

معايير تقييم صلاحية الماء للري

هناك عديد من الطرق المقترحة لتقييم جودة مياه الري والصرف. عمليات الري تشمل إضافة الماء لسطح التربة وإزاحة الماء الباقي للمصرف مع الريات التالية ويخرج ماء الصرف من منطقة جذور النباتات، ويفقد بعض الماء من سطح التربة بعملية البخر وكمية كبيرة من الماء تفقد بواسطة النباتات خلال النتح، وكلاً من البخر والنتح يؤديان معاً إلى زيادة تركيز الأملاح الذائبة ويرتفع تركيز المحلول الأرضي مع العمق. والشكل ٧ (أ) يوضح توزيع الأملاح مع العمق بتأثير ملحية ماء الري بنوعين من المياه مختلفين في تركيز الأملاح بهما الأولى (خط متصل) بها ٧ ملليموز أملاح والثانية (خط متقطع) بها ٤ ملليموز أملاح وتحت تأثير مستويين من معامل الغسيل. والشكل ٨ (ب) يوضح تأثير قرب مستوى الماء على ملحية سطح التربة بتأثير عملية البخر

يلاحظ من الرسم (أ) أن زيادة ملحية ماء الري تزداد ملحية التربة، وبزيادة ماء معامل الغسيل (الكمية المضافة أكثر من السعة الحقلية) تقل ملحية التربة.

وفيما يلي المعايير التي تقسم على أساسها صلاحية المياه للري :

- (١) التركيز الكلي للأملاح معبراً عنها بقيمة التوصيل الكهربائي E. C أو الأملاح الذائبة الكلية T. D. S وتعتبر عن Salinity hazard.
- (٢) تركيز أيون الصوديوم بالنسبة إلى تركيز أيونات الكالسيوم والمغنسيوم S. A. R وتعتبر عن الضرر الناشئ عن أيون الصوديوم Sodium hazard.
- (٣) تركيز أيونات الكربونات والبيكربونات HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$ ويعبر عنها بـ كربونات الصوديوم المتبقية R. S. C أو ضرر البيكربونات Bicarbonate hazard.
- (٤) تركيز الأيونات الأخرى مثل البورون والكلوريد والكبريتات وغيرها من الأيونات التي ربما تكون سامة للنبات.

وفيما يلي تفصيل كل عامل من هذه العوامل نظراً لشدة أهميتها :

(١) التركيز الكلي للأملاح Salinity hazard

كما اتضح من المثال في الرسم السابق فإن ملحية ماء الري تؤدي لملحية التربة وكان القياس الأول للتعبير عن ذلك هو الأملاح الذائبة الكلية T. D. S وكانت تقدر بتبخير حجم معلوم من الماء ووزن الأملاح المتبقية ولكن وجود الماء الأيروسكوبي من الأملاح الناتجة، واحتمال تحلل بعض الأملاح مثل الكربونات وفقدتها في صورة CO_2 كذلك حاجتها إلى وقت التبخير جعل استخدامها أقل الآن. ولكن أوضحت نتائجها أن معظم ماء الري به تركيز أملاح أقل من ١٠٠٠ ملليجرام / لتر، وأكثر من نصف مياه الري في غرب أمريكا، وهي مناطق تشابه مناخ مصر، بها T. D. S أقل من ٥٠٠ ملليجرام / لتر وأقل من ١٠% من مياه الغرب الأمريكي بها أكثر من ١٥٠٠ ملليجرام / لتر. والماء الجوفي في الغالب والمستخدم في الري يكون T. D. S له أكبر من تلك للمياه السطحية مثل الأنهار. وقد

استخدمت بنجاح بعض المياه الجوفية التي بها قيم أملاح حتى ٥٠٠٠ ملليجرام / لتر وهذا يعتمد على إدارة نظام الري والصرف.

وحديثاً استخدمت أجهزة قياس التوصيل الكهربائي E. C. للمحلول للتعبير عن الملحية لتجنب عيوب طريقة الأملاح الذائبة الكلية T. D. S. وقياس EC يتم بسرعة وبدقة كافية ولقياس الـ EC يوضح المحلول المراد قياسه بين قطبين كهربيين على مسافة ثابتة من بعضهم ولهم مساحة ثابتة ويعتمد مرور التيار بين القطبين على تركيز الأملاح الذائبة وعند ثبات الجهد فإن التيار المار يتناسب عكسياً مع مقاومة المحلول وتقدر المقاومة بقنطرة مقاومة توضع فيها المحلول كأحد المقاومات المراد قياسها. ويؤخذ التوصيل كمنقول المقاومة وأخذت تعبير هو مقلوب الأوم وهو موز mhos وتم الآن تسميتها دولياً باسم Siemens وتؤخذ ds / m بدلاً من الاسم القديم ملليموز.

وهناك بعض العلاقات التي تم استنتاجها من قياس EC ومنها يمكن معرفة:

(١) مجموعة الكاتيونات أو الانيونات (ملليمكافئ / لتر)

$$10 \times EC (ds / m) \approx$$

(٢) الأملاح الذائبة الكلية T. D. S ملليجرام / لتر

$$640 \times EC (ds / m) \sim$$

ويجب أن تراعى أن هذه العلاقات صالحة للمحاليل تركيز بين ٠,١ و ٥ ds / m. وهي

(٣) الضغط الأسموزي O. P. بوحدات بار $\sim 0.36 \times EC (ds / m)$ وذلك لمستخلصات التربة التي لها EC في حدود 3 وحتى 30 ds / m والضغط الأسموزي هذا يقيس التأثير المباشر لتأثير الملحية على نمو النبات وماء الري الذي له ٣ ملليمكافئ / لتر كالسيوم، ٢ ملليمكافئ / لتر مغنسيوم، ٣ ملليمكافئ / لتر صوديوم يكون به مجموع ٨ ملليمكافئ / كاتيونات / لتر. وهذا يعني احتمال أنه له EC تعادل ٠,٨ ds / m أو TDS تعادل تقريبا ٥١٠ ملليجرام / لتر وضغط أسموزي OP تقريبي ٠,٣ بار. ونتائج تركيز الكربونات تكون قليلة إذا كان pH المحلول أقل من ٩. وتحليل الكالسيوم والمغنسيوم في الماء المستعملة في الشرب والغسيل تسمى بدرجة العسر ويعبر عنها بما يكافئ كيميائياً كربونات الكالسيوم. ملليجرام / لتر.

والجدول التالي رقم (٥) يوضح التقسيم الذي اقترحه معمل الملوحة الأمريكي لرتب الماء على حسب التوصيل الكهربائي. حيث يصنف ماء الري إلى أربعة أصناف وموضفاً أيضاً مواصفاته واستخداماته على أساس قيمة التوصيل الكهربائي ميكروموز / سم.

أما جدول (٦) يوضح تصنيف ماء الري إلى أربعة أقسام من حيث خطورة الملوحة على أساس كمية الأملاح الذائبة الكلية بالميكروموز / سم.

جدول (٦) تصنيف ماء الري على أساس الأملاح الذائبة الكلية

خطورة الملوحة	التوصيل الكهربائي ميكروموز / سم عند ٢٥ °م	دليل الملوحة
قليلة	< 750	أ
متوسطة	750 - 1500	ب
عالية	3000-1500	ج
عالية جداً	> 3000	د

والجدول (٧) يوضح التقسيم الذي اقترحه معمل الملوحة الروسي لرتب الماء على حسب المحتوى الكلي للأملاح (ملليجرام / لتر) إلى ثلاثة أقسام من حيث الخطورة للملوحة.

جدول (٧) تصنيف ماء الري على أساس تركيز الأملاح ppm حسب النظام الروسي

التقييم	المحتوى (ملليجرام / لتر)
أفضل نوعية ماء الري	0.2 – 0.5
ماء يسبب خطورة الملوحة والقلوية	1 - 2
ماء يستخدم فقط للري عند توفير نظام صرف جيد وغسيل.	3 - 7

(٢) تركيز أيون الصوديوم إلى الكالسيوم مع المغنسيوم "الضرر العمودي"

أن من أهم المقاييس لجودة الماء بعد ملحية المياه هو التركيز النسبي للصوديوم أو صودية Sodicity المياه. حيث أن مياه الري ذات المحتوى العالي من الصوديوم تحول الأرض إلى أرض ذات مستوى عالي من الصوديوم المتبادل مثل هذه الأراضي تكون قشرة سطحية سيئة بالجفاف وتنتفخ أو تتفرك مادتها الغروية بدرجة كبيرة مما يؤدي لخفض التوصيل الهيدروكيلى أو نفاذية الماء، حيث بتفرك حبيبات الطين الغروي تتحرك لأسفل وتسد المسام الشعرية التي تتحرك خلالها المياه وتقلل رشح المياه لأسفل وهذا يقلل معدل الصرف المطلوب للتخلص من الأملاح القادمة مع ماء الري والمتركمة بالبخار ويؤدي هذا أيضاً إلى سوء التهوية المطلوبة لنمو جذور النبات. التقييم في الماضي كان يعتمد على النسبة المئوية للصوديوم منسوبة إلى باقي الأملاح محسوبة بالملييكافى / لتر.

(١) النسبة المئوية للصوديوم الذائب SSP.

تركيز الصوديوم الذائب مللييكافى / لتر

_____ × ١٠٠

التركيز الكلي للكاتيونات الذائبة ملليمكافئ / لتر

ولكن هذا الاستخدام لتركيز الصوديوم غير دقيق للدلالة على مدى الضرر. لماذا؟

أن المواد الغروية تفضل أدمصاص الكاتيونات الثنائية مثل الكالسيوم والمغنسيوم عن الكاتيونات الأحادية مثل الصوديوم ولهذا قد يكون محتوى الماء عالي من الصوديوم ولكن أدمصاصه مازال قليلاً ولذلك ظهرت معادلات أفضل مثل معادلة كير ومعادلة جابون التي سبق تعرضنا لها في معادلات التبادل الأيوني. ومثال على ذلك المعادلة التي اقترحها معمل الملوحة الأمريكي باسم SAR.

$$(٢) \text{ النسبة الأدمصاصية للصوديوم } = \text{SAR}$$

$$\left[\text{Na}^+ \right] / \left(\left[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \right] / 2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

كل التركيزات محسوبة بالملكمكافئ / لتر في مياه الري وتركيز الكالسيوم والمغنسيوم مقسوماً على اثنين لأن معظم معادلات التبادل تعبر عن التركيز بالملليمول وليس بالملليمكافئ. وجمع الكالسيوم مع المغنسيوم يسبب بعضاً من عدم الدقة ولكن يفسر سبب جمعها بأنهم سلوكهما متشابه في تفاعلات التبادل.

ويعاب على هذه المعادلة استخدام التركيز بدلاً من النشاط الأيوني الحر ولذا أصبحت تسمى SAR_p أي النسبة الأدمصاصية العملية Practical وليست الحقيقة التي كان من المفروض أن تستخدم النشاط الأيوني.

ويمكننا التنبؤ بكمية الصوديوم المتبادل على التربة عند ريها بماء به صوديوم باستخدام SAR ومعادلة مثل معادلة جابون Gapon حيث :

$$\text{ESR} = \frac{[\text{NaX}]}{[\text{CaX} + \text{MgX}]} = K_G \frac{\text{Na}^+}{\left(\left[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \right] / 2 \right)^{\frac{1}{2}}} = K_G \cdot \text{SAR} \quad (٣)$$

حيث ESR هي معدل ادمصاص الصوديوم Ratio، X التربة وتركيز الأيونات المتبادلة (+) ملليمكافئ / كجم تربة، K_G ثابت جابون للتبادل وهو في حدود 0.010 - 0.15 (لتر ملليمكافئ)^{٢/١}. وقيمة معدل ادمصاص الصوديوم ESR تساوي تقريباً قيمة النسبة المئوية للصوديوم المتبادل مقسومة على مائة (ESP / 100) عندما تكون قيمة ESP أقل من ٣٠% والعلاقة الدقيقة هي :

$$\text{ESP} = \frac{100\text{ESR}}{1 + \text{ESR}} \quad \text{or} = \frac{100[-0.0126 + 0.015]\text{SAR}}{1 + [-0.0126 + 0.015]\text{SAR}}$$

مثال :

عينة ماء لها EC توصيل كهربائي (ملليموز أو ١- dsm⁻¹) ولها SSP (معادلة ١) ٩٢% تكون قيمة SAR = 14.5 تقريباً. كيف؟.

س : ارجع إلى جداول تحليل المياه الجوفية لمحافظة أسبوط وسوهاج واحسب قيم SAR الغائبة. أن قيمة ESP التي تزيد عن 15% تعني أن التربة صودية وهذا يعكس بدوره الصفات الرديئة للتربة من حيث سوء النفاذية.

وحديثاً تم استخدام مصطلح نسبة ادمصاص الصوديوم المعدلة adjusted SAR بدلاً من SAR العادية حيث أنها تشمل أيضاً على التغيرات الحاصلة في تركيب محلول التربة نتيجة ترسيب الكالسيوم والمغنسيوم في صورة كربونات من مياه الري أو إذابة كربونات الكالسيوم والمغنسيوم من التربة اعتماداً على درجة حموضة ماء الري (pHc) التي تنشأ نتيجة وجود كربونات الكالسيوم مع الماء في وجود ثاني أكسيد الكربون الموجود في محيط التربة.

$$\text{adjusted SAR} = \text{SAR} \cdot [1 + (8.4 - \text{pHc})] \quad (٥)$$

أن معدل الملوحة الأمريكي قسم صلاحية الماء على أساس الـ SAR نسبة ادمصاص الصوديوم إلى أربع رتب كما في الجدول التالي جدول (٨).

جدول (٨) تقييم معمل الملوحة الأمريكي لماء الري على أساس قيمة SAR

الموصفات	SAR	صنف الماء
S ₁ يمكن استخدامه للري على معظم الأراضي مع ملاحظة ظهور قليل من مستويات الصوديوم الضارة.	0 < SAR < 10	قليل الصوديوم
S ₂ من المحتمل يسبب خطورة للصوديوم في الأراضي الناعمة حيث تكون ظروف قليلة من الغسل ويمكن استخدامه في الأراضي الخشنة القوام ذات النفاذية العالية.	10 < SAR < 18	متوسطة الصوديوم
S ₃ ربما تنتج عنه خطورة الصوديوم ويحتاج إلى إدارة تربة خاصة (صرف جيد . غسيل على استخدام مصلحات كيمياوية جبس زراعي).	18 < SAR < 26	عالي الصوديوم
S ₄ عادة ما يكون غير صالح لأغراض الري.	26 < SAR	عالي الصوديوم جداً

٣. خطورة البيكربونات Bicarbonate hazard

يعتبر أيون البيكربونات مهم في مياه الري وذلك لميله في ترسيب الكالسيوم والمغنسيوم في محلول التربة على شكل كربونات الكالسيوم والمغنسيوم وبذلك تزيد قيمة نسبة امتصاص الصوديوم SAR لماء الري بسبب سيادة أيون الصوديوم وانخفاض تركيز كل من الكالسيوم والمغنسيوم في مياه الري وبالتالي يتسبب في زيادة خطورة الصوديوم. أن تأثير تركيز أيون البيكربونات على نوعية الماء يعبر عنه

من خلال مصطلح كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) Residual Sodium Carbonate

$$\text{RSC} (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg}) \text{ meq} / \text{L}$$

وقد استنتج العالم Wilcox 1955 بأنه إذا ما كانت قيمة RSC أقل من 1.25 كان الماء يعتبر أمين ولا يسبب أي مشكلة. أما قيمة $2.5 < \text{R. S. C.} < 1.25$ يعتبر ماء الري حدي Marginal وإذا كانت

قيمة RSC أكثر من 2.5 فيعتبر الماء غير صالح للري ويؤكد العالم 1956 Arnay بأنه عند تقييم أو دراسة تأثير RSC يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار نوع التربة. والعيب الذي يؤخذ على هذا المقياس أنه جمع بين البيكربونات مع الكربونات علماً بأن البيكربونات تختلف درجة ترسيبها اعتماداً على تركيز المحلول الأرضي.

٤. خطورة الكلوريد :

لا يملك أيون الكلوريد أي تأثير على الصفات الفيزيائية للتربة إضافة إلى أنه لا يمدص على معقد التربة وعليه فإنه يدخل في تقييم نوعية مياه الري فقط من خلال تأثيره المباشر على النباتات والمحاصيل الزراعية.

وقد صنف الباحثون مياه الري حسب خطورة الكلوريد الناتج عنه إلى أربعة أصناف كما هو موضح من الجدول (٩).

جدول (٩) تصنيف ماء الري على أساس محتوى الكلوريد

خطورة الكلوريد	التركيز (meqlit)	دليل الكلوريد
عادة ما يكون استعماله أمين ومع النباتات الحساسة	2	١
النباتات الحساسة عادة ما تحصل لها أضرار ضعيفة إلى متوسطة.	2 - 4	٢
النباتات المتوسطة المقاومة عادة ما يحصل لها أضرار خفيفة إلى متوسطة.	4 - 8	٣
النباتات المقاومة يحصل لها أضرار ضعيفة إلى متوسطة.	8	٤

٥. خطورة البورون :

يعتبر عنصر البورون من العناصر التي تحتاجها النباتات والمحاصيل الزراعية بكميات قليلة في عملية النمو، أن التراكيز العالية منه تسبب السمية للنباتات، تصنف مياه الري إلى خمسة مجاميع حسب خطورة البورون للمحاصيل (جدول ١٠).

أنه من النقاط الواجب الانتباه لها هو أنه لا توجد ملائمة من الناحية الاقتصادية لإزالة البورون من ماء الري كما وأنه لا يوجد في الوقت الحاضر أي مادة كيميائية أو مصلح يمكن اقتصادياً إضافتها للتربة لمنع التأثير السمي للبورون.

جدول (١٠) تصنيف ماء الري على أساس تركيز البورون ppm

خطورة سمية البورون	التركيز (ppm)	دليل البورون
أمين بالنسبة للمحاصيل الحساسة.	0.5	١
يظهر على المحاصيل الحساسة عند استخدامه أضرار ضعيفة إلى متوسطة.	0.5 - 1.0	٢
المحاصيل المتوسطة المقاومة عادة ما يظهر عليها أضرار ضعيفة إلى متوسطة.	1.0 - 2.0	٣
المحاصيل المقاومة عادة ما يظهر عليها أضرار ضعيفة إلى متوسطة.	2.0 - 4.0	٤
يكون خطر تقريباً لكافة المحاصيل	4.0	٥

أنظمة تصنيف مياه الري :

في الفقرات السابقة تم تقييم نوعية مياه الري على أساس الخطورة التي قد تسببها هذه النوعية بالرغم من أن الباحثين يحاولون دائماً أن يؤخذوا عند دراستهم في كيفية تصنيف نوعية مياه الري التداخلات التي قد تحصل بين الأسس والمواصفات المستخدمة في تقييم نوعية مياه الري. إذ من بين أنظمة التصنيف الشائعة لمياه الري هما التصنيف الأمريكي لمعمل الملوحة والتصنيف الحديث لمنظمة الغذاء والزراعة (FAO).

نظام معمل الملوحة الأمريكي :

معمل الملوحة الأمريكي (USSI 1954) صنف مياه الري إلى مجاميع على أسس التأثير المشترك لكل من قيمة التوصيل الكهربائي (C) ونسبة أمتصاص الصوديوم (S) لماء الري وكما يلاحظ من الشكل (٨) حيث يتم تحديد رتبة مجموعة الماء (C-S) بعد تعيين قيمة التوصيل الكهربائي لماء الري مقدرة بوحدة الميكروموز / سم وحساب قيمة نسبة امتصاص الصوديوم (S. A. R.) على ضوء تراكيز أيونات الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم لماء الري.

ومن الملاحظ على تصنيف معمل الملوحة هو عدم أخذه بنظر الاعتبار مشكلة النفاذية الناتجة والمتسببة عن وجود تراكيز عالية من البيكربونات والكربونات في ماء الري أو مشكلة السمية لبعض أيونات ماء الري كالبورون والكلوريد.

وفيما يلي وصف كل رتبة من رتب الماء :

C₁ - S₁ : ماء قليل الملوحة . قليل من الصوديوم :

يمكن استخدام هذه النوعية من ماء الري مع معظم المحاصيل وفي معظم الأراضي وأنه من غير المحتمل أن تتسبب مثل هذه النوعية في تكوين أو ظهور ملوحة التربة أو مشكلة نفاذية الماء ماعدا في الأراضي التي ربما رويت سابقاً بمياه رديئة النوعية.

C₁ - S₂ : ماء قليل الملوحة . متوسط الصوديوم :

هذا الماء يمكن أن يستخدم مع معظم المحاصيل والأراضي ماعدا الحالات التي يتم فيها مشكلة نفاذية الماء للأراضي الناعمة القوام.

C₁ - S₃ : ماء قليل الملوحة . عالي الصوديوم :

أن هذا النوع من الماء ربما يسبب مشاكل النفاذية عند استخدامه مع الأراضي الناعمة والمتوسطة القوم ما لم تتبع طرق إدارة خاصة لمنع ذلك . أن وجود المادة العضوية في التربة يساعدها، كما وأن غياب الجير من التربة يجعل من الضرورة إضافة مصلح التربة لمعالجة مشكلة النفاذية.

C₁ - S₄ : ماء قليل الملوحة . عالي الصوديوم جداً :

أن هذا النوع من الماء يسبب في خلق مشكلة نفاذية الماء لمعظم الأراضي . أن وجود المادة العضوية يكون ذا فائدة في تحسين النفاذية وأن عدم وجودها يعني بالضرورة إضافة مصلح التربة لمعالجة مشكلة النفاذية.

C₂ - S₁ : ماء متوسط الملوحة . قليل الصوديوم :

هذا النوع مشابه في ظروف استخدام الماء السابق ماعدا هنالك احتمال تطور مشكلة النفاذية للأراضي الناعمة القوام عند عدم وجود الجير .

C₂ - S₂ : ماء متوسط الملوحة . متوسط الصوديوم :

هذه المياه صالحة لري جميع المحاصيل إلا شديدة الحساسية للأملاح ويمكن استعماله في جميع الأراضي قد تسبب بعض الضرر الصودي في الأراضي الناعمة القوام تحت الظروف السيئة النفاذية ويمكن استعمالها في الأراضي الخشنة جيدة النفاذية.

C₂ - S₃ : ماء متوسط الملوحة . عالي الصوديوم :

هذه النوعية من ماء الري ربما تسبب بعض العقبات والمشاكل للأراضي الناعمة القوام حيث أن وجود المستوى العالي من الصوديوم ربما يتسبب في خلق مشكلة النفاذية وهنا يتطلب في هذه الحالة

إضافة مصلح للتربة إذا لم يكن الجبس متوفر في التربة وكما أن وجود المادة العضوية يشجع على استخدام هذه النوعية.

S4 - C2 : ماء متوسط الملوحة . عالي الصوديوم جداً :

هذه النوعية تسبب في خلق مشكلة النفاذية وأن المحاصيل الحساسة للملوحة يجب أن لا تزرع لأنه من الصعوبة تجري بها عملية الغسيل بسبب رداءة الصفات الفيزيائية للتربة إمكانية المادة العضوية والمصلحات يؤدي إلى فائدة في الاستصلاح.

S1 - C3 : ماء عالي الملوحة . قليل الصوديوم :

لا يمكن استخدامه في ري المحاصيل الحساسة وخاصة الحمضيات ويجب أن يستخدم فقط في الأراضي التي لا يوجد بها طبقات صماء تمنع الرشح لأنها تحتاج للغسيل.

S2 - C3 : ماء عالي الملوحة . متوسط الصوديوم :

هذه النوعية تطابق في صفاتها النوعية السابقة إضافة إلى احتمال تطوير مشكلة النفاذية خصوصاً في الأراضي الناعمة القوام.

S3 - C3 : ماء عالي الملوحة . عالي الصوديوم :

نوعية رديئة للاستخدام وأن وجود الصوديوم بدرجة عالية يعني خلق مشكلة النفاذية.

S4 - C3 : ماء عالي الملوحة . عالي جداً للصوديوم :

هذه النوعية رديئة من ماء الري . ولو أن وجود المحتوى العالي من الملوحة يجعل من الضروري القيام بعملية الغسيل إلا أن وجود المحتوى العالي جداً من الصوديوم يخلق مشكلة نفاذية الماء ويجعل عملية الغسيل غير ممكنة وبالتالي استخدامه يكون محدود جداً وفي حالات نادرة كأن تكون الأرض ذات قوام خشن ولا تحتوي على طبقات غير نفاذة.

S1 - C4 : ماء عالي الملوحة . قليل الصوديوم :

هذه النوعية يجب أن تستخدم فقط مع الأراضي المتوسطة والخشنة القوام وذات الصرف الجيد وتستخدم مع محاصيل ذات تحمل ملحي عالي.

S2 - C4 : ماء عالي الملوحة جداً . متوسط الصوديوم :

تستخدم فقط للأراضي الجيدة الصرف ذات القوام الخشن وأن وجود الصوديوم ربما يسبب مشكلة النفاذية، ووجود المادة العضوية يفيد . ويتم استخدامه فقط للمحاصيل ذات التحمل الملحي العالي.

S3 - C4 : ماء عالي الملوحة جداً . عالي الصوديوم :

نوعية من مياه الري تشابه تقريباً في مواصفات رتبة الماء S4 - C3.

S4 - C4 : ماء عالي الملوحة جداً . عالي الصوديوم جداً :

هذه النوعية رديئة جداً من المياه وأن وجود الصوديوم العالي من المؤكد يزيد مشكلة النفاذية وأن وجود المحتوى العالي من الملح يجعل الغسل ضروري . ومجالات استخدامه قليلة جداً ونادرة ولا يمكن استخدامه على المدى البعيد.

رابعاً . المشاكل الناتجة عن استخدام ماء رديء في الري وطرق علاجها :

١. مشكلة الملحية وطرق السيطرة عليها :

تنشأ مشكلة الملحية عندما تستخدم مياه ذات تركيز عالي من الأملاح في الري حيث تتراكم الأملاح في منطقة انتشار الجذور إلى مدى يؤدي إلى رفع الضغط الأسموزي لمحلول التربة بحيث يجد النبات صعوبة في امتصاص الماء ونتيجة لذلك يكون نمو النباتات ضعيف نظراً لقلة امتصاص الماء ولأن النبات يوجه جزء كبير من طاقته في امتصاص الماء بدلاً من استخدامها في عمليات البناء وتكون الأعراض مشابهة لأعراض الجفاف مثل حدوث ذبول وظهور لون أخضر داكن ويحدث ما يسمى عطش فسيولوجي بمعنى وجود الماء مع عدم إمكان امتصاصه بواسطة النبات. وقياس التوصيل الكهربائي لمحلول التربة يفيد في تشخيص هذه المشكلة.

طرق التمكن من المشكلة :

من الطرق الواجب اتباعها لتقليل المشكلة الناتجة عن استعمال ماء رديء ما يلي :

- (١) الري بصورة متكررة وعلى فترات قريبة لضمان توفر ماء بدرجة كافية لسد حاجة النبات خصوصاً في الطبقة السطحية.
- (٢) زراعة محاصيل تستطيع تحمل الأملاح حسب درجة الملحية الموجودة ويتم ذلك بمراجعة جداول تحمل المحاصيل للملحية (راجع باب الأراضي الملحية) حيث تراعى ملحية التربة وملحية ماء الري.
- (٣) استخدام "معدل الغسيل" ويعني إضافة ماء أكثر من المطلوب للري وذلك لكي يعمل على التخلص من الأملاح راجع المعادلات الخاصة في الأبواب التالية، أو إجراء عمليات الغسيل إن لزم الأمر.
- (٤) استخدام طريقة ري تساعد على التخلص من الأملاح، حيث قد تفضل أحياناً استخدام الري بالغمر بالتبادل مع الري بالرش أو التنقيط وذلك لغسيل الأملاح المتراكمة.
- (٥) تغيير أسلوب الزراعة مثل الزراعة على خطوط أو مساطب كما بالرسم المرفق شكل (٩) تأثير شكل الخط وعدد الصفوف على الإنبات.
- (٦) الاهتمام بتسوية سطح التربة للعمل على عدم تراكم الأملاح في البقع المرتفعة وتجانس توزيع الماء.
- (٧) إجراء عمليات الخدمة والحرث التي تضمن التخلص من الطبقات قليلة النفاذية لضمان حركة الماء خلال القطاع الأرضي وعدم ارتفاع تركيز المحلول الأرضي.
- (٨) تحسين الصرف وإنشاء مصارف لمنع ارتفاع مستوى الماء الأرضي الذي يسبب تراكم الأملاح.

(٩) تحسين الماء عن طريق تغيير المصدر أو خلطها بماء أقل ملحية.

٢. انخفاض نفاذية التربة :

نفاذية الأرض للماء هي معدل حركة الماء خلال القطاع الأرضي وتقاس باستخدام معادلة دارس

وهي :

$$\frac{q}{A t} = K \cdot \frac{\Delta \Psi}{L}$$

أي أن الكمية المارة من الماء (q) خلال سطح التربة (مساحتها A) في زمن (t) تساوي معامل التوصيل الهيدروليكي (K) مضروباً في تدرج الجهد المائي خلال عمق التربة (L) وهذا المعامل يرتبط أساساً بالصفات الطبيعية للتربة مثل :

(١) القوام التربة أي درجة نعومة حبيباتها.

(٢) درجة بناء التربة.

(٣) درجة انضغاط سطح التربة نتيجة استعمال الآلات.

(٤) الصفات الكيميائية للتربة مثل نوع معادن الطين. وكذلك نوع الكاتيونات المتبادلة.

أن استعمال ماء ري له صفات معينة يساهم في تغير معامل النفاذية وبالتالي يقلل من تخلل الماء لطبقات التربة ويسبب إما اختناق الجذور التي تحاط بالماء باستمرار أو موت الجذور التي لم تصل إليها المياه.

ودور المياه ذات الصفات السيئة في الري هنا هو :

أ . استعمال ماء خالي تقريباً من الأملاح : يؤدي إلى استنزاف الأملاح والمعادن الذائبة على سطح التربة وميل هذه المياه إلى إذابة كل مصادر الكالسيوم الموجودة في التربة مما يؤدي إلى تفرق حبيبات التربة وانتشارها وحركتها لسد كل المسام الدقيقة وصعوبة حركة الماء أولاً ثم الجذور ثانياً واختلال التهوية بالتربة.

ب . استخدام ماء ري عالي الصوديوم (SAR عالية) يؤدي إلى سيادة عنصر الصوديوم على معقد التبادل ثم تفرق التربة كما سبق في (أ).

وطرق علاج مشكلة النفاذية الناتجة عن مياه الري هي :

(١) استعمال المصلحات الكيماوية كما سيرد في باب الأراضي المتأثرة بالأملاح.

(٢) خلط ماء الري المالح مع أنواع أقل ملحية.

(٣) زيادة الفترة بين الريات حتى تسمح بالجفاف ودخول بعض الهواء للمسام.

(٤) إجراء حرق عميق لتكسير الطبقات الصماء.

- (٥) تحسين طبوغرافية سطح التربة ويمكن باستخدام التسوية بالليزر كل عدة سنوات.
- (٦) استخدام الأسمدة العضوية وإضافة المخلفات العضوية لتحسين البناء.
- (٧) أحياناً ينصح باستعمال ماء البحر في غسيل الأراضي الملحية والتدرج باستخدام ماء بحر مخلوط مع ماء أقل ملحية حتى الوصول إلى ماء عذب في الري عند غسيل الأراضي الملحية لتجنب عدم هدم البناء وقلة النفاذية نتيجة الغسيل المباشر بماء عذب.

الأراضي المتأثرة بالأملاح Salt-Affected Soils

تنتشر الأراضي المتأثرة بالأملاح عموماً في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث يكون معدل المطر السنوي غير كافي لتعويض النتج بخر الذي يحدث من النبات والبخر الذي يحدث من سطح التربة ونتيجة لذلك فإن الأملاح القادمة مع ماء الري تتراكم في التربة بكميات تحد من نمو النبات. وقد تقتصر هذه المشكلة على الأراضي الجافة وشبه الجافة بل قد تحدث في المناطق الرطبة وشبه الرطبة تحت ظروف محلية خاصة. وتساعدنا دراسة المبادئ الأساسية لعلم كيمياء الأراضي وعلم طبيعة الأراضي في معالجة المشاكل الناشئة عن تراكم الأملاح أو الظروف التي تؤدي إليها أيضاً. ونتعرض في هذا الباب للميزان المائي والميزان الملحي لإعطاء فكرة عن عملية تراكم الأملاح.

الاتزان المائي والاتزان الملحي في التربة

Water Balance and Salt Balance in Soils

لتصور مصادر دخول الماء للتربة ومنافذ خروجه منها سوف ندرس مكونات الميزان المائي Water balance في القطاع الأرضي.

أ. الميزان المائي : Water balance

أن التغير في المحتوى الرطوبي ΔW المخزون في منطقة انتشار جذور النباتات والمحصورة بين سطح التربة وعمق معين يمكن التعبير عنه خلال أي فترة زمنية محددة بالعلاقة التالية :

$$-\Delta W = P + I - R - D - E_t$$

ويلاحظ أنها تنتهي عند مقابلتها للطريق أو لقناة الري. ثم تبدأ ثانية من الجانب الآخر. وميولها تختلف باختلاف قوام التربة. ومن المؤكد أنها عديمة الفائدة في استصلاح الأراضي الشديدة الملحية أو القلوية الملحية وإذا كان مستوى الماء الأرضي قريباً.

حيث : ΔW هي التغير في المحتوى الرطوبي بالقطاع المدروس.

P = كمية ماء المطر محسوبة كارتفاع بالمم.

I = كمية ماء الري المضاف (سم).

R = كمية الماء الذي يجري على سطح التربة ولا يخترقها (سم).

D = كمية الماء الذي يمر خلال القطاع ويرشح للعمق البعيد (مم).

E_t = كمية النتح . بخر الذي يحدث من خلال النبات النامي وهو ما عبرنا عنه في

الباب السابق باسم الاستهلاك المائي بواسطة النبات.

ومن المعادلة السابقة يكون الاستهلاك المائي E_t أو النتح . بخر يساوي

$$E_t = P + I + \Delta W - R - D$$

والجدول التالي يعطي فكرة عن كميات الماء التي تحتفظ بها التربة عند ريها رية غزيرة غير عضوية مختلفة القوام.

جدول رقم (١١) . تأثير القوام على احتفاظ التربة بالماء

كمية الرطوبة محسوبة كعمق (مم)			الطين %	قوام التربة
نقطة الذبول	عند السعة الحقلية	عند التشبع		
٢٠	٦٠	٤٠٠	٣	رملية
٥٠	٣٠٠	٥٠٠	٢٢	طميية
٢٠٠	٤٠٠	٦٠٠	٤٧	طينية

يتضح من البيانات أعلاه أن الأرض الطميية تفقد حوالي ٢٠٠ ملي ماء بعد الري (وهي المحصورة بين السعة التشبيعية والسعة الحقلية) وتعبر عن ماء الصرف، ويبقى بها حوالي ٢٥٠ ملي تفقدهم بعملية النتح بخر بواسطة النبات (المحصورة بين السعة الحقلية ونقطة التحول).

كما نعلم عن الزراعة قبل إنشاء السد العالي أن الأرض كانت تروى رية غزيرة واحدة مع الفيضان ثم يزرع المحصول ويترك بدون ري حتى يكمل دورة حياته. وبعد إنشاء السد العالي أصبحت الأرض تروى بكميات كبيرة من الماء وعلى فترات لا تزيد عن أسبوعين في أغلب الأحيان والجدول التالي يوضح كميات النتح . بخر التي يستهلكها بعض المحاصيل وموسم النمو الذي تزرع فيه والتي تم تقديرها باستعمال معادلة بلاني . كريك في منطقة مريوط (عن بلع ١٩٧٢).

ترى من الجدول رقم (١٢) أن محصول مثل الأرز يستهلك ٤٤١٠ م^٣ مياه للقدان في دورة حياته بين مايو وسبتمبر وهي تعادل ١٠٥٠ مم ارتفاع بين محصول مثل البرسيم الحجازي يستهلك حوالي ٦٥١٠ م^٣ للقدان خلال العام وهو ما يعادل ١٥٥٠ مم ارتفاع. وباستعمال الميزان الملحي يمكن تصور مدى ما يدخل للأرض من أملاح مع هذه الكمية الكبيرة من الماء نتيجة الري وذلك بمعرفة تركيز الأملاح الموجودة من الماء الداخل والخارج.

جدول (١٢) يوضح الاستهلاك المائي E_t لبعض المحاصيل الممكن زراعتها بمنطقة مريوط وطول موسم النمو (مأخوذة عن بليغ ١٩٧٢)

الاستهلاك		موسم النمو	المحصول
مم	م ^٣ فدان		
١٠٥٠	٤٤١٠	مايو . سبتمبر	أرز
٨٠٠	٣٣٦٠	أكتوبر . مايو	برسيم
١٥٥٠	٦٥١٠	طول العام	برسيم حجازي
٥٠٠	٢١٠٠	مايو . أغسطس	بصل
٤٠٠	١٦٨٠	يوليو . سبتمبر	بطاطس
٣٥٠	١٤٧٥	أكتوبر . يناير	بطاطس
٨٠٠	٣٣٦٠	مايو . أكتوبر	بنجر سكر
٧٥٠	٣٠٠٠	أبريل . أغسطس	تين
٤٥٠	١٨٩٠	يوليو . أكتوبر	خضروات
٦٠٠	٢٥٢٠	مايو . أغسطس	ذرة شامي
٦٠٠	٢٥٢٠	يوليو . أكتوبر	ذرة شامي
٥٠٠	٢١٠٠	مارس . يونيو	ذرة رفيعة
٦٠٠	٢٥٢٠	مايو . أغسطس	ذرة رفيعة
٥٠٠	٢١٠٠	أغسطس . نوفمبر	ذرة رفيعة
٨٠٠	٣٣٦٠	مايو . أكتوبر	فول سوداني
٧٥٠	٣١٥٠	مارس . سبتمبر	قطن
٦٠٠	٢٥٢٠	نوفمبر . أبريل	قمح
٨٠٠	٣٣٦٠	أكتوبر . مايو	كتان
١٠٠٠	٤٢٠٠	أبريل . سبتمبر	موز
٩٥٠	٣٩٩٠	طول العام	موالح
٤٠٠	٥٨٨٠	طول العام	نخيل
١٠٥٠	٤٤١٠	طول العام	زيتون
٥٠٠	٢١٠٠	نوفمبر . مارس	شعير
٥٠٠	٢١٠٠	يونيو . سبتمبر	طماطم

الاستهلاك		موسم النمو	المحصول
م ^٣ فدان	مم		
٢٩٤٠	٧٠٠	فبراير . سبتمبر	عنب
٤٢٠٠	١٠٠٠	فبراير . أكتوبر	فواكة متساقطة الأوراق
٢١٠٠	٥٠٠	أكتوبر . مارس	فول

ب . الاتزان الملحي : Salt Balance

أن الحقائق التي من الضروري اعتبارها عند دراسة الاتزان الملحي في الأراضي المروية يجب أن تشمل على الأقل مقارنتين هامتين هما :

أ . مقارنة بين الكميات الداخلة إلى والخارجة من التربة في الأملاح الذائبة الكلية.

ب . مقارنة بين المكونات الأيونية للأملاح الداخلة والخارجة في التربة.

أن هذه الأملاح ومكوناتها تتحرك خلال التربة عندما تكون ذائبة فقط وتتحرك مع ماء الري أو الماء المنصرف وعلى ذلك فإن الاتزان الملحي يجب أن يشمل حجم الماء الداخل إلى التربة وحجم الماء الخارج منها أو الراشح وكذلك تركيز الأملاح في هذا الماء، أي معرفة الميزان المائي بالإضافة للتحليل الكيميائي لكل مكون من مكونات الميزان المائي.

ووضح كوفدا (١٩٦٧) أن مكونات الاتزان الملحي للأرض المروية يجب أن يراعى فيه الآتي:

١. الاتزان الملحي العام.

٢. الاتزان الملحي للمنطقة أعلى مستوى الماء الأرضي والتي ينمو فيها النبات.

٣. الاتزان الملحي مستوى الماء الأرضي.

ولقد أوضحت الأبحاث التي قام بها بلبع (١٩٦٤) الآتي :

أ . عند إضافة ماء مالح للأرض فإنها تحتفظ بماء يعادل السعة الحقلية وبالتالي تحتفظ بمقدار من

الأملاح = السعة الحقلية × تركيز الأملاح بماء الري المستعمل.

ب . الماء الزائد عن السعة الحقلية للأرض يأخذ طريقه للمصرف، وفي طريقة من سطح الأرض إلى باطنها يزيح المحلول الأرضي أمامه ويحل محله.

من هذا يتضح أن :

١. يزداد مقدار الأملاح الذي تحتفظ به الأرض الطينية عن المقدار الذي تحتفظ به الأرض الرملية نتيجة الفرق في السعة الحقلية.

٢- لا يختلف مقدار الأملاح الذي تحتفظ به الأرض بزيادة مقدار الماء المضاف لأن مقدار الأملاح

يتوقف على مقدار الماء عند السعة الحقلية ومازاد عن ذلك من ماء يصرف يكون أثره بالتالي على

رفع مستوى الماء الأرضي.

٣- باستعمال أعمدة في أرض واحدة مختلفة في تركيز الأملاح فيها وإضافة ماء ذي تركيز ثابت من الأملاح يزداد مقدار الملح الذي يفقده عمود الأرض مع الماء الزائد بزيادة تركيز الأملاح في الأرض.

٤- عندما يكون الماء المضاف في الريّة الواحدة كافياً للوصول بالأرض إلى حالة اتزان فإن عدد الريات بالماء المالح لا يؤدي إلى تزايد مقدار الأملاح الذي تحتفظ به الأرض لأن الأرض تحتفظ بالأملاح الموجودة في مقدار الماء الذي تحتفظ به الأرض عند السعة الحقلية وهو مقدار ثابت في كل ريّة ويحل الماء المضاف محل المحلول الأرضي ويكون مقدار الأملاح الذي يفقد مساوياً لمقدار الأملاح الذي يضاف مع كل ريّة.

٥- باستعمال أرض واحدة يقل الملح الذي يفقده عمود الأرض بازدياد تركيز المحلول المستعمل في الري.

٦- تفقد الأرض الطينية من أملاحها أقل ما تفقده الأرض الرملية أو الرملية ذات التركيز المتساوي من الأملاح عند الري بمقدار متساو من الماء.

٧- الأرض الخالية من الأملاح (ذات تركيز لتخفف من الأملاح) احتفظت بمقدار من الملح يزيد عن المقدار الذي احتفظت به في ماء السعة الحقلية ولم يتضح بعد كيفية الاحتفاظ بهذا الملح.

ويمكن أن نستنتج من ذلك أن الأرض 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 الأرض عند السعة الحقلية بصرف النظر عن مقدار ماء الري الذي أضيف أو مرات الري. أما إذا كان مستوى الماء الأرضي قريباً، فإن عوامل أخرى تتدخل وهي :-

١- زيادة أو نقص تركيز الأملاح أو الماء الأرضي نتيجة وصول ماء الري إليه ويتوقف ذلك على تركيز الأملاح يقل من ماء الري والماء الأرضي.

٢- مقدار الماء الأرضي الذي يصل إلى السطح بالخاصية الشعرية.

٣- معدل البخر من السطح.

ومن الواضح أن مقدار الملح الذي تحتفظ به الأرض بعد الري بماء مالح يتوقف على مقدار الماء الذي تحتفظ به هذه الأرض عند السعة الحقلية. أما تركيز الأملاح في مستخلص هذه الأرض عند درجة التشبع مثلاً فلا يرتبط بمقدار الماء وبالتالي فإن تركيز الأملاح في مستخلص أرض طينية عند درجة التشبع رويت بماء ذي تركيز معين من الأملاح لا يختلف كثيراً عن تركيز الأملاح في مستخلص أرض رملية عند التشبع رويت بنفس الماء ولكن مقدار الأملاح الذي احتفظت به الأرض الطينية يزيد عما احتفظت به الأرض الرملية وذلك لزيادة مقدار الذي تحتفظ به الأرض الطينية عند درجة التشبع أو السعة الحقلية عن نظيرتها الرملية.

مصادر الأملاح ونشوء الأراضي الملحية وتقسيمها

في هذا الفصل نتعرض لمصادر الأملاح المعروفة وكيفية تراكمها والظروف التي تؤدي لذلك ثم نتعرض للطرق المختلفة المتبعة في تقسيم وتسمية هذه الأراضي.

مصادر الأملاح وتراكمها

يقسم كوفدا Kovda هذه المصادر إلى :

١. المصادر القارية : **Continental**

تنتج عن تحرك وتجمع أملاح أحماض الكربونيك والكبريتيك والكلوردريك في المناطق الداخلية التي لا يحدث فيها جرف الأرض بواسطة الماء الجاري Run-off وهذه الأملاح ناتجة إما عن تجريد الصخور القارية Gneous rocks أو ذات صلة بالصخور الثانوية Secondary rocks الغنية بالأملاح.

٢. المصادر البحرية : **Marine**

تنتج عن تجمع أملاح البحر وخصوصاً كلوريد الصوديوم في الوديان الساحلية للأراضي الجافة وعلى سواحل الخلجان الضحلة ويصل تركيز الأملاح في بعض المواقع إلى ١٥٠ جم / لتر وكثيراً ما يزداد كلوريد المغنسيوم وذلك مع كلوريد الصوديوم.

٣. مصادر الدلتا :

وهي واسعة الانتشار وذات أهمية كبيرة وذلك لأن الإنسان تمكن من ري دلتا الأنهار من أقدم العصور، وتتميز بالازدواج بين عمليات نقل وتجميع الأملاح من القارة بواسطة الأنهار وعمليات تراكم الأملاح المنقولة من البر في أفاق مختلفة.

٤. مصادر جوفية : **Artisian**

ويحدث ذلك بتبخير المياه الجوفية العميقة ثم تجميع الأملاح في المنخفضات القارية مثل منخفض القطارة.

٥. مصادر بشرية : **Anthropogenic**

وهي الموصلة بأخطاء النشاط الاقتصادي للإنسان وعدم معرفة القواعد التي تحكم تجمع الأملاح مثل تمليح الأراضي المروية الناتج عن ارتفاع مستوى الماء الأرضي أو الري بالمياه الملحية.

الظروف المناسبة لتجميع الأملاح في الأرض :

تتجمع الأملاح في الأرض عند توفر ظروف معينة :

أ . من الناحية الجيومورفولوجية : نجد أن الأملاح تتجمع عادة في المواقع المنخفضة مثل وديان الأنهار ودلتاها وشواطئ البحار والبحيرات.

ب . من الناحية الهيدروجيولوجية : تتجمع الأملاح في المساحات ذات مستوى ماء أرضي مرتفع بحيث يستطيع هذا الماء أن يصل إلى سطح الأرض وبالخاصية الشعرية.

ج . من الناحية الهيدرولوجية : تتجمع الأملاح في المناطق التي لا يحدث فيها جرف الأرض بواسطة المياه الجارية Runoff وحيث يحكم البخر والنتح ميزان الماء الأرضي.

د . ومن الناحية المناخية : تتجمع الأملاح في المناطق الجافة التي يزيد فيها البخر على المطر.

ويرى كلي وأخرين أن تجمع الأملاح في الأراضي المروية يحكمه ثلاثة عوامل رئيسية هي:

أ . مقدار الماء الذي يضاف في كل رية.

ب . عمق الماء الأرضي وتركيز الأملاح فيه.

ج . مقدار المطر الساقط.

علاقة الماء الأرضي بتجمع الأملاح في الأرض :

يجمع الباحثون على أن تجمع الأملاح بالأراضي يرتبط أشد الارتباط بعمق الماء الأرضي وتركيز الأملاح فيه.

وتجمع من الماء الأرضي في الطبقة السطحية من قطاع الأرض محصلة لعمليتين الأولى صعود الماء من مستوى الماء الأرضي إلى السطح وذلك بواسطة الخاصية الشعرية، والثانية فقد الماء بالبخر تاركاً محتوياته من الأملاح في الأرض.

أ . حركة الماء بالخاصية الشعرية :

يتحرك الماء من موقع إلى آخر في نظام من الأرض والماء عندما توجد فرق في قوة الشد في كل من الموقعين فينتجه الماء من الموقع حيث قوة الشد المنخفضة إلى الآخر حيث قوة الشد العالية وعندما تكون قوة الشد للماء إلى أعلى أكبر من الجاذبية الأرضية فإن الماء يترك إلى أعلى.

وبتطبيق الباحثون المعادن العامة لارتفاع الماء في الأنابيب الشعرية :

حيث (h) ارتفاع الماء فوق مستوى الماء، (T) الجذب السطحي، (p) كثافة الماء، (g) محصلة الجاذبية الأرضية، (r) نصف قطر الأنبوبة.

وباستخدام هذه المعادلة في علوم الأراضي لحساب ارتفاع الماء من مستوى الماء الأرضي يتضح

أن هذا الارتفاع يتناسب عكسياً مع نصف قطر المسام، وبالتالي فلقوام الأرض تأثير كبير على مدى ما يصل إليه ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية والاستنتاج من هذه المعادلة ينصب أساساً على المسافة التي يمكن أن يصل إليها الماء الأرضي ولكن لا يشير إلى سرعة حركة الماء ومن المعروف أن سرعة حركة

الماء الأرضي سريعة في الأرض الرملية ولكنها بطيئة في الأراضي الطينية بينما بمعنى الوقت . يمكن أن يصل الماء في الأراضي الطينية إلى ارتفاع أعلى مما يصل إليه في الأراضي الرملية. ومن رأي كوفدا Kovda أن تبخير الماء الأرضي وتجمع أملاحه في الأرض يزداد كلما اقترب مستوى الماء الأرضي من السطح. وابتداء من عمق ٢ . ٣ م أو أقل يعمل تجمع الأملاح إلى أقصاه في حالة الجو الجاف نتيجة للبخر.

العمق الحرج للماء الأرضي المالح :

عمق الماء الأرضي الذي يبدأ عنده تمليح سطح الأرض نتيجة ارتفاع هذا الماء يطلق عليه العمق الحرج ويعبر عنه بالمتر والسنتيمتر من سطح الأرض ويتوقف هذا العمق على تركيز الأملاح في الماء الأرضي والظروف الجوية ونظام الري.

ويضع كوفدا حداً حرجاً لعمق الماء الأرضي ذي تركيز ١٠ . ١٥ سم / لتر بحوالي ٢ . ٢,٥ م، أما إذا كان تركيز الأملاح بالماء الأرضي ١ . ٢ مم / لتر فقط فإن عمق الماء الأرضي يمكن أن يكون ١ . ١,٥ م دون أن تتحول الأرض إلى ملحية وذلك تحت ظروف الري والصرف ومن دراسات كوفدا أيضاً أن العمق الحرج يتناسب طردياً مع متوسط درجة الحرارة في العام وقد وجد علاقة رياضية بينهما.

التركيز الحرج للماء الأرضي :

ويقصد بذلك تركيز الأملاح في الماء الأرضي الذي يؤدي إلى تلف النباتات عند تجمع هذا الماء على سطح الأرض وبالخاصية الشعرية وذلك في الأراضي التي تكونت في وجود الماء hydromorphus سواء في الظروف الطبيعية أو مع الري والصرف.

ب . البخر :

أوضحت الدراسات أن فقد الماء بالبخر من الأرض تعتمد على :

١. مقدار الماء الأرضي الذي يصل بالخاصية الشعرية إلى السطح وتحكيم ذلك . كما أشرنا . قوام الأرض وعمق الماء .
٢. الظروف الجوية المحيطة .

التمليح الثانوي

Secondary Salinization

شاع هذا التعبير في السنوات الأخيرة وصفاً لتحول الأرض غير الملحية إلى أرض ملحية نتيجة إدخال نظام الري بالمنطقة، أما لارتفاع مستوى الماء الأرضي أو لارتفاع تركيز الأملاح في ماء الري .

أ . التملح الثانوي نتيجة ارتفاع مستوى الماء الأرضي :

يذكر كوفدا أن عملية التملح الثانوي تستغرق عادة عدة سنوات بعد إدخال نظام الري يتصف عادة بعدم الكفاءة فترشح المياه من قنوات وكذا زيادة مقادير الماء التي تعطي للفدان مما يعمل على زيادة

الماء المخزون في باطن الأرض واقترب مستواه من سطح الأرض ويزداد اقتراب مستوى الماء الأرضي وضوحاً على جوانب قنوات الري ولا يلبث أن يكون عاماً في المنطقة ويذيب الماء الأرضي الأملاح الموجودة في الأرض وعندما يتعدى العمق الحرج تنخفض إنتاجية الأرض وتموت الأشجار وتزداد رطوبة السطح وتساء حالة الطرق يتصعب استعمال الآلات الميكانيكية.

وبمضي الوقت وزيادة الرش وخصوصاً على جانبي القنوات تنخفض الأملاح في المساحات المجاورة لها نتيجة لزيادة الماء الراشح الذي يقوم بعملية غسيل للأرض على جوانب القنوات وتتحسن حالة هذه المساحات من ناحية الملوحة بينما تزداد المساحات الأخرى سوءاً.

وتتوقف المدة التي تمضي بين نشوء نظام الري الجديد ووضوح التملح في المنطقة على العوامل

الآتية :

١. درجة كفاءة منشآت الري فعندما لا تتخذ أي وسيلة لمنع الفقد أو تقليله تكون كفاءة القنوات من ٣, ٠ .

٦, ٠

٢. النظام المتبع في الري.

٣. العمق الأصلي للماء الأرضي.

٤- الصرف الطبيعي بالمنطقة (يعتبر الصرف الطبيعي رديئاً في الدلتا والأراضي الطينية المنخفضة والرواسب ذات النفاذية البطيئة).

وينتشر التملح الثانوي في مناطق مختلفة من العالم منها وسط آسيا والقوقاز والهند وإيران والعراق وجمهورية مصر العربية والولايات المتحدة الأمريكية.

ب . التملح الثانوي نتيجة الري بماء مالح :

لتمليح الأرض الناتج من استعمال مياه ذات صفات غير جيدة أهمية خاصة في مصر فقد اتجهت الآراء إلى استعمال مياه المصارف في استصلاح الأراضي الملحية وري مساحات واسعة بالوجه البحري. وفي رأينا أن التملح الثانوي للأراضي نتيجة لملوحة مياه الري يتأثر بعدد من العوامل بجانب العامل الأصلي وهو تركيز الأملاح في ماء الري ونوع هذه الأملاح ومن هذه العوامل:

١. خواص الأرض التي تروى بالماء المالح.

٢. المناخ السائد بالمنطقة خصوصاً درجة الحرارة ومعدل سقوط الأمطار.

٣. حالة الصرف.

وعند ثبات هذه العوامل تصبح مقارنة أثر المياه ذات التركيزات المختلفة أو ذات التركيب

الكاتيوني أو الاتيوني المختلف ممكنة.

ويقترح كوفدا أن الري بماء يحتوي ١ جم / لتر من الأملاح لا يؤدي إلى تجمع الأملاح في

الأرض التي تروى به وأن هذا الماء يعتبر جيداً، وأن النباتات تتأثر بالماء الذي يحتوي ١٠ . ١٢ جم / لتر وأكثر من الأملاح فإذا كان تركيز الأملاح ٥ . ٦ جم / لتر فإن هذا الماء يمكن استعماله دون أن

يحدث ضرراً للنباتات إذا اتبع نظام التبادل بين الري بهذا الماء وبماء عذب بحيث لا يزيد تركيز الأملاح في المحلول الأرضي عن ١٥ . ٢٠ جم / لتر.

- والرأي السائد في الولايات المتحدة الأمريكية ممثلاً برأي معمل البحوث الأراضي الملحية والقلوية في كاليفورنيا يختلف عن رأي كوفدا فالنظام الأمريكي يقسم الماء من ناحية تركيز الأملاح إلى ٤ درجات. مياه ذات ملوحة، درجة التوصيل الكهربائي بها ٠,٢٥ ملليموز / سم أي حوالي ٠,١٥ جم / لتر. مياه ذات ملوحة متوسطة، درجة التوصيل الكهربائي بها ٠,٢٥ . ٠,٧٥ ملليموز / سم وتعادل ٠,١٥ . ٠,٥ جم / لتر.

- مياه ذات ملوحة عالية، درجة التوصيل الكهربائي بها ٠,٧٥ . ٢,٢٥ ملليموز / سم أي ٠,٥ . ١,٥ جم / لتر.

- مياه ذات ملوحة عالية جداً، درجة التوصيل الكهربائي بها أعلى من ٢,٢٥ ملليموز / سم. والرأي الروسي يعتبر المياه ذات الملوحة العالية في النظام الأمريكي مياه جيدة، على أساس أن المحلول الأرضي ذا تركيز ١ جم / لتر لا يضر بالنباتات النامية فيه. كما أننا نلاحظ أن النظام الأمريكي يعتبر المياه ذات تركيز ٠,١٥ . ٠,٥ جم / لتر. متوسط الجودة، والواقع أن ماء الصنبور في مصر يحتوي حوالي ٠,٣ جم / لتر من الأملاح الذائبة.

غير أننا نشير إلى أن النظام الأمريكي لم يتخذ تركيز الأملاح وحده وسيلة لتقييم مدى صلاحية الماء للري بل يضع في الاعتبار نسبة الصوديوم في الماء.

نسبة أدمصاص الصوديوم Sodium adsorption ratio SAR وكذلك مقدار الكربونات + البيكربونات المتبقية Residual Carbonate bicarbonate وهذه العوامل الثلاثة مجتمعة هي التي تدل على درجة جودة الماء وصلاحيته للري بالإضافة للضرر الذي ينشأ عن زيادة البورون. نشوء وتجميع كربونات الصوديوم في الأراضي :

الأراضي الصودية يسود فيها الصوديوم على الكاتيونات المتبادلة على سطوح الغرويات الأرضية وتنخفض محتويات الأرض من الأملاح الذائبة ويرتفع الرقم الأيدروجيني يصل إلى ١٠ خصوصاً عند نقص الأملاح الذائبة وتحت هذه الظروف يكون تركيز كربونات وبيكربونات الصوديوم في المحلول الأرضي عالياً.

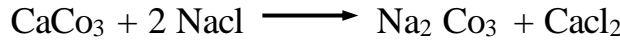
ولارتباط جودة كربونات وبيكربونات الصوديوم مع هذه الأراضي يرى كثير من الباحثين أن الصودا . كربونات الصوديوم . هي سبب تكون هذه الأراضي واقترحت عدة آراء لتفسير تكون كربونات الصوديوم وتجمعها في الأراضي ومنها :

١. تجربة السيلكات الألومنيوم :

تعتبر سيلكات الألومنيوم من أكثر المعادن شيوعاً إذ توجد تحت جميع الأجواء وتقدر بحوالي ٨٠ % - ٨٥% بالوزن من صخور القشرة الأرضية وبعض المعادن سهل التجربة في وجود الماء خصوصاً المحتوى على حامض الكربونيك والتجربة الكيميائية كمعادن الفلسيارات وشببها تعطي عادة محاليل من كربونات وبيكربونات الصوديوم والبوتاسيوم كما تعطي مركبات غروية من السيلكا وأكاسيد الألومنيوم.

٢. رأي هيلجارد Hilgard وبرنوليت Berthelet

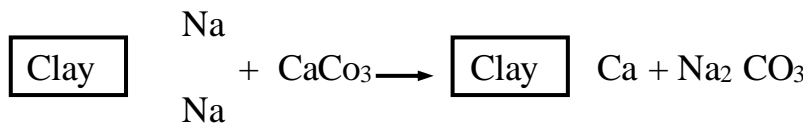
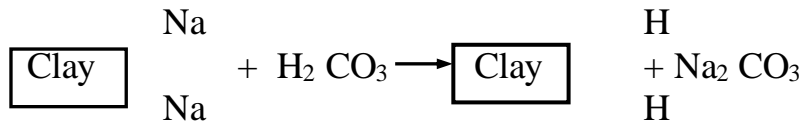
يعزو هذا الرأي تكون كربونات الصوديوم في الأرض نتيجة لتفاعل كربونات الكالسيوم مع كلوريد أو كبريتات الصوديوم.



ومن الناحية النظرية توضح معادلة التفاعل المشار إليها أن التفاعل يجب أن يتجه نحو الملح الأقل ذوبان أي نحو CaCO_3 ولذا ليس من المتوقع أن يتكون كربونات صوديوم بكميات ذات أهمية من هذا التفاعل تحت الظروف العادية ولكن كوفدا (درس هذا الرأي نظرياً) ويوجد النظر إلى أن هذا التفاعل قد يكون له دور هام في عمليات الكيمياء الأرضية Geochemical processes لأن الظروف الطبيعية قد تختلف كل الاختلاف عن الظروف العادية خصوصاً درجات الحرارة المنخفضة والبخر وتأثير وجود الأملاح الأخرى إذ من المعروف أن ذوبان كربونات الصوديوم يقل إلى حد كبير في درجات الحرارة المنخفضة وكذا في وجود بعض الأملاح مما قد يؤدي إلى ترسيبها وبالتالي حدوث التفاعل المشار إليه في المعادن.

٣. رأي مونديزير Mondesir وكيلي Kelley :

كان مونديزير أول من نادى بهذا الرأي ووافق عليه كل من دي سيموند وكيلي فيما بعد ويقضي هذا الرأي بأن محاليل أملاح كلوريد وكبريتات الصوديوم ترتفع في حركتها نحو سطح الأرض فتزداد نسبة الطين الصودي بالأرض نتيجة محلول الصوديوم محل الكاتيونات الأخرى ثم تغسل الأملاح من هذه الأراضي نتيجة فيضان مياه الأنهار وتتكون كربونات الصوديوم نتيجة لانحلال الطين الصودي بعد التخلص من الأملاح وفي وجود حامض الكربونيك أو يحدث تبادل مزدوج بين كربونات الكالسيوم والطين الصودي.



٤. معدنة المواد العضوية :

بالنسبة إلى ارتفاع نسبة كربونات الصوديوم والبوتاسيوم في رماد بعض النباتات فمن المحتمل أن تتكون هذه الكربونات عند انحلال بقايا هذه النباتات في الأرض ومن المعتقد أن بقايا النباتات في منطقة السافانا في شرق أفريقيا حيث توجد بها النباتات المحبة للأملاح هي مصدر كربونات الصوديوم بهذه الأراضي.

٥. النشاط الميكروبي :

عملية عكس التآزت Denitrification والكبريت Desulfification تحدث في الظروف الغير هوائية فيختزل النترات والكبريتات ويستنتج أوجاتا وياور Bower , Ogata أن عملية اختزال الكبريتات الذائبة في الأراضي تؤدي إلى خفض درجة الملوحة بالأرض وزيادة الصوديوم المتبادل.

عمليات تكوين الأراضي الملحية والقلوية

Formation Processes of Saline and Alkali Soils

شغل الباحثون وقتاً غير قصير في دراسة العمليات التي تؤدي إلى تكون الأرض الملحية والقلوية وثارَت مناقشات طويلة بينهم خصوصاً بعد أن اقترح زيجموند المجري رأيه في هذه العملية.

رأي زيجموند Zigmond

أ. تجمع الأملاح : Salinization

الخطوة الأولى في تكون الأراضي الملحية هي تراكم الأملاح وقد سبق أن أوضحنا مصادر هذه الأملاح وكيف تتراكم نتيجة صعود الماء الأرضي وتبخره على السطح وكذا بخر مياه البحيرات والخلجان ويعتبر زيجموند أن مرحلة تجمع الأملاح هي المرحلة الأولى التي يتبعها التحول إلى القلوية Alialinization وزيادة تركيز الماء الأرضي أو مياه البحيرات يفوق التركيز درجة ذوبان الأملاح الموجودة بها فتتبلور ملحاً بعد الآخر في ترسيب تماس لدرجة ذوبانها فأعلاها ذوباناً آخرها ترسباً وتتجمع الأملاح على السطح أو قريباً منه.

ويشير كيلي Kelley إلى أن البخر المباشر لمحاليل تحتوي كبريتات كالسيوم تؤدي إلى تجمعات الجبس غير أن وجود هذه التجمعات عادة في باطن القطاع وليس على سطح الأرض يجعل احتمال تكون الجبس بهذه الطريقة ضعيفاً إلا إذا ترسبت فوقه طبقات أرضية أخرى بعد تكونه . وقد يتكون الجبس من تأثير كبريتات الصوديوم على كربونات الكالسيوم فينتج كبريتات كالسيوم وكربونات صوديوم غير أن بخر هذا المحلول سريعاً مما يؤدي إلى ترسيب كربونات الكالسيوم مرة أخرى لأنها الملح الأقل ذوباناً ويرى كيلي أن تكون الجبس بهذه الطريقة غير ممكن . أما كوفدا Kovda فإنه يرى أن الخواص الكيميائية الطبيعية لكربونات الصوديوم قد تؤدي تحت ظروف خاصة مثل انخفاض درجة الحرارة إلى بلورتها وعدم ذوبانها وإمكان تكوين الجبس في هذه الحالة.

ب . التحول إلى الصودية : Sodic Alkalization

القلوية في رأي زيجموند هي العملية التي تؤدي إلى أدمصاص الكاتيونات القلوية . أساساً الصوديوم . على سطح الغرويات الأرضية وذلك نتيجة لتفاعل تبادل الكاتيونات.

ج . فقد الأملاح : Desalinization

عند توقف صعود الماء الأرضي وتعرض الأرض إلى الغسيل يحدث فقد الأملاح من السطح تدريجياً وتستقبلها الآفاق السفلى في القطاع وعندما تفقد الطبقة السطحية أملاحها وفي وجود نسبة عالية من الصوديوم المتبادل تتفرك حبيبات الطين وتنتقل مع الماء في عملية الغسيل إلى الطبقات السفلى وتتراكم فيها. ونتيجة لتوالي الابتلال والجفاف يتكون للافق (ب) بناء خاص ويطلق على الأراضي التي يتكون فيها هذا البناء العمودي المنشوري.

أراضي السولنتز Solonetz وينكر كوفدا Kovda أن للسولنتز خمسة مميزات :

١. بناء مورفولوجي خاص في أفق (ب).
٢. ارتفاع الصوديوم المتبادل خصوصاً في الجزء الأعلى من الافق (ب).
٣. زيادة نسبة الطين في الأفق (ب).
٤. فقد الأملاح الذائبة من السطح (أو تراكمها في أسفل أفق (ب) أو أعلى أفق (ج)).
٥. زيادة التيتانيوم وبعض المعادن في أسفل أفق (ب) نتيجة لانفراده من أفق (أ) وانتقاله مع الماء إلى أسفل.

د . الانحلال : Solodization - Degradation

عند غياب كربونات الكالسيوم ودوام عملية الغسيل فترة طويلة يزداد حلول الهيدروجين محل الصوديوم وتزداد حموضة الطبقة السطحية (أفق أ) مما يؤدي إلى انحلال الطين وأنفراده السيلكا (SiO_2) وانتقاله إلى الأفق (ب) ويلاحظ بعض الباحثين أن أعمدة البناء المنشوري في أفق (ب) تكون رؤوسها مغطاة بطبقة رقيقة فاتحة اللون هي السيلكا الناتجة عن انحلال طين الطبقة السطحية ويطلق الروس على هذه الأرض لفظ Solod، وغياب كرنونات الكالسيوم أساس في هذه العملية وإلا حل الكالسيوم الناتج عنها (عن كربونات الكالسيوم) محل الصوديوم.

هـ . الارتداد : Reqradation

يرى زيجموند أن الأملاح تعود مرة أخرى إلى الأرض نتيجة لارتفاع مستوى الماء الأرضي بعد أن تخلصت الأرض من أملاحها ووصلت إلى درجة سولود فتعود الأرض إلى ما كانت عليه أرضاً ملحية من جديد إذا زاد تجمع الأملاح فيها كما تذكر بعض المراجع أن أراضي السولود بعد إصلاحها بإضافة كربونات الكالسيوم تعتبر الأرض الناتجة من الاستصلاح أيضاً أرضاً مرتدة.

ويعقب كيلى على رأي زيجموند بأن عودة الأملاح إلى الأرض يمكن أن تحدث في أي وقت وليس ضرورياً أن تحدث بعد عملية الإنحلال.

تصنيف الأراضي الملحية والصودية

Classification of saline and sodic soils

أولاً . التقسيم الأمريكي (Richard 1954)

التقسيم الشائع للأراضي الملحية والقلوية الآن هو تقسيم معمل بحوث الأراضي الملحية الأمريكية وتنقسم فيه هذه الأراضي على أساس تحليلها الكيميائي إلى:

١. أراضي ملحية

٢. أراضي ملحية وصودية

٣. أراضي صودية غير ملحية.

١. الأراضي الملحية Saline Soils

يطلق هذا التعبير على الأراضي عندما يكون التوصيل الكهربائي للمستخلص المائي لعينة منها عند درجة التشبع أكثر من ٤ م موز / سم عند درجة ٢٥° م وتكون النسبة المئوية للصوديوم المتبادل أقل من ١٥% من السعة التبادلية الكاتيونية والرقم الهيدروجيني بها أقل من ٨,٥.

ومن أهم مميزات هذه الأراضي هو أنواع الأملاح فيها فالصوديوم الذائب عادة هو التقسيم المعتاد للأراضي إلى ملحية بني على أساس أن لها توصيل $4 < \text{مليوموز / سم}$ ، (وديبي سنثر / م) ولكن النباتات الحساسة للملحية وجد أنها تتأثر بتركيز أملاح ٢ مليوموز وحتى ٤ مليوموز ولذا اقترحت جمعية علوم الأراضي الأمريكية على أن يكون ٢ مليوموز / سم توصيل لعينة التربة المشبعة هو الحد الفاصل بين الأرض الملحية والغير ملحية.

والجدول يوضح كلا التقسيمين. والأرض الملحية (القلوية البيضاء) هي التي فيها يتأثر نمو النبات بكميات الملاح الذائبة الكبيرة الموجودة. ويمكن إعادة هذه الأراضي إلى أراضي عادية بالغسيل ودرجة حموضة هذه الأرض في الغالب أقل من ٨,٥ وهي غالباً جيدة النفاذية. والنباتات النامية في هذه الأراضي تبدو قصيرة متقدمة وأوراقها سميكة. وأوراقها لونها أخضر غامق، ويقل النمو معنوياً، وقد لا تظهر تغيرات ظاهرة على النبات.

أما الأراضي المحتوية على كلا من الأملاح العالية والصوديوم المتبادل العالي وتسمى ملحية صودية فهي تؤدي لقلة نمو النبات بسبب ارتفاع الأملاح، ونظراً لأن الأملاح الذائبة تمنع تفاعل التحلل المائي فإن درجة الحموضة غالباً تظل أقل من ٨,٥ ويظهر الضرر عند غسيل هذه الأملاح الذائبة حيث بالغسيل تقل الأملاح الذائبة بدرجة أكبر من انخفاض نسبة الصوديوم المتبادل مسببة التحول إلى الصودية. وهذه الأراضي الصودية تقلل بها النفاذية لدرجة كبيرة وتقلل من نمو النبات مع صعوبة في غسيل التربة للتخلص من الأملاح لعدم تحرك الماء في القطاع الأرضي.

والأراضي الصودية (أو القلوية البيضاء) يصعب معاملتها حيث النفاذية قليلة جداً ودرجة الحموضة عموماً أكثر من ٩ إلى ٩,٥ ويتفوق الطين والمادة العضوية الغروية، والمادة العضوية المتفرقة هذه تتراكم على السطح نظراً لسوء الصرف ومع حركة البخر وتجعل لون الطبقة السطحية أسود ولذا

سميت قلوية سوداء في التقسيم الروسي. وتتواجد هذه المناطق في صورة بقع في حدود أقل من فدان تكون في المناطق المنخفضة. وانخفاض الأملاح الذائبة وزيادة الصوديوم المتبادل والارتفاع الـ pH تؤدي إلى تسمم مباشر بالصوديوم للنباتات الحساسة.

يندر أن يزيد عن نصف مجموع الكاتيونات وبالتالي فإن ما يوجد منه في صور متبادلة على سطح الطين قليل أما الكالسيوم والماغنسيوم فيوجدان بمقادير ونسب مختلفة من أرض إلى أخرى سواء في المحلول الأرضي أو على سطح الطين وتحتوي الأرض على مقادير صغيرة عادة من البوتاسيوم الذائب أو المتبادل أما الانيونات الأساسية فهي الكلوريد والكبريتات وفي بعض الأحيان توجد النترات والبيكربونات أما الكربونات الذائبة فعادة لا وجود بها.

وقد تحتوي الأراضي الملحية بجانب الأملاح الذائبة أملاح قليلة الذوبان مثل كبريتات الكالسيوم (الجبس) وكربونات الكالسيوم والماغنسيوم.

ولوجود مقادير كبيرة من الأملاح في هذه الأراضي وانخفاض الصوديوم المتبادل فإنها تكون عادة متجمعة الحبيبات جيدة النفاذية لا تقل عن الأراضي العادية غير الملحية. وكثيراً ما يوجد على سطح هذه الأراضي قدر من الأملاح المتبلورة ولا يوجد ما يميز قطاع هذه الأراضي فقد تكون الأراضي ناضحة ذات قطاع مميز الافاق وغنية بالأملاح وقد يكون القطاع في مادة أرضية Soil material رسوبية لم تتكون فيه أفاق وتزداد الأملاح في الطبقات السطحية وتقل في الطبقات السفلى وذلك قبل غسلها أو استزراعها.

وقد سبق أن أطلق هيلجارد Hilgard على هذه الأراضي (أراضي قلوية بيضاء White alkali soils) وهي الأراضي التي تحتوي أملاح متعادلة مثل الكلوريد والكبريتات. ولما كان الأثر الضار للأملاح هو العامل الأساسي في استغلال أو عدم استغلال هذه الأراضي فقد قسمت هذه الأراضي حسب درجة ملوحتها معبراً عنها بالتوصيل الكهربائي للمستخلص المائي لعينة منها عند درجة التشبع كما يأتي :

1. أراضي لا تحدث أضرار للنباتات منها : التوصيل الكهربائي من صفر . ٢ م موز / سم.
2. أراضي يكون الضرر قاصراً فيها على الحاصلات الحساسة : التوصيل الكهربائي من ٢ . ٤ م موز / سم.
3. أراضي تتأثر أغلب الحاصلات فيها : التوصيل الكهربائي من ٤ . ٨ م موز / سم.
4. أرض لا يزرع فيها غير الحاصلات المقاومة للأملاح : التوصيل الكهربائي من ٨ . ١٦ م موز / سم.
5. أرض لا تتجح فيها غير الحاصلات شديدة المقاومة للأملاح : التوصيل الكهربائي أعلى من ١٦ م موز / سم.

٢. الأراضي الملحية الصودية : Saline sodic

هي الأراضي التي يكون التوصيل الكهربائي لمستخلص عينة منها عند درجة التشبع أعلى من ٤ م موز / سم عند درجة ٢٥° م ويرتفع الصوديوم المتبادل عن ١٥% من السعة التبادلية الكاتيونية ولا

يزيد الرقم الهيدروجيني لها عن ٨,٥ ولا تختلف الأراضي الملحية القلوية عن الأراضي الملحية في أكثر خواصها مادامت لم تغسل من الأملاح أما إذا تخلصت الأرض من الأملاح الذائبة فإن خواصها تتحول إلى خواص الأراضي القلوية غير الملحية وقد تحتوي الأراضي الملحية القلوية على مقادير من الجبس ولا يؤدي غسيل الأملاح منها في هذه الحالة إلى ظهور أعراض الأرض القلوية غير الملحية.

٣. الأراضي الصودية غير الملحية : **Nonsaline sodic soils**

هي الأراضي التي يكون الصوديوم المتبادل فيها أكثر من ١٥% من السعة التبادلية الكاتيونية ويقل التوصيل الكهربائي لمستخلص عينة منها عند درجة التشبع عن ٤ م موز / سم عند درجة ٢٥° م ويكون الرقم الهيدروجيني بها عادة بين ٨,٥ . ١٠ وقد تتجمع المادة العضوية الذائبة في الأرض شديدة القلوية على السطح بواسطة البخار مما يعطي الأرض لوناً غامقاً ومن هذا المظهر اكتسبت هذه الأراضي اسمها القديم (القلوية السوداء Black alkali) ومضى الوقت على الأراضي القلوية غير الملحية يعطي لقطاعها مظهراً خاصاً مميزاً (قطاع السولوتنتز) ولكن الأراضي الملحية الناتجة عن ظروف الري لا يتميز فيها قطاع السولوتنتز عادة لقصر الوقت الذي مضى لتحويلها إلى قلووية والصوديوم المتبادل العالي في الأراضي القلوية يكسبها صفات طبيعية وكيميائية مميزة فكلما زادت نسبة الصوديوم المتبادل كلما زاد تفرق الحبيبات وارتفع الرقم الهيدروجيني وقد يصل إلى ١٠.

ثانياً . التقسيم الروسي (تقسيم كوفدا 1961 Kovda) :

يرى كوفدا أن تصنيف الأراضي الملحية والقلوية يجب أن يعتمد على جيوكيمياء الأملاح (الكيمياء الأرضية للأملاح) والأثر الذي تحدثه الأملاح على النباتات وبذلك يمكن معرفة مصدر الأملاح ومستوى إنتاجية الأرض وطريقة الاستصلاح الواجب اتباعها لكل صنف من هذه الأراضي. ويقسم هذه الأراضي إلى ما يأتي .:

١. أراضي ذات الطبقات الملحية : **Salt cursts**

توجد الطبقات الملحية على سطح الأرض عادة في المناطق الجافة فتصل نسبة الملح فيها بين ٥٠ . ٦٠% من وزن الطبقة يتراوح سمكها بين ٣ . ٥ سم أو قد تصل إلى ٥٠ . ١٠٠ سم أو عدة أمتار والطبقات الملحية كثيفة البناء تنفذ المحاليل خلالها ببطء كما لا تخترقها آلات الخدمة أو جذور النباتات بسهولة وترجع أهميتها إلى أنها مصدر للصناعات الكيميائية أو صناعات البناء.

ويوجد من هذه الطبقات نوعان حديث يتكون نتيجة بخر مياه البحر أو البحيرات أو المياه الجوفية في عصور حديثة وقديم **Residual** تكون في عصور سابقة. وتنقسم هذه الطبقات حسب تركيبها الكيميائي إلى الأنواع الآتية :

أ. أراضي ذات طبقات جيرية : **Calcareous crusts**

هذه الرواسب شائعة الوجود في المناطق الجافة في آسيا وأفريقيا وتصل نسبة كربونات الكالسيوم فيها بين ٥٠ . ٧٠% وتحتوي على مقادير ضئيلة من العناصر الغذائية ويتكون فيها المجموع الجذري

للنباتات بصعوبة ويتصلب سطحها بشدة ولذلك فحرقها صعبة وهذه الطبقة الجيرية لا تسبب تسمماً للنباتات ويتوقف استغلالها الزراعي على توفر ماء الري مع تفكيك تماسكها وتتشأ هذه الطبقة في المناطق الجافة بالترسيب الكيميائي عند بخر المياه الجوفية أو البحرية في العصور الحديثة أو القديمة.

ب . أراضي ذات طبقات جبسية : **Cypsum crusts**

توجد في المناطق الأكثر جفافاً وهي شائعة الوجود في صحاري وسط آسيا مثل أوزبكستان وتازيكستان وغرب الصين وفي شمال أفريقيا مثل مصر .

وكما توجد طبقات من الجبس أو آفاق جبسية قديمة بالقطاع الأرضي تكونت في العصور السابقة ويوجد أيضاً طبقات أو آفاق حديثة التكوين تتجمع أملاحها نتيجة بخر المياه الجوفية الملحية. وسمك هذه الآفاق الجبسية في القطاع يتراوح بين ١٠ . ٢٠ سم أو قد يصل إلى ٥٠ . ١٠٠ سم. ولم يذكر أن الجبس له ضرر سام على النباتات ولو أن النباتات النامية في أرض غنية بالجبس تعاني العطش عادة والطبقات الجبسية الجافة شديدة الصلابة وخصوبتها شديدة الانخفاض لانخفاض محتواها من العناصر الغذائية.

٢. أراضي السولونشاك : **Solonchak soils**

هي الأراضي التي تحتوي على نسبة عالية من الأملاح الذائبة في الآفاق العليا للقطاع (صفر . ٣٠ أو ٤٠ سم) ولا تقل نسبة مجموع الأملاح عادة عن ١ . ٢% وتصل في بعض الأحيان إلى ١٠ . ٢٠% ويقل تركيز الأملاح في الطبقات الخالية . وتقسم هذه الأراضي تبعاً لنوع الأملاح السائدة فيها إلى :

أ . أراضي سولونشاك صودية : **Sodic Solonchak Soils**

تحتوي هذه الأراضي أملاح الصوديوم في صورة الكربونات والبيكربونات وكذا كربونات الماغنسيوم. وتعتبر هذه الأملاح سامة للنباتات بدرجة كبيرة والرقم الهيدروجيني مرتفع يصل إلى ٩,٥ إلى ١٠,٥ والسولونشاك الصودية مفرقة الحبيبات ولذا فليس من اليسير غسلها.

ب . سولونشاك كبريتانية : **Sulphate Solonchak Soils**

تحتوي عادة على مقادير من أملاح كبريتات الصوديوم والماغنسيوم والكالسيوم وتعتبر الكبريتات من أقل الأملاح ضرراً بالنباتات ونفاذية الماء في هذه الأراضي جيدة ولا تتحول إلى قلوية لاحتوائها على الجبس وتستجيب للغسيل بسرعة.

ج . أراضي سولونشاك كلورودية : **chloride Solonchak Soils**

تحتوي على مقادير ضارة بالنباتات من أملاح الكلوريد وغاز الماء خلالها يتوقف على مقدار ما تحتوية من جبس. فكلما زاد هذا المقدار تحسنت النفاذية وأسرت استجابتها للغسيل أما إذا لم يوجد فيها جبس فإن الأراضي الطينية فيها تكون قليلة النفاذية وتكون عرضه للتحويل للقلوية.

د . أراضي سولونشاك نترانية : **Nitrote Solonchak Soils**

تحتوي هذه الأراضي نترات صوديوم وبوتاسيوم وتشبه إلى حد كبير السولونشاك الكلوريدي. وعادة لا يوجد في الطبيعة واحد من هذه الأراضي منفرداً بل توجد بعض الأنواع مختلطة بدرجات مختلفة فالأرض السولونشاك الصودية الكبريتانية الكلورودية أو الكلوريدي الكبريتانية شائعة الوجود في الطبيعة وعموماً كلما زادت درجة الملوحة كلما زاد وجود الكلوريد وكلما انخفضت درجة الملوحة كلما زاد وجود الكربونات القلوية خصوصاً كربونات الصوديوم.

ويفرق كوفدا بين نوعين من السولونشاك :

١. سولونشاك نشطة أو حديثة : **Active (contemporary)**

يزداد تركيز الأملاح في هذه الأراضي تدريجياً وذلك لوصول الماء الأرضي المالح إلى السطح وتبخره فيه ويكون مستوى الماء الأرضي عادة عند عمق حوالي ٠,٥ . ٣ م في أوقات مختلفة من السنة. وسطح هذه الأراضي عادة رطب لدوام وصول الماء الأرضي إليه بالخاصية الشعرية ولذلك يطلق على هذه الأراضي أحياناً أراضي السولونشاك المبتلة إذا كان مستوى الماء الأرضي لا يتعدى متراً واحداً أو أراضي السولونشاك الرطبة إذا كان عمق مستوى الماء الأرضي بين ٢ . ٣ م.

٢. سولونشاك قديمة أو جافة : **Residue lerdry**

وتوجد هذه الأراضي في المناطق ذات المناخ الجاف في أفريقيا ووسط آسيا ويكون مستوى الماء الأرضي عند عمق ١٠ م ولكن بالنسبة للجفاف الشديد فإن الأملاح الذائبة تتجمع في الآفاق العليا من القطاع. وفي بعض هذه الأراضي توجد الأملاح في صورة محببة تشبه الرمل وقد تنتقل هذه الحبيبات بواسطة الرياح مكونة تلالاً وتصل نسبة الملح في الآفاق الملحية إلى ٢٠ . ٣٠% وفي التلال الملحية إلى ٥٠%.

٣. أراضي شبه سولونشاك : **Solonchak - like Siols**

هي الأراضي الملحية التي تحتوي نسبة من الأملاح تتراوح بين ٠,٣ . ٠,٨ في المنطقة التي تنمو بها الجذور (أي حوالي عمق ١ م) وتنخفض فيها المحاصيل إلى حوالي ٣٠ . ٦٠% عنها في الأراضي العادية الغير ملحية وتقسم هذه الأراضي حسب نوع الأملاح فيها إلى نفس أقسام السولونشاك وتظهر عليها جميع خصائص السولونشاك ولكن بدرجة مخففة وكذلك يمكن تقسيم نسبة السولونشاك إلى حديثة وقديمة أو جافة وأهم اختلاف بينهما وبين السولونشاك الحديثة أو الجافة هو درجة تركيز الأملاح في

الماء الأرضي فهو في حالة شبه السولونشاك أقل منه في حالة السولونشاك وشبه السولونشاك الجافة تتميز بأن أعلى تركيز للأملاح فيها يكون على عمق بين ٣٠ . ٥٠ . ١٠٠ سم من السطح وتصل الأملاح على هذا العمق إلى ٠,٣ . ٠,٨ .

٤. الأراضي القلوية سولوتنز : Solonetz

السولوتنز نوع من الأراضي الملحية الجرداء تكونت في مناطق الأستبس steppe حيث عمليات نقل الأملاح والماء نشطة ومستوى الماء الأرضي في هذه الأراضي عادة أعمق من أن يسمح للماء بالصعود إلى السطح بالخاصية الشعرية ولا توجد الأملاح عادة في الطبقة السطحية بل على عمق بعيد بين ٣٠ . ١٠٠ سم ويتميز في قطاع هذه الأراضي ٣ أفق :

أفق (أ) مغسول Eluvial ذو سمك بين ٥ . ٢٠ سم خفيف القوام.

أفق (ب) استقبال Eluvial ذو سمك من ٥ . ١٠ سم بناء عمودي منشوري Columnarprison

كثيف القوام ذو تأثير قلوي لوجود حوالي ١,٠% من لورك ٣ ورقم هيدروجيني

حوالي ٩ وصوديوم متبادل يتراوح بين ٢٠ . ٥٠% من السعة التبادلية الكاتيونية.

أفق (ج) أفق غني بأملاح الكربونات أو الكبريتات أو الكلوريد ومادة الأصل تأثرت قليلاً بعوامل تكوين الأراضي وزادت بها نسبة الأملاح.

وتتميز أراضي السولوتنز بانخفاض نفاذيتها وتماسكها وقلة تهويتها مما يؤثر على قدرتها

الانتاجية. ويقسم كوفدا أراضي السولوتنز إلى مجموعتين على أساس الظروف الهيدروجيولوجية : .

١. سولوتنز شبه سولونشاك :

يكون عمق مستوى الماء الأرضي بهذه الأراضي حوالي ٣ . ٨ سم وتركيز الأملاح فيه منخفض

أو متوسط ويرتفع الماء بالخاصية الشعرية في الجو الجاف ويسبب تراكم الصوديوم المتبادل في الأرض ويتميز الجزء الأسفل من الأفق (ب) وأفق (ج) بوجود نسبة من الأملاح الذائبة وفي بعض الأحيان

بوجود الجبس ودائماً بوجود مقادير هامة من كربونات الكالسيوم ويمكن تقسيم هذه الأراضي حسب سمك

أفق (أ) فقد يكون قشرياً Crusty لا يزيد سمكه عن ٣ . ٥ سم أو عميقاً حيث يصل سمكه (أفق أ) إلى

حوالي ١٠ . ١٥ سم وفي هذه الحالة تكون إنتاجية الأرض أعلى من الأرض ذات الأفق القشري.

٢. سولوتنز الاستبس : Steppe solonetz

تتكون هذه الأراضي عادة في المساطب المزنوقة للأشجار حيث يكون عمق مستوى الماء الأرضي

أكثر من ٢٠ . ٣٠ م ويلعب أي دور في الوقت الحاضر في عمليات تكوين الأراضي قطاع هذه

الأراضي مشابه لقطاع السولوتنز ولكن درجة القلوية فيها أقل وسمك أفق (أ) كبير وتتحول هذه الأراضي

عادة إلى الأراضي الكستنائية Chestnutsoil أو الشيرنوزيم Schernoten أو السيريزيم Serotem

حسب موقعها.

٥. أراضي الاسبس شبه القلوية :

توجد القلوية في مجموعات الأراضي الشائعة في منطقة الاستبس مثل الأراضي الكستنائية أو الشيرنوزيم أو السيروزيم ولكنها تتكون بدرجة أقل مما في أراضي السولتتز. والخواص الطبيعية بها سيئة والطبقة تحت السطحية كثيفة متماسكة ويوجد بها حوالي ٠,٠٨% يدك أ وحوالي ١٠ . ١٥% من السعة التبادلية الكاتيونية صوديوم متبادل ويكون الرقم الهيدروجيني بها بين ٨,٥ . ٩ . وإنتاج هذه الأراضي في السنوات الممطرة جيد ولكن يسوء نمو النباتات إلى درجة كبيرة في السنوات الجافة.

٦. أراضي التاكير Takyr

أراضي التاكير وشبه التاكير تطلق على أنواع مختلفة من الأراضي الملحية الجرداء الموجودة في صحاري آسيا وأفريقيا ويتميز هذه الأراضي بأنها مساحات واسعة من السهول الطينية الصحراوية الجرداء تكونت تحت ظروف الغسيل في الصحراء الحارة ويتشقق سطحها في الفترات الجافة ولكن بعد نزول الأمطار تتحول إلى مستنقع لعدم نفاذ الماء خلالها لقوامها الطيني.

وقطاع الأرض عادة يتكون من طبقة طينية كثيفة ذات سمك ٣ . ٥ سم ويتلو ذلك أفق تصل فيه نسبة الأملاح بين ٠,٥ . ١,٥% يتلوه عند عمق ٢٠ . ٣٠ سم منقول Allvial ذو ملوحة واضحة ويقع مستوى الماء الأرضي عند عمق ١٠ . ٣٠ م.

وندرت النباتات في هذه الأراضي ترجع إلى جفافها وسوء الخواص الطبيعية وقلويتها العالية ورقم هيدروجيني من ٩ . ١٠ وملوحة الأفق تحت القشرة وعدم وجود الدبال أو الكائنات الأرضية الدقيقة.