المحاضرة الاولى --- ملوحة التربة ----- المرحلة الثالثة – تربة

مشكلة الملوحة وأثرها على الإنتاج الزراعي

المقدمة

تشير الإحصائيات إلى إن ثلث سكان كوكبنا يعاني نقصا في الغذاء ، وتبرز مشكلة نقص الغذاء بشكل خاص في البلدان النامية والمتخلفة ، حيث يقل فيها معدل ما يحصل عليه الفرد من الغذاء كثيرا من الناحيتين الكمية والنوعية .

ستزداد هذه المشكلة إذا ما أخذنا بنظر الاعتبار الزيادة المطردة لسكان الكرة الأرضية ، وتشير التقديرات إلى إن 10 آلاف شخص يموتون يوميا نتيجة نقص الغذاء .

هذا الواقع الذي تعيشه البشرية والذي يتلخص في انفجار سكاني من جهة ، وغذاء محدود من جهة أخرى . هذا يتطلب بذل الجهود لمعالجة المشكلة (مشكلة نقص الغذاء) ، ويتحقق ذلك من خلال تحسين الزراعة أفقيا وعموديا ، أي تحسين مستوى الاستغلال لأراضي جديدة قابلة لزراعة المحاصيل الزراعية الغذائية .

ويمكن زيادة مساحة الأراضي الزراعية من خلال زيادة مساحة الأراضي الاروائية ، هذه الأراضي التي يستطيع الإنسان التحكم فيها ويمكن أن تصل هذه الزيادة إلى حوالي 40 مليون هكتار / سنويا .

إن إدخال الري كأسلوب جديد في الزراعة في مثل هذه المناطق قد يسبب تحول معظم هذه الأراضي إلى أراضي ملحية أو ما نطلق عليها بظاهرة التملح الثانوي ، إذا لم تتخذ الإجراءات اللازمة لمنع هذه الظاهرة .

أكدت تقارير عالمية إن 60% من مساحة الأراضي الاروائية في العالم قد أصابها التلف بسبب عدم اتخاذ إجراءات مناسبة لمنع ظاهرة التملح . ويقدر آخرون إن1/3 مساحة الأراضي الزراعية الاروائية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة قد تأثرت بهذه الظاهرة .

لذلك أصبحت مشكلة الملوحة (Salinity) والترب الملحية (Saline Soil) من المشاكل الرئيسية التي تعيق الزراعة في معظم بلدان العالم .

وتشير بعض البيانات إن مساحة الأراضي الملحية في العالم تعادل حوالي أكثر من 10 % من مساحة اليابسة ، في البلدان العربية تعتبر هذه المشكلة من المشاكل الرئيسية المعرقلة للتطور الزراعي وتبذل في الوقت الحاضر جهود كبيرة لمعالجة هذه المشكلة .

إن سبب انتشار الأراضي المتأثرة بالملوحة في معظم الأقطار العربية هو وقوع معظم هذه الأقطار في المناطق القاحلة وشبه القاحلة من جهة ، واستخدام مشاريع الري فيها بدون شبكات بزل فعالة من جهة أخرى . ويتضح ذلك في جمهورية مصر والسودان وسوريا واليمن ومعظم بلدان الخليج العربي .

مشكلة الملوحة في العراق :

تعتبر مشكلة الملوحة من المشاكل الرئيسية في الزراعة العراقية وخاصة في وسط وجنوب العراق ، وقد نالت هذه المشكلة اهتمام كبير من قبل الدوائر والمؤسسات ذات العلاقة من خلال تنفيذ العديد من المشاريع الضخمة في هذا المجال

- إذا استثنينا المناطق الصحراوية في غرب وجنوب القطر التي تشكل حوالي 50 % من مساحة العراق ، وكذلك بعض المناطق الواقعة شمال العراق التي تقع فوق الخط المطري (400 - 500) ملم سنويا ، نجد إن معظم الأراضي القابلة للزراعة في العراق متأثرة بدرجات مختلفة من الملوحة .

- أستنتج الطائي (1970) وبناء على خارطة توزيع وانتشار الأراضي الملحية والأراضي الغدقة التي وضعها ، وقد أشار إلى إن حوالي 75% من أراضي وسط وجنوب العراق تعتبر أراضي متأثرة بدرجات مختلفة من الملوحة .

- بالرغم من إن عدد كبير من مشاريع شق المبازل قد نفذت في مساحات كبيرة (حوالي أكثر من مليون هكتار في الأراضي الزراعية) إلا إن هناك مساحات شاسعة لا تزال بحاجة إلى معالجة جدية لمشكلة الملوحة فيها .

مشكلة الملوحة في العراق في الماضي والحاضر :

نحاول الإجابة على السؤال التالي : هل إن مشكلة الملوحة هي ظاهرة اليوم أم ظاهرة رافقت الزراعة منذ القدم ؟

الإجابة على هذا السؤال تفيدنا في تحديد بداية ظهور مشكلة الملوحة ومدى انتشارها في وادي الرافدين وقبل الإجابة على السؤال لا بد لنا في البداية استعراض تاريخ الزراعة في العراق بشكل موجز لان مشكلة الملوحة ترتبط بتاريخ وتطور الزراعة في وسط وجنوب العراق .

- إن عدد من الدراسات والشواهد التاريخية والحقائق العلمية تشير إلى إن استخدام الأراضي الزراعية بدا من شمال وادي الرافدين وليس من وسطه أو جنوبه كما يعتقد البعض وذلك لان ظروف شمال العراق كانت أكثر ملائمة من جنوب العراق ، لذلك حدثت أول ثورة في تاريخ البشرية في هذه البقعة من العالم ، حيث تحول الإنسان من جامع للغذاء إلى منتج له . تؤرخ هذه الفترة قبل حوالي 6000 سنة قبل الميلاد ، وتبعت هذه الفترة فترة النزوح باتجاه مناطق المدرجات (سامراء في الوقت الحاضر) ، وأسباب النزوح أو الهجرة هي زيادة السكان ومحدودية مساحة البقعة الصالحة للزراعة في شمال وادي الرافدين في ذلك الوقت .

أما سبب اختيار هذا الاتجاه هو إن هذه الأراضي عالية نسبيا وغير معرضة لكوارث الفيضانات .
وبسبب زيادة السكان وتزايد الحاجة إلى الغذاء بدء البحث من جديد عن مناطق زراعية جديدة صالحة للزراعة ، لذلك استمرت الهجرة باتجاه أسفل وادي الرافدين ، وتحدد هذه الفترة ب (5000 – 4500) سنة قبل الميلاد.

- ويعتقد إن الهجرة باتجاه السهل الرسوبي في وسط وجنوب العراق كانت سريعة ، وأسباب ذلك هو ملائمة الظروف الطبوغرافية وإمكانية تغيير مجرى الأنهار فيه بسهولة بالمقارنة مع المناطق العليا من وادي الرافدين .

بذلك سجلت أول بداية لاستخدام الري في الزراعة في مناطق وسط وجنوب العراق حوالي (3000 - 4500) سنة قبل الميلاد ، وهي نفس الفترة تقريبا التي سجلت فيها بداية ظهور مشكلة الملوحة في جنوب وادي الرافدين .

- هناك دراسات عديدة حول الدور التاريخي لمشكلة الملوحة في الزراعة في وادي الرافدين منها دراسات (حردان , 1970) ، (بيورنك ,1960) ، (رسل ,1957) ، معظم هذه الدراسات اعتمدت المعلومات التاريخية لهذه المشكلة ، فقد تم جمع بعض المعلومات من الألواح الطينية الأثرية حول تدهور إنتاج الحبوب من الناحيتين الكمية والنوعية خلال فترات تاريخية مختلفة .

ويتضح من { الجدول (1) ص 2 } تحول نسبة الحنطة : الشعير من (1:1) للفترة 2500 سنة قبل الميلاد إلى نسبة (6:1) بعد مرور هذه الفترة ، كما انخفض مستوى الإنتاج من 1640 كغم / هكتار للفترة الزمنية 2000 سنة قبل الميلاد إلى 897 كغم / هكتار للفترة الزمنية 1800 سنة قبل الميلاد ، بالإضافة إلى انخفاض نسبة الأراضي المزروعة بالحنطة بالمقارنة مع الشعير .
هذه تعتبر دلالة واضحة على تحول الزراعة من محاصيل قليلة التحمل للملوحة نسبيا (الحنطة) إلى محاصيل عالية التحمل للملوحة نسبيا (الشعير) ، وهذا يؤشر إلى اتساع مشكلة الملوحة في ذلك الوقت .
من هذا يتضح إن مشكلة الملوحة هي ليست ظاهرة اليوم وإنما ظاهرة رافقت الزراعة منذ القدم في وادي الرافدين .

- استخدم (حردان ، 1970) نتائج تحليل اللبن المستخدم في بناء بعض المواقع الأثرية كدليل على انتشار الملوحة منذ القدم في وادي الرافدين ، { الجدول 2 ص 24 } يوضح هذه النتائج ، ومن الجدول يتضح إن قيم التوصيل الكهربائي لمعظم العينات كانت عالية نسبيا ، الأمر الذي يسمح بالافتراض إن التربة التي استخدمت في ذلك الوقت كانت أصلا ملحية .

- يعتقد (بيورنك ، 1960) انه بالرغم من وجود شواهد عديدة تشير إلى وجود مشكلة الملوحة في وادي الرافدين منذ القدم ، إلا إن هذه المشكلة برزت بشكل ظاهرة خطيرة بعد شق قنوات الري بشكل واسع كتقنية جديدة في الزراعة الاروائية ، الأمر الذي عجل من زيادة تملح الأراضي في وسط وجنوب العراق وزاد من خطر هذه المشكلة .

أثر مشكلة الملوحة على الإنتاج الزراعي :

- تلعب الزراعة دورا أساسيا في التطور الاقتصادي والاجتماعي في عدد كبير من بلدان العالم وخصوصا في البلدان النامية التي تقع معظمها في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، لذلك فان تطور الزراعة في هذه البلدان سيلعب دورا كبيرا في توفير الغذاء وتطور السكان .
- ان انخفاض الإنتاج الزراعي في وحدة المساحة لهذه البلدان يعود إلى عدة عوامل ولكن تعتبر مشكلة الملوحة العامل الأساسي في هذا المجال ، وأصبح هذا التاثير حقيقة علمية لا جدال فيها ، ويمكن ملاحظة تأثير الملوحة على الإنتاج الزراعي من خلال المعطيات المعروضة في { جدول 3 ص 26 } ، فإذا ما اعتبرنا إن معظم أراضي وسط وجنوب العراق أراضي متأثرة بالملوحة وبمعدل مستوى قليلة الملوحة -- شديدة الملوحة .

عندئذ يمكن الاستنتاج إن هناك فقدان في إنتاج المحاصيل يتراوح 20 – 60 % بالمقارنة مع ناتج هذه المحاصيل في الترب غير الملحية .

- إن نتائج التجارب التي أجريت في العراق لدراسة استصلاح الأراضي الملحية أثبتت إن تخليص التربة من الأملاح واستغلالها بشكل فني ، عمل على مضاعفة الإنتاج ولمعظم المحاصيل الزراعية ، وما ينطبق على العراق ينطبق على بلدان عديدة أخرى .
- إن البيانات التي تم الحصول عليها من مشاريع الاستصلاح في العراق وبعض بلدان منطقة الشرق الأوسط أشارت إلى زيادة في المحاصيل بمقدار 30% - 50% نتيجة فتح شبكات البزل الفعالة وغسل الأملاح من التربة ، وان معظم أراضي السهل الرسوبي تصبح صالحة للزراعة الاروائية بعد الاستصلاح ، إن عوامل الإنتاج الأخرى كالماء والمناخ والتسميد عوامل مؤاتية للحصول على إنتاج عالي إذا ما اتبعت فيها الأساليب العلمية والإدارة الجيدة عند الاستغلال .

- ويتضح من { الجدول 5 ص 28 } بعض هذه النتائج لمحاصيل الشعير ، الجت ، البرسيم والتي تشير إلى حصول قفزة كبيرة في حاصل الحبوب والعلف الأخضر بعد عملية الاستصلاح .

لذلك يمكن القول إن بداية زيادة الإنتاج الزراعي في أراضي وسط وجنوب العراق تبدأ في معالجة مشكلة الملوحة في هذه الأراضي .

مصادر مكونات الأملاح

قبل التطرق إلى كيفية تجمع وتكوين الترب المتأثرة بالملوحة لا بد أولا من التطرق إلى مناقشة مصادر الأملاح في الطبيعة ووسائل نقلها لتكوين التراكمات الملحية والترب الملحية على سطح القشرة الأرضية .

- إن التعرف على مصادر الأملاح في الطبيعة قد نوقش من قبل العديد من الباحثين الأوائل مثل كولد سمث ، هلكارد ، كوفدا .
- إن السؤال الأكثر أهمية والأكثر غموضا في هذا المجال هو : { هل إن الأملاح الذائبة في المحيطات والبحار نتجت خلال عملية التجوية للصخور في اليابسة ثم نقلت إلى البحار والمحيطات بواسطة المياه الجارية ، أم إن الأملاح قد وجدت وتراكمت في البحار والمحيطات أثناء تكون هذه البحار والمحيطات ثم نقلت إلى اليابسة وتراكمت في مواقع معينة منها وفي ظروف معينة ؟ }
- لقد تناول العلامة الجيولوجي النيرويجي كولد سمث الإجابة على هذا السؤال من خلال إجراء حسابات عديدة حول التوازن الأيوني لمعظم الايونات بين اليابسة والمحيطات ونتيجة هذه الحسابات توصل :-

أ- إن ايونات الكلور والكبريت والبورون التي توجد بكميات كبيرة في البحار والمحيطات . [لذلك يعتبر هذا الباحث إن البحار والمحيطات مصدر هذه الايونات في الطبيعة] ، ولكن هذا الباحث لا يستبعد دور البراكين في المساهمة كمصدر آخر لهذه الايونات في اليابسة .

ب - بالنسبة لايونات الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والألمنيوم والسليكون ، فقد أشار هذا الباحث إلى إن هذه الايونات تكونت في اليابسة ومن ثم انتقلت إلى البحار والمحيطات باستثناء الصوديوم الذي يوجد بتراكيز عالية جدا في البحار والمحيطات .

- الباحثين لينك و كوسوفيج يعارضان وجهة نظر كولد سمث حول مصدر الأملاح ويعتقدون إن اليابسة هي مصدر الأملاح ونقلت منها بعدئذ إلى البحار والمحيطات . إن وجهة النظر هذه وجدت لها صدى كبير في حسابات العالم الامريكي كلارك ، الذي توصل إلى إن معدل كمية الأملاح التي نقلت من اليابسة إلى البحار والمحيطات تقدر حوالي 2735 مليون طن أي إن هناك فقدان من اليابسة قدره كمعدل 26.38 طن / كم2 سنويا .
- توصل كوفدا --- بعد استعراض وجهات النظر المختلفة حول مصدر الأملاح إلى الاستنتاج التالي : انه عبر التاريخ الجيولوجي للكرة الأرضية خضعت الأملاح الذائبة إلى دورات بين اليابسة والمحيطات وبالعكس ، وكانت محصلة التوازن لصالح البحار والمحيطات ، أي إن كميتها الحالية أصبحت اكبر في البحار والمحيطات .
- خلال هذه الدورات خضعت الأملاح المختلفة إلى تفاضل في التوزيع بين اليابسة والبحار والمحيطات حسب قابليتها على الذوبان ، وسبقت ذلك ترسب الكبريتات والكاربونات بدرجة أساسية في اليابسة والكلوريدات في البحار والمحيطات .
- إلا إن كوفدا يعتبر استنتاجه هذا ليس نهائيا .

مصادر الأملاح وتجمعها في الترب المتأثرة بالملوحة :

1 - تجوية الصخور والمعادن :-

تعتبر الصخور والمعادن المكونة للقشرة الأرضية مصدر لمعظم الايونات المكونة للأملاح وذلك بعد تجويتها وانطلاق هذه الايونات باتجاه تكوين الترب الملحية .
ولكي تكون الصورة واضحة يجب أن نتطرق إلى كمية ونوع الايونات المكونة للقشرة الأرضية ، {الجدول 6 ص 35 } يبين النسب المئوية لمعظم العناصر المكونة للقشرة الأرضية التي يقدر عمقها بحوالي 16.5 كم ، ووضعت إشارة (x) أمام العناصر المكونة للأملاح المتجمعة في الترب الملحية.
إن هذه العناصر تنطلق أثناء تجوية الصخور والمعادن مكونة أملاح جديدة . إلا إن سرعة أو شدة انطلاق واستخلاص هذه الايونات من الصخور ليست واحدة ، حيث تعتمد شدة الاستخلاص على العوامل التالية :

1 - معامل الطاقة للايون (جدول 7)
2 - نصف القطر الأيوني (جدول 8)
3 - الشحنة
4 - ثبات البلورة الداخل في تكوينها الايون او العنصر

- حيث إن استخلاص الايونات وحركتها ثم تجمعها مكونة أملاح جديدة يزداد بقلة معامل الطاقة ونصف القطر ألايوني أو الشحنة .
- قسم كوفدا العناصر المختلفة إلى مجاميع مختلفة حسب حركتها وتكوينها أملاح جديدة وبالتالي مشاركتها في تكوين الترب الملحية { جدول 9 ص 37 } . يظهر من هذا الجدول إن ايونات المجموعة الرابعة والمجموعة الخامسة هي أكثر الايونات قابلة على الغسل والحركة وتشارك في تكوين الأملاح على سطح القشرة الأرضية عند تواجد الظروف المشجعة على ذلك ، ومثال هذه الأملاح هي : كلوريد الصوديوم ، كبريتات الصوديوم ، كلوريد المغنيسيوم ، كبريتات المغنيسيوم ، كبريتات الكالسيوم ، كاربونات الصوديوم . مثل هذه الأملاح تتجمع في المناطق القاحلة وفي البحيرات والمحيطات والتراكمات الملحية .
- عندما تتجمع وتتراكم الأملاح المذكورة على سطح اليابسة تخضع بدورها إلى عمليات جديدة من التجوية والحركة والنقل ، ثم التجمع ثانية لتكون صخور جديدة ، ولما كان الماء الناقل الرئيسي في هذه العمليات فنتوقع إن نتائج التجوية تتجه بتأثير حركة الماء من اليابسة إلى البحار والمحيطات وهناك تتجمع مرة أخرى مكونة الصخور الرسوبية ، وبعد مرور قرون فان حجم هذا الترسيب يتضخم مكونا جزرا ، وتخضع هذه الجزر بدورها أيضا إلى عمليات التجوية والنقل والتجمع من جديد مارة بنفس الدورة . { يطلق على هذه الدورة بالدورة الجيولوجية الكبرى } .
- وهناك دورة أخرى تسمى { الدورة البايولوجية الصغرى } وهي دورة العناصر ما بين التربة والأحياء (النبات أو الحيوان) ، حيث تشترك بعض العناصر في هذه الدورة ---- العناصر التي تحتاجها الأحياء . وكمثال على ذلك هو عنصر البوتاسيوم بالمقارنة مع الصوديوم الذي يشترك بدرجة أساسية في الدورة الجيولوجية الكبرى .

- لذلك نادرا ما نعثر على ترب ملحية بوتاسيوميه ، بينما انتشار الترب الملحية الصوديومية يعتبر شائعا بسبب مشاركة البوتاسيوم في الدورة البايولوجية ، رغم تشابهه مع الصوديوم من ناحية نسبته في القشرة الأرضية وصفاته العامة .
- أصبح الآن واضحا إن العناصر التي تشارك في الدورة الجيولوجية الكبرى هي العناصر التي تتراكم وتتجمع في المنخفضات مكونة عند توفر الظروف الأخرى الترب الملحية .
- إلا إن ترسب وتجمع الأملاح ليس واحدا ويختلف من ملح إلى آخر ، لذلك تخضع هذه الأملاح إلى تفاضل معين في الترسيب والتوزيع بين اليابسة والبحار من الناحية الأفقية على سطح التربة وكذلك خلال مقد التربة من الناحية العمودية .
- يمكن توزيع الأملاح المختلفة من ناحية التجمع والترسيب أفقيا بالمخطط التالي : (ص 39) في هذا الشكل تمثل المناطق المؤشرة بالأرقام وهي 1 (الموصل) ، 2 (بيجي) ، 3 (بغداد) ، 4 (البصرة) ، حيث تختلف هذه المناطق من ناحية المسافة والبعد عن مصدر التجوية وانطلاق الأملاح ، حيث يمثل الخط المنقط حالة المحلول تحت التشبع ، أما الخط العادي (غير المنقط) يمثل المحلول فوق الإشباع .

{ الجدول 010 ص 39 } يوضح العلاقة بين تجمع الأملاح ونوعها ومدى مشاركتها في تكوين الترب الملحية أو الصودية وعلاقة ذلك بالظروف المناخية .

2 - البحار والمحيطات :

عند مناقشة السؤال المتعلق بمصدر الأملاح في الطبيعة اشرنا إلى إن بعض الباحثين يعتقدون وان مصدر الأملاح الموجود في اليابسة وفي الترب الملحية بشكل خاص هي البحار والمحيطات ، وذلك من خلال الطرق التالية :

ا - عند انسحاب البحر يترك وراءه جزء من المياه المالحة التي تتبخر وخاصة في ظروف المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، تاركة ورائها كميات هائلة من الأملاح (تنطبق هذه الحالة على ظروف التراكمات الملحية البحرية تحت سطح الأرض في وسط وجنوب العراق .

ب - لسبب ما في الطبيعة أو بسبب فعالية الإنسان يقتطع جزء من البحر ، وعند تبخر المياه من هذا الجزء تترك وراءها كميات كبيرة من التراكمات الملحية التي تكون مصدرا مباشرا للأملاح في الترب الملحية ، مثال ذلك التراكمات الملحية في عدد كبير من الخلجان وكذلك الترب الملحية التي تكونت في هولندا بعد إنشاء سد الشمال الكبير الذي اقتطع بواسطته هذا الجزء من البحر .

ج - انتقال الأملاح من البحار والمحيطات مع رذاذ المياه بواسطة الرياح والعواصف المطرية إلى المناطق الساحلية المجاورة للبحار والمحيطات ، وتتجمع هذه الأملاح مع مرور الزمن مكونه تراكمات ملحية وتر ب ملحية .

3 - البراكين :

بالرغم من إن كولد سمث صاحب وجهة النظر المتضمنة إن البحار والمحيطات تعتبر المصدر الأساسي للأملاح في اليابسة ، إلا انه لم يستبعد مساهمة البراكين في إمداد اليابسة بكميات كبيرة من الأملاح الذائبة وذلك بشكل غازات تتراكم لاحقا مكونه تراكمات وترب ملحية .

- باحثين آخرين (لينك وكوسيفيج) يعتبرون المصدر الأساسي للكلور والكبريت هي البراكين ، وان المواد المقذوفة من فوهات البراكين تعتبر العامل الرئيسي في توازن الكلور والكبريت على سطح القشرة الأرضية ، لذلك تحمل البراكين أهمية خاصة في تكوين الترب الملحية في المناطق القريبة والمحيطة بالبراكين .

وسائل (آليات) نقل الأملاح إلى الترب :

يتفق معظم الباحثين على إن أهم **وسائل نقل الأملاح** والتي يمكن اعتبارها في حالات معينة كمصادر **الأملاح** عند مواقع تكوين الترب الملحية وهي :-

1- الأمطار : الآلية الرئيسية لنقل **الأملاح** من البحار والمحيطات **إلى** اليابسة هي نقلها مع قطرات الماء المالحة بواسطة العواصف والرياح بشكل **رذاذ عادي على السواحل** بشكل **رذاذ مطري بالنسبة للمناطق الأبعد .**

ويمكن تقدير حجم هذه الطريقة ودورها في عملية التملح من خلال تقدير ايون الكلوريد في التربة وذلك لان هذا الايون يعتبر الايون الرئيسي **لأملاح** البحار والمحيطات .

- تعتمد المسافة التي يمكن **إن** تنتقل لها **الأملاح** بهذه الطريقة على الظروف الطوبوغرافية للمنطقة ، **وتقدر** المسافة التي يمكن **أن** تنتقل لها **الأملاح بحوالي** 50 -- 150 **كم من ساحل البحر أو** المحيط .
- بالرغم من دور هذه الطريقة في تملح بعض **الأراضي** الواقعة في المناطق الساحلية ، **إلا** انه يجب عدم المبالغة بدور هذه الطريقة في عملية التملح وتكوين **الأراضي** الملحية .

2- الرياح : تعتبر الرياح احد الطرق الرئيسية لنقل **الأملاح** في الطبيعة حيث تنقل البلورات الملحية مع الدقائق الترابية **أثناء حدوث العواصف ، من موقع إلى** آخر وتتجمع هناك مكونة تراكمات ملحية **أو ترب ملحية .**

- **إن** الفضاء الغازي الذي يحيط بالقشرة الأرضية يحتوي على نسبة معينة من الغبار ويدخل في تركيب دقائق الغبار كثير من **الأملاح**، وان العواصف تعمل على نقل هذه الدقائق على بعد مئات **أو آلاف** الكيلومترات ، المثال على ذلك وجد انه خلال 2600 سنة الماضية **إن** الرياح نقلت من دلتا النيل **طبقة من التربة تقدر ب 2.5 م عمق .**

3- مياه الري : تعتبر مياه الري **إحدى** الوسائل الرئيسية في نقل **الأملاح** ومصدرا لها في كثير من المناطق القاحلة وشبه القاحلة حيث تنقل مياه الري **الأملاح** من مواقع التجوية **إلى مواقع أخرى مكونة ترب ملحية أو** تراكمات ملحية **خاصة في المنخفضات والمناطق ذات** الطبوغرافية **الواطئة ، وخصوصا في الترب** المروية التي استخدم فيها الري مئات وآلاف السنين .

- يزداد دور مياه الري في تملح **الأراضي** كلما كانت كمية **الأملاح** فيها أعلى .
- **في العراق** -- تعتبر مياه الري رغم نوعيتها الجيدة نسبيا تعتبر احد العوامل الرئيسية لتملح **الأراضي في** وادي الرافدين .
- **إن** مياه الري في العراق يمكن **أن** تضيف سنويا ما يعادل 3 ملايين طن من **الأملاح** في الترب الاروائية **في وسط وجنوب العراق .**

4- المياه الجوفية الأرضية : كما هو الحال بالنسبة لمياه الري ، فان المياه الجوفية يمكن **أن تعتبر** وسيلة لنقل **الأملاح أثناء** حركتها من موقع **إلى موقع آخر تحت سطح الأرض** ويمكن **أن تعتبر العامل** الرئيسي الناقل **للأملاح** في كثير من المناطق القاحلة وشبه القاحلة خاصة عندما تكون هذه المياه ذات تركيز عالي وقريبة من سطح التربة .

- **إن** المياه الجوفية تذيب كميات كبيرة من **الأملاح أثناء** مرورها بالتراكمات الملحية في باطن **الأرض** وكذلك عند تماسها مع الصخور والمعادن .

بشكل عام تعتبر المياه الجوفية مصدرا أساسيا **للأملاح في التربة في وسط وجنوب العراق وذلك بسبب** ملوحتها العالية (7 – 20 غم / لتر) وكذلك قربها من سطح التربة (1 – 2 م)

ظروف تكوين الترب المتأثرة بالملوحة

خلال الفصل السابق أكدنا على حقيقة ، وهي **إن تجمع الأملاح** وتكوين التراكمات الملحية والترب الملحية يتم في ظروف معينة لذلك لا بد لنا من التطرق **إلى** هذه الظروف لنفهم طبيعة تكوين الترب **المتأثرة بالملوحة** .

إن تكوين وانتشار الترب **المتأثرة بالملوحة على سطح القشرة** الأرضية مرتبطة بطبيعة دورات تجمع **الأملاح** في الطبيعة وقد ميز كوفدا (Kovda , 1973) **دورات الأملاح** التالية :-

1- تجمع الأملاح المرتبطة بالدورات القارية :

وهي دورات **الأملاح المرتبطة بحركة وإعادة** توزيع (*redistribution*) **وتجمع أملاح** الكاربونات والكبريتات والكلوريدات في الجزر التي لا يوجد فيها جريان سطحي .

/ **وطبقا لأصل الأملاح** المتجمعة في التربة والمياه ، **تقسم** هذه الدورات **إلى : دورات** أصلية **أو** أولية (وهي **دورات الأملاح** الناتجة من تجوية الصخور النارية) ، ودورات ثانوية (**مرتبطة بدورات الأملاح المتراكمة** سابقا بشكل صخور رسوبية) .

2- تجمع الأملاح المرتبطة بالدورات البحرية :

الدورات التي لها علاقة بتجمع **الأملاح** البحرية وبالدرجة الرئيسية كلوريد الصوديوم في السواحل البحرية وشواطئ **الخاجان . (مسببة ملوحة** أولية **والتي تحصل بسبب رذاذ البحر أو** انسحابه) .

3- تجمع الأملاح المرتبطة بدورات الدلتا :

تنتشر هذه الدورات بشكل كبير في الطبيعة ، وهي ذات أهمية **بالنسبة للإنسان ومثل** هذه الدورات تتصف بالارتباط المعقد بين عمليات حركة وتجمع **الأملاح المنقولة بواسطة** الأنهار والتفرعات في الدلتا من جهة وبحركة وتجمع **الأملاح** المنقولة من البحر عبر العصور من جهة **أخرى .**

4- تجمع الأملاح المرتبطة بالدورات الارتوازية :

يقصد بها تجمع **الأملاح** المرتبطة بتبخر المياه الأرضية العميقة المنحسرة والمتدفقة نحو سطح **الأرض بواسطة** الحركات التكتونية **أو بسبب تحطم البناء** (مثال ذلك البراكين الطينية في بحر قزوين) **أو تجمع الأملاح في المنخفضات** القديمة والعميقة .

5- تجمع الأملاح المرتبطة بالدورات البشرية :

يقصد بها **تجمع الأملاح المرتبطة بأخطاء النشاط الاقتصادي للإنسان أثناء استغلال الأراضي لإغراض الزراعة ، وذلك**

بسبب نقص في المعرفة لقواعد وقوانين تجمع الأملاح مثال ذلك تجمع الأملاح في الأراضي المروية (التملح الثانوي)

العوامل والظروف المسؤولة عن تكوين وانتشار الترب المتأثرة بالملوحة :

لقد تجمعت معلومات قيمة عن هذا الموضوع ولخصت معظمها من قبل (Kovda , 1973) بالعوامل التالية :-

1- الظروف المناخية :

عند مطابقة خارطة المناخ مع خارطة توزيع الترب المتأثرة بالملوحة ، نجد إن معظم هذه الترب تنتشر في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، التي تتصف بقلة سقوط الأمطار ، وارتفاع درجات الحرارة والجفاف خلال معظم أشهر السنة ، بحيث إن كمية الأمطار الساقطة اقل بكثير من كمية المياه المتبخرة من سطح التربة .

- بالتالي تحصل حركة للأملاح خلال التربة ويكون في معظم الاحيان نحو الأعلى ، أي باتجاه سطح التربة ، وهذا سيؤدي إلى تجمعها على السطح وزيادة شدة عملية التملح في المناطق القاحلة وشبه القاحلة .
  ومثال هذه المناطق هي بلدان آسيا الوسطى وبلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وغيرها

/ وتعتبر مناطق وسط وجنوب العراق مثال واضح لهذه الظروف ، وفي هذه المناطق يكون معدل سقوط **الأمطار** من 100 إلى 200 ملم سنويا ، بينما يكون معدل التبخر في هذه المناطق يعادل 2400 ملم سنويا أي **إن** كمية المياه المتبخرة من سطح التربة تعادل (15 – 20 مرة) بقدر كمية المياه الساقطة .

/ **إن** جزء من هذا الفرق سيعوض من :

ا- تبخر مياه الري المستخدمة في المنطقة .

ب- تبخر المياه الأرضية القريبة من السطح وذلك من خلال صعودها بواسطة الخاصية الشعرية ، وبالتالي يقود **إلى تجمع الأملاح في الآفاق** السطحية للتربة .

2- الظروف الجيومورفولوجية والهيدرولوجية والطبوغرافية :

إن وجود الظروف المناخية الجافة والقاحلة وحدها قد لا **تؤدي إلى تملح الأراضي** وتكوين الترب **المتأثرة بالملوحة** خصوصا عندما يكون الماء الجوفي عميقا من سطح التربة ((5 – 10 م) ، حيث **إن** كمية المياه المتبخرة من سطح التربة نادرا ما تزيد عن كمية **المياه الساقطة** هذا ما يحدث **في الصحارى** .

- **إن تكون الترب المتأثرة** بالملوحة يجري في الظروف القاحلة عند توفر ظروف جيومورفولوجية وهيدرولوجية وطبوغرافية معينة . فقد يحصل تكون ترب **متأثرة بالأملاح في مناطق منخفضة محاطة بسلسلة من المرتفعات أو** الجبال وبالتالي يكون هذا المنخفض مركز **لتجمع الأملاح** المنقولة بواسطة المياه السطحية والمياه الجوفية على مر الزمن ، وبالتالي تترسب المواد المنقولة مع هذه المياه وتتعرض بعد ذلك **إلى التبخر** تاركة وراءها كميات كبيرة من **الأملاح** مكونة ما يشبه البحيرات المالحة ، وقد تترشح هذه المياه المالحة خلال التربة باتجاه المياه الأرضية العميقة مؤدية الى ارتفاعها **باتجاه سطح الأرض** .
- **أما إذا** ما حاولنا تقييم هذا العامل بالنسبة لعملية التملح الجارية في وسط وجنوب العراق **--- لا بد لنا أولا الرجوع إلى** النظريات حول تكون السهل الرسوبي في هذا الجزء من العراق . من الناحية التاريخية توجد نظريتان حول تكون السهل الرسوبي :

النظرية الأولى : القائلة إن السهل الرسوبي تكون **من** ترسبات دجلة والفرات بعد الانحسار التدريجي لمياه الخليج العربي .

النظرية الثانية : التي تعتبر أكثر قبولا والتي تنص على إن السهل الرسوبي **تكون من ترسبات دجلة**

والفرات وذلك بعد ملئ القعر الناشئ من هبوط المنطقة أثناء حركتها التكوينية بهذه الترسبات .

/ إذا اعتمدت النظرية الثانية في تفسير كيفية تكوين السهل الرسوبي لوادي الرافدين فان هذا يؤكد دور الظروف الجيومورفولوجية والهيدرولوجية والطبوغرافية في عملية التملح ، حيث يمثل السهل الرسوبي من الناحية التاريخية منخفض كبير نقلت له مواد الطمي والأملاح بواسطة نهري دجلة والفرات وروافدهما ، حيث تجمعت الأملاح في المناطق المنبسطة والمنخفضة في هذا المنخفض الكبير لتكوين الترب الملحية .

3- الماء الجوفي :

إن الماء الجوفي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة يمكن أن يكون احد عوامل نقل الأملاح . ويمكن أن يكون احد مصادر الأملاح وعوامل تكوين وانتشار الترب الملحية ، لذلك فان الظروف أو العوامل التي سبق ذكرها قد لا تكون وحدها كافية لتكوين الترب المتأثرة بالملوحة ، لذلك فان تكون الترب المتأثرة بالملوحة في مثل هذه الظروف يجري عندما يكون الماء الجوفي قريبا من سطح التربة .

فقد نجد بعض المناطق ذات ظروف قاحلة ولكنها غير متملحة ، وهذا قد يعود إلى انخفاض مستوى الماء الجوفي ، وقد نعثر على ترب ملحية في بعض أجزاء العالم ذات ماء ارضي

عميق ، فهذه الترب ما هي **إلا** بقايا لترب **متأثرة بالملوحة** تكونت سابقا بفعل الماء الجوفي ولظروف معينة انخفض **مستواه في الوقت الحاضر** .

إن مساهمة الماء **الأرضي** في عملية التملح تزداد بزيادة ملوحته وبمدى قربه من سطح التربة .

لقد استخدمت بعض المعايير لتقييم دور الماء الجوفي **في تملح الأراضي** منها :

أ - العمق الحرج للماء الجوفي :

هناك العديد من التجارب والدراسات **أكدت على إن مدى** مساهمة الماء الجوفي ومشاركته في تملح **الأراضي** يعتمد على عمقه **أو** بعده من سطح التربة ، فالمياه الجوفية البعيدة من سطح **الأرض** لا تساهم كثيرا في تملح التربة بينما تساهم المياه الجوفية القريبة من سطح التربة في عملية **التملح** .

ويطلق على العمق (البعد) الذي يبدء فوقه الماء الجوفي بالمساهمة في عملية التملح بالعمق الحرج . **وذلك من خلال صعود الماء إلى** سطح التربة بالخاصية الشعرية .

- **لذلك نجد إن احد** أهداف **استصلاح الأراضي** هو خفض **مستوى الماء الأرضي دون العمق الحرج والحفاظ على** مستواه عند هذا الحد .

- **يعتمد العمق الحرج للماء الأرضي على عوامل عديدة ، قسم منها مرتبط بالظروف المناخية (درجات الحرارة وشدة التبخر) ، وقسم منها مرتبط بصفات التربة ونسجتها وكثافتها الظاهرية ، وقسم منها مرتبط بصفات الماء (كمية ونوعية الأملاح الذائبة فيه) .**
- **وضعت معادلات عديدة لحساب العمق الحرج للماء الجوفي ولكن معظمها تجريبية ويجب الحذر في كثير من الاحيان عند تطبيقها على مناطق مختلفة ، وتعتبر معادلة (بولينف) من ابسط المعادلات وأكثرها تطبيقا في هذا المجال :**

$$Y = 170 + 8\,t \pm 15$$

حيث إن : y = العمق الحرج (سم)

t = معدل درجات الحرارة (مئوي)

- **عند تطبيق هذه المعادلة على الظروف السائدة في وسط وجنوب العراق وعند اعتبار ان معدل درجة الحرارة 29 م خلال السنة نحصل على ما يلي :**

$$Y = 170 + 8 * 29 \pm 15 = 402 \pm 15$$

أي إن العمق الحرج للماء الجوفي في وسط وجنوب العراق يتراوح بين 387 -- 417 وكمعدل (4 م)

/ في الواقع من النادر أن نعثر على مثل هذا العمق في أراضي وسط وجنوب العراق ، باستثناء كتوف الأنهار أو بعض المواقع المرتفعة نسبيا . لذلك فان اعتمادنا هذا الرقم يعطي استنتاج إن الماء الجوفي في معظم الأراضي يشارك مشاركة فعالة في عملية التملح . وكذلك عند اعتماده في عملية الاستصلاح ، قد يجعل هذه العملية مكلفة (غير اقتصادية) لأنه على أساس هذا العمق سيتم حفر المبازل المجمعة .

لذلك يعتقد كوفدا وبناء على ملاحظاته انه لإغراض الاستصلاح وعند ملوحة الماء الجوفي الشائعة في معظم المناطق القاحلة وشبه القاحلة هي (10 – 15 غم / لتر) فان العمق الحرج للماء الأرضي يكون بحدود (2 -- 2.5 م)

ب- الملوحة الحرجة للماء الجوفي :

لقد اشرنا إلى إن مساهمة الماء الجوفي في عملية التملح تعتمد أيضا على كمية الأملاح ونوعيتها في الماء الأرضي . وقد أقترح كوفدا (Kovda , 1973) معيارا لهذه العلاقة أطلق عليه الملوحة الحرجة للماء الجوفي ، وهو مستوى ملوحة الماء الجوفي الذي يبدء بعدها الماء الجوفي بالمساهمة بشكل فعال في عملية التملح ، وبين إن مستوى الملوحة يعتمد على نوع الأملاح السائدة في الماء الجوفي . ففي حالة سيادة أملاح الكلوريدات والكبريتات في الماء الجوفي فان الملوحة الحرجة تتراوح (2 – 3 غم / لتر) في حالة

سيادة **أملاح** كاربونات الصوديوم فان الملوحة الحرجة (0.7 – 1.0 غم / لتر) .

- **حاول (كاتسن ، 1970)** من خلال نتائج العديد من التجارب ، ربط العلاقة بين العمق الحرج (م) مع الملوحة (غم / لتر) للماء الجوفي ، { جدول 11 ص 55 } .
- من الجدول يتضح انه كلما كانت ملوحة الماء الجوفي أعلى كلما وجب أن يكون الماء الجوفي أكثر عمقا والعكس بالعكس .
- على هذا الأساس فان عملية الاستصلاح للأراضي يجب أن تهدف ليس فقط إلى تخفيف عمق الماء الجوفي وإنما كذلك يجب أن تهدف إلى تخفيض تركيز الأملاح في الماء الجوفي دون مستوى الملوحة الحرجة (وهذا يحتاج إلى وقت ليس قصير) .

- أقترح (بولينف عام 1956) مصطلحا سماه دليل الحالة الملحية (Salt regim index) للتعبير عن مدى خضوع التربة إلى عملية التملح (Salinization) من خلال مراقبة تركيز بعض الايونات والنسبة فيما بينها في الماء الجوفي وفي الطبقة السطحية للتربة المعرضة لعملية التملح وهو :

الكلوريدات : الكبريتات في الماء الجوفي

SI = ----------

الكلوريدات : الكبريتات في الطبقة السطحية للتربة

- **فإذا** كانت قيمة هذا الدليل اقل من واحد فان التربة تخضع إلى عملية تملح ، **أما إذا** كانت قيمته **أكثر من واحد فان التربة لا تخضع إلى عملية تملح ولا خوف من الماء الأرضي** في المشاركة في عملية التملح .

جدول (12) يوضح قيم دليل الحالة الملحية لثلاث معاملات زراعية في محطة **أبحاث** الرائد ، وفيه يلاحظ **إن الترب البور تخضع إلى** عملية تملح بينما المعاملتين الآخرتين **(ري بدون زراعة ، ومعاملة الزراعة) لا تخضع إلى** عملية التملح .

4- مياه الري :

بصورة عامة جميع المياه المستعملة **لإغراض الري تحتوي** على كمية معينة من **الأملاح** الذائبة ، لذلك قبل استخدام هذه المياه للري **يجب أن نأخذ** بنظر الاعتبار نوعية هذه المياه **(سوف يناقش في فصل قادم)**

- **إن** مشاركة مياه الري في عملية التملح تكون من خلال تأثيرين :

أ- <u>تأثير مباشر</u> : وذلك من خلال كميات **الأملاح المنقولة** بواسطة مياه الري ، حيث ستتراكم هذه **الأملاح في التربة** المروية بعد تبخر مياه الري ، ويزداد دور هذا التاثير كلما زادت كمية **الأملاح** في مياه الري .

ب- <u>تأثير غير مباشر</u> : وذلك من خلال رشح كميات كبيرة من مياه الري خلال التربة باتجاه الماء الجوفي **مسببة** ارتفاعه ومساهمته في عملية التملح وخاصة عند عدم **وجود مبازل فعالة أو** بزل طبيعي (هذا ما يطلق عليه بالتملح **الثانوي** - Secondary Salinization) ، **وقد تحصل** هذه الحالة بسبب الري الزائد الذي مصدره جهل الفلاح في مدى حاجة المحاصيل الزراعية للمياه **أو** بسبب عدم تبطين القنوات الرئيسية **أو** الفرعية الناقلة للمياه .

/ **بالرغم من إن** مياه دجلة والفرات تعتبر جيدة النوعية نسبيا (صنف C2 **وصنف** C3 **في بعض المواقع**) **إلا** انه **إذا** ما حسبت الكمية الكلية من **الأملاح المنقولة** بواسطة نهري دجلة والفرات وروافدهما **إلى وسط وجنوب العراق** فإنها ستكون هائلة .

5- الغطاء النباتي :

يمكن أن يؤثر الغطاء النباتي في عملية التملح بشكلين مختلفين :

أ- من جهة إن النباتات (خاصة الحشائش) التي تستعمل رطوبة التربة لإغراض النتح تعمل على تقليل تبخر محلول التربة والماء الأرضي من سطح التربة وبذلك تقلل من عملية تجمع الأملاح على سطح التربة والآفاق العليا للتربة .

ب- من جهة أخرى وبسبب امتصاص الماء من قبل الجذور دون الأملاح يجري تراكم للأملاح عند حدود طبقة منطقة الجذور ، وبصورة عامة فان سرعة تملح الأراضي المغطاة بالنباتات اقل بالمقارنة مع الأراضي غير المغطاة (المكشوفة)

ج- يمكن أن تكون النباتات في بعض الاحيان مصدرا للأملاح في الطبقات العليا من التربة ، خاصة النباتات التي لها القابلية على امتصاص الأملاح وتجميعها في جسمها ، فبعد موت هذه النباتات وتحللها تترك وراءها كميات كبيرة نسبيا من الأملاح على سطح التربة والآفاق السطحية للمقد .

/ وبشكل عام فان كمية الأملاح المتراكمة بهذه الطريقة تبقى اقل من ناحية التاثير من كمية الأملاح المتراكمة التي مصدرها المياه الأرضية أو مياه الري .

6- ظروف البزل الطبيعي :

يعتقد بعض الباحثين إن من العوامل الأساسية في تكوين الترب المتأثرة بالملوحة هي عدم توفر البزل الطبيعي ، ولقد قسمت الأراضي المتعرضة لعملية التملح إلى ثلاثة أنواع وذلك بناء على مدى توفر البزل الطبيعي فيها :-

ا- الأراضي التى تتصف ببزل طبيعى جيد (مثال ذلك ترب كتوف الأنهار في وسط العراق) . وان استخدام الري في مثل هذه المناطق يزيد من شدة غسل الأملاح إن وجدت ، لذلك لا يوجد احتمال لتملح مثل هذه الأراضي .

ب- الأراضي التى لا يتوفر فيها بزل طبيعى كافى ، يلاحظ عادة في مثل هذه الأراضي وجود البقع الملحية على سطح الترب ، ويكون الماء الأرضي قريبا من سطح التربة في معظم الاحيان ، ان استخدام الري في مثل هذه المناطق يسبب ارتفاع الماء الأرضي وتطور الملوحة الثانوية فيها ، وخاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة التي تتميز بسرعة تبخر عالية .

ج- الأراضي التى لا تتصف ببزل طبيعى ، تتميز هذه المناطق بالملوحة والإغداق ، وان استخدام الري فيها يكون غير مجدي ويشترط قبل استغلال هذه الأراضي لإغراض الزراعة فتح شبكات البزل الفعالة فيها .

7- فعالية الإنسان :

قد تلعب فعالية الإنسان دورا مهما في تملح الأراضي وذلك من خلال زيادة مساحة الأراضي الاروائية من قبل الإنسان دون أخذ بنظر الاعتبار الإجراءات اللازمة لمنع تملح هذه الأراضي .

إن دور الإنسان ومن خلال إدارته السيئة للتربة والمياه يمكن أن يسئ إلى التربة وذلك من خلال تطور الملوحة والقلوية فيها .

ويمكن عرض بعض الأمثلة للإدارة السيئة للأراضي الزراعية التي تؤدي إلى تملح هذه الأراضي :

- استخدام الري الزائد .
- عدم استخدام متطلبات الغسل .
- الري بالمياه المالحة دون اخذ صفات التربة بنظر الاعتبار .
- التسوية الرديئة .
- تبوير الأرض صيفا بوجود المياه الجوفية المالحة والضحلة .
- استخدام المكننة الثقيلة بكثرة التي تسبب انضغاط التربة ورداءة النفاذية .
- استخدام دورات زراعية غير مناسبة للتربة .

المحاضرة الرابعة --- ملوحة تربة ---- المرحلة الثالثة

الخواص الكيميائية والفيزيائية **للأملاح** المتراكمة في التربة والمياه

كما لاحظنا في الفصول السابقة انه خلال عمليات تجوية الصخور والمعادن ، تنطلق وبدرجات مختلفة عدد كبير من الايونات المختلفة والتي تتحد مع بعضها بعد نقلها مكونة مركبات جديدة في مواقع جديدة .
وان الأملاح المتراكمة تكون دائما في حالة ديناميكية أي تخضع لعمليات الإذابة والترسيب في مقد التربة ، وكذلك تخضع لعمليات الحركة الأفقية والعمودية في التربة .

أنواع الأملاح المتراكمة في الترب المتأثرة بالملوحة :

يتراكم عدد كبير من الأملاح في الترب المتأثرة بالملوحة والتي تتكون نتيجة اتحاد عدد كبير من الايونات المختلفة والمنقولة بواسطة عوامل النقل وخاصة المياه .
واهم الايونات التي تدخل في تركيب أملاح الترب المتأثرة بالملوحة هي ايونات الكلوريدات والكبريتات والكاربونات والبيكاربونات والنترات والبورات والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم ، وباتحاد الكتيونات مع الانيونات يتكون عدد كبير من الأملاح المختلفة ،
مثال / كلوريد الصوديوم ، كلوريد المغنيسيوم ، كبريتات الصوديوم ، كبريتات المغنيسيوم ، كبريتات الكالسيوم وكاربونات وبيكاربونات كل من الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم .
الجدول { 14 ص 80 } يوضح الصيغ الكيميائية للأملاح الرئيسية المتراكمة في الترب المتأثرة بالملوحة

*** تختلف الأملاح من ناحية قابليتها على الذوبان -- ففي ظروف درجات الحرارة العالية وعند تزايد تركيز محلول التربة ووصوله حد الإشباع بالنسبة لبعض الأملاح فان هذه الأملاح تترسب بشكل بلورات ملحية على شكل معادن ملحية مكونه من ملح واحد أو خليط من ملحين أو أكثر .{ جدول 15 ص 81 } .**

ولغرض تسهيل دراسة خصائص الأملاح المتراكمة في التربة المتأثرة بالملوحة ، سنقوم بتقسيمها الى مجاميع اعتمادا على نوع الانيون المكون للمجموعة :-

أ- الكاربونات :

توجد أملاح حامض الكاربونيك في الترب المتأثرة بالملوحة والمياه الجوفية والمياه السطحية في معظم المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، ومن أهم هذه الأملاح هي : كاربونات الكالسيوم ، بيكاربونات الكالسيوم ، كاربونات وبيكاربونات الصوديوم ، كاربونات وبيكاربونات المغنيسيوم .

1- كاربونات الكالسيوم (الكالسايت) $CaCO_3$:

يتكون هذا الملح من اتحاد ايون البيكاربونات مع ايون الكالسيوم ، وعند تعرض هذا الملح للحرارة والجفاف يفقد جزء من ثاني اوكسيد الكاربون بشكل غاز مكونا كاربونات الكالسيوم :

$$Ca + 2\,HCO_3 \text{ ------- } Ca(HCO_3)_2 \text{ -------- } 1$$
$$Ca(HCO_3)_2 \text{ ---------- } CaCO_3 + H_2O + CO_2 \text{ ---------- } 2$$

وتعتبر كاربونات الكالسيوم من أهم أملاح الكاربونات الشائعة في معظم المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، وهو ملح قليل الذوبان جدا حيث لا يزيد ذوبانه عن 0.031 غم / لتر ، وعند وجود وفرة من حامض الكاربونيك في المحلول فان درجة ذوبانه تزداد نتيجة تكون بيكاربونات الكالسيوم ، وحسب ما موضح في جدول { 16 ص 82 } وحسب المعادلة التالية :

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \text{ --------- } Ca(HCO_3)_2 \text{ ---------- } 3$$

ويتميز محلول كاربونات الكالسيوم بدرجة تفاعل قاعدية ، ويزداد ذوبان هذا الملح كلما قلت قيمة **الأس** الهيدروجيني . وكما موضح في الجدول { 17 ص 83 }
حيث تنخفض قيمة **الأس** الهيدروجيني بزيادة كمية ثاني اوكسيد الكاربون **أو** زيادة ضغطه في المحلول .

/ يمكن حساب قيمة الاس الهيدروجيني للمحلول الحاوي على كاربونات الكالسيوم وكذلك محلول الترب الكلسية بواسطة المعادلة التالية :

$$PH = PK1 - (0.5) + \log \frac{HCO3}{CO2}$$

حيث :

PK1 = لوغارتم ثابت التحلل لحامض الكاربونيك ويساوي **6.26 عند درجة الحرارة 23 م .**
I = **القوة** الأيونية
HCO3 = تركيز البيكاربونات في المحلول (مول / لتر)
CO2 = تركيز **CO2** في المحلول (مول / لتر)

وتعتبر مياه الري والمياه الجوفية المصدر **الأساسي** لتكوين الكلس في التربة وذلك بسبب احتوائها على كميات كافية من البيكاربونات والكالسيوم ، حيث تترسب الكاربونات عند وصول المحلول **إلى حالة الإشباع وذلك عند** تعرض هذه المياه للجفاف الذي يؤدي **إلى** تطاير جزء من غاز **CO2 وحسب المعادلة (2)**

* يعتقد دلفر (Deliver , 1962) **إن** معظم كاربونات الكالسيوم في الترب العراقية قد نقلت مع مياه **دجلة والفرات ، وبشكل دقائق ناعمة من أعالي الشمال وترسبت وتجمعت مع دقائق التربة الأخرى** في السهل **الرسوبي ، بالإضافة إلى** احتمال ترسيب قسم من كاربونات الكالسيوم في التربة كيميائيا من مياه الري والمياه الجوفية عند تماسها بمقد التربة نتيجة اتحاد ايونات الكالسيوم مع ايونات البيكاربونات ولفظ كمية من غاز **CO2** عند تعرض هذه المياه **إلى الجفاف ، وبالتالي** تترسب كاربونات الكالسيوم بشكل عروق **أو بشكل نفاط** بيضاء في مقد التربة .

* عند وجود نسبة عالية من كاربونات الكالسيوم في احد آفاق المقد بنسبة **أعلى** نسبيا عن **الأفق** الذي فوقه **والأفق** الذي تحته يطلق على مثل هذا **الأفق بالأفق الكلسي** (Calcic horizon) ويتميز هذا **الأفق بقلة** النفاذية ، وتسمى الترب الحاوية على مثل هذا **الأفق** بالترب الكلسية .

* بسبب قلة ذوبان الكلس فان هذا الملح يعتبر غير سام للنبات ، **إلا إن** وجوده بكميات كبيرة في الترب الملحية له تأثيرات سلبية ، منها : تقليل جاهزية عدد كبير من العناصر الغذائية وخاصة الصغرى ، وتقليل السعة التبادلية الكاتيونية للتربة ، وجعل درجة التفاعل قاعدية .

2- كاربونات المغنيسيوم : (Mgnesite) MgCO3

تتراكم كاربونات المغنيسيوم في التربة بنفس الطريقة التي يتراكم بها ملح كاربونات الكالسيوم ، **وتتأثر** قابلية ذوبانه بنفس الظروف والعوامل التي تؤثر على قابلية ذوبان كاربونات الكالسيوم ، **إلا إن** هذا الملح يتصف بقابلية ذوبان **أعلى** نسبيا من كاربونات الكالسيوم ، ويتصف محلوله بدرجة تفاعل عالية (**أعلى من 10**) ، لذلك يعتبر هذا الملح قلوي جدا وسام للنبات ، **إلا إن** وجوده بكميات كبيرة حرة في التربة نادرا جدا **وذلك للأسباب** التالية :

ا – امتزاز المغنيسيوم من قبل غرويات التربة .
ب - تكون مركب كاربوناتي قليل الذوبان جدا وهو الدولومايت **CaMg (CO3) 2** .

3 – كاربونات الصوديوم (الصودا) Na_2CO_3

يوجد هذا الملح بشكل حر نقي أو بشكل خليط مع بعض الأملاح في بعض الترب والمياه الجوفية ومياه البحيرات . يترسب بشكل بلورات مع عدد مختلف من جزيئات الماء عند وصوله حد الإشباع وبالصيغ التالية :

$Na_2CO_3 . 10H_2O$, $Na_2CO_3 . H_2O$ ويتصف الملح بقابلية ذوبان عالية (حوالي 178 غم / لتر)

- **نتيجة التحلل المائي له عند الذوبان فانه يكون وسطا قلويا يصل الأس الهيدروجيني إلى (12) .**
- **بسبب قابليته العالية على الذوبان ودرجة تفاعله القلوية فان هذا الملح يعتبر أكثر سمية للنبات والأحياء الدقيقة في التربة .**
- **هذا الملح له قابلية عالية على تشبيع معقد التبادل للتربة بالصوديوم بالمقارنة مع بقية الأملاح الصوديومية الأخرى (جدول 19 ص 87) .**

كما هو معلوم انه بزيادة تشبع معقد التبادل بالصوديوم كلما زاد تأثيره السلبي على صفات التربة وذلك من ناحية تشتت غرويات التربة وتحطم التركيب ورداءة النفاذية ، كذلك يعتبر احد العوامل الرئيسية المحددة لخصوبة التربة ، أما ملح بيكاربونات الصوديوم فيعتبر اقل قلوية من ملح كاربونات الصوديوم وكذلك اقل سمية منه .

إن مدى تحول كاربونات الصوديوم إلى بيكاربونات الصوديوم يعتمد على كمية غاز CO_2 في هواء التربة ومحلول التربة ، وتعتمد كمية CO_2 على كمية المادة العضوية في التربة ودرجة تحللها .

$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \text{ ---------- } 2NaHCO_3 \quad \text{------ (4)}$$

ويحصل العكس عندما تقل نسبة المادة العضوية ويقل النشاط الميكروبي في التربة ، عندها تقل نسبة CO_2 وخاصة في ظروف درجات الحرارة العالية ، فان قسم من البيكاربونات تتحول إلى كاربونات الصوديوم .

$$2NaHCO_3 \text{ ---------- } Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \quad \text{------ (5)}$$

إذا حصل تبخر شديد لمحلول التربة الحاوي على كاربونات وبيكاربونات الصوديوم فان هذين الملحين ينفصلان عن محلول التربة ويترسبان بشكل بلورات على شكل ملح يطلق عليه ترونا (Trona)

$$Na_2CO_3 . NaHCO_3 . 2H_2O$$

كقاعدة عامة نادرا ما تتكون كاربونات الصوديوم في الترب الحاوية على الجبس وذلك لحدوث تفاعل سريع بين الملحين حيث تتحول كاربونات الصوديوم من خلاله إلى الكلس .

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \text{ ---------- } CaCO_3 + Na_2SO_4 \quad \text{------- (6)}$$

وهذه الحالة تحصل في الترب العراقية الملحية .

لذلك تعتبر احد العوامل الرئيسية التي تمنع تكون كاربونات الصوديوم في التربة ويكسبها قوة او سعة تنظيمية عالية .
ويمكن تلخيص التفاعلات التي تلعب دورا في منع تكون الصودا في ظروف الترب العراقية (بالإضافة إلى التفاعل 6)

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \text{ ---------- } CaCO_3 + 2NaCl \quad \text{-------- (7)}$$

$$MgCl_2 + Na_2CO_3 \text{ ---------- } MgCO_3 + 2NaCl \quad \text{-------- (8)}$$

(ظروف وطرق تراكم كاربونات الصوديوم في بعض الترب)

طرحت عدة فرضيات حول الطرق والظروف التي تتكون فيها كاربونات الصوديوم في الطبيعة ومنها :

أ – تراكم كاربونات الصوديوم المتكونة بسبب تجوية الصخور والمعادن الحاوية على الكاربونات ، حيث تنطلق ايونات البيكاربونات والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم **أثناء** التجوية ، وعند تحول البيكاربونات **إلى الكاربونات** بسبب تواجد ظروف الجفاف فانه من المحتمل **أن** تتكون كاربونات الصوديوم .
إن تكون كاربونات الصوديوم **أو** انفصاله من المحاليل الحاوية على نواتج التجوية يعتمد على نسبة البيكاربونات **إلى** مجموع الكالسيوم والمغنيسيوم ($HCO3 / Ca + Mg$) ، **فإذا** كانت هذه النسبة **أكثر** من واحد فانه هناك احتمال كبير لتكون كاربونات الصوديوم وخاصة عند وجود وفرة من ايونات الصوديوم **في المحلول ، وعندما تكون** هذه النسبة اقل من واحد فان احتمال تكون كاربونات الصوديوم يصبح قليل جدا ، **إن** السبب في ذلك يعود **إلى إن الكاربونات تتحد أولا** مع الكالسيوم والمغنيسيوم وما يزيد عن ذلك يتحد مع الصوديوم مكونه كاربونات الصوديوم .

ب - تفاعل هيلكارد : يعتقد العالم الامريكي هيلكارد **إن** احتمال تكون كاربونات الصوديوم من خلال تفاعل كاربونات الكالسيوم مع كلوريد الصوديوم **أو** كبريتات الصوديوم :

$$CaCO3 + 2NaCl \text{ ---------- } CaCl2 + Na2CO3 \text{ --------- (9)}$$
$$CaCO3 + Na2SO4 \text{ ---------- } CaSO4 + Na2CO3 \text{ ------- (10)}$$

ولاستمرار هذا التفاعل نحو اليمين (نحو تكون كاربونات الصوديوم) يتطلب غسل نواتج هذه التفاعلات ، وعكس ذلك فان التفاعل سيتجه باتجاه اليسار لتكوين كاربونات الكالسيوم القليلة الذوبان وتنتج حالة توازن معينه بين المواد **المتفاعلة والمواد الناتجة** .

ج – تكون كاربونات الصوديوم نتيجة للتفاعلات التبادلية بين الكالسيوم الذائب والصوديوم المتبادل في ظروف التخفيف العالي لمحلول التربة :

$$X2Na + Ca(HCO3)2 \text{ ---------- } XCa + NaHCO3 + Na2CO3 \text{ ---- (11)}$$

$$X2Na + H2O (HOH) \text{ ---------- } X2H + 2NaOH + CO2 \text{ ----- } Na2CO3 \text{ ----(12)}$$

ويحتمل **أن** يحدث هذا التفاعل **أثناء** الغسل الطبيعي الشديد **أو أثناء** الغسل الاصطناعي الشديد للتربة الحاوية على كميات كبيرة نسبيا من **أملاح** الصوديوم ، لذلك قد تحصل حالة ظهور الصودية بعد عمليات الغسل خصوصا في الترب قليلة المحتوى من الجبس ، وهذا يتطلب **إضافة** الجبس كمصلح بعد الغسل وهذا لا يحصل في العراق .

د - تكون كاربونات الصوديوم نتيجة عمليات الاختزال الجارية في بعض الترب وخاصة الملحية **والمغدقة** والبحيرات ، وذلك باختزال الكبريتات **إلى** كبريتيد الصوديوم وبوجود ثاني اوكسيد الكاربون ، وبالنتيجة تتكون كاربونات الصوديوم .

$$Na2SO4 + 2C \text{ ---------- } Na2S + 2CO2 \text{ -------- (13)}$$
$$Na2S + CO2 + H2O \text{ ---------- } Na2CO3 + H2S \text{ ------ (14)}$$

ومن خلال هذا التفاعل ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة ، التي تعطي دليل على وجود ظروف اختزال شديد في هذه المواقع .
أن تكون كاربونات الصوديوم بهذا **الأسلوب** يتطلب وجود العوامل التالية :

- **عدم وجود** الأوكسجين **(أي** ظروف لا هوائية **)**
- وجود المادة العضوية كمصدر للأحياء الدقيقة التي تلعب دورا في انجاز هذه التفاعلات .
- **وجود** الأحياء الدقيقة الخاصة باختزال الكبريت .
- يتطلب وجود تراكيز ملائمة من الكبريتات لان التراكيز العالية تؤثر على فعالية الأحياء الدقيقة التي تقوم باختزال الكبريتات .

ي - احتمال تكون كاربونات الصوديوم أو كاربونات البوتاسيوم من تحلل النباتات الحاوية على نسبة عالية من الكاربونات مثال / نبات زهرة الشمس (هذا العامل غير مهم بالنسبة لتكوين الترب الغنية بالصودا)

4 -- كاربونات البوتاسيوم - K_2CO_3

هذا الملح يشبه الملح كاربونات الصوديوم من ناحية ذوبانه وقلويته وتأثيره على خواص التربة وسميته للنبات ، إلا انه لا نعثر عليه بكميات كبيرة حرة في الترب ، وذلك بسبب مشاركة البوتاسيوم وكما اشرنا إلى ذلك سابقا ، بالدورة البيولوجية في الطبيعة .

ب - أملاح الكبريتات :

هي الأملاح المتكونة نتيجة اتحاد ايونات الكبريتات بأحد الكتيونات (Na , K , Ca , Mg) الموجودة في التربة والمياه الجوفية ، واهم الأملاح المتكونة هي : كبريتات الكالسيوم (الجبس) ، كبريتات الصوديوم ، كبريتات المغنيسيوم ، وقليل من كبريتات البوتاسيوم :

1- كبريتات الكالسيوم (الجبس) $CaSO_4 . 2H_2O$:

يترسب الجبس بشكل دقائق مع جزيئتين من الماء في الترب الملحية والمياه الجوفية :

$$Ca^{++} + SO_4^{=} + 2H_2O \text{ ---------- } CaSO_4 . 2H_2O \quad \text{------ (15)}$$

يطلق على الجبس المترسب من مياه الري أو المياه الجوفية بالجبس الثانوي تميزا له عن الجبس الأولي الذي يتكون نتيجة تفتت الصخور الجبسية ، وعندما يشكل نسبة عالية منه في احد آفاق التربة يطلق على هذا الأفق بالأفق الجبسي (Gypsic horizon) ، ويطلق على الترب الحاوية على هذا الأفق بالترب الجبسية (Gypsiferous soil) ، وتتميز هذه الترب بخصائص معينة وذات مشاكل خاصة بها .

- يعتبر الجبس من **الأملاح** القليلة الذوبان نسبيا حيث تبلغ قابلية ذوبانه حوالي 2 غم / لتر ، ويزداد ذوبانه **عند وجود أملاح أخرى** في المحلول مثل كلوريد الصوديوم (**أملاح** لا يشترك معه بايون) ، بينما تقل قابلية ذوبانه بوجود **أملاح أخرى** في المحلول تشترك معه بايون مشترك مثل كلوريد الكالسيوم .
- الايونات الناتجة من ذوبان الجبس هي الكالسيوم والكبريتات وفي بعض الأحيان كمية قليلة من الايونات **المزدوجة (Ion Pair) .**
- يعتبر ملح كبريتات الكالسيوم ملح غير ضار وغير سام للنبات وذلك بسبب قلة ذوبانه ، **أي** مشاركته القليلة في رفع الضغط الازموزي ، على العكس منه بقية **الأملاح الأخرى** ، ويعتبر ضروريا لكونه مصدرا جيدا لايونات الكالسيوم ، العنصر الغذائي المهم للنبات .
- ويعتبر عامل **أساسي** في منع تكون كاربونات الصوديوم في التربة وتكون الترب الصودية او القلوية ، **إن مشكلة الجبس تبدأ** فقط عندما تكون نسبته عالية جدا في التربة وكما هو الحال في الترب الجبسية .

2- كبريتات المغنيسيوم : $MgSO_4$:

يعتبر هذا الملح من الأملاح الرئيسية المتراكمة في الترب الملحية والمياه الجوفية ومياه البحيرات ، ويمتاز بدرجة ذوبان عالية جدا (262 غم / لتر) ، لذلك يشارك هذا الملح مشاركة رئيسية في رفع الضغط الازموزي لمحلول الترب المتأثرة بالملوحة ، والصيغة الشائعة لهذا الملح في الترب الملحية هي ($MgSO_4$) .

3- كبريتات الصوديوم : Na_2SO_4

يعتبر هذا الملح احد **الأملاح** الرئيسية في الترب الملحية والمياه الجوفية والبحيرات ، ويترسب هذا الملح بشكل بلورات شفافة كبيرة ، يحتوي على عشرة جزيئات ماء . ويعتبر من **الأملاح السامة للنبات ، إلا إن** درجة سميته اقل بحوالي 2-3 **مرة**) من سمية كبريتات المغنيسيوم ، وبالرغم من **إن** هذا الملح يعتبر من **الأملاح** العالية الذوبان في درجات الحرارة الاعتيادية ، حيث تتراوح قابلية ذوبانه (161- 290غم / لتر) **عند درجات الحرارة** (20- 30 م) ، **إلا إن** قابلية ذوبانه تعتمد بشكل كبير على درجة الحرارة ، حيث تنخفض قابلية ذوبانه بشدة عند درجات الحرارة الواطئة (اقل من 10 م) .
وبالمقابل فان درجة ذوبانه تزداد بشدة عند ارتفاع درجات الحرارة ،
إن اعتماد قابلية ذوبان هذا الملح على درجات الحرارة يميز هذا الملح بسلوكية معينة في التربة ، ففي المواسم الحارة من السنة تزداد قابلية ذوبانه ويتحرك سوية مع باقي **الأملاح خلال التربة باتجاه السطح ،** حيث يتراكم على سطح التربة وفي **الآفاق** العليا من المقد بشكل بلورات ملحية بيضاء اللون ، وخلال **المواسم الباردة من السنة** فان هذا الملح سوف لا يغسل ولا يتحرك مع تيار الماء النازل نحو **الأسفل** وكبقية **الأملاح الأخرى ، وإنما** يبقى في الطبقات **والآفاق** العليا من التربة ، وذلك بسبب انخفاض قابلية ذوبانه بشدة في درجات الحرارة الواطئة ونتيجة لتعاقب هذه العمليات (عمليات صعود الملح وعدم غسله **إلى الأسفل**) لسنوات عديدة فان هذا الملح سيتراكم بكميات كبيرة نسبيا في **الآفاق** العليا للمقد بالمقارنة مع بقية **الأملاح** وبذلك يسبب تكون ترب ملحية صودية ، وعندما تتراكم كبريتات الصوديوم بكميات كبيرة في الطبقة السطحية ، عندئذ تتكون قشرة ملحية منتفخة (Puff) تغوص فيها الرجل عند المشي ، وهذه الحالة منتشرة بدرجة كبيرة في وسط وجنوب العراق .

4- كبريتات البوتاسيوم : K_2SO_4

يشبه هذا الملح ولحد كبير ملح كبريتات الصوديوم ، **إلا** انه غير سام للنبات ، كما **إن وجوده في التربة** بشكل حر وبكميات كبيرة يكون نادرا ، وعندما يتراكم بكميات كبيرة في بعض التراكمات الملحية فانه يستخلص ويستخدم كسماد .

ج - أملاح الكلوريدات :

تعتبر الكلوريدات من أهم **المكونات** الأساسية **للأملاح** المتراكمة في الترب الملحية والمياه الجوفية والبحيرات والتراكمات الملحية ، وتتصف جميع **الأملاح** الكلوريدية بقابلية عالية على الذوبان ، وكذلك تتميز بسمية عالية للنبات ، وبشكل عام فان كمية الكلوريدات في التربة تزداد مع زيادة الملوحة ، واهم **الأملاح** الكلوريدية المتراكمة في الترب الملحية (كلوريد الصوديوم ، كلوريد المغنيسيوم ، كلوريد الكالسيوم) :

1- كلوريد الصوديوم : NaCl

وهو من **أكثر الأملاح** انتشارا في الترب الملحية ، ويتصف بدرجة ذوبان عالية جدا (360 غم / لتر) ، لذلك يعتبر من **أكثر الأملاح مشاركة في رفع الضغط الازموزي** لمحلول التربة ، وبالتالي فانه يعتبر من **الأملاح السامة جدا للنبات ، وذلك لاحتوائه** على ايون الصوديوم والكلور غير الضروريين للنبات .
ويتراكم هذا الملح بكميات كبيرة في معظم الترب الملحية العراقية وخاصة ترب الشورة ، وهناك علاقة طردية بين تركيز هذا الملح والتوصيل الكهربائي لمستخلص الترب الملحية .

2 – كلوريد المغنيسيوم : $MgCl_2$

يعتبر هذا الملح من **الأملاح الشائعة** أيضا في الترب الملحية والبحيرات ، و يعتبر **من الأملاح** عالية الذوبان (250 غم/ لتر) ، لذلك يعتبر سام للنبات ويشارك مشاركة فعالة في رفع الضغط الازموزي لمحلول التربة ، ويصنف هذا الملح كملح هايكروسكوبي حيث له القابلية على امتصا**ص الرطوبة من الفضاء الخارجي ،** ويمكن ان يصل محتواه (6 جزيئات من الماء) $[MgCl_2 . 6H_2O]$ ، لذلك فان الترب الملحية الحاوية على نسبة عالية من هذا الملح في الطبقة السطحية (ترب السبخة) حيث تكون رطبة ولزجة خاصة في **المواسم الرطبة والباردة من السنة .**

3 - كلوريد البوتاسيوم : KCl

يشبه هذا الملح ولحد كبير ملح كلوريد الصوديوم من ناحية قابلية الذوبان ، إلا إن هذا الملح نادرا ما نعثر عليه بكميات كبيرة وبشكل حر في الترب الملحية وذلك لاشتراك البوتاسيوم في الدورة البايولوجية الصغرى .

4- كلوريد الكالسيوم : $CaCl_2$

يعتبر هذا الملح من الأملاح العالية الذوبان حيث يبلغ ذوبانه حوالي (500 غم / لتر) في درجة حرارة 30 م . ويعتبر هذا الملح سام للنبات ، إلا إن سميته اقل من سمية كلوريد الصوديوم وسمية كلوريد المغنيسيوم ، بشكل عام نادرا ما نعثر على ملح كلوريد الكالسيوم بكميات كبيرة في الترب الملحية خاصة في مستويات الملوحة غير العالية ، حيث يتفاعل هذا الملح مع كبريتات وكاربونات الصوديوم متحولا إلى كبريتات الكالسيوم وكاربونات الكالسيوم ، وكذلك بسبب القابلية العالية للكالسيوم على الامتزاز على سطوح التبادل في التربة ، و أشارة نتائج الكثير من التجارب في العراق إلى إن هذا الملح يبدأ بالظهور في محلول التربة في مستويات الملوحة العالية جدا فقط ، وذلك بسبب إزاحة الكالسيوم من معقد التبادل من قبل الصوديوم :

$$XCa + 2NaCl \text{ ---------- } XNa_2 + CaCl_2$$

كما موضح في الشكل (9 ص 97)

د - البورات :

يتراكم البورون في الترب الملحية ويجري تراكمه مع بقية الأملاح السريعة الذوبان الأخرى ، وتعتبر أملاح البورون أملاحا سامة للنبات خاصة في التراكيز العالية نسبيا ، لوحظ تراكيز عالية نسبيا من البورون في بعض الترب الملحية في العراق ووصلت حدود السمية (أكثر من 5 جزء بالمليون) ، ويمكن غسل أملاح البورون من التربة بوجود شبكات البزل الفعالة .

(ذوبان الأملاح المتراكمة في الترب الملحية)

عند دراسة طبيعة الأملاح المتراكمة في الترب الملحية نهتم كثيرا بقابلية الذوبان (Solubility) لهذه الأملاح لان قابلية الذوبان تحدد ما يلي :

- **مدى تواجد و اختفاء هذه الأملاح في محلول التربة والمياه الجوفية .**
- **تحدد مدى سمية هذه الأملاح بالنسبة للنبات .**
- **تحدد مدى تأثيرها على الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة .**
- **نستفيد منها أثناء عمليات غسل الترب المتأثرة بالملوحة وإدارتها .**

ولغرض تسهيل فهم طبيعة ذوبان الأملاح سنحاول أولا عرض بعض الأسس العامة ذات العلاقة بذوبان الأملاح :

1- تتباين الأملاح المتراكمة في الترب الملحية بشكل كبير من ناحية قابلية ذوبانها ويمكن تنظيم هذه الأملاح بشكل مخطط من ناحية قابلية ذوبانها وبالشكل التالي :

a- $Mg(NO_3)$, $NaNO_3$, $CaCl_2$, $MgCl_2$, $MgSO_4$

تتراوح قابلية الذوبان لهذه الأملاح من 270 إلى 700 غم / لتر ، ولا تتأثر قابلية ذوبانها بدرجة الحرارة .

b- $NaCO_3$, Na_2SO_4 , $NaHCO_3$

تتأثر قابلية هذه الأملاح كثيرا بدرجة الحرارة ، وتتأثر بوجود الايون المشترك بالنسبة للكبريتات .

c- $Mg(HCO_3)_2$, $Ca(HCO_3)_2$, $CaCO_3$

تعتمد قابلية ذوبانها على عوامل معينة مثل ضغط غاز ثاني اوكسيد الكاربون .

من هذا المخطط يمكن وبشكل عام ترتيب بعض **الأملاح** الشائعة في الترب الملحية من ناحية قابلية الذوبان بالشكل التالي :

$$CaCl_2 > MgCl_2 > NaCl > Na_2SO_4 > Na_2CO_3$$

2- **تعتبر** قابلية ذوبان الملح ليست ثابتة ، حيث تعتمد على درجة الحرارة ، ويوضح (الجدول **20 ص 99**) قابلية ذوبان بعض **الأملاح** الشائعة في الترب الملحية . **إن** قابلية ذوبان **الأملاح** تتغير وبشكل كبير في المحاليل المعقدة الحاوية على خليط من هذه **الأملاح** ، حيث تظهر تأثيرات متباينة على قابلية ذوبان كل ملح من **الأملاح** الموجودة في الخليط الملحي .

(بشكل عام يمكن تمييز التأثيرين الأساسيين التاليين)

أ - تواجد أيون مشترك : (Common Ion)

إن وجود ايون مشترك بين ملحين مختلفين يؤثر سلبا على قابلية ذوبان كل منهما ، ويكون التأثير **أكثر وضوحا على الملح الأقل ذوبانا .**

مثال / وجود ايون مشترك (كالسيوم) في خليط المحلول الحاوي على الجبس وكلوريد الكالسيوم ، **إن وجود** ايون الكالسيوم سيؤثر بشدة على ذوبان الجبس كما موضح في (جدول **21 ص 101**) ، **إن انخفاض** قابلية ذوبان الجبس بوجود الايون المشترك (الكالسيوم) مرتبط بثابت حاصل الذوبان للجبس عند درجة حرارة معينة وبالشكل التالي :

$$(Ca) \cdot (SO_4) = Ksp = 2.5 * 10^{-5} \quad (\text{constant Value})$$

فان زيادة فعالية ايون الكالسيوم الناتجة من **إضافة** كلوريد الكالسيوم في المحلول المشبع للجبس تسبب ترسيب جزء من الكبريتات بشكل جبس للحفاظ على تساوي قيمتي طرفي المعادلة .

ب - التأثير الملحي :

إن إضافة أي ملح إلى نظام ملحي مشبع ، بحيث لا يشترك هذا الملح مع الملح الموجود **أصلا** بأي ايون مشترك (كتايون **أو** أنيون) يسبب زيادة التركيز الكلي للنظام الملحي وبالتالي زيادة قابلية الذوبان .

مثال / زيادة قابلية ذوبان الجبس عند **إضافة** محلول كلوريد الصوديوم **إلى محلول الجبس المشبع** (**جدول 22 ص 102**) ، **إن** زيادة ذوبان الجبس في هذه الحالة مرتبط بانخفاض معامل الفعالية **الأيونية** لكل من ايون الكالسيوم والكبريتات الناتجة من زيادة القوة الأيونية **للمحلول وذلك بسبب إضافة** كلوريد الصوديوم **إلى المحلول المشبع للجبس .**

ويمكن توضيح ذلك بالشكل التالي :

$$(Ca) \cdot (SO_4) = Ksp$$

$$a = C * f$$

وان العلاقة بين معامل الفعالية للايونات والقوة الأيونية للمحلول ، حسب نظرية ديباي – هيكل هي انه **بشكل عام** انه كلما **زادت القوة** الأيونية للمحلول (ضمن تراكيز معروفة في الترب الملحية) ، كلما انخفضت قيمة معامل الفعالية للايونات ، وبالتالي فعند **إضافة أي** ملح والذي سيؤدي **إلى رفع القوة** الأيونية للمحلول والذي يؤدي **إلى** خفض قيمة معامل الفعالية للايونات ، وعند استبدال الفعالية الأيونية بالتركيز في المعادلة **أعلاه :**

$$[Ca] \cdot f_{Ca} * [SO_4] \cdot f_{SO_4} = Ksp$$

$$[Ca] \cdot [SO_4] = \frac{Ksp}{f_{Ca} \cdot f_{SO_4}}$$

لذلك فان إضافة ملح NaCl إلى المحلول الحاوي على الجبس ، أي بعبارة أخرى رفع القوة الأيونية لهذا النظام وهذا سيؤدي إلى خفض قيمة f Ca ، f SO4 ، ولما كانت قيمة Ksp ثابتة عندئذ فان حاصل الطرف الأيمن من المعادلة أعلاه سيزداد ، ومن اجل المحافظة على توازن طرفي المعادلة ، فانه يجب أن تحصل زيادة في تركيز كل من الكالسيوم والكبريتات في المحلول (الطرف الأيسر من المعادلة) أي بعبارة أخرى زيادة ذوبان الجبس .

التوازن الملحي

عند دراسة ظاهرة التملح وظروف تكوينها في الترب وفي أي منطقة من المناطق يجب ان نفصل بين الظروف الطبيعية والظروف والعوامل الناتجة بسبب **أخطاء** في الاستغلال الزراعي . وان هذه الظروف والعوامل التي تلعب دورا في عملية التملح تسبب عادة اختلال التوازن المائي والملحي .

ففي الظروف الاعتيادية (غير الملحية) توجد حالة من التوازن بين عوامل دورات المياه ودورات **الأملاح** أيضا . وعندما يحدث اختلال في حالات الاتزان بسبب ظروف طبيعية **أو بسبب تدخل الإنسان تحدث** ظاهرة التملح خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة .

وتوصف حالات الاتزان هذه رياضيا بواسطة معادلات يطلق عليها معادلات التوازن المائي والتوازن الملحي في التربة ، وتعكس لنا هذه المعادلات العلاقة بين العوامل الداخلة في عملية التملح وكذلك تساعدنا في كشف وتحديد عوامل الاتزان غير المعروفة ، أي بعبارة **أخرى تكشف لنا عن الاختلال الجاري في حالات الاتزان وكذلك تساعدنا في** إمكانية معالجة هذا الاختلال .

مفهوم التوازن الملحي :

يصف التوازن المائي والتوازن الملحي الزيادة **أو** النقصان في كمية المياه **والأملاح** في مساحة معينة ولفترة زمنية معينة . ويمكن التعبير عن التوازن المائي والملحي بمعادلة عامة بسيطة :-

الكمية الداخلة (من المياه **أو الأملاح**) - الكمية الخارجة من التربة (من المياه **أو الأملاح**) = التغير في كمية الرطوبة **أو الأملاح في التربة** .

$$Salt\ in\ put - Salt\ output = SB$$

ويرمز **إلى** التغير في رطوبة التربة ب ΔW والتغير في كمية **الأملاح في التربة** ب ΔS ، ففي حالة التوازن تكون كل من هاتين القيمتين مساوية الصفر . أي **إن** كمية **الأملاح** الداخلة والخارجة متساوية ، أي لا تحصل عملية تراكم **للأملاح** ، وقد تكون قيمة سالبة وهذا يعني حصول عملية غسل **للأملاح** (ايونات وعناصر مغذية) ، **أو** قد تكون قيمة موجبة وهذا يعني حصول تراكم **للأملاح** .

ويمكن وصف حالة الاتزان من خلال المعادلة التالية :

$$\Delta S = [(Viw \cdot Ciw) + (V gw \cdot C gw) + Sm + Sf] - [(Vdw \cdot Cdw) + SP + SC]$$

حيث :

$V dw$ = حجم ماء البزل

$C dw$ = تركيز ماء البزل

الأملاح التي جاءت من الترسيب = SP

أملاح تمتص من قبل المحصول = SC

أملاح تضاف من المعادن (التجوية) = Sm

الأملاح المضافة من الأسمدة = Sf

مثال : أحسب كمية الأملاح المتراكمة (ton / h) عندما تكون ملوحة الماء الأرضي (1o ds/m) ومقدار التبخر السنوي هو 2200 ملم .

EC gw = 10 ds/m

10 * 640 = 6400 mg /L

2200 mm = 2.2 m * 10000 = 22000 m^3

6400 mg / L ---- 6.4 g / L = 0.0064 kg /L

0.0064 * 1000 = 6.4 kg / m^3

6.4 * 22000 = 140800 kg /h = 140.8 ton / ha

مثال : مياه دجلة ملوحتها $1.4\ ds.m^{-1}$ **، ما كمية الأملاح المتراكمة من زراعة هكتار بالذرة الصفراء (طن / هكتار) وكان المقنن المائي لهذا المحصول 12000 م 3 / هكتار .**

PPm = 640 * EC = 640 * 1.4 = 896 mg / L

896 == 0.89 g /L ==== 0.89 * 10^{-3} kg / L

0.89 * 10^{-3} * 1000 = 0.89 kg /m^3

12000 * 0.89 = 10752 Kg / ha = 10.752 ton / ha .

ولغرض تسهيل فهم التوازن المائي والتوازن الملحي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة وعلاقة ذلك بظاهرة التملح سوف نأخذ الحالتين الرئيسيتين التاليتين :

1- التوازن المائي والملحي في المناطق العالية :

أ- الحالة الأولى :- نفترض أن المنطقة المدروسة ذات ماء جوفي عميق ويتوفر فيها بزل طبيعي جيد ، وتعتمد الزراعة فيها على الأمطار فقط ، وان معادلة التوازن المائي هي :

R - E – D = 0 ---------- 1

حيث : R = كمية الأمطار الساقطة ، E = كمية الاستهلاك المائي ، D = كمية الماء التي يمكن أن تبزل .

R – D = E ---------- 2

أو $R = D + E$ ---------- 3

إن كمية المياه الداخلة (R) تساوي كمية الماء الخارجة (E + D) ، بعبارة أخرى تكون كمية الأملاح الداخلة في التربة تساوي كمية الأملاح الخارجة منها ، وفي هذه الحالة لا يوجد احتمال لتطور مشكلة الملوحة في هذه المنطقة ، خاصة وان كمية الأملاح المنقولة مع مياه الأمطار تعتبر كمية ضئيلة جدا .

ب- الحالة الثانية :- في هذه الحالة يتم إدخال تأثير مياه الري في الزراعة ونرمز لمعاملة ماء الري (I) وتوصف هذه الحالة بالمعادلة التالية :

$R + I = E + D \pm \Delta W$ ---------- 4

وعندما تكون رطوبة التربة في بداية الموسم مساوية لرطوبة التربة في نهاية الموسم أي ان $\Delta w = 0$
وعندها تصبح المعادلة : $R + I = E + D$ ---------- 5

وفي المناطق القاحلة حيث تكون كمية الأمطار الساقطة قليلة جدا وتصبح المعادلة كما يلي :

$I = E + P$ ---------- 6 (استبدل P بدلا من D)

وهذه المعادلة تمثل التوازن المائي ، وان كمية الأملاح المتراكمة في التربة أو بعبارة أخرى التوازن الملحي يعتبر محصلة أو نتيجة للتوازن المائي في المنطقة المعنية باعتبار إن الماء يعتبر الوسيلة الأساسية لنقل الأملاح من والى التربة ، لذلك يمكن تحويل معادلة التوازن المائي السابقة إلى معادلة توازن ملحي بعد اخذ تركيز الأملاح بنظر الاعتبار

$I \cdot Ci = E \cdot Ce + P \cdot Cp \pm \Delta S$ ---------- 7

حيث Ci ، Ce ، Cp تمثل تركيز الأملاح في كل من مياه الري والاستهلاك المائي والماء المبزول على التوالي .

وإذا كانت كمية الأملاح المنقولة إلى التربة تساوي كمية الأملاح المنقولة منها أي إن $\Delta S = 0$ وقيمة Ce = صفر ، باعتبار إن تركيز الماء المتبخر من سطح التربة وتركيز الماء الذي ينتح من النبات = صفر ، عندئذ تصبح المعادلة:

$I \cdot Ci = P \cdot Cp$ ---------- 8

وفي حالة كون كمية الأملاح المنقولة إلى التربة مع مياه الري أكثر من كمية الأملاح المنقولة مع مياه البزل أي إن $\Delta S > 0$ فالمعادلة تصبح :

$I \cdot Ci = P \cdot Cp + \Delta S$ ---------- 9

وفي هذه الحالة يحصل تراكم للأملاح في التربة ويحتمل أن تتحول إلى تربة ملحية .

ولغرض السيطرة على مشكلة الملوحة يجب المحافظة على وضع المعادلة (8) ، ومنها كمية المياه المبزولة هي

$P = I \cdot Ci / Cp$ ---------- 10

وعند تعويض قيمة P في المعادلة (6) نحصل على :

$$I = E + I.Ci / Cp \quad \text{----------} \quad 11$$

$$E = \frac{I.Cp - I.Ci}{Cp} \quad \text{----------} \quad 12$$

$$I = \left(\frac{Cp}{Cp - Ci}\right).E \quad \text{----------} \quad 13$$

أي أن كمية مياه الري يجب أن تكون مساوية إلى الاستهلاك المائي للمحصول مضروبا في معامل قدره (Cp / Cp - CI) لغرض المحافظة على التوازن الملحي أو بعبارة أخرى ΔS = 0 أما في حالة كون حجم مياه الري :

$$I < \left(\frac{Cp}{Cp - Ci}\right).E \quad \text{----------} \quad 14$$

عندئذ تجرى عملية التملح في المنطقة المستغلة ، وهذا غالبا ما يحدث في كثير من الأراضي الزراعية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في حالات معينة عند الوصول إلى حالة الاتزان بين ملوحة محلول التربة وملوحة ماء البزل ، فيمكن افتراض إن ملوحة مياه البزل مساوية إلى ملوحة محلول التربة ، أي مساوية إلى قيمة التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة ، فإذا عوضنا عن قيمة Ci ب EC iw (التوصيل الكهربائي لماء الري) وعن قيمة Cp ب ECe (التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة للتربة) عندئذ تصبح المعادلة (13) بالشكل التالي :

$$I = \left(\frac{ECe}{ECe - EC\,iw}\right)E \quad \text{----------} \quad 15$$

ولتوضيح كيفية تطبيق المعادلة (15) نأخذ المثال التالي (ص 68)

ومن نتائج المثال / إن عمق الماء اللازم استخدامه خلال هذا الموسم اكبر من ماء الري اللازم لسد احتياجات المحصول وبمقدار 1330 ملم وهذه الكمية الإضافية ضرورية لغسل الأملاح المتراكمة في التربة (طبقة الجذور) خلال الموسم الزراعي .

التوازن المائي والتوازن الملحي في الأراضي ذات الماء الجوفي الضحل : -

تتعرض أراضي المناطق القاحلة وشبه القاحلة التي يستخدم فيها مياه الري لفترة طويلة من الزمن إلى ارتفاع مستوى الماء الجوفي بالتدريج باتجاه سطح التربة إلى أن يصبح عمقه اقل من العمق الحرج ، وذلك عند عدم توفر بزل مناسب وبذلك يشارك في دورة المياه في التربة ويدخل كعامل من عوامل معادلة التوازن المائي فيها :

$$I + R + G = E + P \quad \text{----------} \quad 1$$

حيث تمثل قيمة G كمية أو حجم الماء الجوفي الصاعد إلى طبقة الجذور بواسطة الخاصية الشعرية ، وقد يكون هذا الماء مصدرا للأملاح خاصة إذا كان تركيز الأملاح فيه عاليا وهذا ما يحدث غالبا في المناطق القاحلة وشبه القاحلة (وسط وجنوب العراق)

E = التبخر النتح (Evapotranspiration)

P = الماء النازل خلال النفاذ في التربة (Percolation)

إن معادلة التوازن الملحي يمكن اشتقاقها من معادلة التوازن المائي (معادلة 1) ، بعد اخذ تركيز الأملاح للمياه المشاركة بدورة المياه في المنطقة المدروسة بنظر الاعتبار .

$$(I + R) . C_{I+R} + G . C_G = P . C_p \quad \text{----------} \quad 2$$

وتصح هذه المعادلة في حالة الافتراض بان $\Delta S = 0$ أي إن هذه المنطقة تتصف بقابلية بزل جيد (طبيعي أو اصطناعي) ، وعكس ذلك فان أي اختلال في البزل سيقود إلى ارتفاع الماء الجوفي باتجاه سطح التربة وتراكم الأملاح في طبقة الجذور بالإضافة إلى تراكم الأملاح المنقولة بواسطة مياه الري .

ولغرض تطبيق المعادلة (2) احساب حجم (ماء الري + ماء المطر) اللازم للحفاظ على التوازن الملحي يجب إجراء بعض الافتراضات لتسهيل تطبيق هذه المعادلة :-

أ- الحالة الأولى : نفترض إن ملوحة الماء المبزول من التربة مساوي إلى ملوحة طبقة الجذور ، وملوحة الماء الجوفي تساوي ملوحة الماء المبزول ، وذلك عند وجود حالة من الاتزان التام بين ملوحة الماء النافذ خلال التربة وملوحة الماء الصاعد خلالها . وان هذه الحالة نادرة جدا . أي إن $C_p = EC_e$, $C_G = EC_e$

عندئذ تصبح المعادلة (2) بالشكل التالي :

$$(I + R) . (C_{I+R}) = (P - G)\, EC_e \quad \text{----------} \quad 3$$

ب- الحالة الثانية : نادرا ما تكون ملوحة الماء النافذ خلال التربة تساوي ملوحة التربة ، وإنما تكون ملوحة الماء المبزول اقل من ملوحة التربة بمعامل قدره (f) أي إن :

$$C_p < EC_e \quad ,,, \quad C_p = f . EC_e$$

ولنفرض ان ملوحة الماء المبزول تساوي ملوحة الماء الصاعد من الماء الجوفي : $C_G = C_p$

وعند إدخال هذين العاملين في المعادلة (3) والتعويض عن قيمة Cp أينما وجدت ب (f . ECe)

عندئذ تصبح المعادلة بالشكل التالي :-

$$(I + R) . (C_{I+R}) = (P - G) f . ECe \quad \text{---------- 4}$$

ويمكن كتابتها بالصيغة التالية :

$$(P - G) = \frac{(I + R) . (C_{I+R})}{f . ECe} \quad \text{---------- 5}$$

ج - الحالة الثالثة : نفترض إن ملوحة الماء المبزول (Cp) تساوي (f . ECe) ، إلا إن ملوحة الماء الصاعد بالخاصية الشعرية لا تساوي Cp وإنما تساوي ملوحة التربة . وذلك لان الماء الصاعد من المياه الجوفية يشغل جميع مسامات التربة أثناء الصعود ، أي إن كفاءة الماء الصاعد هي 100 % وقيمة معامل كفاءة الماء الصاعد تساوي (1) أي إن : $C_G = ECe$ ، عندئذ تصبح معادلة التوازن الملحي (المعادلة 3) بعد التعويض عن قيمة C_G ، Cp بالشكل التالي :

$$(I + R) . C_{I+R} + G . ECe = P . f . ECe \quad \text{---------- 6}$$

ويمكن كتابتها بالشكل التالي :

$$(I + R) . C_{I+R} = (fP - G) . ECe \quad \text{---------- 7}$$

$$\frac{f . P - G}{I + R} = \frac{C_{I+R}}{ECe} \quad \text{---------- 8}$$

إن هذه المعادلة أدخلت قيمة (G) أي كمية الماء الصاعد بواسطة الخاصية الشعرية كعامل جديد في معادلة التوازن الملحي ، أي انه لغرض حل معادلة التوازن الملحي في هذه الحالة يجب معرفة حجم الماء الجوفي الصاعد بواسطة الخاصية الشعرية إلى منطقة الجذور خلال الموسم الزراعي . وان أي اختلال في طرفي هذه المعادلة يقود إلى تراكم الأملاح في التربة وهذا ما يحدث في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ومصدر الأملاح هو الماء الجوفي وماء الري .

الحالة الرابعة : افترضنا في الحالة السابقة إن ملوحة الماء الأرضي تساوي ملوحة التربة ، إلا انه في حالات عديدة لوحظ إن ملوحة الماء الجوفي أكثر من ملوحة محلول التربة خاصة في منطقة الجذور .

وفي كثير من المناطق القاحلة وشبه القاحلة تكون ملوحة الماء الجوفي أكثر من ملوحة التربة بمقدار (1.5 – 2 مرة) (Kovda , 1973) ، أي إن ملوحة الماء الجوفي تختلف عن ملوحة التربة بمعامل فدره (α)

$$\alpha = \frac{C_G}{ECe} \rightarrow C_G = ECe \cdot \alpha$$

وعند التعويض عن هذه القيمة في المعادلة السابقة (6) ينتج :

$$(I + R) \cdot (C_{I+R}) + G \cdot ECe \cdot \alpha = P \cdot f \cdot ECe \quad \text{---------- 9}$$

ويمكن كتابة هذه المعادلة بالشكل التالي :

$$(I + R)(C_{I+R}) = P \cdot f \cdot ECe - G \cdot ECe \cdot \alpha \quad \text{---------- 10}$$

$$(I + R)(C_{I+R}) = (P \cdot f - G \cdot \alpha)\, ECe \quad \text{---------- 11}$$

$$\frac{P \cdot f - G\alpha}{I + R} = \frac{C_{I+R}}{ECe} \quad \text{---------- 12}$$

يظهر من هذه المعادلة إن الماء الجوفي يشارك من خلال ملوحته مشاركة فعالة في التوازن الملحي في المناطق المنخفضة من أراضي المناطق الفاحلة وشبه القاحلة . وان أي اختلال في توازن هذه المعادلة يؤدي إلى تملح هذه الأراضي وبسرعة شديدة . ولغرض حل هذه المعادلة نحتاج معرفة حجم الماء الأرضي الذي يمكن أن يصعد خلال الموسم الزراعي باتجاه منطقة الجذور للمحصول المزروع ، وهذا يعتمد على صفات التربة ، طبيعة المحصول ، الظروف المناخية السائدة ، عمق الماء الجوفي .

ولغرض تسهيل تطبيق المعادلة (12) نورد المثال التالي في الكتاب المقرر ص 74 .

ارض زراعية مستغلة بمحصول زراعي ما تتوفر فيها المعلومات التالية والمطلوب تعيين حجم الماء (ماء المطر+ ماء المطر) اللازم للحفاظ على توازن ملحي معين (4 ديسي سيمينز / م) بحيث تكون قيمة ΔS مساوية إلى صفر علما إن الاستهلاك المائي للمحصول هو 1000 ملم وملوحة التربة 4 ديسي سيمنز / م ، ملوحة ماء الري = 0.9 ديسي سيمنز / م ومعامل كفاءة الغسل = 0.8 وقيمة $\alpha = 1.5$ ، وان عمق الماء الجوفي الصاعد بالخاصية الشعرية خلال الموسم الزراعي هو 365 ملم .

الحل : بتطبيق المعادلة (12) نحصل على :

$$\frac{P \cdot f - G\alpha}{I + R} = \frac{C_{I+R}}{ECe}$$

$$\frac{0.8P - 1.5 * 365}{I + R} = \frac{0.9}{4}$$

$$0.9(I + R) = 3.2P - 2190 \rightarrow 3.2P = 0.9(I + R) + 2190$$

$$P = \frac{0.9(I + R) + 2190}{3.2} = \frac{0.9[(I + R) + 2433.3]}{3.2}$$

$$P = 0.281[(I + R) + 2433.3] \rightarrow P = 0.281(I + R) + 683.75 \quad \text{---- 12}$$

من المعادلة (1) ويمكن إهمال قيمة E

$$I + R + G = E + P$$

$$I + R = 1000 - 365 + P$$

وبتعويض قيمة P من المعادلة (12)

$$I + R = 1000 - 365 + 0.281(I + R) + 683.75$$

$$0.791(I + R) = 1318.75$$

$$I + R = 1667.19 \text{ mm}$$

من هذه النتيجة يتضح إن حجم (ماء الري + ماء المطر) يجب أن يزيد على حجم الاستهلاك المائي للنبات بمقدار 667 ملم خلال الموسم الزراعي وذلك للحفاظ على $\Delta S = 0$ ، وإذا كانت قيمته اقل من (1667.19) فان هذه الحالة ستؤدي إلى تراكم ماحي بالتربة وتحول الأراضي غير الملحية (4 ديسي سيمينز/ م) إلى أراضي ملحية . ومصدر هذه الأملاح هو الماء الجوفي (بالدرجة الاولى) ومياه الري (بالدرجة الثانية) .

ويطلق على هذه الكمية الإضافية من مياه الري لغرض غسل الأملاح المتراكمة بمتطلبات الغسل (Leaching requirement) [LR] وان هذه الإضافة يتطلب لها توفر بزل فعال (طبيعي أو اصطناعي) .

ومن هذا يتضح أهمية توفر المبازل الفعالة في مشاريع الأراضي الاروائية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، وذلك للحفاظ على مستوى ملائم للمياه الجوفية ، وعكس ذلك فان إنشاء المشاريع الاروائية بدون شبكات البزل الفعالة في هذه المناطق سيؤدي إلى حالة التراكم الملحي في هذه الترب .

لذلك فان خلاصة هذا يمكن القول إن الاختلال في التوازن المائي والملحي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة هو المسؤول عن ظاهرة التملح في أراضي هذه المناطق .

ونورد المثال الواقعي عن دراسة التوازن الملحي في احد المناطق في الولايات المتحدة (جدول 13) ص 77 ، وفيه تظهر كمية الأملاح الداخلة لهذه الأراضي المشار إليها في العمود (5) وكمية الأملاح الخارجة المشار إليها في العمود (7) ومقدار التغير (الفرق بين الكميتين) والمشار إليها في العمود (8) حيث يتضح فيه حصول تراكم ملحي لأنه مقدار الفرق قيمة موجبة للقيم المثبتة للأعوام 1957 – 1963 وبعد هذه الفترة أصبحت القيم سالبة مما يشير إلى حصول عمليات غسل للأملاح والوصول إلى حالة التوازن الماحي في عام 1963 ، وبعدها حيث أصبحت كمية الأملاح الخارجة أكثر من كمية الأملاح الداخلة ، ويلاحظ من العمود (9) قيم دليل التوازن الملحي والتي أصبحت اكبر من (1) مما يشير إلى حالات الغسل على العكس منه عندما تكون هذه القيم اقل من (1) والتي تشير إلى حصول تملح . ويمكن تفسير ذلك من خلال حصول تغطية معظم هذه المنطقة بالمبازل ورفع قيم متطلبات الغسل إلى 30 % .

إن قيمة دليل التوازن الملحي المقترح من قبل (Scofield , 1940) تساوي :

كمية الأملاح الخارجة

كمية الأملاح الداخلة

ملوحة التربة --- المحاضرة الثامنة ---- المرحلة الثالثة

تأثير ملوحة التربة على نمو النبات

سبق الإشارة خلال الفصول السابقة إلى اثر الملوحة على الإنتاج الزراعي ، وأتضح ان ملوحة التربة تعتبر من العوامل الرئيسية المعرقلة للتطور الزراعي في معظم البلدان التي تنتشر فيها مشكلة الملوحة .

المهم هو التعرف على طبيعة تأثير الملوحة على المحاصيل الزراعية وكذلك ميكانيكية هذا التأثير ومدى تحمل المحاصيل الزراعية المختلفة للملوحة ، وبالتالي معالجة هذه المشكلة وتقليل أثرها على المحاصيل الزراعية وإمكانية التعايش مع هذه المشكلة .

تصنيف النباتات من ناحية طبيعة تأثرها بالملوحة :

تقسم النباتات إلى مجموعتين رئيسيتين من ناحية تأثرها بالملوحة :

أولا : المجموعة الأولى : تضم النباتات الملحية (Halophytes) وهي النباتات التي تستطيع النمو بشكل اعتيادي في الظروف الملحية حيث **تأقلمت** على هذا الوسط ، بحيث تستطيع التغلب على اثر **الضغط الازموزي العالي للأوساط** الملحية ، من خلال تطور **أو** تحور بعض الخصائص التشريحية **أو** المورفولوجية **أو** الفسيولوجية لهذه النباتات .

ويمكن أن تقسم إلى عدة مجاميع حسب طريقة التأقلم للملوحة :

1- **الهالوفايت المجمعة للأملاح :** **وتشمل أكثر** النباتات الملحية ، **إن** خلايا هذه النباتات نفاذه **للأملاح** ولها القابلية على تجميع كميات كبيرة من الأملاح داخل جسمها .

2- **الهالوفايت التي لها القابلية على لفظ (التخلص من الأملاح):** نباتات هذه المجموعة تستطيع النمو في الظروف القليلة والعالية الملوحة ، يتميز بروتوبلازم خلايا هذه النباتات بالقابلية العالية على النفاذية **للأملاح.**
وتتمكن نباتات هذه المجموعة **من التخلص من الأملاح بواسطة غدد خاصة تنتشر على سطح الأوراق ، أو من خلال سقوط الأوراق** التي تجمعت فيها كمية كبيرة من **الأملاح .**

3 – **الهالوفايت غير النفاذة للأملاح :** تعتبر خلايا هذه النباتات اقل سماحا لمرور **الأملاح أو اقل** نفاذية **للأملاح** ، ويمكن **أن تقاوم الضغط الازموزي** العالي من خلال رفع الضغط الازموزي داخل جسمها نتيجة تجمع نواتج عمليات التمثيل الغذائي كالكاربوهيدرات .

4 - **الهالوفايت المجمعة للأملاح موقعيا :** نباتات هذه المجموعة لها القابلية على تجميع **الأملاح في بعض المواقع أو الأجزاء** من جسمها عندما تنمو في ظروف ملحية ، مثال تجمع **الأملاح** في شعيرات **خاصة على سطح الأوراق .**

ثانيا : المجموعة الثانية : تضم مجموعة النباتات غير الملحية (Glygophytes) **والتي تشمل** جميع المحاصيل الزراعية الاقتصادية والتي يتأثر إنتاجها **بالملوحة ، وان شدة تأثير الملوحة على إنتاج** المحاصيل يعتمد على الظروف المحيطة ، حيث يكون تأثير **الملوحة على إنتاج** المحاصيل من الناحية الاقتصادية اشد في التربة الخصبة **أصلا** ، بالمقارنة مع التربة غير الخصبة **أصلا .**

طبيعة تأثير الملوحة على النبات :

يمكن تقسيم تأثيرات الملوحة على النبات إلى الأقسام التالية :

أ - التأثيرات المباشرة : وهي التأثيرات التي تحدث بشكل مباشر على النبات من خلال عرقلة نموه وتقليل إنتاجه ويمكن حصر هذه التأثيرات المباشرة بما يلي :

1- تأثيرات الضغط الازموزي : إن زيادة تركيز **الأملاح** الذائبة في محلول التربة يؤدي إلى ارتفاع الضغط الازموزي في محلول التربة وهذا يؤدي إلى عجز النبات من امتصاص الماء اللازم لفعالياته الحيوية والنتح .
ويعتبر مدى إمكانية تنظيم النبات ضد تأثير **الضغط الازموزي احد الأسس** التي تستخدم لتصنيف النباتات من ناحية تأثرها **بالملوحة** .
الشكل (31 ص 176) يوضح الخط (آ) العلاقة النظرية بين ارتفاع الضغط الازموزي وتركيز كلوريد الصوديوم في محلول التربة ، ويمثل الخط (ب) العلاقة بين الضغط الازموزي للعصير الخلوي للنباتات الملحية وتركيز كلوريد الصوديوم في محلول التربة ، ويتضح من سلوكية الخط **إن** هذه النباتات تستطيع رفع الضغط الازموزي داخل عصيرها الخلوي **إلى مستوى حتى أعلى من** مستوى العلاقة النظرية الموضحة في الخط (أ) . بينما تستطيع النباتات المتحملة نسبيا **أو المقاومة** للملوحة رفع الضغط الازموزي داخل عصيرها الخلوي لمجابهة ارتفاع الضغط الازموزي **الخارجي** لحدود معينة **(الخط د)** ، وتفشل عند المستويات العلية جدا من الملوحة في تنظيم ذلك وبالتالي يصيبها التدهور وفشل النمو ومن أمثلتها (الشعير والبنجر السكري) .
أما بالنسبة للنباتات غير المتحملة للملوحة (الحساسة للملوحة) كما في الخط (ج) فهي نباتات لا تستطيع رفع الضغط الازموزي داخل جسمها عند ارتفاع الضغط الازموزي في وسط النمو .
ويعتقد (Bernestein , 1975) **إن** الفرق بين النباتات الملحية والنباتات المتحملة للملوحة نسبيا من ناحية ميكانيكية التحمل للملوحة ، هو **إن** النباتات الملحية تستطيع تنظيم الضغط الازموزي **داخل** جسمها حسب تذبذب مستوى الضغط الازموزي الخارجي من خلال تجميع وتراكم **الأملاح** في خلايا جسمها دون **التأثر** سلبا بهذه **الأملاح المتراكمة** ، بينما المحاصيل المتحملة للملوحة هي التي تستطيع تنظيم الضغط الازموزي داخل جسمها لحدود معينة من خلال تجمع وتراكم المواد العضوية مثل السكريات والبروتين في خلايا جسمها ، **(شكل 32 ص 178) ، أما فشل نمو بعض** المحاصيل **الأخرى** في الظروف الملحية فيعود **إلى عدم** إمكانية هذه المحاصيل تنظيم الضغط الازموزي داخل جسمها .
ومن خلال توفر أجهزة القياس للضغط الازموزي تمكنا **و** من خلال بعض التجارب كشف العلاقة بين الضغط الازموزي في وسط النمو ومدى تنظيم المحصول للضغط الازموزي للعصير الخلوي **(شكل 33 ص 179) واتضح إن** هناك دور لمرحلة النمو نوع المحصول وصنفه في تحديد شكل هذه العلاقة وطبيعتها .

2 - التأثير السمي أو النوعي للايونات : يمكن للملوحة **أن تؤثر على النبات من خلال** التأثير **النوعي أو** السمي لبعض الايونات الداخلة في تركيب **الأملاح** في التربة ، حيث لوحظ في عدد كبير من الحالات انه عند تشابه مستويات الضغط الازموزي ، فان مدى **تأثر نمو المحصول بالملوحة** يعتمد على نوع الايون السائد في الوسط الملحي . ومن الايونات التي تتميز بتأثير **سمي أو نوعي** والتي يحتمل تواجدها بتراكيز عالية في الترب الملحية هي ايونات الصوديوم والكلورايد والتي تسبب **حروقا في أوراق** عدد كبير من المحاصيل ، **بالإضافة إلى** تأثير ايونات البورون والليثيوم والسلينيوم عند تواجدها بتراكيز عالية نسبيا في التربة ، يمكن **أن** يفسر التأثير النوعي للايونات من خلال

تأثيرها على الغشاء الخلوي لأنسجة جذور النباتات ، أو من خلال تأثيرها على أنسجة تنفس الجذور أو من خلال تأثيرها على إنتاج الكلوروفيل والكاروتين في أوراق بعض النباتات .

3 - التأثير على التوازن الغذائي في التربة : إن امتصاص الكتيونات من قبل النبات لا يعتمد فقط على الكمية المطلقة لها في التربة وإنما يعتمد أيضا على نسبة هذه الكتيونات بعضها إلى البعض الآخر . حيث لوحظ إن تملح التربة بأملاح الصوديوم والكالسيوم سبب انخفاض مستوى البوتاسيوم في النبات .
كما إن زيادة الملوحة تسبب حدوث نقص في الكالسيوم في كثير من المحاصيل مثل الطماطة والفلفل وفي مثل هذه الظروف ينصح عادة باستخدام الرش بمحاليل الكالسيوم على النباتات .

4 - التأثير الفسيولوجي للملوحة : إن زيادة ملوحة التربة تسبب تأثيرا سلبيا على التوازن الهرموني في النبات ، حيث تسبب انخفاض عمليات النقل من الجذور إلى الأوراق وتجميع بعض الحوامض في الأوراق ، وهذه التغيرات تسبب صغر فتحة الثغور وبالتالي تقلل من فقدان الماء .

5 - تأثير الملوحة على فعالية الإنزيمات في النبات : أشارت الكثير من البحوث إن لزيادة تركيز بعض الايونات تأثير خاص على فعالية الإنزيمات في النبات ، ومنها ضعف نشاط الإنزيمات المؤولة عن تمثيل البروتين وفعالية إنزيم (dehydrogenase) ، ووجد إن ذلك مرتبط بالتأثير النوعي للصوديوم .

ب - تأثير الملوحة غير المباشر على النبات :

تؤثر الملوحة بشكل غير مباشر على النبات من خلال تأثير بعض الايونات سلبيا على صفات التربة (وسط نمو النبات)
ومن الأمثلة على ذلك هو تأثير الصوديوم على الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة : ومنها رفع درجة التفاعل باتجاه القلوية ، وخفض نفاذية التربة وضعف البناء وانخفاض حركة الماء بالتربة ، وهذه التأثيرات على صفات التربة تنعكس سلبا على نمو النبات بشكل سلبي .

مظاهر تأثير الملوحة على المحاصيل الزراعية :

إن المظاهر الناتجة من تأثير الملوحة على المحاصيل الزراعية كثيرة ومتنوعة وتختلف من محصول الى آخر ومن طور إلى طور آخر لنفس المحصول ويمكن إيجاز أهم هذه المظاهر بما يلي :

1 - فشل وتأخر عدد كبير من البذور على الإنبات ، وذلك لعدم كفاية امتصاص الماء اللازم للتشرب والانتفاخ للبذور وذلك بسبب ارتفاع الضغط الازموزي في محلول التربة .
2 – تؤثر الملوحة على حجم النبات حيث تحصل حالة تقزم للنباتات النامية في الظروف الملحية ، وينعكس ذلك على الحاصل كما ونوعا ، إضافة إلى تأثير الملوحة على الوراق حيث تسبب نقصان في حجم الورقة واحتراق أطرافها وخاصة السفلية .
3 – بسبب تأثير الملوحة على اختلال التوازن الغذائي في التربة والنبات وكذلك تأثير الملوحة على ظاهرة التفضيل للنبات في امتصاص العناصر الغذائية اللازمة له ، فان ذلك قد يسبب امتصاص بعض العناصر التي لا يحتاجها النبات وغير مرغوب بها من قبل النبات وتجمعها داخل جسم النبات مسببه الكثير من الأضرار ، ومن هذه الأضرار تغير مكونات النبات وبالتالي التأثير على نوعيته وقيمته الغذائية .

4 - حصول تغيرات مورفولوجيه وتشريحية عديدة على المحاصيل المتعرضة إلى تراكيز عالية من الأملاح ، مثال ذلك صغر الورقة وقلة عدد الخلايا فيها مع كبر حجم الخلية ، وزيادة سمك الورقة وصغر فتحات الثغور ، وزيادة نسبة الأزهار الذكرية بالمقارنة مع الأزهار الأنثوية ،وتغير لون الورقة إلى اخضر مزرق في الظروف الملحية .

تحمل المحاصيل للملوحة :

يسعى المختصون في مجال وراثة وتربية النبات إلى فهم طبيعة وميكانيكية تحمل المحاصيل للملوحة من اجل استخدام هذه المعطيات لإيجاد أصناف اقتصادية متحملة للملوحة ، ويعتبر هذا الأسلوب احد الأساليب الرئيسية للتعايش مع الملوحة وإدارة الترب الملحية .

من الناحية الفسيولوجية يعرف تحمل النبات للملوحة بأنه تجمع الايونات وتراكمها في جسم النبات دون ظهور أي تأثيرات سلبية على النمو والإنتاج .

أما من الناحية الزراعية فيقرر مدى تحمل المحصول للملوحة حسب ثلاثة معايير :

أ- قابلية المحصول للعيش في التربة الملحية .

ب- مدى تدهور حاصل المحصول في التربة الملحية .

ت- الحاصل النسبي للمحصول في التربة الملحية بالمقارنة مع حاصله في التربة غير الملحية وعند نفس ظروف النمو .

لذلك يعتبر المعيار الاقتصادي هو المعيار الأساسي وهو يشير إلى قابلية المحصول للنمو في الترب الملحية وإنتاج حاصل اقتصادي ، واعتبر الحاصل الاقتصادي هو الحصول على 50 % و أكثر بالمقارنة مع حاصل نفس المحصول النامي في تربة غير ملحية هذا بالنسبة للمحاصيل الحقلية والخضروات ، أما بالنسبة لأشجار الفاكهة فيعتبر الحاصل الاقتصادي هو 90 % و أكثر من الحاصل الذي يتم الحصول عليه في التربة غير الملحية .

ويعبر عن ملوحة التربة بالتوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة لطبقة الجذور .

المؤشرات المستخدمة لتحديد تحمل المحاصيل للملوحة :

في السنوات الأخيرة جرى إعادة النظر في تقييم المؤشرات والأسس المعتمدة لتقييم تحمل المحاصيل للملوحة ومنها :

1 - تحديد العوامل التي تؤثر على تحمل المحصول للملوحة : ويعني بذلك تحديد أي العوامل التي تؤثر بشكل أساسي على نمو النبات النامي في الظروف الملحية ، حيث وجد من نتائج عدة تجارب إن معظم المحاصيل الزراعية (باستثناء الأشجار) تتأثر بدرجة أساسية بالملوحة من خلال التأثير الازموزي ، بينما تتأثر الأشجار بدرجة رئيسية بالتأثير النوعي أو السمي لبعض الايونات الداخلة في تركيب الاملاح المكونة لملوحة التربة ، وبدرجة ثانوية بالتأثير الازموزي . لذلك عند تقييم مدى تحمل أي محصول زراعي يجب أن نعرف هل إن هذا المحصول حساس لايون معين أو انه يتأثر فقط بارتفاع الضغط الازموزي أو كليهما .

2 - تحديد كيفية قياس الملوحة والتعبير عنها : إن معظم البيانات المتوفرة حول تحمل المحاصيل للملوحة قد بنيت على أساس قيم التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة لطبقة الجذور .

السؤال الذي يطرح في الوقت الحاضر انه من أي عمق أو أي جزء من طبقة الجذور يجب اخذ النموذج الممثل للملوحة (الجزء العلوي أو الجزء السفلي أو الجزء الوسطي من طبقة الجذور) ؟

الجواب يرتبط بطبيعة توزيع الرطوبة في الأجزاء المختلفة العمق من طبقة الجذور ومدى استفادة النبات منها طالما إن توزيع الملوحة يرتبط بتوزيع الرطوبة .
أن أكثر المقترحات قبولا بهذا الخصوص هو مخطط استخدام النبات للرطوبة في طبقة الجذور الموضح في (الشكل 39 ص 190) . حيث يعتقد إن النبات يمتص حوالي 40% من الماء اللازم للنمو من الجزء العلوي ، و30 % من الماء من الجزء الوسطي - العلوي و20% من الماء من الجزء الوسطي السفلي والبافي 10 % من الماء يمتص من الجزء السفلي لمنطقة الجذور .
لذلك يعتقد (Bernestein , 1975) انه من الناحية التطبيقية إن ملوحة طبقة الجذور تتراوح من قيمة الملوحة في الجزء العلوي والتي تساوي تقريبا ملوحة ماء الري (خاصة في حالة الري المستمر ولسنين طويلة) إلى قيم ملوحة تزيد بعشر مرات أو أكثر عن هذه القيمة وذلك في أسفل طبقة الجذور (الجزء السفلي لطبقة الجذور) ،
لذلك يجب أن تكون عينة التربة الممثلة لملوحة طبقة الجذور لأي محصول بشكل أجزاء تتوزع نسبها حسب النسب المئوية لتوزيع امتصاص الرطوبة المشار إليها أعلاه .

3 - تحديد جزء النبات الممثل للملوحة : معظم البيانات المتوفرة حول تحمل المحاصيل للملوحة مبنية على أساس تأثير الملوحة على الحاصل ، ولهذا المؤشر أساس تسويقي واقتصادي ، إلا انه أحيانا يجرى تقييم تأثير الملوحة على الحاصل الأخضر فقط .

وحسب اعتقاد (Mass and Hoffman , 1976) إن مثل هذا المؤشر غير وارد ، وذلك لان كثير من المحاصيل يتأثر الحاصل بدرجة كبيرة بسبب زيادة الملوحة في التربة دون ملاحظة تأثير واضح على الحاصل الأخضر ومثال ذلك الذرة والرز و الطماطة ، بينما محاصيل أخرى يتأثر حاصلها الأخضر بشدة بالملوحة ولكن تبقى هذه المحاصيل تنتج حاصلا اعتياديا من الحبوب أو الألياف مثل الحنطة والشعير والقطن .

4 - تحديد مرحلة النمو الممثل لتأثير الملوحة على النبات : أشارت نتائج التجارب الحقلية إن المحاصيل يختلف تأثرها بالملوحة باختلاف طور أو مرحلة النمو ، مثال ذلك البنجر السكري حساس للملوحة في مرحلة الإنبات (4 - 6 ديسي سيمنز / م) ولكن يستطيع تحمل (2- 3) مرة أكثر من مستوى الملوحة المذكورة بعد تجاوز هذه المرحلة .

بينما محاصيل أخرى مثل الشعير والحنطة والرز تكون حساسة للملوحة في المراحل الأولى من فترة البزوغ و البادرات ، لذلك يجب اخذ مرحلة النمو او طور النمو ومدى حساسيته للملوحة بنظر الاعتبار عند تقييم مدى تحمل المحاصيل للملوحة .

5 - تحديد حساسية الأصناف المختلفة من المحصول للملوحة : العديد من الدراسات والتجارب أشارت إلى إن الأصناف المختلفة للمحاصيل الزراعية تختلف كثيرا من ناحية حساسيتها وتأثرها بالملوحة ، من هذه التجارب النتائج الموضحة في جدول (41 ص 192) التي تشير إلى اختلاف 17 صنف من الشعير لمستويات مختلفة من الملوحة في مرحلة الإنبات (الياسري والزبيدي ، 1978) . الأمر الذي يؤكد على أهمية اخذ الصنف بنظر الاعتبار عند تقييم مدى تحمل المحاصيل للملوحة .

إن جميع الأمور المذكورة أعلاه يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار عند تقييم مدى تحمل المحاصيل للملوحة ، إضافتا إلى إن هناك عوامل أخرى يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار مثال ذلك الظروف المناخية ، فالمناخ الجاف والحار يقلل من درجة تحمل المحصول للملوحة ، على العكس من المناخ البارد الممطر يزيد من مدى تحمل المحاصيل للملوحة .
كما إن إدارة التربة والمياه والتسميد لها دورا أساسيا في تحديد مدى تحمل المحاصيل للملوحة .

البيانات المتعلقة بتحمل المحاصيل للملوحة :

هناك عدد كبير من البيانات حول تحمل المحاصيل الزراعية للملوحة . وسوف نتطرق إلى أهم هذه البيانات والأسس التي اعتمدت عليها .

1) بيانات مختبر الملوحة الأمريكي :

تعتبر من أولى المحاولات في مجال تنظيم وترتيب المحاصيل الزراعية المختلفة بشكل شبه كمي (Semi quantative) . وقد رتبت المحاصيل حسب المجاميع الزراعية المعروفة (المحاصيل الحقلية ، محاصيل الخضروات ، محاصيل العلف ومحاصيل أشجار الفاكهة) ، ووزعت محاصيل كل مجموعة من هذه المجاميع إلى ثلاث مجاميع من ناحية تحملها للملوحة : قليلة التحمل للملوحة ، متوسطة التحمل للملوحة ، عالية التحمل للملوحة . حيث رتبت هذه المحاصيل بشكل عمودي بحيث تبدأ بالمحصول الأكثر تحملا للملوحة (أعلى العمود) وتنتهي بالمحصول الأقل تحملا للملوحة (أسفل العمود) ضمن كل مجموعة من هذه المجاميع المختلفة بدرجة التحمل . وثبتت قيم التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة لطبقة الجذور في أعلى وأسفل كل عمود من أعمدة كل جدول (باستثناء أشجار الفاكهة) ، ويعني ذلك إن المحصول المذكور عند قيمة التوصيل الكهربائي القريبة منه يمكن أن ينتج 50 % وأكثر من الناتج ، عند المقارنة بتربة غير ملحية في نفس ظروف النمو (جدول 43 ص 195) .

2) البيانات المقترحة من قبل برنشتاين :

قام برنشتاين سنة 1964 بتنظيم البيانات الخاصة بتحمل المحاصيل للملوحة بشكل مخططات بيانية ثلاث (شكل 40 ، 41 ، 42 ص 197 ، 198) حيث يمثل الشكل 40 تحمل المحاصيل الحقلية ويمثل المخطط 41 تحمل محاصيل العلف والمخطط 42 تحمل محاصيل الخضر للملوحة ، ورتبت المحاصيل في كل مخطط من هذه المخططات حسب درجة تحملها للملوحة (عموديا) تبدأ بالمحصول الأكثر تحملا (أعلى العمود) وتنتهي بالمحصول الأقل تحملا (أسفل العمود) ،
أما من الناحية الأفقية فيشير الخط الخاص بكل محصول إلى درجة تحمل المحصول وحسب قيم التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة لطبقة الجذور ، حيث وضعت علامات تشير إلى مدى فقدان الحاصل الذي يمكن أن يحدث في أي مستوى من مستويات الملوحة (الفقدان 10% والفقدان 25 % والفقدان 50 %) مقارنة بالحاصل في تربة غير ملحية وفي نفس الظروف .
تعتبر هذه البيانات أكثر تفصيلية من البيانات السابقة المقترحة من قبل مختبر الملوحة الأمريكي .

3) البيانات المقترحة من قبل ماس وهوفمان : (Mass and Hoffman 1976)

قام العالمان ماس وهوفمان في سنة 1976 بجمع جميع المعلومات والبيانات المتوفرة في العالم والمتعلقة بنتائج الأبحاث والتجارب الخاصة بتحمل مختلف المحاصيل الزراعية للملوحة ولفترة الثلاثين سنة محاولين تصنيفها وتوحيدها في مجاميع ، وتم الحصول على علاقات مهمة في هذا المجال واقترحا بيانات كمية حول مدى تحمل المحاصيل للملوحة والتنبوء بمدى الفقدان الذي يمكن أن يحدث في حاصل معظم المحاصيل إذا ما زرعت في ترب ذات مستويات مختلفة من الملوحة ، واستنتجا إن الحاصل النسبي (Relative yield) لمعظم المحاصيل يعتبر دالة خطية لقيم التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة لطبقة الجذور وذلك بعد تجاوز قيمة معينة للتوصيل الكهربائي خاصة بكل محصول أطلق عليها عتبة تأثير الملوحة على الحاصل (Threshold salinity value) وهي عبارة عن القيمة التي يبدأ بعدها حاصل المحصول بالانخفاض بتأثير الملوحة بشكل معنوي . وحصلا على حدود معينة تتوزع فيما بينها هذه الخطوط الممثلة لمختلف مجاميع المحاصيل الزراعية من ناحية حساسيتها للملوحة وبالشكل التالي : حساسة للملوحة ، متوسطة الحساسية للملوحة ، متوسطة التحمل للملوحة ومتحملة للملوحة .

وقد أصبح بالإمكان حساب قيم الحاصل النسبي للمحصول (Y) رياضيا عند أي مستوى من مستويات الملوحة (ECe) بالمعادلة الإحصائية التالية :

$$Y = \frac{100 (Eco - ECe)}{(Eco - EC_{100})}$$

حيث :

EC_{100} = قيمة التأثر بالملوحة (أي إن الحاصل النسبي عند هذه القيمة من التوصيل الكهربائي يكون مساويا إلى 100) .

ECe = قيمة التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة لطبقة الجذور التي عندها يكون الحاصل النسبي للمحصول مساويا صفر .

لقد عرض ماس وهوفمان أشكالا بيانية ل 61 محصولا زراعيا تبين العلاقة بين الحاصل النسبي لها والتوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة للتربة (الأشكال 43 ، 44 ، 45 ، 46 ، 47 ، 48 ، 49 ، 50) ص 200 ، 201 ، 202 ، 203 ، 204 ، 205 .

4) البيانات المقترحة من قبل كارتر (Carter 1981) :

لقد قدم كارتر بيانات حول تحمل المحاصيل الزراعية المختلفة للملوحة بشكل جداول توضح الحاصل النسبي للمحصول عند قيم التوصيل الكهربائي المختلفة وعتبة التأثر بالملوحة والنسبة المئوية لانخفاض الحاصل النسبي لكل زيادة وحدة واحدة من التوصيل الكهربائي (1 ديسي سيمنز / م) بعد عتبة التأثر بالملوحة . ووزعت المحاصيل على أربعة جداول تمثل المحاصيل الحساسة للملوحة والمحاصيل متوسطة الحساسية والمحاصيل متوسطة التحمل والمحاصيل المتحملة للملوحة على التوالي ، ورتبت المحاصيل في كل جدول حسب الحروف الأبجدية باللغة الانكليزية (جدول 44 ، 45 ، 46 ، 47) ص 206 ، 207 ، 208 .

تحمل المحاصيل الزراعية للصوديوم المتبادل :

يوضح الجدول (48 ص 210) المعلومات المتعلقة بمدى تحمل المحاصيل المختلفة للصوديوم المتبادل في التربة . وتعتبر هذه البيانات دليلا جيدا للتمييز بين المحاصيل الحساسة والمتحملة للنسب العالية من الصوديوم المتبادل بالتربة . ويجب أن تؤخذ هذه البيانات بنظر الاعتبار عند استغلال الأراضي ذات النسب العالية من الصوديوم المتبادل .

الأساليب المستخدمة لزيادة تحمل المحاصيل الزراعية للملوحة :

يمكن إيجاز أهم الأساليب المعتمدة لزيادة مقاومة المحاصيل الاقتصادية للملوحة : -

أ - إجراءات التربية والوراثة : تهدف هذه الإجراءات إنتاج سلالات لمحاصيل يمكن أن تنمو بشكل مقبول في الظروف الملحية ، عن طريق إحداث طفرات وراثية من خلال التربية وتزاوج الأصناف الاقتصادية غير المقاومة للملوحة مع أصناف عالية التحمل للملوحة للحصول على محاصيل زراعية اقتصادية متحملة للملوحة .

ويمكن اعتماد أساليب أخرى لإحداث الطفرات الوراثية من خلال استخدام الإشعاع في هذا المجال ، فقد أشارت (المولاوي ، 1980) إلى إن هناك جرعات محفزة لنمو الشعير والعصفر في الأوساط العالية الملوحة (خاصة الجرعات 5 - 10 كيلو راد)

ب - الإجراءات التطبيقية : ويقصد استخدام الإجراءات التطبيقية المبنية على الخبرة العلمية أو الخبرة المتوارثة في هذا المجال ، ويمكن أن نورد بعض الأساليب العلمية المستخدمة لزيادة تحمل المحاصيل الاقتصادية للملوحة .

1 - نقع البذور بمحاليل ملحية قبيل الزراعة : استخدم هذا الأسلوب من قبل العلماء الروس ، ومضمون هذا الأسلوب هو نقع البذور ولمدة ساعة أو أكثر بمحاليل ملحية (مثل كلوريد الصوديوم) وبتراكيز معتدلة (6 % ومن ثم زراعتها في الأراضي الملحية ، وأشارت نتائج بعض هذه البحوث إلى حصول زيادة تقدر ب (30 %) في حاصل الحنطة والقطن المزروعة في تربة ملحية نتيجة لمعاملات نقع البذور .

2- نقع البذور أو رش النباتات بمحاليل تحتوي على محفزات النمو أو الهرمونات :
وتتضمن نقع بذور المحاصيل بمحاليل بعض المواد (مثال سايكوسيل وحامض الكبريتيك وغيرها من المواد) ومن ثم زراعة البذور في ترب ملحية أو من خلال رش المحاصيل الزراعية المزروعة في الترب الملحية بمثل هذه المحاليل .

3 – التداخل بين التسميد والملوحة وعلاقة ذلك بتحمل المحاصيل الزراعية :
سبق الإشارة إلى إن احد تأثيرات ملوحة التربة على النبات يكمن في تأثير الملوحة على اختلال التوازن بين العناصر الغذائية وامتصاصها ، لذلك اقترح بعض الباحثين إلى تعديل هذا التوازن من خلال إضافة العناصر الغذائية بشكل سماد ، لذلك يعتقد إن إضافة الأسمدة الحاوية على العناصر الغذائية إلى التربة المالحة يمكن ان تلعب دورا في تعديل التوازن بين العناصر الغذائية وبذلك تزيد من قدرة النبات على تحمل الملوحة عند حدود معينة .
فقد أشار (الجنابي وآخرون 1987) إن إضافة الأسمدة النتروجينية والفوسفاتية إلى مستويات مختلفة من الملوحة للتربة أدى إلى تحسن في وزن المادة الجافة للجزء الخضري والجذور للذرة الصفراء وكذلك إلى زيادة امتصاص النتروجين والفسفور من قبل النبات ، من جهة أخرى فان إضافة هذه الأسمدة معا أدت إلى خفض تراكيز العناصر السمية للنبات مثل الكلور والصوديوم .
وهناك بحوث أخرى أشارت إلى إن إضافة البوتاسيوم إلى محاليل ملحية نمي فيها الشعير أدت إلى تعديل النسبة بين البوتاسيوم والصوديوم في هذه المحاليل وبالتالي أدت إلى زيادة امتصاص النتروجين من قبل النبات ، وكذلك أدت هذه الإضافة إلى زيادة كمية البروتين في الحبوب .
يجب التأكيد على إن التداخل الايجابي بين إضافة الأسمدة والملوحة يمكن أن يتحقق عند مستويات الملوحة غير العالية جدا ، أما عند المستويات العالية من الملوحة وعند سيادة تأثير الضغط الازموزي على النبات فان إضافة الأسمدة الكيميائية لا يحقق تأثيرا ايجابيا في زيادة تحمل المحاصيل للملوحة .

نوعية مياه الري

تعتبر مياه الري احد الموارد الطبيعية الأساسية والمهمة لعدد كبير من بلدان العالم وخاصة الواقعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، التي تعتمد على الزراعة الاروائية بشكل رئيسي . لذلك تعتبر نوعية مياه من الأمور الأساسية التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار عند التخطيط لاستخدام الموارد المائية في المجالات الزراعية .

تأثيرات الري على التربة :

إن إدخال الري في الزراعة يؤدي إلى تغيرات كثيرة ومتنوعة في التربة ، ويمكن أن نوجز أهم التأثيرات التي يمكن أن تجري في التربة عند استخدام الري في الزراعة بما يلي :

1 – الملوحة : كما اشرنا سابقا إن تراكم الاملاح في التربة يرتبط في كثير من الأحيان باستخدام الري في الزراعة ، وبشكل عام يزداد دور مياه الري في زيادة ملوحة التربة بزيادة كمية مياه الري المستعملة وبزيادة تركيز الاملاح ، ويمكن إيضاح العلاقة بين كمية الاملاح المتراكمة في طبقة الجذور وكمية مياه الري وملوحتها بالشكل (54 ص 225)

2 - القلوية والصودية : عند استخدام مياه ري ذات محتوى عالي نسبيا من الصوديوم يؤدي إلى زيادة النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) وتطور مشكلة الصودية ، الجدول (52 ص 226) يوضح التغير في قيمة النسبة المئوية للصوديوم المتبادل بعد عدة ساعات من استخدام مياه الري الحاوية على نسبة عالية نسبيا من الصوديوم .

3 - التغير في الصفات الكيميائية للتربة : مياه الري عند استخدامها الطويل الأمد يمكن أن تحدث تغيرات كيميائية في الجزء الصلب للتربة وفي محلول التربة ، ويمكن إيراد أمثلة على هذه التغيرات :

أ - تغيرات في قيمة الأس الهيدروجيني للتربة .

ب - تشبع معقد التبادل بكتيونات مختلفة .

ج - إذابة وترسيب بعض الاملاح والمعادن وخاصة الكلس والجبس .

د - تغير ظروف الأكسدة والاختزال في التربة .

4 - التغير في الصفات الفيزيائية للتربة : يمكن أن يحدث استخدام مياه الري تغيرات عديدة ومتنوعة في الصفات الفيزيائية للتربة ومنه التأثير على نسجه التربة ، من خلال نقل الترسبات الحاوية على دقائق الطين والغرين والرمل ، والتي تؤثر بدورها على نفاذية التربة وعلى سرعة الرشح ، وان قسم من التغيرات يمكن إن تكون نتيجة لبعض التغيرات الكيميائية التي تنعكس على الصفات الفيزيائية للتربة .

5 - التغير في الصفات الخصوبية والصفات الحيوية للتربة :

هناك تغيرات كثيرة في الصفات الخصوبية والصفات الحيوية بسبب الاستخدام الطويل لمياه الري ، ويمكن أن نوجز أهم هذه التغيرات بما يلي :

أ - عمليات نقل الطمى مع مياه الري للترب المروية يؤدي الى زيادة احتياطي العناصر الغذائية في التربة .

ب - تسبب مياه الري غسل بعض العناصر الغذائية من طبقة الجذور باتجاه الآفاق السفلى للتربة .

ج - يحتمل أن تنقل مياه الري في بعض الأحيان عناصر سمية وملوثة للتربة مثل البورون .

د - استخدام مياه الري يمكن أن يوفر بيئة مناسبة لبعض الأحياء الدقيقة وغير مناسبة لإحياء أخرى .

هـ - تغير ظروف الأكسدة والاختزال بالتربة بسبب الري يؤدي ال حدوث تغيرات في جاهزية بعض العناصر الغذائية .

العوامل المحددة لصلاحية مياه الري :

1 - التربة : يمكن ان تكون نفس مياه الري صالحة لري هذه التربة وغير صالحة لتلك التربة ، وذلك اعتمادا على الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة ومنها:

أ- **نسجة التربة** : تؤثر نسجة التربة في تحديد صلاحية مياه الري من خلال علاقتها بالنفاذية وحركة الاملاح ، فيمكن ان تستخدم مياه مالحة نسبيا في الترب الرملية وذلك لقابليتها العالية على مرور المياه والأملاح خلالها ، بينما يتعذر استخدامها في الترب الطينية والتي قد تسبب حالة تراكم الاملاح في هذه الترب

ب- **بناء التربة** : يؤثر تركيب التربة في تحديد صلاحية المياه ، وذلك من خلال دوره في سرعة الرشح والنفاذية والتوصيل المائي وتكوين القشرة على سطح التربة

ت- **السعة التبادلية الكتيونية :** السعة التبادلية لها دور في تحديد القابلية التنظيمية للتربة بالنسبة للكاتيونات المحمولة مع مياه الري من خلال عمليات التبادل الكتيوني التي تجري بين الكتيونات المتبادلة في التربة والكتيونات المحمولة مع مياه الري ، فقد تقلل الكاتيونات المتبادلة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم من مخاطر القلوية والصودية عند السقي بمياه تحتوي على الصوديوم وذلك من خلال امتزاز الصوديوم عل سطح معقد التبادل واستبداله بايون الكالسيوم الذي يعمل على ترسيب الكاربونات التي كانت مرتبطة بالصوديوم ، إلا إن استمرار تشبع معقد التبادل بالصوديوم ولفترة طويلة يؤدي إلى تدهور التربة .

ث- **وجود الكلس والجبس في التربة :** يوجد الكلس والجبس بنسبة عاليه نسبيا في معظم الترب الواقعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، ويلعب هذين المركبين دورا في منع او تقليل مخاطر القلوية والصوديه عند سقي التربة بمياه حاوية على تراكيز عاليه من الصوديوم .

2 - المحصول : تختلف المحاصيل الزراعية من ناحية تحملها للملوحة ، لذلك فان نوع المحصول هو الذي يقرر مدى صلاحية مياه الري ، فمياه الري غير المناسبة لري بعض المحاصيل الحساسة للملوحة يمكن أن تعتبر صالحة لمحاصيل أخرى متحملة نسبيا للملوحة .

3 - الظروف المناخية : تشمل الظروف المناخية ، درجات الحرارة ، **الأمطار الساقطة** سنويا ، سرعة الرياح والتبخر . **إن** هذه العوامل تحدد ما يسمى بالتبخر – النتح (الاستهلاك المائي) للمحصول ، ففي الظروف المناخية التي يكون فيها الاستهلاك المائي عالي ، نتجنب استخدام مياه ذات ملوحة عالية ، **لان** هذه الظروف نحتاج **إلى** كميات كبيرة من مياه الري لسد حاجة النبات ومتطلبات التبخر ، وبالتالي فان هذه الكيات الكبيرة من المياه ستنقل معها كميات كبيرة من الاملاح .كما **إن كثرة الأمطار** تقلل من كمية مياه الري المستعملة وكذلك من كمية متطلبات الغسل ،**كما** إنها **تلعب دورا في غسل الاملاح المتراكمة في التربة ، لذلك** ففي الظروف التي يضطر فيها استخدام مياه ري ذات ملوحة عالية نسبيا ، ينصح عادة استخدامها خلال فترة **سقوط الأمطار** وذلك للتقليل من اثر ملوحة مياه الري على النبات .

إدارة الري والبزل :

إن استخدام طرق الري المناسبة لكل تربة ولكل محصول تساعد في تقرير مدى صلاحية مياه الري ، مثال ذلك استعمال طريقة الري بالرش في حالة المياه العذبة **ويمكن أن** يسمح باستخدام المياه المالحة بواسطة الري بالتنقيط عند شحة المياه وخصوصا في الترب الرملية والترب المجهزة بشبكات بزل فعالة ، في الوقت الذي نتجنب فيه استخدام المياه المالحة نسبيا عند عدم توفر شبكات البزل **لان ذلك ممكن أن** يؤدي **إلى تراكم الاملاح وتحول الترب المستغلة إلى** ترب ملحية .

نوعية مياه الري :

إن معرفة نوعية مياه الري يساعدنا في اتخاذ القرار في إمكانية استخدامها **لإغراض الري ، وكذلك معرفة مدى** تأثيرها على التربة ونمو النبات ، ويمكن الحكم على نوعية المياه **لإغراض الري من خلال إجراء** التحليل **المختبري** للمياه ، وعلى ضوء بعض المؤشرات يقرر صلاحية المياه **لإغراض** الري ، وتختلف هذه **المؤشرات باختلاف طرق التصنيف** المستخدمة .

إن معظم طرق التصنيف لمياه الري تعتمد المؤشرات التالية لتحديد نوعية مياه الري :

1 – الكمية الكلية للأملاح الذائبة ذات العلاقة بمخاطر الملوحة : تكمن أهمية هذا المؤشر في انه يعكس لنا مدى ما تحمله مياه الري من **أملاح ذائبة إلى الأراضي** المروية ودور هذه الاملاح في رفع الضغط الازموزي لمحلول التربة وتدهور صفات التربة ، وذلك لما تحتويه هذه المياه من ايونات أحادية وثنائية وان اختلفت مصادرها . ويمكن **أن** يعبر عن الكمية الكلية **للأملاح** في مياه الري بمجموع **المواد الذائبة (TDS) والتي سبق شرح** طريقة تقديرها (طريقة التجفيف) وتقدر بوحدات (PPM = mg / L) ، **وتعتبر الوحدة (ملغم / لتر) أكثر** دقة لأنها **تعبر عن وزن الاملاح في وحدة حجم من** المحلول ، وقد استخدمت وحدة التوصيل الكهربائي للتعبير عن الكمية الكلية **للأملاح** في مياه الري **بوحدات** (ديسي سيمنز / م) ، ومن خلال اختبار العلاقة بين التوصيل الكهربائي والضغط الازموزي لعدد كبير من المياه وجدت **العلاقة** التالية :

الضغط الازموزي (bar) = 0.36 * EC (ds / m)

ويمكن تحويل قيم التوصيل الكهربائي **إلى** قيم (TDS) في مياه الري من خلال العلاقة التالية :

TDS (mg / L) or (ppm) = 640 * EC (ds / m

TDS (%) = 0.64 * EC (ds / m)

أما بالنسبة لتصنيف مياه الري من ناحية الكمية الكلية **للأملاح** الذائبة ، فقد اقترحت مديات متعددة لتحديد نوعية وصلاحية المياه **لإغراض الزراعة ، ومن** أهم طرق التصنيف **الأكثر** استعمالا في هذا المجال هي :

أ - تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي :

يوضح الجدول (53 **ص** 234) تصنيف مياه الري بالنسبة لمخاطر الملوحة حسب مختبر الملوحة الأمريكي ويوضح الجدول (54 **ص** 235) التحوير المقترح على (الجدول 53)

ب - التصنيف الروسي لمياه الري من ناحية مخاطر الملوحة :

يوضح الجدول (55 **ص** 235) تصنيف مياه الري حسب هذا التصنيف وفيه اعتمد كمية الاملاح الذائبة (غرام / لتر) مقابل مدى صلاحية المياه ضمن كل مستوى من هذه المستويات .

ج - تصنيف شمال أفريقيا لمياه الري بالنسبة لمخاطر الملوحة :

لقد اخذ هذا التصنيف بنظر الاعتبار ظروف التربة (نسجة التربة) ونوع المحصول عند تصنيف صلاحية مياه الري وكما هو موضح في (الجدول 56 **ص** 236) .

من خلال هذا الاستعراض لتصنيف مياه الري ان كل من هذه التصنيف يمكن **أن** تصلح دليلا وليس كقاعدة عامة تصلح لجميع **الظروف** . حيث يظهر في الظروف السائدة في أمريكا **إن حوالي 90%** من مياه الري **اقل من** 2250 مايكرو موز / سم ، لذلك فانه لا توجد هناك حاجة لاستعمال المياه المالحة للري ، على **عكس الحال في بلدان شمال** أفريقيا التي تكون فيها معظم مصادر المياه تحتوي على كمية عالية نسبيا من **الاملاح** ، ونفس الشئ ينطبق بالنسبة للاتحاد السوفيتي .

2 - التركيب الكيميائي لمياه الري :

بالرغم من إن جميع مكونات مياه الري تعتبر ذات أهمية في تحديد نوعية مياه الري وصلاحيتها للزراعة ، **إلا إن** التركيز قد جرى على ايونات الصوديوم ، **وذلك** لتأثيره **السمي المباشر على النبات بالإضافة إلى** خطر الصودية والقلوية في التربة ، واقترحت عدة صيغ للتعبير عن خطورة الصوديوم ومنها :

أ – اقترح سكوفيلد مصطلح النسبة المئوية للصوديوم الذائب وتحسب بالشكل التالي :

$$\text{النسبة المئوية للصوديوم الذائب} = \frac{\text{تركيز الصوديوم (ملي مكافئ / لتر)}}{\text{مجموع تركيز الكاتيونات (ملي مكافئ / لتر)}} * 100$$

واعتبرت المياه غير صالحة **لإغراض الري إذا** كانت هذه النسبة **أكثر من** 60 % .

ب - استخدم في الهند مصطلح آخر اطلق عليه (المؤشر الملحي) Salt index لتقييم نوعية مياه الري من ناحية مخاطر الصوديوم ويساوي :

المؤشر الملحي = (تركيز الصوديوم - 24.5) - (مجموع الكالسيوم - الكالسيوم المرتبط بالكاربونات) * 485

واعتبرت المياه صالحة لإغراض الري إذا كانت قيمة المؤشر الملحي قيمة سالبة ، أما إذا كانت القيمة موجبة ، فتعتبر المياه غير صالحة لإغراض الري .

ج - اعتمدت النسبة بين مجموع (الكالسيوم + المغنيسيوم) إلى الصوديوم في الاتحاد السوفييتي ، ويرمز لهذا المؤشر ب (X) الذي يساوي :

$$X = \frac{Ca + Mg \quad gm / L}{Na \quad gm / L}$$

فالماء الصالح لإغراض الري والغسيل ولا يسبب مخاطر الصودية هو الماء الذي تكون فيه X > 0.23 ، بينما الماء الغير صالح لإغراض الري ، تكون فيه قيمة X < 0.23 C ، علما ان (C) تعني التركيز الكلي للأملاح في مياه الري مقدرا بالغرام / لتر .

د - اقترح العاملون في مختبر الملوحة الأمريكي اعتماد مصطلح (نسبة امتزاز الصوديوم) كمؤشر للتنبؤ بخطورة الصودية لمياه الري والذي يساوي :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg) / 2}}$$

وتعتبر قيمة أل (SAR) من القيم الأكثر تطبيقا في تقييم نوعية مياه الري في الوقت الحاضر ،

لقد تم تصنيف مياه الري حسب قيمة نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) من ناحية مخاطر الصودية ، معتمدين بشكل أساسي على تأثير الصوديوم المتبادل على الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة ونمو النبات ، (جدول 57 ص 241)

خطر البيكاربونات :

تؤثر البيكاربونات على التربة والنبات بطرق مختلفة ، لذلك تعتبر احد عوامل التركيب الكيميائي الداخلة في تقييم نوعية مياه الري ، حيث يؤدي وجود تراكيز عاليه من هذه الايونات إلى ترسيب الكلس في التربة وبالتالي تؤدي إلى تغير قيم نسبة امتزاز الصوديوم .

اقترح (Eaton 1950) مصطلح لتقييم نوعية مياه الري من ناحية محتواها من الكاربونات والبيكاربونات وأطلق عليه (Residual Sodium Carbonate) ويرمز له (RSC) كمعيار لتقييم نوعية مياه الري والذي يساوي :

$$RSC = (CO3 + HCO3) - (Ca + Mg) \quad == \quad meq / L$$

عند اقتراح هذه المعادلة اخذ بنظر الاعتبار الأساس الكيميائي التالي : وهو إن ايونات الكاربونات والبيكاربونات أول ما ترتبط عند ترسيبها بايونات الكالسيوم والمغنيسيوم ، وبعد ذلك يرتبط الجزء المتبقي من الكاربونات والبيكاربونات مع الصوديوم لتكوين كاربونات الصوديوم الحرة (Na_2CO_3) .

المياه المحتوية على أكثر من 2.5 ملي مكافئ / لتر من الكاربونات المتبقية (RSC) لا تعتبر صالحة لإغراض الري ، والمياه المحتوية على (1.25 - 2.5) ملي مكافئ / لتر من الكاربونات المتبقية تعتبر مياه هامشية ، أما المياه التي تقل فيها قيمة (RSC) عن (1.25) ملي مكافئ / لتر تعتبر مياه صالحة لإغراض الري .

خطر الكلوريد :

بالرغم من إن الكلوريدات لم تدخل كمؤشر في معظم طرق التصنيف لمياه الري وذلك لان ليس لها تأثير سلبي معين على الصفات الفيزيائية للتربة ، الا ان وجود كميات كبيرة من هذا الايون في مياه الري ربما يسبب تأثيرا سميا لبعض المحاصيل الزراعية وأشجار الفاكهة .

لقد اقترح (Doneen 1964) مصطلح الملوحة الكامنة (Potential Salinity) لمياه الري ، يأخذ بنظر الاعتبار الكلوريدات حيث :

الملوحة الكامنة = تركيز ايون الكلوريد + 1 /2 تركيز الكبريتات (ملي مكافئ / لتر) .

واعتبرت قيم الملوحة الكامنة : (5 – 20) و (3 – 15) و (3 – 7) ملي مكافئ / لتر لمياه الري المناسبة للترب ذات النفاذية الجيدة والمتوسطة والواطئة على التوالي .

محتوى العناصر الثانوية التي تسبب مخاطر السمية :

البورون من بين أهم العناصر الثانوية في تصنيف مياه الري وتقييم نوعيتها ، وذلك لأنه كثير من مياه الري تنقل كميات كبيرة من البورون إلى الترب المروية خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، بالإضافة إلى إن المدى بين حدود الكفاية والسمية لهذا العنصر بالنسبة لمعظم المحاصيل الزراعية ضيقة جدا .

ويتضح من الجدول (59 ص 247) الحدود المسموح بها للبور ون في مياه الري ولمختلف المحاصيل الزراعية .

أنظمة تصنيف مياه الري :

المقصود بنظام تصنيف المياه ، النظام الذي يستخدم فيه أكثر من مؤشر أو معيار لغرض الحصول على أصناف أو أنواع معينة من مياه الري تختلف من ناحية النوعية التي تعكس لنا مدى صلاحية هذه المياه لإغراض الري .

ومن أهم الأنظمة المقترحة لتصنيف مياه الري هي :

1 - نظام تصنيف المياه المقترح من قبل مختبر الملوحة الأمريكي :

ويعتبر من أكثر الأنظمة استعمالا في العالم ، حيث يأخذ بنظر الاعتبار المؤشرين الأساسيين لتقييم المياه وهما :

التركيز الكلي للأملاح معبرا عنها بالتوصيل الكهربائي (مايكرو موز / سم) ، ونسبة امتزاز الصوديوم (SAR).ولقد ربط هذا النظام بين هذين المؤشرين للحصول على مخطط يضم 16 صنفا مختلفا لمياه الري (شكل 59 ص 248) ، وان أصناف المياه بالنسبة للملوحة (C) ، وأصناف المياه بالنسبة لمخاطر الصوديوم هي (S) ، وان زيادة الرقم المرافق لكل من (C) ، (S) تعني زيادة خطورة الملوحة وخطورة الصودية في مياه الري على التوالي .

ويلاحظ من المخطط إن الخطوط المستقيمة لقيم (SAR) ذات الانحدار السالب ، قد رسمت طبقا لمعادلات التبادل الكتيوني مع الأخذ بنظر الاعتبار تأثير التخفيف – الشحنة (Valence dilution effect) الذي ينص على انه في حالة التبادل بين كاتيونين مختلفي الشحنة مثل (Ca ، Na) في نظام التربة – محلول ، فان التخفيف يسبب زيادة سرعة تشبيع معقد التبادل بالكتيون الثنائي الشحنة بالمقارنة مع الكتيون الأحادي الشحنة ، وعند زيادة تركيز المحلول يجري العكس أي زيادة سرعة تشبيع معقد التبادل الكتيوني بالكتيون الأحادي الشحنة بالمقارنة مع الكتيون الثنائي الشحنة ، لذلك فان زيادة ملوحة مياه الري من صفر إلى 5000 مايكرو موز / سم يؤدي إلى زيادة سرعة تشبع معقد التبادل بالصوديوم بالمقارنة مع الكالسيوم ، بعبارة أخرى زيادة خطورة الصوديوم في مياه الري ، لذلك نلاحظ من المخطط إن نوعية مياه الري ذات نسبة صوديوم (SAR) معينة يمكن أن تتغير هذه النوعية (من ناحية مخاطر الصوديوم) طبقا لقيمة التوصيل الكهربائي لمياه الري .

مثال ذلك في حالة مياه الري ذات (SAR) مساوية ل 9 تصنف عندما يكون التوصيل الكهربائي لها لحد (168) مايكرو موز / سم كمياه من نوع (S 1) ، وتكون من نوع (S2) عندما يكون التوصيل الكهربائي لها من (168) ولغاية (2250) ، وعندما يكون التوصيل الكهربائي لها أكثر من (2250) مايكرو موز / سم تكون المياه من نوع (S3) ، لذلك فان الخطوط رسمت بشكل انحدار سالب ليأخذ بنظر الاعتبار حقيقة إن خطورة الصوديوم تزداد بزيادة ملوحة مياه الري .

طريقة استخدام المخطط لتحديد نوعية مياه الري :

لغرض تحديد نوعية مياه الري بواسطة المخطط المقترح ، يجب إتباع الخطوات التالية :

1) قياس التوصيل الكهربائي لمياه الري ، ويعبر عن هذه القيمة بوحدات المايكرو موز / سم (1 / 1000 ديسي سيمنز/ م) .

2) تقدير تركيز كل من ايونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم في مياه الري معبرا عنه بوحدات الملي مكافئ / لتر .

3) حساب قيمة نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) حسابيا بواسطة الصيغة التالية :

$$SAR = \frac{Na \ meq / L}{\sqrt{(Ca + Mg) / 2 \ meq / L}}$$

4) يتم تحديد صنف المياه بواسطة مخطط تصنيف المياه وذلك بعد تأشير كل من قيمة (SAR) على الاحداثي الرأسي وقيمة التوصيل الكهربائي على الاحداثي الأفقي ، ثم إنزال خطوط عمودية ، نقطة التقائهما سوف تقع في احد أصناف المياه . وبذلك نستطيع التعبير عن نوعية المياه بالرمزين CS . والتي بواسطتهما يمكن الحكم على صلاحية هذه المياه لإغراض الري ، آخذين بنظر الاعتبار نوع المحصول الزراعي وطبيعة التربة المستغلة .

الاعتراضات على مخطط تصنيف المياه لإغراض الري :

بالرغم من أهمية ودور هذا المخطط في تحديد نوعية مياه الري ، إلا انه تظهر بعض الاعتراضات على استخدام هذا المخطط وكذلك تظهر اقتراحات تطويره ، ويمكن ليجاز أهم الاعتراضات بما يلي :

1 # إن العلاقة بين التوصيل الكهربائي (EC) ونسبة امتزاز الصوديوم (SAR) في هذا المخطط مبالغ فيها ، خاصة بالنسبة لمياه الري ذات الملوحة الواطئة ، ومن الأمثلة على ذلك إن مياه الري التي يكون التوصيل الكهربائي فيها (100 مايكروموز / سم) فإنها تصنف ضمن S1 إذا كان تركيز الصوديوم (22.5) جزء بالمليون و S2 إذا كان تركيز الصوديوم (22.5 – 22.8) جزء بالمليون و S3 إذا كان تركيز الصوديوم يتراوح (22.8 – 22.9) جزء بالمليون وS4 إذا كان تركيز الصوديوم أكثر من (22.9) جزء بالمليون ، وهذا يشير إلى انه بالرغم من إن مؤشر خطورة الصوديوم (SAR) يختلف بشكل معتبر إلا إن الاختلاف في قيمة تركيز الصوديوم قليل جدا ومن المحتمل أن يقع ضمن الخط التجريبي (التحليلي) .

2 # قسم من مياه الري الحاوية على البيكاربونات لها ميل لترسيب جزء من الكالسيوم والمغنيسيوم بشكل كاربونات الكالسيوم والنغنيسيوم عند تماسها بالتربة ، عندئذ تختلف في قيمة امتزاز الصوديوم (SAR) وكذلك في ملوحة مياه الري . الأمر الذي يجب أخذه بنظر الاعتبار عند حساب قيمة امتزاز الصوديوم لمثل هذه المياه .

3 # من المعلوم إن مياه الري ذات الملوحة الواطئة والتركيز العالي نسبيا من الصوديوم يمكن أن تستخدم إذا ما أضيف الجبس إلى المياه أو التربة المروية ، إلا إن مخطط الملوحة لم يعطي فكرة حول هذا الموضوع ، وبالتالي فان هذا المخطط بحاجة إلى ثمة إعادة نظر يجب أن تجرى له ليكون أكثر صلاحية للاستخدام .

2 - نظام منظمة الغذاء والزراعة الدولية لتقييم نوعية مياه الري :

قام الباحثان (Ayers and Westcot , 1976) بنشر دليل لتقييم نوعية مياه الري وتصنيفها للأغراض الزراعية ، آخذين بنظر الاعتبار جميع تأثيرات مياه الري على التربة والنبات ، ونوعية الأطيان

السائدة في التربة عند تقييم خطر الصوديوم على التربة ، ووجه الانتباه في هذا الدليل على المخاطر الخاصة لبعض مكونات مياه الري .

وقد اعتمد المؤشرات التالية لتقييم نوعية مياه الري وهي :

أ - الملوحة : لقد أعتبر ملوحة التربة من أهم المؤشرات المحددة لنوعية مياه الري ، وترتبط ملوحة التربة بملوحة مياه الري المستخدمة ، حيث يحصل تراكم للأملاح في منطقة الجذور إذا كانت ملوحة مياه الري عالية نسبيا ، وعندما يصل تركيز الاملاح المتراكمة إلى مستوى معين فإنها تبدأ بالتأثير السلبي على نمو النبات .

ب - النفاذية : في حالة احتواء مياه الري على أملاح معينة يمكن أن تسبب مشاكل لنفاذية الترب المروية بها لفترة طويلة وخصوصا أملاح الصوديوم وعدم احتواءها على تراكيز عالية نسبيا من الكالسيوم . وبالتالي قد تسبب تدهور نفاذية التربة مع الزمن ، وبالتالي يؤثر ذلك على نمو النبات من خلال تدهور تهوية التربة ، لذلك فقد اعتمد هذا الدليل على قيمتين لتقييم هذا المؤشر وهما الملوحة ونسبة امتزاز الصوديوم مع الأخذ بنظر الاعتبار نوع المعدن الطيني السائد في التربة المروية .

ج - مشكلة السمية : تحدث مشكلة السمية في النبات عندما يمتص النبات عناصر معينة لا يحتاجها او يحتاجها بكميات قليلة ، مثل ايونات الصوديوم والكلور والبورون .

د - مشاكل وتأثيرات أخرى : هناك مشاكل وتأثيرات متنوعة ترتبط بنوعيات مياه الري ومنها :

- النمو الخضري الزائد والاضطجاع وتأخر نضج المحصول الناتج من التراكيز العالية للنتروجين في مياه الري .
- ظهور بعض البقع البيضاء على أوراق بعض المحاصيل بسبب الري بالرش بمياه حاوية على تراكيز عاليه نسبيا من البيكاربونات .
- بعض مظاهر النمو غير الطبيعية بسبب قيم الأس الهيدروجيني غير الملائمة في مياه الري ، لذلك استخدم الدليل تركيز النترات أو تركيز الامونيوم وتركيز البايكاربونات في تقييم هذه المشاكل بالإضافة إلى تقدير الأس الهيدروجيني في تقييم المشكلة الأخيرة . ويعرض في (الجدول 60 ص 257) خلاصة دليل نوعية مياه الري للاستعانة بها في تحديد نوعية المياه .

الافتراضات التي استخدمت في الدليل :

لهذا الدليل تغطية مجال واسع في ظروف الزراعة الاروائية وربط المفاهيم الجديدة لعلاقات التربة – الماء – النبات بشكل جيد ، وان هذا الدليل والبيانات المستخدمة فيه يحتمل أن تكون بحاجة إلى تطوير وتحوير لتكون مناسبة لظروف زراعية معينة إذا تطلب الأمر ، ونوجز أهم الافتراضات بما يلي :

أ - استخدام المياه : يفترض إن نسجة التربة مزيجة رملية – مزيجة طينية وتتصف ببزل داخلي جيد ، أما بالنسبة للمناخ فيفترض أن يكون شبه جاف وكمية الأمطار السنوية المؤثرة قليلة . ويفترض أن يكون الماء الجوفي عميقا ، وهذا الدليل يفترض انه عند توفر مثل هذه الظروف يجب أن تحقق على إنتاج للمحاصيل الزراعية خاصة في حالة (لا توجد مشكلة) ، وفي حالة ظهور (زيادة في المشكلة) فيجب استخدام محاصيل زراعية متحملة للملوحة من اجل الحصول على إنتاج مناسب .

ب - طريقة وتوقيت الري : يفترض عند استخدام بيانات دليل نوعية المياه ، أن تكون طرق الري المستخدمة هي طرق الري السطحي والري بالرش ، كما يفترض الدليل إن 15% من كمية الماء المضاف يجب أن تترشح وتتحرك أسفل طبقة الجذور كمتطلبات غسل .

ج - امتصاص الماء من قبل المحاصيل : يفترض في دليل نوعية مياه الري **إن المحصول** يستطيع امتصاص الرطوبة المتيسرة من **أي منطقة من طبقة الجذور ، وافترض إن** المحصول لا يمتص **الرطوبة بشكل متساوي من طبقات أو أجزاء منطقة الجذور ، كما سبق الإشارة** إليها في توزيع المحتوى **الرطوبي ، وان ملوحة التربة تزداد مع العمق ، وتكون أعلى في الجزء السفلي من طبقة الجذور ، وان المحصول يتأثر بملوحة الجزء العلوي من طبقة الجذور بدرجة اكبر بالمقارنة مع الملوحة في الجزء السفلي لطبقة الجذور .**

د - درجة المشكلة : إن التقسيمات ذات العلاقة بدرجة المشكلة المذكورة في جدول دليل نوعية المياه هي ذات حدود ليست حديه جدا ، وقد يصل التغير بمقدار **10 – 20 % فوق أو أسفل** قيم دليل نوعية المياه مقبولة .

إن دليل نوعية المياه يمكن **أن يكون أكثر** ملائمة للظروف المحلية **إذا ما توفرت** تجارب علمية وحقلية كافية وملاحظات مستمرة حول الظروف المناخية وطبيعة المحصول .

سمية العناصر الثانوية :

تناول دليل نوعية مياه الري المشاكل الناتجة من سمية بعض العناصر الدقيقة ، حيث **إن بعض العناصر** الثانوية تسبب سمية لعدد كبير من المحاصيل الزراعية **إذا** ما وجدت في مياه الري بتراكيز عاليه نسبيا ويوضح (الجدول **61 ص 260**) الحدود العليا الموصى بها لتراكيز العناصر الثانوية في مياه **الري .**

نوعية مياه الري في العراق :

تعتبر مياه دجلة والفرات وروافدهما المصادر الرئيسية لمياه الري في العراق ، وان الدلائل التاريخية تشير **إلى إن** نوعية مياه دجله والفرات كانت ذات نوعية جيدة ، **إن الدراسات المتكاملة والمسح** الشامل لمياه الري بدء سنة 1966 ، حيث جرى مسح لتحديد نوعية مياه الري في العراق من قبل حنا **وطالباني (1970)** مستخدمين التصنيف المقترح من قبل مختبر الملوحة الأمريكي **كأساس** لتصنيف هذه المياه . ولمواقع مختارة واقعة على نهري دجلة والفرات وشط العرب وديالى ، والموضحة في (**جدول 64 ص 263**) ، ويظهر من نتائج هذا الجدول والتي أجريت **قبل** أربعين سنه **إن** معظم مياه الري في العراق تتراوح من ناحية النوعية بالنسبة لمخاطر الملوحة **(C3 - C2) وبالنسبة** لمخاطر الصودية **(S1) . ومن المؤكد إن** نوعية المياه لهذين النهرين قد تدهورت بشكل كبير خلال **السنوات** الأخيرة **وخصوصا في المناطق الجنوبية من القطر ،** ومن أهم **أسباب ذلك** هو تلوث المياه بواسطة مياه البزل ونواتج الصناعة **والأعمال** المدنية ، **أي إن** هناك اتجاه لزيادة الملوحة كلما **تقدمنا** من بداية دخول النهرين في العراق والى البصرة وشط العرب وكما هو موضح في الشكل **(61 ص 264)** . ويوضح (الجدول **65 ص 265**) تقييم لنوعية مياه الري في العراق من ناحية مخاطر **الملوحة وحسب النظام** الأمريكي **والذي اجري عام 1983** ، ومنه يتضح ان جميع مياه الري في العراق **تقع ضمن الصنف (S1) .**

استخدام المياه المالحة لإغراض الري :

إن كثير من المحاصيل وخاصة المتحملة للملوحة تستطيع تحمل مستويات عاليه نسبيا من ملوحة مياه **الري ، خاصة إذا** تحققت حالة مستويات عاليه من الاتزان بين ملوحة ماء الري وملوحة محلول التربة لطبقة الجذور ، ويلعب دورا في ذلك خصائص التربة المستغلة التي لا تسمح بتجمع الاملاح وتراكمها **في طبقة الجذور .**

ومما يساعد في تحقيق ذلك هو **الإدارة** الحسنة للتربة والمياه وتوفر البزل الطبيعي **أو الاصطناعي** وخصائص النفاذية العالية والنسجة الخفيفة ، وفي مثل هذه الظروف يمكن استخدام مياه ري

بمستويات تصل ملوحتها إلى 5 ديسي سيمنز / م ، وهناك كثير من المحاصيل تتحمل مثل هذه الظروف ، وفي حالة عدم توفر هذه الظروف التي تمنع تراكم الاملاح وتجمعها في التربة ، فان استخدام المياه المالحة يؤدي إلى فشل معظم المحاصيل وتدهور صفات التربة وذلك بسبب تراكم الاملاح ورفع الضغط الازموزي لمحلول التربة إلى مستوى لا تستطيع هذه المحاصيل تحمله .

في العراق تشير نتائج بعض الأبحاث إلى استخدام المياه المالحة بنجاح في كثير من المواقع في وسط وجنوب العراق ، ومثال ذلك استخدام مياه الآبار المالحة التي تصل ملوحتها إلى (12000 جزء بالمليون) في بعض الأحيان في منطقة الزبير وذلك لري محصول الطماطة في الترب الرملية في هذه المنطقة ، وعدد كبير آخر من التجارب التي تؤكد إمكانية استخدام هذه النوعيات من المياه ولعدد من الأنواع والأصناف النباتية وباعتماد بعض تقنيات الري الحديثة منها الري بالتنقيط والري بالمرور ، مع إمكانية السيطرة على الملوحة من خلال الإدارة الجيدة للري باستخدام كميات كافيه من المياه مع حسن التوزيع ، وتوفير بزل طبيعي أو اصطناعي جيد وإضافة متطلبات الغسل تضمن غسل الاملاح المتراكمة في التربة خلال الموسم الزراعي . وقد اقترح المخطط المعروض في (الشكل 64 ص 290) لحساب متطلبات الغسل عند استخدام المياه المالحة .

استخدامات المياه المالحة لإغراض الغسل والاستصلاح :

لغرض إجراء عمليات غسل الاملاح يتطلب كميات كبيرة من المياه ربما لا تكون متوفرة في حينه لذلك توجه العمل نحو البحث عن مصادر مياه جديدة لسد هذه الحاجة ، لذلك بدأت محاولات عديدة لاستخدام المياه المالحة (مياه البزل ومياه البحر والمياه الجوفية) من خلال الاستعمال المباشر لها او من خلال تخفيفها بالمياه العذبة .

وهناك اتجاهين رئيسيين لاستخدام المياه المالحة :

أ- مجال استصلاح الترب الصودية والقلوية : إن احد العوامل المحددة لاستصلاح

الترب الصودية هو بطئ حركة المياه في هذه الترب (مشكلة نفاذية) وذلك بسبب تشبع معقد التبادل بالصوديوم بنسبة عالية خاصة في الترب الثقيلة ، لذلك في مثل هذه الحالة ينصح باستخدام المياه المالحة الغنية بالكتيونات الثنائية الشحنة كالكالسيوم والمغنيسيوم لاستصلاح هذه الترب ، وذلك من خلال تجمع دفائق التربة بسبب التأثير الالكتروني للمياه المالحة ، حيث تعمل ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم على إزاحة الصوديوم من معقد التبادل ، ومما يعجل ويزيد من سرعة إزاحة الصوديوم بالكالسيوم هو تخفيف هذه المياه بالمياه العذبة . حيث إن تخفيف المياه المالحة الحاوية على الكالسيوم بالمياه العذبة ، وطبقا لتأثير التخفيف – الشحنة يؤدي إلى زيادة سرعة إزاحة الصوديوم بالكالسيوم ، رياضيا يمكن التعبير عن هذه العلاقة ، ومن خلال استخدام قيمة نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) التي تعكس مدى التنافس بين ايونات الصوديوم والايونات الثنائية الشحنة بالشكل التالي:

إن قيمة (SAR) تتغير عند التخفيف بمقدار يساوي $1 / \sqrt{d}$:

حيث d = عامل التخفيف

أي إن : $(SAR)_{dil} = (SAR)_s / \sqrt{d}$

ويقصد ب dil (SAR) قيمة نسبة امتزاز الصوديوم لمياه الغسل الناتجة من التخفيف لمياه الغسل المالحة قبل التخفيف . وتحسب قيمة (d) بالشكل التالي :

$$d = V_m / V_s + 1$$

حيث (V_m) تساوي حجم المياه العذبة المضافة لتخفيف حجم معين (V_s) من المياه المالحة من هذا يظهر إن قيم نسبة امتزاز الصوديوم سوف تقل بمقدار يتناسب مع عامل التخفيف وبذلك فان إجراء التخفيف المتتالي أو التحول من مياه البزل إلى مياه النهر العذبة أثناء الغسل سوف

تؤدي إلى خفض قيمة نسبة امتزاز الصوديوم لمحلول التربة وبالتالي خفض النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) المسؤولة عن مشاكل الصودية في التربة .

ب - استخدام المياه المالحة في استصلاح الترب الملحية :

أجريت دراسات كثيرة حول دراسة إمكانية استخدام المياه المالحة في استصلاح الترب الملحية والملحية القلوية بهدف التعويض عن جزء من مياه الري العذبة وخاصة في المراحل الأولى من عملية الغسل .
وتنبين إن هناك عدد من الشروط الواجب توفرها عند استخدام هذه المياه في استصلاح الترب الملحية :

- يجب لن تكون ملوحة ونسبة امتزاز الصوديوم للمياه المالحة المستخدمة لهذا الغرض اقل مما هي عليه في التربة المراد استصلاحها .
- ضرورة الالتزام بمتطلبات الغسل والحفاظ على التوازن الملحي المطلوب .
- استخدام أسلوب التخفيف التدريجي للتركيز ونسبة امتزاز الصوديوم لهذه المياه لغاية الوصول إلى التركيز الأقل .
- لأجل نجاح عملية الغسل واستبعاد احتمال تحول التربة إلى صودية أثناء الغسل يجب أن تكون نسبة الكاتيونات الثنائية (الكالسيوم + المغنيسيوم) إلى المجموع الكلي للكاتيونات في المياه المالحة أكثر من 30 % وفي حالة كون نسبة امتزاز الصوديوم عاليه نسبيا في المياه المالحة فيجب اضافة الجبس إما إلى التربة ا والى المياه نفسها .

أهم النتائج والمحاولات التي أجريت في هذا المجال :

1- بينت النتائج التي توصل إليها (الجبلي ، 1971) ومن خلال استخدام المياه المالحة في استصلاح الترب الملحية في مصر، انه بالإمكان الاستفادة من مياه البزل التي تتراوح ملوحتها (1000 – 7000) جزء بالمليون في عملية غسل الترب الملحية وخاصة في المراحل الأولى من عملية الغسل .
2- في العراق أشارت نتائج التجارب التي قام بها (حنا و الراوي ، 1970) في مجال استخدام المياه المالحة في استصلاح الترب الملحية ، نجاح استخدام مياه مبازل الصقلاوية في غسل ترب ملحية في أبي غريب حيث انخفضت النسبة المئوية للصوديوم المتبادل من 35.1 إلى 8.4 .
وجرت سلسلة من التجارب المختبرية والحقلية من قبل (الزبيدي وحسن ، 1978) من خلال غسل ترب ملحية مختلفة باستخدام أسلوب التخفيف التدريجي لمياه البزل مع مياه النهر ، باستخدام معاملات متنوعة من ناحية التخفيف واستخدام المصلحات الكيمياوية ، واهم استنتاج لهذه التجارب هو إن أفضل معاملة من ناحية تعويض اكبر كمية من ماء النهر بمياه البزل هي عند الغسل بمياه البزل ثم بمياه النهر سواء في الظروف المختبرية أو الحقلية ، حيث أمكن التعويض عن حوالي 32- 62 % من مياه النهر عند غسل تربة في منطقة أبي غريب في الظروف الملحية .
إن نتائج هذه التجارب تؤكد نجاح استخدام المياه المالحة في استصلاح الترب الملحية والملحية القلوية والصودية ، الأمر الذي يفتح آفاق جديدة في مجال استخدامات المياه المالحة لإغراض الاستصلاح .

استخدام مياه المجاري (Sewage Water) لإغراض الري :

من المصادر المائية المهمة الأخرى والتي يمكن استخدامها لإغراض الري هي مياه الري ، حيث يمكن استخدام هذه المياه كمصادر تكميلية للري بعد معاملتها بشكل جيد بحيث لا تترك آثارا سلبية عند استخدامها في التربة مع مرور الزمن ، ومن أهم المعاملات التي يمكن أن تجرى على مياه المجاري هي :

1 - معاملات فصل المواد الصلبة .
2 - إكمال فصل بقايا المواد الصلبة والتهوية وهضم المواد وإنتاج مياه ذات لون ثابت .

إن استخدام هذه المياه يجب أن تخضع إلى ضوابط معينة وهي :

أ- يجب أن تتطابق نوعية هذه المياه مع المواصفات والمؤشرات المقترحة من قبل دليل منظمة الغذاء والزراعة الدولية لنوعية مياه الري ، وان لا تتجاوز نوعيتها حدود مخاطر الملوحة والصودية والنفاذية والسمية .

ب- يجب متابعة ومنع حصول المشاكل المرتبطة بالتلوث والسمية والتي مصدرها بعض العناصر الثانوية والثقيلة مثل النحاس والزنك والكاديوم والزئبق والبورون والرصاص والمنغنيز والنيكل وغيرها من العناصر .

ت- متابعة الخصائص البيولوجية لهذه المياه من ناحية وجود البكتريا والفيروسات ، وغيرها من الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض ، ويتحقق ذلك من خلال التشديد على درجات عالية من التعقيم وخصوصا عند استخدامها لري الخضروات وري الحدائق ومحاصيل العلف .

السيطرة على الملوحة وأساليب التعايش معها :-

السيطرة على الملوحة يتضمن اتخاذ كافة الإجراءات التي تؤدي إلى تحقيق الأهداف التالية :

1 - إزالة الاملاح من الترب المتملحة أو تخفيضها في طبقة الجذور إلى المستوى الذي يسمح بنمو مناسب للنبات .

2 - منع إعادة تراكم الاملاح في التربة (إعادة التملح Resalinization) في الأراضي التي أزيلت منها الاملاح (Reclaimed land) وتحقيق توازن ملحي مناسب لنمو النبات .

3 - منع تراكم الاملاح في الأراضي غير المتملحة وتحقيق توازن ملحي مناسب لنمو النبات .

1) استصلاح الأراضي الملحية : Reclamation of saline soil

تتضمن عملية الاستصلاح إزالة (غسل) الاملاح من مقد التربة أو على الأقل من طبقة الجذور بوجود شبكات البزل الفعالة ، ويتم من خلال برنامج هندسي - زراعي متكامل يتضمن كافة الإجراءات التي تهدف إلى خفض ملوحة التربة في التربة إلى الحد الذي يسمح بنمو النبات بشكل مناسب ، والسيطرة على عمق الماء الجوفي ضمن حدود العمق الحرج وبالتالي تحويل الأراضي الملحية إلى أراضي غير ملحية ، صالحة للزراعة وذات إنتاجية عالية نسبيا ، كذلك تخفيض النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) إلى حدود معينة لا تؤثر على صفات التربة أو تعيق نمو النبات إذا كانت هناك مشكلة صودية في الأراضي المراد استصلاحها . وكذلك رفع خصوبة التربة في الأراضي المستصلحة من خلال اضافة الأسمدة العضوية والأسمدة الكيميائية وإدارة مناسبة للتربة تهدف إلى تحسين صفاتها الكيميائية والفيزيائية والبايولوجية .

❖ خطوات تنفيذ برنامج استصلاح الأراضي الملحية :

أ- التحريات الحقلية والمختبرية :

a - إجراء مسح التربة لتهيئة خارطة ملوحة التربة للمنطقة المراد استصلاحها ، يبين فيها توزيع الاملاح أفقيا
وعموديا في التربة مع الإشارة إلى نوع الملح السائد .
b - بناء ونفاذية مختلف آفاق مقد التربة .
c - عمق وديناميكية تذبذب الماء الجوفي .
d - معلومات حول ماء الري من ناحية توفره ونوعيته وتكاليف نقله .
e - الظروف المناخية (التبخر ، الأمطار ، درجات الحرارة - - -)
f- تهيئة خرائط وطبوغرافية تفصيلية للمنطقة المراد استصلاحها .

ب - التصاميم والقرارات :

a - حجم التسوية المطلوبة .
b - حجم الماء اللازم للغسل الذي يتم تقديره باستخدام معادلات رياضية أو المنحنيات التجريبية للغسل
c – نوع البزل المناسب للمنطقة (عمودي أو أفقي)
d - مواصفات وتصاميم شبكات البزل المختلفة (من ناحية الأعماق والأبعاد) .
e – حجم ماء البزل المتوقع ، والوقت اللازم لاستكمال تنفيذ الاستصلاح .

ج - التنفيذ :

a - التسوية الأولية .

b - شق قنوات الري والبزل الرئيسية .

c - التسوية الثانوية .

d - شق قنوات الري والبزل الثانوية .

e - التسوية النهائية وتهيئة أحواض الغسل .

f - إجراء الحراثة اللازمة التي تساعد على فعالية وكفاءة الغسل .

g - تنفيذ عمليات الغسل ولفترة مناسبة .

h- مراقبة تغير الملوحة في طبقات التربة وكذلك في مياه البزل الحقلية والفرعية .

I – استزراع المحاصيل المتحملة للملوحة بعد الوصول إلى مستوى يسمح بنمو هذه المحاصيل .

J - الانتقال التدريجي إلى المحاصيل الأكثر اقتصادية ، من خلال الاستفادة من البيانات المتوفرة حول تحمل المحاصيل للملوحة ، وإجراء التسميد اللازم لرفع خصوبة التربة .

2) السيطرة على الملوحة في الأراضي المستصلحة والأراضي غير المتملحة :

من اجل السيطرة على الملوحة في الأراضي التي أزيلت منها الاملاح ، يجب تنفيذ إجراءات معينة الهدف منها تحقيق توازن ملحي معين مناسب لنمو النبات . ومن أهم الإجراءات التي يمكن أن تحقق التوازن الملحي هي استخدام متطلبات الغسل ، وذلك لان معظم الاملاح المنقولة بواسطة مياه الري سوف تتراكم في الترب بعد امتصاص جذور النباتات لماء الري وجزء بسيط من الاملاح المنقولة والعناصر الغذائية . وهذه الاملاح سوف تتراكم ريه بعد ريه إلى أن تبلغ مستوى ربما يعيق نمو النبات ، لذلك يتطلب غسل هذه الاملاح بواسطة كمية إضافية من مياه الري التي يطلق عليها متطلبات الغسل (Leaching Requirement) ويرمز لها (LR) ، وتضاف هذه الكمية من الماء إلى كمية الاستهلاك المائي لتعمل على تحقيق حالة توازن ملحي مناسب لنمو النبات من اجل السيطرة على الملوحة .

ويمكن حساب متطلبات الغسل لمختلف المحاصيل بصيغ رياضية ، ومن أكثر الصيغ استعمالا هي الصيغة المقترحة من قبل مختبر الملوحة الأمريكي :

$$D_{dw} / DW = LR \quad EC_w / EC_{dw} \qquad \text{---------} \quad 1$$

حيث إن D_{dw} تمثل عمق مياه البزل و DW تمثل عمق مياه الري اللازمة و ECW التوصيل الكهربائي لمياه الري و EC_{dw} التوصيل الكهربائي لماء البزل .

وعند اعتبار ملوحة ماء البزل في حالة من الاتزان مع ملوحة التربة في طبقة الجذور . أي :

$$EC_{dw} = ECe \qquad \text{--------} \quad 2$$

عندئذ تصبح المعادلة بالشكل التالي :

$$LR = ECw / ECe \qquad \text{----------} \quad 3$$

ويعبر عن متطلبات الغسل كنسبة مئوية من حجم ماء الري أو كسر اعتيادي من ماء الري ، علما إن حجم متطلبات الغسل يمثل الحد الأدنى من المياه اللازم مرورها خلال طبقة الجذور لغسل الاملاح المتراكمة باتجاه أسفل هذه الطبقة .

ويمكن إيضاح تطبيق القوانين أعلاه من خلال ملاحظة المثال المشار إليه في ص 288 .

ويقترح (Dilman , 1963) تحويرا بسيطا لهذه المعادلة لتكون أكثر صلاحية للتطبيق ، حيث يعتقد إن كفاءة الماء في غسل الاملاح لا تساوي 100% أي إن جزء من ماء الري يتحرك بسرعة وبدون كفاءة خلال الشقوق والمسامات الكبيرة وبذلك يؤدي إلى تخفيف المحلول النازل باتجاه المبازل ، أي إن ملوحة ماء البزل اقل من ملوحة محلول التربة بمعامل أطلق عليه معامل كفاءة الغسل (Leaching efficiency factor) ورمز له بالحرف (f) وبذلك تصبح الصيغة بالشكل التالي :

$$LR = EC\,w / ECe \,.\, f \qquad \text{----------} \qquad 4$$

وعادة تكون قيمة f أقل من الواحد ، ومن خلال نتائج العديد من التجارب اتضح إن هذه القيم مساوية إلى (0.6) للترب الخفيفة النسجة ، بينما تكون (0.5) للترب الثقيلة .

ويمكن حساب أقل متطلبات غسل طبقا لمعادلة (Rhoads) (Minimum Leaching Requirement) وبالصيغة التالية :

$$LR = EC\,iw / (5\,ECe - ECiw) \times 1 / F \qquad \text{----------} \qquad 5$$

حيث F = عامل كفاءة الغسل .

ويمكن حساب جزء الغسل (Leaching Fraction) لطبقة الجذور وكما موضح في المخطط التالي ، حيث يقسم طبقة الجذور إلى أربعة أقسام حيث يحصل فقدان 0. 4 من الاستهلاك المائي (ET) والطبقة الثانية يحصل فيها فقدان 0.3 من الاستهلاك المائي (ET) والطبقة الثانية يحصل فيها فقدان o.2 من الاستهلاك المائي (ET) بينما الطبقة الرابعة يحصل فيها فقدان 0.1 من الاستهلاك المائي (ET) ، بينما يمكن حساب عمق الماء المضاف بشكل فعلي متضمنا متطلبات الغسل من خلال المعادلة التالية :

$$\text{Applied Water (AW)} = ET / 1 - LR \qquad \text{----------} \qquad 6$$

ويمكن إيضاح هذه الحسابات من خلال المثال التالي :

إذا كانت ملوحة مياه الري 1 ds /m ، وقيمة التبخر النتح (ET) هي 1000ملم / الموسم ، بينما قيمة جزء الغسل (LF) هي 0.15 ، ولغرض حساب ملوحة المياه التي تبزل لكل ربع من أرباع طبقة المجموع الجذري (SW)من خلال هذا المثال ومن خلال المعادلة التالية :

$$EC\,sw = EC\,w / LF \qquad \text{----------} \qquad 7$$

$$LF = \text{Water Leached} / \text{Water applied} \qquad \text{----------} \qquad 8$$

$$AW = ET / 1 - LR = 1000 / 1 - 0.15 = 1176 \text{ mm}$$

For the bottom of the first quarter :

$$LF1 = 1176 - 0.4\,(1000) / 1176 = 0.66 \text{ mm}$$

$$EC\,sw1 = 1 / 0.66 = 1.5 \text{ ds/m}$$

For the bottom of the second quarter :

$$LF2 = 1176 - 0.4\,(1000) - 0.3\,(1000) / 1176 = 0.4 \text{ mm}$$

$$EC\,sw2 = 1 / 0.4 = 2.5 \text{ ds /m}$$

For the bottom of the third quarter :

$$LF3 = 1176 - 0.4\,(1000) - 0.3\,(1000) - 0.2\,(1000) / 1176 = 0.23$$

$$EC\,sw3 = 1 / 0.23 = 4.3 \text{ ds/m}$$

For the bottom of the fourth quarter :

LF4 = 1176- 0.4(1000) – 0.3(1000) – 0.2(1000) – 0.1(1000) = 0.15 mm

EC sw4 = 1 / 0.15 = 6.7 ds /m

لغرض حساب ملوحة ماء التربة لطبقة المجموع الجذري وكمعدل للأرباع الأربعة بالإضافة إلى الطبقة السطحية ومن خلال المعادلة التالية ، على أساس إن ملوحة الطبقة السطحية هي نفس ملوحة مياه الري (1 ds/m) :

EC sw = (EC sw0 + EC sw1 + EC sw2 + EC sw3 + EC sw4) / 5
= 1.0 + 1.5 + 2.5 + 4.3 + 6.7 / 5 = 3.2 ds/m

إن العلاقة بين ملوحة التربة (ECe) وملوحة ماء التربة (EC sw) وملوحة مياه الري (ECw) كما يلي :

ECe = 1.5 EC w
EC sw = 3 EC w
EC sw = 2 ECe

عندما يكون LF = 0.15

مثال : محصول زراعي الاستهلاك المائي له 800 mm ، يسقى بمياه ذات ملوحة 1.2 ds/m ويحقق هذا المحصول حاصلا زراعيا 90 % عند ملوحة تربة قدرها 6 ds /m .

المطلوب :

1- احسب متطلبات الغسل وحجم الماء الكلي حسب معادلة مختبر الملوحة الامريكي القديمة .
2- احسب متطلبات الغسل وحجم الماء الكلي حسب معادلة Rhoads
3- احسب متطلبات الغسل وحجم الماء الكلي حسب معادلة مختبر الملوحة آخذ بنظر الاعتبار عامل كفاءة الغسل 0.6 .
4- احسب متطلبات الغسل وحجم الماء الكلي حسب معادلة Rhoads ، آخذ بنظر الاعتبار عامل كفاءة الغسل 0.6 .

3) أساليب التعايش مع الملوحة :

إن معالجة مشكلة الملوحة من خلال استصلاح الترب الملحية يعتبر الحل الجذري لهذه المشكلة في الأراضي الزراعية . إلا انه في كثير من الحالات ولأسباب عديدة لا يمكن تنفيذ مشاريع الاستصلاح في هذه الأراضي في الأمد القريب .

في مثل هذه الظروف ينطرح السؤال التالي (هل يمكن استغلال مثل هذه الأراضي بإدارة معينة ويمكن التعايش مع مشكلة الملوحة) ، ومن خلال الخبرة علمية وتطبيقية تسمح لنا بالإجابة نعم واحد ما على السؤال المطروح أعلاه وذلك من خلال استخدام أساليب معينة في استغلال هذه الأراضي ويطلق على مثل هذه الأساليب بأساليب التعايش مع الملوحة وتتلخص :

1- اختيار المحاصيل المتحملة للملوحة : هناك مجموعة كبيرة من المحاصيل المختلفة تتميز بتحمل عالي نسبيا للملوحة ، لذلك يمكن اختيار المحاصيل المناسبة لكل مستوى من مستويات الملوحة ، بحيث تحقق من خلالها أفضل إنتاج واقل خسارة ، وقد اشرنا في الفصل السابق التي يمكن بواسطتها حساب الفقدان الذي يمكن أن يحدث في حاصل المحاصيل الزراعية بسبب مستويات الملوحة المختلفة ، وان مثل هذه المعادلات تساعدنا في اختيار المحاصيل المناسبة للملوحة وتحديد مدى الفقدان الذي يمكن أن يحدث ، وذلك عند وضع الخطط الزراعية لاستغلال الأراضي الملحية .
2- الزراعة على مروز : إن اختيار هذه الطريقة له أساس علمي وعملي ، حيث انه بسبب حركة الماء وتوزيعه داخل السواقي فان الاملاح تتعرض للغسل بعيدا عن طبقة الجذور ، وأشارت نتائج بعض الدراسات إن ملوحة التربة يمكن أن تنخفض بمقدار (5- 6) مرة في طبقة الجذور عند استخدام مثل هذا الأسلوب ، وان الاستمرار في زراعة الأرض الملحية بطريقة المروز لفترة طويلة يعمل على تجمع الاملاح

وبشكل حاد في المروز ، لذلك ينصح بين فترة وأخرى إلغاء نظام المروز بنظام الأحواض وذلك لتسهيل غسل الاملاح من التربة .

3- البذار الكثيف في الأراضي الملحية : إن أكثر مراحل نمو النبات حساسية للملوحة ولمعظم المحاصيل هي مرحلة الإنبات والبادرات ، لذلك ينصح عادة بزيادة كمية البذار في الترب الملحية بحوالي (1.5 - 2) مرة بقدر كمية البذار المقررة لوحدة المساحة في الترب غير الملحية ، وذلك لتغطية الفشل والإخفاق الذي يحدث في نسبة الإنبات .

4- الري في الأراضي الملحية : قد تتراكم الاملاح عادة في الطبقة السطحية خلال فترات تبوير الأرض ، لذلك يتطلب الأمر غسل الاملاح ودفعها باتجاه الأسفل لنوفر للبذور وسطا مناسبا للانبات ، وهذا هو الأساس في إجراء ريه ثقيلة قبل الزراعة التي تعمل على غسل الاملاح وبالتالي تحسين ظروف الإنبات ، ومثل هذا التطبيق يطبق عادة في كثير من المناطق بالرغم من إن الهدف منها هو القضاء على الأدغال بعد ظهورها وذلك بواسطة الحراثة اللاحقة .

5- استخدام الري الخفيف المتقارب : إن استخدام الري الخفيف المتقارب بعد الرية الثقيلة خلال مراحل النمو اللاحقة يعمل على تقليل تأثير الملوحة على النبات ، حيث يعمل الري المتكرر على تخفيف تركيز محلول التربة المحيط بالجذور وبالتالي يقلل من شدة تأثير الضغط الازموزي على النبات .

6- طريقة الري : إن اختيار طريقة الري المناسبة للترب الملحية يساعد على السيطرة على ملوحة التربة ، ويجب تبديل طريقة الري عندما توجد ضرورة وذلك بهدف التعايش مع الملوحة مع الأخذ بنظر الاعتبار نوع التربة والمحصول والظروف المناخية . مثال ذلك عند الري بالمياه المالحة يجب استبدال الري بالرش بالري بالتنقيط . وعند الحاجة إلى غسل الاملاح من الطبقة السطحية للتربة باستمرار يجب استخدام طريقة الري السطحي .

7- التبوير في الأراضي الملحية : استخدم الفلاح العراقي منذ القدم أسلوب التبوير ، وحسب اعتقاده يعمل بذلك على خفض مستوى الماء الجوفي ويقلل من ملوحة التربة ، وتوجد آراء مختلفة ومتباينة حول دور التبوير ، بعضها مغاير للرأي السابق للفلاح العراقي ، حيث أشارت نتائج العديد من البحوث إلى إن استخدام التبوير صيفا يؤدي إلى زيادة ملوحة التربة في (0 – 60 سم) بالمقارنة مع معاملة الزراعة ومعاملة الري بدون زراعة ، لذلك يمكن التوصية بضرورة زراعة الأراضي الملحية باستمرار مع تطبيق دورة زراعية مناسبة وعدم ترك الأرض بورا ، ويجب إجراء حراثة الأرض إذا كانت هناك ضرورة لتبوير بعض الأراضي خلال الصيف و، وذلك للتقليل من تجمع وتراكم الاملاح في الطبقة السطحية والمنقولة بواسطة الخاصية الشعرية .

8- التسميد في الأراضي الملحية : إن التسميد يمكن أن يلعب دورا في زيادة تحمل المحاصيل للملوحة في الأراضي الملحية ذات مستويات الملوحة غير العالية جدا ، خاصتا إذا كان الإخفاق في نمو المحصول ناتج عن اختلال في تغذية النبات وليس بسبب تأثير الضغط الازموزي الناتج من زيادة مستوى الملوحة . لذلك وبشكل عام لا ينصح بالتسميد عندما تكون الملوحة عالية جدا في التربة .

9- التسوية والتعديل : إن تحقيق تسوية جيدة في الأراضي الملحية يساعد على توزيع الماء بشكل متجانس في التربة ، وبالتالي يساعد على غسل الاملاح بشكل متجانس في الطبقة السطحية . ويمنع تكون وانتشار البقع الملحية في الحقل والتي تؤدي إلى فشل الإنبات ونمو النبات ، اضافة إلى ذلك تؤدي إلى تحقيق كفاءة جيدة للري في مثل هذه الأراضي .

10- استخدام أساليب متفرقة أخرى : سبق الإشارة إلى استخدام بعض الأساليب الهدف منها زيادة مقاومة النبات للظروف الملحية مثل نقع البذور بمحاليل ملحية أو محاليل هورمونية أو مواد محفزة للنمو ، أو تعريض بعض البذور للإشعاع ، وغيرها من أساليب التعايش الأخرى في حالة التأكد من جدواها .