الفصل الخامس

إدارة المشاكل الناجمة عن ملوحة المياه

(٥,١) مشكلة النفاذية

تحدث مشكلة النفاذية عندما لا يتسرب الماء بصورة طبيعية خلال دورات الري لكي يعوض ما تفقده التربة من مياه و يفي بالاحتياجات المائية للنباتات في الريات القادمة. إن انخفاض قدرة التربة على التسرب والناتجة عن نوعية المياه هي مشكلة كبيرة تحدث في الطبقة السطحية للتربة (السنتيمترات الأولى). والمحصلة النهائية لذلك هو انخفاض كمية المياه التي يجب أن تصل إلى النبات وهذا الانخفاض هو شبيه للانخفاض الناتج عن الملوحة في مياه الري ولكن لأسباب مختلفة. إن مشكلة النفاذية هي تقليل كمية المياه التي تصل إلى الطبقة السطحية للتربة لكي يستفيد منها النبات بعد ذلك بينما الملوحة هي تخفيض جاهزية الماء للنبات، كما سبق وتم شرحها بالتفصيل في الفصل السابق.

النفاذية أو التسرب هي دخول الماء إلى التربة ومعدل دخول الماء إلى التربة يسمى معدل التسرب. إن معدل التسرب بمقدار ٣ ملم/ ساعة يعتبر معدلاً منخفضاً في اغلب الترب بينما ١٢ملم/ ساعة يعتبر عالي وهو ما يحصل في الترب الرملية، ويمكن أن يتأثر التسرب بعدة عوامل غير نوعية المياه مثل خواص التربة الفيزيائية مثل

القوام والبناء ونوع معادن الطين والخواص الكيميائية للتربة وخاصة السعة التبادلية الكاتيونية Cation Exchangeable Capacity (CEC). وتتأثر الترب الثقيلة و التي تحتوي على نسبة عالية من الطين بعكس الترب الرملية ذات الحبيبات الرملية و المسام الكبيرة. و الترب الجيد القوام و البناء وذات نسبة جيدة من الطين حيث تكون مجاميع للتربة مما يزيد من المسامية الكلية فقد تتأثر هذه الترب بوجود الصوديوم المرتفع و الذي بدوره يؤثر على معدل التسرب و نفاذية الماء للتربة. وهناك عوامل تؤثر على النفاذية و علاقتها بالصوديوم ويمكن إيجازها في :

- نوع معدن الطين السائد و تركيز الأملاح في التربة و وحالة التبادل و الذوبان للعناصر في التربة.
- انتفاخ و تفريق الحبيبات.
- حجم الماء و توزيعه .

(٥,٢) معادن الطين

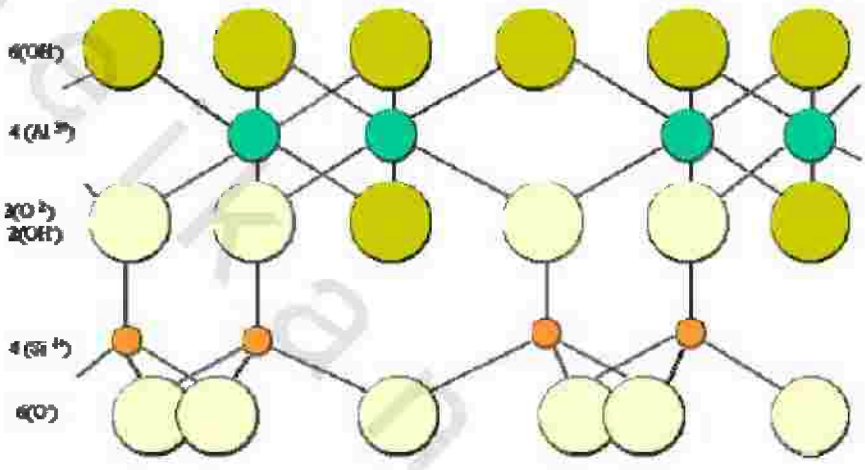
تحتوي الترب على أنواع مختلفة لمعادن الطين منه كاوولنيت Kaolinite و المونتموريلونيت Montomoreillonite و الإليت Illite و الفيرموكلويت Vermicultite و الميكا Mica و الكلورايت Chlorite (Essington, 2004) .

أن اهمية معادن الطين في معرفة مشكلة الصوديوم و النفاذية نظراً للصفات التي يتصف بها الطين ومنها قدرته على مسك الأيونات و تبادلها و تثبيت بعضها و حفظ و مسك الماء بالاضافة لما يحتويه من عناصر أساسية و ثانوية هامة لتغذية النبات.

(٥,٢,١) الكاوولنيت Kaolinite

وهو نوع من المعادن الطينية ذات اللون الأبيض يتكون من صفائح السيليكا – أكسجين (Si- tetrachedral) تليها طبقة من الألمنيوم– أكسجين (A- Octachedral)

تتشكل باتجاهين متعامدين لتكون صفائح تتجمع فوق بعضها البعض ونسبة (Si/Al) هي ١ : ١. (الراوي و آخرون، ١٩٨٦). وتتراوح السعة التبادلية للكتيونات (CEC) بين ١- ١٠ ملليمكافئ/١٠٠جم تربة ومساحة السطح النوعي بين ١٠-٢٠ م٢/جم (الشكل ٥,١).

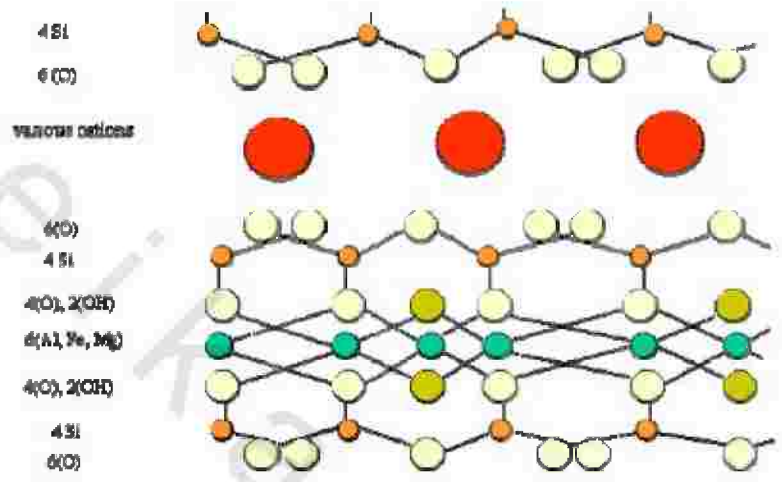


الشكل (٥,١). تركيب معدن طين الكاؤولينيت.

(٥,٢,٢) المونتموريلونيت Montomoreillonite

يتكون المونتموريلونيت من صفيحتين من السيليكا- أكسجين (Si- tetrachedral) يتوسطها صفيحة من الألمنيوم- أكسجين (A- Octachedral) (الشكل ٥,٢) . إن الالتحام بين هذه الطبقات غير تام في منطقة طبقة الأكسجين من كل وحدة و يستطيع جزء الماء أو أكثر الدخول بين هذه الطبقات المتراصة مسببة تمدد هذه الطبقات مما يزيد من قيم السعة التبادلية للكتيونات الى ٨٠-١٢٠ ملليمكافئ/١٠٠جم تربة ومساحة السطح النوعي إلى ٦٠٠-٨٠٠ م٢/جم (الراوي،١٩٨٦م). و الانتفاخ (swelling) يظهر بصورة واضحة في الترب التي تحتوي على نسبة عالية من

المونتموريلونيت و السمكتيت (Smectite) و الذي يحتوي على عنصر الصوديوم بالسطح الخارجي حيث يكون السطح ضعيف و قابل للتبادل.



الشكل (٥,٢). تركيب معدن المونتموريلونيت.

(٥,٣) السعة التبادلية للكتيونات

Cation Exchangeable Capacity (CEC)

يطلق على مجموع الكاتيونات المتبادلة في وحدة وزنية معينة من التربة أو المعدن بالسعة التبادلية الكاتيونية و الوحدة المستخدمة للتعبير عنها هي ملليمكافئ/ ١٠٠جم تربة، ولها أهمية كبيرة من ناحية علاقتها بالصفات الكميائية و الفيزيائية للتربة و علاقتها بخصوبة و تغذية النبات. ويمكن كتابة المعادلة المتعلقة بالسعة التبادلية كما يلي:

$$CEC = X_{Ca1/2} + X_{Na} + X_{Mg1/2} + X_{K} \quad \text{.....(٥,١)}$$

حيث:

$X_{Ca, Mg Na K}$ = يعبر عن الملليمكافئ /١٠٠جم تربة وهي نفس وحدات السعة التبادلية.

(٥,٣,١) علاقة السعة التبادلية للكتيونات ونسبة الصوديوم

يعبر عن نسبة الصوديوم القابلة للتبادل في التربة Exchangeable Sodium Percentage (ESP) بالمعادلة التالية

$$ESP = \frac{X_{Na}}{(CEC)} \times 100 \quad (٥,٢)$$

$$= \frac{X_{Na}}{X_{\frac{1}{2}Ca} + X_{\frac{1}{2}Mg}}$$

باعتبار أن تركيز البوتاسيوم ضئيل جداً.

كما ويعبر عن نسبة الصوديوم المدمص في الماء بالمعادلة التالية

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (٥,٣)$$

وهناك علاقة بين نسبة الصوديوم المتبادل في التربة (ESR) و نسبة الصوديوم المدمص في الماء (SAR) ممثلة بالمعادلة التالية :

$$ESR = a + b\ SAR \quad (٥,٤)$$

$$ESR = 0.01475\ SAR - 0.0126 \text{ (James } et\ al.\text{, 1982)} \quad (٥,٥)$$

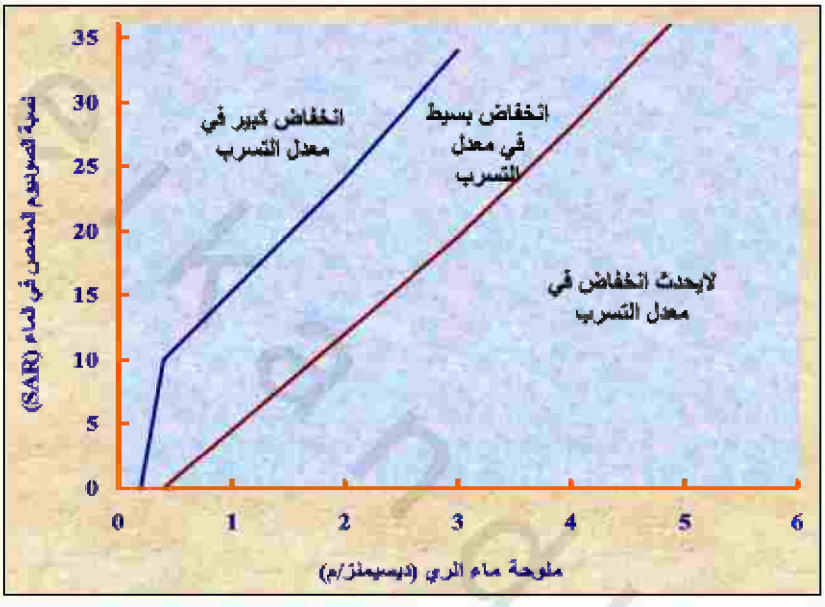
ويعبر عن نسبة الصوديوم المتبادل كذلك بالمعادلة :

أو

$$ESP = \frac{100(-0.0126 + 0.01475\ SAR)}{1+(-0.0126 + 0.01475\ SAR)} \quad (٥,٦)$$

وفي الجدول (١,١٤) لتقسيم المياه الصالحة للري بالفصل الأول الصادرة عن الفاو (Ayers and Westcot, 1985) فإن مشكلة النفاذية مقرونة بسببين أولهما الملوحة (EC) المنخفضة لماء الري وقيم نسبة الصوديوم المدمص SAR. و الشكل (٥,٣) يبين تأثير كل من EC و SAR من ماء الري المضاف للتربة على معدل التسرب في الطبقة

السطحية للتربة حيث يتضح تأثير الملوحة المنخفضة على معدل التسرب في الترب وكذلك زيادة قيم الصوديوم المدمص على انخفاض التسرب.و أن معدل التسرب يزداد مع زيادة الملوحة وينخفض مع انخفاض الملوحة أو زيادة المحتوى الصودي المرتبط بقيمة SAR.



الشكل (٥,٣). العلاقة بين نسبة الصوديوم المدمص وملوحة ماء الري.
(Ayers and Westcot, 1985)

(٥,٤) تقييم مشكلة النفاذية

انخفاض ملوحة الماء إلى أقل من ٠,٢ ديسيمنز/م يعمل على غسل أملاح ومعادن التربة السطحية خصوصاً الكالسيوم Ca^{++} مما يقلل من ثبات التربة وتؤثر الملوحة المنخفضة بالتالي على تكوين تجمعات التربة. كما أن الانخفاض في الكالسيوم يتسبب في تفريق الحبيبات مما يجعل الحبيبات الصغيرة والناعمة تغلق المسام بالتربة وتجعل سطح التربة غير منفذ وذو قشرة صلبة، قد تؤدي إلى أضعاف انبات البذور

بالإضافة إلى تقليل كمية المياه التي يمكن أن تتسرب إلى داخل التربة في وقت معين مما تسبب في إجهاد النباتات بين الريات.

إن انخفاض الملوحة في ماء الري إلى أقل (٠,٢ ملموز/سم) كما ذكر في جدول تقسيم و تقييم مياه الري (الجدول ١,١٤) يسبب مشكلة التسرب أيضا، مهما تكون قيمة مشكلة نسبة الصوديوم المدمص SAR. وقد تسبب مياه الأمطار مشكلة التسرب في بعض المناطق الكثيرة الأمطار والتي ينتج عنها الجريان السطحي.

ومن الأسباب الرئيسة لمشكلة التسرب هو وجود الصوديوم في مياه الري والذي يسبب تفريق الحبيبات عن بعضها وهدم البناء في حالة زيادة عنصر الصوديوم عن الكالسيوم بنسبة تفوق ١:٣ عن الكالسيوم مما يؤدي إلى مشكلة خطيرة للتسرب نتيجة تفريق الحبيبات وقيام الحبيبات الناعمة جداً بإغلاق المسام على سطح التربة بنفس الطريقة التي ذكرت عن انخفاض الملوحة. و يعود ذلك إلى عدم وجود كمية كافية من الكالسيوم للتقليل من أثر التفريق الذي يسببه الصوديوم. كما أن وجود الصوديوم بكميات عالية يصعب من جعل الماء جاهزاً للنبات. ومن المشاكل المرتبطة بزيادة الصوديوم التي تحدث هي – وجود القشرة في التربة – إنبات ضعيف – قلة التهوية – أمراض جذور النبات – الحشائش – الحشرات والبعوض – مما يصعب السيطرة عليها.

في الماضي كانت هناك عدة أساليب استخدمت للتنبؤ بمشكلة النفاذية منها نسبة الصوديوم الذائب (SSP) و معرفة قيمة الصوديوم المتبقي (RSC). أما حديثاً فقد تستخدم مصطلح نسبة الصوديوم المدمص SAR أو نسب الصوديوم المدمص المعدل حسب المعادلات التالية :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca+Mg)}{2}}} \quad \text{.....} \quad (٥,٧)$$

$$SAR_{adj} = SAR(1 + (8.4 - pH_c)) \quad (٥,٨)$$

$$_{adj}RNa = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca_x + Mg)}{2}}} \quad (٥,٩)$$

حيث :

Na = تركيز الصوديوم ملليمكافئ/لتر

Ca_x = قيم الكالسيوم المعدلة مأخوذة من جدول (٥,١) ملليمكافئ/لتر.

Mg = تركيز المغنسيوم ملليمكافئ/لتر

PH_c= القيمة المحسوبة لقيم $(pK_c-pK_c)+_p(Ca+Mg)+_p(Alk)$

في كثير من المقالات الجديدة فإن مصطلح نسبة الصوديوم المدمص SAR استبدل بمصطلح آخر هو $_{adj}RNa$ و المصطلحان متشابهان. إن مصطلح SAR يحسب عن طريق معرفة زيادة الصوديوم نسبة إلى الكالسيوم والمغنسيوم ولكن لا يأخذ في الاعتبار التغير في الكالسيوم في ماء التربة والذي يحدث نتيجة التغير في الذوبانية للكالسيوم الناتجة من الترسيب خلال عمليات الري. والصوديوم جزء مهم من الملوحة وهو ذائب ومتوازن مع نسبة الصوديوم المتبادل (ESP) في التربة سواء زاد تركيز الصوديوم نتيجة امتصاص الماء من قبل النبات أو نتيجة ذوبانيته ومن ثم غسله مع ماء الصرف، فيتغير تركيز الكالسيوم باستمرار حتى يحصل توازن. التغير في تركيز الكالسيوم يحدث نتيجة ذوبانية المعادن في ماء التربة مما يرفع محتواه في ماء التربة أو يترسب في صورة كربونات الكالسيوم وينتج عن ذلك خفض تركيز الكالسيوم. أما الذوبانية فهي ناتجة من تخفيف التركيز أو ناتجة عن ذوبانية CO_2 في ماء التربة أما الترسيب يحدث عندما تكون هناك كميات كافية من CO_3 و HCO_3 أو SO_4 تتحد مع الكالسيوم لترسيب كربونات الكالسيوم أو كبريتات الكالسيوم.

إن عملية الذوبانية أو الترسيب تحدث بعد الري مباشرة مما يغير من تركيز الكالسيوم ويسبب توازن جديد لعنصر الكالسيوم تختلف عن تركيزه عند إضافة ماء

الري. ولأن قيمة SAR لا تأخذ في الحسبان هذا التغير عند إضافة ماء الري، وعليه فإن تطبيق معادلة SAR يعتبر بحد ذاته خطأ ومع ذلك فإن معادلة SAR لا زالت هي المعادلة التي تستخدم لتقييم مياه الري في كثير من دول العالم.

أما البديل عن معادلة SAR فهي تأخذ في الاعتبار المعادلة القديمة وتعدل في قيم الكالسيوم لمياه الري إلى قيمة متوقعة للتوازن بعد إضافة ماء الري وتأخذ في الاعتبار تأثير تركيز CO_3 و HCO_3 وملوحة ماء الري EC_w مع الكالسيوم الأساسي الموجود في ماء الري. ويفترض بهذه الطريقة أن مصدر الكالسيوم في التربة هو كربونات الكالسيوم أو السيليكات وليس من ترسيب المغنسيوم.

المصطلح الجديد هو RNa_{adj} المعدل وطريقة الحساب في المثال التالي والذي يوضح تحسن في القيم عن SAR المحسوبة بالمعادلة السابقة. ويمكن استخدامها لمعرفة مشاكل التسرب والنفاذية في الترب الناتجة عن زيادة الصوديوم في مياه الري ويمكن أن تستبدل عن قيم SAR في الجدول (١,١٤) لتقييم وتقسيم مياه الري (Ayers and Westcot, 1985).

لاستخدام الجدول (٥,١) يجب معرفة نسبة تركيز كل من البيكربونات HCO_3 والكالسيوم Ca وقيمة ملوحة ماء الري (dSm^{-1}) EC_w بالملليمكافئ/ لتر. والجدول يقيم نسب (HCO_3/Ca) لمعدل نسب بين (٠,٠٥-٣٠) في ماء الري وملوحة بين ٠,١ — ٨ ديسيمنز/م. والقيم في الجدول هي لتركيز الكالسيوم Ca_X بالملليمكافئ/ لتر التي تبقى في محلول ماء التربة المتوازنة والتي تستخدم في معادلة نسبة ادمصاص الصوديوم المعدل. يمكن استخدام RNa_{adj} المتحصل عليها والتعويض بها عن قيم SAR في الجدول (١,١٤) لتقييم مياه الري. وباستخدام الحاسب الآلي الآن يمكن الاعتماد على قيم أكثر دقة لإيجاد نسب HCO_3/Ca لحساب adjRNa. والمثال التالي يوضح طريقة الحساب لقيم RNa_{adj} ، SAR_{adj} ، SAR.

الجدول (٥,١). تركيز الكالسيوم المتوقع الموجود في ماء التربة بعد الري والناتج من استخدام ماء ري بملوحة مختلفة و قيم للنسبة بين بيكربونات والكالسيوم في الماء .

(Ayers and Wesrcot,1985).

النسبة بين البيكربونات والكالسيوم (HCO_3/Ca)	ملوحة ماء الري (EC_w dS/m)											
	٠,١	٠,٢	٠,٣	٠,٥	٠,٧	١	١,٥	٢	٣	٤	٦	٨
٠,٥٠	١٣,٢	١٣,٦١	١٣,٩٢	١٤,٤	١٤,٧٩	١٥,٢٦	١٥,٩١	١٦,٤٣	١٧,٢٨	١٧,٩٧	١٩,٠٧	١٩,٩٤
٠,١٠	٨,٣١	٨,٥٧	٨,٧٧	٩,٠٧	٩,٣١	٩,٦٢	١٠,٠٢	١٠,٣٥	١٠,٨٩	١١,٣٢	١٢,٠١	١٢,٥٦
٠,١٥	٦,٣٤	٦,٥٤	٦,٥٩	٦,٩٢	٧,١١	٧,٣٤	٧,٦٥	٧,٩	٨,٣١	٨,٦٤	٩,١٧	٩,٥٨
٠,٢٠	٥,٢٤	٥,٤	٥,٥٢	٥,٧١	٥,٨٧	٦,٠٦	٦,٣١	٦,٥٢	٦,٨٦	٧,١٣	٧,٥٧	٧,٩١
٠,٢٥	٤,٥١	٤,٦٥	٤,٧٦	٤,٩٢	٥,٠٦	٥,٢٢	٥,٤٤	٥,٦٢	٥,٩١	٦,١٥	٦,٥٢	٦,٨٢
٠,٣٠	٤	٤,١٢	٤,٢١	٤,٣٦	٤,٤٨	٤,٦٢	٤,٨٢	٤,٩٨	٥,٢٤	٥,٤٤	٥,٧٧	٦,٠٤
٠,٣٥	٣,٦١	٣,٧٢	٣,٨	٣,٩٤	٤,٠٤	٤,١٧	٤,٣٥	٤,٤٩	٤,٧٢	٤,٩١	٥,٢١	٥,٤٥
٠,٤٠	٣,٣	٣,٤	٣,٤٨	٣,٦	٣,٧	٣,٨٢	٣,٩٨	٤,١١	٤,٣٢	٤,٤٩	٤,٧٧	٤,٩٨
٠,٤٥	٣,٠٥	٣,١٤	٣,٢٢	٣,٣٣	٣,٤٢	٣,٥٣	٣,٦٨	٣,٨	٤	٤,١٥	٤,٤١	٤,٦١
٠,٥٠	٢,٨٤	٢,٩٣	٣	٣,١	٣,١٩	٣,٢٩	٣,٤١	٣,٥٤	٣,٧٢	٣,٨٧	٤,١١	٤,٣
٠,٧٥	٢,١٧	٢,٢٤	٢,٢٩	٢,٣٧	٢,٤٣	٢,٥١	٢,٦٢	٢,٧	٢,٨٤	٢,٩٥	٣,١٤	٣,٢٨
١,٠٠	١,٧٩	١,٨٥	١,٨٩	١,٩٦	٢,٠١	٢,٠٩	٢,١٦	٢,٢٣	٢,٣٥	٢,٤٤	٢,٥٩	٢,٧١
١,٢٥	١,٥٤	١,٥٩	١,٦٣	١,٦٨	١,٧٣	١,٧٨	١,٨٦	١,٩٢	٢,٠٢	٢,١	٢,٢٣	٢,٣٣
١,٥٠	١,٣٧	١,٤١	١,٤٤	١,٤٩	١,٥٣	١,٥٨	١,٦٥	١,٧	١,٧٩	١,٨٦	١,٩٧	٢,٠٧
١,٧٥	١,٢٣	١,٢٧	١,٣	١,٣٥	١,٣٨	١,٤٣	١,٤٩	١,٥٤	١,٦٢	١,٦٨	١,٧٨	١,٨٦
٢,٠٠	١,١٣	١,١٦	١,١٩	١,٢٣	١,٢٦	١,٣١	١,٣٦	١,٤	١,٤٨	١,٥٤	١,٦٣	١,٧
٢,٢٥	١,٠٤	١,٠٨	١,١	١,١٤	١,١٧	١,٢١	١,٢٦	١,٣	١,٣٧	١,٤٢	١,٥١	١,٥٨
٢,٥٠	٠,٩٧	١	١,٠٢	١,٠٦	١,٠٩	١,١٢	١,١٧	١,٢١	١,٢٧	١,٣٢	١,٤	١,٤٧
٣,٠٠	٠,٨٥	٠,٨٩	٠,٩١	٠,٩٤	٠,٩٦	١	١,٠٤	١,٠٧	١,١٣	١,١٧	١,٢٤	١,٣
٣,٥٠	٠,٧٨	٠,٨	٠,٨٢	٠,٨٥	٠,٨٧	٠,٩	٠,٩٤	٠,٩٧	١,٠٢	١,٠٦	١,١٢	١,١٧
٤,٠٠	٠,٧١	٠,٧٣	٠,٧٥	٠,٧٨	٠,٨	٠,٨٢	٠,٨٦	٠,٨٨	٠,٩٣	٠,٩٧	١,٠٣	١,٠٧
٤,٥٠	٠,٦٦	٠,٦٨	٠,٦٩	٠,٧٢	٠,٧٤	٠,٧٦	٠,٧٩	٠,٨٢	٠,٨٦	٠,٩	٠,٩٥	٠,٩٩
٥,٠٠	٠,٦١	٠,٦٣	٠,٦٥	٠,٦٧	٠,٦٩	٠,٧١	٠,٧٤	٠,٧٦	٠,٨	٠,٨٣	٠,٨٨	٠,٩٣
٧,٠٠	٠,٤٩	٠,٥	٠,٥٢	٠,٥٣	٠,٥٥	٠,٥٧	٠,٥٩	٠,٦١	٠,٦٤	٠,٦٧	٠,٧١	٠,٧٤
١٠	٠,٣٩	٠,٤	٠,٤١	٠,٤٢	٠,٤٣	٠,٤٥	٠,٤٧	٠,٤٨	٠,٥١	٠,٥٣	٠,٥٦	٠,٥٨
٢٠	٠,٢٤	٠,٢٥	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٢٨	٠,٢٩	٠,٣	٠,٣٢	٠,٣٣	٠,٣٥	٠,٣٧
٣٠	٠,١٨	٠,١٩	٠,٢	٠,٢	٠,٢١	٠,٢١	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٢٤	٠,٢٥	٠,٢٧	٠,٢٨

obeikan.com

مثال (Ayers and Wesrcot,1985)

مقارنة طرق حساب خطورة الصوديوم في الماء باستخدام المعادلات المختلفة للتعبير عنها.

المعطيات :

تحليل الماء

Ca=2.32 meq/L

Mg= 1.44 meq/L

Na= 7.73 meq/L

CO_3= 0.42 meq/L

HCO_3= 3.66 meq/L

EC_w= 1.15 dS/m

الحل

1. $$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} = \frac{7.73}{\sqrt{\frac{2.2+1.44}{2}}} = 5.64$$

2. $$SAR_{adj} = SAR(1+(8.4-pHc)$$

When $pH_c = SAR = (pK_c - pK_c) + p(Ca+Mg) + p(Alk)$

$= 2.3+2.7+2.4 = 7.4$

$\therefore SAR_{adj} = 5.64[(1+(8.4-7.4)] = 11.3$

3. $$_{adj}R_{Na} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

EC_w= 1.15 dS/m

HCO_3+CO_3/Ca=1.76

من الجدول (٥,١)

$Ca_X = 1.43$ meq/L

$$_{adj}RNa = 7.73\frac{Na}{\sqrt{\frac{1.43+1.44}{2}}} = 6.45$$

$_{adj}RNa = 6.45$

(٥,٥) إدارة مشاكل التسرب

إن عملية إضافة ماء الري تعمل على تشبيع أو ترطيب التربة بالماء لكي يستفيد منها لاحقاً النباتات المزروعة بالحقل حيث تلبي المياه المضافة احتياجات النباتات، وقد تكون العملية صعبة عندما تنخفض معدلات التسرب مما لا يفي بالاحتياجات المطلوبة من قبل النبات وعلية فإنه يجب أخذ بعض الإجراءات الضرورية لزيادة معدل التسرب إلى داخل التربة ذات المسامية المنخفضة. إن بقاء الماء على سطح التربة لوقت طويل قد يؤدي إلى مشاكل كثيرة مثل وجود قشرة سطحية وحشائش غير مرغوب فيها وأمراض بالنبات وأعراض نقص عناصر وسوء تهوية وضعف في الإنبات أو ذبولها بالإضافة إلى وجود وتكاثر البعوض في بعض المزارع نتيجة لتراكم المياه لفترة طويلة جداً.

والإجراءات المتبعة لتحسين ذلك إما أن تكون فيزيائية أو كيميائية. فالإضافات الكيميائية التي تضاف إلى التربة أو تخلط مع مياه الري قد تؤثر على معدل التسرب. وهذا يتم بإضافة محسنات التربة الكيميائية مثل الجبس، ومن بعض الإجراءات المتبعة هو خلط الماء من مصدرين مختلفين أحدهما رديء و الآخر جيد. أما الترتيبات الفيزيائية فهي الطرق المستخدمة لتحسين معدلات التسرب في التربة

باستخدام بعض المحسنات الكيميائية أو العضوية أو تربة خشنة القوام. في حالة استخدام أياً من الطرق المستخدمة في تحسين معدل التسرب فإنه يجب النظر إلى الظروف المحلية في تصحيح ذلك.

إن انخفاض معدل التسرب الناتج عن نوعية مياه الري يختلف جداً عن الانخفاض الناتج عن وجود تربة طينية ثقيلة أو ترب مندمجة ووجود مثل هذه الترب قد يضاعف مشكلة التسرب الناتجة من نوعية مياه الري.

(٥,٦) المحسنات المضافة للتربة أو الماء

هناك بعض المواد الكيميائية تضاف إلى التربة أو الماء لتحسين معدل التسرب الناتجة عن انخفاض الملوحة أو زيادة الصوديوم في ماء الري ؛ والتحسين يمكن أن يحصل عندما تؤدي المواد المضافة إلى ذوبان الكالسيوم أو تؤدي إلى زيادة في ملوحة ماء الري (EC_w). وتستخدم المحسنات التي تضاف إلى ماء الري لأنه بكل وضوح لا يوجد عملية اقتصادية حتى الآن لإزالة الصوديوم من ماء الري. إن إضافة الجبس إلى التربة أو مياه الري ستؤدي إلى زيادة الكالسيوم في ماء الري وبالتالي فهو يخفض نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم وكذلك تنخفض قيمة نسبة الصوديوم المدمص. والجبس مفيد أيضاً في المياه المنخفضة في الأملاح وبالتالي فهو يحسن معدل التسرب (الشكل ٥,٣). إن إضافة الجبس أو أي محسن آخر لن تكون مفيدة إن كانت معدل الانخفاض في التسرب ناتج عن خواص التربة وليس نوعية المياه مثل قوام التربة أو اندماج التربة أو وجود طبقة صماء أو ارتفاع مستوى الماء الأرضي.

إن أغلب المحسنات التي تضاف إلى التربة أو الماء وخصوصاً الجبس تضاف بصورة مباشرة أو بصورة غير مباشرة من خلال مادة أخرى مثل حمض الكبريتيك

والذي يتفاعل مع الجير $CaCO_3$ لتحرير الكالسيوم في محلول التربة. الجبس يكون أكثر فعالية في حالة انخفاض ملوحة ماء الري وارتفاع SAR.

ولتحسين الترب الصودية يضاف الجبس على شكل حبيبات بمعدل من ٥-٤٠ طن/هكتار لمرة واحدة في الترب شديدة الصودية وكذلك في الترب التي يراد استصلاحها بسرعة.

أما مشكلة انخفاض الملوحة في مياه الري أو زيادة قيمة SAR في مياه الري فإن مشكلة النفاذية تحدث في الطبقة السطحية للتربة ولا تتعدى السنتمترات وعليه فإن إضافة الجبس بمعدلات منخفضة تكون مفيدة جداً.

أما إضافة الجبس إلى مياه الري فإنه يتطلب إضافة كميات أقل بكثير عن ما يضاف إلى التربة، ويكون الجبس فعالاً جداً عندما تنخفض ملوحة مياه الري إلى أقل من ٠,٥ ملليموز/سم.، وبالتأكيد فهي غير فعالة في الملوحة الأعلى من ذلك.

إن معدل ما يذهب من الجبس إلى محلول التربة يتوقف على مساحة السطح أو دقة الحبيبات فإذا كانت أقطار حبيبات الجبس أقل من ٢٥ملم فإنها تذوب بسرعة.

(٥,٧) استصلاح الأراضي المتأثرة بالأملاح

الترب المتأثرة بالأملاح هي تلك الترب التي تحتوي على كميات من الأملاح الذائبة تفوق ٤ ملليموز/سم أو نسبة تتعدى ١٥٪ من الصوديوم المتبادل أو منهما معا لدرجة تؤدي إلى التأثير الضار على نمو معظم المحاصيل أو يجعلها بيئة غير صالحة لنمو المحاصيل نمواً اقتصادياً، أما الاستصلاح فهو تحسين مواصفات الترب وجعلها صالحة للإنتاج الزراعي وذلك بتحسين صفاتها وخواصها و التخلص من محتواها الملحي أو القلوي بالغسيل أو إضافة بعض المواد الكيميائية بوجود الصرف الجيد و الحراثة الجيدة.

واستصلاح الأراضي المالحة يراد منه التخلص من أملاح الزائدة مثل الصوديوم و المغنسيوم و أملاح الكالسيوم مثل كربونات الصوديوم Na_2CO_3 و كلوريد الصوديوم NaCl و كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ بعملية الغسيل(حسن،١٩٩٦م) أو إحلال عنصر الكالسيوم محل الصوديوم المدمص على سطوح دقائق الطين بالغسيل أو إضافة المواد الكيميائية ويقضي ذلك الوصول بالتربة إلى (عبد العال و الرواي، ١٩٨١م):

١- خفض تركيز الأملاح إلى درجة مناسبة في قطاع التربة حتى العمق الذي يسمح لجذور النبات بالنمو طبيعياً.

٢- خفض مستوى الماء الأرضي إلى عمق ابعد من منطقة الجذور.

٣- معادلة كربونات الصوديوم وخفض الصوديوم المتبادل بالترب الصودية و إزالة العامل المسبب للقلوية حتى لا تتحول الترب إلى ترب صودية.

(٥,٧,١) تقسيم الترب التي يراد استصلاحها

١- ملحية غير صودية Saline Non-Sodic Soils

وهي الترب التي يكون فيها كمية الأملاح أكبر من ٤ ملليموز/سم ويقل فيها نسبة الصوديوم المتبادل عن ١٥٪.

الهدف الأساسي من استصلاح تلك الأراضي إزالة الأملاح من التربة وتتم ذلك بوجود نوعية مياه جيدة واستخدامها بكميات كبيرة بالإضافة إلى وجود صرف جيد وبالتالي فإن كمية كبيرة من الأملاح سوف تخرج مع مياه الصرف ولكي نوضح كمية الأملاح المزالة من حقل معين في المثال التالي:

مثال تحتوي تربة على كلوريد الصوديوم NaCl بما يقارب وقيمة TDS= ٨٧٠ ملجم/لتر، فاحسب كمية الأملاح الذائبة في ماء الصرف لمساحة ١ أيكر وحجم الماء يقارب ٣ أيكر.فوت/أيكر.

الحل

$$\text{Tone Salt/acre} = 870\ (^{mg}/_{L}\ TDS) \times 3\frac{ac.ft}{ac} \times 0.00136 = 0.35 Ton/acre$$

٢- أراضي صودية Sodic Soils

الترب الصودية وهي التي تحتوي على نسبة من الصوديوم المتبادل أعلى من ١٥٪ ومن أهم خواصها قلة نفاذيتها للماء وسوء تهويتها لتقارب حبيباتها المفرقة. وغسل التربة الصودية بالماء لا يكفي لخفض Na المتبادل وذلك لقلة نفاذية الماء وقيمة pH تكون مرتفعة ولاستصلاح الترب الصودية الخالية من كربونات وكبريتات الكالسيوم يلزم إضافة كالسيوم بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى التربة لإحلال الكالسيوم محل الصوديوم على حبيبات الطين في التربة ومن المواد المستخدمة لذلك:

أ) كربونات وكبريتات الكالسيوم، كلوريد الكالسيوم.

ب) الكبريت وحمض الكبريتيك.

ج) كبريتات الحديدوز.

د) كبريتات الألمنيوم.

وقد أكدت كثير من الدراسات بأنه عند إضافة الجبس أو غيره من المركبات الكيميائية السالفة الذكر ثم إجراء عملية الغسيل يمكن استبدال الصوديوم المتبادل بالكالسيوم وتتحسن نفاذية الترب الطينية مما يجعل عملية الغسيل ممكنة وسريعة.

وقبل البدء بعملية الاستصلاح معرفة كمية المياه المستخدمة والمركبات الكيميائية المراد إضافتها وكميتها.

وكما ذكرنا سابقاً فإن بعض المواد تمد التربة مباشرة بالكالسيوم المطلوب مثل كربونات الكالسيوم و كبريتات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم وكلوريد الكالسيوم وهناك مواد أخرى تمد التربة بالكالسيوم بطريقة غير مباشرة مثل الأحماض أو المواد التي تنتج الأحماض بالتفاعل مع $CaCO_3$ مثل الكبريت.

٣- الترب الملحية الصودية Saline Sodic soils

وهي الترب التي تزداد فيها الملوحة عن ٤ ملليموز/ سم وكذلك نسبة الصوديوم المتبادل عن ١٥٪. ويلزم استصلاحها إجراء عملية الغسيل و إضافة المركبات الكيميائية لاستبدال الصوديوم كما في الترب الصودية.

تستصلح تلك الأراضي باستبدال الكالسيوم محل الصوديوم ثم إجراء عملية غسيل للصوديوم وهذه الأراضي بالتأكيد تحتاج إلى صرف جيد وتتم استصلاح تلك الأراضي بعدة طرق والتي تهدف إلى زيادة إنتاجية الترب حيث يحصل :

- إزاحة الصوديوم بواسطة Ca.
- زيادة التوصيل الهيدروليكي للتربة K.
- غسل الأملاح الصودية مع الصرف.

ومصدر أيونات Ca^{++} التي تحل مع الصوديوم Na^{+} يمكن أن تكون من الجبس أو كربونات الكالسيوم حيث يمكن إضافتها مع الري أو تضاف إلى التربة بصورة مصلحات كيميائية تحتوي على Ca^{++}.

(٥,٨) التفاعلات الكيميائية للمواد المستخدمة في الاستصلاح

(٥,٨,١) الجبس الزراعي $CaSO_4.2H_2O$

عند إضافة الجبس إلى التربة يحث التفاعل التالي :

$$]^{Na}_{Na} + CaSO_4 + 2H_2O \rightarrow]^{Ca} + Na_2SO_4$$

ويجب التخلص من كبريتات الصوديوم الناتجة عن عملية الغسيل حتى لا يكون هناك اتزان وقف التفاعل. وفي حالة احتواء التربة الصودية على كربونات الصوديوم فإن إضافة الجبس إليها تؤدي إلى تكوين كربونات الكالسيوم نتيجة للتفاعل بين أيونات الكالسيوم من الجبس وأيونات الكربونات الذائبة كالآتي :

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$

وترسب $CaCO_3$ يضمن استمرارية التفاعل ويمكن التخلص من Na_2SO_4 بالغسيل.

ويساعد الجبس على خفض رقم pH في التربة حيث يقوم بطرد الصوديوم ويحل محله الكالسيوم ومن المعروف يزداد رقم pH بازدياد مقدار الصوديوم المتبادل في ركب الامتصاص وعلى ذلك فالتخلص من الصوديوم المتبادل إحلال الكالسيوم محله يساعد على خفض قيمة pH.

(٥,٨,٢) الكبريت S

لقد أوضحت الدراسات أنه يمكن استعمال الكبريت (S) في استصلاح الترب الصودية وذلك بتحويله أولاً إلى حامض الكبريتيك وذلك نتيجة أكسدته بواسطة نشاط الكائنات الحية الدقيقة المؤكسدة للكبريت Thiobasillus وتحول الكبريت إلى حمض الكبريتيك.

$$2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

وقد أوضحت بعض الدراسات أن إضافة الكبريت إلى التربة تحتاج من ٢-٣ أسابيع لتتم أكسدتها عند توفر الظروف المناسبة من رطوبة ودرجة حرارة للنشاط الميكروبي.

(٥,٨,٣) حامض الكبريتيك H_2SO_4

إن استعمال حامض الكبريتيك بصورة مباشرة في الترب الصودية أو بطريقة غير مباشرة في مياه الري وهو الأسرع في تأثيره عن إضافة عنصر الكبريت. ولكن هناك مشاكل تحد من استخدام حمض الكبريتيك نظراً لسعره المرتفع وخطورته على الإنسان

عند الاستخدام. وتكمن إضافته في المعدلات التالية في الأراضي التي تحتوي على كربونات الكالسيوم.

$$NaSO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

أو

$$H_2SO_4 + 2CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + Ca(HCO_3)_2$$

والتفاعل الثاني يعطي كبريتات الكالسيوم وبيكربونات الكالسيوم وهما بدورهما يتفاعل مع الطين الصودي معطية طين كلس وعليه يجب التخلص من كبريتات وبيكربونات الصوديوم بالغسيل.

$$Ca(HCO_3)_2 +]^{Na}_{Na} \rightarrow]^{Ca} + 2NaCO_3$$

أما الترب الصودية والتي لا تحتوي على $CaSO_4$ فالتفاعل بالصيغة التالية

$$H_2SO_4 +]^{Na}_{Na} \rightarrow]^{H}_{H} + Na_2SO_4$$

(٥,٨,٤) كبريتات الحديدوز وأملاح الألمنيوم الذائبة

يمكن إضافة أملاح الألمنيوم حسب المعادلات التالية:

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow Al_2(OH)_6 + 3H_2SO_4$$

$$H_2SO_4 +]^{Na}_{Na} \rightarrow]^{H}_{H} + Na_2SO_4$$

(٥,٨,٥) الحجر الجيري Lime Stone

وتتفاعل كربونات الكالسيوم مع الترب الصودية كالآتي:

$$]^{Na}_{Na} + CaCO_3 \rightarrow NaCO_3 +]^{Ca}$$

$$]^{Ca} + H_2O \rightarrow NaOH +]^{Ca}$$

$$CaCO_3 +]^{H}_{H} \rightarrow]^{Ca} + CO_2 + H_2O$$

المحسنات التي على شكل أحماض يمكن تضيف الكالسيوم إلى التربة ولكن بوجود الجير $CaCO_3$ في التربة حتى تكون هذه الأحماض فعالة. فالكبريت وحمض الكبريتيك تستخدم في استصلاح الأراضي التي يراد إضافة الكالسيوم لها. يوضح (الجدول ٥،٢) بيانات عن المواد التي توفر الكالسيوم لاستصلاح الأراضي الصودية، ولكن يبقى الجبس هو الأكثر استخداماً في استصلاح الأراضي الصودية. يستخدم الكبريت في وجود $CaCO_3$ في الترب الصودية ويعتبر من المحسنات الجيدة لاستصلاح الأراضي الصودية. ولا يضاف الكبريت مع الماء بل إلى التربة ؛ لأنه يحتاج إلى بكتيريا للتأكسد لتكوين H_2SO_4 والذي يتفاعل مع الجير ليطلق الكالسيوم. إن عملية الأكسدة بطيئة جداً وتتطلب جواً دافئاً ورطوبة تصل إلى ٣٠ يوم على الأقل. ويمكن استخدام حمض الكبريتيك مباشرةً حيث يضاف إلى التربة أو يضاف إلى ماء الري حيث يقوم بتخفيض تركيز HCO_3 مما يحتم إطلاق الكالسيوم. ويعتبر حمض الكبريتيك فعالاً جداً في استصلاح الأراضي الصودية وتحسين معدل التسرب في الترب الحاوية على الجير؛ لأن حمض الكبريتيك لا يحتاج أن يتأكسد مثل الكبريت.

والكميات (الاحتياجات) من المركبات الكيميائية المختلفة يمكن حسابها كمكافئات كيميائية بالنسبة للجبس $CaSO_4.2H_2O$ و يوضح الجدول (٥,٢) عدد الأطنان من المركبات المختلفة التي تكافئ طناً واحداً من الجبس.

الجدول (٥,٢). عدد الأطنان من المركبات المختلفة التي تكافئ طن واحد من الجبس .

المحسن المضاف	الاطنان المضافة التي تكافئ طن من الجبس
الجبس($CaSO_4.2H_2O$)	١,٠٠
حمض الكبريتك (H_2SO_4)	٠,٥٧
الكبريت (S)	٠,١٩
كبريتات الحديد ($FeSO_4.7H_2O$)	١,٦٢
كبريتات الالمنيوم ($AL_2SO_4.18H_2O$)	١,٢٩
الحجر الجيري ($CaCO_3$)	٠,٥٨

(٥,٨,٦) كيفية حساب متطلبات الجبس Gypsum Requirement

يستعمل الجبس بصورة رئيسة لاستصلاح الترب الصودية بسبب كلفته المنخفضة ومن مساوئ الجبس قابليته المنخفضة الذوبان في الماء ولذلك نحتاج عند إضافة الجبس لكميات كبيرة من الماء خصوصاً في الترب المرتفعة القيمة في نسبة الصوديوم المتبادل ESP. وحيث إن التوصيل الهيدروليكي لهذه الترب منخفض فإن عملية الاستصلاح تستغرق وقتاً طويلاً.

ويمكن توضيح طريقة حساب كمية الجبس اللازمة من فرض أن ملليمكافئ من Ca يحل محل الصوديوم كالآتي (James et al.,1982):

١- معرفة قيمة ESP في التربة والتي يراد تخفيفها.

$$ESP = (NaX/CEC)X100$$

NaX = عدد مكافئ الصوديوم لكل ١٠٠ جم تربة المراد استبدالها.

٢- حساب كمية الجبس التي يراد إضافتها بدلاً من Na حيث يفترض أن يحل Ca محل Na.

وزن الجبس = $CaSO_4.2H_2O$ = ١٧٢ جم.

١٧٢ جم جبس يعطي ← ٢٠٠٠ ملليمكافئ Ca

؟ جبس ← ١ ملليمكافئ Ca

كمية الجبس التي تعطي ١ ملليمكافئ Ca = ١٧٢/٢٠٠٠ = ٠,٠٨٦جم لكل ١٠٠جم تربة.

٣- احسب وزن التربة في ١ هكتار بعمق ١٥سم؟

٤- حجم التربة = ١٠,٠٠٠م^2 × ١٥سم = ١٥٠٠م^3

وزن التربة = ١٥٠٠م^3 × ١٥٠٠كجم/م^3(الكثافة الظاهرية) = ٢٢٥٠٠٠٠كجم تربة

∴ ٠,٠٨٦ جم جبس ١٠٠جم تربة

؟ كجم جبس ٢٢٥٠٠٠٠كجم تربة

الجبس المطلوب بالكيلوجرام/ هكتار بعمق ١٥ سم=

$$= \frac{\text{٠,٠٨٦ جم} \times \text{٢٢٥٠٠٠٠ كجم تربة}}{\text{١٠٠٠ جم تربة}} = \text{١٩٣٥ كجم/هكتار}$$

$$\frac{1 \text{ meq (gypsum)}}{100 \text{ g Soil}} \quad \frac{86 \times 10^{-3} \text{ g}}{\text{meq}} \times 10^4 \times 2.24 = 1926 \text{ kg/ acre}$$

$$\frac{1 \text{ meq (gypsum)}}{100 \text{ g Soil}} \quad \frac{86 \times 10^{-3} \text{ g}}{\text{meq}} \times 10^4 \times 2 = 720 \text{ Ib/ acre}$$

حيث افترض أن ١٥ سم من التربة في الهكتار= 2.24×10^6 kg

٦بوصة في الأيكر = 2×10^6 Ib

ويمكن تحويل ذلك إلى ٣٠ سم بالضرب في الثوابت التالية :

3870 = kg of gypsum / ha.

3440 = Ib of gypsum / acre

3440 = Ib = 1.72 ton/ acre.

و يوضح الجدول (٥,٣) الكميات المختلفة من الجبس المطلوبة عند نسب من الصوديوم المراد إحلاله.

الجدول (٥,٣). كميات الجبس المطلوبة عند تراكيز مختلفة من الصوديوم بالتربة.

الأطنان المطلوبة من Na_2SO_4	الأطنان من الجبس بالا يكر لكل قدم من التربة	كمية الجبس المطلوبة طن/هكتار لعمق ٣٠ سم	تركيز الصوديوم القابل للتبادل ملليمكافئ/١٠٠جم تربة
١,٤	١,٧	١،٩٣	١
٢,٨	٣,٤	٢،٨٨	٢
٤,٣	٥,٢	٤،٨٢	٣
٥,٧	٦,٩	٦،٧٦	٤
٧,١	٨,٦	٨،٧	٥
٨,٦	١٠,٣	١٠،٦٤	٦
١٠٠	١٢,٠	١٢،٥٨	٧
١٠,٧	١٣,٧	١٤،٥٣	٨

ولاختلاف كفاءة الإحلال فإنه ينصح باستخدام نسبة معينة كالآتي :

كمية الجبس المطلوب للحقل = متطلبات احتياجات الجبس × ١,٢٥

أمثلة : (James *et al*.,1982)

مثال (١)

تربة صودية ESP= ٣٠ يراد تخفضها إلى ١٢ فإذا كانت قيمة CEC= ٢٠مليمكافئ/ ١٠٠جم تربة أحسب احتياجات الجبس المطلوبة للتخفيض لعمق ٤٥سم؟

$$ESP = \frac{Na_x}{CEC} \times 100$$

تركيز الصوديوم = ٢٠ ملليمكافئ /١٠٠جم تربة × (١٨/١٠٠) =

= ٣,٦ ملليمكافئ/١٠٠جم تربة

١- قيمة ESP المطلوب تخفضها كما يلي :

٣٠-١٢=١٨

$$ESP = \frac{Na_x}{CEC} \times 100$$

الجبس المطلوب لعمق ٣٠سم = ٣,٨٧٠ × ٣,٦٠ = ١٣,٩٣٢ طن/هكتار

الجبس المطلوب لعمق ٤٥سم = ٣,٨٧٠ × ٣,٦٠ × (٣٠/٤٥) = ٢٠,٨٠ طن/هكتار

المضاف إلى الحقل = ١,٢٥ × ٢٠,٨٠ = ٢٦,٠ طن/هكتار

مثال (٢)

افترض أن تربة صودية تحتوي على ٥ ملليمكافئ/١٠٠جم تربة والسعة التبادلية للكتيونات تساوي ١٠ مكافئ/١٠٠جم تربة احسب كمية الجبس اللازمة لتخفيض ESP إلى ١٠٪ ؟

نسبة الصوديوم القابل للتبادل (ESP)

ESP = (5/10) ×100 = 50%

نسبة الصوديوم المتبادلة المطلوب تخفيضها أو إزالتها = ٥٠ — ١٠ = ٤٠٪

إذاً نسبة الصوديوم المطلوب إزالته = ١٠× (١٠٠/٤٠) =٤ ملليمكافئ/١٠٠جم تربة

الجبس المطلوب = ٣٨٧٠ × ٤ = ١٥٤٨٠ كجم/هكتار

مثال (٣)

ما هي كمية الجبس المطلوبة لتخفيض ESP في البيانات التالية إلى ١٥٪ ؟

pH = 7.3 ESP = 29

EC_e = 4.4 CEC = 14.83 Excha Na = 4.26/100g Soil

SAR = 18.9 gypsum = ???

ESP = (NaX/CEC) ×100

15 = (NaX/14.83) ×100

∴NaX= 2.22 meq/100g Soil

∴ التخفيض المطلوب NaX = 4.26-2.22 = 2.04 meq/100g Soil

GR = 3.85 × Na X × 3.85 × 2.04 = 7.854 mton/ ha.30cm

Field application = 1.25 × GR

= 1.25 × 7.854

= 9.82 mton/ha.30cm

مثال (٤)

افترض أن الطبقة السطحية لتربة بعمق ١٥سم تحتوي على ١٦ ملكافئ صوديوم متبادل لكل ١٠٠جم تربة و CEC = ٤٠/١٠٠جم تربة احسب حجم ESP في التربة وإذا كان يراد تخفيفها إلى ١٠٪ فكم كمية الجبس المراد إضافتها بالطن؟

ESP = (NaX/CEC) ×100 = (16/40)100 = 40%

كمية الصوديوم المراد تخفيفها

10=(NaX/400)100

NaX = 4 meq /100gm Soil

∴ الصوديوم المراد استبدالها = ١٦ - ٤ = ١٢ مكافئ/١٠٠ جم تربة

∴ كمية الجبس المطلوبة = ١٩٣٥ × ١٢ = ٢٣,٢٢ طن لكل هكتار بعمق ١٥ سم.

مثال (٥)

مياه منخفضة الملوحة حيث EC_w = 0.15dS/m استخدمت للري في حقل الحمضيات. وجدت مشكلة النفاذية بعد استخدام المياه مما أثر على إنتاجية الحمضيات والسبب يعود إلى تراكم المياه فوق سطح الحقل. لقد قرر أن يضاف الجبس إلى ماء الري لزيادة معدل التسرب وضح تراكم المياه. تحتاج مساحة ٥ هكتار ما يقارب ١٠٠ ملم من ماء الري. إذا كان الجبس المتاح نسبة نقاوته ٧٠٪ والمطلوب زيادة الكالسيوم في ماء الري بقيمة ٢ ملليمكافئ/ لتر فكم من الجبس يجب أن يضاف؟

الحل

EC_w = 0.15 dS/m

Area = 5 ha.

Gypsum = 70%

Total volume of water = 5 ha. × 100 mm = 500 ha-mm = 5000 m^3

500 ha-mm = 500×10,000 m^2 ha/ha×1/100 m

1 meq\L Ca = 86kg of 100% Gypsum

1 meq\L Ca = 86 mg gypsum

$$86\frac{\text{mg}}{1000\times1000}\times\frac{1000\times1000}{Lm^3}=86kg/1000m^3$$

$CaSO_4.2H_2O$=172 mg/2 = 86 mg

كمية ١٠٠٪ من الجبس تحتاج ٢ مليمكافئ/لتر من كالسيوم في ٥٠٠٠م^3 من الماء؟

1. 1 meq/ L (Ca) = 86 kg (100% gypsum)/1000 m^3
2. For 1 meq/ L Ca in 5000 m^3 = 5×86 = 430 kg of 100% gypsum

3. For 2 meq/L Ca in 5000 m^3 = 430 kg × 2 = 860 kg of 100% G.
4. Since the gypsum is only 70% pure. The amount of gypsum needed = (860×100)/70 =1230 kg

(٥,٩) خلط أو مزج مياه الري

يوضح الجدول (١,١٤) لتقييم وتقسيم مياه الري بأن قيمة SAR المساوية لـ ١٢ أو أكبر سوف تسبب نقص في معدل التسرب المائي في التربة مع ملوحة أقل من EC_w = 0.2 dS/m، وقيمة SAR أقل من ٦ وملوحة أقل من ١,٢ ملليموز/ سم أيضاً وعليه فإن معدل التسرب قد يزيد بفضل زيادة الملوحة بالماء أو نقص SAR.

إن تخفيض قيم SAR يتم بخفض Na بنسب أكبر من خفض كل من (Ca+Mg) في معادلة SAR.ويمكن من وجود مصدرين للماء لخفض تأثير زيادة الصوديوم باستخدام المعادلة التالية

تركيز الماء المخلوط= تركيز المصدر الأول (A) X نسبة الخلط في (A) + تركيز المصدر الثاني (B) X نسبة الخلط في (B) .....(٥,١٠)

مثال (Ayers and Westcot. 1985)

خلط الماء لتقليل قيمة SAR.

قناة ماء ري تستخدم للري ولكن لا تفي بالاحتياجات المائية للمحاصيل ولذا سوف يخلط ماء القناة مع ماء ذو نوعية رديئة بنسبة ٧٥٪ و ٢٥٪ من البئر ما هو قيمة SAR للماء المخلوط.

تحليل الماء (المعطيات):

	EC_w (dS/m)	Ca (meq/L)	Mg (meq/L)	Na (meq/L)	HCO_3 (meq/L)	SAR
ماء القناة	١,٣٣	١,٤١	٠,٥٤	٠,٤٨	١,٨	٠,٥
ماء البئر	٣,٦٠	٢,٥٢	٤,٠	٣٢,٠	٤,٥	١٨,٠

باستخدام المعادلة فإن تركيز الماء المخلوط يساوي

$Ca = (1.41\times 0.75)+(2.52\times0.25) = 1.69$ meq/L blend

$Mg = (0.54\times0.75) + (4.0\times0.25) = 1.41$ meq/L

$Na = (0.48\times0.75) + (32\times0.25) = 8.36$ meq/L

$HCO_3 = (1.8\times0.75) + (4.5\times0.25) = 2.48$ meq/L

$EC_w = (0.23\times0.75) + (3.6\times0.25) = 1.07$ meq/L

$$\therefore SAR = \frac{8.36}{\sqrt{\frac{1.69+1.41}{2}}} = 6.7$$

(٥,١٠) خدمة التربة

الحراثة بنوعيها السطحي والعميق وهي التي تسمح للتربة بالتفكك والسماح للزيادة التسرب ومن فوائد الحراثة أيضاً القضاء على الأعشاب والتهوية وتقلل وتحرك الماء بيسر في التربة.

(٥,١١) إضافة المواد العضوية وبقايا النباتات

يساعد إضافة المواد العضوية وبقايا النباتات على قدرة التربة على تحسين تحرك الماء بها وتحسين التسرب خصوصاً في الأراضي الثقيلة.

إدارة الري في الحقل

وتشمل العديد من الأمور منها :

١ – الري المتكرر.

٢ – الري قبل الزراعة.

٣ – أطالة أمد الرية الواحدة.

٤ – تغير أنظمة الري مثلاً من سطحي إلى رش.

(٥,١٢)مشاكل السمية

Toxicity Problems

تختلف مشكلة السمية من مشاكل الملوحة ؛ لأنها تؤثر على النبات نفسه وغير مرتبطة بقلة الماء. وتحصل السمية عندما يتم امتصاص بعض العناصر من محلول التربة وتتركز في أوراق النبات خلال عملية النتح مما تسبب أضراراً إلى النبات. إن درجة الأضرار التي تصيب النباتات تعتمد على عدة عوامل وهي : الزمن و تركيز العنصر و حساسية النباتات و استخدام الماء للنبات وعليه فإن هذه الأضرار قد تؤدي إلى نقص المحصول. ومن العناصر السامة في مياه الري البورون والصوديوم والكلوريد.

تختلف درجة حساسية النباتات لسمية بعض العناصر من محصول إلى آخر ومع ذلك فقد تم وضع معايير لسمية بعض العناصر عند استخدامها للري كما هو موضح في الجدول (١,١٤) في الفصل الأول لتقييم وتقسيم مياه الري وعموما تعتبر أغلب الأشجار والنباتات المعمرة حساسة بدرجات متفاوتة للسمية.

إن العناصر المتواجدة في الماء مثل Na ، Cl يمكن أن تمتص بصورة مباشرة من خلال أوراق النبات خلال الري بالرش مثلاً. وهذا يحدث خلال فترات ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة. إن امتصاص الأوراق للعناصر يساهم في معدل تراكم

العناصر السامة وهو السبب الرئيس للسمية، كما أن العناصر الصغرى سامة للنباتات ولكن لحسن الحظ فإن مياه الري لا تحتوي على هذه العناصر إلا بنسب منخفضة جداً.

(٥,١٢,١) الكلوريد (Cl)

السمية المعروفة في مياه الري ناتجة عن عنصر الكلور حيث يمتص من قبل النبات من محلول التربة ويتحرك إلى النبات من خلال الجذور وعبر الخشب إلى الأوراق التي يتراكم بها. إذا زادت نسبة تراكم العنصر في الأوراق عن الحد الذي يتحمله النبات فإن عوارض الإصابة تظهر على الأوراق مثل الحرق أو الجفاف ويحدث عادة في أطراف الأوراق ثم ينتقل إلى الأطراف الأخرى. و يجب إجراء التحليل الكيميائي للتأكد من وجود عنصر الكلوريد بكمية سامة في أنسجة النبات والتي يتم أخذ أوراقها للتحليل عادة.

في المناطق المروية، فإن معدل أخذ الكلور يعتمد على ما هو موجود في التربة ونوعية المياه وما تم فقده نتيجة عملية الغسيل بالإضافة إلى قدرة النبات لأخذ الكلور. معدل تحمل النبات للكلور ليست موثقة كما هي الملوحة. يوضح الجدول (٥,٤) مدى تحمل الكلور لعدد من المحاصيل سوى كان ماء الري أو محلول ماء التربة المستخلص.

الجدول (٥,٤). تحمل بعض النباتات لعنصر الكلور. (Ayers and Westcot, 1985)

المحصول	الحد الأعلى المسموح به لتركيز الكلور في من منطقة الجذور (ملیمكافئ/لتر)	الحد الأعلى المسموح به لتركيز الكلور في ماء الري (ملیمكافئ/لتر)
افكادو	٧,٥	٥,٠
الموالح	٢٥,٠	١٦,٦
العنب	٢٠,٠	١٣,٠
الفواكه الحجرية	٢٥,٠	١٧,٠
التوت	١٠,٠	٦,٢
الفراولة	٧,٥	٥,٠

(٥,١٢,٢) الصوديوم (Na)

سمية عنصر الصوديوم في النباتات ليست من السهولة معرفتها وملاحظتها مثل سمية الكلور ولكن يمكن أن يتوقع أعراض سمية عنصر الصوديوم نتيجة ارتفاع نسبة SAR أو Na٪ في مياه الري. إن أعراض السمية للصوديوم هي أوراق محترقة و أنسجة ميتة على أطراف الورقة بأكملها بعكس الكلور الذي يظهر نفس الأعراض ولكن في الطرف الأعلى من الورقة أو نهايتها (سمية الصوديوم للنبات تحتاج إلى عدة أيام للظهور الأعراض وتراكم الصوديوم في الأوراق). ومن المحاصيل الحساسة لسمية الصوديوم أشجار الفواكه المتحجرة – الحمضيات – الأفوكادو والفاصوليا.

يمكن التخلص من الصوديوم بإضافة Ca كما سبق وتم شرحه في استصلاح الترب القلوية بإضافة الجبس. يوضح الجدول (٥,٥) مدى تحمل بعض النباتات للسمية.

الجدول (٥,٥). تحمل النباتات لتركيز عنصر الصوديوم. (Ayers and Westcot, 1985)

تحمل المحصول		
حساسة	متوسط التحمل	متحملة
افوكادو	الجزر	البرسيم
الفواكه الحجرية	الخس	الشعير
الفاصوليا	بنجر السكر	البنجر
القطن	الدخن	حشيشة الرودس
الذرة	البصل	حشيشة برمودا
كريب	الفجل	
البرتقال	الرز	
الخوخ	الطماطم	
العدس	السبانخ	
	القمح	

(٥,١٢,٣) البورون (B)

البورون بعكس الصوديوم ضروري جداً لنمو النباتات حيث يحتاجه النبات بكميات قليلة جداً وإذا وجد بكميات أكبر من احتياجات النبات يصبح ساماً لبعض المحاصيل. إن كمية بمقدار ٠,٢ ملليجرام/ لتر من البورون في ماء الري ضرورية بينما ٢,١ملليجرام/ لتر تكون سامة. والمياه السطحية عادة لا تحتوي تراكيز مرتفعة من البورون بينما قد نجد الآبار أو المياه الجوفية هي التي تحتوي على تراكيز مرتفعة من البورون. مشاكل السمية للبورون مصدرها دائماً ماء الري وليس التربة وسمية البورون تؤثر على جميع المحاصيل، ولكن لها مدى واسعاً للتأثير وهي مثل الملوحة في ذلك.

عوارض السمية الناتجة من البورون تظهر على الأوراق الأقدم عمراً حيث تظهر على هيئة اصفرار أو تبقع أو الجفاف عند حافة أطراف الورقة. وتظهر هذه الأعراض في أنصال أوراق النبات عندما يصل تركيزها إلى أكثر من ٢٥٠-٣٠٠ملجرام/ لتر وليس كل النباتات تراكم البورون في الورقة فمثلاً النباتات الحجرية مثل الخوخ والبرقوق وكذلك التفاح والكمثرى تتأثر بسهولة بتركيز البورون ولكن لا يتراكم البورون في الورقة وعليه فإنه يجب تحليل التربة والمياه في حقل هذه المحاصيل.

يوضح الجدول (٥,٦) التركيزات المؤثرة على بعض المحاصيل المتحصل عليها من بيانات (Maas, 1984).

الجدول (٥,٦) تحمل النباتات لتركيز البورون. (Maas,1984)

حساسة جدا (اقل من ٠,٥ ملج/لتر)	حساسة (٠,٥ – ٠,٧٥ملج/لتر)	حساسة (٠,٧٥ – ١ملج/لتر)	متوسطة الحساسية (١ – ٢ملج/لتر)	متوسطة التحمل (٢ – ٤ ملج/لتر)	متحملة (٤ – ٦ ملج/لتر)	متحملة جداً (٦ – ١٥ ملج/لتر)
الليمون	افكادو	الثوم	الفجل	الحنس	الطماطم	القطن
التوت	كريب	البطاطا الحلوة	الجزر	القرنبيط	البرسيم	الاسبرجس
	الخوخ	القمح	الفلفل	الدخن	السورجم	
	البرقوق	الشعير	البطاطس	الذرة	البقدونس	
	التين	السمسم	الخيار	الدخان	بنجر السكر	
	العنب	الفراولة		الكوسة		
	البصل	الفاصوليا		الشمام		

(٥,١٣) إدارة مشاكل السمية

Management of Toxicity Problems

من الواضح أن أهم طريقة لمنع حدوث مشاكل السمية هو اختيار مياه الري المناسبة التي لا تسبب السمية وفي حالة عدم توفر المياه المناسبة فإن هناك بعض الاختيارات المحتملة لتخفيض أثر السمية وتحسين الإنتاجية في حالة وجودها في مياه الري.

إن سمية عناصر البورون والصوديوم والكلور يمكن التقليل من أثرها بعملية الغسيل مثل ما يحدث لمشكلة الملوحة ولكن عمق الماء المطلوب للغسيل يختلف مع اختلاف العنصر المراد تقليل أثره، وإذا زادت كمية مياه الغسيل المطلوبة لإزالة أثار سمية تلك العناصر فإنه قد لا يترك مجال لبعض المزارعين خصوصا في الدول التي يدفع فيها المزارع تكاليف للمياه المستخدمة إلا التحول إلى محاصيل أكثر تحمل لسمية

تلك العناصر. وزيادة مياه الغسيل أو تغير المحصول قد يتطلب أيضاً التغير في إدارة المزارع.

(٥,١٤) أسئلة

س١: إذا كان تحليل ماء البئر كالآتي:

Na^{+} = 20 meq/L	HCO^{-}_{3} = 6 meq/L
Ca^{++} = 9 meq/L	CO^{-}_{3} = 0 meq/L
Mg^{++} = 5 meq/L	$(PK_2 - PK_s)$ = 2.18

احسب:

١- pH_c.

٢- SAR_{adj} وهل يسبب هذا النوع من المياه أي مشاكل.

٣- ما الفرق بين قيم SAR و SAR_{adj}.

س٢: **محصول** الفول يعاني من انخفاض في الإنتاج عندما تصل نسبة الصوديوم المتبادل في التربة ESP إلى ١٠ أو أكثر. فما هي قيمة SAR في ماء الصرف المرتبطة بقيمة ESP.

س٣: أكمل المعادلات التالية

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow$$
$$2H_2S + O_2 \longrightarrow$$
$$2NO_2 + O_2 \longrightarrow$$

(٥,١٥) المراجع

أولاً: المراجع العربية

الراوي، أحمد عبد الهادي، أحمد الزبيدي ونظيمة قدوري. ١٩٨٦م. *كيمياء التربة*. جامعة بغداد. العراق.

حسن، طه الشيخ. ١٩٩٦م. *استصلاح الأراضي: الري والصرف و القنوات المائية للأشجار و المحاصيل في المناطق الجافة و الرطبة وطرق الري المختلفة*. ترجمه.منشورات دار علاء الدين للنشر و التوزيع، دمشق سوريا.

عبد العال، شفيق إبراهيم و أمين حمد الراوي. ١٩٨١م. *استصلاح و تحسين التربة*. جامعة السليمانية- العراق.

ثانياً: المراجع الأجنبية

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. (1985). *Water quality for agriculture*. FAO # 29. Rome.

Essington, M. E. (2004). *Soil and Water Chemistry: An Integrative Approach*. CRC Press. New York. USA.

James, DW., R.J. Hanks, J.J. Jurinak. (1982). *Modern Hrrigation Soils*. John Wiley & Sons. New York.

Maas E. V. (1984). Salt tolerance of plants. In: The Handbook of Plant Science in Agriculture. B. R. Christie (ed). CRC Press, Boca Raton, Florida.