٨

التربية لتحمل ملوحة التربة ومياه الرى

تعرف الأراضى غير الصالحة للزراعة باسم «الأراضى ذات المشاكل Proplem Soils »، وهى الأراضى التى يوجد فيها انحراف حاد ـ عن المجال المناسب للنمو النباتى الطبيعى ـ فى واحد أو أكثر من العوامل البيئية الأرضية، مثل : الملوحة الأرضية، والرطوبة الأرضية، والعناصر الغذائية، والـ pH.

وتوجد ثلاثة بدائل للاستفادة من تلك الأراضى ذات المشاكل، وهى:

١ـ إصلاح التربة.. وهى طريقة تتبع بنجاح عندما يكون الانحراف فى العامل البيئى قليلاً، ولكنها لاتكون اقتصادية إذا كان الانحراف كبيراً.

٢ـ استخدام التربة ذات المشاكل فى زراعة أنواع برية من النباتات يمكنها النمو فيها، على أن يتم استئناسها لصالح الإنسان، بهدف استخلاص مركبات غذائية، أو دوائية منها، أو الاستفادة منها مباشرة كغذاء للإنسان، أو كعلف للماشية، أو لإنتاج الزيوت أو المركبات الأخرى التى تدخل فى الصناعة.. ويحظى هذا الاتجاه باهتمام كبير فى الوقت الحاضر، وهو يهمنا ـ فى مجال تربية النبات ـ لأن استئناس النباتات Plant Domestication لصالح الإنسان يعد أحد أهداف المربى.

٣ـ تربية نباتات تتحمل الانحرافات فى العوامل البيئية الأرضية، ليمكن زراعتها بنجاح فى هذه الأراضى.. وهو موضوع هذا الفصل والفصلين التاسع والعاشر من هذا الكتاب.

الأراضى الملحية، ومشاكلها، وكيفية استغلالها فى الزراعة

أهمية استخدام النباتات التى تتحمل الملوحة فى الزراعة

تؤدى قلة الأمطار فى المناطق الجافة وشبه الجافة إلى الاعتماد على الرى فى الزراعة، الذى يؤدى - مع مرور الوقت - إلى تراكم الأملاح فى التربة، فتصبح بذلك ملحية، وتقل صلاحيتها للزراعة. ويرجع ذلك إلى ما تحتويه مياه الرى من أملاح لايتم التخلص منها بالغسيل. فمثلاً.. تقدر كمية الأملاح التى توجد فى المياه التى تستخدم فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية بنحو ١٠ ملايين طن سنوياً، فى الوقت الذى تستخدم فيه نحو٩٠٪ من تلك المياه فى الزراعة (عن Norlyn ١٩٨٠). كما توجد فى مختلف أنحاء العالم أراض عالية الملوحة غير صالحة للزراعة. وفى حالات كهذه.. لايفيد إصلاح التربة بالوسائل الهندسية فى التخلص التام من مشكلة الملوحة، وإنما فى تحجيمها فقط، بالرغم من التكلفة العالية لتلك الوسائل. ولا يتحقق الاستغلال الأمثل لتلك الأراضى إلا بزراعتها بالأنواع والأصناف التى تتحمل الملوحة.

وتفيد - كذلك - زراعة تلك النباتات التى تتحمل الملوحة فى التوفير فى كل من مياه الرى (لعدم الحاجة إلى غسيل الأملاح فى كل رية)، وتكاليف الإصلاح الدورى للتربة (بزيادة فتراتها). كما يمكن رى تلك النباتات بالمياه الأقل جودة، وتوفير المياه ذات النوعية الجيدة (المنخفضة الملوحة)؛ لرى الأنواع والأصناف الأكثر حساسية للملوحة.

ويمكن - كذلك - زراعة النباتات التى تتحمل الملوحة بالاعتماد على المياه الجوفية التى ترتفع فيها نسبة الأملاح، وفى المناطق الساحلية التى يؤدى كثرة سحب المياه الجوفية منها إلى زيادة ملوحتها بسبب اختلاطها بمياه البحر، وفى الصحارى الساحلية التى يمكن ريها بمياه البحر مباشرة.

ولكن ينبغى أن نضع فى الحسبان أن هذه النباتات التى تتحمل الملوحة يكون نموها - غالباً - أفضل، ومحصولها أعلى إذا ما زرعت فى أراض غير ملحية. ولكنها - بالرغم من

ذلك ـ تنمو بصورة مرضية، وتنتج محصولاً اقتصادياً فى الأراضى الملحية فى الوقت الذى لايمكن للنباتات الحساسة أن تنمو فيها. ويستثنى من ذلك النباتات الملحية Halophytes بطبيعتها، التى يكون نموها ـ غالباً ـ أفضل فى ظروف الملوحة العالية.

تقديرات مساحة الأراضى الملحية والرملية

تُقدر مساحة الأراضى الملحية ـ على مستوى العالم ـ بنحو ٤٠٠ ـ ٩٥٠ مليون هكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠م٢ = ٢,٣٨فداناً). أما الأراضى المروية.. فتقدر بنحو ٢٣٠مليون هكتار، وتقدر المساحة المتأثرة منها بالملوحة بنحو الثلث، أى حوالى ٧٥مليون هكتار (عن Epstein وآخرين ١٩٨٠). وفى باكستان وحدها ـ على سبيل المثال ـ تبلغ جملة مساحة الأراضى المروية حوالى١٥مليون هكتار، أصبح نحو ١٠ ملايين هكتار منها ملحية، أو رديئة الصرف إلى درجة دخول آلاف الهكتارات سنوياً ضمن الأراضى غير الصالحة للزراعة (عن Jones ١٩٨١).

وتقدر مساحة الصحارى الساحلية بنحو ٣٠ ألف كيلو متراً مربعاً، بينما تقدر مساحة الكثبان الرملية ـ على مستوى العالم ـ بنحو١,٣بليون هكتار، وتشكل كلتا المساحتين نحو ٩٪ من مساحة اليابسة فى الكرة الأرضية. ولا يعرف ـ على وجه التحديد ـ نسبة الجزء الذى يمكن زراعته من تلك المساحات الشاسعة بالنباتات المحبة للملوحة، أو بالأصناف التى تتحمل الملوحة من المحاصيل الزراعية (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩).

أضرار الملوحة العالية

تظهر الآثار السلبية للملوحة العالية فى ثلاثة جوانب كما يلى :

١ـ بناء التربة Soil Structure :

تؤثر التركيزات العالية للأملاح ـ وخاصة عند زيادة نسبة ادمصاص الصوديوم إلى

الكاتيونات الأخرى على سطح غرويات الطين ـ تأثيراً سيئاً على الصفات الفيزيائية للتربة، حيث تتشتت الحبيبات الصغيرة (المكونة للتجمعات الكبيرة)، وتصبح مفردة؛ الأمر الذى يقلل كثيراً من حجم مسام التربة، ويضعف نفاذيتها للماء.

٢ـ التفاعل بين التربة والجذور Soil / Root Interactions:

تجعل التركيزات العالية للأملاح فى المحلول الأرضى امتصاص النبات للماء والعناصر أمراً صعباً؛ بسبب زيادة الضغط الآسموزى للمحلول الأرضى، والتنافس الكيميائى بين أيونات الأملاح وأيونات العناصر المغذية على الامتصاص.

٣ـ داخل النبات :

تؤدى زيادة امتصاص النبات للأملاح إلى تواجدها بتركيزات عالية فى أنسجة النبات بصورة عامة، وفى السيتوبلازم، والفجوات العصارية بصورة خاصة؛ الأمر الذى يترتب عليه ما يلى:

أ ـ تثبيط النشاط الأيضى.

ب ـ التضارب مع تمثيل البروتين.

جـ ـ فقد الخلايا للماء.

د ـ انغلاق الثغور.

هـ ـ شيخوخة الأوراق مبكراً.

ويؤدى عدم التوازن بين تركيز الأملاح فى كل من السيتوبلازم والفجوات العصارية إلى زيادة التأثير الضار للأملاح الزائدة؛ فتصبح سامة للنبات، بالرغم من أن تركيزها العام فى النسيج النباتى قد يكون معتدلاً (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

النباتات المحبة للملوحة وأوجه الاستفادة منها

تعريف بالنباتات المحبة للملوحة

يقدر عدد النباتات المغطاة البذور المحبة للملوحة halophytes بما لا يقل عن ٨٠٠ نوع نباتى تتوزع على أكثر من ٢٥٠ جنساً. ويمثل هذا العدد من الأجناس نحو ٦٪ من جميع أجناس مغطاة البذور (عن Austin ١٩٨٩).

ومن الأمثلة البارزة للنباتات الزهرية المحبة للملوحة ما يلى :

١ـ أنواع المانجروف Mangrove ؛ مثل : Avicennia، و Aegilitis، و Rhizophora.

٢ـ «حشائش» البحر المغمورة بالماء؛ مثل : Halophila، و Posidonia، و Zostera.

٣ـ بعض أنواع عدد من العائلات الهامة، مثل العائلة الرمرامية (عن Jones ١٩٨١).

تنمو النباتات المحبة للملوحة ـ سواء أكانت تلك التى تعيش فى مياه البحر، أم على اليابسة ـ فى أوساط لا يقل تركيز الأملاح فيها عن ٤٠ ألف جزء فى المليون (EC =٦٢,٥ مللى موز)، وهو تركيز أعلى بكثير مما يمكن أن تتحمله المحاصيل الزراعية كما يتبين من جدول (٨ ـ ١).

أوجه الاستفادة من النباتات المحبة للملوحة

إن تربية واستنباط أصناف قادرة على تحمل الملوحة من المحاصيل الزراعية المعروفة لزراعتها فى الأراضى المتأثرة بالملوحة ليس أكثر من تأخير لعملية استصلاح الأرض، التى يجب أن تجرى بعد حين؛ للتخلص من ملوحتها الزائدة. فمع مرور الوقت ـ أثناء زراعة تلك الأصناف ـ مع إهمال إصلاح التربة، يزداد تراكم الأملاح فيها إلى أن تصل إلى مستوى أعلى مما يمكن أن تتحمله هذه الأصناف.

جدول (٨ - ١) مدى تحمل الملوحة فى مختلف فئات المحاصيل الزراعية (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

الفئة المحصولية	المحصول	تركيز الأملاح (EC) الذى يؤدى إلى نقص المحصول بنسبة ٥٠ ٪
الحبوب	الذرة	٥,٨
	الأرز	٧,٠
	القمح	١٣,٠
	الشعير	١٨,٠
الخضر	الفاصوليا	٣,٧
	السبانخ	٨,٥
نجيليات العلف	الشيلم البرى	١٠,٨
	حشيشة القمح الطويلة	١٩,٥
محاصيل أخرى	فول الصويا	٧,٥
	بنجر السكر	١٥,٥
	القطن	١٧,٥

أما النباتات المحبة للملوحة فإنها تنمو بصورة طبيعية فى الأراضى الشديدة الملوحة، بل إن نمو بعضها يتأثر سلبياً لو أنها زرعت فى أوساط قليلة الملوحة.

ولقد استفاد الإنسان - بالفعل - من بعض هذه النباتات، قبل أن يتمكن من تطوير الطرق المناسبة لإنتاجها. فيُذكر أن الهنود الحمر فى المكسيك استخدموا بذور النبات Zostera marina كغذاء لهم، وهو نبات ينمو مغموراً تماماً فى مياه البحر. كذلك استفاد

obeikandl.com

الإنسان فى السواحل الاستوائية من نباتات المانجروف التى كان يجمعها لاستخدامها كوقود (عن Epstein وآخرين١٩٧٩).

ولعل أكثر ما يجذب الباحثين إلى دراسة هذه النباتات هو استئناسها، وتطوير التقنيات الزراعية المناسبة لها؛ للاستفادة منها مباشرة كغذاء للإنسان، أو كعلف للماشية. ولكن تحقيق ذلك يتطلب خلو تلك النباتات من التركيزات العالية من أيونى الصوديوم والكلور، أو إيجاد الوسائل المناسبة لتخليصها منها.

ومن أبرز الأمثلة للنباتات التى تجرى محاولات لاستئناسها - بهدف الاستفادة منها كغذاء للإنسان أو لحيواناته الزراعية، أو لاستخلاص مركبات دوائية، أو غيرها من المركبات - منها، مايلى:

١- النبات Spartina alterniflora :

ينمو بريا بكثرة فى الأراضى الملحية بشرقى الولايات المتحدة. بذوره صغيرة يبلغ متوسط وزنها ٢,٥مجم، وتحتوى على نحو ١٥٪ بروتيناً على أساس الوزن الجاف. ويبدو أن له مستقبلاً كمحصول علف.

٢- النبات Chenopodium album (Lamb's quarters):

نبات حولى ينتج بذورا بكثرة تحتوى على نحو ١٧٪ بروتيناً على أساس الوزن الجاف. ينمو النبات جيداً عند ريه بالمياه العالية الملوحة. وقد استخدم النبات الأخضر كغذاء للإنسان، كما أنه يشبه كثيراً النبات Chenopodium quinoa الذى يستخدمه الهنود الحمر - بأمريكا الجنوبية - كغذاء. تحتوى بذور النبات الأخير على بروتين ذى قيمة بيولوجية عالية بنسبة ١٠-١٢٪ على أساس الوزن الجاف، ولكنه لا يتحمل الملوحة. ومع ذلك فإن النوعين يمكن أن يهجنا معاً؛ لإنتاج طرز صالحة للاستهلاك وتتحمل الملوحة.

٣ـ النبات Kosteletzkya virginica (Seashore mallow) :

ينمو فى الأراضى العالية الملوحة، وينتج بنوراً بكثرة، تقترب فى حجمها من بنور القمح، وتحتوى على نحو ٣٣٪ بروتيناً على أساس الوزن الجاف.

٤ـ النبات Spartina patens :

تتوفر منه ثلاث سلالات على درجة عالية من التحمل للملوحة، تصلح واحدة منها ـ على الأقل ـ لزراعتها كمحصول علف، وخاصة فى الأراضى الرملية.

٥ـ النبات Distichlis spicata :

يتحمل تركيزات عالية جداً من الملوحة، وهو وحيد الجنس ثنائى المسكن، واستعمله الهنود الحمر كغذاء، وربما يكون له مستقبل كمحصول علف.

كما يوجد نبات آخر قريب منه هو D. palmeri ينمو على الشواطئ فى خليج كاليفورنيا، واستخدم أيضاً كغذاء بواسطة الهنود الحمر.

إن معظم تلك النباتات يمكن أن يكون لها مستقبل كمحاصيل علف، كما أن بعضها يمكن أن يطور لإنتاج حبوب صالحة للاستهلاك الآدمى، وخاصة بعد خلطها مع الحبوب التقليدية (Somers١٩٧٩).

٦ـ العشب المحب للملوحة Batis spp. :

جربت زراعة هذا النبات المحب للملوحة (شكل ٨ـ١، يوجد فى آخر الكتاب) فى عدة دول، منها الولايات المتحدة (ولاية أريزونا)؛ والإمارات العربية المتحدة. تكون زراعته فى الأراضى الرملية بالقرب من سواحل البحار؛ حيث يروى بمياه البحر مباشرة، ويزرع لأجل بذوره، ونمواته الخضرية التى تخلص من بللورات الملح (التى توجد فى سيقان النبات)، وتجهز على صورة بالات لاستخدامها كغذاء للماشية.

يحصد النبات بعد نحو ٢٠٠ يوم من زراعته، ثم يدرس لفصل البذور الناضجة عن القش. تستخدم السيقان المقطوعة كعلف للحيوانات الزراعية والداجنة، حيث يمكن الحصول على ١٥ طناً من الحشيش من الهكتار الواحد بعد إزالة الأملاح منه. ويضاف إليه كسب البذور (بعد استخلاص الزيت منها) لزيادة قيمته الغذائية كعلف. أما النباتات التى تحصد قبل نضج البذور فإنها تحتوى على بروتين بنسبة ١٢-١٤٪.

يشكل الزيت نحو ٣٠٪ من حجم البذرة، ويمتاز بنوعيته الجيدة، وهو يشبه - إلى حد كبير - زيت بذرة القرطم، وتكاد الكميات المنتجة منه تعادل تلك الكميات المستخلصة من فول الصويا على أساس وحدة المساحة المزروعة. أما مسحوق البذور فإنه يحتوى على ٤٣٪ بروتيناً (الزراعة فى العالم العربى - المجلد الثانى - العدد ٨/٧).

وإضافة إلى ماتقدم ذكره من نباتات محبة للملوحة يُعْرَفُ عديد من النباتات الأخرى التى تتحمل الجفاف، والتى يأتى بيانها تحت هذا الموضوع. وتتفاوت تلك النباتات فى مدى تحملها للملوحة، ونكتفى - حاليا - بذكر الأمثلة التالية :

١- نبات الجوايال Guayle :

يسمى - علميا - Parthenium argentatum ، وهو نبات معمر يزرع لأجل إنتاج المطاط، يتحمل الملوحة إلى حد ما.. فبرغم أن الملوحة تقلل من الإنبات ونمو البادرات، إلا أن النباتات البالغة أكثر تحملاً للملوحة، وتنمو بصورة جيدة عند ريها بمياه ملحية (عن Fangmeier وآخرين ١٩٨٤).

٢- الهوهوبا Jojoba :

يُحصل منه على دهون عالية الجودة، تشبه الدهون التى تستخرج من بعض الحيتان، ولها استخدامات كثيرة فى الصناعة. يتحمل الجفاف بدرجة عالية؛ كما أنها تعد من النباتات التى تتحمل الملوحة (عن Univ. Arizona ١٩٨٠).

الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة فى النباتات

طبيعة تحمل الملوحة فى النباتات المحبة للملوحة

تنمو النباتات المحبة للملوحة - غالبا - فى بيئات تحتوى على كلوريد الصوديوم بتركيز ١٠٠-٢٥٠ مول/م٣ (يحتوى ماء البحر على نحو ٥٠٠ مول كلوريد الصوديوم /م٣)، مع تواجد بعض الأيونات السامة الأخرى أحيانا. فإذا أخذنا كلوريد الصوديوم فقط فى الحسبان، وافترضنا أن نسبة النتح إلى البناء الضوئى (وزن الماء المفقود بالنتح إلى الوزن الجاف للمادة العضوية التى يقوم النبات بتمثيلها) هى ٣٠٠ (وهى نسبة واقعية)، وأن تركيز الأملاح فى بيئة نمو النباتات هو ٢٠٠ مول/ م٣.. نجد أنه مقابل كل جرام من المادة الجافة العضوية التى يقوم النبات بتمثيلها، فإن عليه أن يتعامل مع ٣,٥جم من كلوريد الصوديوم؛ إما بالتخلص منها، أو بمنع تأثيرها السام.

ويمكن بيان خطوط دفاع النباتات ضد الكميات الهائلة التى يمتصها من كلوريد الصوديوم - مرتبة حسب أهميتها فيما يلى:

١- تمييز النباتات ضد أيونى الصوديوم والكلور عند امتصاصها للماء الأرضى الملحى.

٢- حجز الأملاح فى الفجوات العصارية، ويظهر ذلك - مورفولوجيا - على صورة أعضاء نباتية عصيرية succulent توجد فيها نسبة عالية من الماء إلى المواد العضوية الجافة. وقد يحدث هذا الحجز للأملاح فى الأوراق المسنة. ولا يعتقد أن تلك الوسيلة يمكن أن يكون لها أهمية كبيرة فى تجنب أضرار الأملاح الزائدة فى المحاصيل الاقتصادية.

٣- يوجد فى بعض النباتات تراكيب متخصصة لفرز وطرح الأملاح منها، كما فى النجيليات المحبة للملوحة، وهى نباتات لاهى بالعصيرية، ولا يوجد فيها فجوات عصارية كبيرة (عن Austin ١٩٨٩).

ونجد فى أوراق بعض النباتات (مثل الجنس Atriplex) تراكيب متخصصة تعرف باسم الغدد الملحية Salt Glands ، أو المثانات الملحية Salt Bladders تتجمع فيها الأملاح من الأنسجة المحيطة بها، ثم تفرز منها بتركيزات عالية إلى سطح الأوراق؛ حيث تغسل من عليها بواسطة الندى أو ماء المطر.

٤ـ تُسقط بعض النباتات الصحراوية المحبة للملوحة أوراقها عند زيادة محتواها من الأملاح عن مستوى معين؛ الأمر الذى يمنع تراكم الأملاح فى باقى أجزاء النبات. وبالرغم من أن هذا الأسلوب فى التخلص من الأملاح نو كفاءة عالية، إلا أن قيمته الزراعية ـ فى المحاصيل الاقتصادية ـ مشكوك فيها (عن Rains ١٩٧٩).

٥ـ يمكن للنباتات أن تؤمن لنفسها توازناً أسموزيا Osmoregulation داخليا عن طريق خاصية النفاذية الاختيارية للأغشية الخلوية التى قد تسمح بمرور أيون معين إلى داخل الخلية، وتمنع أيوناً آخر، وقد تعمل على نقل أيون ثالث خارج الخلية. ويكون اختيار الأغشية الخلوية للأيونات التى تسمح بنفاذها حسب أهميتها للنبات ومدى حاجته إليها. ويكون للأغشية الخلوية المعرضة للبيئة الخارجية (فى الشعيرات الجذرية) دورها فى تحديد الأيونات التى يُسمح بمرورها إلى داخل النبات عندما يكون تركيز الأملاح منخفضاً أو متوسطاً. أما عند زيادة تركيز الأملاح فإن الكميات الممتصة من الأيونات غير المرغوب فيها يزداد بصورة غير مناسبة؛ الأمر الذى يستتبع قيام الأغشية الخلوية الداخلية بعملية التنظيم الأسموزى فى الفجوات العصارية (Rains ١٩٨١).

٦ـ يعرف كثير من الأنواع النباتية ـ التى يرتبط تحملها للتركيزات العالية من كلوريد الصوديوم ـ بقدرتها على استبعاد أيون الكلور، أو أيون الصوديوم، أو كليهما من الوصول إلى النموات الخضرية من خلال أنظمة فيزيائية كيميائية خاصة، والتى منها إفراز الصوديوم من الجذور إلى التربة مرة أخرى، وقيام خلايا متخصصة من برانشيمية الخشب بالامتصاص.

ومن أمثلة تلك النباتات ما يلى (عن Jones ١٩٨١):

النوع النباتى	الأيون المُستبعد
الشعير	الكلوروالصوديوم
Festuca rubra	الكلوروالصوديوم
القمح Triticum aestivum	الكلوروالصوديوم
Agropyron elongatum	الكلوروالصوديوم
فول الصويا	الكلور
الأفوكادو	الكلور
العنب	الكلور
الحمضيات	الكلوروالصوديوم
الفواكه ذات النواة الحجرية	الكلوروالصوديوم

التنظيم الآسموزى وأهميته

نجد أن معظم النباتات الثنائية الفلقة المحبة للملوحة halophytes عصيرية succulent، ويتراكم فى فجواتها العصيرية تركيزات عالية من أيونى الصوديوم والكلور. كما يكون تركيز هذين الأيونين فى سيتوبلازم هذه النباتات أعلى مما فى النباتات العادية (القلية أو المتوسطة التحمل للملوحة mesophytes).

ولكى تحقق تلك النباتات توازناً آسموزيا بين الفجوات والسيتوبلازم.. يتراكم بسيتوبلازم خلاياها تركيزات عالية جداً من المواد العضوية الذائبة organic solutes ، مثل البرولين Proline، والجليسين بيتين glycinebetaine، والسوربتول Sorbitol، والجليسرول، وحامض الأوكساليك، والبيتين betaine، وغيرها حسب النوع النباتى. كما أن الأحماض العضوية ذات

الشحنة السالبة - مثل حامض الأوكساليك - تعمل على إحداث توازن مع أيونات الصوديوم المتراكمة ذات الشحنة الموجبة، ويعرف ذلك باسم التنظيم الآسموزى Osmoregulation.

ومن المعلوم أن نشاط عديد من الإنزيمات يتأثر سلبيا بالمركبات الذائبة غير العضوية، بينما يكون ضرر المركبات العضوية الذائبة معدوماً أو قليلاً فى التركيزات العالية.

وبالرغم من الدراسات العديدة التى أجريت على موضوع التنظيم الآسموزى فى النباتات، فإنه لايوجد اتفاق بين الباحثين لا على دوره، ولا على أهميته.. حتى لقد ذكر البعض منهم أن تراكم البرولين والجليسين بيتين يكون مصاحبا بزيادة القدرة على تحمل الملوحة فى بعض الأنواع النباتية، إلا أن ذلك الأمر لايحدث فى كل الحالات. كذلك ذكر البعض أن تراكم الجليسين بيتين فى النباتات يساعدها على زيادة تحملها للملوحة، ولكن ذلك التراكم ليس شرطاً لاغنى عنه لتحمل الملوحة فى النباتات الراقية.

كما أن دور البرولين فى التنظيم الآسموزى فى النباتات موضع جدل. فالبرولين يتراكم فعلا فى النباتات التى تتعرض لظروف قاسية (وخاصة نقص الرطوبة الأرضية)، ولكن يبدو أن ذلك يحدث كاستجابة لصدمة آسموزية شديدة، أو - ربما - لسمية الأملاح.

ومن المعلوم أن المركبات النيتروجينية - مثل البرولين - تنظم بكفاءة عالية عملية تخزين النيتروجين الضرورى للنبات. ويعد البرولين مناسباً لتحقيق هذا الهدف؛ لأنه نشط آسموزيا، ومتوافق مع مكونات السيتوبلازم، ويمكن أن يتحول بسهولة إلى حامض الجلوتامك، وهو حامض أمينى مركزى فى عملية تنظيم تمثيل الأحماض الأمينية الأساسية الأخرى. وبذا.. فإن النبات المعرض للملوحة يمكنه استخدام البرولين كمخزون نيتروجينى، وفى التنظيم الآسموزى (عن Rains ١٩٨١).

ومن النباتات التى يتراكم فيها البرولين بكثرة فى ظروف الملوحة العالية كل من : Triglochin maritima، و Puccinellia maritima ، وكثير من الطحالب والبكتريا.

إن قائمة المركبات العضوية الذائبة فى السيتوبلازم cytosolutes ـ فى النباتات الراقية ـ فى ازدياد مستمر، وتتضمن كحولات السكر sugar alcohols ، والأحماض الأمينية الـdipolar ، ومشتقاتها. ومن الأمثلة الهامة لذلك مركب dimethylsulphonopropionate الذى يشيع وجوده فى الطحالب البحرية. وتوجد المركبات الـ Sulphonic فى النباتات الراقية، مثل: Wedelia biflora، و Ulva lactuca اللذين يتغير تركيز المركب فيهما بتغير تركيز الأملاح فى وسط نموهما.

ويبدو أنه توجد علاقة قوية بين نوع المركبات العضوية الذائبة التى تتراكم فى السيتوبلازم فى ظروف الملوحة العالية وبين الوضع التقسيمى، كما هو موضح فى جدول (٨ـ٢) (عن Jones ١٩٨١).

جدول (٨ ـ٢) : أمثلة لأنواع المركبات العضوية الذائبة فى السيتوبلازم فى بعض الأنواع النباتية.

المركب العضوى	العائلة	النوع النباتى
Glycinebetaine	Chenopodiaceae	Suaeda monoica
		Suaeda maritima
		Atriplex spongiosa
		Spinaceae oleracea
		Beta vulgaris
	Graminae	Spartina x townsendii
		Diplochne fusa
Proline	Graminae	Puccinellia matitima
		Triglochina moritima
Sorbitol	Plantaginaceae	Plantago maritima
		Plantago capensis
Prolinebetaine	Leguminoseae	Medicago sativa
Beta - dimethyl - sulphonio - propionate	Compositae	Wedelia biflora

كذلك تتراكم - فى السلالات التى تتحمل الملوحة - عند تعرضها لظروف الملوحة العالية - أنواع مختلفة من البروتينات - مثل البروتين 26k المسمى أوزموتين Osmotin . وقد وجد Jain وآخرون (١٩٩٣) طرزاً محددة لتراكم البولى بيبتيدات Polypeptides تحت ظروف الملوحة، تختلف باختلاف السلالات المتحملة للملوحة. وبالرغم من عدم التوصل إلى حقيقة الدور الفسيولوجى الذى تلعبه هذه البروتينات على وجه التحديد.. إلا أنه يعتقد بأنها تسمح للنباتات بعمل التأقلمات الحيوية والبنائية التى تمكنه من التعامل مع مستويات الملوحة العالية.

علاقة صفة تحمل الملوحة بالنمو النباتى فى النباتات المحبة للملوحة

ينبغى أن تكون الإنزيمات، أو الأغشية الخلوية، ومكونات تلك الأغشية فى السيتوبلازم - فى النباتات المحبة للملوحة - قادرة على تحمل التركيزات العالية للأيونات غير العضوية، والمواد العضوية الذائبة التى توجد فى خلاياها، أو تكون النباتات مزودة بخصائص لفصل تلك المواد عن الأجزاء النباتية الحساسة فى حجيرات خاصة، فيما يعرف بالـ Compartmentation .

ويتطلب تراكم المواد العضوية الذائبة فى تلك النباتات، والحاجة إلى أن تكون إنزيماتها قادرة على تحمل الملوحة (الأمر الذى قد يجعلها أقل كفاءة من نظيراتها فى النباتات العادية)، وتخصيص حجيرات للأملاح فيها، والتمييز ضد أيونى الصوديوم والكلور عند امتصاص النبات للماء الملحى من التربة..كل ذلك يتطلب بذل طاقة، تكون دائماً على حساب نمو النبات وقدرته الإنتاجية. ولذا.. نجد أن النباتات الملحية تكون - دائماً - أقل نمواً وإنتاجية من النباتات العادية، كما أنها تعطى أعلى نمو ممكن لها عندما تنمو فى بيئات يقل فيها تركيز الأملاح عما تكون عليه الحال فى البيئات التى تنمو فيها بصورة طبيعية (عن Rains ١٩٧٩، و Austin١٩٨٩).

ويتعين الانتباه إلى تلك الحقيقة عند محاولة الاستفادة من صفة تحمل الملوحة (التى

توجد فى النباتات البرية المحبة للملوحة) بمحاولة إدخالها فى النباتات المزروعة؛ ذلك لأن النباتات البرية تصل إلى مرحلة الإزهار والإثمار فى وقت قصير على حساب نموها الخضرى (بهدف زيادة قدرتها على البقاء)، بينما يكون الهدف من زراعة المحاصيل الزراعية هو المحصول الاقتصادى الذى يعتمد - غالباً - على النمو النباتى الجيد. ولذا.. نجد أن أنواع الجنس Lycopersicon البرية التى تتحمل الملوحة يكون نموها ضعيفاً مقارنة بنمو أصناف الطماطم التجارية (عن Tal ١٩٨٤).

علاقة الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة بالاتجاه الذى يسلكه المربى فى تربية المحصول

يتوقف الاتجاه الذى يسلكه المربى لتحسين تحمل نباتاته للملوحة (أو الأساس الفسيولوجى المناسب لصفة تحمل الملوحة) على تركيز الأملاح فى الوسط أو البيئة التى يراد زراعة تلك النباتات فيها، كما يلى :

١- عندما تتوفر الأملاح فى البيئة بصورة غير عادية، ولكن بتركيزات منخفضة نسبياً :

يكون تحقيق التوازن الآسموزى مع الأملاح الخارجية - فى هذه الحالة - مقبولاً أيضياً؛ ذلك لأن ضرر الملح - عندما يوجد بتركيزات منخفضة فى البيئة الخارجية - يرجع أساساً إلى امتصاصه بكميات كبيرة، ثم انتقاله إلى مختلف الأنسجة النباتية. ويؤدى مجرد الحد من امتصاص الملح - فى هذه الحالة - إلى زيادة تحمل النبات للملوحة. ويعد الأرز والذرة من المحاصيل التى تستجيب لهذا الاتجاه فى التربية.

٢- عندما تتواجد الأملاح بتركيزات متوسطة :

لا يكفى مجرد التمييز ضد أيونى الصوديوم والكلور فى الامتصاص عندما يتواجدان فى المحلول الأرضى بتركيزات عالية، بل ينبغى أن يكون النبات قادراً على تحقيق توازن آسموزى مع الكميات التى تُمتص منهما، والتى يتعين فصلها فى الفجوات العصارية، مع

زيادة تركيز المركبات العضوية الذائبة فى السيتوبلازم لتحقيق التوازن المطلوب. ويعد الشعير والقمح وجنساهما (Hordeum، و Triticum) من النباتات التى تستجيب لهذا الاتجاه فى التربية لتحمل الملوحة، ولكن يحد من التقدم فى التربية - فى تلك الحالات - أن قدرة هذه النباتات على تكوين مزيد من الفجوات العصارية الكبيرة محدودة.

٣- عندما تتواجد الأملاح فى البيئة الخارجية بتركيزات عالية :

يتعين فى هذه الحالات أن تكون النباتات قادرة على تخصيص حجيرات للأملاح مفصولة عن السيتوبلازم، كما فى النباتات العصيرية، أو أن يوجد فيها غدد ملحية للتخلص من الأملاح الزائدة، وخاصة فى النباتات غير العصيرية السريعة النمو. وهذه النباتات تكون بطبيعتها من المحبة للملوحة (Yeo & Flowers ١٩٨٩).

تقييم النباتات لتحمل الملوحة

يُواجَه المربى الذى يهتم بتحسين تحمل النباتات للملوحة بمشكلة كبرى، وهى أن صفة التحمل ليست صفة بسيطة، وإنما هى محصلة لعدة صفات تعتمد على أسس فسيولوجية مختلفة يصعب - غالبا - تحديدها. إن الشكل الظاهرى النهائى للنبات (والمتمثل فى استجابته للملوحة) ربما لايكون دليلاً على قيمته الوراثية الحقيقية - بالنسبة لتحمله للملوحة - لأن الصفات المفيدة يمكن أن يختفى دورها فى وجود عوامل أخرى؛ فيبدو النبات حساساً.

إن تقييم النباتات للملوحة - بزراعتها فى وسط ملحى - قد يترتب عليه إظهار بعض الاختلافات المورفولوجية المتوفرة، ولكن عدم ظهور اختلافات مورفولوجية لايعنى عدم وجود تباينات وراثية مفيدة. ومن الأهمية بمكان التعرف على تلك التباينات؛ ليمكن جمعها فى تركيب وراثى واحد (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

العمر المناسب للتقييم

قيم الباحثون النباتات لتحمل الملوحة فى مراحل مختلفة من نموها؛ بدءا بمرحلة تشبع

البذرة بالماء، ومروراً بإنباتها (فى الدراسات المختبرية)، وبزوغ البادرات من التربة، ومراحل: نمو البادرات، وتكوين الخلفات، والنبات البالغ. ولا يوجد اتفاق بين الباحثين حول العلاقة بين تحمل الملوحة ومرحلة النمو النباتى. ويمكن أن نجد فى داخل المحصول الواحد - مثل الشعير - اختلافات بين السلالات فى تحملها للملوحة فى مختلف مراحل نموها (Norlyn ١٩٨٠). كما أن طبيعة تحمل الملوحة - أى أساسها الفسيولوجى - يختلف باختلاف مرحلة النمو النباتى.

وقد أظهرت نتائج عديد من الدراسات أن الملوحة يمكن أن تقلل من سرعة إنبات البذور، بينما قد لايكون لها تأثير فى نسبة الإنبات النهائية. كما أظهرت بعض النباتات تحملاً أكبر للملوحة فى طور البادرة عما فى مراحل النمو التالية، بينما كان العكس صحيحاً فى نباتات أخرى. ويصر بعض الباحثين على أن تحمل الملوحة فى مرحلة إنبات البذور هى أفضل دليل على تحمل النبات للملوحة؛ لأن عدم قدرة البذور على الإنبات فى وجود الملوحة يجعل أية قدرة محتملة لتحمل الملوحة - فى مراحل النمو اللاحقة لذلك - عديمة الجدوى إذا كانت زراعة النباتات فى أراض ملحية، أو كان ريها بمياه يرتفع فيها تركيز الأملاح منذ البداية (عن Ramage ١٩٨٠).

الاعتماد على خاصية تراكم المركبات العضوية الذائبة

برغم أن عديداً من المركبات العضوية الذائبة تتراكم فى السيتوبلازم - فى النباتات التى تتحمل الملوحة لدى تعرضها لظروف الملوحة - إلا أنه لايمكن الاعتماد على تلك الخاصية كوسيلة روتينية للتقييم للملوحة فى مختلف الأنواع النباتية؛ لاختلافها فى أنواع المركبات التى تتراكم فيها، ولاختلاف الآراء حول كون تلك المركبات وسيلة من جانب النبات لزيادة قدرته على تحمل الملوحة، أم أنها تتكون بسبب الأضرار التى تحدثها الملوحة العالية.

الرى بمياه البحر لتقييم تحمل النباتات للملوحة

يحتوى ماء البحر على تركيزات منخفضة جداً من عنصرى النيتروجين والفوسفور، وكميات وافرة من عنصرى البوتاسيوم والكالسيوم، وتركيزات عالية من عنصرى المغنيسيوم

والكبريت. ولكن الصفة المميزة الواضحة لمياه البحر هى احتواؤها على تركيز عالٍ جداً من عنصرى الصوديوم والكلور يصل إلى نحو ٠,٥ مولار كلوريد صوديوم. ومن جميع هذه العناصر.. فإن الصوديوم ليس من العناصر الضرورية للنباتات الراقية، بينما يعد الكلور من العناصر الصغرى (جدول ٨ ـ ٣).

جدول (٨ ـ ٣) متوسط تركيز مختلف العناصر فى مياه البحر (عن Cooper ١٩٨٢)

العنصر	التركيز (جزء فى المليون)
النيتروجين	٠,٥
الفوسفور	٠,٠٥
البوتاسيوم	٣٨٠
الكالسيوم	٤٠٠
المغنيسيوم	١٢٧٠
الحديد	٠,٠١
المنجنيز	٠,٠٠٥
البورون	٤,٦
النحاس	٠,٠٤
الموليبدنم	٠,٠٠١
الزنك	٠,٠١
الصوديوم	١٠٥٦٠
الكلور	١٨٩٨٠
الكبريت	٨٨٤
البروم	٦٥
الاسترونتيم	١٣
السيليكون	٢
الألومنيوم	١
الفلور	١,٤
اليود	٠,٠٥

obeikandl.com

وبالمقارنة بمياه البحر.. فإن المحلول الأرضى يكون فى معظم الأراضى مخففاً، ويمثل تركيز الأيونات فيه محصلة النقص فى تلك العناصر الناشئ عن امتصاص النبات لها، والزيادة الناشئة عن تيسرها من صورها غير الذائبة فى التربة. وتتأثر تلك المحصلة بعديد من العوامل، مثل : الأمطار، والرى، والتسميد، ونشاط الجذور والكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة. أما المحاليل المغذية.. فإنها تحتوى على تركيزات عالية - بالتركيز المناسب للنمو النباتى - من جميع العناصر الضرورية للنبات (جدول ٨-٤).

جدول (٨-٤) : مقارنة بين تركيز العناصر المغذية الكبرى للنبات (بالجزء فى المليون) فى الملحلول الأرضى لتربة عادية، وفى محلول مغذ قياسى، وفى ماء البحر (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩).

العنصر	المحلول الأرضى	المحلول المغذى	ماء البحر
البوتاسيوم	٣٠	٢٣٥	٣٨٠
الكالسيوم	٧٥	١٦٠	٤٠٠
المغنيسيوم	٧٥	٢٤	١٢٧٢
النيتروجين	١٠٠	٢٢٤	٠,٠٠١ - ٠,٧٠
الفوسفور	٠,٠١٥	٦٢	٠,٠٠١ - ٠,١٠
الكبريت	٣٨	٣٢	٨٨٤

الرى بمحاليل ملحية مجهزة لتقييم تحمل النباتات للملوحة

لم يقتصر تقييم النباتات لتحمل الملوحة على استعمال كلوريد الصوديوم فقط فى وسط النمو؛ حيث استخدمت أيضا أملاح كلوريد الكالسيوم، وكلوريد البوتاسيوم، وكبريتات البوتاسيوم، وكلوريد المغنيسيوم، وكبريتات المغنيسيوم، وكربونات الصوديوم، وبيكربونات

الصوديوم، وكبريتات الصوديوم. وقد استخدمت تلك الأملاح إما منفردة، وإما فى توافيق مختلفة مع كلوريد الصوديوم، وإما مع بعضها البعض.

كذلك درست استجابة النباتات للأملاح بزراعتها فى أراض ملحية، وبالرى بمياه ملحية تحتوى على تركيزات مختلفة من مختلف الأملاح. وتظهر النباتات - عادة - قدراً أكبر من الحساسية للملح المنفرد عما تظهره لمجموعة من الأملاح التى تستخدم معاً. وربما كان ذلك بسبب عدم التوازن فى العناصر المغذية، والسمية التى قد تحدثها أيونات معينة عند استخدام ملح واحد منفرد فى التقييم لتحمل الملوحة (عن Ramage ١٩٨٠).

مقاييس تحمل الملوحة فى النباتات

من أهم المقاييس التى استخدمت فى تقييم النباتات لتحمل الملوحة مايلى :

١- معدل تشرب البذور بالماء معبراً عنه بالزيادة فى وزن البذور، أو حجمها.

٢- نسبة الإنبات.

٣- سرعة الإنبات؛ علما بأن الملوحة تؤثر فى سرعة الإنبات بدرجة أكبر من تأثيرها فى نسبة الإنبات النهائية.

٤- بقاء البادرات حية تحت ظروف الملوحة.

٥- معدل نمو البادرات.

٦- الوزن الطازج للبادرات.

٧- النمو الجذرى والقمى.

٨- ارتفاع النبات.

٩- القدرة على تكوين الخلفات.

١٠- مساحة الأوراق.

١١ـ وزن المحصول الاقتصادى ومختلف مكوناته.

١٢ـ القدرة على امتصاص عنصر البوتاسيوم تحت ظروف الملوحة.

١٣ـ الحركة الدورانية للسيتوبلازم.

١٤ـ بلزمة الخلايا.

١٥ـ معدل التنفس.

١٦ـ القدرة على البقاء فى الظروف الملحية (عن Shannon ١٩٧٩، وRamage ١٩٨٠).

ويجب أن يكون التقييم فى مرحلة معينة من النمو النباتى، وباستخدام مستوى معين من الأملاح، لايكون تركيز الكالسيوم منخفضاً فيها. وبرغم أن النباتات التى تنتخب لتحمل الملوحة فى طور مبكر من النمو ربما لاتكون مقاومة فى مراحل أخرى متأخرة، إلا أن التقييم فى مراحل النمو المتأخرة يستلزم وقتاً وجهداً أكبر، ويكون أكثر تكلفة، ويتطلب طرقاً للتقييم أكثر تعقيداً.

التقييم لتحمل الملوحة فى مزارع الأنسجة

لقد أمكن ـ فى عدة حالات ـ إنتاج سلالات خلايا قادرة على تحمل تركيزات عالية من الملوحة فى مزارع الأنسجة، ولكن حالات قليلة منها فقط هى التى استمرت فيها الدراسة إلى حين إنتاج نباتات كاملة من تلك السلالات، واختبار مقاومتها للملوحة تحت ظروف الحقل. وإلى أن تتحقق تلك الخطوة يظل من المستحيل تعرف الفرق بين سلالات الخلايا القادرة على تحمل الملوحة (لأنها تحمل جينات مفيدة فى هذا الشأن)، وتلك التى تكون قادرة على مجرد تحمل الضغط الأسموذى العالى (وليس تحمل الملوحة)، والسلالات التى تعتمد فى تحملها للملوحة على توفر عديد من الموارد اللازمة لها فى البيئة المغذية.

ومن أهم مزايا استخدام مزارع الأنسجة فى الانتخاب لتحمل الملوحة ما يلى:

١ـ عدد الخلايا الكبير الذى يمكن تقييمه لتحمل الملوحة، وسهولة إجراء اختبار التقييم، وتجانس الاختبار.

٢ـ سهولة التعامل مع الخلايا المفردة ودراسة الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة فيها عن النباتات الكاملة.

٣ـ تواجد فرصة أكبر لنشوء اختلافات وراثية فى مزارع الخلايا عما فى النباتات الكاملة، مع سهولة معاملة المزارع بالعوامل المطفرة.

٤ـ يفيد استخدام مزارع الخلايا الأحادية فى اكتشاف الطفرات المتنحية التى تتحمل الملوحة بسهولة.

ولعل أكبر عيوب مزارع الأنسجة فى هذا الشأن أن طبيعة تحمل الملوحة فى سلالات الخلايا قد تختلف جذريا عما فى النباتات الكاملة. ولهذا السبب.. فقد كان النجاح فى إنتاج نباتات كاملة قادرة على تحمل الملوحة ـ بهذه الطريقة ـ محدوداً. وحتى فى تلك الحالات (كما فى التبغ) كان من الضرورى استمرار تعريض المزارع والنباتات التى نشأت منها ـ فى جميع مراحل إنتاجها وإكثارها الجنسى بعد ذلك ـ تحت ظروف الملوحة العالية للمحافظة على بقاء صفة تحمل الملوحة فيها.

وفى إحدى الدراسات تبين أن نباتات التبغ المتحملة للملوحة ـ والتى أمكن الحصول عليها من مزارع الخلايا ـ كانت سداسية التضاعف؛ الأمر الذى يضيف إلى قوة نمو السلالة المنتخبة، مما يفيد أن انتخابها يحتمل أن يكون راجعاً إلى قوة نموها الطبيعى، وليس إلى تحملها للملوحة (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

وعلى خلاف ذلك.. فقد أوضحت الدراسات التى أجريت على البرسيم الحجازى أن سلالات الخلايا ـ التى انتخبت لتحملها للملوحة ـ كانت أكثر قدرة على النمو فى البيئة

الملحية عما فى البيئة الخالية من الملوحة؛ فقد نمت السلالة المنتخبة بصورة أفضل من الخلايا غير المنتخبة عندما كان تركيز كلوريد الصوديوم فى البيئة المغذية ١٪، وتطلبت تلك السلالة المنتخبة وجود كلوريد الصوديوم بتركيز ٠.٥٪ لإعطاء أفضل نمو، بينما كان نموها فى غياب كلوريد الصوديوم ٢٠٪ من نمو الخلايا غير المنتخبة (وغير المتحملة للملوحة) فى ظروف غياب الملوحة. هذا.. بينما تساوى نمو السلالة المنتخبة لتحمل الملوحة والخلايا غير المنتخبة عندما كان تركيز كلوريد الصوديوم فى البيئة المغذية ٠.٥٪ (عن Rains ١٩٨١).

ومن أمثلة الدراسات التى أجريت فى هذا المجال ما قام به Bourgeais (١٩٨٧) من زيادة القدرة على تحمل الملوحة فى مزارع صنف الطماطم St-Pierre بتكرار زراعتها أربع مرات فى بيئات تحتوى على تركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم، وصلت إلى ١٠٠مللى مول، واستخدم فى هذه المزارع إما القمة الطرفية للسيقان، وإما كالس حصل عليه من جنور وسيقان النباتات.

ويذكر Stavarek & Rains (١٩٨٤)، و Duncan & Widholm (١٩٨٦) أنه أمكن انتخاب سلالات خلايا Cell Liues مقاومة للملوحة من مزارع الخلايا لعدة محاصيل زراعية، منها الفلفل، والبرتقال، وقصب السكر، والبن، والأرز، والقمح، والشوفان، والدُخن اللؤلؤى، والقلقاس، والبرسيم الحجازى، والتبغ، والداتورة.

وتكمن المشكلة - فى برامج التربية التى من هذا النوع - فى صعوبة الحصول على نباتات كاملة من سلالات الخلايا المنتخبة لمقاومة الملوحة (أو غيرها من العوامل البيئية)؛ ففى البرسيم الحجازى.. كانت المزرعة التى أجرى فيها الانتخاب قديمة، وحدث فيها تغيرات وراثية فى صفات كثيرة إلى درجة لم تسمح بنمو النباتات التى تميزت منها لاختبار مقاومتها للملوحة وإكثارها. وفى الأرز.. كانت النباتات المقاومة للملوحة الناتجة من سلالات الخلايا عقيمة بدرجة عالية. وفى القلقاس.. ماتت النباتات النامية من سلالات الخلايا قبل

اختبارها، ولكن أمكن الحصول على نباتات من مزارع الدخان كانت قادرة على النمو فى محلول مغذ يحتوى على ٢.٦٢٪ كلوريد صوديوم.

وقد تراوح تركيز كلوريد الصوديوم الذى تحملته سلالات الخلايا - فى مزارع الأنسجة - من ٠.٥٢٪ فى مزارع الخلايا المعلقة Cell suspension culture فى التبغ إلى ١.٠٠٪ فى مزارع الكالوس فى Nicotiana sylvestris ، والفلفل، والبرسيم الحجازى، وإلى ١.٥٠٪ فى مزارع الكالوس فى الأرز، و ٢.٠٠٪ فى مزارع الخلايا المعلقة فى N. Sylvestris .

وتتميز سلالات الخلايا المنتخبة لتحملها للملوحة (كما فى البرسيم الحجازى) بزيادة محتواها من أيون البوتاسيوم - حتى فى وجود تركيزات عالية من أيون الصوديوم - وهى تتشابه فى ذلك مع النباتات الكاملة التى تتحمل الملوحة (عن Rains ١٩٨١).

وقد أمكن انتخاب نباتات من المسترد الهندى Brassica juncea (صنف Prakish) بتقييم النباتات التى نتجت من زراعة ٢٦٢٠ ورقة فلقية فى بيئة ملحية؛ حيث عاشت ٣ نباتات منها، وأنتجت نمواً خضرياً جيداً فى تلك البيئة. أكثرت تلك النباتات باستخدام مزارع البراعم الإبطية فى بيئة خالية من كلوريد الصوديوم. وقد استمر نمو اثنتين من تلك السلالات إلى أن أنتجتا بذوراً.

زرعت هذه النباتات فى الصوبة؛ حيث أظهرت انعزالات كثيرة فى كل الصفات التى درست. ومع استمرار الانتخاب فيها لثلاثة أجيال، أظهرت النباتات التى تتحمل الملوحة قدراً كبيراً من التجانس فى الصفات الاقتصادية الهامة، وأيضاً فى مقاومة الملوحة، إلا أن السلالتين اختلفتا فى صفة تحملهما للملوحة خلال مراحل نموهما الخضرية والتكاثرية (Jain وآخرون ١٩٩٠).

كذلك تمكن Bouharmont (١٩٩٠) من انتخاب عدة سلالات من أصلى الموالح Poncirus trifoliata، و Citrange carrizo بتحفيز تكوين نموات خضرية جديدة من نموات الكالوس

التي تنتج من زراعة أجنة هذين النوعين - لمدة خمسة شهور - في بيئة تحتوى على ١٪ كلوريد صوديوم. وقد تميزت النباتات التي أنتجت من تلك المزارع بقدرتها على النمو في محاليل مغذية تحتوى على كلوريد صوديوم بتركيز ١٪، بينما لم يمكن لنباتات المقارنة تحمل تركيز ٠.٢٥٪ كلوريد صوديوم. وقد نمت أنسجة الكالوس التي نتجت من زراعة أجنة تلك النباتات - بنجاح - في بيئات مغذية ملحية.

ومقارنة بسلالات الخلايا غير المنتخبة لتحمل الملوحة.. تمكنت سلالات الموالح المنتخبة لتحمل الملوحة من احتفاظها بمستوى طبيعي من أيونى البوتاسيوم والكالسيوم، بالرغم من وجود تركيز عال من أيونى الصوديوم والكلور في البيئة المغذية. وقد تراكم أيونى الصوديوم والكلور بتركيزات عالية في الفجوات العصارية لسلالات خلايا أصل الـPoncirus المنتخبة لتحمل الملوحة، بينما لم يحدث ذلك في سلالات خلايا أصل الـ Citrange التي بدت كأنها قادرة على استبعادهما.

كذلك تمكن الباحث (Bouharmont ١٩٩٠) من الحصول على نباتات أرز قادرة على تحمل الملوحة من مزارع كالوس تحتوى على ١.٥٪ كلوريد صوديوم، وذلك بعد نحو أربعة شهور من تعرض خلايا الكالوس لتلك الظروف.

يتبين مما تقدم أن انتخاب سلالات خلايا قادرة على تحمل الملوحة في مزارع الأنسجة أمر ممكن، وإنتاج نباتات من الخلايا أمر ممكن - أيضاً - في عديد من النباتات، ولكن إنتاج النباتات من سلالات الخلايا المنتخبة لتحملها للملوحة كان إلى الآن محدوداً (ربما بسبب بقاء المزارع لمدة طويلة قبل محاولة إنتاج النباتات منها)، كما كانت النباتات الكاملة الناتجة من سلالات الخلايا - في عديد من تلك الحالات - غير متميزة في تحملها للملوحة؛ أى إنها لم تكن أكثر تحملاً للملوحة من نباتات الصنف أو السلالة الأصلية التي استخدمت في عمل مزارع الأنسجة، وهو ما يجعلها - في مثل هذه الحالات - عديمة الأهمية. ومع

ذلك.. فقد كانت هناك حالات قليلة ـ من مزارع الأنسجة ـ تميزت فيها نباتات كاملة قادرة على تحمل الملوحة.

وراثة صفتى القدرة على تحمل الملوحة والحساسية لها

إن الحالات التى تعرف فيها جينات رئيسية تتحكم فى صفة تحمل الملوحة أو الحساسية لها قليلة، ومن أمثلتها ما يلى :

١ـ يتحكم جين واحد متنحٍ فى صفة الحساسية لكلوريد الصوديوم فى فول الصويا؛ حيث لايمكن للنباتات الحاملة لهذا الجين ـ بحالة أصيلة ـ منع انتقال أيون الكلور من الجنور إلى النموات الخضرية.

٢ـ يتحكم جين آخر متنح sd (نسبة إلى فعل الجين Scabrous diminutive) فى صفة الحساسية للملوحة العالية فى الفلفل؛ حيث تكون النباتات الحاملة له بصورة أصيلة أقل كفاءة فى استبعاد الصوديوم وامتصاص البوتاسيوم من النباتات العادية؛ الأمر الذى يؤدى إلى حالة من عدم التوازن الأيونى فى النبات.

٣ـ تعرف طفرة تؤدى إلى انخفاض فى الضغط الآسموزى بخلايا النبات Arabidopsis thaliana .

٤ـ يوجد فى الذرة طفرة يوجد بها نقص فى البرولين. وبالمقارنة.. تعرف طفرة فى البكتيريا Salmonella typhimurium يزيد فيها إنتاج البرولين (عن Tal ١٩٨٤).

وقد درس Ashraf وآخرون (١٩٨٦) درجة توريث القدرة على تحمل الملوحة ـ على النطاق الضيق ـ فى سبعة أنواع نباتية، وكان دليلهم على تحمل الملوحة هو مدى نمو جنور النباتات بعد بقائها لمدة ثلاثة أسابيع فى محلول مغذٍ يحتوى على كلوريد الصوديوم. وكانت درجات التوريث المقدرة كما يلى :

النـــوع	درجة التوريث على النطاق الضيق
Lolium perenne	٠,٤٤
Dactylis glomerata	٠,٣٢
Agrostis stolonifera	٠,٢٨
A. castellana	٠,٢٦
Holcus lanatus	٠,١٩
Festuca rubra	٠,٤٤
Pucinnellia distans	٠,٧٢

ولمزيد من التفاصيل عن وراثة وفسيولوجيا تحمل الملوحة فى النباتات.. يراجع Staples & Toenniessen (١٩٨٤).

التقدم فى التربية لتحمل الملوحة فى بعض المحاصيل الاقتصادية

نتناول بالشرح - فيما يلى - الجهود التى بذلت لأجل زيادة القدرة على تحمل الملوحة فى بعض المحاصيل الاقتصادية، ونعرج - أثناء دراستنا لتلك الجهود - على ذكر مصادر صفة تحمل الملوحة فى كل محصول منها، ووراثتها، وطبيعتها، وطرق التقييم التى اتبعت لأجل التعرف عليها.

الأرز

قيم فى معهد بحوث الأرز الدولى (IRRI) بالفلبين أكثر من ٥٥٠٠ سلالة من الأرز لتحمل الملوحة؛ حيث أظهرت نحو ٢٠٠-٣٠٠ سلالة منها تحملاً للملوحة تحت ظروف كل من الصوبة والحقل.

وقد أجرى التقييم الأولى لتلك السلالات فى محاليل مغذية تراوحت درجة توصيلها الكهربائى (EC) من ٨ -١٢ مللى موز/ سم؛ بإضافة كل من كلوريد الصوديوم، وكلوريد الكالسيوم، وأملاح مياه البحر المجففة إلى المحلول المغذى. وقد أعطيت نباتات كل سلالة درجة لشدة تأثرها بالملوحة على مقياس من تسع درجات ١ إلى ٩؛ حيث تنمو النباتات فى درجة (١) وتكون خلفات بصورة طبيعية تقريباً، وفى درجة (٩) تموت معظم النباتات.

وأوضحت تلك الدراسات أن الأصناف التى تبدى تحملاً للملوحة العالية فى مرحلة نمو البادرة ربما تكون قادرة أو غير قادرة على تحمل الملوحة فى المراحل التالية من نموها. ويظهر ذلك فى جدول (٨ ـ٥)، الذى يتضح منه كذلك أن سلالتين أظهرتا قدراً عالياً من تحمل الملوحة؛ حيث كان محصولهما النسبى ٩٢٪ و٩٨٪. كذلك يتبين من الجدول أن السلالات التى أظهرت قدراً من تحمل الملوحة أعطت ـ بصورة عامة ـ محصولاً نسبياً جيداً.

جدول (٨ ـ٥) : متوسط شدة أضرار الملوحة، ومحصول الحبوب النسبى لعشر سلالات من الأرز.

السلالـــة	متوسط شدة أضرار الملوحة(أ)		محصول الحبوب النسبى(ب) (٪)
	أربعة أسابيع بعد الشتل	١٢ أسبوعاً بعد الشتل	
IR 28	٣,٠	٨,٣	٧
IR 2061 - 465	١,٠	٤,٣	٣٨
IR 2153 - 26 - 3	١,٠	١,٧	٦٥
IR 2681 - 163	١,٧	٤,٣	٣٥
Banik Kuning	١,٠	٢,٣	٧٦
Kalarata 1 - 24	١,٠	١,٠	٩٨
Kuatik Serai	١,٠	١,٠	٧٠
Mala Kuta	١,٧	٨,٠	١٠
Mi Pajang	٢,٣	٧,٧	٨
Pulat Daeing	١,٧	١,٠	٩٢

أ) شدة الاصابة على مقياس من ١ إلى ٩، حيث ١ = تنمو النباتات وتكوّن خلفاتها بصورة طبيعية تقريبا، و ٩ = تموت معظم النباتات.

(ب) المحصـول النسبى = (المحصول فى الوسط الملحى/المحصـول فى الوسط العادى) × ١٠٠

وقد استخدمت نحو ١٣ سلالة من التى أظهرت قدراً كبيراً من تحمل الملوحة فى برنامج للتربة لنقل صفة التحمل إلى الأصناف التجارية الهامة (عن Frey ١٩٨١).

كذلك وجد Moeljopawiro & Ikehashi (١٩٨١) سلالات من الأرز تتحمل الملوحة - بدرجة عالية - عند مستوى ١٥.٢ مللى موز/ سم، وظهرت انعزالات فائقة الحدود عندما لقحت سلالات تتحمل الملوحة - بدرجات متباينة - معاً.

وتتفاوت أصناف وسلالات الأرز كثيراً فى طبيعة تحملها للملوحة العالية؛ فهناك الاختلافات فى امتصاص أيون الصوديوم، وفى انتقاله إلى الأوراق، وفى تحمل الأنسجة النباتية لتركيزاته العالية، وفى تخزينه فى حجيرات خاصة بالأوراق Leaf Compartmentation، بالإضافة إلى الاختلافات فى قوة النمو النباتى التى يعزى إليها أكثر من ٣٠٪ من الاختلافات فى تحمل الملوحة (جدول ٦٨).

جدول (٦٨) : التدرج النسبى لأربع سلالات من الأرز فى نقل أيون الصوديوم خارج نسيج الخشب، وتحمل النسيج النباتى له، وتخزينه فى حجيرات خاصة، وفى قوة نموها على مقياس من ١ (الصفة جيدة) إلى ٩ (الصفة رديئة).

السلالة أو الصنف	انتقال أيون الصوديوم	تحمل أنسجة النبات للصوديوم	فصل أيون الصوديوم فى حجيرات بالأوراق	قوة نمو النبات
IR 4630-22-2-5-1-2	٢	١	٤	٧
IR 15324-117-3-2-2	٩	٧	٥	٦
IR 10167-129-3-4	٦	٢	٣	٨
Nona Bokra	١	٧	٦	٢

يعنى النمو النباتى القوى (جدول ٨ ـ ٦) توفر نموات خضرية أكثر يمكن أن تتوزع عليها الأملاح الممتصة والتى تنقل إلى الأوراق؛ بحيث يصبح متوسط تركيز العنصر من الأملاح منخفضاً فى النباتات القوية النمو.

ومتى تساوت جميع العوامل الأخرى.. فإن تركيز الأملاح فى الأوراق يتناسب طردياً مع معدل النتح لكل وحدة نمو نباتى؛ وهو ما يعنى أن زيادة كفاءة النبات فى الاستفادة من الماء الممتص تقلل من أضرار الملوحة العالية. ويفيد ذلك فى اختيار الآباء لبدء برامج التربية؛ حيث يفيد استخدام السلالات والأصناف التى تتحمل الجفاف كآباء فى برامج التربية لتحمل الملوحة.

ولاشك فى أن تراكم الملح فى البروتوبلازم يعرض المناطق التى يتراكم فيها لنقص رطوبى حاد؛ ولذا فإن سرعة وصول الأملاح إلى الفجوات العصارية يعد عاملاً هاماً فى التمييز بين الأصناف فى قدرتها على استيعاب الأملاح التى تنتقل إلى أوراقها دون أن تعانى من أضرارها.

ويكون تركيز أيون الصوديوم فى خشب الأوراق الحديثة أقل بكثير مما فى خشب الأوراق المسنة؛ الأمر الذى يفيد ـ على الأقل ـ فى حماية بعض الأوراق من أضرار الملح التى تتمثل فى موتها المبكر.

وبناء على ما تقدم.. فإن اختيار الآباء فى برامج التربية لتحسين صفة تحمل الملوحة فى الأرز يجب أن يبنى على أساس الاعتماد على السلالات أو الأصناف التى تتحمل الملوحة لأسباب مختلفة؛ بهدف الجمع بين كل تلك الصفات فى تركيب وراثى واحد يكون أكثر تحملاً للملوحة من أى منها (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

القمح

قُيم فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية أكثر من ٥٠٠٠ صنف وسلالة من القمح لتحمل الملوحة (بطريقة يأتى بيانها تحت الشعير)؛ حيث أمكن التعرف على ٣٤ سلالة من القمح

الربيعى؛ كانت قادرة على النمو وإنتاج محصول من الحبوب فى مستوى من الملوحة يعادل ٥٠٪ من ملوحة مياه البحر؛ وهو مستوى قاتل لجميع الأصناف التجارية من القمح (عن Epstein وآخرين ١٩٨٠).

ويقع الجين المسئول - أو الجينات المسئولة - عن قدرة النبات الانتخابية لتفضيل أيون البوتاسيوم على أيون الصوديوم Na^+/K^+ Selectivity (وهى صفة هامة فى تحمل الملوحة) على كروموسوم واحد. ومن المعلوم أن القمح - وهو نبات هجينى سداسى التضاعف - يحتوى على الهيئات الكروموسومية لثلاثة أنواع نباتية، وهى التى تعرف بالرموز A، و B، و D . وقد حصل القمح على الهيئة الكروموسومية D من Aegilops squarrosa. ويظهر هذا النوع - وكذلك بعض النباتات السداسية AABBDD - نسبة انتخابية عالية لأيون البوتاسيوم على أيون الصوديوم، مقارنة بالأنواع الرباعيةAA BB؛ الأمر الذى يرجح أن مردّ تلك الصفة إلى الهيئة الكروموسومية D. وقد أوضحت الدراسات السيتولوجية أن الجين المسئول - أو الجينات المسئولة - عن تلك الصفة تحمل - على الكروموسوم الرابع للهيئة الكروموسومية (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

ويذكر Austin (١٩٨٩) أنه قد أُقترح ما لا يقل عن خمسة أنظمة مختلفة للتحكم فى نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم؛ وهو ما يعنى توفر خمسة جينات على الأقل فى تلك الصفة، وربما كان عدد هذه الجينات أكبر من ذلك بكثير.

هذا.. ويعد Thinopyrum bessarabicum من النجيليات المعمرة الأكثر تحملاً للملوحة من أنواع الجنس Triticum، بما فى ذلك القمح. وقد هجن هذا النبات مع أحد أصناف القمح Triticum aestivum، وأُنتج نبات هجينى متضاعف (بعد معاملة الجيل الأول بالكولشيشين) كان أكثر تحملاً للملوحة (عند تركيز ٢٥٠ مولاً/م٣) عن أى من أبوية. وقد أُرجعت تلك الصفة إلى زيادة كفاءة الهجين فى استبعاد أيونى الصوديوم والكلور من الأوراق الصغيرة والأعضاء التكاثرية (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

الشعير

قُيمت فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية عشائر الشعير التالية لتحمل الملوحة العالية: الأصناف التجارية Arivat، و California Mariout، و U. C. Signal، وسلالة التربة S-68-1-11-22 (من أريزونا)، وهى سلالة ذات قدرة على تحمل الملوحة، وعشيرة تلقيح مركب Composite Cross تم تمثيله من التهجين بين ٦٢٠٠تركيب وراثى من الشعير. زرعت هذه العشائر فى تربة رملية، وروِيت بمياه البحر (المحيط الهادى) مباشرة. وقد أظهرت النباتات المختبرة تبايناً كبيراً فى القدرة على تحمل الموحة، وبلغ محصول النباتات المنتخبة منها - تحت هذه الظروف - نصف متوسط محصول الشعير فى الولايات المتحدة (عن Epstein & Norlyn ١٩٧٧).

كذلك يذكر Rains (١٩٨١) أنه قد تم - فى كاليفورنيا - تقييم مجموعة الشعير العالمية - وعددها ٢٢ ألف سلالة لتحمل الملوحة؛ وذلك بزراعة بذورها على مهاد توجد فى قمة صهاريج (تانكات) يتسع كل منها لنحو ٧٠٠ لتر؛ حيث ملئت بمحلول مغذ أُذيبت فيه الأملاح فى ٩٠٪ ماء بحر بدلاً من الماء العذب. وقد تركت البذور التى أنبتت وأعطت بادرات لتنمو حتى النضج وإنتاج محصولها من البذور.

وقد أوضحت تلك الدراسات أن تحمل سلالة مامن الشعير للملوحة فى مرحلة معينة من نموها لايعنى تحملها فى مراحل نموها الأخرى، كما أظهرت السلالات المختبرة تباينا فى مراحل النمو التى تتحمل فيها الملوحة، ولم تتضح أية علاقة بين قدرة بذور الشعير على الإنبات فى الملوحة العالية، وبين محصول الحبوب تحت الظروف نفسها. ويستفاد مما تقدم العمل على تجميع القدرة على تحمل الملوحة فى مراحل النمو المختلفة - من السلالات المختلفة - فى تركيب وراثى واحد بالتربية.

ولمزيد من التفاصيل عن تربية الشعير لتحمل الملوحة العالية فى كاليفورنيا.. يراجع Epstein وآخرين (١٩٧٩، و١٩٨٠)، وRains وآخرين (١٩٨٠).

ومن الجدير بالذكر أنه قد سبقت الإشارة إلى نجاح زراعة الشعير ـ وغيره من النباتات التى تتحمل الملوحة، مثل البنجر ـ فى الأراضى الرملية والخفيفة القريبة من شواطئ البحار مع ريها بمياه البحر مباشرة، مع الاعتماد على الأمطار الغزيرة فى غسيل الأملاح التى تتراكم فى التربة خلال موسم نمو المحصول (عن Somers ١٩٧٩).

فول الصويا

يوجد فى فول الصويا جين واحد سائد (Ncl) يتحكم فى استبعاد أيون الكلور من النمو القمى للنبات؛ حيث يبلغ تركيز الكلور فى النمو القمى للنباتات التى تحمل هذا الجين (بحالة سائدة أصيلة أو خليطة) حوالى ١٠٠٠ جزء فى المليون، بينما يصل تركيزه فى النمو القمى للنباتات المتنحية الأصلية فى هذا الجين نحو ٧٠٠٠ جزء فى المليون (عن Devine ١٩٨٢).

الطماطم

أولاً : طرق التقييم لمقاومة الملوحة ومصادر المقاومة

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

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

٢ ـ أصناف متوسطة التحمل للملوحة.. ومن أمثلتها الصنف برتشارد Prichard.

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

وظهرت صفة التحمل فى عدة صور كما يلى :

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

٣ ـ أدت زيادة تركيز الملوحة تدريجيا (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 وضوحاً مما فى بقية الأصناف.

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

٥ ـ احتوت الجنور 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 وسطاً بينهما.

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

٧ ـ بمقارنة تأثير الأنواع المختلفة من الأملاح.. وجد أن كلوريد الصوديوم كان معوقاً للنمو الخضرى بدرجة كبيرة، بعكس كبريتات الصوديوم التى كانت شديدة الضرر على الأعضاء الزهرية والثمرية. وكان الضرر أكثر فى الصنف أيس مقارنة بالصنف جريب.

وقد قارن Hassan & Desouki (١٩٨٢) ٢٢ صنفاً وسلالة من الطماطم؛ من حيث قدرتها على تحمل التركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم، ووجدا أنها ـ جميعا ـ كانت حساسة، وكان الصنف إدكاوى أقلها حساسية. وقد تأكدت ـ بعد ذلك ـ 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 ـ الذى ينمو برياً فى جزر جالاباجوس ـ 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 جدا من الملح؛ بسبب الرذاذ المتواصل الذى يصل إليها من مياه المحيط؛ كما وجد نامياً 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 أياً منهما لم يكن مستفيداً 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 صنفاً 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 و آخرون 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. pennelli 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 - جوهرياً - 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.

كذلك اختبر Costa وآخرون (١٩٨٩) ٢٢ سلالة من L. pimpinellifolium ، و٨ 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، وP.I. 365967 من L. pimpinellifolium؛ كما كانت السلالات العشر التالية متحملة نسبياً:

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 نمواً وأكثرها قدرة على البقاء، وأقلها تضرراً من الملوحة.

وخلافا لكل ما ذكر عن مقاومة بعض الأنواع البرية للملوحة.. فقد وجد Shannon وآخرون (١٩٨٧) أن صنف الطماطم هاينز ١٣٥٠ Heinz 1350 لم يختلف جوهرياً - 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 تدريجيا من صفر إلى ١٠٠ ملى مولار من الملحين بنسبة مولارية قدرها ٥ : ١ 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 مختلفاً 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.

وعموما.. فإنه يبدو - كما ذكر Phills وآخرون (١٩٧٩) - أن هذا النوع L. cheesmanii ليس مقاوماً بذاته، ولكنه يعطى عند تلقيحه مع الطماطم تراكيب وراثية تتحمل الملوحة بشكل جيد. وكان ذلك الاستنتاج قريباً 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 للتقليح:

(New Yorker X L. pennellii) X New Yorker

تأتى من الأبوين - المزروع والبرى - وتتفاعل معاً 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 قرباً إلى المحلول الأرضى من حيث محتواه من مختلف الأملاح والأيونات؛ حيث يزيد فيه تركيز أيونات البورون والمغنسيوم والكبريتات والكربونات، بالإضافة إلى أيونى الصوديوم والكلورين (Rush & Epstein ١٩٨٠).

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 مولاراً، فيصل محتواه من الصوديوم إلى ١٠٥٦١ جزءاً فى المليون، ومن الكلورين إلى ١٨٩٨٠ جزءاً فى المليون.

٣ - تبلغ درجة توصيله الكهربائى ٤٦,٣ مللى 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 ٢٠سم - مملوءة بالرمل المغسول - بمعدل ٣ شتلات بكل أصيص - وريها لمدة ٢ - ٤ أسابيع بمحلول مغذ 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 ـ مرات أسبوعياً ـ بمحلول مغذ فى ٥٠ ـ ٧٥٪ ماء بحر. استعمل التركيز المنخفض عندما كانت النباتات رهيفة، وفى حالات الإضاءة الضعيفة. كما رويت النباتات بالمحلول المغذى فقط مرتين أسبوعياً؛ بغرض غسيل الأملاح التى يؤدى تراكمها على سطح الرمل إلى تحليق النباتات المنتخبة وموتها تدريجياً. 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 يومياً، 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 يوماً ـ لمدة شهر ـ بمياه جوفيه خفف 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) ـ فى تقييمهم لمقاومة الملوحة ـ محلولاً ملحياً 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 وصنفاً 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 ـ فى تقدير القدرة على تحمل الملوحة ـ على أمرين؛ هما:

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

٢ ـ 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 - 34، و PE-43 (L. hirsutum)، وPE-16 (L. peruvianum) .

وهناك من الباحثين من اعتمد فى اختبارات الملوحة على نسبة أو سرعة إنبات البذور فى وسط ملحى. فاختبرJones (١٩٨٦) سرعة إنبات بذور ١٣ سلالة تمثل ستة أنواع برية من الجنس Lycopersicon ، و٢٠ سلالة من الطماطم فى أطباق بترى على آجار يحتوى على ١٠٠ ملى مول من كلوريد الصوديوم، وكانت أسرع السلالات إنباتاً ـ مرتبة تنازلياً ـ هى:

السلالة PI 126435 من L. peruvianum.

السلالة LA 716 من L. pennellii.

السلالة PI 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 جوهرياً ـ كذلك ـ فى غياب كلوريد الصوديوم. كذلك وجد Sinel'nikova وآخرون (١٩٨٣) أن صنفى الطماطم Yusupovskii، وKarlik 1185 كانا مقاومين؛ حيث أنبتت بذورهما على حرارة ٢٢م فى محلول ملحى يحتوى على ٠,٨٥٪ من

كلوريد صوديوم؛ 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.

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) ـ لدى اختبارهم عدة أصناف من الطماطم ـ وجود ارتباط موجب عالٍ 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 ١٩٨٨ أ) 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 ـ مثل الإثيفون ـ فى تقييم قدرة النباتات على تحمل نقص الماء الأرضى.

وقد جرت محاولات للانتخاب للقدرة على تحمل الملوحة فى مزارع للأنسجة. وتبعاً 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، وBA . وقد ظهرت اختلافات بين الصنفين فى نمو خلايا الكالوس وتميزها بعد ٤٢ يوماً 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 ملى 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 ـ لمزارع الأنسجة ـ 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 ـ كما كان معروفا من قبل ـ أن أيونى البوتاسيوم والصوديوم يتراكمان فى النوع الحساس بدرجة أكبر مما يحدث فى النوع البرى المقاوم. وبتحليل ١١٧ نباتاً من الجيل الثانى لخمسة عشر إنزيماً (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.

ثانياً - : وراثة القدرة علي تحمل الملوحة

أجمعت الدراسات القليلة - التى أجريت على وراثة القدرة على تحمل الملوحة 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 & Desouki١٩٨٦). وكما سبق بيانه.. فقد أوضحت دراسات Sacher وآخرين (١٩٨٢) على سلالات الجيل التاسع للتلقيح:

(New Yorker X L. pennellii) X New Yorker

إن العوامل الوراثية التى تتحكم فى صفة القدرة على تحمل الملوحة تأتى من الأبوين (المزروع والبرى)، وتتفاعل معاً بطريقة إضافية.

ثالثاً: طبيعة القدرة علي تحمل الملوحة

تبين - 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 تلك الزيادة فى الطماطم أكبر مما فى النوع البرى.

٢ - كان الحامض الأمينى برولين Proline أكثر الأحماض الأمينية تأثراً بزيادة الملوحة.

٣ - حدثت كذلك زيادة واضحة جداً 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).

كما وجد Rush & Epstein (١٩٨١أ) ـ من دراستهما على جذور صنف الطماطم والتر Walterوالسلالة LA 1401 من L. cheesmanii ـ أن جذور النوع البرى امتصت كميات من البوتاسيوم أكبر بكثير مما امتصت الطماطم فى أى من تركيزات الملوحة التى استعملت فى هذه الدراسة، خاصة فى التركيزات المنخفضة (من ٠,٠١ إلى ٠,١ مللى مول كلوريد صوديوم)، وفى التركيزات المرتفعة (٥٠ ـ ١٠٠ مللى مول)؛ وانتقل إلى النموات الخضرية فى النوع البرى كميات من الصوديوم أكبر بكثير مما انتقل إلى الطماطم، بينما كان انتقال البوتاسيوم من الجذور إلى النموات الخضرية محدوداً. وقد حل الصوديوم ـ جزئياً ـ محل البوتاسيوم فى النوع البرى، بينما لم يحدث ذلك فى الطماطم.

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 LA 1401 أكثر تحملاً للملوحة من أصناف الطماطم التى قورنت بها؛ ولكن دراسات أخرى ـ سبقت الإشارة إليها (Hassan & Desouki ١٩٨٢، وMahmoud وآخرون ١٩٨٦) ـ 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 للموحة).. 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 ـ كذلك ـ 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، و١٦سلالة تربية ناتجة من التهجين بينهما تحت ظروف الملوحة (١,٠ مولار 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 مرتبطا - 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 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 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 أيونى البوتاسيوم والصوديوم فى كل الأنسجة، وبين أيونى الكالسيوم والصوديوم فى الجذور من الصنف الحساس E 6203. 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 ١٩٨٨ أ).

وبمقارنة الطماطم - تحت ظروف الملوحة العالية - بسلالات قادرة على تحمل الملوحة من كل من الأنواع البرية: L. pennellii، و L. cheesmanii ، و L. peruvianum ونباتات الجيل الأول بينها وبين الطماطم.. تبين أن نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم كانت فى أوراق وسيقان السلالات التى تتحمل الملوحة أعلى منها فى السلالات الحساسة لها. كما وجد أن السلالات البرية - التى تتحمل الملوحة ونباتات الجيل الأول بين الطماطم والنوع L. pennellii - تميزت بانخفاض محتوى أوراقها من أيون الكلور بانخفاض نسبة محتوى الأوراق إلى محتوى السيقان من نفس الأيون مقارنة بصنف الطماطم الحساس. كذلك تبين وجود ارتباط موجب بين المادة الجافة والبوتاسيوم إلى الصوديوم فى السيقان، وارتباط سالب بين المادة الجافة وتركيز الكلور فى الأوراق (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 تأثراً بزيادة الملوحة. وقد قارن Katz & 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 .

رابعاً : التربية لتحمل الملوحة

قام Rush & Epstein (١٩٨١) بتهجين صنف الطماطم Walter مع السلالة 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) أيضاً على سلالات قادرة على تحمل الملوحة، ولكن من الجيل التاسع للتلقيح الرجعى الأولى إلى الطماطم بعد التلقيح بين صنف الطماطم New Yorker والسلالة P.I. 246502 للنوع البرى L. pennellii. ويتضح مما تقدم أن محاولات التربية لتحمل الملوحة - التى نما علمها للمؤلف - لم تتعد - إلى الآن - مرحلة التهجين الرجعى الأول.

القاوون

قام Shannon وآخرون (١٩٨٤) بتقييم ٣٩ صنفاً وسلالة من C. melo للقدرة على إنبات البذور، وبزوغ البادرات فى محلول ملحى بتركيز ـ ٠,٦ باراً (ضغط جوى)، يتكون من مخلوط من كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم؛ بنسبة مولارية مقدارها ٢ : ١. كما قيم الباحثون نمو البادرات فى مزرعة رملية تحت ظروف الصوبة، كانت تروى فيها النباتات بمحلول مغذ ملحى يبلغ ضغطه الآسموزى ـ٠,٣، أو ـ١,٧، أو ـ٣,٣ باراً. وقد أدت الملوحة العالية إلى إنقاص النمو، ولكن ظهرت اختلافات كبيرة بين الأصناف والسلالات المختبرة فى قدرة بذورها على الإنبات، وقدرة بادراتها على النمو تحت ظروف الملوحة.

ومن ناحية أخرى.. اختبر Anstasio وآخرون (١٩٨٨) سبع سلالات من خمسة أنواع برية من الجنس Cucumis لمقاومة الملوحة، ولم يعثروا على مقاومة تذكر فى أى منها.

الخيار

درس Jones وآخرون (١٩٨٩) تأثير سبعة تركيزات من الملوحة (من EC صفر إلى ١٥ مللى موز/سم) على ستة أصناف من الخيار، وأوضحت تلك الدراسة وجود ارتباط فى أحد الأصناف ـ بين طول البادرة عند EC ٩,٠ والمحصول النسبى عند EC ٤,٠.

ويذكر Pierce & Wehner (١٩٩٠) أن صفة القدرة على تحمل الملوحة تتوفر فى الخيار، ويتحكم فيها جين واحد متنح، يأخذ الرمز sa.

الخس

عثر Shannon (١٩٨٠) على اختلافات بين نباتات صنف الخس Empire ـ من حيث القدرة على تحمل الملوحة ـ وتمكن الباحث من عزل سلالات نقية أكثر قدرة على تحمل الملوحة من الصنف الأصلى، إلا أنه لم يحدث مزيد من التحسن فى الصفة بمزيد من الانتخاب، وهو الأمر المتوقع بالنسبة لمحصول ذاتى التلقيح كالخس.

وفى دراسة أخرى.. وجد Shannon & McCreight (١٩٨٤) اختلافات بين ١١٥ سلالة من الخس - من حيث القدرة على تحمل الملوحة - تزيد على الاختلافات التى ظهرت بين الأصناف التجارية. وقد اعتمد تقييمهما لتلك الصفة على مقارنة النمو النباتى تحت ظروف الملوحة العالية.

البصل

أوضحت اختبارات Wannamaker & Pike (١٩٨٧) - التى أجريت على مقاومة الملوحة فى خمسة أصناف من البصل - عدم وجود علاقة بين القدرة على الإنبات، والقدرة على النمو فى مستويات مختلفة من الملوحة، وكانت جميع الأصناف المختبرة حساسة للملوحة، فيما عدا الصنف Texas Grano 1015Y، الذى أنبتت بعض بذوره فى مستوى مرتفع من الملوحة، بلغ ٤٥٠ ملليموزاً.