منها مايلى :

١ – الطفرة المتنحية dgt ، وهى غير قادرة على إنتاج جنور جانبية .

٢ – الطفرة المتنحية ro ، وهى غير قادرة على إنتاج جنور عرضية .

وقد وجد أن النبات الأصيل المتنحى فى الطفرتين (dgt dgt ro ro) – وهو الذى يفترض أن يكون خالياً من أية جنور غير الجذر الأولى – ينمو به عدد يصل إلى ١٢ جذراً من السويقة الجنينية السفلى والجزء العلوى من الجذر الأولى . كما أن المجموع الجذرى للنبات dgt dgt يكون طبيعياً إذا طعم عليه نبات - Dgt .

٣ –الطفرة المتنحية brt (نسبة إلى bushy root) ، التى يظهر بها عدد كبير من الجنور من الجزء القاعدى للسويقة الجنينية السفلى ومن الجذر الرئيسى ؛ أما نموها الخضرى فهو صغير وضعيف . وقد وجد أن هذا الشكل المظهرى يتكون نتيجة لتراكم النشا فى قاعدة الساق والجذر . وقد تبين أن تطعيم الطفرة brt brt على أصل طبيعى يجعل النمو الخضرى للطعم طبيعياً ، بينما يؤدى تطعيم النبات الطبيعى على الطفرة إلى جعل النمو الخضرى للطعم طفرياً .

٤ – طفرة الجذر المتقزم dwarf root التى تجعل النمو الجذرى متقزما ، دون أن يكون لها أى تأثيراً فى النمو الخضرى . ويمكن أن تفيد هذه الطفرة فى حالة الرى بالتنقيط ، وعند الزراعة بنظام تقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique .

التربية لتحمل الزيادة الكبيرة فى الرطوبة الأرضية

نظراً إلى الوعى المتزايد لدى العامة والمتخصصين بشأن النقص فى كميات الماء الصالحة للرى على المستوى العالمى .. فإن تربية الطماطم لتحمل الزيادة الكبيرة فى الرطوبة الأرضية تبدو أمراً غير منطقى . وبالرغم من ذلك .. فإن جهوداً كبيرة تبذل فى هذا الاتجاه .. والهدف فى كل الحالات هو زيادة فرصة نجاح زراعة الطماطم فى المناطق الغزيرة الأمطار ، التى تكون أراضيها غدقة لفترة طويلة من موسم الزراعة ، والتى تتعرض للفيضانات Floods من حين لآخر .

تتوفر القدرة على تحمل الرطوبة الأرضية العالية فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم؛ منها : السلالة LA 1421 (Rebigan وآخرون ١٩٧٧) ، والصنف VF 134 . ففى تجربة أجريت فى نيوزيلندة - لتقييم بعض أصناف الطماطم - هطلت أمطار غزيرة بلغت ٥٧ سنتيمتراً فى يوم واحد ، وأدت إلى القضاء على جميع الأصناف فيما عدا الصنف VF134 (W. L. Sims اتصال شخصى) .

وقد أجريت دراسة موسعة على التقييم لتحمل الرطوبة الأرضية العالية فى المعهد الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر ، قام بها Kuo وآخرون (١٩٨٢) . تضمنت الدراسة ٤٦٣٠ صنفاً وسلالة من الجنس Lycopersicon . ووجد الباحثون أن ثمانى سلالات منها فقط - أى أقل من ٢ ر ٠ ٪ من العدد الكلى - أظهرت قدرة على تحمل فترات قصيرة من الإغراق بالماء Flooding المصاحب بارتفاع فى درجة الحرارة ، وكانت أفضل السلالات هى L-123 . وبالرغم من ذلك .. فقد كانت هذه السلالة أكثر حساسية للإغراق من سبعة أنواع أخرى من الخضر قورنت بها تحت نفس الظروف . وفى الولايات المتحدة .. وجدت المقاومة العالية للإغراق بالماء (لمدة خمسة أيام) فى سلالة الطماطم P.I.406966 (McNamara & Mitchell ١٩٨٩) .

يؤدى تعرض نباتات الطماطم للإغراق بالماء إلى ظهور سلسلة من الأعراض التى يمكن التنبؤ بها ؛ وهى : انحناء أنصال الأوراق إلى أسفل leaf epinasty ، وانغلاق الثغور ، وضعف النمو الخضرى فى خلال الـ ٢٤ ساعة الأولى . ثم تظهر أعراض الاصفرار chlo-rosis ، وسقوط الأوراق الكبيرة بعد ٧٢ - ٩٦ ساعة من بداية التعرض للغرق . وتظهر الجذور العرضية على الأجزاء القاعدية من الساق - عادة - بعد ٢٤ ساعة أخرى . وتلعب القدرة على تكوين هذه الجذور العرضية دوراً كبيراً فى القدرة على تحمل الإغراق . ويتناسب مقدار النقص المشاهدة فى الوزن الجاف للنبات ، ومساحة الأوراق والمحصول - عكسياً - مع قدرة النبات على تكوين الجذور العرضية .

وقد وجد Poysa وآخرون (١٩٨٧) أن هذه الجذور العرضية شكلت أكثر من ٥٠ ٪ من النمو الجذرى فى النباتات التى تعرضت لظروف الإغراق بالماء بصورة مستمرة ، بينما كان نموها محدودا فى النباتات التى تعرضت لظروف الإغراق بصورة متقطعة . وقد اقترح

McNamara & Mitchell (١٩٨٩) أن المقاومة للإغراق بالماء ربما يكون مردها إلى احتياج جذور السلالات المقاومة إلى كميات أقل من الأكسجين لتنفسها ، وقدرتها على التخلص من المركبات السامة التى تتكون أثناء تعرضها للإغراق .

وفى دراسة لاحقة (McNamara & Mitchell ١٩٩٠) .. وجد أن سلالة الطماطم المقاومة للإغراق P.I.406966 كونت جذوراً عرضية كثيرة فى خلال خمسة أيام من معاملة التعرض للإغراق مقارنة بالسلالة P.I.128644 من L. peruvianum var. dentatum غير المقاومة التى كونت جذوراً عرضية قليلة . كما ازدادت مسامية السويقة الجنينية السفلى فى السلالة المقاومة للإغراق بنسبة ٣ - ٦ ٪ ، و ٨ ٪ بعد ٣٦ ، و ٧٢ ساعة من التعرض للإغراق بالماء على التوالى ، بينما لم تتأثر المسامية فى السلالة غير المقاومة .

وعلى صعيد آخر .. وجد Kuo & Chen (١٩٨٠) تماثلاً كبيراً بين تأثير كل من معاملة الإغراق بالماء Flooding ، والمعاملة بالإيثيفون عن طريق ماء الرى على نباتات الطماطم . فكلاهما أدى - فى عدد من الأصناف - إلى ضعف نمو الساق ، واصفرار الأوراق وميلها لأسفل ، ونمو الجذورالجانبية . وقد كانت أكثر السلالات تحملا للإغراق - وهى L 123 - أقلها فى تراكم الحامض الأمينى بروالين proline بها تحت هذه الظروف . هذا .. علماً بأن مستوى البروالين فى النبات يتحدد بمدى النقص فى مستوى الأكسجين فى التربة أثناء التعرض للإغراق . فكلما ازداد النقص فى الأكسجين .. ازداد تراكم البروالين فى أنسجة النبات . وقد أدى ذلك إلى اعتقاد الباحثين أن مقاومة السلالة L 123 للإغراق مردها - جزئياً - إلى قدرتها على نقل الأكسجين من النموات الهوائية إلى الجذور .

التربية لمقاومة الملوحة

أجريت عديد من الدراسات على الطماطم ؛ بغرض زيادة قدرتها على تحمل الملوحة العالية - سواء أكانت هذه الملوحة فى التربة أم فى ماء الرى - وسنتناول - فيما يلى - هذا الموضوع بالدراسة ؛ من حيث : طرق التقييم ، ومصادر المقاومة ، ووراثة المقاومة ، وطبيعة المقاومة ، والتقدم فى التربية للمقاومة .

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 – أصناف حساسة .. ومن أمثلتها الصنفان أيس Ace ، و بيرل هاربر Pearl Harbor .

٢ – أصناف متوسطة المقاومة .. ومن أمثلتها الصنف برتشارد Pritchard .

٣ – أصناف مقاومة .. ومن أمثلتها الصنف الكريزى الثمار جريب Grape .

وظهرت المقاومة فى عدة صور كما يلى :

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

٢ – كما كانت بذوره أسرع إنباتا فى هذه الظروف .

٣ – 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 – أدت المستويات المرتفعة من الملوحة إلى نقص محتوى الأوراق من الكلوروفيل ، وكان هذا التأثير أقل وضوحاً 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 المقاوم جريب ، الذى احتوت أنسجته على أقل نسبة من الصوديوم والكلور ، وأعلى نسبة من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم ، بينما كان الصنف برتشارد وسطاً 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 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 ، ووجدوا أنها - جميعا - 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 برياً فى جزر جالاباجوس - أكثر أنواع الجنس Lycopersicon مقاومة للملوحة . ومن بين سلالات هذا النوع كانت السلالة LA 1401 أكثرها مقاومة ، وهى سلالة جمع C.M. Rick بنورها الأصلية من نباتات كانت نامية على صخور على مسافة ٥ أمتار ، وبارتفاع مترين من خط المَد 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. peruvianum أكثر قدرة على تحمل الملوحة من الطماطم ، وكان ذلك فى صورة اختلافات جوهرية بين النوعين فى عديد من الصفات والخصائص

الفسيولوجية التى تؤثر فى استجابة النباتات للتركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم ؛ مثل : معدل النتح ، وكثافة الثغور ومدى اتساعها ، ومستوى حامض الأبسيسك (Phills وآخرون ١٩٧٩) .

ويذكر Tal & Shannon (١٩٨٣) أن النوعين البريين L. peruvianum ، و L. pen-nellii 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 ، وكذلك النوع 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 PI 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 لهذا النوع لم تتأثر – جوهرياً – بمعاملات ملوحة بلغت ٢٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم . وقد حدث – فى النوع البرى – تراكم لأيونى الكلورين والصوديوم ، ونقص لأيون البوتاسيوم – مع زيادة الملوحة – مقارنة بالطماطم . كما أوضحت دراسات Saranga وآخرين (١٩٨٧) أن أنسجة النوع L. pennellii يتراكم فيها الصوديوم دون أن يكون لذلك تأثير كبير على النمو النباتى ؛ الأمر الذى يدل على تحمل أنسجته للمحتوى المرتفع من هذا الأيون .

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) المقاومة للملوحة فى كل من السلالة

L.esculentum var. cerasiforme ، والسلالتين LA 1579 ، و P.I. 365967 من L. pimpinellifolium ؛ كما كانت السلالات العشر التالية مقاومة 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. peruvianum 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. peruvianum ، و L. pennellii فى تحمل الملوحة فى مزارع مائية احتوت على تركيزات وصلت إلى ١٥٠ مللى مول من ملحى كلوريد الصوديوم ، وكلوريد الكالسيوم بنسبة مولارية قدرها ١ : ١ . ومع زيادة تركيز الأملاح تدريجيا من صفر إلى ١٠٠ مللى مولار من الملحين بنسبة مولارية قدرها ٥ : ١ فى مزرعة رملية .. لم يختلف النقص النسبى فى المحصول بين الصنف هاينز ١٣٥٠ والسلالة 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. chees-

manii – 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 مقاومة النوع L. pennellii للملوحة ؛ حيث ذكروا أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى القدرة علي تحمل الملوحة في سلالات الجيل التاسع للتلقيح :

(New Yorker x L. pennellii) x New Yorker

تأتى من الأبوين –المزروع والبرى – وتتفاعل معاً بطريقة إضافية .

من المفضل اختبار مقاومة النباتات للملوحة بريها بمحاليل مغذية تحتوى على نسب مختلفة من ماء البحر ، بدلاً من الرى بمحلول لأحد الأملاح أو لمخلوط 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 مايلى :

١ – يبلغ محتواه من الأملاح ٣ر٥ ٪ ؛ أى نحو ٣٥٠٠٠ جزء فى المليون .

٢ – يبلغ تركيز كلوريد الصوديوم به نحو ٥ ر٠ مولاراً ، فيصل محتواه من الصوديوم إلى ١٠٥٦١ جزءاً فى المليون ، ومن الكلورين إلى ١٨٩٨٠ جزءاً في المليون .

٣ – تبلغ درجة توصيله الكهربائى ٣ ر٤٦ مللى موز / سم (Weast ١٩٧٦) .

ويبين جدول (٣-٣) تركيز العناصر المغذية الرئيسية فى كل من المحلول الأرضى ، والمحلول المغذى ، وماء البحر (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩) .

جدول (٣-٣) : تركيز العناصر المغذية الرئيسية فى كل من المحلول الأرضى والمحلول المغذى وماء البحر .

العنصر	التركيز بالجزء فى المليون		
	المحلول الأرضى	المحلول المغذى	ماء البحر
البوتاسيوم	٣٠	٢٣٥	٣٨٠ ويعد غنياً بالعنصر
الكالسيوم	٧٥	١٦٠	٤٠٠ ويعد غنياً بالعنصر
المغنسيوم	٧٥	٢٤	١٢٧٢ ويعد غنياً جداً بالعنصر
النيتروجين	١٠٠	٢٢٤	٠٫٠٠١ – ٧٠ ر٠ ويعد فقيراً جداً بالعنصر
الفوسفور	٠٫٠١٥	٦٢	أقل من ٠٫٠٠١ – ١ر٠ ويعد فقيراً جداً بالعنصر
الكبريت	٣٨	٣٢	٨٨٤ ويعد غنياً جداً بالعنصر

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 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 مرات – أسبوعياً – بمحلول مغذ فى ٥٠ – 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 – لمدة شهر – 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 .

واستخدام Mahmoud وآخرون – فى تقييمهم لمقاومة الملوحة – 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 ، والوزنين 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 تحملا للملوحة فى هذه الدراسة هى السلالة PE-2 من L. pimpinellifolium ، وتلتها السلالات PE - 45 ، (L. pennelli) ، و PE- 34 ، و PE - 43 (L. hirsutum)، و PE-16 (L. eperuvianum).

وهناك من الباحثين من اعتمدوا 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 ملي مول من كلوريد الصوديوم ، وكانت أسرع السلالات إنباتاً – مرتبة تنازلياً – 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 فى الإنبات فى وجود كلوريد الصوديوم ، وكانت من النوعين L. pimpinellifolium ، و L. peruvianum. هذا .. إلاّ أن معاملة الملوحة أخّرت الإنبات فى جميع السلالات مقارنة بالشاهد (الكنترول) ؛ كما اختلفت سرعة الإنبات جوهرياً – كذلك – فى غياب كلوريد الصوديوم . كذلك وجد Sin-el'nikova وآخرون (١٩٨٣) أن صنفى الطماطمّ Yusupovskii ، و Karlik 1185 كانا مقاومين ؛ حيث أنبتت بذورهما على درجة حرارة ٢٢°م فى محلول ملحى يحتوى على ٨٥ر٠٪ 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 .

وجرت محاولات للانتخاب للقدرة على تحمل الملوحة فى مزارع للأنسجة وتبعاً لـFillippone (١٩٨٥) .. فإن أفضل تركيز لملح الطعام فى مزارع الأنسجة هو ٥ ر٠٪ . وكان الباحث قد استعمل "explants" من فلقات صنفين من الطماطم زرعا على بيئة Lin-smaier & Skoog ، أضيف إليها IBA ، و BA . وقد ظهرت اختلافات بين الصنفين فى نمو خلايا الكالوس وتميزها بعد ٤٢ يوماً من بداية الاختبار ؛ مما قد يعنى وجود اختلافات وراثية بينها 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 علي تحمل الملوحة حتى الجيل الثالث ؛ حيث لم تظهر فى الجيل الرابع أية زيادة إضافية فى النمو النباتى عند تساوى تركيز الملح فى الجيلين وقد استخدام 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 المقاومة للملوحة 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 المقاوم فوجدا – كما كان معروفا من قبل – 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 على امتصاص أيون البوتاسيوم .

ثانياً : وراثة القدرة على تحمل الملوحة :

أجمعت الدراسات القليلة – التى أجريت على وراثة القدرة على تحمل الملوحة فى الطماطم – على أنها صفة كمية معقدة . 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 x L. pennellii) x New Yorker

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

ثالثاً : طبيعة القدرة على تحمل الملوحة :

تبين – لدى مقارنة تأثير التركيزات المرتفعة من الملوحة على كل من الطماطم والنوع البرى L. cheesmanii المقاوم للملوحة – مايلى :

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 – تراكم 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) – من دراستهما على جذور صنف الطماطم والتر Walter والسلالة LA 1401 من L. cheesmanii – أن جذور النوع البرى امتصت كميات من البوتاسيوم أكبر بكثير مما امتصت الطماطم فى أى من تركيزات الملوحة التى استعملت فى هذه الدراسة ، خاصة في التركيزات المنخفضة (من ٠,١ إلى ١,٠ مللى مول كلوريد صوديوم) ، وفى التركيزات المرتفعة (٥٠ – 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 – جزئيا – محل البوتاسيوم فى النوع البرى ، بينما لم يحدث ذلك فى الطماطم .

وقد قارن Rush (١٩٨٦) هذه السلالة من L. cheesmanii ببعض أصناف الطماطم ، ووجد أن النوع البرى هو الأكثر قدرة على تحمل الملوحة ؛ وكان مرد 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 – 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 نضارة Succulence من أى منهما تحت ظروف الملوحة .

ويبدو أن التركيز المطلق للأيونات المختلفة في 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 (١ ر 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 تحملا من الصنف التجارى . وكان النمو تحت ظروف الملوحة مرتبطاً – 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 . وتُحدَّد القدرةُ النسبيةُ 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 البنات التنظيمية للأيون .

وقد بينت دراسة أخرى لـ Sacher وآخرين (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 E6203 . أما أيونى 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 عما 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) .

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 : التقدم فى التربية لمقاومة الملوحة :

قام Rush & Epstein (١٩٨١) بتهجين صنف الطماطم Walter مع السلالة LA 1401 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 المقاومة للملوحة ؛ حيث أمكنها البقاء ، وأنتجت محصولاً من الثمار ، بالرغم من ريها بمحاليل مغذية ، وصلت فيها نسبة ماء البحر إلى ٧٠ ٪ . ويبين شكل (٣-١ ، فى آخر الكتاب) أوراق وثمار النوع البرى ، والطماطم ، وثمار السلالات المنتخبة من التهجين الرجعى الأول للطماطم .

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

كما حصل Sacher وآخرون (١٩٨٢) أيضاً على سلالات مقاومة للملوحة ، 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 لمقاومة الملوحة - التى نما علمها للمؤلف - لم تتعد - إلى الآن - مرحلة التهجين الرجعى الأول .

التربية لتحمل النمو فى الأراضى الحامضية

لا تجود زراعة معظم محاصيل الخضر - بما فى ذلك الطماطم - فى الأراضى العالية الحموضة التى يقل فيها الـ pH عن ٥ ر٥ ، وهى الأراضى التى يصبح فيها الحديد والألومنيوم ذائبين بدرجة عالية ، بحيث يصبح تركيزهما ساماً للنباتات . وقد ذكر Foy وآخرون (١٩٧٣) أنه وجدت اختلافات جوهرية بين أصناف الطماطم فى قدرتها على النمو فى أراض ذات pH ٢ ر٤ . وكانت أكثر الأصناف حساسية هى Tuckers Favorite ، وAnahu ، وأكثرها تحملاً Ace ، و Owyhee .

وقد احتوت جذور الأصناف المقاومة على كميات أقل من الألومنيوم مما فى جذور

الأصناف الحساسة . ويعنى ذلك أنه يمكن التربية لإنتاج أصناف من الطماطم تصلح للزراعة فى الأراضى الحامضية التى لا يمكن علاجها بصورة اقتصادية .

التربية لتحمل نقص العناصر الغذائية

أجريت دراسات عديدة ؛ بهدف زيادة قدرة الطماطم -وراثياً - على تحمل نقص العناصر الغذائية . ويفيد ذلك عند الزراعة فى الأراضى الفقيرة بطبيعتها فى هذه العناصر، وفى الأراضى القلوية التى يثبت فيها كثير من العناصر فى صورة غير ميسرة للنبات ، وفى المناطق الى لا يوجد فيها وعى بأهمية عملية التسميد . ففى هذه الحالات .. تستفيد النباتات - التى تتحمل نقص العناصر - من القدر الضئيل الذى قد يكون متوفراً منها فى التربة . ونذكر - فيما يلى - جهود التربية فى هذا المجال مقسمة حسب العناصر :

١ - النيتروجين :

قيم O'sullivan وآخرون (١٩٧٤) ١٤٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو فى محلول مغذ ، يحتوى على مستوى منخفض من الآزوت ؛ بتوفير العنصر بمعدل ٣٥ ملليجراماً فقط لكل نبات ، ووجدوا اختلافات وراثية بين السلالات من حيث كفاءتها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر ، معبراً عن ذلك بالملليجرام من المادة الجافة التى يُصَنِّعها النبات مقابل كل ملليجرام من الآزوت الممتص . وتحت هذه الظروف .. كان الوزن الجاف للسلالات ذات الكفاءة أعلى بمقدار ٤٥ ٪ من السلالات القليلة الكفاءة .

وقد تبين من الدراسات الوراثية - التى أجريت على أكثر وأقل الأصناف كفاءة فى الاستفادة من الكميات القليلة المتاحة لها من الآزوت - أن هذه الصفة يتحكم فيها عدد قليل من الجينات ، وأن الكفاءة العالية صفة سائدة ، مع ظهور تفاعلات أليلية من النوع الإضافى × الإضافى .

٢ - الفوسفور :

وجد Coltmann وآخرون (١٩٨٥) اختلافا فى معدل النمو بين سبع سلالات من الطماطم عند نقص الفوسفور فى بيئة الزراعة ، علماً بأن هذه السلالات تتماثل فى معدل نموها فى ظروف التغذية الطبيعية . وقد وصلت هذه الاختلافات إلى ٧٣ ٪ . وأوضحت

الدراسة أن معدل امتصاص الفوسفور لكل وحدة من وزن أو طول الجذر كان عاملاً أولياً فى تحديد قدرة السلالة على امتصاص العنصر . كذلك كان لمدى قدرة السلالات على الاستفادة من الفوسفور الممتص دور هام فى إبراز فروق النمو بينهما تحت ظروف نقص العنصر .

ونظراً لأن الفوسفور لا ينتقل فى التربة .. فإن كفاءة النباتات فى الاستفادة من الكميات المتاحة منه تتحدد بمدى تغلغل المجموع الجذرى فى التربة (عن Bliss ١٩٨١) . وقد أوضحت دراسات Coltman (١٩٨٧) أن سلالات الطماطم القادرة على تحمل نقص الفوسفور كانت أكثر كفاءة فى امتصاص العنصر ، كما كانت شعيراتها الجذرية – تحت ظروف نقص العنصر – أطول ، وغطّت الجذور لمسافة أطول مما فى السلالات الحساسة .

وقد وجد أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة فى امتصاص الفوسفور من محلول مغذ يحتوى على العنصر – بتركيز منخفض قدره ٩٧ ميكرومول – أن السلالة P.I. 121665 كانت على درجة عالية من الكفاءة . وقد تميزت هذه السلالة – دون غيرها – بكثافة شعيراتها الجذرية ؛ لذا أطلق على هذا الشكل المظهرى اسم الجذر القطنى Cottony root . وبرغم أن سلالة أخرى – هى P.I.1102716 – كانت على نفس القدر من الكفاءة فى امتصاص الفوسفور ..إلا أن جذورها كانت عادية . وقد وجد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن صفة الجذر القطنى متنحية ، ويتحكم فيها جين واحد أُعطى الرمز crt.

٣ – البوتاسيوم :

قيم Makmur وآخرون (١٩٧٨) ١٥٦سلالة من الطماطم للقدرة على النمو فى محلول مغذ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٥ ملليجرامات لكل نبات ، ووجدوا اختلافات كبيرة بينها فى كفاءتها فى استغلال الكميات القليلة المتاحة من العنصر ؛ معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من البوتاسيوم الممتص . وكان الوزن الجاف لأعلى السلالات كفاءة فى الاستفادة من البوتاسيوم – تحت هذه الظروف – يزيد بمقدار ٧٩ ٪ عن أقل السلالات كفاءة . وقد احتوت السلالات العالية الكفاءة على بوتاسيوم يقل بنسبة ٣٩ ٪ ، وصوديوم يزيد بنسبة ٢٩ ٪ فى أنسجتها مقارنة بالسلالات المنخفضة الكفاءة . وأوضحت الدراسات الوراثية على هاتين السلالتين أن الجينات التى تتحكم فى الكفاءة العالية ذات تأثير إضافى أساساً ، بينما كان

تأثير السيادة والتفوق أقل .

وبرغم أن عنصر الصوديوم ليس ضرورياً لنمو الطماطم ، إلا أنه يمكن أن يحل محل البوتاسيوم فى أمور عامة ؛ مثل تنظيم الضغط الآسموزى لذا .. فإن فصل تأثيرات كفاءة أستفادة النبات من عنصر البوتاسيوم - فى الأمور التى ليس للصوديوم علاقة بها - عن التأثيرات فى الأمور التى يكون للصوديوم علاقة بها .. يعد ضرورياً لتحديد كفاءة السلالات فى الاستفادة من البوتاسيوم بصورة أفضل ؛ وبناء على ذلك .. قام Figdore وآخرون (١٩٨٩) بتقييم ١٠٠ سلالة من الطماطم فى محلول مغذ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٠٧١ ر٠ ملى مول فى غياب ، أو وجود الصوديوم (المضاف) ؛ للتعرف على الاختلافات بين السلالات فى كفاءة استعمال البوتاسيوم ، وفى كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم ، وفى تراكم الصوديوم بالأوراق العليا .

واعتماداً على النتائج المتحصل عليها .. اختيرت خمس سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الصفات السابقة ، وأجريت بينها كل التلقيحات الممكنة لدراسة وراثة تلك الصفات . وقد توصل الباحثون إلى أن درجة توريث صفة كفاءة استعمال البوتاسيوم - فى غياب الصوديوم - منخفضة ، وتتأثر جوهرياً جداً بكل من فعل الإضافة والسيادة والإضافة × الإضافة . وكانت درجة توريث صفة كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم عالية ، وتأثرت جوهرياً جداً بفعل الإضافة والسيادة . كذلك كانت درجة توريث صفة تراكم الصوديوم بالأوراق العاليا عالية ، وتأثرت - جوهريا جداً - بفعل الإضافة . هذا .. وكان Makmur وآخرون قد وجدوا أن إحدى السلالات ذات الكفاءة العالية فى الاستفادة من البوتاسيوم تستجيب لإضافة الصوديوم حتى مع توفر البوتاسيوم بدرجة متوسطة .

٤ - الكالسيوم :

قام English & Maynard (١٩٨١) بتقييم ٢٤ صنفاً وسلالة من الطماطم من حيث القدرة على النمو فى محلول مغذ يحتوى على تركيز منخفض من الكالسيوم قدره ٥ر١٦ ملليجراماً كالسيوم لكل نبات ، ووجدا اختلافات وراثية بينها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر ، معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من الكالسيوم الممتص . كانت أكثر

السلالات كفاءة هى سلالة الطماطم P.I.205040 ، والسلالة P.I.129021 من الهجين النوعى L. esculentum × L. pimpinellifolium اللتين احتفظتا بكفاءتهما العالية حتى فى المستويات المرتفعة من الكالسيوم .

كذلك قام Giordano وآخرون (١٩٨٢) بدراسة مماثلة على ١٣٨ سلالة من الطماطم ، ووجودا اختلافات وراثية بينها فى كفاءة الاستفادة من الكالسيوم المتاح لها ؛ حيث أعطت السلالات العالية الكفاءة وزناً جافاً يزيد بمقدار ٨١ ٪ على السلالات القليلة الكفاءة ، بينما كان الوزن الجاف لجميع السلالات متقارباً حينما كان الكالسيوم متوافرا بتركيز كاف قدره ٤٠٠ ملليجرام لكل نبات . وقد أظهرت الدراسة أن السلالات العالية الكفاءة كانت أكثر قدرة على امتصاص الكالسيوم من المحاليل المغذية الفقيرة بالعنصر ، وأكثر كفاءة فى الاستفادة مما تمتصه منه .

كما تبين من دراسة وراثية - أجريت على أكثر وأقل السلالات كفاءة - أن هذه الصفة تتأثر أساساً بالفعل الإضافى للجينات . وفى دراسة وراثية أخرى -أجريت على أربع سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الاستفادة من الكالسيوم المتوفر بكميات قليلة قدرها ١٠ ملليجرامات من العنصر لكل نبات (Li & Gabelman ١٩٩٠) - وجد أن الكفاءة (معبراً عنها بالوزن الجاف للنبات) تتأثر بفعل الإضافة والسيادة للجينات المتحكمة فى الصفة ، التى تراوحت درجة توريثها - على النطاق العريض - من ٦٣ ٪ إلى ٧٩ ٪ ، وعلى النطاق الضيق .. من ٤٧ ٪ إلى ٤٩ ٪ ، ومن ٦٨ ٪ إلى ٧٥ ٪ فى عائلتين مختلفتين .

٥ - الحديد :

وجد أن سلالة الطماطم T 3820 غير قادرة على امتصاص ونقل الحديد بكميات تفى بحاجة النبات من هذاالعنصر ؛ حيث بلغ تركيز الحديد بها ربع التركيز الطبيعى ، بالرغم من توفر العنصر للنبات . وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح (Brown وآخرون ١٩٧٢) .

٦ - البورون :

أوضح Brown & Jones (١٩٧١) أن نباتات نفس السلالة السابقة (T 3820)

كانت – كذلك – غير قادرة على امتصاص ونقل البورون بكميات تفى بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث كانت نباتات الطماطم صنف Rutgers أكفأ ١٥ مرة منها فى امتصاص العنصر .

كما اكتشف Wall & Andrus(١٩٦٢) طفرة أخرى شبه مميتة – أطلق عليها اسم الساق القابلة للكسر Brittle Stem – لا يمكنها نقل البورون داخل النبات . وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز btl .

التربية لتحمل تلوث البيئة

أولى الباحثون مقاومة الأوزون اهتماماً خاصاً ؛ لأنه من أكثر المركبات إسهاماً فى تلوث البيئة . فقيم Gentile وآخرون (١٩٧١) عدداً من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة ، ووجدوا أن النوع L. pimpinellifolium أكثرها حساسية ، والنوع L. esculentum أقلها حساسية للأوزون . وكانت أكثر سلالات وأصناف الطماطم تحملاً لهذا الغاز هى P.I.203229 ، و P.I.247089 ، و P.I. 304234 ، و P.I. 309915 ، و VFN8 .

كذلك اختبر Reinert وآخرون (١٩٧٢) مقاومة ١٢ صنفاً من الطماطم للأوزون بتعريضها لتركيز ٤٠ (pphm) لمدة ساعة ونصف فى الصباح ، ووجدوا أنه حينما تعرضت النباتات للغاز فى المساء كان الضرر أكبر منه فى الصباح ، وكانت أكثر الأصناف حساسية Roma VF ، و Red Cherry ، وأقلها حساسية (أى أقلها تضرراً من الغاز) هى VF 145 - B و Heinz 1439 . كذلك اختبرت ١٢٠٠ سلالة من الطماطم ومجموعة من الأصناف التجارية، وتبين أن أكثرها تحملاً للغاز هى P.I. 109835 ، و P.I.237136 ، و P.I. 285663 ، و P.I. 303792 ، و New Yorker ، و Heniz 1439 .

التربية للتأقلم على وسائل الإنتاج

كثيراً ما يتطلب الجانب الاقتصادى استحداث طرق جديدة فى إنتاج المحصول ، تكون أقل تكلفة من سابقتها . ونظراً لأن هذا الجانب غالباً ما يفرض وجوده .. فإن الأنظار تتجه إلى المربى لإنتاج أصناف جديدة تساير هذه التغيرات الجديدة فى وسائل الإنتاج . وكمثال على ذلك .. نتناول بالدراسة . فى هذا المقام – موضوعين ؛ هما التربية للصلاحية للحصاد