المحاضرة السادسة

التصحر و طرق التحكم به

- التربة المتأثرة بالأملاح والتربة القلوية .
- ادارة المياه و التربة و النبات للسيطرة على ملوحة التربة .
- نوعية المياه للري .

الترب المتأثرة بالأملاح والترب القلوية

مقدمة :

ان ملوحة التربة تعد إحدى مشكلات الترب المروية والصحراوية والقاحلة التي تحولت العديد منها الى ترب غير منتجة بسبب تراكم الأملاح فيها ، والملوحة بشكل عام هي توفر عدد كبير من المركبات الكيميائية في التربة لبعض الأملاح المعدنية مثل كلوريدات أو كبريتات الكالسيوم أو المغنيسيوم أو الصوديوم عندئذ تسمى تربة ملحية. وعند توفر أملاح قلوية من كربونات العناصر الثلاثة السابقة الذكر ، لاسيما الصوديوم تسمى تربة قلوية. ويمكن التمييز بين نوعي التربة السابقين من خلال تقدير الناقلية الكهربائية وتفاعل التربة مع تقدير النسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل .

وهناك تأثيران لتراكم الأملاح في التربة على النبات هما تأثير الأملاح والقلويات ، وعند وصول الملوحة إلى تركيز يعادل ضغط أزموزي مقداره 4 بار يعني دخول النبات مرحلة الذبول الدائم ، وهذا يقلل من نمو النباتات المعروفة بتحملها العالي للملوحة كالبرسيم والقطن والبنجر السكري ونخيل التمر.

مصادر ملوحة التربة

أشار العالم الروسي Kovda الى ان الأملاح تأتي من مصادر متعددة يمكن ايجازها بما يأتي:

1- الصخور الرسوبية : عند تجوية الصخور تتكون كميات كبيرة من الاملاح الذوابة ، إذ تبلغ كمية الأملاح التي تنقلها المياه من اليابسة الى المحيطات 2.375 مليار طن سنوياً ، بينما يبلغ مقدار الاملاح المتجمعة في القارات نحو 1 مليار طن سنوياً . فعند تكشف الصخور القارية المالحة و ما تحتويه هذه الصخور من أملاح ذوابة فإنها تعمل على تمليح الصخور الأم و الترب . و تنتشر هذه الصخور في المناطق الصحراوية و القاحلة في العالم .

2- البحار و المحيطات : تنتج عن تجمع أملاح البحر في السهول الساحلية للأراضي الجافة وعلى سواحل الخلجان الضحلة ، و ذلك من خلال تسرب مياه البحر الى المياه الجوفية للسهول الساحلية ، كما تساعد الرياح في نقل رذاذ مياه البحار و المحيطات الى اماكن بعيدة عن الشاطئ .

3- جفاف البحيرات المالحة : تنتشر مساحات واسعة من الترب المالحة نتيجة لتكونها في مواقع بحيرات مالحة جفت و تركت تراكيز عالية من الأملاح ، و مثل هذه الحالات واضحة للعيان حول بحر قزوين و في اسيا الوسطى ، كما نراها في منطقة العتيبة شرقي غوطة دمشق ، إذ تنتشر ترب متملحة بدرجات متفاوتة .

4- الدلتا: وهى واسعة الانتشار وذات أهمية كبيرة لأن الإنسان تمكن من ري دلتا الأنهار من أقدم العصور. وتتميز دلتا الأنهار بالازدواج بين عمليات نقل الأملاح من القارة بواسطة الأنهار وعمليات تراكم الأملاح المنقولة من البحر في أوقات مختلفة.

5- الرياح : تتعرض بعض الاراضي للتملح نتيجة لنقل الاملاح بواسطة الرياح سواء من مصادر مائية أو مصادر قارية . و بفعل الرياح يترسب كمية من الاملاح تتراوح بين 2 – 20 طن / كم^2 سنوياً في مناطق محددة من اليابسة .

6- البراكين : يترافق ثوران البراكين مع انطلاق كميات هائلة من الغازات و الأبخرة التي تحوي الكلور و الكبريت حيث تسهم في تكوين الملوحة الكلوريدية و السلفاتية .

7- الماء الأرضي : يعد الماء الأرضي أحد مصادر ملوحة التربة ، و تزداد خطورته مع ازدياد تركيزه و نوعية الاملاح فيه و قرب مستوى توضعه من سطح التربة . فعند تبخره تترسب الأملاح الذوابة عاملة على تمليح التربة ، و في كثير من الاحيان يعد هذا العامل هو الأكثر أهمية في تملح الترب و بخاصة في المناطق الجافة .

8- النباتات : تلعب النباتات الملحة Halophytes و الجفافية Xerophytes دوراً كبيراً في امتصاص الأملاح من الطبقات العميقة للتربة لتوضعها بعد موتها و تمعدنها في الأفاق السطحية للتربة ، ويمكن ادراك هذا الدور إذا علمنا أن جذور هذه النباتات تتعمق لمسافات كبيرة داخل الأرض بحثاً عن الماء ، كما تتصف هذه النباتات بمحتواها العالي من الرماد (الاملاح المعدنية) الذي يصل في بعض أنواعها الى أكثر من 30 ٪ من وزنها الجاف .

9- الري : وهى المتصلة بأخطاء النشاط الاقتصادي للإنسان وعدم معرفة القواعد التي تتحكم في تجمع الأملاح مثل تملح الأراضي المروية الناتج عن ارتفاع مستوي الماء الأرضي والري بالمياه المالحة ، وهنالك ثلاثة عوامل رئيسة تتحكم في تجمع الأملاح عند الترب المروية هي مقدار الماء الذي يضاف في كل رية ، وعمق الماء الأرضي مع تركيز الأملاح فيه ، وكمية الأمطار المتساقطة. ويطلق على الملوحة الناشئة عن استخدام الإنسان للتربة الملوحة الثانوية .

10- المناخ : تتوقف شدة عمليات توزع الاملاح و تجمعها في الترب على الظروف المناخية و بخاصة النسبة ما بين كمية الهطل السنوي و مقدار البخر . ففي المناخات الرطبة يكون النظام المائي غسلياً ، و هذا يعني غسل التربة سنوياً بمياه الهطل ، لذا تغسل الاملاح الذوابة الى الطبقات العميقة من الأرض خارج حدود التربة . أما في المناخات الجافة و الصحراوية حيث يفوق البخر السنوي كمية الهطل عدة مرات ، فإن الأملاح ستتراكم في الصخور الأم و المياه الأرضية عاماً بعد أخر ، و هذا بدوره يوفر الظروف الملائمة لتملح الترب مما يؤدي الى انتشارها الواسع في مثل هذه المناخات .

11- التضاريس : تؤثر التضاريس بصورة واضحة في توزع الملوحة ، إذ تنتشر الترب المالحة عادة في المناطق المنخفضة كالوديان و الدالات و الشواطئ . و يكون دور التضاريس الدقيقة واضحاً بجلاء في المناطق السهبية الجافة ، إذ تعمل على تكوين غطاء أرضي معقد (فسيفسائي) من خلال التأثير المتباين للتضاريس المختلفة في النظام المائي للترب ، حيث تتكون أنماط متعددة من الترب تختلف في ملوحتها في مساحة محدودة من الأرض .

12- الظروف الهيدرولوجية أو الخصائص المائية للصخور الأم و الترب : و هي التي تحكم حركة الماء و اتجاهه ، و تتعلق بالتركيب الميكانيكي و البنية و المسامية و سائر العوامل المحددة لحركة تيارات المياه صعوداً أو نزولاً أو في الاتجاهات كافة .

آلية تجمع الأملاح

علاقة الماء الأرضي بتجمع الأملاح في التربة يرتبط ارتباطاً وثيقاً **بعمق الماء الأرضي وتركيز الأملاح فيه**. وعليه فان تجمع الأملاح من الماء الأرضي في الطبقة السطحية محصلة لعمليتين : الأولى صعود الماء من مستوى الماء الأرضي إلى السطح بواسطة الخاصة الشعرية ، والثانية فقد الماء بالتبخر تاركاً محتوياته من الأملاح في التربة. وان ميكانيكية حركة الماء بالخاصية الشعرية تتضمن حركة الماء من موقع إلى أخر في نظام التربة والماء عندما يوجد فرق في الشد (التوتر) عند كلا الموقعين ، إذ يتجه الماء من الموقع الذي يمتلك قوة شد منخفضة الى الموقع الآخر الذي يمتلك قوة شد عالية ، وعندما تكون قوة شد الماء الأعلى أكبر من الجاذبية الأرضية فإن الماء يتحرك الى أعلى وبارتفاع يتناسب عكسياً مع نصف قطر المسام . وبذلك فان نسجة التربة لها أثر كبير في مدى ارتفاع الماء بالخاصة الشعرية. لذلك في الترب الطينية يكون ارتفاع الماء أكثر مما عليه في الترب الرملية. ولما كان من المعروف أن حركة الماء الأرضي تكون سريعة في الأرض الرملية وبطيئة في الأرض الطينية فإن صعود الماء من مستوى الماء الأرضي الى سطح التربة يكون أسرع في الترب الرملية (إذا توفر توتر إلى أعلى) مقارنة بالترب الطينية ، ولكنه مع مضي الوقت يصل ارتفاع الماء في الترب الطينية الى علو يزيد كثيراً عن الارتفاع في الترب الرملية.

وفي ضوء ذلك فلابد من **التعرف على العمق الحرج والتركيز الحرج للماء الأرضي ، إذ ان العمق الحرج للماء الأرضي يبدأ عنده تملح سطح التربة نتيجة ارتفاع الماء بالخاصة الشعرية ويعبر عنه بالمتر أو السنتيمتر، ويتوقف هذا العمق على تركيز الأملاح في الماء الأرضي والظروف الجوية ونظام الري. وقد وضع العالم Kovda حداً حرج لعمق الماء الأرضي الذي يتراوح فيه تركيز الأملاح بين 10- 15 غ لتر$^{-1}$ بما يقارب 2- 2.5 م .**

بينما إذا كان تركيز الأملاح في الماء الأرضي يتراوح بين 1- 2 غ لتر$^{-1}$ فان عمق الماء الأرضي يمكن أن يتراوح 1-1.5 م دون أن يكون هناك احتمال لتحول التربة الى ملحية. ومن المعلوم أن عمق الماء الحرج يحدد عمق التصاريف التي يجب أقامتها لينخفض مستوي الماء الأرضي الى ما دون العمق الحرج منعاً لتأثير الماء الأرضي في تملح القسم السطحي من التربة.

ويقصد بالتركيز الحرج للأملاح في الماء الأرضي هو الحد الذي يؤدي الى تلف النباتات عند تجمع الماء الأرضي على سطح التربة بالخاصية الشعرية. كما يقصد به الحد الأقصى المقبول لتركيز الاملاح في المياه الأرضية و الذي اذا تم تجاوزه فإن صعود الماء بالخاصية الشعرية سيؤدي الى تملح الأفاق السطحية للتربة و يختلف هذا الحد حسب نوعية الملوحة إذ يتراوح بين 2-3 غ / ليتر للملوحة السلفاتية الكلوريدية ، و 0.7 – 1 غ / ليتر للملوحة الصودية .

التملح الأولي والثانوي في التربة:

تعد عملية تجوية المعادن الأولية المصدر الرئيسي للأملاح في الترب وبمساحات شاسعة إلا أن هذا المصدر في حد ذاته لا يؤدي الى ملوحة التربة ، فعادة ما تنشأ الملوحة نتيجة لانتقال الأملاح بوساطة الماء من مكان إلي آخر ثم تجمعها بسبب ظروف طبوغرافية معينة (انحدار في التربة). ويقوم الصرف (Drainage) بدور هام في نشوء ملوحة الترب إذا كان من النوع المحدود الذي يتضمن نفاذية رديئة أو وجود مستوي ماء أرضي مرتفع، وذلك لأن النفاذية الرديئة التي تتحكم فيها نسجة التربة وتركيبها تؤدي إلي إعاقة حركة الماء الى الأسفل عند تركيب التربة الرديء. وقد يعزى السبب الى وجود ما يسمي بالطبقات الصماء (Hard pans) . أما مستوي الماء الأرضي المرتفع فإنه يرتبط عادة بالظروف الطبوغرافية السائدة. وذلك لأن صرف الترب العالية المجاورة للوديان والأحواض يؤدي إلى ارتفاع مستوي الماء الأرضي في الترب المنخفضة عند سطح التربة أو بالقرب منه. وإذا ما أدت الظروف الطبيعية الى نشوء الترب الملحية عندئذ تسمى بالملوحة الأولية (Primary Salinization)، وذلك للتمييز بينها وبين الملوحة الناشئة عن سوء الإدارة أو تحول تربة لم تكن ملحية أصلاً الى ملحية عندئذ تسمى الملوحة في هذه الحالة بالملوحة الثانوية (Secondary Salinization). ويؤدي استعمال نظام الري الدائم في الترب الزراعية الى نشوء التملح الثانوي سواء بسبب ارتفاع مستوي الماء الأرضي عند انعدام الصرف ، أو ارتفاع تركيز الأملاح في مياه الري. إذ ان التملح الثانوي نتيجة لارتفاع مستوى الماء الأرضي يستغرق عادة عدة سنوات بعد أن توضع الترب تحت نظام ري يتصف بعدم الكفاءة في ظل ترشح المياه من قنوات الري تغطي التربة بكميات من الماء تزيد كثيراً عن حاجتها ، الأمر الذي يتسبب في رفع مستوي الماء الأرضي واقترابه من السطح متعدياً في ذلك العمق الحرج الذي تتحدد بموجبه فعالية الخاصية الشعرية ، مما تصعد الأملاح الى السطح مسببة إعاقة في نمو النبات وانخفاض إنتاجيته. وتتوقف المدة التي تمضي بين إنشاء نظام الري الجديد وظهور التملح في المنطقة على عدة عوامل أهمها : درجة كفاءة منشئات الري عندما لا تتخذ أية وسيلة لمنع الفقد أو تقليله تنخفض كفاءة القنوات وترشيح المياه بكميات كبيرة ، والنظام المتبع في الري كأن يكون بالغمر أو بالتنقيط أو بالرش ، وكذلك العمق الأصلي للماء الأرضي ، والصرف الطبيعي في المنطقة. ويعد التملح الثانوي أحد الأسباب الرئيسية لوجود ترب متأثرة بالأملاح في مناطق مختلفة من العالم . في حين يغلب حدوث التملح الثانوي نتيجة للري بماء مالح من خلال استعمال مياه الصرف أو مياه الآبار المالحة التي تتغذي من مياه جوفية ، وهذه الحالة منتشرة في أحواض الأنهار وعلى مسافة من مجرى النهر عند المناطق المرتفعة عن مستواه.

ويتأثر التملح الثانوي للترب نتيجة لملوحة ماء الري بعدد من العوامل أهمها : خصائص الترب التي تروى بالماء الملحي. وطبيعة المناخ السائد في المنطقة ، لا سيما درجة الحرارة ومعدل سقوط الأمطار. فضلاً عن حالة الصرف في التربة. وقد اقترح العالم كوفدا(Kovda) أتباع نظام التبادل بين المياه الملحية والعذبة في المناطق ذات الجو الحار لتروى التربة 5-15 رية في العام ، ففي مثل هذه الظروف تحمل المياه الملحية الى الأرض مقادير كبيرة من الأملاح قد تصل الى 10-20 طن للهكتار سنوياً ، وبمقتضي

رأي كوفدا فإنه يجب أن يصحب الري بماء مالح ري بماء عذب يعمل على طرد الأملاح التي تحتفظ بها التربة من المياه الملحية عند منطقة نمو الجذور وتزداد مرات الري بالماء العذب كلما زاد تركيز الأملاح. **ومن خلال الدراسات التي أجريت على التملح الثانوي نتيجة الري بماء مالح يوضح حقيقتان هامتان : التربة ذات مستوى الماء الأرضي البعيد (أبعد من العمق الحرج)، وذات الصرف الجيد لا يتجمع فيها من الأملاح نتيجة للري بماء مالح غير ما يكون في مقدار الماء الذي تحتفظ به التربة عند السعة الحقلية بصرف النظر عن مقدار ماء الري الذي أضيف أو عدد مرات الري. والحقيقة الثانية تركيز الأملاح في مستخلص هذه التربة عند درجة التشبع بعد الري بماء مالح لا يرتبط بمقدار الماء، وبالتالي فان تركيز الأملاح في مستخلص تربة طينية عند درجة التشبع رويت بماء ذي تركيز معين من الأملاح لا يختلف كثيراً عن تركيز الأملاح في مستخلص تربة رملية عند درجة التشبع رويت بنفس الماء ، ولكن كمية الأملاح التي احتفظت بها الأرض الطينية يزيد عما احتفظت به التربة الرملية ، وذلك لزيادة مقدار الماء الذي تحتفظ به التربة الطينية عند درجة التشبع أو السعة الحقلية عن نظيرتها الرملية.**

تأثير زيادة محتوى التربة من الاملاح في المزروعات

التأثيرات غير المباشرة: تؤثر الملوحة بشكل غير مباشر في النبات من تأثيرها في خصائص التربة الآتية:
الخصائص الفيزيائية: يعد ارتفاع نسبة تركيز أيون الصوديوم(Na^+) إلى تركيز أيوني الكالسيوم (Ca^{2+}) والمغنيسيوم (Mg^{2+}) في محلول التربة من أهم المؤثرات في تفكك كتل التربة إلى كتل ثانوية أصغر. إضافة إلى تشتت معادن الطين وترسيبها في مسامات التربة وعلى سطحها ، مما يؤدي ذلك الى تصلب القشرة (Surface Crusting) وانخفاض المسامية ونفاذيتها. وبما أن صلاحية التربة للزراعة تعتمد اعتماداً كبيراً على قابليتها لتوصيل الماء والهواء (النفاذية)، وعلى خصائص كتلها التي تتحكم في سهولة إجراء عملية الحراثة فإن زيادة صودية التربة تشكل مشكلة رئيسية في الأراضي المروية.
الخصائص الكيميائية: عند زيادة تركيز أيون الصوديوم في محلول التربة أو على سطوح معقدات التبادل الغروية يؤدي الى تقليل جاهزية العناصر الغذائية، لاسيما الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم، ويقلل وجودها على تلك السطوح، مما يعيق امتصاصها من قبل النبات. فضلاً عن وجود الصوديوم في الترب الغنية به يسبب نقصان في الأوكسجين الذي بدوره يقلل من جاهزية العناصر.

التأثيرات المباشرة: ويقصد بها تأثير الملوحة التي تحدث بشكل مباشر في النبات تؤدي الى عرقلة نموه وتقليل كفاءته الإنتاجية يمكن ايجازها على النحو الآتي:
1. **الإجهاد الملحي وأثره في النبات:** يمكن أن يعرف الإجهاد الملحي على انه ذلك الجهد الناشئ عن ملوحة التربة ومياه الري يسبب أضرار ناتجة عن حالة الشد المائي (water stress) بتأثير الجهد الأزموزي (Ψ_s) الناجم عن وجود تراكيز عالية من المواد الصلبة الذائبة الملحية تقيد حركة الماء وجزئياته في المنطقة الجذرية ، و بالتالي يصعب على النبات امتصاص الماء نتيجة للتأثير الملحي في رفع الجهد الأزموزي الذي يقوم بدور مهم في عملية الانتشار(Diffusion) التي تكون فيها الحركة دائمة للجزيئات المختلفة في المحلول المائي غير المتجانس من أعلى تركيز الى أقل تركيز بصورة تلقائية. وذلك لتحقيق حالة الاتزان الثرموديناميكي بين أجزاء النظام. وعندما يكون هناك عائق بين أجزاء المحلول مختلفة التركيز كما هو الحال بين المحلول المائي في التربة وخلايا جذور النبات. ويكون هذا العائق غشاء انتقائياً (selective membrane) يسمح بمرور جزيئات الماء ويعوق الجزيئات والأيونات الأخرى. وبذلك فإن نظام المحلول المائي في التربة وخلايا جذور النبات سيسعان في تحقيق حالة الاتزان الثرموديناميكي بحركة جزيئات الماء من الجزء الأقل تركيزاً (خلايا جذور النبات)، إلى الجزء الأكثر تركيزاً (محلول التربة)، وأن محاولة الحركة المعاكسة للجزئيات يمنعها ذلك الغشاء الانتقائي. وهذا بطبيعة الحال يُضعف عمليات النمو والإنتاج. وفي ضوء ذلك يبدأ التأثير السلبي للملوحة الكلية في منطقة جذور النبات، وبالتالي في نموّه وإنتاجيته عند قيمة حدية للملوحة تعتمد على نوع النبات والظروف والعوامل البيئية السائدة. وكلما ازدادت الملوحة الكلية لمستخلص التربة في منطقة جذور النبات ازداد تراجع نموّه وإنتاجيته إلى أن يموت.
2. **التأثير السمي أو النوعي للأيونات:** ان معظم الأيونات الداخلة في تركيب الأملاح والمسببة زيادة ملوحة التربة مثل الصوديوم والكلور والكالسيوم والمغنيسيوم، وكذلك الكبريتات والكربونات والبيكربونات يمكن ان تسبب زيادة تراكيزها تأثيرات نوعية ، لاسيما في نمو وإنتاجية المحاصيل الزراعية إما عن طريق التأثيرات السمية في النبات أو عن طريق تأثيرها في الاتزان الغذائي بين العناصر الغذائية في وسط النمو. فعلى سبيل المثال زيادة تركيز الصوديوم يؤدي الى السمية والاختلال بالاتزان الغذائي في آن واحد. وان وجود الصوديوم والكلوريد يسببان حرق في أوراق عدد كبير من النباتات. كما ان للبورون تأثير سمي لمعظم المحاصيل الزراعية عند وجوده بتراكيز عالية في الترب الملحية.
3. **التأثير في الاتزان الغذائي للتربة:** ان معظم تأثيرات الملوحة في اختلال الاتزان الغذائي للنبات يرتبط بدرجة رئيسية بالتغذية للأيونات الموجبة ، لاسيما وان امتصاص الأيونات من قبل النبات لا يعتمد على الكمية المطلقة لها في التربة ، وإنما يعتمد أيضاً على نسبة هذه الأيونات بعضها الى البعض الآخر. فقد لوحظ ان تملح التربة بأملاح الصوديوم والكالسيوم سبب انخفاض مستوى البوتاسيوم في النبات. كما ان زيادة الملوحة بشكل عام تسبب حدوث نقص بالكالسيوم في كثير من المحاصيل الزراعية كالطماطم والفلفل والكرفس ، وفي مثل هذه الظروف ينصح عادة باستعمال الرش بمحاليل حاوية على الكالسيوم مثل محلول نترات الكالسيوم على النبات . وزيادة كلوريد الصوديوم في التربة يؤثر في إنتاج المحاصيل الزراعية من خلال تأثيره في جاهزية العناصر الغذائية. ان وصول أيونات الصوديوم إلى الخلايا الحارسة لمسام أوراق النبات يمنع عنصر البوتاسيوم من تأدية وظيفته في تنظيم عمل مسام النبات ويبقيها مفتوحةً أو مغلقً بشكل دائم. فإذا بقيت المسامات مفتوحةً بشكلٍ دائم فقد النبات سوائله عن طريق التبخر

ويحصل انهيارٌ في التوازن المائي داخل النبات، وإذا أغلقت هذه المسامات بشكل دائم تعذر على النبات الحصول على الغازات اللازمة لإتمام عمليتي التنفس و التركيب الضوئي. أي أن عمل المسام يتعطل عند وصول أيونات الصوديوم إلى سايتوبلازم الخلايا الحارسة لمسام الأوراق في النباتات التي لا تحتمل الأملاح ، وهذا يعني أن آلية عمل المسامات في النباتات الكارهة للأملاح تختلف عن آلية عمل المسام في النباتات المتحملة للأملاح حتى أن بعض الدراسات العلمية تذكر أن الخلايا الحارسة للمسام في النباتات المتحملة للأملاح تستعمل أيونات الصوديوم بدلاً من البوتاسيوم للقيام بعملها. وهكذا فإن هنالك علاقة واضحة في بعض النباتات المتحملة للأملاح بين مستوى الأيونات القلوية وبين المحتوى المائي لهذه النباتات ، فكلما ازداد مستوى الأيونات القلوية كلما ازداد المحتوى المائي. إذ ان النبات يقوم بعملية زيادة المحتوى المائي داخل أنسجته وخلاياه حتى يضائل من سمية هذه الأيونات.

مظاهر تأثير الملوحة في المحاصيل الزراعية : ينعكس تأثير كل من ملوحة التربة والجفاف في نقص الماء المتاح للنبات ينتج عنه حدوث أعراض متعددة على النبات مثل احتراق الأوراق وتبقعها وتقزم النبات وزيادة الضرر مع زيادة مدة تعرضه للملوحة ، وتتفاوت النباتات فيما بينها في درجة تحملها للأملاح وذلك لأسباب فسيولوجية خاصة بالنبات ، ويؤدي ازدياد تركيز الأملاح في التربة إلى جفاف الجذور لأن أملاح التربة تقوم بسحب الماء من هذه الجذور ، ويزداد تأثير الأملاح على النبات خلال الأجواء الجافة و الحارة . وفي الأشجار متساقطة الأوراق يظهر تأثير الأملاح غالباً في أواخر فصل الصيف. أما في الأشجار دائمة الخضرة فان تأثير الأملاح قد يظهر في أواخر الشتاء وبدايات الربيع .

<u>أهم الاملاح الذوابة المنتشرة في الترب</u>

تقسم الأملاح الشائعة في التربة تبعا لدرجة ذوبانها وعلاقتها بملوحة التربة إلى ثلاثة أقسام:

أملاح الكربونات:

تأتي من خلال انتشار أملاح حامض الكربونيك في الأراضي القاحلة وشبه القاحلة ، وسلوك وتأثير هذه الأملاح يعتمد على نوع الملح وتركيزه ودرجة ذوبانه ومدي سميته للنبات. ومن أملاح حامض الكربونيك الشائعة في التربة **هي كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)** التي تكون قليلة الذوبان جدا في الماء (0.0131غ لتر$^{-1}$) وتزداد درجة ذوبانها إلى 0.14 غ لتر$^{-1}$ بوجود حامض الكربونيك لتكوين بيكربونات الكالسيوم [$Ca(HCO_3)$]. وعندما يتحلل هذا الملح ينتج عنه تأثير قاعدي يمتاز بتفاعل (pH) بين 10- 10.2 ، أما في حالة وجود حامض الكربونيك أو غاز ثاني أكسيد الكربون يتراوح تفاعله بين 7.9-8.5 ، ونظرا لقلة ذوبان كربونات الكالسيوم فان وجودها في التربة لا يؤثر في معظم المحاصيل الزراعية، إلا أن بعض المحاصيل تتأثر من حيث كمية المحصول وجودته في حالة وجود نسبة عالية من كربونات الكالسيوم في التربة مثل أشجار الكاكاو والبن والموز والحمضيات. وتحتوى غالبية مياه الأنهار والمياه الجوفية على نسبة لا باس بها من بيكربونات الكالسيوم الذائبة ومعظم الترسبات المحمولة بواسطة مياه الأنهار والبحيرات تحتوى على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم (7- 15 ٪) . وتترسب في آفاق التربة نتيجة تبخر المياه الجوفية القريبة من السطح كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم . وأحيانا تتجمع كربونات الكالسيوم في آفاق معينة من مقطع التربة قد تصل نسبتها في التربة إلى 80 ٪ . وتتكون طبقة صلبة ذات نفاذية قليلة أو عديمة النفاذية مما يتسبب في إعاقة حركة المياه وتغلغل الجذور في التربة. وتعمل كربونات الكالسيوم كمادة لاحمة ولها تأثير هام في تكوين بناء التربة ، ممكن ان تقوم بدورها كمادة لاحمة في التربة بعد فترة ري تتراوح بين 5-7 سنوات من تاريخ ترسيبها. ويمكن ملاحظة كربونات الكالسيوم في التربة إذ يكون لها لون ابيض إما على شكل تجمعات أو على شكل عروق تشبه الميسيليوم الخاص بالفطر ، كما يمكن تقديرها في المختبر بطريقة كمية. في حين **كربونات المغنيسيوم ($MgCO_3$)** تكون درجة ذوبانها أكثر من كربونات الكالسيوم وتزداد درجة الذوبان بوجود حامض الكربونيك أو غاز ثاني أكسيد الكربون. ولها تأثير ضار جداً على النباتات لأنه ينتج عن تحلل كربونات المغنيسيوم تأثير قاعدي قد يصل تفاعل التربة (pH) الى 10، ويعد وجود كربونات المغنيسيوم في الطبيعة بصورة حرة نادراً نظرا لتكوين معدن الدولوميت (Dolomite) وامتزاز المغنيسيوم على معادن الطين. بينما تعد **كربونات الصوديوم (Na_2CO_3)** من الأملاح الشائعة في الطبيعة، ومتجمعة بالتربة في مناطق كثيرة وبكميات لا بأس بها ، تتكون من التفاعل بين حامض الكربونيك وهيدروكسيد الصوديوم. وقد تتبلور مع كميات مختلفة من الماء مكونة بلورات من $Na_2CO_3.H_2O$ أو $Na_2CO_3.10H_2O$. وهي أملاح شديد الذوبان في الماء بكمية 178غم لتر$^{-1}$. وتحللها المائي ينتج عنه وسطاً قاعدي يصل تفاعله (pH) الى 12 ، ونظراً لشدة ذوبانها وتأثيرها القاعدي القوى تكون شديدة السمية لمعظم النباتات. ويؤدى وجود كربونات الصوديوم في التربة الى انتشار وتفريق (Dispersion) جزيئات الطين وهدم (Destruction) مجاميع البناء ، وما يصاحب ذلك من قلة النفاذية ونقص خصوبة التربة وإنتاجيتها حتى لو وجدت كربونات الصوديوم بتراكيز واطئة (0.1- 0.5 ٪) .

وتكون بيكربونات الصوديوم اقل قاعدية من كربونات الصوديوم لأنها تنتج من التعادل الجزئي لكربونات الصوديوم مع حامض الكربونيك:

$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2NaHCO_3$$

ويتجه التفاعل نحو تكوين البيكربونات في حالة التحلل الشديدة للمواد العضوية أو عندما تنخفض درجة الحرارة . وعلى العكس يتجه التفاعل لتكوين الكربونات إذا كان مفعول الأحياء الدقيقة في تحلل المادة العضوية ضعيف أو عندما ترتفع درجة الحرارة. وعندما تتبخر المياه الجوفية المحتوية على هذين الملحين فإنهما يترسبان في التربة بشكل ثنائي $Na_2CO_3. NaHCO_3 . 2H_2O$

أو على شكل $NaHCO_3$ نقى ، ونادراً ما توجد كربونات الصوديوم في الأراضي القاحلة أو الصحارى التي تحتوى نسبة عالية من الجبس نظرا لتحول كربونات الصوديوم إلى كربونات كالسيوم:

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \longrightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$

وتنخفض درجة ذوبان كربونات الصوديوم بشدة عندما تنخفض درجة الحرارة إلي أقل من 8 م° ، وبذلك يصعب غسلها في فصل الشتاء. والترب التي تحتوى على كربونات وكبريتات الصوديوم معاً تكون ملحية قلوية وتحتاج معاملات خاصة أثناء الاستصلاح . في حين **وجود كربونات البوتاسيوم** في التربة أكثر ندرة من وجود كربونات الصوديوم ، ونظراً لشدة ذوبانه وقاعديته فانه يعد شديد السمية للنبات ويؤثر تأثيراً سيئاً على خواص التربة الطبيعية ، وعمليا فان هذا الملح مشابه في تأثيره لملح كربونات الصوديوم.

أملاح الكبريتات:

وهي ناتجة عن وجود حامض الكبريتيك في معظم الأراضي والمياه الجوفية بكميات مختلفة وتترسب هذه الأملاح في التربة بكميات لا باس بها . ويختلف تأثيرها على المحاصيل وعمليات الاستصلاح تبعاً لاختلاف تركيب هذه الأملاح ، ومن أملاح الكبريتات الشائعة في التربة هي **كبريتات الكالسيوم المعروفة بالجبس** ($CaSO_4.2H_2O$) التي تعد من الأملاح عديمة الضرر على النبات لقلة ذوبانها في الماء(1.9 غ لتر$^{-1}$). وتحتوي أراضي المناطق شبه الصحراوية على نسبة من الجبس تجمعت نتيجة تبخر المياه المالحة بحيث أصبحت تربتها تحتوى على الجبس الذي تجمع منذ قديم الزمان . وفى الصحاري حيث يكون الجو شديد الجفاف يتحول الجبس من $CaSO_4.2H_2O$ إلى $CaSO_4.H_2O$ (الانهيدرايت) عندما يفقد جزئ من ماء التبلور. ويوجد الجبس في التربة بأشكال مختلفة على هيئة بلورات شفافة أو نصف شفافة أو صفائح منتظمة الشكل. وفى الأراضي التي تحتوى نسبة عالية من الجبس فانه يكون طبقة أسفنجية ذات كتلة مسامية تجعل محتويات الآفاق في التربة متماسكة جداً. وهذه الطبقة تكون نفاذيتها للماء والهواء قليلة وتحدد تغلغل الجذور في التربة. ويستعمل الجبس كمادة مصلحة لاستصلاح الأراضي القلوية التي تحتوى على نسبة عالية من أيون الصوديوم المتبادل. بينما **كبريتات المغنيسيوم توجد في صورة $MgSO_4.7H_2O$** التي تعد أحدى الأملاح الرئيسية في الأراضي الملحية والمياه الجوفية المالحة ومياه البحيرات وبعض أنواع الطين. وذوبان كبريتات المغنيسيوم في الماء عالي بقيمة (262غ لتر$^{-1}$)، لذلك تعد من الأملاح السامة والمؤذية للنباتات. ولا تتجمع كبريتات المغنيسيوم مطلقاً بصورة نقية في التربة بل تكون دائما مترسبة مع بعض الأملاح الأخرى. وتعد **كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4)** أحدى الأملاح الرئيسية في الأراضي المتأثرة بالأملاح والمياه الجوفية المالحة وفى مياه البحيرات ، وسمية هذا الملح أقل مرتين أو ثلاثة من ملح كبريتات المغنيسيوم . إذ ان درجة ذوبان كبريتات الصوديوم تعتمد على درجة حرارة الوسط التي تزداد بزيادة درجة الحرارة ، ولذلك يكون وضع كبريتات الصوديوم في التربة معقداً إلى درجة كبيرة. ففي المواسم الدافئة فان كبريتات الصوديوم ترتفع الى سطح التربة مع الأملاح الأخرى (كبريتات المغنيسيوم، كلوريد المغنيسيوم، كلوريد الصوديوم)، وفى المواسم الباردة تغسل الأملاح الأخرى من سطح التربة (نتيجة سقوط الأمطار) ويبقى قسم من كبريتات الصوديوم في السطح حتى موسم ارتفاع درجة الحرارة. وعندما ترتفع درجة الحرارة يتحول معدن Mirabilite وتركيبه $Na_2SO_4.10H_2O$ الذي يوجد غالباً في صورة بلورات كبيرة شفافة الى معدن (Na_2SO_4) Thenardite عبارة عن مسحوق أبيض. وأحيانا تتبلور كبريتات الصوديوم مع كبريتات الكالسيوم (الجبس) مكونة ما يسمى($CaSO_4. Na_2SO$) Glauberite ، والأرض الملحية التي تحتوى على نسبة عالية من ملح كبريتات الصوديوم تحتاج الى كميات كبيرة من المياه لإزالة الأملاح بالغسل ، ويفضل أن تجرى عملية الغسل عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة قليلاً(دافئة) مع زراعة الأرز إذا كان ذلك ممكناً. في حين كبريتات البوتاسيوم لا تتجمع في التربة بكميات كبيرة وخواصها تقريباً مشابهة لكبريتات الصوديوم ولكن سميتها أقل توجد أحياناً بعض التكوينات الملحية التي تحتوى على نسبة عالية من كبريتات البوتاسيوم التي تستعمل كسماد.

أملاح الكلوريدات:

تكون مع الكبريتات معظم الأملاح الرئيسية في الأراضي المتملحة . وتتميز الكلوريدات بدرجة ذوبانها العالية في الماء ، وعليه فأن جميعها يكون سام للنبات. **وبشكل عام كلما زادت نسبة الأملاح في التربة أو المياه الجوفية تزيد الكلوريدات (علاقة طردية) ،** ومن الكلوريدات الشائعة في النظام الأرضي هي **كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$)** الذي يتفاعل مع كبريتات الصوديوم وكربونات الصوديوم مكونا كربونات الكالسيوم أو كبريتات الكالسيوم التي تترسب في التربة. **وعليه فإن كلوريد الكالسيوم يوجد في التربة أو محلولها أو في مياه البحيرات فقط عندما تكون درجة الملوحة عالية جدا (400 - 500 غ لتر$^{-1}$) .** وكلوريد الكالسيوم قد يوجد في الطبقة السطحية لبعض الترب نتيجة لتفاعل الإحلال الآتي:

$$x]Ca + 2NaCl \longleftrightarrow x]2Na + CaCl_2$$

وتوجد كميات لا بأس بها من أملاح كلوريد الكالسيوم في المياه الجوفية العميقة مرتبطة مع بعض الترسبات البترولية. وقد ترتفع هذه المياه إلى السطح عن طريق الشقوق. **ويعد كلوريد الكالسيوم ملح سام ولكنه اقل سمية من كلوريد المغنيسيوم أو الصوديوم .** بينما **كلوريد المغنيسيوم** من الأملاح الشائعة في الأراضي والمياه الجوفية المالحة يتجمع بكميات كبيرة في حالة الأراضي الشديدة الملوحة. وهو ملح سام جدا للنبات نظراً لدرجة ذوبانه العالية (353غ لتر$^{-1}$). وقد يوجد بكميات كبيرة في المياه الجوفية

العميقة ، ويمكن أن يصعد كلوريد المغنيسيوم عن طريق الشقوق أو عن طريق التفاعل التبادلي بين الصوديوم المذاب والمغنيسيوم المتبادل على سطح الطين كما يحدث مع كلوريد الكالسيوم .
ويعد كلوريد المغنيسيوم وكلوريد الكالسيوم ملحان متميعان يمتصان الرطوبة من الجو، لاسيما عندما تكون درجة حرارة الجو منخفضة. ولذلك فان مظهر التربة الملحية التي تحتوى على هذين الملحين يكون مبتلاً دائماً خاصة بعد سقوط الأمطار أو الندى.
والترب الملحية التي تحتوى كمية كبيرة من كلوريد المغنيسيوم تحتاج إلى غسيل مركز للتخلص منه. كذلك فأن كلوريد الصوديوم مع كلوريد وكبريتات المغنيسيوم من المكونات الرئيسية الشائعة للتربة الملحية. ودرجة سمية كلوريد الصوديوم عالية نظراً لارتفاع درجة ذوبانه في الماء(264غ لتر$^{-1}$)، وحتى لو وجد بتركيزات منخفضة فان النباتات سوف تتأثر سلبياً . **والترب المالحة التي تحتوى على كمية من كلوريد الصوديوم تتراوح بين 2- 5 ٪ تكون جرداء،** وعملياً لا يكون استصلاحها إلا بالغسيل لإزالة الأملاح التي توجد فيها. علماً ان عملية الغسل لهذا الملح تكون سهلة عند وجود الجبس في التربة. وفى معظم المناطق القاحلة وشبه القاحلة يمتص الصوديوم على معقدات سطوح التبادل الأيوني في التربة أثناء عملية الغسيل، مما يسبب انتشار جزيئات الطين وقلة النفاذية وإعاقة عملية الإصلاح.
ان كلوريد البوتاسيوم يشبه كلوريد الصوديوم من حيث التركيب الكيميائي ولو أن كلوريد البوتاسيوم لا يوجد بكثرة في التربة مثل كلوريد الصوديوم، نظرا لاستهلاك الأحياء الدقيقة للبوتاسيوم، وإضافة الى انه يكون عرضة للادمصاص العكسي على حبيبات الطين. وإذا وجد كلوريد البوتاسيوم بنسبة عالية فان سميته للنبات تكون مشابهة لسمية كلوريد الصوديوم. وبشكل عام فانه قليل الوجود في الأراضي شديدة الملوحة. ونظرا لأهمية البوتاسيوم كعنصر غذائي فان ترسبات هذا الملح تعد ذات أهمية في التسميد، ويوصى باستعمال أسمدة كلوريد البوتاسيوم أو على شكل Granallite ($MgCl_2.KCl.6H_2O$) في الأراضي غير مالحة، ولكن لا يوصى باستعمالها في الأراضي الملحية.
وهنالك أملاح النترات لا تتجمع بكميات كبيرة في التربة (لا تتجاوز0.05 ٪) التي تعد من أملاح حامض النتريك (HNO_3)غاية الأهمية كسماد نتروجيني للتربة. وعند بعض الحالات الاستثنائية في المناطق الصحراوية قد تتسبب نترات الصوديوم والبوتاسيوم عندما تصل الى نسبة 50 ٪ ، وكذلك كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم ملوحة في التربة لتصبح التربة جرداء على أثر تلك النسبة.
وبصفة عامة إذا زادت نسبة النترات في التربة عن0.07 - 0.1 ٪ تصبح ضارة للنباتات ويكون ضررها أكثر من ضرر الكلوريدات ويمكن التخلص من النترات بسهولة أثناء عملية الغسيل لشدة ذوبانها. وفى الظروف اللاهوائية في المستنقعات أو عند زيادة الري عن الحد اللازم تقل نسبة الأوكسجين. وعندئذ تختزل النترات بواسطة الأحياء الدقيقة الى أمونيا NH_3 أو غاز النيتروجين N_2. في حين أملاح البورات الناتجة عن حامض البوريك (H_3BO_3) نادرة الوجود في التربة إلا في منطقة البراكين بأمريكا اللاتينية ، وبعض المناطق الساحلية بحوض البحر المتوسط في أفريقيا ، والساحل الشمالي في مصر.

تصنيف الترب المتأثرة بالاملاح حسب المدرسة الامريكية

يقسم مخبر بحوث التربة الملحية في الولايات المتحدة الترب المتأثرة بالأملاح الى الأنواع التالية :

1- ترب ملحية غير صودية Saline nonsodic soils

تتصف هذه الترب باحتوائها على نسبة كبيرة من الأملاح الذوابة في الماء ، و عادة لا يزيد محتوى الصوديوم الذائب في مستخلص العجينة المشبعة على نصف الكاتيونات الذائبة ، و بالتالي فأن الصوديوم التبادلي قليل نسبياً ، و تختلف نسبة الكالسيوم و المغنزيوم من تربة الى اخرى سواء الذائب منهما أم الممتز . و تسود الملوحة الكلوريدية أو السلفاتية او كلتاهما ، إذ لا توجد الكربونات الذائبة عادة ، يبلغ التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة لهذه الترب عند درجة حرارة 25 مئوية 4 مليموز /سم أو أكثر ، و لا تتعدى النسبة المئوية للصوديوم الممتز 15 ٪ من السعة التبادلية الكاتيونية ، و لا يزيد رقم الحموضة على 8.5 و نظراً لوجود الأملاح تكون غرويات التربة متخثرة و بالتالي تكون نفاذية الماء في التربة جيدة .

2- ترب صودية غير ملحية Sodic nonsaline soils

يقل التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة في هذه الترب عن 4 مليموز /سم عند درجة حرارة 25 مئوية ، و تزيد نسبة الصوديوم التبادلي (ESP) على 15 ٪ من سعة التبادل الكاتيوني ، لذلك يرتفع رقم الحموضة pH الى أكثر من 8.5 في الأفق القلوي أو الصودي B_1 .
تتصف هذه الترب بارتفاع محتوى كربونات الصوديوم ، التي تسهم بفعالية في نشوء هذه الترب . و تشبه هذه الترب السولونتس في المدرسة الروسية كثيراً و تعد في كثير من الحالات مرادفاً لها .

3- ترب ملحية صودية Saline sodic soils

هي الترب التي يزيد التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينتها المشبعة على 4 مليموز / سم عند درجة 25 م ، كما تزيد نسبة الصوديوم التبادلي على 15 ٪ من السعة التبادلية ، و نظرا لوجود تركيز عالي نسبياً من الاملاح الذوابة فإن رقم الحموضة pH لا يتعدى 8.5 ، و قد تحتوي هذه الترب على أملاح غير ذوابة مثل كربونات الكالسيوم و المغنزيوم كما تحتوي على الجبس .
ويلخص الجدول التالي تصنيف الترب المتأثرة بالأملاح حسب المدرسة الأمريكية و ال FAO .

صنف التربة	ECe(مليموز سم$^{-1}$)	pH	ESP (النسبة المئوية للصوديوم المتبادل)
ترب غير ملحية	أقل من 4	أقل من8.5	أقل من15
ترب ملحية	أعلى من4	أقل من8.5	أقل من15
ترب ملحية صودية	أعلى من4	أقل من8.5	أكثر من15
ترب صودية	أقل من4	أكبر من8.5	أكثر من15

تصنيف مجموعة الترب الملحية حسب درجة تأثيرها في النمو النباتي.

ECe(ديسيمنز م$^{-1}$)	تأثير الملوحة على الإنتاجية
2-0	لا يوجد تأثير
4-2	انتاجية المحاصيل الحساسة جدا يمكن ان تتأثر.
8-4	انتاجية العديد من المحاصيل تتأثر
16-8	المحاصيل المتحملة للملوحة يمكن أن تنمو بشكل مرضي
16- أكثر	عدد قليل جدا من المحاصيل يمكن أن ينمو بشكل مرضي

تصنيف ملوحة الترب حسب سمية الأملاح

لكي تصنف الترب المالحة بشكل دقيق يفضل أن يوضع في الحسبان التأثير الإجمالي للشوارد السامة ، و هو محصلة تأثير سائر الشوارد السامة في النباتات ، إذ تتباين درجة سمية الشوارد المختلفة ، و يعبر عادة عن التأثير الإجمالي لهذه السمية بمكافئات الكلور حسب المعادلات التالية :

$$1\ Cl^- = 0.1CO_3^{=} = (2.5\text{-}3.0)HCO_3^- = (5.0\text{-}6.0)SO_4^{=}$$

يدل الرقم الأكبر الموجود بين قوسين على وجود ملوحة نقية و الرقم الأصغر على وجود ملوحة مختلطة و على هذا الشكل يمكن تحديد درجة ملوحة التربة اعتمادا على مكافئات الكلور و ذلك حسب الجدول التالي :

درجة الملوحة	مكافئات الكلور (ميلي مكافئ / 100 غرام تربة)
غير متملحة	0.3 >
خفيفة الملوحة	0.3 – 1.0 (1.5)
متوسطة الملوحة	1.0 – 3.0 (3.5)
شديدة الملوحة	3.0 - 7.0 (7.5)
شديدة الملوحة جدا	7.0 < (7.5)

يفسر التذبذب في مقدار التأثير الأجمالي للشوارد السامة بأن سمية ملح معين عند وجوده وحيداً في المحلول تكون عالية بينما تنخفض نسبيا عندما تختلط مع غيرها من الأملاح ، كما هو مبين في الأرقام الموضوعة بين قوسين ، و هذا يعني أن درجة الملوحة تكون خفيفة إذا تراوح عدد ميليمكافئات الكلور بين 0.3 – 1.0 في حالة الملوحة النقية تزداد الى 0.3 – 1.5 ميلي مكافئ في الملوحة الخليطة .

أمثلة على حساب سمية الاملاح

- إذا احتوى مستخلص مائي لتربة على 2.6 ميلي مكافئ كلور و 10 ميلي مكافئ كبريتات لأملاح سامة ، فأن التأثير الإجمالي للشوارد السامة معبرا عنه بمكافئات الكلور = 2.6 +10/5 = 4.6 ميلي مكافئ ، و تعد شديدة الملوحة و ذلك حسب الجدول السابق .
- إذا احتوى مستخلص مائي لتربة 5.0 ميلي مكافئ بيكربونات HCO_3 و 0.4 ميلي مكافئ CO_3 و 3.4 ميلي مكافئ كلور Cl^- و 2.0 ميلي مكافئ SO_4 /100 غرام تربة ، فإن التأثير الإجمالي للشوارد السامة معبرا عنها بمكافئات الكلور (بالميلي مكافئ / 100غرام تربة) = 5.0/2.5 +0.4 x 10 + 3.4 + 2.0/5.0 = 9.8 ميلي مكافئ ، و تعد هذه التربة شديدة الملوحة جداً ، فإن توضعت أكبر نسبة من الأملاح في الأفق السطحي كانت التربة سولونتشاك .

التصنيف الروسي للترب المتأثرة بالأملاح

الترب المالحة السولونتشاك Solonchaks

السولونتشاك كلمة روسية معناها الترب التي تحتوي كميات كبيرة من الاملاح الذوابة في الماء بحيث يتوضع أعلى تركيز لتلك الاملاح في الطبقة السطحية للتربة 0 -30 أو 0 – 40 سم و تتجاوز نسبة الاملاح عادة 1 -2 ٪ من وزنها ، لتصل احياناً الى 20 - 30 ٪ من وزنها . يتغطى سطح السولونتشاك عادة و بدرجات متفاوتة بتزهرات أو قشور من الاملاح الذوابة . و في معظم الأحيان لا تنمو المحاصيل الزراعية على هذه الترب ، أما في الظروف الطبيعية فقد ينعدم منها الغطاء النباتي تماماً أو يتمثل ببعض النباتات الملحة (المحبة للملوحة) Halophytes مثل الحمض و الرمث و الأشنان و غيره ، حيث تتصف هذه النباتات بقدرتها العالية على تحمل الملوحة ، غير أن السولونتشاك المرجية لبعض المناطق هي أقل انواع السولونتشاك خطورة و أكثرها ملائمة لنمو الغطاء النباتي .

يكون التركيب الميكانيكي لترب السولونتشاك و شبه السولونتشاك ثقيلاً في معظم الحالات ، و يرجع السبب في ذلك الى انتشار و تموضع هذه الترب في السهول و المنخفضات و الوهاد ، حيث تتجمع فيها الصخور الأم الرسوبية الطينية منقولة من التضاريس الأكثر ارتفاعاً ، لكن هذه القاعدة ليست مطلقة ، إذ تكون بعض الترب المالحة خفيفة او رملية .

يتميز معظم هذه الترب بتوزع منتظم لمجموعة الغضار و السيليس و الأكاسيد نصف الثلاثية في مقطعها ، و يدل هذا على ثبات السيليكات الألومينية في هذه الترب ، و يشذ عن هذه القاعدة السولونتشاك الصودية و الترب المالحة القلوية إذ تنتقل الغرويات المعدنية من الأفق السطحي لتتوضع على عمق معين تحت السطح مكونة الأفق B_1 .

تتصف الترب المالحة بعدم احتوائها على بنى فتاتية – حبية ثابتة مائيا . و نتيجة لوجود مقادير عالية من الألكتروليتات تكون المواد الغروية متخثرة و ثابتة لذلك تتميز هذه الترب لغناها بالاملاح بسلاستها و نفوذيتها و احتوائها على البنى الكاذبة التي سرعان ما تتهدم عند غمرها بالماء .

إن محتوى الدبال في الترب المذكورة منخفض جداً ، إذ يتراوح بين 0.7 – 1.25 ٪ في أفقها العلوي باستثناء المرجيه منها التي يمكن أن تصل نسبة الدبال فيها الى 8 – 10 ٪ من وزن التربة .

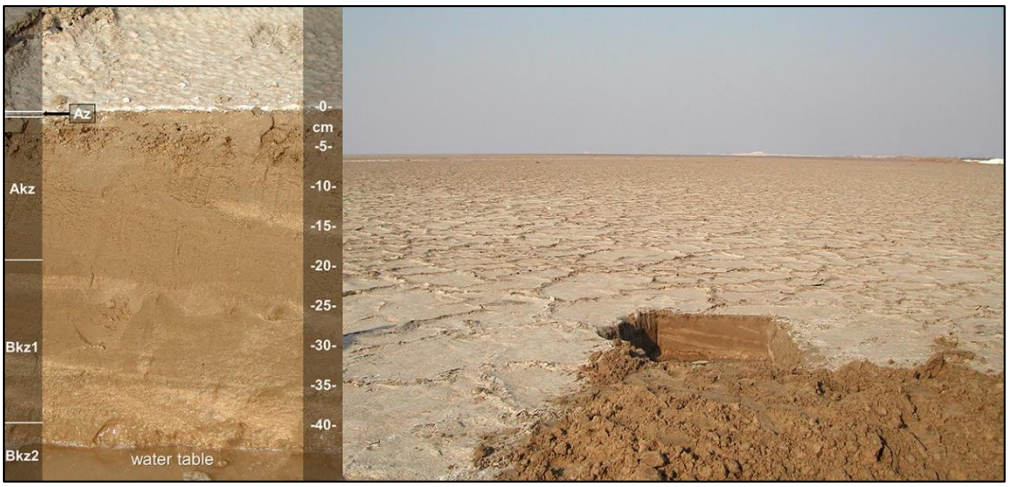
تتصف معظم ترب السولونتشاك بانخفاض سعتها التبادلية إذ تتراوح بين 10 – 20 ميلي مكافئ / 100 غرام . و يسود الكالسيوم و المغنزيوم في معقد الامتزاز ثم يأتي الصوديوم ، أما السولونتشاك الصودية فإن المغنزيوم و الصوديوم هما المكونان الرئيسان لمعقد الامتزاز .

إن تفاعل محلول التربة قلوي خفيف إذ يتراوح ال pH بين 7.5 – 8.3 ، و يتعلق هذا عادة بمحتوى كربونات و بيكربونات الكالسيوم و المغنزيوم ، اما السولونتشاك الصودية فهي ذات تفاعل قلوي شديد و يتراوح ال pH فيها من 9- 11 نتيجة لوجود كربونات و بيكربونات الصوديوم .

يتناقص محتوى الاملاح الذوابة في السولونتشاك مع العمق و يتوزع تراكم الأملاح في مقطع هذه التربة بحيث تتوضع في الأفاق السطحية الأملاح الأكثر ذوبانا و هي : $MgCl_2$ ، $MgSO_4$ ، Na_2CO_3 ، Na_2SO_4 ، NaCl غير أنه يمكن أن توجد أيضاً $CaSO_4$ ، $CaCO_3$ ، و قد تصل نسبة الجبس في الأفق السطحي الى 2 – 3 أو حتى 10 ٪ من وزن التربة .

و في الظروف الطبيعية ، و نتيجة لوجود الماء الشعري ، باستمرار فإن الأملاح الذوابة تتواجد في محلول التربة . لهذا يتميز محلول هذه الترب بارتفاع تركيزه الملحي ، إذ يتراوح بين 100 -200 غ/ل ، و يصل أحيانا الى 300- 400 غ /ل في الأفاق السطحية . و ينخفض الى 20- 50 غ/ل في الأفاق السفلى .

إن تركيز محلول ترب السولونتشاك اعلى دائما من تركيز المياه الأرضية التي تقع تحت تلك التربة ، و يفوق عدة مرات تركيز الأملاح في مياه البحار الذي يبلغ و سطيا نحو 35 غ/ل .



نموذج عن ترب السولونتشاك

ترب التاكير TAKYR

التاكير هو نمط خاص من الترب الطينية الصحراوية المتملحة في أسيا الوسطى ، حيث تنتشر في دالات الأنهار و مصباتها ووهادها القديمة ، و تتوضع هذه الترب في المنخفضات المنبسطة الطينية . و يمكن ان تتطور هذه الترب على مختلف أنواع الصخور المنقولة بسائر الوسائل شريطة ان تكون طينية . و ان الخاصية المميزة لصخورها الام هي ملوحتها و غناها بكربونات الكالسيوم .

و لا توجد نباتات زهرية راقية على التاكير ، بيد أنها تتغطى بالطالحب Algea و الحزاز Lichen في فترة الترطيب ، و نادراً ما تلاحظ نباتات متفرقة من الشيح و الأشنان و ما شابهها .

الملامح الأساسية للتاكير

يتميز مقطع التاكير ببناء خاص به ، إذ يكون سطحها مضلع الشقوق كثيفا ، يشبه الأرضيات الخشبية أو الحجارة المرصوفة بشكل غير منتظم ، لونها وردي او رمادي قشي .

أما الأفق السطحي فيتمثل بقشرة كثيفة ضخمة المسام (خلوية) سماكتها 2 – 5 سم تتحول مع العمق الى طبقة صفائحية أو حرشفية مسامية و أقل تماسكاً ، تصل سماكة هذه الطبقة مع القشرة 5- 10 سم . يلي ذلك أفق فتاتي البنية ، يكون جيد الوضوح و شديد التماسك في التاكير المقلونه نتيجة لاغنائه بالدقائق الغرويدية ، أما في التاكير غير المقلونة فيلاحظ توزع شبه منتظم للدقائق الغرويدية في مقطع التربة .

يتراوح عمق هذه الترب بين 30- 40 سم ومن أهم خصائصها احتواءها على الكربونات التي يتوضع أكبر نسبة منها في الأفق السطحي . كما أن وجود القشرة في هذه الترب يعد واحداً من ملامحها الخاصة ، و يرتبط تكون القشور مع دور الصوديوم الممتز في بعثرة الغرويدات ثم تعرضها لجفاف شديد .

منشأ التاكير

هناك نظريات عديدة في تكون التاكير .

إذ يعطي بعضهم الدور الأكبر لترسيب المعلقات الدقيقة من التيارات المائية ، و البعض الأخر يعطي أهمية كبيرة لتشكل التضاريس و تأثير الرياح ، و يعتقد فريق ثالث أنها تكونت في قيعان البحيرات بعد جفافها .

أما لدى علماء التربة فالكل يجمع ان تكون التاكير هي عملية تكوين تربة صرفة ، إلا أنهم يختلفون في آلية تلك العملية . فيرى البعض ان تكون هذه الترب يندرج تحت نمط الترب المملحة المقلونة مائية التشكل ، إذ يلعب تناوب التملح و التحلية الدور الأكبر في تكوين التاكير التي تعد سولونتس سطحية في مناطق صحراوية .

بينما يرجع بعض العلماء نشوء هذه الترب الى التركيب الميكانيكي الطيني و حسب رأيهم ليس بالضرورة أن تكون التاكير مملحة أو مقلونة . و هناك فريق ثالث يركز على أهمية نوعية النباتات الدنيئة من طحالب و حزاز في تكوين هذه الترب .

يتبين مما سبق أن الفرضيات التي تبحث في تكوين التاكير متعددة متباينة إلا أنه يمكن استنتاج ما يلي : تلعب عمليات التملح و القلونة دوراً هاماً في تكوين ترب التاكير ، كما يشارك في ذلك التركيب الميكانيكي الطيني للمواد الأم ، إذ يعمل على منع تسرب المياه الى الأعماق مما يسبب ركود المياه على سطح التربة لفترة معينة كل عام . و يجعل التربة غدقة لفترة من الزمن مما ينشط العمليات اللاهوائية في تفسخ المخلفات العضوية للطحالب و الحزاز لتنتج أحماض عضوية ذات أوزان جزيئية منخفضة تسهم في تهديم الجزء المعدني من التربة .

خواص ترب التاكير

إن هذه الترب فقيرة بالدبال إذ تتراوح نسبته بين 0.3 - 0.8 ٪ من وزن التربة ، و تبلغ سعة امتزازها 5- 10 ميلي مكافئ / 100 غرام تربة . و غالباً ما تزيد نسبة الصوديوم الممتز على 20 ٪ من السعة التبادلية ، يتراوح ال pH في هذه الترب بين 8 – 10 ، و غالباً ما تكون هذه التربة شديدة الملوحة ، إذ توجد أكبر نسبة من الأملاح تحت القشرة مباشرة ، وهي ملوحة كلوريدية سلفاتية صوديومية ، كما تتصف هذه الترب بخواص مائية و فيزيائية سيئة .مما سبق نجد أن ترب التاكير لها مزيج من صفات السولونتشاك و السولونتس . و ان التركيب الميكانيكي الطيني يلعب الدور الرئيس في جعل خواصها الفيزيائية سيئة للغاية .

نموذج عن ترب التاكير

الترب القلوية (السولونتس) SOLONETZ

السولونتس هي الترب التي يحوي معقد امتزازها نسبة عالية من الصوديوم التبادلي (ESP) في أفق الترسيب B_1 تزيد على 20 ٪ من السعة التبادلية حسب التصنيف الروسي و على 15 ٪ حسب التصنيف الأمريكي و الدولي .
و تتوضع هذه الترب غالباً في الوهاد و المنخفضات و في السهول رديئة الصرف أو عديمته ، و كذلك في أسرة الوديان . و عند مقارنة السولونتس بالسولونتشاك يلاحظ توضع الأولى في تلك المواقع التي تتعرض لغسل الأملاح من طبقتها السطحية .

الخصائص الاساسية لعملية تكوين ترب السولونتس و فرضيات نشوئها :

على الرغم من انتساب السولونتس الى الترب المتأثرة بالأملاح ، إلا أن الأملاح تتوضع فيها على عمق معين ، و لا تحتوي الطبقة السطحية من التربة سوى نسبة ضئيلة من الأملاح الذوابة . و لاتختلف السولونتس عن السولونتشاك بنسبة الأملاح و توضعها فحسب و إنما بالهجرة الواضحة للغرويات من الطبقة السطحية و ترسبها في مقطع التربة مكونة أفق ترسيب واضح هو الأفق القلوي B_1 الذي يمكن تمييزه و التعرف عليه بسهولة استناداً الى خصائصه المورفولوجية .
تترافق عملية القلونة في تكوين الترب مع تخريب شديد للجزء المعدني و العضوي و هجرتهما في مقطع الترب ، إذ تحدث في ظروف تفاعل الوسط القلوي ، و نتيجة لتلك الهجرة يتمايز مقطع التربة بدرجة كبيرة الى أفاق مختلفة .
و يوجد فرضيات متعددة حول نشأة السولونتس لكن جميعها يتفق على ان لشاردة الصوديوم الدور الاساسي في تطور الخصائص السيئة لترب السولونتس .
فاستناداً الى الفرضية الكيميائية الغرويدية تتكون السولونتس عند إزالة ملوحة السولونتشاك الغنية بأملاح الصوديوم المتعادلة . ففي الترب التي تحتوي على نسب كبيرة من املاح الصوديوم تصبح الظروف ملائمة لتشبع معقد الأمتزاز بشوارد الصوديوم بعد ان تزيح غيرها من الكاتيونات ، و تفقد دقائق التربة المشبعة بالصوديوم تجمعها لان شوارد الصوديوم شديدة الإماهة .
ويمكن تمييز مرحلتين رئيستين لتطور ترب السولونتس : تتضمن الأولى تملح الترب بأملاح الصوديوم المتعادلة لتكوين السولونتشاك ، بينما تتلخص المرحلة الثانية بتحلية (إزالة الملوحة) السولونتشاك و تنامي قلونة الترب مع ما يميزها من بناء خاص بالمقطع و غيره من الخصائص .
وأبرز العلماء ثلاثة أطوار في مرحلة تحلية السولونتشاك هي :

- إبعاد الأملاح الذوابة .
- تكوين الصودا .
- تبعثر دقائق التربة و نقلها الى الأسفل في مقطع التربة .

و لكن نتائج الدراسات اللاحقة بينت أن تكوين السولونتس عند تحلية السولونتشاك يمكن أن يتم فقط في الحالة التي تكون فيها نسبة الصوديوم الى الكالسيوم و المغنزيوم في أملاح التربة كما يلي : $Na/Ca+Mg > 4$.
و في الظروف الطبيعية فإن تلك النسبة لا تصادف إلا نادراً جداً ، فعند تحلية السولونتشاك التي تشكل فيها أملاح الكالسيوم أكثر من 20 ٪ من الأملاح ، فإن خصائص القلونة لا تظهر في تلك الترب ، و على هذا الأساس فإن فرضية نشوء السولونتس عند تحلية السولونتشاك لا يمكن عدها الطريقة الوحيدة و الشاملة لتكوين السولونتس .
أما الفرضية الثانية فهي البيولوجية و التي تعد النباتات السهبية نصف الصحراوية مثل الأشنان و الشيح و الحمض المصدر الأساسي لأملاح الصوديوم ، فعند تمعدن مخلفات تلك النباتات فإنها تعطي كميات كبيرة من الأملاح و من بينها الصودا . و إن اغناء الترب بالأملاح و بخاصة الصوديومية يعمل على تشبع معقد الامتزاز بالصوديوم ، و تتحول الترب غير المقلونة تدريجياً الى ترب مقلونة ثم قلوية ، و عند ازدياد تركيز الاملاح و هذا ما يلاحظ في التضاريس المنخفضة فإن السولونتس تتطور الى سولونتشاك و على هذا الاساس تتطور ملوحة التربة حسب التسلسل التالي :
تربة غير مملحة أو مقلونة ⟵ تربة مقلونة ⟵ تربة قلوية (سولونتس) ⟵ تربة مالحة (سولونتشاك).

طرائق تكوين الصودا

نظرا لأن الصودا تلعب الدور الأعظم في تكوين السولونتس لذا لابد من الإشارة الى أهم طرائق تكوينها في الترب :

- **تجوية الصخور و المعادن :** عند تجوية الصخور و المعادن المحتوية على القواعد و القواعد الترابية تتفاعل هذه العناصر مع حمض الكربون الموجود في محلول التربة مكونة مختلف أنواع الكربونات و منها كربونات الصوديوم .

- **تتفاعل الأملاح المتعادلة مع كربونات القواعد الترابية وذلك حسب المعادلة التالية:**

$$Na_2SO_4 + CaCO_3 \longrightarrow CaSO_4 + Na_2CO_3$$

لكن التفاعل السابق لا يتم إلا إذا تكونت كميات كبيرة من غاز الكربون في التربة .

- **التفاعل التبادلي :**

و ذلك من التفاعل التبادلي للصوديوم الممتز مع الكالسيوم او الهيدروجين الموجودين في محلول التربة ويتم ذلك حسب المعادلتين التاليتين :

$$(\text{معقد الامتزاز})^{Na}_{Na} + Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons (\text{معقد الامتزاز})^{Ca} + 2NaHCO_3$$

$$(\text{معقد الامتزاز})^{Na}_{Na} + H_2CO_3 \rightleftharpoons (\text{معقد الامتزاز})^{H}_{H} + Na_2CO_3$$

- **تتكون الصودا بفعل الأحياء الدقيقة المختلفة و بخاصة المرجعة للسلفات أو النترات** و ذلك بوجود المواد العضوية و في ظروف لا هوائية و ذلك حسب المعادلات التالية :

$$Na_2SO_4 + 2C \longrightarrow Na_2S + 2CO_2$$
$$Na_2S + CO_2 + H_2O \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2S$$
$$4NaNO_3 + 5C \longrightarrow 2Na_2CO_3 + 3CO_2 + 2N_2$$

- **تفاعل سيليكات الصوديوم مع حمض الكربون وذلك كما يلي :**

$$Na_2SiO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons Na_2CO_3 + SiO_2 + H_2O$$

- **حلمأة سيليكات الصوديوم و ذلك كما يلي** :

$$Na_2SiO_3 + H_2O \rightleftharpoons SiO_2 + 2NaOH$$

$$2NaOH + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

بناء مقطع السولونتس

تشترك ترب السولونتس بغض النظر عن منشئها بالملامح المورفولوجية لبناء مقطعها الذي يتألف من أفاق جيدة التمايز هي :

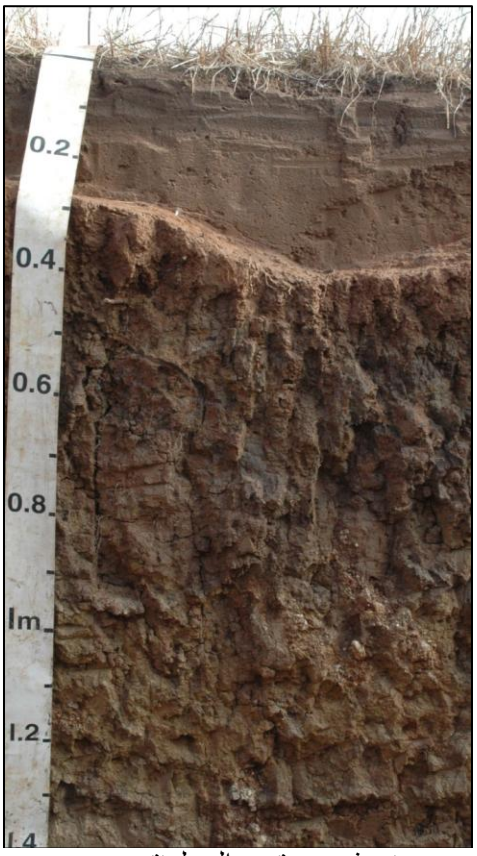
- أفق دبالي مغسول A : يختلف لونه حسب نسبة الدبال ، و عموماً يكون رمادي اللون أو فاتحاً نتيجة لهجرة قسم من الدبال و الغرويدات منه الى الأسفل ، و يتصف بقلة اندماجه ، و قد يصبح احيانا متماسكا ليشكل قشوراً رقيقة غير ثابتة عالية المسامية أو اسفنجية ، و تبلغ سماكته بين 2 – 30 سم ، و يكون الانتقال الى الأفق B حاداً من خلال الكثافة و البنية .
- أفق الترسيب B و هو متميز عن الأفق A و يقسم الى B_1 و B_2 .
- الأفق القلوي B_1 يحتوي أعلى نسبة من الصوديوم الممتز ، كما انه غني بالأكاسيد نصف الثلاثية و بخاصة Al_2O_3 وكذلك بحبيبات الغضار ، و هو أغمق لوناً من الأفق السطحي إذ يكون غالباً أسمر اللون . و أهم خصائص هذا الأفق شدة تماسكه الناتجة عن تجمع الأكاسيد نصف الثلاثية و الغضار و بعض المواد الدبالية المهاجرة من الأفق العلوي ، كما يتصف بتشققه الشاقولي أثناء الجفاف ليكون بنى عمدية أو موشورية ، يتراوح سمك الأفق B_1 بين 20 – 30 سم .
- أفق B_2 يسمى الأفق الملحي ، يتوضع تحت الأفق السابق ، و تصل سماكته الى 30- 40 سم . غالباً ما يتصف هذا الأفق ببنية بندقية أو بندقية فتاتية . يحتوي على نسبة كبيرة من كربونات الكالسيوم بصورة مجمعات كروية بيضاء اللون ، كما يحتوي على الأملاح الذوابة و كذلك على الجبس بصورة بللورات أو عروق .

خواص السولونتس

يتصف الافق السطحي لترب السولونتس بانخفاض نسبة ملوحته إذ تقل عادة عن 0.2 ٪ أي انه غير متملح ، كما يوجد ضمن المواد الذوابة في الماء إضافة الى الأملاح مواد غرويدية مبعثرة .

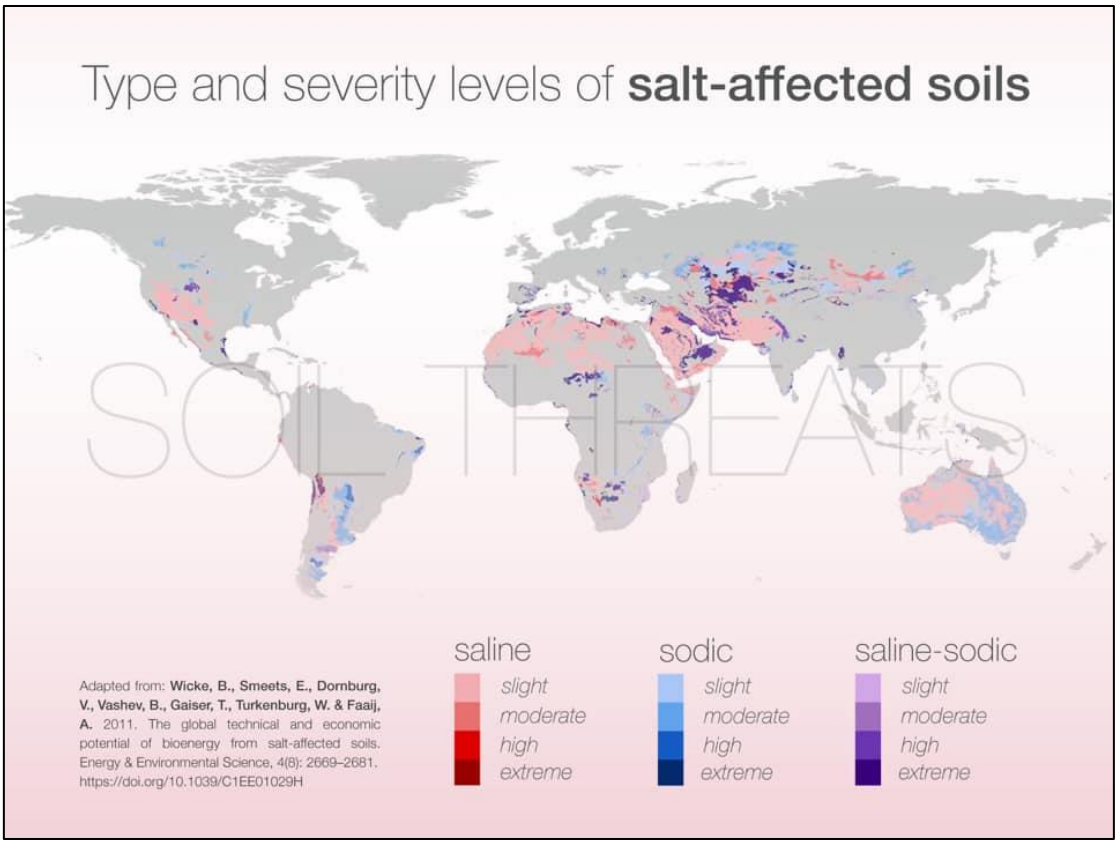
تتركز الأملاح في السولونتس في أسفل الأفق القلوي أو أعمق من ذلك ، و إن كمية و نوعية الأملاح متباينة جداً و غير ثابتة . وجود أفق من الجبس أو كربونات الكالسيوم على عمق 40 – 45 سم يعد مؤشراً ايجابياً لإمكان استخدامه في الاستصلاح الذاتي للسولونتس .

تتباين السعة التبادلية و تركيبها من افق الى اخر ، فهي أعلى ما تكون في الأفق B_1 ، و أن النسبة بين الكالسيوم و المغنزيوم ضيقة ، و تزداد نسبة الصوديوم الممتز كثيراً في الأفق B_1 مقارنة بالأفق A_1 ، الذي يغلب فيه الكالسيوم على غيره من العناصر في معظم الحالات نتيجة لعملية التكوين العشبي مما يؤدي الى تحسين الخواص الفيزيائية و الكيميائية و البيولوجية لهذا الأفق . إن تفاعل وسط pH محلول التربة في الأفق A_1 في حدود المتعادل ، كما ان درجة تحبب هذا الأفق عالية . في الأفق القلوي يزداد تماسك التربة كثيراً و تقل مساميتها ، و عند وصول رطوبة التربة الى السعة الحقلية تنخفض التهوية كثيراً بينما تكون ملائمة في الأفق A_1 فقط ، كما ان الرطوبة الفعالة أو الميسرة تكون منخفضة نتيجة لارتفاع معامل الذبول .



نموذج عن ترب السولونتس

توضح الخريطة التالية اماكن انتشار الترب الملحية و القلوية عالمياً و درجة الملوحة و نوعيتها.



الترب المتأثرة بالأملاح " درجة الملوحة و نوعيتها "

إدارة المياه والتربة والنبات للسيطرة على ملوحة التربة

وتعني الاستصلاح الزراعي الذي يهدف الى إيجاد السبل اللازمة في تحسين واستغلال التربة كوسط لنمو المحاصيل الحقلية من خلال إدارة المياه والتربة والنبات. ويمكن أن يتضمن الآتي:

- **إدارة المياه وملوحة التربة :**

هنالك عدد من العمليات التطبيقية في إدارة المياه من أجل الاستغلال الأفضل وتقليل الأضرار الناجمة عن ملوحة التربة يمكن مناقشتها على النحو الآتي :

اولاً :إجراءات ضبط النظام الملحي للترب المروية

يعبر النظام الملحي للتربة عن حركة و تجمع الاملاح سهلة الذوبان في مقطع التربة و مختلف أفاقها تحت تأثير تعاقب الظروف الجوية الفصلية و الري . و تضم العوامل الطبيعية للنظام الملحي للترب المالحة الهطول المطري الفصلي التي تشكل التيارات النازلة لرطوبة التربة . و كذلك تبخر و نتح الماء الأرضي المشكل لتيارات الماء الصاعدة . و هناك أهمية أضافية في النظام الملحي لترب الوديان و الدالات يمكن ان تظهر نتيجة الفيضانات أو تيارات المياه السطحية من الجوانب كما هو ملاحظ في السهول و اسفل الجبال .

وفي الترب المروية فإنه يضاف الى العوامل الطبيعية للنظام الملحي تأثير الريات و الغسلات و الماء الزائد و الماء الراشح من شبكة الري و كذلك نتح المحاصيل المزروعة و فلاحة الترب و تسميدها .

ان مشروع الري الناجح يهدف الى تجهيز الماء بصورة مثلى متجنباً الشحة أو الزيادة، وعليه فان التجهيز المائي المحدود يقيد نمو المحصول وغزارة الماء تؤدي الى النضح الشديد له الى التربة التحتية مع قلة كفاءة الري ، فضلاً عن الماء المتغلغل في التربة قد يسبب ارتفاع في مستوى الماء الأرضي الذي بدوره يقلل من هواء التربة المؤثر في نمو النبات. ومع قلة أو كثرة الماء سوف تظهر مشكلة الملوحة في التربة نتيجة لتبخر الماء أو نتحه تبقى الأملاح على سطح التربة . وان التخلص من هذه الأملاح يتم بالغسل الذي يجلب معه مشاكل بزل هذا الماء. وبذلك فان التوازن المائي الملحي يصف الزيادة أو النقصان في كمية المياه والأملاح عند مساحة أو طبقة معينة من التربة خلال فترة محدودة من الزمن الذي يمكن أن يعبر عنه بالمعادلة البسيطة الآتية:

$$\text{Out put} = \text{In put}$$

الكمية الداخلة للماء والأملاح الى التربة - الكمية الخارجة للماء والأملاح من التربة = التغير في كمية الرطوبة (Δw) أو الأملاح (ΔS) .

$$\text{In put} - \text{Out put} = \Delta w \text{ or } \Delta s$$

وبذلك تكون قيمة التغير في كمية الرطوبة والتغير في كمية الأملاح بالتربة تساوى صفر عند حالة الاتزان المائي والملحي. اما **عندما لا يكون هناك توازن بين كمية الماء و الاملاح الداخلة مقطع التربة و الكمية الخارجة منهما يحدث التراكم الثانوي للأملاح** .

سبل ضبط النظام الملحي للتربة :

يتم ذلك من خلال الإجراءات التالية :

1. **فلاحة الترب :** إن الحراثة العميقة للترب المالحة و بخاصة في الفترة السابقة لفصل رطب تساعد كقاعدة عامة على تحليتها الفصلية بدرجة كبيرة . و يلاحظ هذا واضحاً في الحراثات الخريفية في المناخات المتوسطية إذ يكون الشتاء ماطراً . و إن حراثة و عزق التربة لعمق 10 – 15 سم بعد الري يقلل تبخر الرطوبة من سطح التربة بنسبة 20 – 30 ٪ و يؤخر كثيراً عملية التملح سواء بعد الرية أو على مدار الفصل . إن عملية العزق العميق تتفوق على عملية التغطية رغم دور الأخيرة في خفض الملوحة الفصلية . غير ان دور فلاحة الترب في ضبط النظام الملحي للتربة و عند اقترانه بالري يكون فعالاً في الترب خفيفة الملوحة فقط . ففي الترب المروية متوسطة الملوحة أو شديدة الملوحة حتى الفلاحة المتقنة لا تضمن توقف التملح الفصلي للترب .
2. **زراعة الاعشاب العلفية في الدورة الزراعية :** من المعروف ان إدخال محاصيل الأعشاب و بخاصة الفصة في الدورة الزراعية – عند نموها الكثيف و الري الجيد – يؤثر بفعالية في النظام الملحي للترب المروية خفيفة الملوحة و متوسطتها . بينت الدراسات أن إدخال الفصة في الدورة الزراعية و خاصة مع القطن يؤدي الى خفض مستوى الماء الأرضي بمقدار 50 – 100 سم ، كما تقلل الفصة المروية من تبخر الماء من سطح التربة ، و تحسن من الخصائص الفيزيائية المائية للترب ، و خلال سنتين الى ثلاث سنوات من نموها فإنها تساعد في إعادة توزيع الأملاح من طبقة الحراثة و منطقة انتشار الجذور لتنقلها الى طبقات أعمق من التربة .

3. **الترطيب المكثف خلال فترة النمو النباتي :** دلت كثير من الدراسات أنه لضبط النظام الملحي الفصلي للترب المروية شديدة الملوحة و للحصول على انتاج جيد عند زراعة القطن و الفصة فإنه يجب المحافظة على رطوبة في التربة لا تقل عن 80 – 85 ٪ من السعة الحقلية . و عليه فإن كمية المياه السنوية اللازمة لري الترب المالحة يجب أن تزيد ب 2- 3 ريات مقارنة بالترب غير المالحة و في المنطقة ذاتها . و في الترب غير المالحة يمكن أن يجري الري عندما تنخفض رطوبة التربة الى 60- 65 ٪ من السعة الحقلية .
4. **الريات الوقائية الشتوية :** لإزالة الأملاح الذوابة من أفاق الحراثة و ما تحتها تطبق ريات شتوية تدعى ريات وقائية ، و هذا يسرع عملية التحلية الطبيعية التي تسببها الهطولات المطرية الخريفية الشتوية ، و نتيجة لهذه الريات لا يتغير الاحتياطي الكلي للأملاح الذوابة في مقطع التربة و إنما يؤدي الى نقل الاملاح من الطبقات السطحية الى الطبقات الأعمق أو الى الماء الأرضي . إلا أن هذه الوسيلة تؤدي الى تحلية أفاق الحراثة و ما دونها بصورة مرضية . و تتوافر إمكانيات نمو البادرات و من ثم نمو المحاصيل الزراعية بشكل عادي . و إن سرعة تملح التربة خلال فصل الصيف تبقى أدنى من سرعة نمو المحاصيل الزراعية فتتمكن هذه الأخيرة من إعطاء غلال جيدة .
5. **الغسلات الشتوية للسولونتشاك كوسيلة لضبط نظامها الملحي :** لا يمكن استعمال السولونتشاك و الترب شديدة الملوحة لزراعة المحاصيل المروية إلا عند الغسل المكثف للأملاح من أفاق الحراثة و ما تحت الحراثة في فترة ما قبل الزراعة أو البذر و يتم مثل هذا الغسل باستعمال مقننات من الماء أعلى مما هو في حال الريات الوقائية ، و عليه فإنه لجني محاصيل زراعية مثل القطن و الشوندر أو الفصة من الترب المالحة التي تحتوي على 1 – 2 ٪ من الاملاح و التي يتوضع ماء أرضي مالح قريب من السطح ، فإنه يلزم استخدام غسلات بمقنن 5000 – 6000 م3 / هكتار. و أحيانا تجري مثل هذه الغسلات كل سنة نتيجة للتجدد المكثف لملوحة الترب مع قدوم الخريف . و يعد غسل الترب شديدة الملوحة و السولونتشاك السبيل الوحيد لاستصلاح ترب الصحارى و الواحات .

ثانيا. متطلبات الغسل (Leaching requirements):

هي الكمية الإضافية من ماء الري مع ما يحتاجه النبات من ماء تعمل على غسل الأملاح المتراكمة باتجاه أسفل المنطقة الجذرية. وان إضافة متطلبات الغسل يتطلب توفر بزل طبيعي جيد أو اصطناعي فعال في حالة عدم توفر البزل الطبيعي ، وذلك لنقل هذه الكمية الإضافية من ماء الري مع الأملاح خارج المنطقة الجذرية. وعليه فلابد من توفر البزل الفعال في مشاريع الأراضي الاروائية للمناطق القاحلة وشبه القاحلة ، فضلاً عن الحفاظ على مستوى المياه الأرضية. وعكس ذلك إنشاء مشاريع اروائية بدون شبكات بزل فعالة عند تلك المناطق سيؤدي كما ثبت رياضياً الى تراكم الأملاح في التربة أجلاً أم عاجلاً. وخلاصة القول ان الاختلال في الاتزان المائي والملحي مهما كان سببه في تلك المناطق هو المسؤول عن ظاهرة التملح. ولأجل كيفية حساب متطلبات الغسل ومعرفة ميكانيكيته من خلال المثال الآتي:

مثال: إذا كانت ملوحة ماء الري 0.75 ملليموز سم$^{-1}$ والمحصول المراد زراعته يمكن أن يتحمل ملوحة حتى 8 ملليموز سم$^{-1}$ دون نقص كبير في غلته فإنه ينبغي أن يضاف مع كل رية يروي بها هذا المحصول:

(0.75 / 8) X 100 = 9.4 ٪ من كمية المياه التي تقابل احتياجاته الفعلية للري من خلال معادلة متطلبات الغسل:

$$LR=(EC_i/EC_G)\times 100$$

وهنالك حقيقتان يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار: الأولى أن بلوغ الاتزان بين ملوحة ماء الري و ملوحة التربة عند استعمال احتياجات غسيلية معينة يحتاج إلي وقت طويل علي أن تكون التربة خالية من عوائق الصرف الداخلي ويكون تصريف المياه خارج منطقة الجذور متيسر.

والثانية إن ملوحة التربة (المحلول الأرضي) مهما كانت الزيادة المستعملة من مياه الري لن تقل عن ملوحة ماء الري ، بل أنها ستتراوح بالزيادة بين ضعف وثلاثة أو أربعة أمثال هذا التركيز حسب السعة الحقلية ونقطة الذبول والفترة بين الريات المتعاقبة. وبمقتضي ذلك يجب أن يصحب الري بالماء المالح ري بماء عذب يعمل علي طرد الأملاح التي تحتفظ بها التربة من المياه الملحية في منطقة الجذور أو يحدد التركيز الملحي لها. وتزداد عدد مرات الري بالماء العذب كلما ازداد تركيز الأملاح على النحو الآتي:

1. إذا كان تركيز الأملاح في الماء من 2 – 3 غ لتر$^{-1}$ تغسل التربة مرة كل عام بماء عذب.
2. إذا كان تركيز الأملاح في الماء من 4 – 5 غ لتر$^{-1}$ تغسل التربة 4 - 5 مرات كل عام.
3. إذا زاد تركيز الأملاح عن ذلك يزداد عدد الريات العذبة كما يزداد مقدار الماء في كل رية لتأمين الغسل.

- **إدارة التربة والملوحة:**

ان إدارة التربة من اجل الاستغلال الأمثل تتطلب اتخاذ عدد من الإجراءات التطبيقية منها الحراثة العميقة والخفيفة لتحسين حركة الماء التي تكون ذات فوائد كبيرة لكونها تؤدي الى تحطيم الطبقات الصلبة والصلدة المتكونة في التربة ، وهذا بدوره يساعد على سهولة حركة الماء خلال مقطع التربة لزيادة النفاذية وتعمق وانتشار الجذور ، إضافة الى ذلك منع تجمع الأملاح فوق الطبقات الصلبة من التربة . أخذين بنظر الاعتبار أن تكون الأرض الزراعية مستوية للحد من تراكم الأملاح في بعض المناطق وتأثيرها في النمو النباتي . وهنالك جملة من العمليات الفيزيائية والكيميائية لحل مشكلة النفاذية الناتجة عن رداءة نوعية مياه الري المستعملة يمكن ايجازها على النحو الآتي (العمليات الفيزيائية) :

1. تمهيد أرض الحقل وتعديلها من أجل التوزيع الأفضل للمياه وتقليل عملية انجراف التربة.
2. إبقاء الماء في الحقل لمدة طويلة من الزمن ، وجمع المياه الجارية لإعادة توزيعها في الحقل.
3. عند استعمال جهاز الري بالرش فان يجب ان يكون معدل إضافة الماء أقل من معدل الرشح الذي يعني حركة الماء وانتشاره في داخل التربة.
4. يفضل أن تمزج المياه ذات المصادر المختلفة عند الاستعمال.

في حين العمليات الكيميائية تتضمن إضافة بما يسمى المصلحات (Amendments) التي هي عبارة عن مواد كيميائية أو عضوية تضاف الى التربة التي تعاني من مشاكل في تركيبها الكيميائي كالصودية والجبسية والكلسية . ومعالجة ذلك لأجل تحسين خصائص التربة والنمو النباتي. إذ ان معالجة الترب الصودية والملحية يتم عن طريق إضافة مركبات الكالسيوم باعتبارها مصدر رئيسي مباشر للكالسيوم الذي يقوم بدور فعال لإزاحة الصوديوم من سطوح معقدات التبادل الأيوني لتحسن صفاتها من جانب، ويعد الكالسيوم عنصر غذائي ضروري لنمو النبات. وأهم المصلحات الكالسيومية المستعملة في تحسين صفات الترب الصودية والملحية الجبس($CaSO_4.2H_2O$) لكونه متوفر وسهولة الحصول عليه بتكاليف اقتصادية غير مكلفة من حيث الثمن والنقل والتوزيع. ولكونه متوسط الذوبان يقوم بتجهيز أيونات الكالسيوم بصورة تدريجية ، ومقاومته الى الغسل الشديد والفقدان يكون محلول التربة مشبع بهذه الأيونات.

ان ميكانيكية الجبس في استصلاح الترب الصودية والملحية تكمن في خطوتين : الأولى عند ذوبانه يحقق مستوى مناسب من الألكتروليت الذي يؤدي الى تحسين غيض التربة ونفاذيتها لتسهيل حركة الماء خلال التربة وتغلغله في أعماقها ، وفي الوقت ذاته تتحقق الخطوة الثانية المتضمنة استبدال أيونات الصوديوم بالكالسيوم طبقاً للمعادلة الآتية :

$$2Nax + CaSO_4 \longrightarrow Cax + Na_2SO_4$$

ومن خلال ذلك يجري تشبيع معقد التبادل للتربة تدريجياً بأيونات الكالسيوم ، مما يؤدي ذلك الى خفض النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ، وهذا يسهم في تشجيع الغرويات على التجمع وتكوين المجاميع وزيادة ثباتيتها ، وبالتالي تحسين بناء ومسامية ونفاذية التربة ، يرافق ذلك خفض تفاعل التربة (pH) . وجميع هذه الظروف تعمل على تحسين نمو المحاصيل الزراعية وزيادة إنتاجيتها . وهنالك مصلحات أخري مثل مركبات الكبريت والمواد الحامضية الناتجة عرضياً من الصناعات ، وبعض الأسمدة النتروجينية ذات الطبيعة الحامضية .

- **إدارة المحاصيل والملوحة:**

إن الممارسة الزراعية و اختيار المحصول و الإدارة الناجحة لمنع مشكلات الملوحة من التفاقم هي في غاية الأهمية ويجب عدم الانتظار حتى تستفحل مشكلات الملوحة ثم القيام بالتصدي لها .

تختلف النباتات بتأثيرها للملوحة تبعا 1) نوع النبات ، 2) مرحلة نمو النبات . أكثر الفترات حساسية هي الإنبات و البادرة ، و حتى يتجنب المزارع انخفاض معدل إنبات البذور نتيجة ملوحة التربة أو مياه الري ، عليه أن يقلل تركيز الاملاح حول البذور باستعمال ماء أفضل نوعية لريه الإنبات أو أن يغسل الاملاح المتراكمة في الطبقة السطحية للتربة و ذلك بإضافة ماء زائد عن حاجة التربة و استيعابها حتى يتم إزاحة الاملاح من الطبقة السطحية الى الطبقات السفلى من التربة .

و يتم تحديد مقدرة النباتات المختلفة على تحمل الملوحة من خلال الاتجاهات الثلاثة التالية :

1- قابلية النبات للنمو بتربة مالحة .

2- كمية محصول النباتات المزروعة في تربة مالحة .

3- المحصول النسبي للنبات المزروع في تربة مالحة بالمقارنة مع محصوله في تربة غير مالحة تحت ظروف بيئية مماثلة .

تقسم النباتات حسب محصولها النسبي الى ثلاثة مجموعات : عالية التحمل ، متوسطة التحمل ، ضعيفة التحمل .

- النباتات عالية التحمل هي النباتات التي يكون محصولها النسبي 50 ٪ عند قيمة ناقليه كهربائية لمستخلص العجينة المشبعة 16 مليموز /سم .
- النباتات متوسطة التحمل هي النباتات التي يكون محصولها النسبي 50 ٪ عند قيمة ناقليه كهربائية لمستخلص العجينة المشبعة 8 مليموز /سم .
- النباتات ضعيفة التحمل هي النباتات التي يكون محصولها النسبي 50 ٪ عند قيمة ناقليه كهربائية لمستخلص العجينة المشبعة 4 مليموز /سم .

والجدول التالي يبين اهم المحاصيل الحقلية و محاصيل الخضر و الفاكهة تبعا لدرجة مقاومتها للملوحة .

ترتيب لبعض المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر والفاكهة تبعاً لدرجة مقاومتها للملوحة.

نوع المحاصيل	ملوحة الري بالمليموز سم$^{-1}$ يصحبها نقص بالمحصول 50 %	اسم المحصول
1- محاصيل الخضر	4	الفجل- الكرفس- الفاصوليا الخضراء .
	10	طماطم- بروكولي- كرنب - فلفل اخضر- قرنبيط- خس- بطاطس- جزر- بصل- بسلة - قرع - خيار.
	12	بنجرالمائدة - الاسبراجاس- السبانخ.
2- محاصيل الحقل	4	الفول .
	6	القمح - الأرز - الذرة - الكتان -عباد الشمس الخروع - الذرة السكرية.
	10	الشعير - بنجر السكر - القطن.
3- محاصيل العلف	12	حشيشة السودان - البرسيم الحجازي.
	18	Satt grass-Bormuda grass
4- محاصيل الفاكهة	حساسة للملوحة	الكمثري - التفاح - البرتقال -البرقوق- اللوز- المشمش- الخوخ - الشليك - الليمون الاضاليا.
	متوسطة المقاومة شديدة المقاومة	الرمان - التين - الزيتون - العنب- النخيل .

بالإضافة الى نوع النبات فهنالك مجموعة من العوامل التي تؤثر في مقاومة النبات لملوحة التربة ومياه الري **منها مرحلة نمو النبات** التي تعتمد على درجة تحمل ذلك النبات خلال فترة الإنبات والمراحل الأخيرة من النمو للملوحة ، وان هذا التأثير ربما لا يعود فقط الى حساسية النباتات للملوحة بل يعود الى زيادة تركيز الملوحة في مهد البذور نتيجة لحركة الماء الى الأعلى ، وكذلك لعملية تبخر الماء من التربة التي تؤدي الى تراكم الأملاح بتراكيز عالية قرب البذور ، لاسيما في غياب إضافة الماء. وعليه فان محاصيل الشعير والحنطة والذرة الصفراء تكون أكثر حساسية للملوحة في بداية مرحلة ظهور البادرات مقارنة بمرحلة الإنبات والمراحل الأخيرة من النمو. في حين البنجر السكري والعصفر والقصب السكري تكون حساسة للملوحة نسبياً خلال مرحلة الإنبات. بينما الرز يكون حساس للملوحة خلال مرحلة ظهور البادرات ، وكذلك القطن حساس في تلك المرحلة وفي مرحلة الإزهار أيضا. أما فول الصويا يكون مقاوم للملوحة بالمراحل المختلفة من النمو قد تزداد أو تنخفض تحت تأثير اصناف هذا المحصول. والعامل الثاني الأصناف التي تختلف في مقاومتها للملوحة مثل نباتات الحشائش والنجيليات كالحنطة والشعير والرز وغيرها. وخصوبة التربة والري وإدارته تأثير في جعل النبات مقاوم للملوحة. وهنالك أصنافٌ عديدةٌ من النباتات المتحملة للأملاح وهذه النباتات أصبحت تشكلُ أملاً كبيراً في زراعة الصحارى والأراضي غير القابلة للزراعة سواءً بالاستفادة منها بشكلٍ مباشر ، وذلك بزراعتها كمحاصيل قابلةٍ للاستهلاك البشري كما هو الحال في نبات الساليكورنيا أو كأعلافٍ للماشية ، أو الاستفادة منها بطريقة غير مباشرة وذلك بمحاولة نقل المورثات المقاومة للأملاح من تلك النباتات إلى المحاصيل الزراعية التقليدية.

نوعية المياه للري

1- مفهوم نوعية المياه :

يصعب تقويم نوعية المياه اذا لم يرتبط باستخدام محدد . إذ تتعلق نوعية المياه للاستعمالات المنزلية بالطعم و القساوة و امكان تأثيرها في الصحة و الغذاء و الشراب ، و في الاستخدامات الصناعية ينظر الى خصائص اخرى للمياه و تأثيرها المؤكسد أو الذي يؤدي لتكوين الصدأ ، أو صلاحيتها للتسخين الصناعي أو غيرها من العوامل . أما في الري فإن نوعية المياه ترتبط بتأثيراتها في الترب و المحاصيل و في الإدارة التي يمكن أن تكون ضرورية للسيطرة أو لتلافي المشكلات التي يمكن أن تظهر في نوعية المياه .

2- تأثير مياه الري في الزراعة :

المياه لا تكون نقية إنما تحتوي كميات من الأملاح الذائبة عندما تتجاوز نسبة الأملاح حد معين فإنها ستؤثر في نمو النباتات و إنتاجيتها . و هناك تناسب عكسي بين ازدياد الملوحة و إنتاجية المحاصيل الزراعية . كما يمكن ان تتراكم الأملاح في التربة لتحد من انتاجيتها . ويمكن اختيار نوعية الزراعة بحيث تخفف من أثار الملوحة الزائدة و ذلك نظراً لتباين المزروعات في تحملها للملوحة .

تتأثر المحاصيل و الترب بأنواع الأملاح الذوابة بطرائق مختلفة و لتحديد نوعية المياه لابد من إجراء عدة تحاليل بغية تحديد هوية الأملاح التي توجد فيها ، و بعد ذلك يتم تقويمها من خلال تأثيرها في الترب و المحاصيل الزراعية .

3- تحاليل المياه : بغية تقويم المياه و صلاحيتها للري يجب أن تتضمن التحاليل المخبرية التالية :

أ- التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity (EC) : و هو يعبر عن تركيز الاملاح من خلال عملية حسابية .
ب- تحديد تركيز الأملاح الذوابة الكلية أو وزن الجوامد الذوابة الكلية TDS بعد تجفيف حجم معين من المياه على درجة 105 م ° .
ت- تحليل كيميائي لتحديد كل من الصوديوم و الكالسيوم و المغنزيوم و الكربونات و البيكربونات و الكلوريد و السلفات .
ث- اجراء تحاليل أضافية لتحديد تركيز البورون و النترات .
ج- تحديد pH المياه .
ح- يتم أحيانا تحديد بعض الشوارد في الماء مثل الليثيوم ، البوتاسيوم ، الحديد ، الأمونيوم أو غيرها من الشوارد و بخاصة المعادن الثقيلة مثل الزئبق ، الكادميوم ، الرصاص ، الكروم ، النحاس ، المنغنيز و الزنك .

4- **تقويم نتائج تحليل المياه :** يتم تقويم نتائج نوعية المياه من خلال تفسير نتائج التحاليل السابقة و علاقتها بأربعة مجالات من المشكلات العامة هي : الملوحة و النفاذية و السمية و مشكلات متنوعة .

i. مشكلات الملوحة : ترتبط مع الكمية الكلية من الأملاح الذوابة في الماء و تأثيراتها في نمو المحاصيل . تقاس الملوحة عادة من خلال التوصيل الكهربائي EC أو من خلال الأملاح الذوابة الكلية TDS .
ii. مشكلات النفاذية : تؤدي بعض مكونات المياه الى خفض نفاذية التربة و هذا يعمل على صعوبة تزويد المحاصيل باحتياجاتها من المياه من أجل نمو جيد ، كما يمكن أن تسبب للمحاصيل صعوبات جمة من خلال تغدق سطح التربة المترافق عادة مع الأمراض و الملوحة و الأعشاب الضارة و مشكلات التغذية. و يمكن تقويم مشكلة النفاذية من خلال تحديد نسبة الصوديوم الى الكالسيوم و المغنزيوم في المياه . و يعبر عن ذلك بطرائق عدة اكثرها انتشاراً هو مفهوم SAR أي نسبة امتزاز الصوديوم Sodium Adsorption Ratio . كما يؤثر وجود الكربونات و البيكربونات في نفاذية التربة في بعض الظروف و بخاصة ذلك الجزء المتبقي منهما بعد طرح ما يكافؤهما من الكالسيوم و المغنزيوم و هذا يدعى كربونات الصوديوم المتبقية Residual Sodium Carbonate (RSC) .
iii. السمية النوعية للشوارد : تتصف بعض الشوارد بسمية مباشرة للنباتات ، و الشوارد ذات الأثر السام عديدة أهما : الصوديوم و الكلور و البورون . و يختلف تأثير هذه الشوارد حسب طريقة الري ، لذا يصنف تأثيرها في المجموع الجذري عندما يضاف الماء بالطرائق السطحية للري ، و في المجموع الخضري عندما يضاف الماء بطريقة الرش .

iv. مشكلات متنوعة : تتضمن هذه المجموعة بعض المشكلات المتعلقة بنمو النبات المفرط نتيجة لوجود تراكيز عالية من النتروجين في المياه ، أو نظرا لتكون بعض الترسبات البيضاء على أوراق المحاصيل عند الري بالرذاذ بمياه غنية بالبيكربونات ، أو المشكلات المتعلقة بال pH كزيادة الحموضة أو زيادة القلوية .

5- **أدلة تقويم نوعية المياه :** لقد تم وضع أدلة لتقويم نوعية المياه من حيث صلاحيتها للري استناداً الى مجالات المشكلات المذكورة سابقاً . و تم تحضير تلك الأدلة من قبل جامعة كاليفورنيا . و في هذه الأدلة قسمت مشكلات الملوحة و النفاذية و السمية و المتنوعة الى ثلاث درجات من الخطورة استنادا الى حجم المشكلة التي يمكن أن تظهر نتيجة للري لعدة سنوات و هذه الدرجات هي : دون مشكلات كامنة ، مشكلات متزايدة (خفيفة متوسطة) ثم مشكلات حادة . و تزداد الخطورة تدريجياً من الانتقال من الدرجة الأولى و انتهاء بالدرجة الثالثة كما في الجدول التالي .

مشاكل الري المحتملة	الوحدة	درجة تقييد الاستعمال		
		لا توجد قيود	قيود خفيفة إلي متوسطة	قيود مشددة
الملوحة				
التوصيل الكهربائي [1] (EC_w)	ديسي سايمنز/م (dS/m)	0.7 >	3.0-0.7	3.0 <
المواد الصلبة الذائبة (TDS)	ملجم/لتر	450 >	2000-450	2000 <
التسرب				
معدل ادمصاص الصوديوم (SAR)، والتوصيل الكهربائي (EC_w)	(dS/m)			
صفر - 3		0.7 <	2.0-0.7	0.2 >
3 - 6		1.2 <	0.3-1.2	0.3 >
6 - 12		1.9 <	0.5-1.9	0.5 >
12 - 20		2.9 <	1.3-2.9	1.3 >
20 - 40		5.0 <	2.9-5.0	2.9 >
التسمم بالأيونات				
الصوديوم (Na)				
الري السطحي	معدل ادمصاص الصوديوم (SAR)	3 >	9-3	9 <
الري بالرش		3 >	3 <	
الكلوريد (Cl)				
الري السطحي	meq/l	4 >	10-4	10 <
الري بالرش	meq/l	3 >	3 <	
البورون (B)	mg/l	0.7 >	3.0-0.7	3.0 <
تأثيرات متنوعة				
النترات (NO_3-N) [2]	mg/l	5 >	30-5	30 <
بيكربونات (HCO_3)	meq/l	1.5 >	8.5-1.5	8.5 <
الرقم الايدروجيني	تتراوح النسبة المعتادة بين 6.5 - 8.4			

تصنيف مياه الري حسب مخبر الملوحة الأمريكي بجامعة ريفرسايد عام 1954 :

ينتشر هذا التصنيف بصورة واسعة و يعتمد هذا التصنيف على الخصائص التالية :

أ- الكمية الكلية من الأملاح الذائبة Total Dissolved Salts (TDS) .

ب- نسبة شاردتي الصوديوم لشاردتي الكالسيوم و المغنزيوم ، و هذا ما يعرف بنسبة امتزاز الصوديوم Sodium Adsorption Ratio (SAR) .

ت- محتوى المياه من شاردتي الكربونات و البيكربونات .

ث- البورون .

أ- تعيين الأملاح الذوابة :

يتم تعيين الكمية الكلية من الأملاح الذائبة استنادا الى وزن الراسب الجاف عند تجفيف حجم معين من الماء ، أو استنادا الى درجة التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity (EC) مقدرة بوحدات تسمى موز / سم أو بأجزائها المليموز أو الميكروموز /سم محسوبة على حرارة 25 م ° . ويبين الجدول التالي تصنيف مياه الري تبعا للتركيز الكلي للأملاح و لتوصيلة الكهربائي .

نوعية المياه	التركيز PPM	الايصالية الكهربائية ملليموز سم$^{-1}$
قليلة الملوحة	140 >	صفر – 0.25
معتدلة الملوحة	500- 140	0.75 – 0.25
متوسطة لملوحة	1500 - 500	2.25 - 0.75
عالية الملوحة	2500- 1500	4.00 – 2.25
عالية الملوحة جدا	3800 - 2500	6.00 – 4.00

ب- نسبة الصوديوم :

يعد الصوديوم أكثر الكاتيونات ضرراً بالتربة ، فإذا وجد ممتزاً أو قابلاً للتبادل فإنه يسبب تغيرات فيزيائية و كيميائية تضر بالتربة و بالنباتات المزروعة . فالصوديوم المتبادل يجعل التربة الرطبة قليلة النفوذية للماء و الهواء و تصبح قاسية صلبة صعبة الحراثة كما تشكل قشورا كتيمة تعيق الإنبات و نمو البادرات .

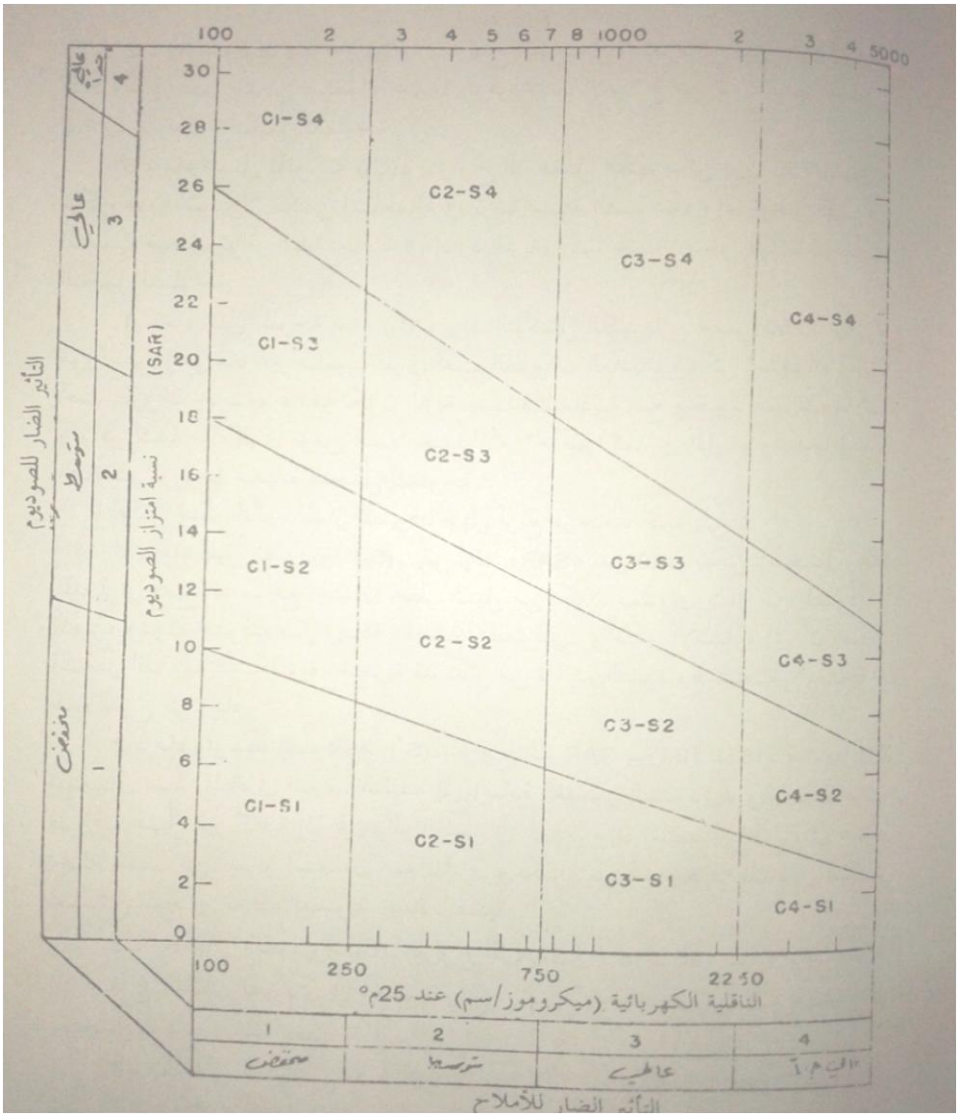
ومن الأدلة المهمة على تأثير الصوديوم في مياه الري قابليته للتبادل مع الكاتيونات الممتزة على معقد الأمتزاز ، و يعبر عن ذلك من خلال نسبة امتزاز الصوديوم SAR و تحسب من المعادلة التالية :

$$SAR = Na^{+} / (Ca^{++} + Mg^{++}/2)^{1/2}$$

و هنا تقدر الكاتيونات بالمليمكافئ / ليتر .

يلاحظ أن تأثير الصوديوم يتوقف على تركيز الاملاح الكلية ، حيث يزداد أثر الصوديوم مع ازدياد تركيز الاملاح .

و يلاحظ أن التركيز الكلي للأملاح قد قسم الى أربعة أقسام و كذلك نسبة امتزاز الصوديوم الى أربعة أقسام مما يعمل على تشكيل ستة عشر قسما من تداخل العاملين معا كما في الشكل التالي .



مخطط لتصنيف مياه الري حسب مخبر الملوحة في الولايات المتحدة الامريكية

ويقسم تركيز الأملاح الى الدرجات التالية :

1- ماء قليل الملوحة (C_1) : حيث يقل التوصيل الكهربائي عن 250 ميكروموز/سم و يمكن استعماله في ري معظم المحاصيل في معظم أنماط الترب .

2- ماء متوسط الملوحة (C_2) : يتراوح التوصيل الكهربائي بين 250 – 750 ميكروموز / سم ، و يمكن استعماله عندما يتوفر غسل الأملاح من التربة و عند زراعة نباتات متوسطة التحمل للملوحة .

3- ماء عالي الملوحة (C_3) : يتراوح التوصيل الكهربائي بين 750 – 2250 ميكروموز / سم ، و لا يمكن استعماله في تربة سيئة الصرف ، واذا توافر الصرف المناسب فيجب توافر عناية خاصة في إدارة التربة . كما يجب اختيار النباتات جيدة التحمل للملوحة .

4- ماء عالي الملوحة جدا (C_4) : يزيد التوصيل الكهربائي على 2250 ميكروموز / سم ، وهو ماء غير مناسب للري تحت الظروف العادية ، ويمكن استعماله أحيانا تحت ظروف خاصة ، عندما تكون التربة جيدة النفاذية مع وجود صرف ملائم و توافر كمية مياه تؤمن غسلا جيدا للأملاح المتراكمة في التربة ، و عندما تكون النباتات المزروعة شديدة التحمل للملوحة .

و لقد قسم التأثير الضار للصوديوم الى أربعة درجات كما يلي :

1- ماء قليل الصوديوم (S_1) يقل رقم SAR عن 10 ، ويمكن استعمال هذا الماء لري جميع الترب مع احتمال خطر ضئيل من تكون مستوى ضار من الصوديوم الممتز . و دون خوف من زيادة الغضار الصودي .

2- ماء متوسط الصوديوم (S_2) يتراوح رقم SAR بين 10 - 18 ، وقد يؤدي استعمال هذا الماء في الترب الثقيلة الى زيادة الغضار الصودي ، وبخاصة تحت ظروف غسل غير كافية اذا لم يتوافر الجبس في التربة . و إن استعمال الجبس في هذه الحالة يخفف من أضرار استعمال هذا الماء . و يمكن استخدام هذا الماء في الترب خشنة النسيج أو الترب العضوية جيدة النفاذية .

3- ماء عالي الصوديوم (S_3) يتراوح رقم SAR بين 18 - 26 ، يؤدي استعماله الى زيادة الغضار الصودي في معظم الترب ، ويجب أن يكون الصرف جيدا مع استخدام الجبس و المادة العضوية .

4- ماء عالي الصوديوم جدا (S_4) يزيد فيه SAR على 26 ، و هو غير مناسب للري إلا اذا كان التركيز الكلي للأملاح قليلا أو متوسطا و عند إضافة أو توافر الجبس أو المصلحات الأخرى .

ت- كربونات الصوديوم المتبقية Residual Sodium Carbonates (RSC)

تلعب الكربونات و البيكربونات هذه دورا مهما في إذابة كربونات الكالسيوم أو ترسبها . ويكون المغنزيوم أكثر ذوبانا من الكالسيوم ويحل في معقد الأمتزاز بدلا من الكالسيوم الذي يتفاعل مع البيكربونات و يترسب و في هذه الحالة تقل كمية الكالسيوم و المغنزيوم الذائبة في محلول التربة لتزداد نسبة SAR و يزداد ضرر الصوديوم .

تحسب كربونات الصوديوم المتبقية من المعادلة التالية :

$$RSC = (CO_3^{=} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

و تحسب المعطيات بالمليمكافئ / ليتر .

و لقد تم تقسيم المياه حسب مقدار كربونات الصوديوم المتبقية الى ثلاثة انواع هي :

1- ماء غير صالح للري و هو التي تزيد فيه RSC على 2.5 مليمكافئ / ليتر .

2- ماء متوسط الصلاحية للري و تتراوح فيه RSC بين 1.25 – 2.5 مليمكافئ / ليتر .

3- ماء صالح للري و هو الذي تقل فيه RSC عن 1.25 مليمكافئ / ليتر .

ث- البورون :

تختلف النباتات في درجة تحملها للبورون . و لقد قسمت النباتات في ثلاث مجموعات . كما قسم أثر البورون في خمسة مستويات و هذا ما يوضحه الجدول التالي :

الحدود السمو بها من البورون جزء بالمليون PPM لعدة أقسام من مياه الري

المستويات	المحاصيل الحساسة	المحاصيل نصف المتحملة	المحاصيل المتحملة
1	0.33 >	0.67 >	1.00 >
2	0.67 – 0.33	1.33 – 0.67	2.00- 1.00
3	1.00 – 0.67	2.00 – 1.33	3.00 – 2.00
4	1.25 -1.00	2.50 – 2.00	3.75 – 3.00
5	1.25 <	2.50 <	3.75 <

المراجع :

- .أبو نقطة فلاح . استصلاح الأراضي ٢ ، جامعة دمشق ، ١٩٩٦.

- Hanson, B., S. R.Grattan, and A. Fulton.(1999). Agriculture salinity and drainage. Oakland: University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3375.