الفصل العاشر

الشد الناشئ عن التباينات فى طبيعة وكيمياء التربة وتيسر العناصر فيها

تعريف بالأنواع المختلفة من الأراضى الملحية والقلوية وطرق إصلاحها

الأراضى الملحية

الأراضى الملحية Saline Soils هى الأراضى التى تقل فيها نسبة الصوديوم المتبادل عن ١٥٪، وتزيد درجة توصيلها الكهربائى على ٤، ويقل الـ pH فيها عن ٨,٥. وتحسب نسبة الصوديوم المتبادل Exchangeable Sodium Percentage (أو ESP) كالتالى:

$$\text{نسبة الصوديوم المتبادل} = \frac{\text{الصوديوم المتبادل (ملى مكافئ/ ١٠٠ جم تربة)}}{\text{السعة التبادلية الكاتيونية (ملى مكافئ/١٠٠ جم تربة)}} \times ١٠٠$$

يشكل الصوديوم الذائب فى المحلول الأرضى فى هذه الأراضى أقل من ٥٠٪ من الكاتيونات؛ وعليه.. فإنه لا يشكل سوى نسبة بسيطة من الكاتيونات المتبادلة (تقل عن ١٥٪). وعادة لا يشكل البوتاسيوم الذائب والمتبادل سوى نسبة ضئيلة أيضًا، ولكنه قد يوجد أحيانًا بوفرة. أما كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم فتختلف كمياتها النسبية كثيرًا فى المحلول الأرضى. وأكثر الأنيونات الذائبة سيادة فى الأراضى الملحية هى: الكلور، والكبريتات، وأحيانًا النترات أيضًا. وقد توجد كميات ضئيلة من البيكربونات، لكن نظرًا لعدم زيادة الـ pH عن ٨,٥، فإن الكربونات الذائبة تكون غالبًا غائبة. وإضافة إلى الأملاح الذائبة، فإن الأراضى الملحية قد تحتوى على بعض الأملاح غير الذائبة نسبيًا؛ مثل :الجبس (كبريتات الكالسيوم)، وكربونات الكالسيوم، وكربونات المغنيسيوم. ومن خصائص الأراضى الملحية أنها تكون مفككة وعالية النفاذية. ويمكن التعرف عليها

بتزهُّر الأملاح على سطحها، أو بظهور بقع ذات مظهر زيتى، وخالية من النموات النباتية بها.

تقسيم الأراضى حسب درجة ملوحتها

تقسم الأراضى حسب درجة ملوحتها إلى خمسة أقسام، كما يلى (Singh ١٩٩٣):

القسم	EC (بالديسى سيمنز/م)	التأثير على المحاصيل الزراعية
غير ملحية	صفر – ٢	لا يُذكر
ملحية قليلاً	٢–٤	قد ينخفض محصول الأنواع الحساسة
متوسطة الملوحة	٤–٨	ينخفض محصول عديد من الأنواع
شديدة الملوحة	٨–١٦	الأنواع المتحملة فقط هى التى تُنتج فيها محصولاً مرضيًا
شديدة الملوحة جدًا	١٦ <	الأنواع شديدة التحمل فقط هى التى تنتج فيها محصولاً مرضيًا

ومن الطرق المؤقتة لإصلاح الأراضى الملحية ما يلى:

١–قلب الطبقة السطحية بعمق فى التربة.

٢–إزالة الطبقة السطحية الملحية بكشطها والتخلص منها.

٣–معادلة تأثير بعض الأملاح بإضافة أملاح أخرى وأحماض.

لكن إصلاح الأراضى بصورة جيدة ودائمة يتطلب عدة شروط وإجراءات كما يلى:

١–خفض منسوب الماء الأرضى:

ولتحقيق ذلك يجب أن نعرف أولاً مصدر الماء الذى يتسبب فى رفع منسوب الماء الأرضى. فإذا كان من مصدر مائى قريب، فقد يمكن فصله عن الحقل بمصرف عميق، لكن منسوب الماء الأرضى المرتفع غالبًا ما يرجع إلى تسرب الماء إلى الحقل سطحيًّا أو من تحت التربة من المناطق الأعلى المجاورة.

٢– نفاذية جيدة للماء خلال التربة:

ذلك لأن النفاذية الضعيفة قد تتسبب فى فشل خطة إصلاح التربة، حتى مع

توفير مصارف جيدة. فغالبًا ما تتقارب حبيبات الطين بعضها من بعض أثناء غسل التربة، وتصبح التربة بذلك شديدة التماسك وضعيفة النفاذية. وفى هذه الحالات تلزم إضافة الجبس الزراعى، وأحيانًا الكبريت ليحل محل الصوديوم. وأفضل وسيلة للمحافظة على النفاذية الجيدة هى بتقليل عمليات حرث الأرض إلى حدها الأدنى، مع تجنب حرث التربة نهائيًا وهى شديدة الجفاف أو زائدة الرطوبة.

٣- غسل الأملاح الزائدة:

يتطلب ذلك كميات كبيرة من الماء الذى يجب أن يتخلل التربة. ويمكن تحقيق ذلك بسهولة فى الأراضى الخشنة القوام، لكنه قد يكون أمرًا صعبًا فى الأراضى المنضغطة Compact والطينية.

٤- توفير صرف جيد:

فبدون الصرف الجيد نجد أن استمرار الرى يؤدى إلى رفع مستوى الماء الأرضى تدريجيًّا، ويتبع ذلك ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية بين الربات، ثم تبخره، تاركًا الأملاح لتتزهر على سطح التربة من جديد.

ونتناول فى الفصل الثانى عشر — بالتفصيل — موضوع الشدّ الملحى وكل ما يتصل به من أمور.

الأراضى الملحية القلوية

الأراضى الملحية القلوية Sodic or Saline Alkali Soils هى الأراضى التى تزيد فيها نسبة الصوديوم المتبادل على ١٥٪، وتزيد درجة توصيلها الكهربائى على ٤ فى حرارة ٢٥°م، كما يزيد الـ pH فيها على ٨,٥ قليلاً.

تحتوى هذه الأراضى — عادة — على كربونات الصوديوم أو بيكربونات الصوديوم، وكربونات الكالسيوم، وتركيزات عالية من السيليكون الذائب.

يتشابه مظهر وخصائص هذه الأراضى مع الأراضى الملحية ، ما دام الملح موجودًا

بها، ولكن عند التخلص من الأملاح الذائبة بالغسيل، فإن مظهر وخصائص هذه الأراضى يتغير وتصبح مشابهة للأراضى القلوية.

فعند وجود نسبة عالية من الأملاح الذائبة يندر أن يزيد الـ pH عن ٨,٥، وتظل الغرويات فى حالة متجمعة flocculated، ومع نقص نسبة الملح فى التربة تدريجيًا بالغسيل يتهدرج بعض الصوديوم مكونًا أيدروكسيد الصوديوم، وقد يتبع ذلك تكوّن كميات صغيرة من كربونات الصوديوم بالتفاعل مع ثانى أكسيد الكربون، إلى أن تصبح التربة شديدة القلوية (أعلى من ٨,٥)، ويتبع ذلك تفرق dispersion غرويات التربة، وتصبح التربة غير منفذة للماء وشديدة الصلابة عند الحرث.

ويمكن تلخيص أهم مشاكل الأراضى الصودية فيما يلى:

١- ارتفاع الـ pH ذاته.

٢- تثبيت عناصر الفوسفور، والكالسيوم، والحديد، والزنك.

٣- سمية البورون.

٤- ضعف نفاذيتها للماء.

٥- إعاقة نمو الجذور فيها.

وتقسم المحاصيل حسب تحملها للنمو فى الأراضى الصودية كما يلى:

١- محاصيل ذات قدرة على التحمل.. وتشمل البرسيم الحجازى، والشعير، وبنجر السكر، وبنجر المائدة، وحشيشة برمودا، والقطن.

٢- محاصيل متوسطة التحمل.. وتشمل الأرز، والقمح، والشوفان.

٣- محاصيل حساسة.. وتشمل الفاصوليا، والذرة، وأشجار الفاكهة.

ولإصلاح الأراضى الصودية يلزم الغسيل، مع إضافة الجبس الزراعى، أو الكبريت

لمعالجة الملوحة مع القلوية فى آنٍ واحدٍ؛حيث يحل الكالسيوم محل الصوديوم المتبادل، كما يلى:

الكبريت + أكسجين الهواء الجوى + ماء ⟵ حامض كبريتيك

حامض كبريتيك + كربونات كالسيوم بالتربة⟵جبس(كبريتات كالسيوم) + ثانى أكسيد الكربون + ماء.

الجبس + الصوديوم فى الأراضى الصودية ⟵كالسيوم ميسر للنبات محل الصوديوم + كبريتات صوديوم.

كبريتات الصوديوم تزول بالغسيل مع الصرف الجيد (خطوة فى منتهى الأهمية، مع إضافة الماء بالغمر أو بالرش).

ويؤدى استعمال حامض الكبريتيك مباشرة – بدلاً من الكبريت – إلى الاستغناء عن التفاعل الأول، كما يؤدى استعمال الجبس مباشرة إلى الاستغناء عن التفاعلين الأول والثانى.

الأراضى القلوية غير الملحية (الصودية)

الأراضى القلوية غير الملحية Non Saline Alkali Soils هى الأراضى التى تزيد فيها نسبة الصوديوم المتبادل على ١٥٪، وتقل درجة توصيلها الكهربائى عن ٤ فى حرارة ٢٥°م. ويتراوح الـ pH فيها بين ٨,٥ و ١٠. وتوجد هذه الأراضى – غالبًا – فى المناطق الجافة وشبه الجافة.

وتعرف الأراضى التى تحتوى على مستويات عالية من الصوديوم المتبادل ومستويات منخفضة من الأملاح الكلية بأنها أراضٍ صودية sodic soils.

مشاكل الأراضى الصودية

فى هذه الأراضى تتباعد غرويات الطين المشبعة بالصوديوم بعضها عن بعض،

وتنتقل لأسفل؛ حيث تتجمع على مستوى أدنى، ويتبع ذلك أن تصبح الطبقة السطحية من التربة خشنة القوام، بينما تليها مباشرة طبقة قليلة النفاذية.

كما نجد فى هذه الأراضى أن الـ pH يرتفع، ويزداد تنافر غرويات الطين كلما ازدادت نسبة الصوديوم المتبادل. وفيها تغلب أنيونات الكلور والكبريتات والبيكربونات فى المحلول الأراضى مع وجود كميات قليلة من الكربونات. وعندما يكون الـ pH مرتفعًا مع وجود الكربونات، فإن ذلك يؤدى إلى ترسب كل من الكالسيوم والمغنيسيوم، ومن ثم يحتوى المحلول الأرضى للأراضى القلوية على قليل جدًّا من الكاتيونات، بينما يسود الصوديوم، وتوجد فى بعض الأراضى القلوية كميات كبيرة من البوتاسيوم الذائب والمتبادل.

هذه الأراضى تكون قليلة النفاذية، ويصعب حرثها، وتكون لدنة plastic ولزجة sticky عندما تكون مبتلة، كما تكوّن كتلاً (قلاقيل) clods، وقشرة صلبة crusts عند جفافها. ونجد أن المادة العضوية تنتشر وتتوزع على سطح حبيبات التربة فيها؛ مما يجعل لونها قاتمًا. وفى حالة وجود كميات محسوسة من المادة العضوية، فإن سطح التربة قد يصبح أسود اللون، ومن ذلك جاء اسم الأرض السوداء black soil (Israelsen & Hansen ١٩٦٢، وAllison ١٩٦٤).

هذا.. وتُضار كثيرٌ من النباتات بشدة عند زيادة القلوية فى التربة على ٠,٠٧٪ HCO_3 والـ pH عن ٨,٧، وتموت معظم النباتات — تقريبًا — فى pH أعلى من ٩,٥. وتكون التربة قاحلة وقفراء عندما تصل نسبة الصوديوم المتبادل فيها إلى ١٥٪ – ٣٠٪، وتكون غير صالحة للحراثة أو الرى.

ويمكن للأراضى الصودية إعاقة النمو النباتى من خلال ما يلى:

١– سمية الصوديوم ذاته لبعض الأنواع النباتية الحساسة.

٢– نقص العناصر أو عدم توازنها؛ فيقل توفر أيونات الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم.

٣–ارتفاع الـ pH.

٤–تفرق حبيبات التربة؛ مما يؤدى إلى تدهور خصائصها.

يكون بناء التربة الصودية سيئًا مع رداءة الصرف فيها؛ ذلك لأن أيونات الصوديوم التى تدمص على سطح غرويات الطين تؤدى إلى تفرقها. تكون الأراضى الصودية صلدة ومتكتلة عند جفافها ويتكون بها القشور السطحية. وتكون نفاذية التربة الصودية للماء ضعيفة، خاصة عندما تكون التربة غنية بالسلت والطين، ويكون إنبات البذور فيها ضعيفًا. يزيد pH التربة فيها غالبًا عن ٩,٥؛ ويترتب على ذلك حالة من عدم التوازن بين العناصر. وكقاعدة.. تعنى زيادة pH التربة عن ٨,٤ وجود مشكلة صوديوم. ويُستخدم مصطلح "قاعدية" alkali – كثيرًا – لوصف الأراضى الملحية، ولكنه يستخدم – كذلك – أحيانًا – لوصف الأراضى القلوية والأراضى العالية فى الصوديوم. أما مصطلح "قاعدية سوداء" black alkali فيشير إلى الأراضى الصودية التى تتجمع فيها المادة العضوية كرماد على سطح التربة.

خصائص الأراضى الصودية

يُشار إلى مستوى الصوديوم فى التربة بنسبة ادمصاص الصوديوم sodium adsorption ratio (اختصارًا: SAR)، وهى نسبة أو كمية كاتيونات الصوديوم إلى كاتيونى الكالسيوم والمغنيسيوم على سطح غرويات التربة. ويُقاس الـ SAR فى مستخلص مائى بعجينة التربة المشبعة. ويفضل أن تكون قيمه SAR أقل من ١٣. وإذا ما زادت عن ١٣ فإن الصوديوم يؤدى إلى تدهور خصائصها، وتنخفض بشدة نفاذيتها للماء. وإذا ما عُبِّر عن مستوى الصوديوم بالـ ESP (اختصارًا لـ: exchangeable sodium percentage) فإن القيمة التى تزيد عن ١٥ (أكثر من ١٥٪ من السعة التبادلية للتربة يشغلها الصوديوم) تعنى أن التربة صودية. وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأنواع

النباتية الحساسة للصوديوم قد تظهر عليها أضرار العنصر فى مستويات أكثر انخفاضًا عن ١٥ ESP.

هذا.. وتقدر SAR بالمعادلة التالية:

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

ويُعبر عن الأيونات فى المعادلة بالملى مكافئات/لتر (meq/l).

وللتحويل من ppm أو mg/l إلى meq/l يُقسم على ٢٣، وللكالسيوم Ca^{++} يقسم على ٢٠، وللمغنيسيوم Mg^{++} يقسم على ١٢,٢ (Davis وآخرون ٢٠٠٧).

ويبين جدول (١٠-١) بعض الخصائص الكيميائية للأراضى الملحية، والصودية غير الملحية، والصودية الملحية.

جدول (١٠-١): بعض الخصائص الكيميائية للأراضى الملحية والصودية غير الملحية والصودية الملحية (عن Balba ١٩٩٥)

التربة	EC (بالديسى سيمنز/م)	ESP	pH
الملحية	أكثر من ٤,٠	أقل من ١٥	أقل من ٨,٥
الصودية غير الملحية	أقل من ٤,٠	أكثر من ١٥	أكثر من ٨,٥
الملحية الصودية	أكثر من ٤,٠	أكثر من ١٥	أقل من ٨,٥

هذا.. وقد يتكون مع الوقت – وبصورة تدريجية – فى الأراضى الصودية غير الملحية طبقة طينية كثيفة غير منفذة تتكون من حبيبات طين مُشتتة أو مُفرقة بفعل الصوديوم تحت طبقة من التربة الخشنة نسبيًا والسهلة التفتت.

وتقسم الأراضى القلوية حسب نسبة الصوديوم المتبادل (ESP) فيها، ومدى تأثيرها على النمو النباتى إلى خمسة أقسام، كما يلى (عن Singh ١٩٩٣):

فئة الـ ESP	الضرر	ملاحظات
صفر — ١٥	معدوم إلى قليل	لا تتأثر سوى الأنواع الحساسة
١٥–٣٠	قليل إلى متوسط	
٣٠–٥٠	متوسط إلى عال	
٥٠–٧٠	عال إلى عال جدًا	
٧٠ وأكثر	عال بشدة	لا تنمو فيها سوى الأنواع شديدة التحمل

وللإطلاع على تفاصيل عمليات استصلاح الأراضى الملحية والصودية غير الملحية والصودية الملحية فى المناطق القاحلة.. يراجع Balba (١٩٩٥).

هذا.. وتؤدى زيادة التسميد بالفوسفور فى الأراضى الجيرية إلى تفاقم مشكلة الاصفرار الناشئ عن نقص الحديد فى النباتات التى تنمو فيها (Sánchez–Rodriguez وآخرون ٢٠١٤).

الأراضى الجيرية

تزداد مشكلة ارتفاع الـ pH فى الأراضى الصحراوية تعقيدًا عندما يكون ذلك مصاحبًا بارتفاع كبير فى نسبة كربونات الكالسيوم، كما فى الأراضى الجيرية Calcarious Soils؛ إذ يؤدى ذلك إلى ما يلى:

١–تكوّن قشرة صلبة على سطح التربة تؤدى إلى تأخير الإنبات أو إعاقته.

٢–تتحول فوسفات أحادى وفوسفات ثنائى الكالسيوم إلى فوسفات ثلاثى الكالسيوم، وهى صورة قليلة الذوبان جدًّا فى الماء.

٣–تتحول مركبات العناصر الصغرى الأكثر ذوبانًا فى المحلول الأرضى إلى صورة الكربونات الأقل ذوبانًا.

٤–يؤدى توفر الجير إلى تطاير وفقد الأمونيا من الأسمدة النشادرية.

٥–انتشار وجود الطبقات الجيرية الصماء تحت سطح التربة.

وتنتشر الأراضي الجيرية في مصر في المواقع التالية:

الموقع	نسبة الجير بالتربة (٪)	مشاكل التربة الأخرى
النوبارية	١١–٤٠	تكوّن القشرة السطحية الصلبة عند جفاف التربة
القطاع الشمالي لمديرية التحرير	٥–٣٠	شدة نفاذية التربة ورشحها للماء
الساحل الشمالي	٣٠–٧٠	ارتفاع نسبة الأملاح
		ارتفاع منسوب الماء الأرضي إلى أقل من ١٠٠ سم
سيناء	١١–٥٠	ارتفاع نسبة الأملاح

وتعالج المشاكل الفيزيائية للأراضي الجيرية بحراثة طبقة تحت التربة لتقطيع الطبقات الصماء التي تمنع رشح الماء وانتشار الجذور. ويفضل لذلك استخدام المحاريث الحفارة، مع تجنب استعمال المحاريث القلابة. كذلك يراعى الإكثار من التسميد العضوي، مع إجراء الري "على الحامي"؛ أي يكون غزيرًا وسريعًا.

ويوصى — عمومًا — بزيادة تركيز عناصر الحديد، والمنجنيز، والزنك في مياه الري (بالتنقيط) بنسبة ٥٠٪ عند وجود كربونات الكالسيوم في الأرض بنسبة ٥٪–١٠٪، أما عند زيادة نسبة الجير عن ١٠٪.. فتفضّل إضافة العناصر الصغرى رشًّا على أوراق النباتات.

ومن أنسب المحاصيل للزراعة في الأراضي الجيرية: الطماطم، والباذنجان، والفلفل، والكوسة، والبطيخ. كذلك يمكن زراعة التين، والزيتون، واللوز، والعنب، والخوخ، والرمان، والنخيل، بالإضافة إلى المحاصيل الحقلية النجيلية (مثل القمح، والشعير، والذرة) والبقولية (مثل الفول والبرسيم).

تقسيم الأراضي حسب طبيعتها وخصائصها المميزة

يُبين جدول (١٠–٢) تقسيمًا للأنواع المختلفة للأراضي حسب طبيعتها (الرملية والطميية الرملية والطميية والطميية السلتية والطميية الطينية والطينية) وبعض خصائصها الهامة.