الأسس الفسيولوجية لمقاومة نباتات الخضر للملوحة

للدكتور أحمد صفوت عبد السلام

مقدمة

إن التوسع الزراعى فى الجمهورية العربية المتحدة ، سواء أكان رأسيا بزيادة الكفاية الإنتاجية للأرض المزروعة ، أو أفقيا باستصلاح واستزراع مساحات جديدة من الأراضى الصحراوية ليعتبر الدعامة الأساسية فى مواجهة الزيادة المطردة فى عدد السكان . وتتميز الأراضى الصحراوية عادة بالجفاف وقلة الأمطار وارتفاع نسبة الملوحة بها ، بالإضافة إلى أن معظم مياه الرى التى تعتمد عليها مياه جوفية بها نسب متفاوتة من الأملاح .

وتعتبر مقاومة نباتات الخضر للملوحة من أهم المشكلات التى جذبت أنظار كثير من الباحثين والمشتغلين بالزراعة ، نظراً لما تسببه زيادة الملوحة من نقص كبير فى النواتج الزراعى كنتيجة لخفض إنتاجية المحاصيل المختلفة . ودراسة العلاقة الداخلية بين النباتات ، والجو المحيط بها له أهمية نظرية كبيرة فى فهم ميكانيكية تأثير هذه الأملاح عليها ومدى استجابتها لها ، كما توضح فسيولوجية المقاومة للملوحة تطبيقات عملية هامة ، حيث يمكن استحداث اتباع نظم رى محسنة وعمليات زراعية خاصة لمواجهة الملوحة ، وأيضا انتخاب أنواع جديدة مقاومة لها .

والأراضى الملحية أو ظاهرة التمليح saltiness حالة شائعة فى المناطق الجافة وشبه الجافة وعلى شواطىء البحار . وفى الاتحاد السوفيتى تعتبر الأراضى ملحية بدرجة قليلة إذا كانت نسبة الأملاح بها ٠,٣ ٪ ، ومتوسطة الملوحة إذا بلغت النسبة ٠,٧ ٪ ، وملحية جداً إذا وصلت نسبة الأملاح بها إلى ١ ٪ . وقد قام

● الدكتور أحمد صفوت عبد السلام : الباحث بمعهد بحوث الصحراء ، وزارة البحث العلمى .

بعض الباحثين (Grillot ١٩٥٦ ، و Bernstein ١٩٥٨ ، ١٩٦٢) بدراسة مدى استجابة محاصيل الخضر للملوحة ، ولاحظوا أن الظروف السائدة فى الاراضى الملحية تؤثر عادة على التمثيل الغذائى للنباتات حيث ينخفض معدل العمليات الحيوية بها ، ويتوقف ذلك على الخواص البيولوجية للنباتات وحالة نموها . بالإضافة إلى أن ملوحة الوسط قد تسبب زيادة تحميل أعضاء النبات بأملاح غير مغذية مثل تراكم الأمـــلاح فى أوراق وأنسجة البنجر ، والبطاطس ، والطماطم (Strogonov ١٩٦٢) .

وطبقا للآراء الحديثة تقسم النباتات تبعا لدرجة تأثرها بالملوحة إلى نباتات ملحية Halophytes ونباتات غير ملحية Glycophytes . وعرف Genkel (١٩٥٤) النباتات الملحية بأنها التى تنمو فى بيئات ملحية وتتكيف بسهولة خلال مراحل نشوئها وتطورها لتركيزات الملوحة المرتفعة فى التربة . أما النباتات غير الملحية فهى التى تنمو فى بيئات غير ملحية، ولها قدرة محدودة على تكييف نفسها للملوحة خلال نموها وذلك نظرا لعدم ملاءمة الظروف المحيطة بها .

ووصف بعض الباحثين النباتات الملحية بأنها القادرة على النمو فى أراض تتراوح نسبة الأملاح بها من ٠,٣ — ٢٠٪ ، ولكن معظمها ينمو فى العادة فى تربة تحتوى على ٢ — ٦٪ أملاح . وعموما فالنباتات الملحية لها القدرة على تنظيم توازنها الملحى، فعندما تتراكم بها كمية زائدة من الأملاح فإنها تفرزها بغدد خاصة أو عن طريق البذور أو قد تقوم بتجميعها فى أوراق تتخلص منها بالتساقط.

وتؤدى زيادة الأملاح الذائبة فى منطقة الجذور إلى التأثير المباشر على نمو ومحصول النبات ، وذلك عن طريق زيادة الضغط الأسموزى لمحلول التربة أو تراكم بعض الأيونات بتركيزات سامة فى أنسجة النبات أو التغير فى تغذيته المعدنية . وأهم العناصر الرئيسية التى توجد بكثرة فى محلول التربة الملحية هى الكلوريد ، والكبريتات ، والبيكربونات ، والصوديوم ، والكالسيوم ، والماغنسيوم ، والبوتاسيوم . وتمد بعض الأيونات كالكالسيوم ، والماغنسيوم، والبوتاسيوم، والكبريت النبات بالعناصر الرئيسية اللازمة لنموه ، بينما بعض العناصر الأخرى كالبورون ، والليثيوم لها تأثير سام، حتى إذا وجدت بتركيزات منخفضة، وذلك

نتيجة إحداثها بعض التغيرات الجوهرية فى التركيب المعدنى لمحلول التربة .

وتؤدى زيادة أملاح الكبريتات إلى خفض كمية الكالسيوم الممتص بواسطة نباتات بعض أصناف الخس (Doneen and Grogan ١٩٥٤) وتظهر عليها أعراض نقصه ، وظهور مرض عفن الطرف الزهرى فى الطماطم (Geraldson ١٩٦٠) . وعلى عكس ذلك تؤدى زيادة تركيز الكالسيوم إلى تحديد نسبة امتصاص البوتاسيوم الضرورى لنمو الفاصوليا وبعض أصناف الجزر فيقل محصولهما (Bernstein and Hayward ١٩٥٨) .

ويؤدى تراكم الصوديوم بنسبة ٠,٠٥ ٪ من الوزن الجاف فى أوراق الشليك (Imazu and Osawa ١٩٥٤) إلى احتراق حوافها ، وعلى النقيض من ذلك يؤدى إلى زيادة المحصول فى البنجر والكرفس (Harmer and Benne ١٩٤١) حيث يعتقد أنه عنصر هام ورئيسى لهذه المحاصيل مثل البوتاسيوم تماما . ويعتقد البعض أن هناك تأثيراً غير مباشر للصوديوم حيث يمكن أن يحل محل البوتاسيوم — إلى حد ما — فى حالة نقصه (Lehr ١٩٤٩) . وقد وجد أيضا أن زيادة تركيز الصوديوم المتبادل يؤدى إلى نقص تراكم كل من البوتاسيوم ، والكالسيوم ، والماغنسيوم ، ولو أن زيادة البوتاسيوم تؤدى إلى نقص امتصاص الصوديوم (U.S. Salinity Lab. Staff ١٩٥٤) . وفى الأراضى الصودية يقل نمو النباتات كنتيجة لطبيعة هذه التربة التى تحـــد من حركة وانتقال الرطوبة ، والتهوية ، وتعرقل استطالة ونمو الجذور ، وتكشف البادرات فى البنجر والطماطم (Bernstein and Hayward ١٩٥٨) .

وتؤدى زيادة أملاح الكلوريد إلى زيادة محصول البنجر والسبانخ والطماطم (Hayward and Wadleigh ١٩٤٩) ، وقلة المحصول والمحتوى النشوى فى البطاطس (Smith and Nash ١٩٤١) وخفض النشاط التمثيلى لبعض العناصر مثل النتروجين فى الفاصوليا (Gauch and Wadleigh ١٩٤١) . والتركيزات العالية من الماغنسيوم عادة أكثر سمية للنبات ، لأنها تؤدى إلى نقص امتصاص كل من الكالسيوم والبوتاسيوم فيقل النمو ، ويقل تأثير هذه السمية بتوافر تركيزات عالية من أيونات الكالسيوم فى وسط التربة .

ويكون للبوتاسيوم أيضا تأثيرات ضارة ، إذا وجد بتركيزات عالية فى التربة ، حيث يؤدى ذلك إلى نقص امتصاص الماغنسيوم (Boynton and Bunell ١٩٤٤) . ويرجع ضرر البيكربونات إلى ميلها إلى ترسيب الكالسيوم والماغنسيوم — إلى حد ما — فى محلول التربة ويكون نتيجة ذلك زيادة نسبة الصوديوم فيزيد ضرره (Allison ١٩٦٤) . ويمكن خفض نسبة الصوديوم المتراكم فى المعقد التبادلى بالغسيل الكافى وإضافة الجبس أو أى مصدر به كالسيوم ذائب يحفظ نسبة الكالسيوم/ الصوديوم متوازنة فى محلول التربة .

ويعتبر البورون أحد العناصر الضرورية لنمو النبات عند تواجده بكميات قليلة جدا ، ويصبح تركيزه سام بزيادة هذه الكمية إلى أجزاء قليلة فى المليون فى محلول التربة . ومصدر البورون الرئيسى ماء الرى ومياه الآبار ، وتحدث المشكلة منه إذا كان الصرف سيئا ، حيث ينتقل إلى الأوراق ويتراكم فيها ، كذلك فإنه ولو أن احتراق أطراف وحواف الأوراق وتلونها باللون البنى ظاهرة معبرة للضرر الناتج عن زيادة البورون (Wilcox ١٩٦٠) ، إلا أن بعض المحاصيل لا يظهر عليها أعراض أو خصائص مميزة للتأثير الضار للبورون ، كما فى حالة البطاطس ، والطماطم ، والفول ، والفاصوليا ، والبسلة ، والبنجر ، والقرع العسلى . وعموما فيفيد تحليل أنسجة الأوراق فى التعرف على التأثير الضار للبورون أكثر من الاعتماد على تحليل التربة أو مياه الرى .

وبالنسبة للليثيوم فيعتبر ضاراً إذا وصل تركيزه إلى ٥ر٠ جزء فى المليون ، حيث يؤدى ذلك عادة إلى خفض نسبة الماغنسيوم أو رفع نسبة الصوديوم أو كليهما وقد وجد Bingham et al. (١٩٦٤) أن مقاومة النباتات الحساسة لليثيوم تتناظر مع درجة مقاومتها للصوديوم .

ومن الدراسات التى قام بها Ratner (١٩٤٥) ، تبين أن امتصاص الأملاح من التربة والطريق الذى تسلكه داخل النبات يتوقف أساساً على الحالة الداخلية للنبات ودرجة تركيز الأملاح به . فإذا كانت كمية الأملاح بالنبات قليلة فإن حركة الأملاح من الجذر إلى الأجزاء الهوائية تكون عن طريق اللحاء ، بينما تسلك طريق الخشب إذا كانت نسبتها بالنبات مرتفعة ، وعادة يكون انتقال

أملاح الكلوريد فى النبات عن طريق اللحاء ، بينما يكون انتقال الكبريتات عن طريق كل من الخشب واللحاء . وقد وجـــد Arisz ومساعدوه (١٩٥٨) ، و Arisz and Sol (١٩٥٦) بعد دراسات مستفيضة أن دخول الأملاح إلى الخلايا يكون عادة عن طريق البلازموديزماتا Plasmodesmata . وفى النباتات الصغيرة تتراكم الأمـلاح فى الميتوكوندريا Mitochondria ، والأجزاء الأخرى من البروتوبلازم ، كما قد ترتبط مع المواد الأخرى ذات الجزئيات الكبيرة . وفى الخلايا الكبيرة تنتقل الأملاح من البروتوبلازم إلى الفجوة العصارية حيث تتراكم فيها . وقد ثبت أن وجود السكروز — خلال الساعات الأولى — يقلل أو يخفض من امتصاص أملاح الكلوريد نتيجة لخروج الماء من البروتوبلازم والتغيرات المرتبطة بالنفاذية ، ولكن بمضى الوقت يزداد امتصاص الكلوريد نتيجة لاستخدام السكروز كمصدر للطاقة .

وتؤثر الظروف الجوية على حساسية النباتات للملوحة فالتنبيط الخريفى يكون أكثر مقاومة للملوحة من التنبيط الربيعى (Dam ١٩٥٥) . كذلك يتأثر ويقل نمو البصل فى الأراضى الملحية فى الجو الحار الجاف عنه فى الجو البارد الرطب ، بينما لا تتأثر درجة مقاومة البنجر للملوحة كثيراً بالتغيرات الجوية Magistad et al (١٩٤٣) .

وتحت الظروف الطبيعية فإن النباتات النامية فى أراض ملحية تعانى من نقص الماء (الجفاف الفسيولوجى) ونقص الأملاح المغذية (الجوع الملحى) وأيضا تعانى من زيادة الأملاح الضارة التى تنفذ إلى الخلايا . ومن الصعوبة التمييز بين التأثير الأسموزى والتأثير السام للأملاح نظراً لتغير الأهمية النسبية لهذه التأثيرات حسب درجة وطبيعة وكمية الأملاح المتراكمة فى النبات . وقد أوضحت نظرية الأسموزية إمكانية تواجد النباتات فى تربة ملحية وذلك لو زاد الضغط الأسموزى لعصيرها الخلوى عن الضغط الأسموزى للمحلول المحيط بها .

وينشأ الجفاف الفسيولوجى (Philip ١٩٥٨) فقط فى حالة وجود محاليل لا يمكنها دخول الخلايا ، وتنشأ بذلك حالة يكون فيها الضغط الأسموزى فى الوسط الخارجى أكبر من مثيله فى الخلايا . أما المواد التى يمكنها النفاذ داخل الخلايا

فلا يتسبب عنها جفاف فسيولوجى بل على العكس تزيد الضغط الأسموزى للخلايا، وتزيد بالتالى كمية الماء الممتص . وتتميز النباتات النامية فى أراض ملحية بزيادة نشاط إنزيم الكاتالين ، والذى يتسبب عنه التراكم الضار لفوق أكسيد الأيدروجين (Strogonov ١٩٤٩، Shakhov ١٩٥٠) .

وقد لاحظ Strogonov (١٩٦٢) وجـــود تغيرات فى التمثيل الغذائى للنيتروجين للنباتات النامية فى أراض ملحية ترتب عليها تكوين مواد سامة مثل البيوتريسين Putrescine داخل النبات وظهور مساحات متمزقة على الأوراق .

ووجد Strogonov (١٩٥٤) أن زيادة مقاومة النباتات للجفاف تكون مصحوبة بارتباط أيونات الكلوريد بالألبيومينات فى الأوراق وبزيادة قوة الرابطة بين الكلوروفيل والبروتين فى الكلوروبلاست ، ونظراً لثبات المركب الأخير فإن المحتوى الألبيومينى للأوراق قد يعتبر حاميا للغرويات الحيوية فى الخلية ضد التأثير السام للأملاح .

كيفية تأثير الأملاح على النبات

دلت نتائج الأبحاث التى قام بها بعض الباحثين بالاتحاد السوفيتى (١٩٤٦) أن الضغط الأسموزى لمحلول التربة يؤثر بدرجة كبيرة على نمو النباتات، فلا يوجد هناك ضرر على النباتات النامية حتى ضغط أسموزى ٤,٣ ، وينخفض معدل نمو النبات إذا تراوح الضغط الأسموزى بين ٤,٣ — ٥,٢ ، بينما لا تنبت البذور إطلاقا بوصول الضغط الأسموزى إلى ٨,٥ ضغط جوى . وعلى ذلك فيعتبر الضغط الأسموزى لمحلول التربة عاملا محدداً لقوة نمو النباتات بالأراضى الملحية .

ولكل ملح تأثير محدد على النبات ، وكنتيجة لذلك فإن استجابة النبات سوف تتوقف على درجة السمية للملح السائد فى محلول التربة. وتحدث الكاتيونات التى تدخل الخلية تأثيرات تخثرية أو تجميدية حيث تنقص من درجة نفاذية البروتوبلازم للأملاح بينما تؤثر الأيونات تأثيراً بيتيدياً على الغرويات البلازمية

فتزيد درجة نفاذيتها للأملاح . وعموما فترتبط سمية الأملاح مباشرة بدرجة نفاذيتها ، فكلما زادت سرعة نفاذها وتراكمها ازدادت درجة سميتها .

وأوضح Strogonov (١٩٦٢) أن امتصاص البذور النابتة للماء يكون على مرحلتين : المرحلة الأولى (مرحلة الامتصاص) وفيها تحصل البذرة على ٦٠ ٪ من احتياجاتها المائية — بغض النظر عن درجة تركيز الأملاح فى الوسط المحيط — وذلك بتأثير قوى الامتصاص لغرويات البذرة ، وفى المرحلة الثانية حيث تقل قوى التشرب تمتص البذرة كمية الماء المتبقية (٤٠ ٪) بتأثير الضغط الأسموزى للعصير الخلوى . ويرجع فشل إنبات البذور فى المحاليل الملحية إلى تأثير الضغط الأسموزى لهذه المحاليل حيث يكون مرتفعا عن مثيله للخلايا ، وبذلك لا تستطيع البذور امتصاص كل الماء اللازم لإنباتها . بينما ذكر Sergeev (١٩٥٣) أن امتصاص البذور للماء يكون راجعا لتأثير قوى التشرب والأسموزية معا . وتنشأ الظاهرة الأخيرة كنتيجة للنشاط الأنزيمى الذى يحدث بالبذور المتشربة للماء . وعموما فترجع الاختلافات فى درجة تشرب بذور النباتات المختلفة للماء إلى الاختلاف فى تركيبها الكيماوى ونسبة المكونات العضوية التى تتسبب فى ظهور مواد مرتفعة الأسموزية . علاوة على ذلك فإن نفاذية البذور للأيونات من الأهمية بمكان فى تحديد درجة التشرب لأن الأيونات النافذة تشجع تحلل المواد العضوية وبالتالى تسرع الانتفاخ والتمدد .

وتتسبب ملوحة التربة عادة نتيجة لوجود أملاح الكلوريد أو الكبريتات ، وقليلا ما يكون ذلك بسبب أملاح الكربونات التى هى عادة أكثر سمية من الملحين السابقين . وذكر Strogonov (١٩٦٢) أن Blagoveshchenski وجد أن أملاح الكلوريد أقل سمية للبذور الفاصوليا عن أملاح الكبريتات . ويرجع التأثير الضار للأملاح على النباتات إلى تأثيرها المباشر السام على البروتوبلازم وإلى زيادة التركيز الأسموزى الذى يحدث خللا فى الميزان المائى للنباتات . وأكثر الكاتيونات إحداثا لسمية النباتات هو الصوديوم الذى يكثر وجوده فى الأراضى الملحية طبيعيا .

تأثير الملوحة على نمو وتطور النباتات

يختلف تأثير الملوحة على النباتات اختلافا كبيرا حسب مرحلة نموها . وقد وجد أن مرحلة الإنبات هى أكثر المراحل حساسية لزيادة الملوحة . وأوضح Kling (١٩٥٤) أهمية بدء النشاط التمثيلى الضوئى فى البادرات كعامل هام فى زيادة ضغطها الأسموزى وبالتالى درجة مقاومتها للملوحة .

وتنقص نسبة الإنبات ويتأخر خروج البادرات بزيادة نسبة الأملاح حول بذور الطماطم (Kling ١٩٥٤ ، El-Sayed and El-Mahdi ١٩٦٩)، والخس (Odegbero and Smith ١٩٦٩) ، والجزر والباذنجان وفاصـــوليا الليما والفجل والكرنب (Novikoff ١٩٤٦) ، والبصل والكوسة والشمام والبطيخ والخيار (Abdel-Salam, et al. ١٩٧٠) . وقد عزا Novikoff (١٩٤٦) زيادة حساسية النبات للملوحة ـــ خلال فترة الإنبات ـــ إلى غياب القوى الاسموزية الكافية لامتصاص الماء من التربة ، بينما علل Bernstein and Hayward (١٩٥٨) بتراكم الأملاح فى الطبقة السطحية من التربة بتركيزات أكبر من أجزاء التربة الأخرى ، كما أن البخر يقلل نسبة الماء فى الطبقات السطحية ، وبذلك تزيد درجة ملوحتها . وتتأثر نســـبة ومعدل إنبات البذور ليس فقط بكمية الأملاح ولكنه أيضا بنوع الملح السائد ، حيث تزيد درجة التأثر فى وجود أملاح الكلوريد عن أملاح الكبريتات . هذا وينتج عن قلة نسبة إنبات البذور وجود بقع خالية فى الحقل ، وكلما زاد عددها كان ذلك دليلا على زيادة تركيز الأملاح . ويمكن التغلب على انخفاض نسبة الإنبات فى الحقل بتحوير طرق الزراعة والرى بحيث تقلل من تركيز الأملاح حول البذور وتحسن من إنباتها كما سيتضح فيما بعد .

ويضعف ويتقزم النمو الخضرى للنباتات بزيادة الملوحة ، ولكن يجب الحذر فى مثل هذه الحالات لأن نقص خصوبة التربة قد يتسبب فى ذلك ، ولكنه يكون مصحوبا عادة بتلون المجموع الخضرى باللون الأخضر المصفر ، بينما فى حالة ضعف النمو الناشىء عن تأثير الملوحة يتلون المجموع الخضرى باللون الأخضر

المزرق. فبزيادة الملوحة تضعف وتتقزم نباتات الطماطم (Kling ١٩٥٤)، والبصل (Imazu and Osawa ١٩٥٤)، وتتجعد أوراق الكرنب ويدكن لونها، وتلتف أوراق الفلفل، وتحترق قمم وحواف أوراق الخس والهندباء والشيكوريا والكرات أبو شوشة والشليك والفاصوليا (Bernstein and Ayers ١٩٥١)، كما تنقص نسبة عناصر الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم، والكلوريد فى أوراق وسوق البطاطس وتزداد فى أوراق الباذنجان (Osawa ١٩٥٨).

ونظراً لتأثير الملوحة المثبط على النمو الخضرى فإن من المحتم أن يكون لذلك تأثير على الإزهار والإثمار، فيتأخر تكوين البراعم الزهرية فى الطماطم (Hayward and Long ١٩٤٣)، وتزداد نسبة الأزهار المذكرة وتنقص عدد الأزهار المؤنثة فى النباتات الوحيدة المسكن (Strogonov ١٩٦٢)، ويسرع اكتمال نمو ونضج محاصيل البطاطا والبطاطس والشمام (Bernstein and Hayward ١٩٥٨). ويتأثر وينخفض معدل نمو النباتات ونسبة المادة الجافة بها بالملوحة الناتجة عن تأثير أملاح الكلوريد أكثر من أملاح الكبريتات، ونتيجة لذلك يقصر طول النبات وتقل أعضاؤه وينخفض محصوله وإنتاجيته.

وتؤدى زيادة الملوحة إلى نقص أوزان نباتات الخس (Ayers et al. ١٩٥١)، ومحصول البطاطس والجزر والفاصوليا والبنجر والشليك (Ehlig and Bernstein ١٩٥٨)، وزيادة الوزن الجاف والمحتوى النشوى فى البطاطس (Bernstein ١٩٥٩)، والسكروز فى كل من الجزر (Bernstein and Ayers ١٩٥٣) والشليك (Ehlig and Bernstein ١٩٥٨).

كما تؤدى زيادة الملوحة أيضا إلى نقص الكاروفيل والكاروتين وحامض الأسكوربيك فى نباتات الفجل واللفت والكرنب والخس (Kim ١٩٥٨)، وزيادة الصلابة فى الكرنب (Bernstein ١٩٥٩)، ونقص عناصر الفوسفور والكالسيوم والبوتاسيوم والماغنسيوم فى الشليك وزيادتها فى البصل (Imazu and Osawa ١٩٥٤).

وعموما فيرجع التأثير الضار للأملاح إلى تغير خواص البروتوبلازم فى الخلايا وتفككك وتمزق الروابط بينها وهدم وتكسير البلازموديزماتا بها ، فيقل بذلك انتقال الماء والمواد الغـــذائية بينها فى نفس الوقت الذى تتراكم فيه الكربوهيدرات والمركبات النيتروجينية بمعدل أعلى من استهلاكها فى تكوين الخلايا والأنسجة الجديدة فيترتب على ذلك انخفاض وقلة النمو (Strogonov ١٩٦٢) . ويزداد هذا التأثير فى حالة الملوحة المنسبية عن وجود أملاح الكلوريد أكثر منه فى حالة وجود الكبريتات . هذا وتعود النباتات إلى حالتها الطبيعية فى البناء بزوال أثر الملوحة ورجوع الظروف الطبيعية الملائمة .

وقد أشار بعض الباحثين إلى وجود اختلافات فى مدى تحمل أصناف النوع الواحد للملوحة . فبالرغم من أن الفاصوليا ضعيفة التحمل للملوحة إذا ما قوبلت بأنواع الخضر الأخرى ، إلا أن الدراســـة التى قام بها Bernstein and Ayers (١٩٥١) أثبتت أن هناك اختلافات معنوية بين أصناف الفاصوليا المختلفة بالنسبة لمدى تحملها لزيادة تركيز كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم . ووجد نفس الباحثان (١٩٥٣) فى دراستهما على الجزر أن الصنفين Chantenay & Danvers Halflong كانا أكثر الأصناف تحملا للملوحة ، كذلك وجدت فروق معنوية بين أصناف البصل (Bernstein and Ayers ١٩٥٣) ، والشليك (Ehlig and Bernstein ١٩٥٨) ، والطماطم (El-Sayed and El-Mahdi ١٩٦٩) ، والشمام والكوسة (Abdel-Salam et al ١٩٧٠) ، بينما لم توجد فروق معنوية فى إحدى التجارب التى أجريت لمقابلة بعض أصناف الخس (Ayers et al ١٩٥١) .

وعموما فيمكن الحكم على مدى تحمل نباتات الخضر للملوحة بإحدى العوامل التالية :

١ ـــ قدرة النبات على البقاء : تقل قدرة النباتات على البقاء بزيادة درجة الملوحة وذلك بمقابلتها بالنباتات النامية فى أراض غير ملحية ، وعلى ذلك فالنباتات ذات القدرة الكبيرة على المعيشة فى ظروف ملحية عالية تكون أكثر تحملا

لتلك الظروف من النباتات التى قدرتها على ذلك محدودة . ورغم اعتماد معظم الدراسات السابقة على هذا العامل كأساس للحكم على مدى تحمل النباتات للملوحة إلا أنه ليس له أهمية كبيرة من الناحية التطبيقية .

٢ — كمية محصول النبات النامى تحت ظروف ملحية : بالرغم من أهمية هذا العامل لتضمنه الناحية المحصولية ، إلا أنه لا يمكن الاعتماد عليه أيضا كأساس للمقابلة ، نظرا لإغفاله عامل المقابلة مع محصول النباتات النامية تحت ظروف غير ملحية . ولكن أنسب العوامل للحكم على مدى تحمل النباتات للملوحة هو الأخذ فى الاعتبار أساس المقابلة للمحصول الناتج تحت ظروف ملحية بمثيله الناتج تحت ظروف غير ملحية فى ظروف بيئية متجانسة .

وقد كثر استخدام وتطبيق هذا العامل كأساس لمقابلة المحاصيل المختلفة . وتقسم محاصيل الخضر المختلفة (مرتبة ترتيبا تنازليا طبقاً لرأى Bernstein ١٩٥٩) حسب درجة تحملها للملوحة كما يلى :

(ا) ضعيفة التحمل للملوحة (٣ — ٢ مليموز) :

الفجل - الكرفس - الفاصوليا .

(ب) متوسطة التحمل للملوحة (٥ — ٣ مليموز) :

الطماطم - البروكلى - الكرنب - الخس - الذرة السكرية - البطاطس - البطاطا - الفلفل - الجزر - البصل - البسلة - الكوسة - الخيار .

(ج) مقاومة للملوحة (٨ — ٥ مليموز) :

البنجر - الأسبرجس - السبانخ .

تأثير الملوحة على التركيب التشريحى للنباتات

للملوحة أثر كبير فى إحداث كثير من التغيرات فى التركيب التشريحى للنباتات فتزيد سمك الأوراق وحجم خلايا البشرة واتساع الخلايا العمادية والإسفنجية ، كما تقلل عدد الثغور وتبطىء تكشف الخلايا الموصلة .

ويتأثر التركيب التشريحى للورقة بنوع الملوحة السائدة فى التربة ، فتسبب أملاح الكلوريد نقصا فى حجم الورقة وعدد الثغور ومعدل انقسام الخلايا ، كما تؤدى إلى زيادة حجم خلايا البشرة وسمك الورقة واستطالة الخلايا وذلك إذا ما قوبلت بأملاح الكبريتات .

ويتأثر التركيب النشريحى للساق أيضاً بنوعية الملوحة فى التربة فتؤدى زيادة أملاح الكلوريد إلى زيادة سمك القشرة والنخاع ونقص القطر الداخلى لأوعية وحزم الخشب وتعطيل تكشف الأنسجة الموصلة للماء فى الفول والطماطم .

وعموما فيتوقف مدى تأثر التركيب التشريحى بنوعية الأملاح على الخواص الفيزوكيميائية لهذه الأملاح وخاصة الأيونات . فتسبب أملاح الكبريتات خروج الماء من أنسجة وأعضاء النبات ، وبذلك يظهر عليها علامات الجفاف ، بينما تزيد أملاح الكلوريد مائية الأنسجة وعصاريتها .

العلاقات المائية للنباتات فى الأراضى الملحية

تفيد دراسة العلاقات المائية للنباتات النامية فى أراض ملحية — سواء من الناحية النظرية أو الناحية العملية التطبيقية — فى توضيح الطرق الزراعية التى قد ينصح بها لجعل الظروف المائية أكثر ملاءمة لنمو المحاصيل الزراعية فى هذه الأراضى . وتؤدى زيادة الملوحة فى التربة إلى تثبيط الإمداد المائى للنبات فلا يستطيع الحصول على الكمية اللازمة لنموه وتظهر عليه أعراض نقص الماء المعروفة بالجفاف الفسيولوجى .

وتحتوى الأراضى الملحية على نسب متفاوتة من الأملاح المختلفة والتى على

أساسها تتحدد نوعية ملوحة التربة ووجود النبات بها . وقد دلت التجارب على أن العامل المؤثر فى التبادل المائى هو نوع الملوحة وذلك فى حالة النباتات النامية فى أراض بها كمية متساوية من الأملاح . وتتميز النباتات النامية فى تربة سلفاتية الملوحة بانخفاض قوة السحب فى الأوراق، والضغط الأسموزى للعصير الخلوى ولزوجة البروتوبلازم ، كما أن نظامها الغروى يكون أكثر ثباتا من النباتات النامية فى أراض كلوريدية الملوحة . وتمتص النباتات النامية فى أراض سلفاتية الملوحة الماء بكثرة من التربة وتفتحه بسرعة أيضا عن النباتات النامية فى أراض بها نسبة عالية من أملاح الكلوريد . ويعبر التغير الملحوظ فى معدل التبادل المائى عن مدى استجابة النبات لتأثير أيونات الكلوريد أو الكبريتات. ويخفض معدل التبادل المائى للنباتات النامية فى أراض سلفاتية الملوحة من درجة حرارة الأوراق التى تقلل بدورها التأثير السام للأملاح النافذة إلى الخلايا . ويتمشى ذلك مع الحقيقة المعروفة بقلة التأثير السام للأملاح إذا انخفضت درجة التبريد الذاتى للأوراق . وتؤمن النباتات نفسها بإمداد مائى ثابت عن طريق زيادة نموها وتطورها وتدعيم الأوعية الموصلة للماء فى كل من الساق والجذور .

وتسبب الأملاح النافذة إلى النباتات النامية فى أراض بها نسبة عالية من أملاح الكلوريد نقصاً حاداً فى معدل نتحها وزيادة فى حجم خلاياها التى تعمل كعضو مخزن للماء ، وتحدث زيادة المحتوى المائى ليس فقط فى الفجوة العصارية بل أيضا فى البروتوبلازم نتيجة لقوته التشربية . ويتحقق الإمداد المائى لهذه النباتات بزيادة قوة السحب فى الأوراق . ويزداد معدل النتح بزيادة ملوحة التربة ، كما يتوقف معدل التبادل المائى للنباتات على درجة تركيز ونوع الأملاح فى التربة .

سمية الأملاح وأقلمة النباتات للملوحة

يتوقف التأثير السام للأملاح على حجم ودرجة نمو النباتات . ويظهر الأثر السام للأملاح فى صورة بقع ملحية صفراء اللون على أجزاء الورقة المختلفة ، ثم يسود لون الأجزاء المصابة وتجف وتموت . ويعزى ظهور البقع الملحية الصفراء إلى حدوث خلل فى قوة الرابطة بين الصبغة الخضراء وبروتين الكلوروبلاست ،

مما يؤدى إلى هدم الكلوروفيل (Strogonov ١٩٦٢) ، وتعتمد قوة الرابطة بين الصبغة الخضراء والبروتين أساساً على المحتوى العام للكلوروفيل فكلما زادت نسبته اشتدت قوة ارتباطه بالبروتين . وقد وجد أن اصفرار الأوراق ظاهرة عكسية تزول عند تحسن الظروف حيث يعود للأوراق لونها الأخضر مرة ثانية .

ومازالت عملية التمثيل للأجزاء التى تظهر عليها أعراض الإصابة بالسمية ، وكيميائية المواد المسببة للتلون باللون الأسود غير معروفة حتى الآن . ولكن هناك تفسير عام لميكانيكية تكوين المواد الداكنة أو السوداء على أساس ارتباطها بنشاط الأنزيمات المؤكسدة ، حيث يؤدى هذا النوع من النشاط الأنزيمى فى الأنسجة المصابة إلى تكوين الميلانويدينات Melanoidins التى تتسبب فى تلون الأنسجة باللون الأسود . والميلانويدينات عبارة عن مواد محتوية على كمية عالية من النيتروجين المكثف نتيجة للتفاعل بين مركبات بها مجموعات أمينية مع مركبات بها مجموعات كربونيلية . وتتكون مادة الميلانويدين وتكتسب الأنسجة اللون الأسود عندما يحدث نقص شديد فى محتوى الخلايا من الكربوهيدرات والبروتين . والتفاعلات الميلانويدينية واسعة الانتشار وكثيرة الحدوث فى النباتات عند إصابتها بأمراض فطرية أو بكتيرية أو عند تأثرها بدرجات الحرارة العالية والمنخفضة أو عند نقص أحد العناصر الهامة من وسطها الغذائى .

وتموت الأنسجه المصابة وتتحلل خلاياها ومكوناتها تحللا ذاتيا ، ويتلف نتيجة لذلك البروتوبلازم وتنشط الأنزيمات المؤكسدة ، ويؤدى الخلل فى التوازن بين العمليات الأنزيمية المختلفة إلى تكوين مركبات سامة لا تظهر فى النباتات السليمة . ولا يمكن تمييز الخلايا المنتجة لهذه المواد لبعض الوقت عن الخلايا العادية ، ولذلك فقد يحدث انتقال لهذه المركبات السامة إلى الخلايا المجاورة وينتج عن ذلك تسممها وموتها . وعلى ذلك فيمكن الاستنتاج بأن تراكم المواد السامة يكون نتيجة لاختلال عملية التمثيل عند تلف المركبات البروتوبلازمية وزيادة نشاط الأنزيمات المؤكسدة .

وتسبب الملوحة العالية تسمم وموت النباتات كنتيجة لتراكم الأملاح فى الأعضاء والأنسجة المختلفة ، كما أن زيادة أيونات بعض الأملاح فى الاوراق يتبعه نقص فى محتوى الملح الآخر .

وتتميز أوراق النباتات المصابة بنقص درجة نضارتها ومحتواها الجلوكوزى وزيادة كمية الأحماض الأمينية الحرة ونشاط البيروكسيديز بها . وتظهر هذه التغيرات الميتابلازمية بوضوح فى النباتات المعرضة لملوحة زائدة من كلوريد الصوديوم . والتسمم بالأملاح إما أن يكون موضعيا أو عاما ، وتتوقف درجته على درجة تركيز وخواص الأملاح الفيزوكيميائية، علاوة على الخصائص البيولوجية للنبات . ويظهر التأثير السام فى حالة التسمم الموضعى فى أنسجة بعض الأعضاء ولا يتسبب عنه موت النبات ، كما أنه بعودة الظروف الطبيعية الملائمة فإن السطح التمثيلى يتجدد نتيجة لتنبه البراعم الإبطية الساكنة ، وبذلك يتمكن النبات من تكملة دورة حياته العادية . وتموت النباتات نهائيا إذا عم التسمم المجلى تماما .

وقد وجد أن أملاح الكلوريد تكون أكثر سمية وأعراضها أسرع ظهورا وأكثر وضوحا من مثيلاتها فى حالة أملاح الكبريتات .

وعموما فتتوقف الاختلافات فى معدل نمو وتطور النباتات النامية فى أراض ملحية على كمية الأملاح فى منطقة الجذور من ناحية ، وعلى مدى مقاومة النبات للتأثير السام أو الضار لهذه الأملاح من ناحية أخرى .

التمثيل النتروجينى للنباتات النامية تحت ظروف ملحية

يعكس التمثيل النتروجينى للنبات صورة واضحة لحالته الفسيولوجية وتفاعله مع الظروف المحيطة به ولم يعرف حتى الآن طبيعة التغيير فى التمثيل النتروجينى للنباتات النامية تحت ظروف ملحية ، ولكن يمكن القول بأن تسمم النبات ليس نتيجة مباشرة لتأثير الأملاح نفسها، ولكنه يرجع إلى تراكم نواتج تمثيلية وسطية سامة فى الخلايا من بينها النواتج الوسطية للتمثيل النتروجينى .

ولم يعد نشاط الجذر قاصراً على امتصاص الماء والعناصر المعدنية ، بل أثبتت النظريات الحديثة قدرته على القيام بنشاط تمثيلي وإمداده الأعضاء الأخرى بالنواتج التمثيلية المختلفة خلال دورة المواد العضوية في النبات (Kursanov ١٩٥٧، ١٩٦١) . وفي ضوء هذا الرأى فإن دراسة السلوك الفسيولوجي للجذور النامية تحت ظروف ملحية لمن الأهمية بمكانة لفهم ميكانيكية تأثير الأملاح وطبيعة مقاومة النباتات لها .

وقد أثبتت الدراسات التي قام بها Boiko and Matukhin (١٩٥٩، ١٩٦٠) أن تكرار زراعة النباتات في تربة ملحية يؤدى إلى زيادة معدل تنفس جذورها وزيادة محتواها من الكربوهيدرات الذائبة والنشا، ونقص الأحماض الأمينية بها. وتختل عملية بناء وهدم البروتين في النباتات النامية تحت ظروف ملحية مما يؤدى إلى تكوين وتراكم مركبات نتروجينية وسطية . ويتوقف معدل ونسبة تكوين هذه النواتج في الجذور على نوع الملوحة ، فالملوحة الناشئة عن وجود أملاح الكربونات تسبب زيادة في تراكم البروتين الكلى والجلوتامين إذا ما قوبلت بالأثر الذى تحدثه الملوحة الناشئة عن وجود أملاح الكلوريد .

وتتضح التغيرات في معدل وطبيعة التمثيل البروتيني للنباتات النامية تحت الظروف الملحية خلال النشاط التمثيلي للأحماض الأمينية الحرة . ففي وجود الأملاح تختل عملية تمثيل الأحماض الأمينية كنتيجة لتغير الأنزيمات والظروف المحيطة ، ولهذا فقد يختفى بعضها وقد يتراكم البعض الآخر بكمية كبيرة ، كما قد تنتج بعض الأمينات Amines والدای أمينات Diamines .

ويسبب تراكم بعض المركبات الوسطية المحتوية على نيتروجين (كالأمونيا) في أنسجة النباتات النامية في أراض ملحية ظهور أعراض تسممية على بعض الأعضاء ، وقد تؤدى إلى موت النباتات بأكمله . وتتوقف حساسية النبات لغاز الأمونيا على درجة تركيز أيون الأيدروجين للعصير الخلوى وعلى الحالة الغذائية للنبات ، فيسبب غاز الأمونيا تغييرا في درجة تركيز أيون الأيدروجين للعصير الخلوى وتشوها للكلوروبلاستيدات وهدما لبروتين الخلايا . وعموما فالنباتات المحتوية على كمية عالية من الكربوهيدرات تكون أقل حساسية للأمونيا ، كما أن زيادة الأملاح في الوسط المحيط يتبعها زيادة في تراكم الأمونيا .

وتحدث الملوحة تغيراً ملموساً فى محتوى الخلية من الأحماض الأمينية فتزداد نسبتها فى الفول الرومى والطماطم بزيادة الملوحة ، كما وجد أن معدل تراكمها فى الأوراق أكثر منه فى الجذور . ففى أوراق الفول الرومى على سبيل المثال يلاحظ تراكم الأرجينين ، والسيرين ، والثريونين ، والتيروزين ، والتربتوفان ، والفينايل ألانين ، والليوسين ، وحمضى الجلوتاميك والأسبارتيك ، بينما لا يتواجد فى الجذور سوى الجليسين ، والبرولين ، وحامض الجلوتاميك .

وقد أوضحت نتائج الدراسات التى قام بها Solov'ev (١٩٦٠) على الطماطم زيادة فى محتوى الأوراق من البرولين ، والليسين ، والجلوتامين ، وحمضى الجلوتاميك ، والأسبارتيك بزيادة الملوحة ، وعزا ذلك إلى الاستهلاك غير الكامل للمركبات النيتروجينية — فى عمليات النمو — الداخلة للنبات نتيجة للخلل فى تمثيل البروتين ، وتزداد كمية الأميدات والأسبارجين وحمض الجلوتاميك تحت الظروف الملحية . وعموما فإن التغير فى تمثيل الأحماض الأمينية والأميدات لا يعتمد فقط على الطبيعة البيولوجية للنبات بل أيضا على نوع الملوحة فى التربة .

والتغير فى محتوى النباتات من الأحماض الأمينية نتيجة وجود الأملاح قد يكون سببا فى تراكم بعض المركبات السامة . فبجانب احتمال أن يؤدى تراكم بعض الأحماض الأمينية مثل حامض ايدروكسيل البرولين والليوسين وأيزوليوسين و د — الأنين ، وفينايل الأنين ، والتيروسين إلى إحداث تأثيرات سامة على النبات ، فإن تراكم البعض الآخر كالأرجينين ، والليسين يعمل كمولد لبعض المركبات السامة مثل الداى أمينات ، والبيوتيرسين ، والكادافيرين .

ويزداد محتوى الأوراق والجذور من التيروسين خصوصاً عند الارتفاع الزائد والمفاجىء لنسبة الملوحة . ويتأكسد التيروسين فى وجود أنزيم التيروسينيز إلى ميلانين (صبغة سوداء داكنة اللون) التى يتسبب عنها اسوداد أوراق وجذور نباتات الفول النامية فى ظروف ملحية . ويصحب التغير فى تمثيل النتروجين فى النباتات النامية تحت ظروف ملحية تراكم للأمينات والداى أمينات (عادة البيوتيرسين وأحيانا الكادافيرين) فى نباتات الفول الرومى والبطاطس ويتسبب عن تراكم البيوتيرسين ظهور بعض المساحات الميتة على الأوراق مشابهة للأعراض

الناتجة عن التأثير السام لكلوريد الصوديوم . وعادة فيصحب تكوين البيوتيرسين فى الفول الرومى تراكم للأرجينين أيضاً .

ويتكون البيوتيرسين تحت الظروف الملحية من الأرجينين بواسطة الأجانين عند درجة pH ٥,٤ أو عن طريق الأورنيسين Ornithine عند درجة pH ٥ — ٥,٥ . وإذا أخذنا فى الاعتبار التحرك الكبير للجلوتامين ، وأن هذه المواد تستطيع أن تعمل كمولدات لكل الأحماض الأمينية فى النبات وأنها تتراكم فى معظم النباتات تحت ظروف ملحية يتضح أن الجلوتامين وحمض الجلوتاميك قد تعمل كمولدات للبيوتيرسين . ويتوقف تراكم وتمثيل البيوتيرسين على الخواص البيولوجية للنبات ودرجة تركيز ونسب الأملاح المختلفة فى التربة . وفى النباتات النامية تحت ظروف ملحية يؤدى تمثيل الأرجينين إلى تكوين بيوتيرسين وتتكون بعض المكونات السامة كالأمونيا وفوق أكسيد الايدروجين نتيجة لتمثيل البيوتيرسين ، وغالبا ما يؤدى ذلك إلى موت معظم النباتات النامية فى أراض ملحية . هذا وتؤدى زيادة أملاح الكلوريد فى التربة إلى تراكم بعض المركبات السامة خصوصا فى جذور النباتات .

تأثير ملوحة التربة على الكائنات الدقيقة

تؤثر ملوحة التربة على نسبة وجود الكائنات الدقيقة بها . وتتغير الأعداد النسبية للأنواع المختلفة منها تبعاً لتركيز الأملاح وتركيبها الكيماوى ونوع الإفرازات الجذرية . وتختلف الإفرازات الجذرية فى الوسط المحيط بالجذور فى تركيبها الكيماوى ومعدل إنتاجها وأهميتها للكائنات الدقيقة حسب درجة التغيير فى معدل التمثيل الجذرى نتيجة للأنواع المختلفة من الأملاح .

وتتركز البكتيريا المكونة للجراثيم ، والبكتيريا المثبتة للنيتروجين ، وبكتيريا التأزت ، والبكتيريا المختزلة للكبريتات ، والأكتينوميسيتس ، والفطر فى منطقة الريزوسفير Rhizosphere (المنطقة التى حول جذور النباتات مباشرة) ، بينما تتركز البكتيريا غير المكونة للجراثيم فى المناطق قبل الجذرية Pre-root zone ومناطق انتشار الجذور Root zone .

وتؤثر إفرازات جذور النباتات النامية بمناطق متنوعة الملوحة على نشاط الكائنات الدقيقة الموجودة فى منطقة الجذور . ففى الأراضى التى تعزى ملوحتها إلى وجود الكبريتات يلاحظ ارتفاع كبير فى أعداد البكتيريا المكونة للصبغات ، وتتركز فى المنطقة قبل الجذرية ، بينما يكثر وجودها فى منطقة الريزوسفير فى الأراضى الكلوريدية الملوحة . وفى الأراضى الملحية تشجع إفرازات الجذور نمو ونشاط بكتريا الأزوتوباكتر والبكتيريا غير المكونة للجراثيم ، بينما قد تجعل الظروف غير مناسبة لنمو وانتشار بعض الأنواع الأخرى مثل الميكوبكتيريا ، والبكتيريا المكونة للجراثيم ، وبكتيريا التأزت . وعموما فيتركز العدد الأكبر من الكائنات الدقيقة فى المنطقة قبل الجذرية ، ومنطقة الريزوسفير . وقد وجد أن البكتيريا المختزلة للكبريتات هى أكثر الأنواع مقاومة للملوحة ، بينما الميكوبكتيريا والبكتيريا المكونة للصبغات هى أقل الأنواع مقاومة . وتختلف استجابة الكائنات الدقيقة ، شأنها فى ذلك شأن النباتات الراقية ، للأنواع المختلفة من الأملاح فى التربة ، فيزداد نمو ونشاط بعض الكائنات الدقيقة عند تساوى تركيز الأملاح (٠,٣ ٪) كبكتيريا التأزت ، والبنسيليم ، والأكتينوميسيتس تحت ظروف الملوحة الناشئة عن أملاح الكلوريد عن مثيلتها الناشئة عن أملاح الكبريتات ، بينما يزداد نشاط البعض الآخر مثل الأزوتوباكتر ، والميكوبكتيريا فى الأراضى الكبريتية الملوحة .

وتبعا لذلك فإن الكائنات الدقيقة الأرضية يمكن أن تعتبر دليلا بيولوجيا للظروف التى تعيش فيها ، كما تعطى صورة واضحة لدرجة ونوع ملوحة التربة وطبيعة الإفرازات الجذرية بها .

الطرق العملية لزيادة مقاومة النباتات لأنواع الملوحة المختلفة

يتسبب عن وجود الأملاح فى التربة ظروف غير ملائمة لنمو النباتات وتكوين المحصول . وأهم العوامل التى تؤثر على إنتاج المحصول تحت الظروف الملحية هى طبيعة النبات ، ودرجة ونوع الأملاح فى التربة ، والعمليات الزراعية المختلفة .

وتتوقف إمكانية زراعة محصول معين فى تربة ملحية على درجة تركيز الأملاح فى منطقة الجذور، فتعتبر الأراضى التى تزيد كمية الأملاح الكلية بها عن ٠,٥٪ بالوزن أراضى زائدة الملوحة ولا تصلح للزراعة . وتصلح الأراضى المتوسطة الملوحة (تركيز الأملاح بها ٠,٢ — ٠,٥٪ بالوزن) للزراعة ، ولكن تعطى نباتاتها محصولا ضئيلا . بينما تعتبر الأراضى التى تتراوح نسبة الأملاح بها من ٠,١ — ٠,٢٪ أراضى غير ملحية وتصلح لزراعة جميع أنواع المحاصيل . وتختلف النباتات فى درجة استجابتها للأنواع المختلفة من الأملاح والتربة ، وتتوقف درجة مقاومتها للملوحة على التركيب الميكانيكى للتربة ، ورطوبة التربة خلال فترة النمو الخضرى ، والأملاح الغذائية المختزنة وطبيعة الظروف المناخية المحيطة .

وليس المهم — من وجهة النظر الزراعية — الحصول على نباتات ذات قدرة عالية على مقاومة الملوحة بقدر أن تكون مقاومتها للملوحة مرتبطة بإنتاج محصول مرتفع، وتبعا لذلك فيوجد نوعان من المقاومة للملوحة: مقاومة بيولوجية Biological ، ومقاومة زراعية Agronomical (Strogonov ١٩٦٢) . والمقاومة البيولوجية هى قدرة النباتات على المعيشة وتكملة دورة حياتها تحت الظروف الملحية، ولكن يقل نموها وتطورها وينخفض معدل تراكم المواد العضوية وتكوين المحصول بها . أما المقاومة الزراعية فهى قدرة النباتات تحت ظروف ملحية معينة على تكملة دورة حياتها وإنتاج محصول كاف ومرض من وجهة النظر الزراعية ، ومثل هذه النباتات لها استجابة نوعية للملوحة التربة .

وتزرع معظم محاصيل الخضر على خطوط مما يؤدى إلى تركز وتراكم الأملاح بعد الرى فى قمة الخطوط وهذا يقلل وقد يمنع من إنبات البذور . وتتركز الأملاح بكثرة فى منتصف قمة الخط على جانبيه ، وبذلك يقل تأثر إنبات البذور بالملوحة عند الزراعة على جانبى الخط Double-row bed عنه عند الزراعة على جانب واحد من الخط Single-row bed . وتؤدى زراعة البذور فى مراقد منحدرة Sloping beds مع تكرار الرى إلى الإزالة المستمرة للأملاح من خطوط الزراعة ، وبذلك تصبح البذور بعيدة عن مناطق تراكم الأملاح . وعموما فينصح بتجنب الزراعة بالشتل فى الأراضى الملحية بقدر الإمكان خصوصا بالنسبة لمحاصيل الجو الحار كالبطاطا، نظرا لما للملوحة من تأثير ضار على امتصاص الشتلات (التى يصعب تجنب تمزق بعض جذورها بالشتل) للماء .

وتؤدى عملية الغسيل أو الرى المستمر للتربة إلى تجريدها من بعض العناصر والمواد الغذائية ، كما تتحول بعض العناصر كالفوسفات إلى صورة غير قابلة للامتصاص، ولذلك فمن الضرورى تعويض ذلك بإضافة بعض العناصر والأسمدة العضوية للتربة بغرض زيادة درجة خصوبتها . والملوحة تأثير عكسى — خصوصا خلال فترة نمو وتطور النباتات — على التغذية المعدنية وامتصاص الماء . ويظهر هذا التأثير واضحا فى الأراضى التى بها نسبة عالية من أملاح الكلوريد عن الكبريتات ، فيزداد تراكم الصوديوم ، والكلوريد ، وأكسيد الألمونيوم بينما يقل تركيز أملاح الفوسفات ، والبوتاسيوم، والماغنسيوم، والكبريتات فى النباتات النامية فى أراض بها نسبة عالية من أملاح الكلوريد إذا ما قوبلت بمثيلتها من الأراضى السلفاتية الملوحة .

وقد يتسبب عن التركيز العالى لمحلول التربة فى الأراضى الملحية ترسب بعض العناصر المعدنية كالفوسفات . وتزيد الأسمدة سريعة الذوبان (كالأسمدة النترانية أو السلفاتية لأملاح الأمونيوم والبوتاسيوم) من تركيز الأملاح فى التربة ، كما تزيد درجة سميتها للنبات . ولهذا فلا يظهر تأثير الأسمدة على زيادة مقاومة النباتات للملوحة إلا إذا كان هناك نقص فى الأملاح سريعة الذوبان فى التربة . ولذلك فيوصى باستخدام كمية أكبر من السماد العضوى مع الأسمدة المعدنية حيث يؤدى ذلك إلى خدمة وتحسين قوام التربة وزيادة درجة خصوبتها ونفاذية الماء فيها فيقل بذلك تحرك الأملاح بالخاصة الشعرية للآفاق أو الطبقات العليا من التربة ، مما يؤدى إلى خفض نسبة الأملاح بها . ويفضل اتباع طريقة التغذية الورقية فى الأراضى الشديدة الملوحة عن إضافة الأسمدة للتربة حيث يحقق ذلك زيادة كبيرة فى المحصول قد تصل إلى حوالى ٤٥٪ .

ويختل التوازن المائى للنباتات النامية فى أراض ملحية ، حيث تسبب زيادة الملوحة قلة الماء المنتح من النبات خلال فترة النمو الخضرى نتيجة لنقص المساحة المنتحة الكلية . ويتأثر الميزان المائى للنباتات وكمية الماء المنتح منها بطبيعة ونوع الأملاح فى التربة . وعموما فيقل معدل النتح فى وجود أملاح الكلوريد ، ويزيد فى وجود أملاح الكبريتات . وحديثا أدخلت طريقة الرى بالرش — فى الأراضى الملحية — كوسيلة لمنع تراكم الأملاح فى مراقد البذور، وأفادت كثيراً فى امتصاص

النبات للماء وتقليل فقده فى الرى وتهوية التربة . وتختلف درجة مقاومة النباتات للملوحة باختلاف مراحل نموها . وعموما فقد وجد أن معظم النباتات حساسة للملوحة بصفة خاصة فى مراحل نموها الأولى وخلال فترة تكشف البراعم الزهرية وتكوين الأزهار ، وهذا يتطلب عناية خاصة فى استخدام المياه التى بها نسبة عالية من الأملاح للرى خلال هذه الفترات . وعموما فيتوقف استخدام الماء الملح فى الرى على كمية ونوع الأملاح ، وكمية الماء والطريقة المستخدمة فى الرى، والخواص الفيزوكيميائية للتربة، وإمكانية تملحها، والظروف البيئية المحيطة. وتعتبر المياه صالحة للرى إذا لم تزد نسبة الأملاح بها عن جرام فى اللتر ، بينما إذا بلغت هذه النسبة ٣ جرامات فى اللتر فتعتبر المياه غير صالحة للرى على الإطلاق .

وتزداد مقاومة نباتات الخضر للملوحة باتباع إحدى الطرق الآتية :

١ — زراعة النباتات فى تربة ملحية لفترة طويلة : يؤدى تكرار زراعة صنف ما فى أرض ملحية ، وإعادة انتخاب بذور للزراعة من النباتات التى ثبتت مقاومتها وجودة إنتاجها إلى زيادة خاصية مقاومة هذا الصنف للملوحة وتثبيت هذه الصفة فى النسل بعد ذلك . فقد لاحظ Matukhin and Boiko (١٩٥٥) انتقال صفة المقاومة المكتسبة للملوحة التربة فى نباتات الطاطم إلى نسلها — نتيجة لتكرار زراعتها فى تربة ملحية — وبالتالى زيادة درجة مقاومة النسل وإنتاجيته .

٢ — معاملة البذرة قبل الزراعة : تسبب معاملة البذرة بمحاليل ملحية قبل الزراعة إلى حدوث تغيرات واضحة فى فسيولوجيا الجنين وتزيد درجة مقاومتها للتأثير الضار للأملاح (Genkel and Kolotova . ١٩٤٠)، ونتيجة لذلك تزداد قدرة إنبات هذه البذور المعاملة بمقابلتها بمثيلتها غير المعاملة . وتحدث كثير من التغيرات المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية فى النباتات المكتملة النمو والتى نشأت من البذور المعاملة ، وعموما فتتميز هذه النباتات بنموها نمواً عاديا وعدم تأثرها بزيادة الأملاح فى التربة كما تقل نسبة الأملاح المتراكمة بأنسجتها وتنتج محصولا طيباً .

٣ — الانتخاب والتهجين بين وداخل الأصناف : ينصح باستخدام الانتخاب

أولا على أساس إنبات البذور ، ثم بعد ذلك على أساس سلوك النباتات ونموها تحت الظروف الملحية . ولابد من توافر الكثير من التراكيب الوراثية المختلفة حتى يكون الانتخاب فعالا . ولذلك فإن إجراء التهجين بين الأنواع المختلفة وداخلها ، وكذلك إجراء التلقيح الذاتى ، من شأنه أن يزيد من عدد التراكيب الوراثية وبالتالى فرصة الانتخاب واحتمالية الحصول على نباتات مقاومة للملوحة .

تشخيص درجة مقاومة النباتات للملوحة

هناك عدة طرق لتشخيص درجة مقاومة النباتات للملوحة وأهمها :

١ — إنبات البذور فى وسط ملحى : وهى أهم الطرق وأكثرها انتشاراً . وفيها تنبت البذور فى محاليل ملحية أو فى رمل أو تربة مرطبة بمحاليل ملحية ذات تركيزات معينة . ويمكن بمقابلة معدل ونسبة إنبات البذور فى المحاليل الملحية بمثيلتها النابتة فى محاليل غير ملحية (ماء) معرفة مدى مقاومة أو حساسية البذور للتركيزات المختلفة من الملوحة .

٢ — درجة انفتاح الثغور : وتعتمد هذه الطريقة على حساسية الجهاز الثغرى لتأثير الأملاح وخاصة الكاتيونات التى تسبب هدم وتحلل النشا الموجود فى الخلايا الحارسة فيزداد الضغط الأسموزى للخلايا وينفتح الثغر . ولإجراء هذا الاختبار تجمع الأوراق فى المساء حيث تكون الخلايا ممتلئة بالنشا والثغور مغلقة ، ثم تغمس أشرطة من البشرة السفلى فى تركيزات مختلفة من محلول كلوريد الصوديوم ويجرى فحصها ميكروسكوبيا على فترات دورية . ويدل الانفتاح الثغرى البطىء عند تركيز معين على مقاومة النبات لهذا التركيز من الملوحة .

٣ — عدد الخلايا المتبلزمة : وهى طريقة اقترحها Genkel (١٩٥٠) وتعتمد على الملاحظة المباشرة لسمية الأملاح على أنسجة النبات . وفيها تغمس أشرطة من البشرة العليا للأوراق عدة ساعات فى محلول يحتوى على الوزن الجزيئى لكلوريد الصوديوم ، ثم يجرى فحصها ميكروسكوبيا لمعرفة عدد الخلايا المتبلزمة (الحية) ومنه يمكن الحكم على مدى مقاومة النبات للملوحة .

٤ — معدل هدم الكلوروفيل : وتعتمد هذه الطريقة على قياس معدل هدم الكلوروفيل فى الأوراق المفصولة والمغموسة بأعناقها فى مستخلص التربة أو المحلول الملحى كوسيلة لتقدير مدى المقاومة للأملاح على أساس وجود مركب ثابت متزن من الكلوروفيل — بروتين فى النباتات المقاومة (Strogonov ١٩٦٢) . ولإجراء هذا الاختبار تقطع الأوراق تحت سطح الماء وتغمس، حسب الغرض من التجربة ، فى مستخلص مجهز من تربة ملحية ، أو فى ماء أرضى ملحى ، أو فى محلول ملحى (لا تقل فيه نسبة الأملاح عن ٢ — ٤ ٪) ، كما تغمس بعض الأوراق بأعناقها فى ماء غير ملحى للمقابلة ، مع ضرورة توفير الإضاءة الكافية منعا من ذبول الأوراق . وتعبر درجة أو معدل ظهور البقع الملحية (نتيجة هدم الكلوروفيل بتأثير الأملاح) عن مدى المقاومة للملوحة . هذا ويقل معدل هدم الكلوروفيل وانتشاره وتتأخر ظهور أعراضه فى النباتات المقاومة عنه فى النباتات غير المقاومة .

المراجع

(1) Abdel-Salam, A.S., S.A. Mohamed, M.S. El-Hakem, and A.A. Etman (1970). Submitted to the Bull. Inst. Desert D'Egypte.
(2) Allison, L.E. (1964). Adv. Agron., 16 : 139 — 180.
(3) Arisz, W.H. (1958). Acta bot. neerl, 7 : 1.
(4) Arisz, W.H., and H.H. Sol (1956). Acta bot. neerl, 5 : 3.
(5) Ayers, A.D. (1952). Agron. Jour., 44 : 82 — 84.
(6) Ayers, A.D., C.H. Wedleigh, and L. Bernstein (1951). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 57 : 237 — 242.
(7) Ayers, A.D., C.H. Wadleigh, and H.G. Gauch (1943). Plant Physiol., 18 : 151.
(8) Bernstein, L. (1958). U.S. Dept. Agr. Inform. Bull. 194.
(9) Bernstein, L. (1959). U.S. Dept. Agr. Inform. Bull. 205.
(10) Bernstein, L. (1962). UNESCO, Arid Zone Research XVIII, p.p. 139 — 174, UNESCO, Paris, France.
(11) Bernstein, L. (1964). U.S. Dept. Agr. Inform. Bull. 283.
(12) Bernstein, L. (1965). U.S. Dept. Agr. Inform. Bull. 292.
(13) Bernstein, L. and A.D. Ayers (1951). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 57 : 243 — 248.

(14) Bernstein, L., and A.D. Ayers (1953). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 61 : 360 — 366.
(15) Bernstein, L., and H.E. Hayward (1958). Ann. Rev. Plant Physiol., 9 : 25 — 46.
(16) Bingham, F.T., A.L. Page and G.R. Bradford (1964). Soil Sci., 98 : 15.
(17) Boiko, L.A., and G.R. Matukhin (1959). Izdatel'stvo Akademii, Nauk, SSSR.
(18) Boikol, L.A., and G.R. Matukhin (1960)). Izdatel'stvo Akademii Nauk, SSSR.
(19) Boynton, D., and A.B. Bunell (1944). Soil Sci., 58 : 441 — 454.
(20) Dam, J.G.C. Van (1955). Neth. Jour. Agr. Sci., 3 : 1 — 14.
(21) Doneen, L.D., and R.G. Grogan (1954). Unpublished data (C.F. Adv. Agron., 16 : 139 — 180, 1964).
(22) Ehlig, C.F., and L. Bernstein (1958). Amer. Soc. Hort. Sci., 72 : 198 — 206.
(23) El-Sayed, M.N.K., and M.A. El-Mahdi (1969). Submitted to the Bull. Inst. Desert D'Egypte.
(24) Gauch, H.G., and C.H. Wadleigh (1944). Botan. Gaz., 105 : 379 — 387.
(25) Genkel, P.A. (1950). Mskva - Leningrad. Izdatel'stvo Akaademii Nauk, SSR.
(26) Genkel, P.A. (1954). Timiryazevskie chteniya XII. Azdatel'stvo Akademii Nauk, SSSR.
(27) Genkel, P.A., and S.S. Kolotova (1940). Izdatel'stvo Akademii Nauk, SSSR, Seriya biologii.
(28) Geraldson, C.M. (1960). Sunshine State Agr. Res. Rept. 1 : 10 — 11.
(29) Grillot, G. (1956). UNESCO, Arid Zone Research IV, pp. 19 — 36, UNESCO, Paris, France.
(30) Harmer, H.E., and E.J. Benne (1941). Amer. Soc. Agron. Jour., 33 : 952 — 979.
(31) Hayward, H.E., and E.M. Long (1943). Plant Physiol., 18 : 556 — 569.
(32) Hayward, H.E., and C.H. Wadleigh (1949). Adv. Agron., 1 : 1 — 38.
(33) Imazu, T., and T. Osawa (1954). Hort. Assoc. Japan Jour., 22 : 197 — 202. (C.F. Hort. Abstr., 24, 2413).
(34) Kim, C.M. (1958). Plant. Physiol., 11 : 441 — 456.
(35) Kling, E.G. (1954). Moscow glav. Bot. Sad., 18 : 59 — 73.
(36) Kursanov, A.L. (1957). Izvestiya Akademii Nauk, SSSR. Seriya biologii No. 6.

(37) Kursanow, A.L. (1961). Izvestiya Akademii Nauk, SSSR. Seriya biologii No. 2.
(38) Lehr, J.J. (1949). Plant and Soil, 2 : 37 — 48.
(39) Long, E.M. (1943). Amer. Jour. Bot., 30 : 8.
(40) Magistad, O.C., A.D. Ayers, C.H. Wadleigh, and H.G. Gauch. (1943). Plant Physiol., 18 : 151 — 166.
(41) Matukhin, G.R., and L.A. Boiko (1955). Trudy Nauchno — Issledovatel'nogo Biologicheskogo Instituta Rostovskogs na — Donu. Vennogo Universiteta, 29 : 2.
(42) Novikoff, V. (1946). Ann. Serv. Bot. and Agron. Tunisie, 19 : 139 — 162.
(43) Odegharo, O.A., and O.E. Smith (1969). Jour. Amer. Soc. Hort. Sci., 94 : 167 — 170.
(44) Osawa, T. (1958). Hort. Abstr. 28, 529.
(45) Osawa, T. (1962). Hort. Abstr. 32, 3095.
(46) Philip, J.R. (1958). Plant Physiol., 33 : 4.
(47) Ratner, E.I. (1945). Izvestiy Akademii Nauk, SSSR, Seriya biologii, No. 5.
(48) Sergeev, L.I. (1953). Moskva. Izdatel'stvo Sovetskaya Nauk, SSSR.
(49) Shakhov, A.A. (1950). Moskva. Izdatel'stvo Akademii Nauk, SSSR.
(50) Smith, O., and L.B. Nash (1941). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 38 : 507 — 512.
(51) Solov'ev, V.A. (1960). Riziologiya Vastenii, 7 : 2.
(52) Steward, F., and J. Thompson (1952). Nature, 169.
(53) Strogonov, B.P. (1949). Sovetskoe Khlopkovodstvo, 47 : 1.
(54) Strogonov, B.P. (1954). Doklady Akademii Nauk, SSSR, 48 :
(55) Strogonov, B.P. (1962). **Physiological basis of salt tolerance of plants as affected by various types of salinity.** Izdatel'stvo Akademii Nauk, SSSR, Moskva, 279 pp.
(56) U.S. Salinity Laboratory Staff (1954). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** U.S. Dept. Agric., Handbook 60, 160 pp.
(57) Wilcox, L.V. (1960). U.S. Dept. Agr. Inform. Bull. 211.

❋ ❋ ❋