهرى أو بالانتخاب المساعَد بالمعلمات الوراثية marker assisted selection (اختصارًا: MAS). ولكن باعتبار أن مصادر التحمل معظمها برية، فإن الانتخاب المساعَد 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).

ولقد لوحظ أن سلالات الطماطم السريعة الإنبات فى التركيزات المنخفضة من الملوحة (٧٥–١٠٠ ملل مول من كلوريد الصوديوم) تكون – كذلك – سريعة الإنبات فى التركيز العالى (٢٠٠ ملل 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 ملل مول كلوريد صوديوم) من الملوحة يرتبط بدرجة عالية بمعدل الإنبات فى كل من المستوى المنخفض (١٠٠ ملل مول كلوريد صوديوم) والمستوى المرتفع (٢٠٠ ملل مول كلوريد صوديوم) من الملوحة؛ لذا.. يفضل إجراء الانتخاب لتحمل الملوحة فى مستوى متوسط من الشدِّ الملحى (عن Foolad ٢٠٠٤).