الفصل الثامن

تغذية النباتات فى الأراضى المتأثرة بالأملاح

Plant Nutrition In Salt Affected Soils

obeikandl.com

obeikandl.com

تغذية النباتات فى الأراضى المتأثرة بالأملاح

Plant Nutrition In Salt Affected Soils

١ – مقدمة Introduction :

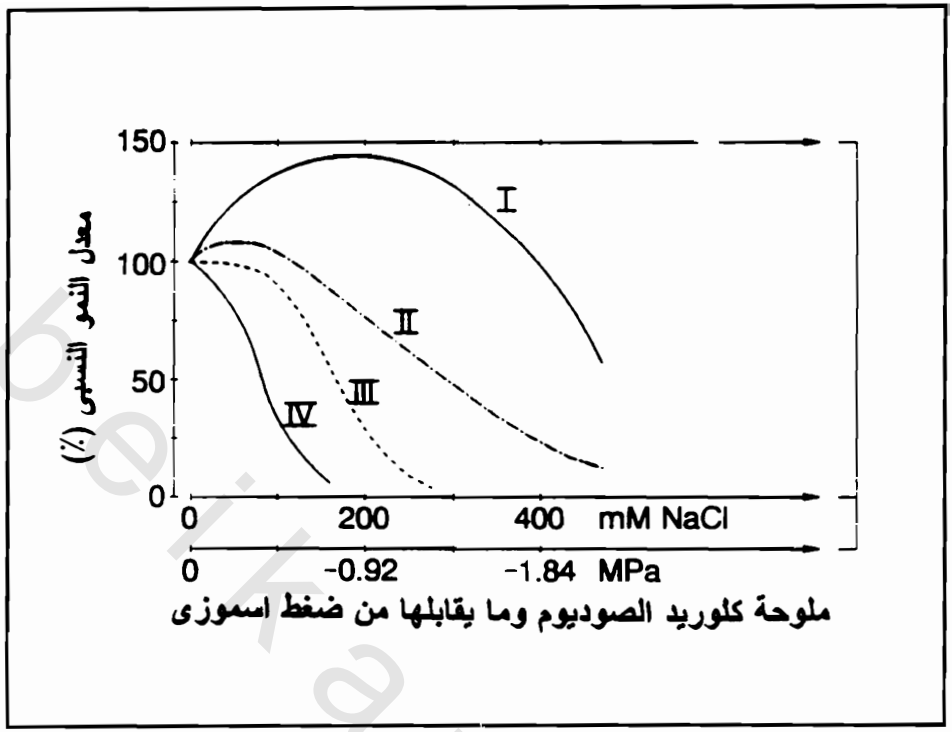
تزداد الأملاح فى الأراضى الزراعية نتيجة لتراكمها من بقايا الأسمدة غير النقية، أو استخدام مياه رى ذات أثر تمليحى، بالإضافة إلى ما قد يكون مصاحباً لمكونات التربة المعدنية، فإذا أضفنا إلى ذلك انخفاض معدلات تساقط الأمطار أو ندرتها إلى جانب ارتفاع درجة الحرارة فى مصر وكثير من دول العالم الواقعة فى المناطق الجافة وشبه الجافة لأدركنا حجم مشكلة التمليح التى تحدث فى العالم، وتزداد عملية التمليح فى الأراضى فى حالة ارتفاع مستوى الماء الأرضى بها وبصفة خاصة إذا كان ذا محتوى مرتفع من الأملاح، وتعتبر الملوحة من العوامل ذات الأهمية الكبيرة فى مجال الإنتاج الزراعى، حيث التأثير السلبى الواضح على نمو النباتات وعلى إنتاجيتها والذى يتناسب طردياً مع زيادة المستويات العالية من الملوحة، ولكى نفهم حجم وأهمية مشكلة الملوحة نذكر أن ١٠٪ من الأراضى الصالحة للزراعة فى العالم والبالغة ١٠X٧ ^{٩} هكتار عبارة عن أراضى متأثرة بالأملاح، سواء كان ذلك أراضى ملحية أو صودية، وفى مساحة ١,٥X١٠ ^{٩} هكتار من الأراضى المزروعة فى العالم تعتبر ٢٣٪ فيها أراضى ملحية، ٣٧٪ صودية، كما أن نصف الأراضى المروية والبالغة ٢,٥ X ١٠ ^{٨} هكتار متأثرة بالملوحة أو ربما تصبح أراضى غدقة.

والأراضى المتأثرة بالأملاح يمكن استغلالها زراعياً باتخاذ القرارات الزراعية المناسبة، حيث يجب فهم كيفية استجابة النباتات للملوحة والمقاومة النسبية للمحاصيل المختلفة وحساسيتها عند مراحل النمو المختلفة وكيفية تأثير الأرض والظروف البيئية على زيادة الإجهاد الملحى للنباتات، فجميع الأراضى تحتوى على خليط من الأملاح الذائبة، بعضها يعتبر أساسياً لتغذية ونمو النبات، وبعضها الآخر يؤدى زيادته إلى التأثير الضار على نمو النباتات بل قد يؤدى ذلك إلى موت النباتات النامية كلية وتتحول هذه الأراضى

إلى أراضى جدباء لا حياة فيها ولا نماء، وتختلف النباتات فيما بينها فى درجة مقاومة الزيادة من الأملاح، ومن ثم يمكن وصف النباتات التى تتأثر بشدة من زيادة الأملاح بأنها نباتات حساسة للملوحة Sensitive Plants، والنباتات التى لا تتأثر إلا عند التركيزات المرتفعة بأنها نباتات مقاومة للملوحة Tolerant Plants، وبينهما توجد مجموعة من النباتات متوسطة المقاومة للملوحة Moderate plants. فإذا كان هناك نباتات محبة للملوحة تعطى أفضل نمو لها فى وجود تركيزات عالية من الأملاح مثل: نباتات بنجر السكر Sugar beet، فإن هناك أيضاً نباتات ملحية Hallophytes plants يزداد نموها بزيادة تركيز الأملاح وذلك إلى حدود معينة، والشكل التالى (٨ – ١) يوضح معدل النمو النسبى للنباتات المختلفة والمرتبط بمستويات ملوحة كلوريد الصوديوم.

ويمثل المنحنى الأول النباتات الملحية والتى تعطى نمواً مثالياً عند المستويات المرتفعة من كلوريد الصوديوم وهو ما يعنى أن عنصر الصوديوم يعتبر عنصراً مغذياً لهذه النباتات، وذلك حتى حدود معينة يتحول بعدها إلى حدود السمية مما يؤثر على معدل النمو النسبى، والمنحنى الثانى يمثل النباتات المحبة للملوحة، والمنحنى الثالث يمثل النباتات المقاومة للملوحة، والنباتات المحبة للملوحة أو المقاومة لها ينخفض معدل نموها بدرجات متباينة مع زيادة مستويات الملوحة، بينما يمثل المنحنى الرابع النباتات الحساسة للملوحة والتى تتأثر بشدة لأى زيادات فى مستوى الأملاح ويحدث انخفاض حاد للنمو فى مثل هذه البيئات.

وانخفاض معدل النمو يبدو أنه غير متخصص بنوع معين من الأملاح Specific ion effect، ولكنه مرتبط بشكل كبير بالتركيز الكلى للأملاح الذائبة أو الضغط الأسموزى لمحلول التربة Osmotic effect، ويتضح ذلك عند عمل توليفات من أملاح مختلفة ولكن لها جميعاً ضغط أسموزى متساوٍ فإنها تحدث – وفى كل الحالات – نفس التأثير، ومن جهة أخرىَ فإن نوعاً واحداً من الأملاح أو نسباً متباينة منها تتشابه فى إحداثها سمية للنباتات النامية أو خلل وعدم اتزان لعناصر التغذية.



شكل (٨ – ١): تأثير التمليح بكلوريد الصوديوم علي النمو النسبي لعدد من النباتات المختلفة في تحملها لدرجة الملوحة

وتختلف النباتات فيما بينها فى إظهار أثر زيادة الأملاح فى بيئة نموها، ففى حين نجد أن أشجار الثمار الخشبية يحدث بها تراكم لكل من الصوديوم والكلوريد فى أنسجتها النباتية إلى مستويات سامة Toxic levels تسبب احتراق الأوراق وتبرقشها ثم تساقطها Defoliation، نجد أن بعض المحاصيل العشبية مثل فول الصويا Soybean حساسة لسمية الأيون Susceptible to ion toxicity، ومع ذلك فإنها لا تظهر أى أعراض ظاهرة على أوراقها نتيجة لتراكم أيونات الصوديوم والكلوريد بها، وفى حالات أخرى نجد أن بعض الأشجار يحدث بها تراكم للأملاح فى أنسجتها الخشبية وذلك لعدة سنوات قبل ظهور أغراض السمية على أوراقها، كما أنه فى معظم المحاصيل بما فيها أشجار الثمار الخشبية يحدث فقد معنوى فى المحصول نتيجة لزيادة الضغط الأسموزى حول النباتات والأشجار، وذلك حتى قبل ظهور أى أعراض على أوراق هذه النبات والأشجار، ولقد أوضح عدد من الباحثين أن محصول الموالح يحدث له انخفاض واضح بدون تراكم حاد

لأيونات الصوديوم والكلوريد، بل وبدون ظهور أعراض سمية على أوراق الأشجار مما يعزز القول بأن التأثير الحادث هو تأثير أسموزى.

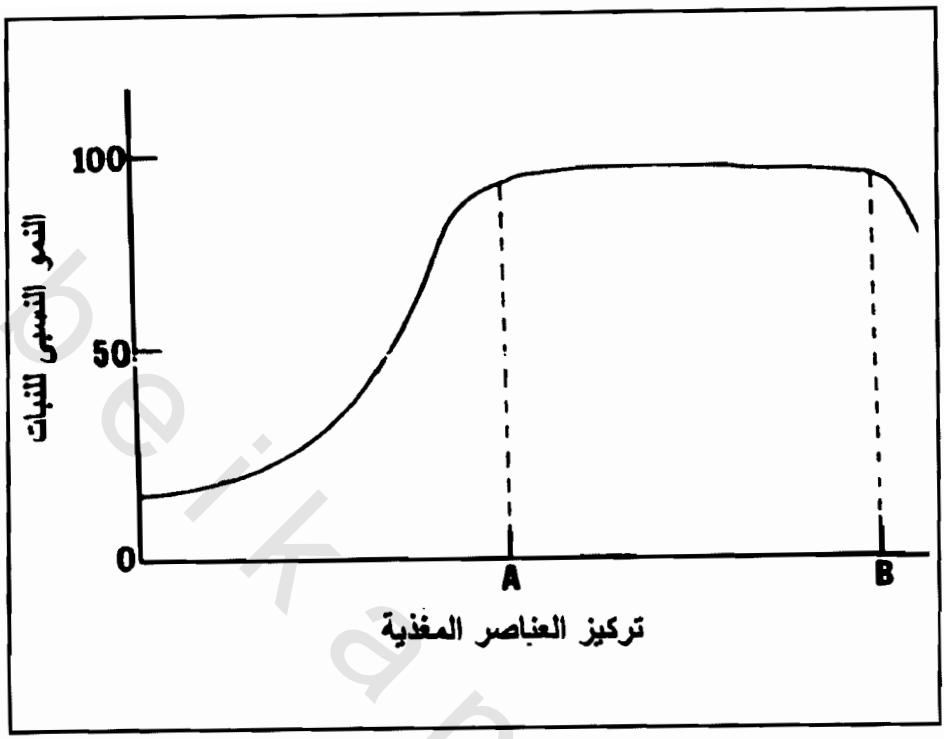
٢ - خصوبة الأراضى وتأثيرها على مقاومة النباتات للملوحة

Soil Fertility and its Effect on Salt Tolerance of Plants

فى ظل غياب الملوحة فإن نمو النباتات يكون مرتبطاً بتركيز العناصر المغذية الأساسية فى وسط النمو كما يوضحه شكل (٨ - ٢)، فمعدل النمو النسبى للنبات يكون أقل من المعدل المثالى إذا كان تركيز العناصر الغذائية الأساسية أقل من قيمة النقطة (A)، فى حين أن النمو يكون مثالياً فيما بين قيمتى النقطة (A) (B)، بينما زيادة تركيز العناصر المغذية الأساسية عن قيمة النقطة (B) قد يسبب تثبيطاً للنمو سواء كان ذلك نتيجة سمية العناصر أو لتأثير بعض العناصر على تيسر بعض العناصر الأخرى.

وتشير الدراسات إلى أن النباتات لا تظهر نفس الاستجابة السابقة فى النمو فى الأراضى الملحية، ففى بعض الحالات يكون معدل النمو المثالى (فيما بين نقطتى A، B) فى مدى أوسع أو أضيق أو قد يتحرك جهة اليمين أو جهة اليسار اعتماداً على نوع النبات، وتركيز الأملاح، ونوع العناصر، والظروف المحيطة ببيئة النمو.

ولقد لوحظ أن النباتات النامية فى الأراضى غير الخصبة تظهر فى كثير من الأحيان مقاومة أكبر للملوحة من تلك النباتات النامية فى أراضى خصبة، ويفسر هذا الوضع على أساس العامل المحدد للنمو، ففى الأراضى منخفضة الخصوبة تكون العناصر الغذائية هى العامل المحدد للنمو بمعنى أن إضافة هذه العناصر إلى هذه الأراضى يزيد من النمو والمحصول حتى فى ظل وجود أملاح، فى حين أنه فى الأراضى الخصبة فإن وجود الأملاح بها هو العامل المحدد للنمو ويتعين لزيادة الإنتاجية تخفيض نسبة الأملاح بها وليس إضافة عناصر غذائية جديدة، فإذا كانت كل من الملوحة والخصوبة عوامل محددة للنمو والإنتاج، فإن تقليل الملوحة أو زيادة معدل الخصوبة يكون مفيداً فى هذه الحالة، وفى هذا الإطار أيضاً فإن إضافة العناصر المغذية إلى الأراضى الملحية تزيد من نمو النباتات المحبة للملوحة، ويحتمل أن يكون ذلك نتيجة إلى أن الملوحة عامل متوسط التأثير على النمو بالنسبة لهذه المجموعة من النباتات.



شكل (٨ – ٢): يوضح النمو النسبي للنباتات في مجال واسع من تركيزات العناصر الغذائية

٣ – تفسير تفاعلات الملوحة مع العناصر المغذية

Interpretations of Salinity and Nutrient Interactions

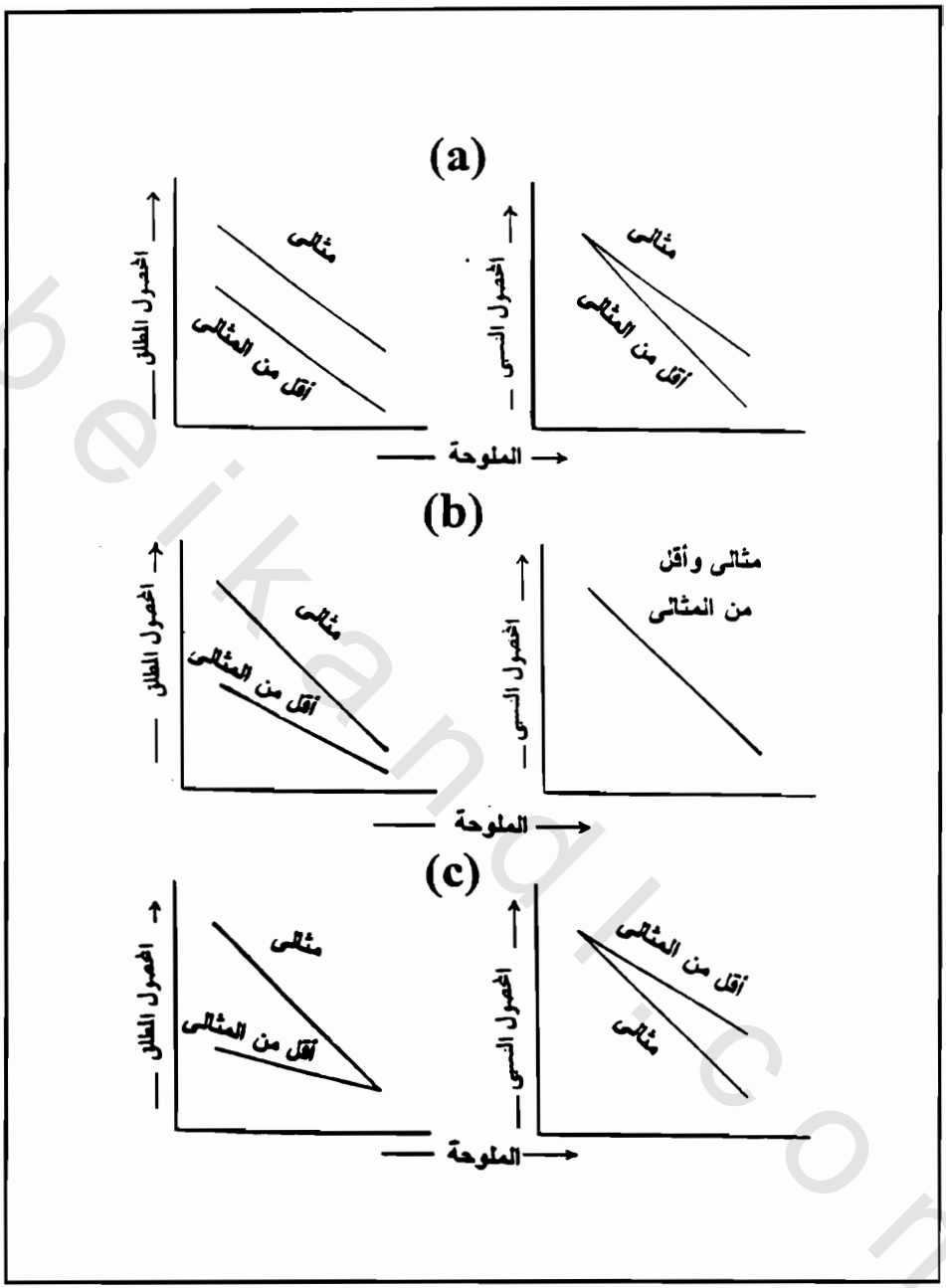
تحت ظروف الملوحة فإن الأراضى تتميز بانخفاض نشاط الأيونات المغذية وتفاوت فى نسب الأيونات إلى بعضها مثل Na^+/Ca^{2+}, Na^+/K^+, Ca^{2+}/Mg^{2+}, Cl^-/NO_3^-، مما يؤدى إلى عدم اتزان مستوى العناصر المغذية وظهور أعراض نقص لبعض العناصر المغذية والتى تؤثر على النمو، كما أن عدم الاتزان فى العناصر المغذية ربما يسبب عدم التنشيط الفسيولوجى للعناصر مما يضعف من امتصاصها، وبالتالى تظهر الحاجة إلى التسميد وإضافة العناصر المغذية على الرغم من وجودها بالفعل ولكن فى صورة غير قابلة للامتصاص.

ولقد أوضح Bernstein وآخرون سنة ١٩٧٤ ثلاث حالات من التفاعلات النموذجية بين عناصر التغذية والملوحة يمكن أن تحدث وهى: إما أن تعمل العناصر المغذية على زيادة المقاومة للملوحة أو تخفض المقاومة للملوحة أو لا تحدث أى أثر فى هذا الخصوص، بينما يعالج Mass سنة ١٩٩٠ العلاقة بين العناصر المغذية والملوحة على كفاءة نمو النباتات عند المستوى الأمثل للخصوبة وعلاقته بالكفاءة عند المستوى الأقل مثالية للخصوبة وهو ما يتضح فى شكل (٨ – ٣).

ويمثل الشكل (a) زيادة المقاومة للملوحة بزيادة مستوى العناصر الغذائية إلى المستوى الأمثل.

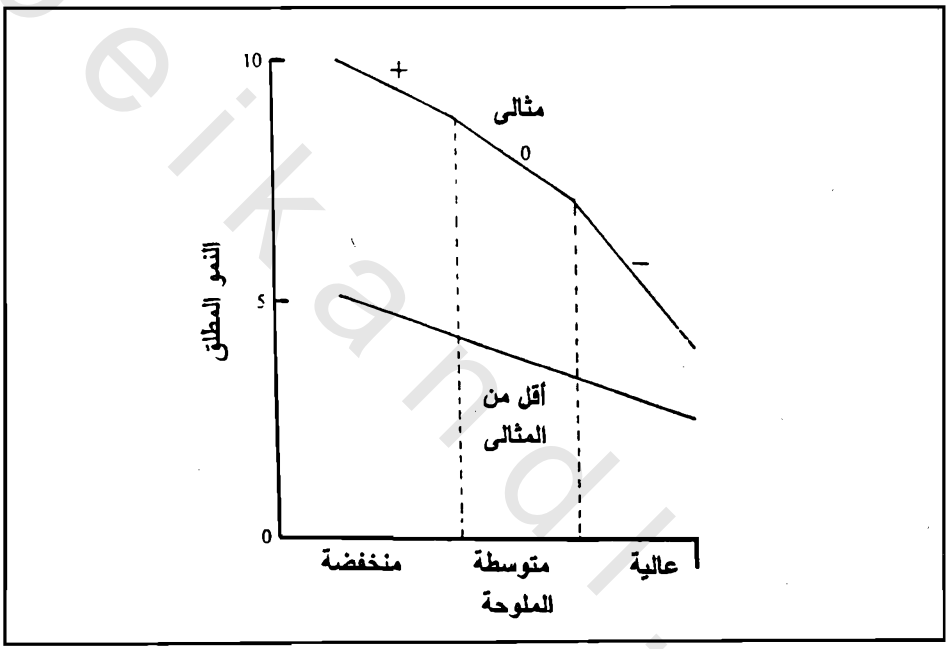
ويمثل الشكل (b) نموذج لعدم تأثر المقاومة للملوحة بزيادة مستوى العناصر الغذائية إلى المستوى الأمثل.

ويمثل الشكل (c) انخفاض المقاومة للملوحة بزيادة مستوى العناصر الغذائية إلى المستوى الأمثل.



شكل (٨ – ٣): أنواع من علاقة استجابة النباتات للنمو تحت مستويات متغيرة من الملوحة وارتباطها بزيادة مستوي العناصر الغذائية من حالة الأقل مثالية إلي الحالة المثالية للخصوبة

ويلخص شكل (٨ – ٤) العلاقة بين مستوى الخصوبة وتأثيرها على مقاومة النباتات للملوحة عند مستويات الملوحة المنخفضة والمتوسطة والعالية، ويظهر من الرسم البيانى زيادة المقاومة للملوحة بزيادة مستوى الخصوبة عند حدود الملوحة المنخفضة ويمثلها علامة (+)، بينما لا يحدث أى تأثير عند مستوى الملوحة المتوسطة ويمثلها رقم (0)، فى الوقت الذى تنخفض فيه المقاومة للملوحة عند ارتفاع مستوى الملوحة ويمثلها علامة (–).



شكل (٨ – ٤): تأثير الملوحة المنخفضة والمتوسطة والعالية عند مستويات الخصوبة المختلفة علي نمو النباتات

وهناك دراسات عديدة تم إجراؤها على تفاعل العناصر الغذائية – المضافة كأسمدة إلى التربة أو المحضر منها المحلول المغذى – مع ملوحة التربة أو المحلول المغذى، ومن النتائج المتحصل عليها من تجارب الحقل وتجارب المحاليل المغذية نجد صعوبة فى التوفيق بينهما، ففى الحقل نجد أن تركيز العناصر الكبرى وخاصة الفوسفور والبوتاسيوم تتحكم فيه الصورة الصلبة للتربة، وبالتالى يصعب تقديره بدقة فى كل حالة، كما أن تركيز الملوحة

والعناصر المغذية يكون وقتياً فى مكان ما بالتربة، وفى مزارع المحاليل تكون نسب العناصر مختلفة عن الموجودة فى المحلول الأرضى، كما يكون نمو وتطور المجموع الجذرى مختلف عما هو موجود أيضاً فى التربة، ومن هنا فإن استجابة النباتات وتفاعله فى البيئة الصناعية ربما لا يعطى نفس الاستجابة والتفاعل تحت ظروف البيئة الطبيعية، ومع ذلك تظل مزارع المحاليل مفيدة جداً فى الدراسات المتقدمة لفهم مقاومة النباتات للأملاح وميكانيكية الاستجابة الفسيولوجية لامتصاص العناصر والتمييز بين أدوار العوامل المؤثرة، وسوف نتعرض بقليل من الإيجاز للعناصر المغذية الأساسية ومدى تفاعلها مع ظروف الملوحة سواء الموجودة منها فى التربة أو فى المحاليل المغذية.

أولا : العناصر المغذية الكبرى Macronutrients

١ - النيتروجين Nitrogen (N)

فى الأراضى الملحية أو غير الملحية يعتبر عنصر النيتروجين عنصراً محدداً للنمو، ولذلك فإن إضافته دائماً ما تحسن من نمو النبات وزيادة محصوله، وفى بعض التجارب الحقلية التى تم دراستها بواسطة العديد من الباحثين وجد أن إضافة النيتروجين إلى أراضى فقيرة فى محتواها من النيتروجين وبها مستوى متوسط من الملوحة أدى إلى التحسن فى نمو كل من نباتات الشعير والفول والجزر والفاصوليا والطماطم والذرة والبرسيم والبسلة والسبانخ والقمح والأرز وفى نفس هذه التجارب لم تعط النباتات استجابة لإضافة النيتروجين عندما كانت درجة الملوحة عالية، ومع ذلك فإن دراسات قليلة أوضحت وجود زيادة فى المحصول تحت مستويات الملوحة العالية عندما أضيف النيتروجين بمعدلات أعلى من المعدلات المثلى التى تستخدم فى حالة الأراضى غير الملحية، وهنا يمكن القول بأن زيادة التسميد النيتروجينى تزيد من مقاومة النباتات للملوحة وهو ما لوحظ فى حالة نباتات البرسيم والدخن ومحصول الذرة الذى عومل بـ ٣٧٥ كيلو جرام نيتروجين/هكتار، وقد يرجع التأثير الإيجابى للنيتروجين فى زيادة التحمل للملوحة إلى قيام أيون النترات NO_3^- بتقليل امتصاص وتراكم الكلوريد Cl^- (Bernstein وآخرون سنة ١٩٧٤).

وعلى الجانب الآخر فإن عدداً من الدراسات المعملية والحقلية أوضحت أن الملوحة تقلل من تراكم النيتروجين فى النبات نظراً لزيادة امتصاص وتراكم الكلوريد، وتم رصد

انخفاض تركيز النترات فى سيقان نباتات الشعير والقطن والقمح والطماطم والبطيخ، وفى هذا السياق وجد أن الكلوريد يثبط امتصاص النترات أكثر من الكبريتات وذلك عند تساويهما فى الإسموزية، ولقد أوضح أحد الباحثين أنه على الرغم من انخفاض تركيز النترات فى الأوراق إلى أن أجزاء أخرى من النبات زاد محتواها من النيتروجين فى صورة مركبات نيتروجينية مثل: البرولين والبروتينات الذائبة الكلية، إلى جانب أن الأحماض الأمنية لم ينخفض تركيزها بشكل واضح، وربما يكون هناك أهمية لصورة النيتروجين المضافة إلى التربة النامى بها نباتات تحت إجهاد ملحى، حيث وجد أن النيتروجين المضاف فى صورة أمونيوم NH_4^+ يكون أكثر حساسية للملوحة من صورة النترات NO_3^- مع نباتات الذرة والقمح والبطيخ النامى فى مزرعة محاليل، كما وجد أن إضافة الكالسيوم Ca^{2+} إلى بيئة النمو تؤدى إلى تحسين معدل النمو فى وجود النترات NO_3^-، بينما لا يحدث أى تحسن مع الأمونيوم NH_4^+، كما لوحظ أنه عندما تكون النترات NO_3^- هى المصدر الوحيد للنيتروجين فإن تراكم البوتاسيوم K^+ يزداد داخل النبات تحت الظروف الملحية فى حين أنه عندما يتواجد كل من الأمونيوم والنترات فإن البوتاسيوم يقل، أيضاً عند زيادة نسبة الأمونيوم إلى النترات NH_4^+ / NO_3^- Ratio فإن النباتات تميل إلى تراكم كل من الصوديوم والكلوريد، بينما يقل تركيز كل من الكالسيوم والبوتاسيوم فى الأوراق، ولذلك فإن أفضل مصدر للنيتروجين يمكن إضافته إلى الأراضى الملحية يكون من أملاح النترات أو خليط من النترات والأمونيوم بحيث تكون نسبة النترات أكبر من نسبة الأمونيوم.

٢ - الفوسفور Phosphorus

التفاعل بين الملوحة وبين التغذية بالفوسفور ربما يكون أكثر تعقيداً منه فى حالة التغذية بالنيتروجين، حيث إن التفاعل هنا يعتمد بشكل كبير على نوع النبات، ومرحلة النمو، ونوع الأملاح، ومستوى الملوحة بالإضافة إلى مستوى عنصر الفوسفور فى بيئة النمو، ولقد وجد Champagnol سنة ١٩٧٩ أن الفوسفور المضاف إلى الأراضى أو إلى بيئات ملحية يزيد من النمو والمحصول لعدد ٣٤ محصولاً من جملة ٣٧ محصولاً تم دراستها، بما يعنى أن هذا التأثير هو التأثير السائد فى سلوك الفوسفور فى البيئات الملحية، وتزداد مقاومة النباتات للأملاح بإضافة الفوسفور إلى البيئات المرتفعة فى

مستوى الملوحة فى حين تنخفض المقاومة للملوحة فى درجات الملوحة المتوسطة فى وجود الفوسفور، كما أن التحليلات التى تم إجراؤها على محاصيل الشعير والقمح والجزر والذرة والطماطم والذرة الرفيعة أوضحت أن زيادة الفوسفور لا تحدث تأثير مع الملوحة المنخفضة.

ويتضح من دراسات مماثلة أن الملوحة تزيد حاجة عدد كبير من النباتات إلى الفوسفور الواجب إضافته إلى بيئة النمو، ولقد وجد Awad وآخرون سنة ١٩٩٠ أن زيادة الملوحة بكلوريد الصوديوم NaCl فى بيئة النمو من ١٠ إلى ٥٠ إلى ١٠٠ ملليمول تزيد من تركيز الفوسفور فى أوراق الطماطم من ٥٨ إلى ٧٧ إلى ٩٧ ملليمول / كيلو جرام من المادة الجافة، ولكن وجد فى حالات أخرى أن زيادة الملوحة تقلل من تركيز الفوسفور فى أنسجة النبات، وفى حالة ثالثة لا يوجد أى تأثير للملوحة على تركيز الفوسفور، وهذا هو التباين الواضح فى سلوك عنصر الفوسفور والذى يعتمد – كما أسلفنا – على عوامل متعددة تحكم هذا السلوك.

ويرى Champagnol أنه فى وجود الأملاح فإن التضاد بين أيونات $H_2PO_4^-$ والكلوريد Cl^- أمر بعيد الاحتمال، بينما يرى آخرون أن الكلوريد Cl^- يوقف كلية امتصاص الفوسفات $H_2PO_4^-$، وبين هذين الرأيين يقف رأى ثالث يقول أن كلاً من أيونات الكلوريد Cl^- والكبريتات SO_4^{2-} تقلل فقط من معدل امتصاص الفوسفور نتيجة لارتفاع Ionic strength والذى يؤدى إلى انخفاض نشاط الفوسفور فى المحلول الأرضى.

وعندما تكون الملوحة فى التربة محتوية على مستويات مرتفعة من الكالسيوم، فإن الفوسفور الذائب فى المحلول الأرضى يكون محكوماً بعمليات الإدمصاص على هيدروكسيدات الحديد والألومنيوم وعلى الطور الصلب لمعادن الطين – كالسيوم – فوسفات، وهذا يجيب على تساؤل: لماذا تستجيب النباتات إيجابياً لإضافة الفوسفور تكون بطيئة نسبياً، كما أن الصور الأولية لفوسفات الكالسيوم غير ثابتة من ناحية الديناميكية الحرارية، وبتكوين صوراً ثابتة من مركبات الفوسفور فى الأراضى الجيرية – الملحية يقل تيسر الفوسفور، وبالتالى تؤدى إضافته إلى استجابة النباتات لذلك.

٣ - البوتاسيوم Potassium (K)

يعتبر عنصر البوتاسيوم شبيهاً بعنصر الفوسفور من حيث الانخفاض النسبى لتركيزه فى المحلول الأرضى، كما أن البوتاسيوم يدمص ويثبت على الأسطح وبين الوحدات البلورية للغرويات المعدنية الأرضية وخاصة من نوع ٢ : ١، ويصبح غير ميسر لدرجة أنه فى بعض الأراضى التى يسود فيها معدن الفيرميكيوليت لم يؤثر إضافة ٧٠٠ كيلو جرام من البوتاسيوم للهكتار فى إزالة أعراض نقصه من على أوراق نباتات القطن، ومع ذلك فمن حسن الحظ أن أغشية البلازما فى خلايا الجذر لها قدرة عالية على جذب البوتاسيوم أكثر من الصوديوم، وهذه الخاصية فى غاية الأهمية فى حالة نمو النباتات فى الأراضى الملحية والصودية والتى يسود فيها عنصر الصوديوم حيث يعمل على المواءمة بين ارتفاع تركيز الصوديوم وحاجة النباتات إلى البوتاسيوم والذى يحافظ بدوره على مستوى الكفاية من عنصر الكالسيوم فى الجذور وهو ما يؤدى إلى إمداد هذه الجذور بمستوى كاف من الأكسيجين، ولقد وجد Kafkafi سنة ١٩٨٤ أن الأصناف المقاومة للملوحة مثل بنجر السكر لها قدرة أعلى على جذب البوتاسيوم مقارنة بالنباتات والأصناف الحساسة للملوحة مثل نباتات الفول، وتظهر كثير من النباتات اختيارية عالية للبوتاسيوم مقارنة بالصوديوم ولقد أشار Rush and Epstein سنة ١٩٨١ إلى أن بعض أصناف الطماطم البرية تقاوم الملوحة الناتجة من ٢٠٠ ملليمول من كلوريد الصوديوم، فى حين أن نفس التركيز من البوتاسيوم يعتبر ساماً لها، بينما بعض الأصناف الحساسة للملوحة أظهرت سلوكاً مغايراً حيث تستطيع مقاومة هذا التركيز من البوتاسيوم، فى حين أن نفس التركيز من الصوديوم يعتبر مميتاً لها.

وهناك أدلة على أن الصوديوم يحل جزيئاً محل البوتاسيوم فى عديد من النباتات دون أن يؤثر ذلك على النمو، **ولقد أوضح Marschner سنة ١٩٩٥ أن النباتات تنقسم إلى ٤ مجموعات من حيث إحلال وتبادل الصوديوم للبوتاسيوم:**

المجموعة الأولى: وفيها يحل جزء كبير من الصوديوم محل البوتاسيوم مثل: نباتات البنجر Beet واللفت Turnip.

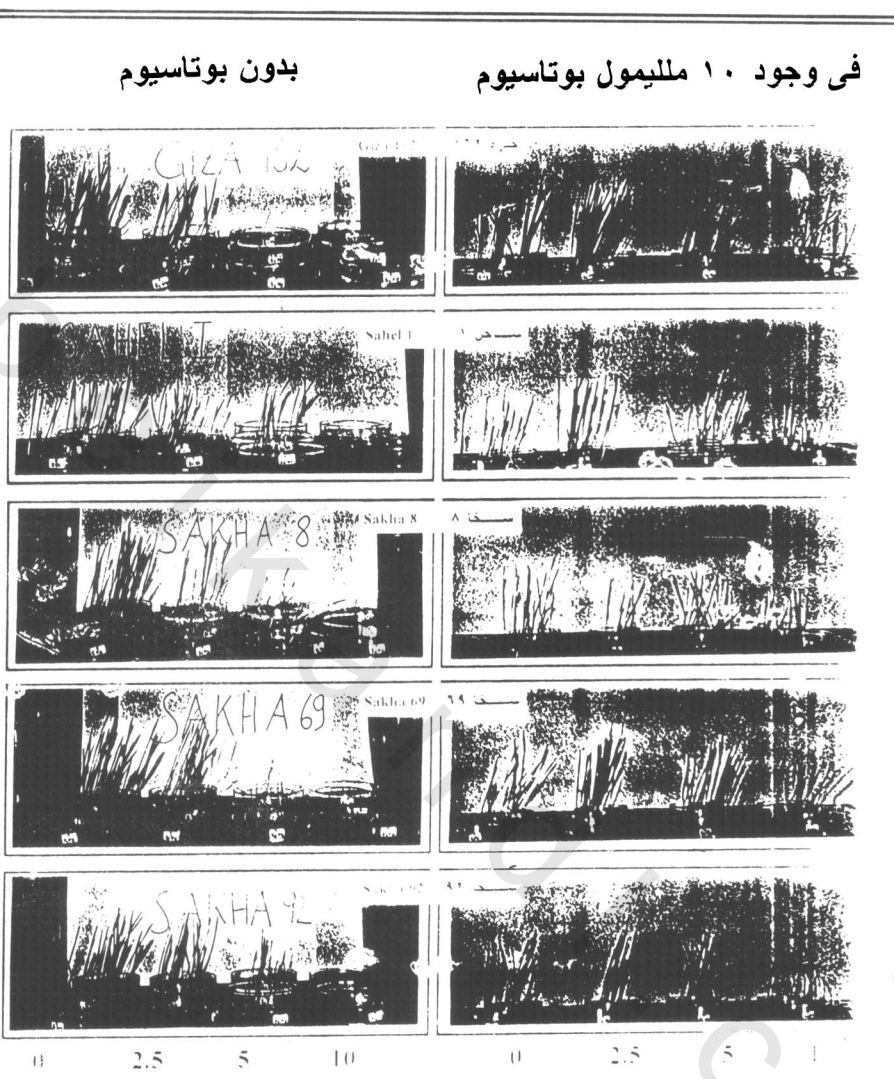
المجموعة الثانية: ويكون الإحلال للبوتاسيوم فهيا متوسطاً ويمثلها مجموعة النباتات متوسطة المقاومة للملوحة مثل الطماطم Tomato.

المجموعة الثالثة: يكون فيها الإحلال للبوتاسيوم قليلاً بواسطة الصوديوم والذى يعتبر غير مؤثر أو فعال فى النمو، وذلك كما فى حالة نباتات الأرز Rice.

المجموعة الرابعة: وفيها لا يحدث أى إحلال للبوتاسيوم بواسطة الصوديوم ويمثل هذه المجموعة نباتات الذرة Maize، الفول Bean، والخس Lettuce.

ولقد وجد Chow وآخرون سنة ١٩٩٠ أن محصول نباتات السبانخ النامية فى محلول ملحى تركيزه ٥٠ ملليمول من كلوريد الصوديوم قد تضاعف عندما رفع تركيز البوتاسيوم المضاف من ٠,٠١ إلى ١٠ ملليمول، وفى هذا السياق وجد Sherif وآخرون سنة ١٩٩٨ أن إضافة ١٠ ملليمول من البوتاسيوم أدى إلى تحسين نسبة الإنبات لعدد من أصناف القمح المصرى تم تنميتها فى أطباق بترى تحت مستويات من الملوحة من صفر حتى ١٠ ديسيسيمن/م (شكل ٨ – ٥)، كما أدى أيضاً إضافة كبريتات البوتاسيوم بمعدل ١٥٠ كيلو جرام للهكتار فى تجارب أصص إلى تحسين النمو ووزن المادة الجافة تحت مستويات من ملوحة كلوريد الصوديوم تراوحت من صفر حتى ١٥ ديسيسيمن/م.

ومن ناحية أخرى فإن كثيراً من الباحثين وجد أن تركيز البوتاسيوم فى أنسجة النباتات النامية فى بيئات ملحية ينخفض بزيادة تركيز الصوديوم أو زيادة نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم فى بيئة نمو الجذور، وهذا الانخفاض فى امتصاص البوتاسيوم مرجعه عملية التضاد مع الصوديوم والذى يتأثر بوجود أملاح كلوريد وكبريتات الصوديوم فى المحلول الأرضى، ولقد وجد سنة ١٩٨٧ أن نباتات الشعير التى عرضت لملوحة كبريتات الصوديوم تحتوى فى مجموعها الخضرى على تركيز من البوتاسيوم يبلغ ثلث قيمة التركيز فى النباتات النامية فى بيئة غير ملحية، ومثل هذه النتائج أمكن التوصل إليها بواسطة العديد من الباحثين.



شكل (٨ – ٥) : تأثير إضافة البوتاسيوم علي تحسين نسبة الإنبات لبعض أصناف القمح المصري تحت مستويات عالية من الملوحة (انظر الصفحة التالية لـ ٤٨٤ بالألوان).

٤ - الكالسيوم Calcium

يلعب الكالسيوم دوراً هاماً وحيوياً فى فسيولوجيا وبناء النبات، ولكن نظراً لزيادة عنصر الكالسيوم فى الأراضى الزراعية فإن ذلك يجعله عنصراً غير محدداً للنمو فى مثل هذه الأراضى، ومع ذلك فإن زيادة الملوحة فى الأراضى تزيد الحاجة إلى إضافة الكالسيوم، حيث تنخفض الكميات الممتصة منه بواسطة النباتات والذى قد يعزى إلى تفاعل بعض الأيونات مع الكالسيوم فيرسب فى صورة غير صالحة للامتصاص، أو نتيجة لزيادة القوة الأيونية فى المحلول الأرضى والتى تقلل من نشاط أيون الكالسيوم.

وبالرغم من أن الملوحة الناتجة من كلوريد الصوديوم تخفض من تركيز الكالسيوم فى النبات، إلا أن هذا الانخفاض لا يرجع إلى انخفاض تدفق الكالسيوم من الجذر إلى الساق، ولكن وكما تشير الدراسات فإن ذلك مرجعه إلى أن الصوديوم يقلل الحركة القطرية Radial movement للكالسيوم من المحلول الأرضى إلى أوعية خشب الجذر، ولقد وجد كثير من الباحثين أن اختيارية النباتات لامتصاص الكالسيوم أكبر منها للصوديوم، ومع ذلك فإن نقص الكالسيوم فى المحلول الأرضى يؤثر على تركيب خلايا الجذور ويؤدى إلى زيادة نفاذيتها مما يفقدها خاصية اختيارية امتصاص البوتاسيوم إلى الصوديوم K^+/Na^+ selectivity ويزداد تبعاً لذلك امتصاص أيونات الصوديوم والكلوريد على حساب البوتاسيوم والكالسيوم، ومع ذلك فإن إضافة ١٠ ملليمول من الكالسيوم إلى المزرعة الملحية يحمى الخلايا النباتية ويحافظ على بنائها وخصائصها، ويمكن تجنب الأضرار الناشئة عن زيادة الصوديوم وانخفاض الكالسيوم، وذلك بالمحافظة على ألا تزيد النسبة بين الصوديوم والكالسيوم عن ١٥.

ويجب المحافظة على إضافة كميات كافية من الكالسيوم إلى التربة فى حالة وجود ملوحة مرتفعة بها وخاصة مع المحاصيل غير الحولية والتى تتأثر بوجود تركيزات عالية من الصوديوم والكلوريد، ولقد لوحظ أن إضافة الكالسيوم إلى أشجار الموالح المنزرعة فى أراضى ملحية أدى إلى تقليل الكميات الممتصة من الصوديوم والكوريد، الأمر الذى أدى إلى حماية المجموع الخضرى لهذه الأشجار من أضرار الملوحة.

٥ - الماغنسيوم Magnesium

يتنافس الكالسيوم بشدة مع الماغنسيوم وتظهر مواضع الارتباط على أغشية بلازما جذور النباتات انخفاضاً ملحوظاً للارتباط بالماغنسيوم مقارنة بالكالسيوم، ومن ثم فإن وجود كميات كبيرة من الكالسيوم فى المحلول الأرضى يؤدى إلى زيادة الممتص منه على حساب الماغنسيوم فيقل تركيزه فى الجذور والسيقان والأوراق وتظهر معه أعراض نقصه على النبات، ومع ذلك فإن زيادة نسبة الماغنسيوم إلى الكالسيوم عن ١ يقلل من نمو نباتات الذرة Maize وفول الصويا Soybean. وفى حالة النباتات التى تنمو على مياه البحار بحالتها كما فى حالة النباتات الملحية، أو بنسب تخفيف معينة تتناسب مع نوعية النباتات المحبة للملوحة، فإن الاضطراب الغذائى يمكن أن يحدث نتيجة لزيادة نسبة الماغنسيوم إلى الكالسيوم، حيث إن معظم مياه البحار يكون نسبة الماغنسيوم إلى الكالسيوم بها حوالى ٥ : ١ على أساس التركيز بالمولر، كما تشير الدراسات الحديثة إلى أن أملاح الماغنسيوم تعمل على خفض نمو جذور نباتات الأوكاليبتوس أكثر من أملاح الصوديوم، ومن ثم فإن إضافة الماغنسيوم عند ظهور أعراضه على النباتات النامية فى أراضى ملحية يجب أن يكون محسوباً ومتناسباً مع عنصر الكالسيوم بشكل خاص.

ثانياً: العناصر الصغرى Micronutrients

توجد العناصر الصغرى فى المحلول الأرضى - باستثناء الكلوريد - بكميات قليلة تؤثر فيها الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة، وفى حالة الأراضى الملحية والقلوية فإن ذوبان العناصر الصغرى مثل النحاس Cu والحديد Fe والمنجنيز Mn والزنك Zn يكون منخفضاً وتظهر على النباتات النامية فى مثل هذه الأراضى أعراض نقصها، إلا أن تركيز هذه العناصر الصغرى فى المجموع الخضرى ربما يزداد أو ينقص أو ربما لا يتأثر اعتماداً على نوع النبات، ونسبة الأملاح، وتركيز العناصر الصغرى فى التربة، وبالإضافة إلى الظروف البيئية، ولقد وجد زيادة فى تركيز الزنك فى نباتات الشعير وفول الصويا والطماطم والكوسة التى تنمو فى بيئات ملحية، فى حين أن تركيز الزنك انخفض فى نباتات الذرة، كما تؤدى الملوحة إلى زيادة تركيز المنجنيز فى المجموع الخضرى لنباتات الشعير والأرز وبنجر السكر والطماطم فى حين ينخفض تركيزه فى الذرة والبسلة والكوسة.

كما يلعب نوع الملح المسبب للملوحة دوراً آخر، فعندما يكون المحلول الارضى أو الملحى غنياً بالأملاح ذات الكاتيونات الثنائية فإن تركيز المنجنيز يزداد، فى حين أن سيادة الأملاح ذات الكاتيونات الاحادية يؤدى إلى انخفاض تركيز المنجنيز.

وبالنسبة للحديد تعمل الملوحة على زيادة تركيزه فى المجموع الخضرى لنباتات البسلة والطماطم وفول الصويا والكوسة والأرز، بينما ينخفض التركيز فى نباتات الشعير والذرة، ومع هذه الاختلافات فإن الأملاح وخاصة أملاح كلوريد الصوديوم تؤدى إلى ظهور أعراض نقص الحديد على النباتات.

ومن العرض السابق يبرز دور الصوديوم فى الأراضى الملحية وتأثيره السالب على امتصاص البوتاسيوم والكالسيوم، كما يظهر تأثير الكالسيوم على الماغنسيوم، كما تؤثر الملوحة على تغذية النباتات بالعناصر المغذية المختلفة، إما بالتأثير على حركة العنصر الغذائى داخل النبات (مثل تأثير الصوديوم على الكالسيوم)، أو بزيادة الحاجة للعنصر المغذى داخل الخلية.

٤ - أقلمة النباتات للتغلب على تأثير الملوحة

Adaptation To Overcome Salinity Effect

سبق الإشارة إلى التأثير السلبى للملوحة على نمو النباتات مهما كانت درجة تحملها للملوحة، وحيث إن المشكلة تزداد عند زراعة النباتات الحساسة ومتوسطة المقاومة للملوحة فى البيئات الملحية، وهذه النباتات تضم قائمة طويلة من المحاصيل الاستراتيجية والتى يتحتم زراعتها فى المناطق والأراضى المتأثرة بالأملاح، فإن محاولة التغلب - ولو جزئياً - على هذه المشكلة يكون أمراً ضرورياً، وللدخول فى هذا المضمار فإنه يجب أولاً الوقوف على ملامح التأثيرات والمعوقات التى تحدثها الأملاح فى النباتات النامية فى البيئات الملحية ثم بعد ذلك يتم العمل على تخفيف حدة هذه التأثيرات والمعوقات بما هو متاح من معلومات فى فسيولوجيا وتغذية النبات، ولقد أشار Ma-rschner سنة ١٩٩٥ إلى أن النباتات النامية فى البيئات الملحية تعانى من ثلاثة معوقات أساسية:

١ – نقص المياه فى الأنسجة النباتية Water deficit أو ما يعرف بالجفاف Dought stress.

٢ – السمية بالأيونات Ion toxicity المرتبطة بالامتصاص الزائد لأيونات الصوديوم Na^+ والكلوريد Cl^-.

٣ – عدم الاتزان الغذائى Nutrient imbalance نتيجة لنقص الامتصاص أو الانتقال أو الانتشار والتوزيع للعناصر الغذائية داخل النبات، وبدون الدخول فى تفصيلات كثيرة فإن النباتات تنقسم إلى قسمين كبيرين على أساس تعاملها مع الأملاح:

القسم الأول: يعرف بالنباتات التى تطرد الأملاح Excluder plants، وهذه المجموعة من النباتات يظهر تأثير الأملاح عليها فى انخفاض محتوى الأنسجة النباتية من المياه وهذا الانخفاض يؤثر على تمدد الخلايا، ويقلل من تثبيت ثانى أكسيد الكربون، ويقلل أيضاً من تخليق البروتينات، ونباتات هذه المجموعة تقوم بمحاولة تقليل أثر وجود الأملاح بالأقلمة الذاتية وذلك بتقليل مساحة السطح الخارجى للنبات وتحسين وزيادة تخليق السكريات داخل الأنسجة والخلايا النباتية.

القسم الثانى: ويعرف بالنباتات التى تجمع الأملاح الممتصة فى خلاياها Includer plants، وهذه المجموعة من النباتات يظهر عليها أثر الأملاح الزائد فى صورة سمية بالأيونات Ion toxicity وخاصة أيونات الصوديوم Na^+ والكلوريد Cl^- عند زيادتها لحدود معينة، أو ظهور أعراض نقص بعض العناصر الأخرى مثل: البوتاسيوم والكالسيوم نتيجة لعدم الاتزان الغذائى Nutrient imbalance والذى يحدث نتيجة لنقص الامتصاص أو بطء الانتقال أو ضعف الانتشار والتوزيع للعناصر الغذائية داخل النبات مما يظهر معه أعراض النقص، ونباتات هذه المجموعة تعمل على:

١ – أن تصبح الأنسجة مقاومة للملوحة Tissue tolerance وذلك بتجزئة الأملاح Salt compartmentation، وتخليق مكونات عضوية ذائبة متوافقة مع الأملاح الموجودة، وإحلال البوتاسيوم محل الصوديوم K^+/Na^+ replacement.

٢ – تجنب التركيزات المرتفعة من الأيونات المسببة للسمية وذلك بالعمل على إعادة انتقال هذه الأيونات عبر اللحاء Retranslocation in phloem، وزيادة محتوى الخلايا من المياه، وإفراز الأملاح Salt excretion من خلال نهايات الأوراق أو من نتوءات على الساق، بل وقد تتساقط الأوراق Leaf drop كلية لتقليل التركيزات المرتفعة من الأملاح داخل النبات، وكل هذه العمليات تساعد على إحداث نوع من الأقلمة يزيد من مقاومة النباتات لتأثيرات الملوحة العالية فى بيئة النمو.

وهذه الطرق والوسائل التى يتم بها إحداث عمليات الأقلمة فى النباتات يمكن محاكاتها ومساعدة النباتات على القيام بدورها فى التغلب على التأثيرات الضارة للملوحة، وفى هذا الإطار فإن تعويد شتلات النباتات على النمو فى بيئات ملحية فى مراحلها الأولى من النمو لفترات محددة قبل نقلها إلى الزراعة فى الأرض المستديمة ذات الملوحة العالية قد يحدث نوعاً من الأقلمة لهذه النباتات، وفى تجارب تحت ظروف الصوبة قام بها Sherif سنة ١٩٩٧ باستخدام تقنية مزارع المحاليل المغذية فى أقلمة بادرات الطماطم «صنف مارماند سوبر» فى أربع مستويات من محاليل كلوريد الصوديوم (صفر، ٥٠، ١٠٠، ١٥٠ مول/م٣) لمدة ١٠، ٢٠ يوماً، وذلك لدراسة إمكانية التغلب على مشكلة زراعة هذه النباتات تحت مستويات عالية من الملوحة فى المزارع الرملية (صفر، ٧,٥، ١٥، ٢٢,٥، ٣٠ ديسيسيمن/م كلوريد صوديوم) ومزارع المحاليل المغذية «الهيدروبنكس» (صفر، ٣٠٠، ٤٠٠ مول/م٣ كلوريد صوديوم)، كما تم استخدام ٥٠ مول/م٣ من كبريتات البوتاسيوم بمفردها أو مع التركيزات السابقة من كلوريد الصوديوم لمدة ١٠، ٢٠ يوماً أيضاً، وذلك لدراسة تأثير البوتاسيوم على أقلمة نباتات الطماطم، وهل يضيف ذلك مزيداً من الكفاءة لعمليات الأقلمة بمحاليل كلوريد الصوديوم كنتيجة لزيادة محتوى الشتلات من البوتاسيوم والذى يقلل بدوره من امتصاص الصوديوم أو يحدث إحلال للصوديوم بواسطة البوتاسيوم K^+/Na^+ replacement، وكان لهذه المعاملات تأثير واضح على مقاومة النباتات للأملاح، حيث وجد أن عملية الأقلمة تعمل على تحمل بادرات الطماطم للنمو تحت مستويات عالية من الأملاح ويزداد هذا التحمل بزيادة تركيز محلول الأقلمة حتى ١٥٠ مول/م٣ كلوريد صوديوم، فى حين أدت الأقلمة بـ٥٠ مول/م٣ من محلول كبريتات البوتاسيوم تأثيراً

متساوياً لمحلول كلوريد الصوديوم تركيزه ١٥٠ مول/م٣، بينما لم تؤد التوليفات المختلفة بين ٥٠ مول/م٣ من محلول كبريتات البوتاسيوم ومستويات كلوريد الصوديوم إلى نتائج أفضل، وإن كانت النتائج تشير إلى أن الأقلمة بمحلول ٥٠ مول/م٣ كبريتات البوتاسيوم + ٥٠ مول/م٣ من محلول كلوريد الصوديوم يتساوى فى تأثيره مع الأقلمة بمحلول ١٠٠ مول/م٣ كلوريد صوديوم بمفرده، كما كان لفترة الأقلمة أهمية كبيرة، حيث أدت فترة ٢٠ يوماً إلى نتائج أفضل مقارنة بفترة ١٠ أيام.

وعند مقارنة زراعة النباتات المأقلمة فى المزارع الرملية ومزارع المحاليل وجد أن الزراعة فى مزارع المحاليل المغذية أكثر فعالية تحت مستوى أملاح ٣٠٠ مول/م٣ كلوريد صوديوم مقارنة بالزراعة فى المزارع الرملية تحت نفس المستوى من الأملاح ٣٠ ديسيسيمن/م كلوريد صوديوم، كما أن نجاح الزراعة فى مزارع المحاليل المغذية تحت هذه المستويات العالية من الملوحة يكون مفيداً فى المناطق التى تعتمد فى رى أراضيها على مياه آبار ذات ملوحة عالية.

كما تعتبر مثل هذه النتائج إيجابية فيما يخص الأقلمة بمحلول كبريتات البوتاسيوم، وتفيد من الناحية التطبيقية فى أقلمة الشتلات – المراد زراعتها فى أراضى ملحية أو متأثرة بالأملاح – فى أرض المشتل مباشرة باستخدام سماد كبريتات البوتاسيوم – فى حالة عدم تيسر استخدام المحاليل الملحية فى الأقلمة، حيث إن فكرة الأقلمة فى المحاليل – فضلاً عن كفاءتها – إلا أنه يتم استخدامها لتجنب إحداث تمليح بأرض المشتل عند الأقلمة بكلوريد الصوديوم، وإن كان هذا الأمر يتطلب إجراء دراسات على معدلات التسميد الإضافية من كبريتات البوتاسيوم الواجب إضافتها إلى أرض المشتل، وكذلك عمر المشتل إلى الدرجة التى تحقق الكفاءة المطلوبة لعملية الأقلمة وتغلبها على مستويات الملوحة العالية فى التربة.