الفصل الثامن

العوامل الأرضية ، وتأثيرها على نباتات الخضر

نتناول فى هذا الفصل دراسة تأثير بعض العوامل الأرضية على نباتات الخضر . أما دراسة هذه العوامل ذاتها ، فإنها تدخل فى نطاق علم الأراضى . وبرغم أن العناصر الغذائية تعد من العوامل الأرضية ، إلا أنه قد خصص لها الفصل التاسع بأكمله ، لما لها من أهمية فى إنتاج الخضر .

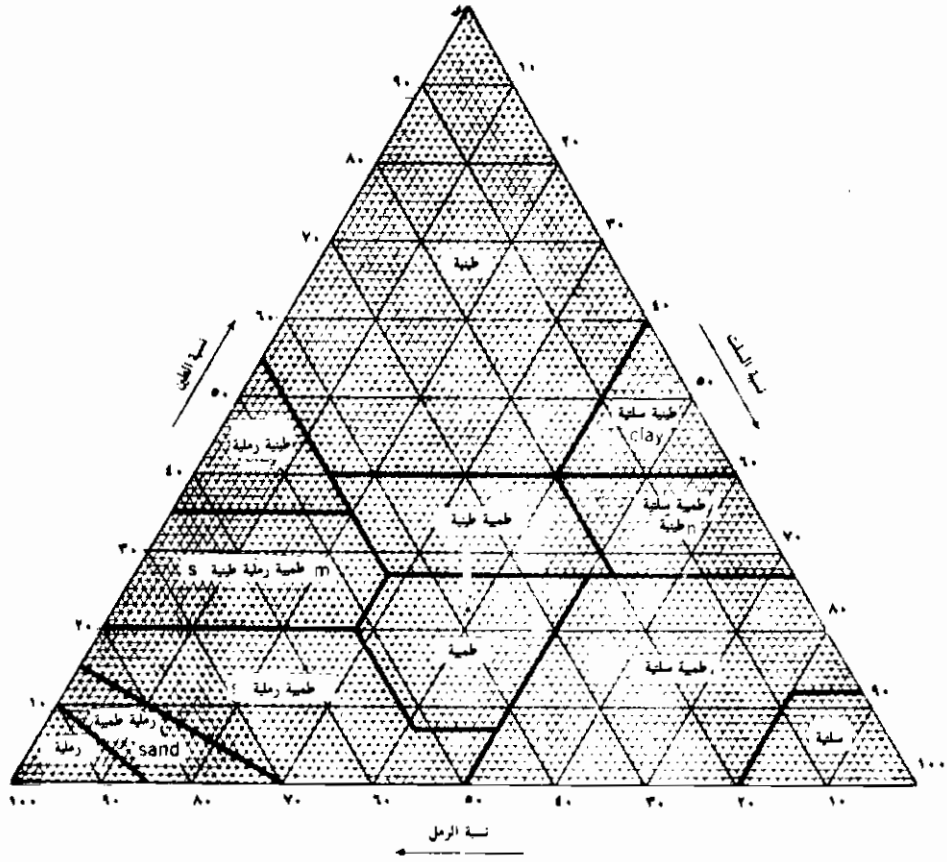
٨ – ١ : أنواع الأراضى وقوامها

الأراضى إما أن تكون معدنية أو عضوية . والأراضى المعدنية هى التى يقل محتواها من المادة العضوية عن ٢٠٪ ، وتقسم حسب نسبة الرمل (الحبيبات التى يزيد قطرها عن ٠,٠٢ مم) ، والغِرّين أو السلت (الحبيبات التى يتراوح قطرها من ٠,٠٠٢ إلى ٠,٠٢ مم) ، والطين (الحبيبات التى يقل قطرها عن ٠,٠٠٢ مم) إلى ٣ أقسام رئيسية هى الأراضى الرملية Sandy ، والصفراء أو الطمية Loamy ، والطينية Clayey . ويشتمل كل منها على عدة أقسام أخرى كالتالى :

١ – الأراضى الرملية : هى كل الأراضى التى تكون فيها نسبة الرمل بالوزن ٧٠٪ أو أكثر ، وتوجد منها الأراضى الرملية Sandy Soil ، والرملية الطمية Sandy loam وغيرهما .

٢ – الأراضى الطينية : هى تلك التى تحتوى على ٣٥٪ على الأقل – وفى معظم التقسيمات ٤٠٪ على الأقل من الطين ، ومنها الأراضى الرملية الطينية Sandy clay ، والغرينية الطينية silty clay ، وغيرهما . وتجدر الإشارة إلى أن الأراضى الطينية الرملية تحتوى على رمل أكثر من الطين ، وكذلك الحال بالنسبة للأراضى الغرينية التى تحتوى على سلت أكثر من الطين .

٣ – الأراضى الصفراء أو الطمية loams : هى أراضى تحتوى على الرمل ، والسلت ، والطين بنسب تجعلها وسطًا فى صفاتها ، وتدخل تحتها أجود الأراضى الزراعية ، ومنها الأراضى الغرينية الطمية silt loams ، والطمية الطينية الغرينية silty clay loams ، والطينية الطمية clay loams وغيرهم (Buckman & Brady ١٩٦٠) . ويوضح شكل (٨ – ١) نسبة كل من : الرمل ، والسلت ، والطين فى الأنواع المختلفة من الأراضى .



شكل ٨ – ١ : نسبة الطين (أقل من ٠,٠٠٢ مم) ، والسلت (٠,٠٠٢ – ٠,٠٥ مم) ، والرمل (٠,٠٥ – ٢,٠ مم) فى التقسيمات الرئيسية لأنواع الأراضى .

أما الحصى (الحبيبات التى يزيد قطرها عن ٢,٠ مم) ، فيستبعد من التحليل الميكانيكى للتربة . وتعرف التربة التى تحتوى على ٢٠ – ٥٠٪ من وزنها حصى بأنها حصوية gravely ، وتلك التى تزيد فيها نسبة الحصى حتى ٩٠٪ بأنها حصوية جدًّا . وتضاف تلك الصفة إلى الاسم الأصلى للتربة حسب قوامها (Millar وآخرون ١٩٦٥) .

أما الأراضى العضوية ، فهى تلك التى تحتوى على ٢٠٪ على الأقل مادة عضوية . ويشترط أن يكون سمك طبقة التربة المحتوية على هذه النسبة من المادة العضوية ٣٠ سم على الأقل . هذا .. وتتكون الأراضى العضوية من بقايا نباتية فى درجات مختلفة من التحلل (Davis & Lucas ١٩٥٩) .

ويطلق على الأراضى التى تحتوى على نسبة مرتفعة جدًّا من المادة العضوية اسم ملك Muck ، أو بيت Peat ، ومن الأخيرة يستخرج البيت موس المستخدم فى الأغراض الزراعية ، وهو عبارة عن بقايا نباتية لم يكتمل تحللها . ويمكن ملاحظة معالم المادة العضوية المتحللة فيها . أما الملك ، فيكون التحلل قد تقدم فيها إلى درجة يصعب معها تحديد معالم المادة العضوية المتحللة .

٨ - ١ - ١ : تأثير نوع وقوام التربة على محاصيل الخضر

يتأثر إنتاج الخضر بنوع وقوام التربة على النحو التالى :

١ - تعتبر الأراضى الرملية أنسب الأراضى لإنتاج محصول مبكر لكن المحصول يكون عادة منخفضًا فيها لعدم مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة .

٢ - تعتبر الأراضى الطمية الرملية أنسب أنواع الأراضى لزراعة محاصيل الخضر ، لأن مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة وخصوبتها تكونان أعلى مما هو فى الأراضى الرملية ، ولأن قوامها يكون أخف مما هو فى الأراضى السلتية والطينية ، ويمكن خدمتها بسهولة ، كما أن محصولها يكون أكبر مما هو فى حالة الزراعة فى الأراضى الأثقل .

٣ - تعتبر الأراضى الطمية السلتية أنسب انواع الأراضى لزراعة محاصيل الخضر عندما يكون الهدف هو إنتاج محصول غزير ، ولا يهم التبكير فى النضج .

٤ - من أبرز عيوب الأراضى السلتية تكوين طبقة سطحية تسمى بالقشرة Crust . هذه الطبقة تتصلب عند جفاف التربة ولا تتفتت ، وتعوق إنبات بذور الخضر ، حيث تبطيء من وصول الأكسجين للبذور من جهة ، وتشكل حاجزًا أمام بزوغ البادرات على سطح الأرض من جهة أخرى . وبذلك تقل نسبة الإنبات ، كما أنه لا يكون منتظمًا . ويمكن تجنب هذه المشكلة ، إما بجعل سطح التربة رطبًا بصفة دائمة برذاذ خفيف من الماء ، أو برش سطح التربة على خطوط الزراعة بمحلول ١٪ من زانثات السيليلوز Cellulose Xanthate . تعطى هذه المعاملة نتائج جيدة ، دون أن تضر بالبادرات ، نظرًا لسرعة ادمصاص المركب على سطح حبيبات التربة .

٥ - أما الأراضى الطينية ، فإنها لا تصلح لزراعة محاصيل الخضر بصفة عامة ، والجذرية منها بصفة خاصة .

٦ - تعتبر الأراضى العضوية أصلح الأراضى لزراعة الكرفس ، والخس ، والبصل ، وتناسب زراعة بعض الخضروات الأخرى ، مثل الجزر ، والبنجر ، والكرنب ، والبطاطس .

٨ - ١ - ٢ : تأثير قوام التربة على عمليات الخدمة الزراعية

تتأثر عمليات الخدمة الزراعية باختلاف قوام التربة كالتالى :

فى الأراضى الثقيلة :

١ - لا تحرث التربة إلا عندما تصبح مستحرثة ، أى عندما تصل نسبة الرطوبة بها إلى ٥٠٪ من السعة الحقلية .

٢ - يكون الحرث عميقًا لتحسين التهوية .

٣ - يكون الرى بطيئًا ، لأن الأراضى الثقيلة تحتفظ بكميات كبيرة من الماء .

٤ - تطول المدة بين الريات

٥ - تلزم العناية بالصرف .

٦ – يلزم الرى الخفيف قبل الإنبات إذا تشققت التربة حتى لا تنقطع الجذور .

فى الأراضى الخفيفة :

١ – يكون الحرث سطحيًّا ، لأن التربة مفككة بطبيعتها ، مع تزحيف الأرض جيدًا لزيادة انضغاط التربة .

٢ – لا تزرع إلا بطريقة العفير ، أى زراعة البذور الجافة فى أرض جافة ، ثم الرى .

٣ – يكون الرى سريعًا .

٤ – تقصر المدة بين الريات (مرسى وآخرون ١٩٥٩) .

فى الأراضى العضوية :

١ – يجب ضغط التربة قبل الزراعة لتشجيع حركة الماء بها بالخاصية الشعرية .

٢ – يجب جعل مستوى الماء الأرضى على بعد ٦٠ – ١٢٠ سم من سطح التربة لمد النباتات بحاجتها من الماء ، ولتقليل التعرية قدر الإمكان .

٣ – تلزم زيادة التسميد البوتاسى بها .

٤ – تلزم حمايتها من التعرية بالرياح .

٨ – ٢ : مسامية التربة

يعنى بدرجة المسامية Porosity نسبة الفراغات التى توجد بين حبيبات التربة . ولدرجة المسامية أهمية كبيرة فى تحديد إنتاجية التربة لتأثيرها على مقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة ، وعلى تحرك الهواء بها ، وسهولة نمو الجذور . وعندما تقل نسبة الفراغات بين حبيبات التربة عن ١٠٪ يقل بشدة تحرك الماء والهواء ، ونمو الجذور خلال التربة .

وتتأثر درجة مسامية التربة بالعوامل التالية :

١ – قوام التربة : تزيد المسامية فى الأراضى الخشنة القوام ، مثل الرملية ، عنه فى الأراضى الطينية ، والصفراء الطينية .

٢ – تجمعات التربة Soil aggregates : تزيد المسامية مع زيادة هذه التجمعات .

٣ – كثرة عمليات العزيق والحرث ومرور الآلات الزراعية تؤدى إلى تفتيت تجمعات التربة ، وإجراؤها عندما تكون الأرض شديدة الجفاف أو زائدة الرطوبة يؤدى إلى نفس النتيجة . كما أن كثرة مرور الآلات الزراعية يعمل على انضغاط التربة ونقص مساميتها (Israelsen & Hansen ١٩٦٢) .

٨ – ٣ : درجة النفاذية

تعرف درجة نفاذية التربة Infiltration rate بأنها سرعة نفاذيتها للماء خلال فترة زمنية معينة . فلو فرض وأضيف ٥ سم من الماء إلى سطح التربة ، وبعد ساعة كان المتبقى ٢ سم ، تكون درجة النفاذية ٣ سم/ساعة ، مع فرض تجاهل الماء المفقود بالتبخر .

وتتأثر درجة نفاذية التربة بالعوامل التالية :

١ – قوام التربة : تزداد درجة النفاذية فى الأراضى الرملية ، عنها فى الأراضى الثقيلة .

٢ – تجمعات حبيبات التربة .. إذ إن المسافة بين هذه التجمعات هى التى يمر خلالها الماء بالجاذبية الأرضية .

٣ – درجة انضغاط التربة .

٤ – الفترة بين الريات : فتزداد النفاذية بزيادة الفترة بين الريات .

وتقسم الأراضى حسب درجة نفاذيتها إلى أربعة أقسام كالتالى :

١ – أراض ذات نفاذية عالية جدًا (أكثر من ١٠٠ ملليمتر/ ساعة ، وتشمل : الأراضى الرملية الخشنة ، والطمييية الخشنة ، والطمييية الرملية .

٢ – أراض ذات نفاذية عالية (من ٢٠ – ١٠٠ ملليمتر/ ساعة) ، وتشمل : الأراضى الرملية الطمييية ، والرملية الناعمة الطمييية ، والطمييية الرملية الناعمة .

٣ – أراض ذات نفاذية متوسطة (من ٥ – ٢٠ ملليمتر/ ساعة) ، وتشمل : الأراضى الطمييية ، والسلتية الطمييية ، والطينية الطمييية .

٤ – أراض ذات نفاذية منخفضة (أقل من ٥ ملليمتر/ ساعة) ، وتشمل : الأراضى الطينية والسلتية الطينية ، والرملية الطينية (Fordham & Biggs ١٩٨٥) .

٨ – ٣ – ١ : استغلال الأراضى الرملية فى إنتاج الخضر

تعتبر النفاذية العالية من أهم عيوب الأراضى الرملية الخشنة القوام ، فهى لا تحتفظ بالرطوبة عقب الرى ، بل يرشح منها ماء الرى بسرعة كبيرة إلى باطن الأرض ، وفى ذلك إهدار كبير لمياه الرى ، وزيادة فى تكلفة الإنتاج ، نظرًا للحاجة إلى تكرار عملية الرى على فترات زمنية أقصر مما فى حالة الزراعة فى الأراضى المتوسطة والثقيلة القوام .

وتتطلب الزراعة فى مثل هذه الأراضى استعدادات خاصة منها :

١ – هذه الأراضى لا تصلح معها طريقة الرى السطحى المعروفة ، لكن إذا اتبعت معها هذه الطريقة ، فيجب على الأقل تبطين قنوات الرى بالأسمنت أو البلاستيك الأسود لمنع تسرب الماء منها .

٢ – يجب أن تتبع فيها طرق الرى التى توفر كثيرًا من كمية المياه المستخدمة ، مثل : الرى بالرش ، أو بالتنقيط ، وغيرهما من الطرق غير التقليدية التى يضاف فيها الماء بكميات صغيرة إلى جانب النباتات ، وعلى امتداد خط الزراعة ، والتى سيأتى شرحها فى الفصل السابع عشر .

٣ – خلط الطبقة السطحية من التربة بمركبات محبة للماء ، وذات مقدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة .

٤ – قد تتبع تكنولوجيا خاصة يتم بواسطتها وضع حاجز أسفلتى تحت سطح التربة يمنع تسرب ماء الرى إلى المياه الجوفية ويحجزه لاستخدام النبات بالقرب من منطقة نمو الجذور .

إضافة المواد المحبة للماء إلى الأراضى الرملية

تقوم الشركات بتصنيع بعض المركبات المحبة للماء ، والتى تؤدى عند إضافتها للتربة إلى زيادة مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة . ومن أمثلتها مادة هموزورب Humosorb ، وهو مركب مبرغل granular ذو قدرة على امتصاص وتخزين الماء بمقدار ١٥٠ ضعف وزنه وعند الابتلال تصبح الحبيبات جيلاتينية ، وتعمل كمخزن للرطوبة .

ويضاف الهموزورب للحقول والصوب بمعدل ١٥ – ٢٠ جم لكل متر مربع من مساحة الأرض ، كما يضاف للنباتات النامية فى الأصص بمعدل ١ – ٢جم/ لتر من التربة . وعند إضافته يجب خلطه جيدًا جدًّا بالطبقة السطحية من التربة إلى العمق الذى تمتد إليه الجذور . ويزيد المركب من مقدرة مخاليط التربة على الاحتفاظ بالرطوبة ، ويقلل من الحاجة لتكرار عملية الرى ، إلا أن أسعاره مرتفعة بدرجة كبيرة (كتالوج شركة Frarimpex بفرنسا) .

استخدام الحواجز الأسفلتية للرطوبة فى الأراضى الرملية

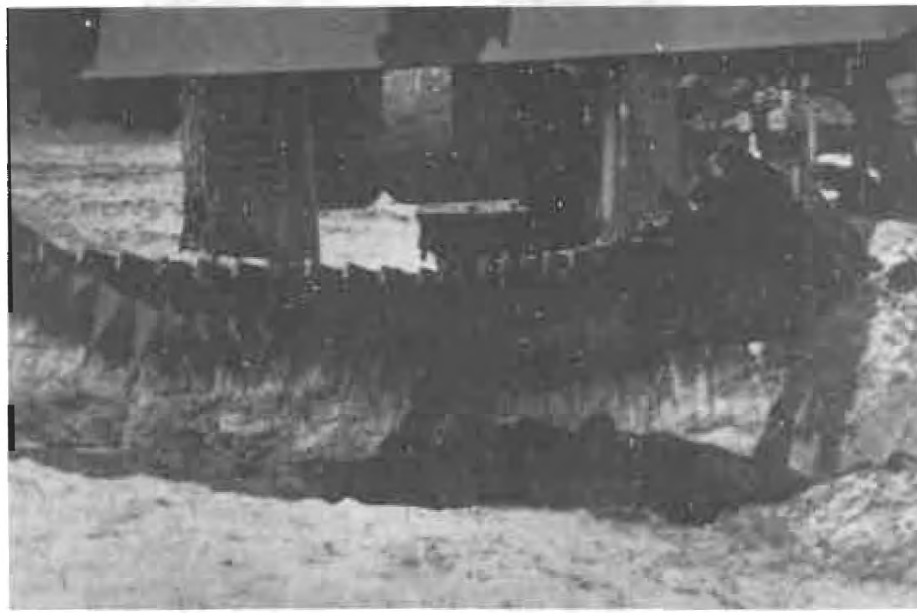
تستخدم الحواجز الأسفلتية للرطوبة Asphalt Moisture Barrier فى الأراضى الرملية التى لا تقل فيها نسبة الرمل عن ٨٥٪ ، بينما تزيد نسبة الطين عن ١٠٪ ، حيث يفقد فيها معظم ماء الرى بالرشح . ويؤدى وضع الحاجز الأسفلتى إلى الاحتفاظ بالرطوبة وزيادة المحصول . كما يجدى استخدامها فى الأراضى الطميية الرملية ، بشرط عدم زيادة نسبة الطين بها عن ١٠٪ ، وألا تقل نسبة الرمل عن ٧٠٪ .

يوضع الحاجز الأسفلتى تحت سطح التربة بنحو ٦٠ – ٩٠ سم بواسطة آلة خاصة يسحبها جرار قوته ٢٣٠ حصان . والآلة مزودة بخزان للأسفلت السائل يسع ٤٨٠٠ لتر ، وبوسائل التسخين لجعل الأسفلت فى حالة سائلة ، وبمضخة لدفع الأسفلت السائل (شكل ٨ – ٢) . تقوم الآلة برفع التربة لمسافة حوالى ١٠ – ١٥ سم ، ثم تقوم المضخة بدفع الأسفلت السائل ورشه (شكل ٨ – ٣) ، حيث يتصلب بمجرد ملامسته للتربة ، وتتكون طبقة مستمرة بسمك نحو ٣ مم ، ومع مرور الآلة تعود التربة لمكانها ثانية . يكون شريط الأسفلت بعرض ٢٢٥ سم ، ويمكن جعل الشرائط موصولة ببعضها البعض بتغطية حافة الشريط السابق عند عمل الشريط المجاور له .

تقوم الآلة بتثبيت الحواجز الأسفلتية بمعدل فدان فى الساعة ، ويلزم نحو ٤٠٠ لتر من الأسفلت السائل لكل فدان (Hansen & Erickson ، ١٩٦٩ Amoco Moisture Barrier Company ، ١٩٧١) .

وقد أدى استعمال الحاجز الأسفلتى إلى زيادة محصول الخضر المختلفة بنسب متفاوتة (جدول ٨ – ١) ، علمًا بأن الحقول كانت تروى حسب الحاجة (عن Amoco Moisture Barrier Company ، ١٩٧١) .

شكل ٨ – ٢ : آلة عمل الحواجز الأسفلتية للرطوبة فى الأراضى الرملية التى لا تقل نسبة الرمل فيها عن ٨٥٪ ، ولا تزيد نسبة الطين عن ١٥٪



شكل ٨ – ٣ : رش الحاجز الأسفلتى بسمك ٣ ملليمتر .

جدول (٨ ـ ١) : تأثير استعمال الحاجز الأسفلتى على المحصول فى بعض الخضر .

الخضر	النسبة المئوية للزيادة فى المحصول ، بالمقارنة بالكنترول
الخيار	٢٧
الفاصوليا	٥٠
البطاطا	٤٧
البطاطس	١٤
الفلفل	٤٠
الذرة السكرية	٢٠
الطماطم	١٧
الكرنب	١٩
البصل	٦٢
الكوسة	٤٢

٨ – ٤ : التحبب

يعنى بالتحبب Granulation تكتل حبيبات الطين معًا لتكون تجمعات أكبر حجمًا ، ولذلك أهمية كبيرة فى زيادة مسامية التربة ، وتحسين التهوية بها . ويزداد تحبب التربة granulation بفعل العوامل الآتية :

١ – بزيادة نسبة المادة العضوية فى التربة ، لأن حبيبات الطين تلتصق معًا بواسطة مادة الدبال humus الناتجة من تحلل المادة العضوية ، وبذلك تتكون تجمعات الطين .

٢ – بزيادة الكالسيوم فى التربة يعمل على تجميع حبيبات الطين فى صورة تجمعات هشة ، ويسمى ذلك flocculation ، وتصبح هذه التجمعات ثابتة عند التصاق حبيباتها الأولية بفعل المادة العضوية .

وعلى العكس من ذلك .. فإن للصوديوم تأثيرًا مخالفًا لتأثير الكالسيوم ، إذ يعمل على تلاصق حبيبات الطين مع بعضها البعض ببطء وبتناسق ، بحيث تكون الفراغات بينها قليلة جدًّا ، (Buckman & Brady ١٩٦٠) .

٨ – ٥ : السعة التبادلية الكاتيونية للتربة

تحمل غرويات التربة ، سواء أكانت غرويات الطين ، أم الغرويات العضوية – شحنات سالبة بكثرة ، وتزداد أعداد الشحنات السالبة على الغرويات العضوية كلما ازدادت درجة تحللها . هذه الشحنات السالبة تجذب إليها الكاتيونات المختلفة ، مثل : الكالسيوم ، والبوتاسيوم ، والمغنسيوم ، والأيدروجين ، والصوديوم ، والأمونيا ، فتدمص على سطح غرويات التربة .

ويعبر عن عدد مواقع ادمصاص الكاتيونات لكل وحدة من وزن التربة بالسعة التبادلية الكاتيونية Soil Cation Exchange Capacity ، وتحسب بالمللى مكافىء millequivalents لكل ١٠٠ جرام من التربة المجففة وهى تساوى عدد ملليجرامات أيون الأيدروجين H^+ التى تتحد بمئة جرام من التربة الجافة .

هذا .. وتكون السعة التبادلية الكاتيونية قليلة جدًّا ، ولا تذكر فى كل من السلت والرمل ، وتتراوح من ٨ إلى ١٠٠ فى الأنواع المختلفة من غرويات الطين ، وتصل إلى ٢٠٠ فى المادة العضوية . وعليه .. تبلغ قيمة السعة التبادلية الكاتيونية أقل من ٥ فى الأراضى التى تحتوى على نسبة قليلة جدًّا من الطين ، وتصل إلى ٢٠٠ فى الأراضى العضوية . ويمكن تقديرها تقريبًا بالمعادلة الآتية :

السعة التبادلية الكاتيونية = (النسبة المئوية للمادة العضوية فى التربة × ٢) + (النسبة المئوية للطين فى التربة × $\frac{١}{٢}$)

وكلما ازدادت نسبة كاتيونات العناصر الغذائية المدمصة ، بالمقارنة بنسبة الأيدروجين المدمص ، ازدادت درجة تيسر هذه الكاتيونات للنبات ، ويعرف ذلك بالنسبة المئوية للتشبع القاعدى base % saturation . وإلى جانب التبادل الكاتيونى ، فإنه يوجد بالتربة أيضًا تبادل أنيونى anion exchange ، حيث يمكن للأنيونات أن تحل محل مجموعات الأيدروكسيل على غرويات الطين (Millar وآخرون ١٩٦٥) .

٨ - ٦ : الرقم الأيدروجينى pH أو تفاعل التربة

يعبر عن درجة حموضة التربة بالرقم الأيدروجينى pH ، ويقع pH غالبية الأراضى ما بين ٥,٠ ، و٩,٠ ، وتقسم الأراضى حسب الرقم الأيدروجينى إلى الأقسام التالية :

	الرقم الأيدروجينى (pH)
شديدة الحموضة	٥,٠ - ٥,٥
معتدلة الحموضة	٥,٥ - ٦,٠
حامضية قليلًا	٦,٠ - ٧,٠
متعادلـــة	٧
قلوية قليلًا	٧,٠ - ٨,٠
معتدلة القلوية	٨,٠ - ٨,٥
شديدة القلوية	٨,٥ - ٩,٥

ويلاحظ أن كل تغير مقداره وحدة pH واحدة يقابله تغير نسبى مقداره عشرة أضعاف فى حموضة أو قلوية التربة . فمثلًا تزداد حموضة التربة عشرة أضعاف عند تغير الـ pH من ٦ إلى ٥ .

ويمكن رفع الرقم الأيدروجينى (pH) فى الأراضى الحامضية بإضافة الحجر الجيرى limestone (كربونات الكالسيوم) ، أو الحجر الجيرى الدولوميتى dolomitic lime (كربونات الكالسيوم والمغنسيوم) ، أو أكسيد الجير (أكسيد الكالسيوم) . كما يمكن خفض الرقم الأيدروجينى فى الأراضى القلوية بإضافة الكبريت أو الجبس الزراعى (كبريتات الكالسيوم) . وفى أى من الحالتين ، فإن المواد المستعملة تجب إضافتها قبل الزراعة بوقت كاف ، مع خلطها جيدًا بالعشرة سنتيمترات العلوية من التربة . وتفضل إضافة كميات معتدلة سنويًا عن إضافة كميات كبيرة كل عدة سنوات (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

٨ - ٦ - ١ : تأثير pH التربة على محاصيل الخضر

ترجع أهمية pH التربة إلى العوامل الآتية :

١ - يؤثر pH التربة على مدى تيسر العناصر الغذائية بها . فمعظم العناصر تثبت فى الأراضى الشديدة الحموضة ، وكذلك فى الأراضى الشديدة القلوية ، كما أن بعض العناصر - كالحديد والألومنيوم - يزداد ذوبانها وتركيزها إلى درجة السمية للنباتات فى الأراضى الحامضية .

٢ - يؤثر pH التربة على نشاط الكائنات الحية الدقيقة النافعة ، كبكتريا تثبيت أزوت الهواء الجوى ، والبكتريا التى تقوم بتحليل المادة العضوية . وأنسب pH لنشاط هذه الكائنات هو من ٦ - ٧ .

٣ - يؤثر pH التربة على انتشار بعض الأمراض ، مثل مرض تدرن جذور الصليبيات الذى يشتد فى الأراضى الحامضية ، ولا يظهر فى pH ٧,٢ - ٧,٤ ، ومرض جرب البطاطس الذى يكون أكثر

انتشارًا فى pH من ٥,٥ إلى ٧ . ولا ينصح بزراعة البطاطس فى هذه الدرجة من الحموضة ، برغم أنها مناسبة لنموها فى حالة غياب المرض .

هذا .. وأنسب pH لزراعة معظم محاصيل الخضر يتراوح من ٦ إلى ٦,٨ ، حيث يتوفر فى هذا المدى معظم العناصر الغذائية الضرورية للنبات ، لكن يمكن زراعة الخضروات بنجاح أيضًا فى رقم أيدروجينى يتراوح من ٥ إلى ٨ ، بشرط علاج النقص الذى يمكن أن يحدث فى بعض العناصر الغذائية ، مع منع تراكم المواد السامة بالتربة (Thompson & Kelly ١٩٥٧) .

وتجدر الإشارة إلى أن pH التربة يتوقف على تركيز الأملاح فى المحلول الأرضى ، وعلى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون بهواء التربة ، وكلاهما يتغير باستمرار . كذلك يختلف pH التربة كثيرًا من مكان لآخر بالحقل . ويعنى كل ذلك صعوبة تقدير pH التربة بدقة (Russell ١٩٧٣) .

تأثير pH التربة على تيسر العناصر الغذائية

يتوقف مدى تيسر العناصر الغذائية بالتربة على رقمها الأيدروجينى (pH) . ففى الأراضى الشديدة الحموضة (pH حوالى ٤) يقل الكالسيوم والمغنسيوم المدمص على سطح حبيبات التربة ، ويزداد ذوبان الألومنيوم ، والحديد والمنجنيز ، والبورون ، ويقل ذوبان الموليبدنم ، كما تزداد فرصة وجود المواد العضوية السامة غير المتحللة ، وبالتأكيد يقل تيسر النيتروجين والفوسفور . وفى الأراضى القلوية (pH حوالى ٧,٥) يتوفر الكالسيوم النشط بكثرة ، وكذلك المغنسيوم والموليبدنم ، ولا يوجد أى ألومنيوم بتركيزات سامة ، كما يتوفر النيتروجين . ولو كان الـ pH عاليًا بدرجة كبيرة ، فإنه يقل تيسر الحديد والمنجنيز ، والنحاس ،والزنك ، والفوسفور ، والبورون . أما الأراضى المعتدلة الحموضة ، فإن كل العناصر تكون ميسرة فيها بصورة جيدة ، ويبدو أنها أصلح الأراضى لنمو النباتات (Buckman & Brady ١٩٦٠) .

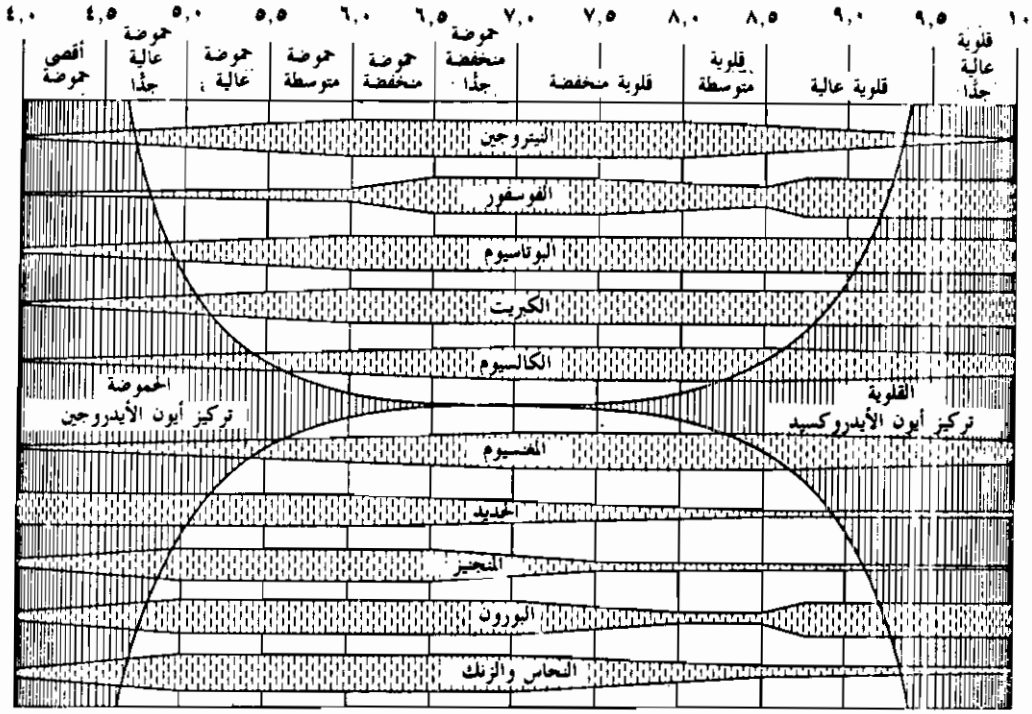
ويتحدد مدى تيسر العناصر الغذائية مع التغير فى pH التربة المعدنية كالتالى (شكل ٨ – ٤) :

١ – يتوفر النيتروجين بكثرة فى مدى pH ٦ – ٨ ، ويقل بزيادة حموضة أو قلوية التربة عن ذلك بصورة تدريجية ، وتصبح كمية النيتروجين الميسرة ضئيلة جدًّا فى pH أقل من ٥,٥ ، أو أعلى من ٨,٥ .

٢ – يتوفر البوتاسيوم والكبريت فى صورة صالحة للامتصاص فى الأراضى القلوية ، وكذلك فى الأراضى الحامضية حتى pH ٦ ، حيث يقل مستواهما تدريجيًا ، وتصبح الكميات الصالحة لامتصاص النبات منها ضئيلة جدًّا ، مع انخفاض رقم الـ pH عن ٥,٥ .

٣ – يتيسر الكالسيوم بوفرة فى مدى pH ٧ – ٨,٥ ، ويقل تيسره تدريجيًا مع زيادة الحموضة أو القلوية عن تلك الحدود ، لكن لا ينخفض مستواه بشكل واضح إلا عند نقص الـ pH عن ٦ أو زيادته عن ١٠ . والأراضى الأخيرة نادرًا ما تستخدم فى الزراعة .

٤ – يتوفر الفوسفور بكثرة فى مجال pH ضيق من ٦,٥ – ٧,٥ ، وينخفض مستواه بشدة مع انخفاض الـ pH عن ٦,٥ إلى أن يصل إلى مستوى حرج فى pH ٦ ، كما ينخفض ببطء مع ازدياد الـ pH عن ٧,٥ إلى أن يصل لمستوى حرج فى pH ٨,٥ . ومع ارتفاع الـ pH عن ذلك يتيسر الفوسفور مرة أخرى .



شكل ٨ – ٤ : تأثير الرقم الأيدروجيني للتربة pH على تيسر العناصر بها (عن Knott ١٩٥٧) .

٥ – يتيسر المغنسيوم بوفرة فى الأراضي القلوية ، ويقل مستواه مع انخفاض رقم الـ pH عن ٧ ، لكن لا ينخفض مستواه بشكل ملحوظ إلّا بعد وصول الـ pH إلى ٥,٥ .

٦ – يوجد الحديد ، والمنجنيز ، والبورون ، والنحاس ، والزنك بوفرة فى الأراضى الحامضية وفى الأراضى الشديدة الحموضة يزداد تركيز الحديد ، والمنجنيز ، والألومنيوم إلى الدرجة السامة للنبات .

٧ – يزداد توفر الحديد إلى درجة السمية مع انخفاض الـ pH ، إلّا أن مستواه يقل تدريجيًّا مع ارتفاع الـ pH عن ٦ ، ويصبح النقص ملحوظًا مع ارتفاع الـ pH حتى ٧ ، وحرجًا بعد ٧,٥ .

٨ – يقل تيسر المنجنيز مع ارتفاع الـ pH عن ٦,٥ ، ويصبح مستواه حرجًا بعد pH ٧,٥ ، حيث يقل تيسره بشدة بعد ذلك .

٩ – يبدأ تيسر البورون فى النقصان بصورة تدريجية مع زيادة الـ pH عن ٧ ، ويصبح مستواه حرجًا بعد pH ٧,٥ ، وينقص بشدة فى pH ٨ ، لكن تيسر البورون يبدأ فى الزيادة مرة أخرى مع ارتفاع الـ pH عن ٨,٥ .

١٠ – يقل تيسر النحاس والزنك تدريجيًّا وببطء مع ارتفاع الـ pH عن ٧ ، ويكون النقص واضحًا عند pH ٨ وحرجًا بعد pH ٨,٥ .

١١ – يسلك الموليبدنم نفس سلوك المغنسيوم تقريبًا ، أى يقل مستواه مع انخفاض الـ pH عن ٦,٥ ، ويكون النقص ملحوظًا مع وصول الـ pH إلى ٥,٥ .

ويمكن القول أن pH التربة لا يؤثر بصورة مباشرة على النمو النباتى ، وإنما بصورة غير مباشرة من خلال تأثيره على تيسر العناصر . وأفضل pH هو الذى يميل قليلًا نحو الحموضة ، وينراوح من ٦ إلى ٦,٨ .

تقسيم الخضروات حسب تحملها لحموضة التربة

برغم أنه يمكن زراعة معظم الخضروات بنجاح فى pH يتراوح من ٥ – ٨ متى أمكن التغلب على النقص فى العناصر الغذائية الذى يحدث فى الأراضى الحامضية والقلوية ، إلا أن لكل محصول مدى pH معينًا يناسب نموه . وتقسم محاصيل الخضر إلى ثلاث مجموعات حسب مقدرتها على تحمل حموضة التربة ، كما فى جدول (٨ – ٢) .

جدول (٨ ـ ٢) : تقسيم الخضروات حسب تحملها لحموضة التربة .

المقدرة على تحمل حموضة التربة (والـ pH المناسب)	محاصيل الخضر
قليلة التحمل للحموضة (pH ٦ ـ ٧,٦)	الهليون ـ البنجر ـ البروكولى ـ الكرنب ـ القنبيط ـ الكرفس ـ السلق السويسرى ـ حب الرشاد ـ الكرسون الأرضى ـ الكرنب الصينى ـ الكرات أبو شوشة ـ الخس ـ القاوون ـ السبانخ النيوزيلاندى ـ البامية ـ البصل ـ الجزر الأبيض ـ السلسفيل ـ فول الصويا ـ السبانخ ـ الكرسون المائى .
متوسط التحمل للحموضة (pH ٥,٥ ـ ٦,٨)	الفاصوليا ـ فاصوليا الليما ـ كرنب بروكسل ـ الجزر ـ الكولارد ـ الذرة السكرية ـ الخيار ـ الباذنجان ـ الثوم ـ الجيركن ـ فجل الحصان ـ الكيل ـ كرنب أبو ركبة ـ المسترد ـ البقدونس ـ البسلة ـ الفلفل ـ القرع العسلى ـ الفجل ـ الروتاباجا ـ الكوسة ـ الطماطم ـ اللفت .
تتحمل الحموضة بدرجة جيدة (pH ٥ ـ ٦,٨)	الشيكوريا ـ الداندليون ـ الهندباء ـ الفينوكيا ـ البطاطس ـ الروبارب ـ الشالوت ـ الحميض ـ البطاطا ـ البطيخ .

تنمو نباتات المجموعة الأولى فى جدول (٨ – ٢) بصورة جيدة فى الأراضى القلوية التى يصل الـ pH فيها حتى ٧,٦ ، طالما أنه لا يوجد نقص فى العناصر الضرورية . وتنمو خضر المجموعة الثالثة فى الأراضى الحامضية التى ينخفض فيها الـ pH حتى ٥ ، لكن جميع الخضروات يمكنها النمو فى pH من ٥ – ٨ ، ويكون أفضل نمو لها فى pH من ٦ – ٦,٨ .

٨ – ٧ : ملوحة التربة

تتراكم الأملاح بصورة طبيعية فى الأراضى التى تتكون من تفتت صخور معدنية تحتوى على أملاح بكميات زائدة ، إلا أن الأملاح تزداد أيضًا فى التربة بفعل العوامل الآتية :

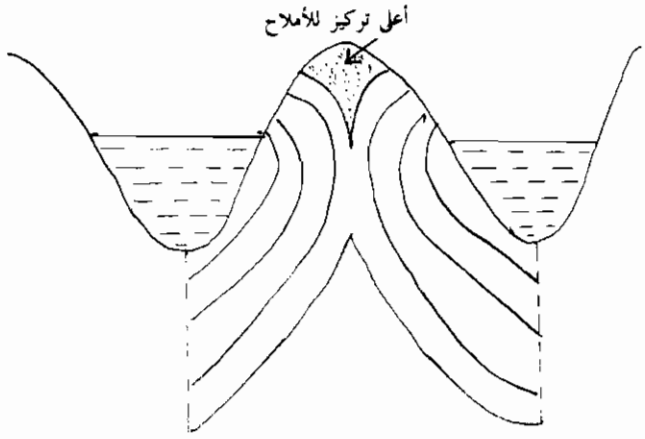
١ – مع ماء الرى . فمهما كانت عذوبة الماء المستخدم فى الرى ، فإنه يحتوى على أملاح تتراوح كميتها عادة من ٠,١ – ٠,٥ أطنان لكل ٣٠ سم – فدان من ماء الرى . ويمكن لهذه الأملاح أن تتراكم فى التربة إن لم يتوفر لها نظام صرف جيد . وتتأثر سرعة تراكم الأملاح التى تصل للتربة بهذه الطريقة بالعوامل الآتية :

(أ) درجة ملوحة الماء المستخدم فى الرى .

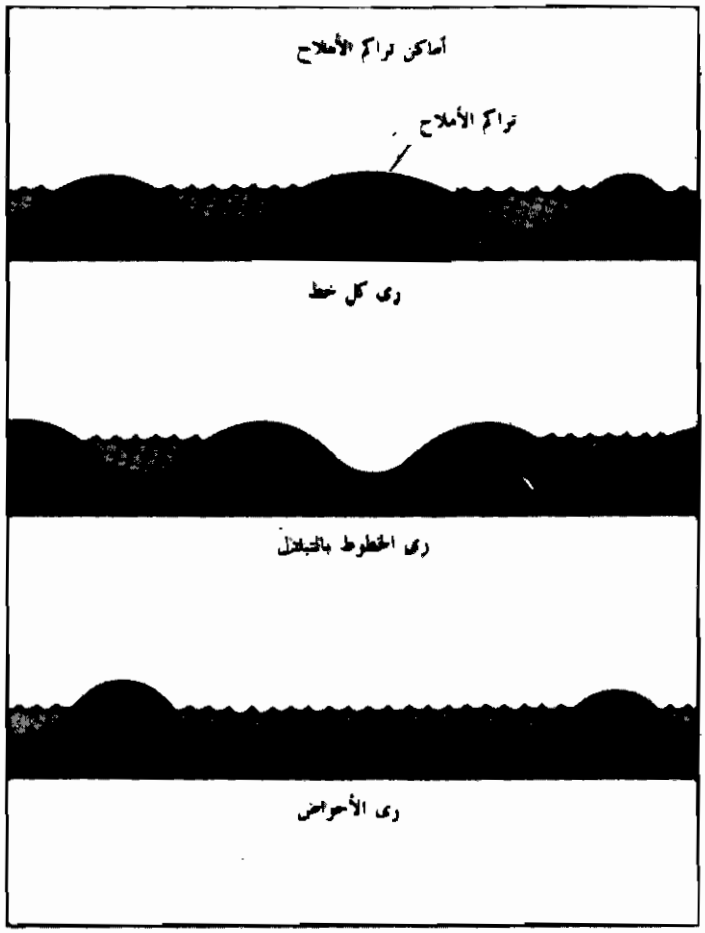
(ب) كمية الماء المستخدم فى الرى . ففى حالة نقص المياه لا يكون الرى بالدرجة التى تكفى لبل التربة لعمق كبير ، ومن ثم لا تغسل الأملاح ، وتتراكم سنويًا . ففى المناطق الحارة قد تصل كمية ماء الرى فى موسم النمو الواحد إلى ١٨٠ سم – فدان ، أى أن كمية الأملاح المضافة مع ماء الرى فى الموسم الواحد تتراوح من ٠,٥ – ١٠ أطنان . هذه الأملاح تتراكم فى التربة إن لم يتوفر بها نظام جيد للصرف .

٢ – عند ارتفاع منسوب الماء الأرضى ، فمن جهة يكون الصرف رديئًا ، ومن جهة أخرى .. يؤدى منسوب الماء الأرضى المرتفع إلى ارتفاع الماء إلى سطح التربة بالخاصية الشعرية وتبخره ، تاركًا الأملاح على سطح التربة (Israelsen & Hansen ١٩٦٢) .

وعند الزراعة على خطوط أو مصاطب تنتقل الأملاح الموجودة فى التربة مع الواجهة المبتلة wetting front ، وتتراكم فى طبقات رقيقة على طول سطح التربة ، وتحت وسط سطح المصطبة أو الخط حتى تتقابل الواجهات المبتلة المتقابلة ، شكل (٨ – ٥) ، ويكون تركيز الملوحة فى هذه الأماكن ٥ – ١٠ أضعاف تركيزها فى التربة بوجه عام (Allison ١٩٦٤) ، إلا أن طريقة تراكم الأملاح تتأثر أيضًا بنظام الرى السطحى . ويوضح شكل (٨ – ٦) الطرق المتبعة عادة فى الرى السطحى ونظام تراكم الأملاح فى كل حالة (Oster وآخرون ١٩٨٤) .



شكل ٨ – ٥ : نظام تراكم الأملاح فى حالة الزراعة على خطوط (خبوب) مع اتباع طريقة الرى السطحى



شكل ٨ – ٦ : أماكن تراكم الأملاح فى حالات الطرق المختلفة للرى السطحى .

هذا .. ونجد فى الأراضى العادية أن الكالسيوم والمغنسيوم يكونان أكثر الكاتيونات تواجدًا ، أما عند زيادة تركيز الأملاح ، فإن كبريتات وكربونات الكالسيوم ، وكبريتات المغنسيوم تترسب ، لأن مقدرتهم على الذوبان محدودة ، ويؤدى ذلك بالتالى إلى زيادة نسبة أيونات الصوديوم فى المحلول الأرضى . ونظرًا لوجود توازن ديناميكى بين الأيونات الذائبة فى المحلول الأرضى والأيونات المدمصة على سطح حبيبات التربة ، فإن أيونات الصوديوم تحل محل بعض أيونات الكالسيوم والمغنسيوم على سطح حبيبات التربة . وفى بعض الأراضى الملحية التى تزيد فيها نسبة تركيز أيون الصوديوم عن نصف الكاتيونات الذائبة الكلية يكون أيون الصوديوم هو الكاتيون الوحيد تقريبًا فى المحلول الأرضى ، ومن ثم يكون هو الكاتيون الأساسى المدمص على غرويات التربة (Allison ١٩٦٤) .

والوسيلة الوحيدة الفعالة لإصلاح الأراضى الملحية هى بخفض مستوى الماء الأرضى ، وتوفير صرف جيد ، وتحسين نفاذية التربة بإضافة الجبس الزراعى لكى يحل الكالسيوم محل الصوديوم ، مع غسيل الأملاح الزائدة بالرى الغزير .

٨ - ٧ - ١ : تقسيم محاصيل الخضر حسب تحملها لملوحة التربة

تقدر ملوحة التربة بقياس درجة التوصيل الكهربائى لمستخلص التربة على درجة حرارة ٢٥°م ، ويعبر عنها بالملى موز millimhos لكل سم ، ويرمز لوحدة القياس هذه بالرمز $ECe \times 10^{-3}$.

وتقسم الخضروات حسب تحملها لملوحة التربة إلى ثلاثة أقسام حسبما هو مبين فى جدول (٨ - ٣) . ويعطى الجدول درجات التوصيل الكهربائى (ECe) التى تسمح بالنمو من ٨٥٪ - ٩٠٪ من النمو والمحصول تحت الظروف الطبيعية (Allison ١٩٦٤) ، وتلك التى تسمح بالنمو وإعطاء محصول فى حدود ٥٠٪ مما تنتجه تحت الظروف الطبيعية بالنسبة لخضروات كل مجموعة .

جدول (٨ - ٣) : تقسيم الخضروات حسب تحملها لملوحة التربة .

المحصول[أ]	درجة التوصيل الكهربائى (ECe) التى تسمح بإعطاء (٪) من النمو الطبيعى[ب]	
	٨٥ - ٩٠ ٪	٥٠ ٪
خضروات ذات مقاومة جيدة للملوحة :	٥ - ٨	١٠ - ١٢
البنجر - الكيل - الهيلون - السبانخ		
خضروات متوسطة المقاومة للملوحة :	٣ - ٥	٤ - ١٠
الطماطم - البروكولى - الكرنب - القنبيط - الخس - الذرة السكرية - البطاطس - البطاطا - اليام - الفلفل - الجزر - البصل - البسلة - القاوون - الكوسة - الخيار		
خضروات حساسة للملوحة :	٢ - ٣	٣ - ٤
الفجل - الكرفس - الفاصوليا		

أ تترتب الخضروات فى كل مجموعة ترتيبا تنازليا حسب تحملها للملوحة .
ب 1 mmho/cm = 1 EC x 10^{-3} = 640 ppm

ويعطى جدول (٨ - ٤) بيانات عن الحد الأقصى للملوحة الذى يمكن أن تتحمله محاصيل الخضر المختلفة ، دون أن تتأثر إنتاجيتها ، وتأثير زيادة الملوحة عن ذلك على نموها (عن Maas ١٩٨٤) .

ويعطى جدول (٨ - ٥) بيانات أكثر تفصيلًا عن درجات التوصل الكهربائى (ECe فى درجة حرارة ٢٥° م) التى يحدث عندها نقص فى النمو أو المحصول مقداره ١٠ ، ٢٥ ، ٥٠٪ ، بالمقارنة بالنمو أو المحصول تحت الظروف العادية . وقد رتبت الخضروات فى الجدول تنازليًا حسب درجة تحملها للملوحة (Foth ١٩٧٨ ، Lorenz & Maynard, ١٩٨٠) .

جدول (٨ ـ ٤): الحد الأقصى للملوحة الذى يمكن أن تتحمله محاصيل الخضر المختلفة ، دون أن تتأثر إنتاجيتها ، وتأثير زيادة الملوحة عن ذلك على نموها[أ] .

الخضر	الحد الأقصى للملوحة الذى يمكن أن يتحمله المحصول ، دون أن يتأثر نموه (ds / m)	٪ للنقص فى النمو مع زيادة الملوحة عن الحد الأقصى للنمو الطبيعى (% per ds / m)
خضروات حساسة للملوحة :		
الفاصوليا	١,٠	١٩
الجزر	١,٠	١٤
الشليك	١,٠	٣٣
البصل	١,٢	١٦
خضروات متوسطة الحساسية :		
اللفت	٠,٩	٩
الفجل	١,٢	١٣
الخس	١,٣	١٣
الفلفل	١,٥	١٤
البطاطا	١,٥	١١
الفول الرومى	١,٦	٩,٦
الذرة السكرية	١,٧	١٢
البطاطس	١,٧	١٢
الكرنب	١,٨	٩,٧
الكرفس	١,٨	٦,٢
السبانخ	٢,٠	٧,٦
خضروات متوسطة الحساسية :		
الخيار	٢,٥	١٣
الطماطم	٢,٥	٩,٩
البروكولى	٢,٨	٩,٢
الكوسة (سكالوب)	٣,٢	١٦
خضراوات متوسطة المقدرة على التحمل :		
البنجر	٤,٠	٩
الكوسة (زوكينى)	٤,٧	٩,٤
اللوبيا	٤,٩	١٢
فول الصويا	٥,٠	٢٠

(أ) يعبر عن ملوحة التربة بالمقدرة على التوصيل الكهربائى فى مستخلص التربة كالتالى :

ds / m = 1 decisimens per meter

= 1 mmho / cm

mmho / Cm = 1 millimho per centimeter

= 640 mg/l or 640ppm

جدول (٨ ـ ٥) : الترتيب النسبى لمحاصيل الخضر حسب مقدرتها على تحمل الملوحة ومستويات الملوحة التى يحدث عندها نقص فى المحصول بنسبة ١٠ ، ١٥ ، ٢٥ ٪

الخضر مرتبة تنازليا حسب مقدرتها على تحمل الملوحة	ECe (mmho / cm at 25°c) التى ينخفض عندها المحصول بمقدار		
	٪١٠	٪٢٥	٪٥٠
البنجر	٨	١٠	١٢
السبانخ	٥,٥	٧	٩
الطماطم	٤	٦	٨
البروكولى	٤	٦	٨
الكرنب	٣	٤	٧
الخيار	٣	٤	٦
القاوون	٣	٤	٦
البطاطس	٣	٤	٦
الذرة السكرية	٢,٥	٤	٦
البطاطا	٢,٥	٤	٦
الخس	٢	٣	٥
الفلفل	٢	٣	٥
الفجل	٢	٣	٥
البصل	٢	٣	٤
الجزر	٢	٣	٤
الفاصوليا	١,٥	٢	٤

هذا .. وتعطى لجنة تحسين التربة بجمعية كاليفورنيا للأسمدة (Soil Improvement Committee, California Fertilizer Association ١٩٨٠) المزيد من التفاصيل عن تأثير ملوحة ماء الرى وملوحة التربة على النمو والمحصول فى العديد من الخضروات ، مع بيان نسبة ماء الرى التى يلزم تسربها أو رشحها خلال طبقة التربة التى تشغلها الجذور للتحكم فى الملوحة عند مستوى معين ، كما يعطى Staples & Toenniessen (١٩٨٤) شرحًا تفصيليًا متقدمًا عن فسيولوجيا المقدرة على تحمل الملوحة فى النباتات .

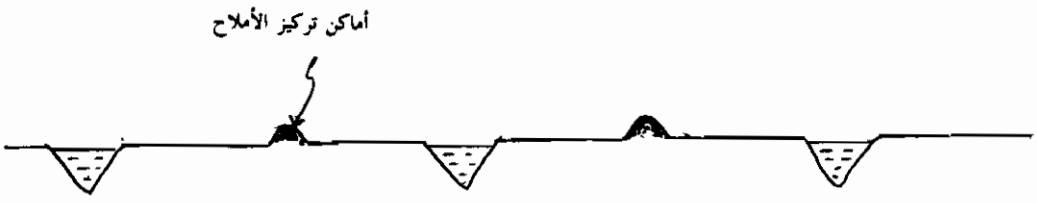
٨ – ٧ – ٢ : الطرق الزراعية الممكنة لتجنب وتقليل أضرار الملوحة

يمكن الاستفادة من الأراضى الملحية غير المستصلحة فى الزراعة بمراعاة ما يلى :

١ – أن تكون الزراعة على خطوط عالية ، مع الزراعة فى النصف السفلى من ميل الخطوط ، لأن الأملاح تتزهر فى قمتها .

٢ – تتبع نفس الطريقة عند الزراعة على مصاطب . ويحسن عمل ارتفاع هرمى صغير فى وسط المصطبة لكى تتزهر فيه الأملاح (شكل ٨ – ٧) .

٣ – تفضل الزراعات الشتوية ، حيث يكون ضرر الأملاح عليها أقل مما هو فى الزراعات الصيفية .



شكل ٨ – ٧ : تزهر الأملاح فى ارتفاعات هرمية صغيرة بوسط المصاطب .

٤ – تفضل الزراعة بالشتل عن الزراعة بالبذرة ، لأن الشتلات أكثر تحملًا للملوحة من البذور .

٥ – تفضل زراعة المحاصيل الأكثر تحملًا للملوحة .

٦ – يحسن اتباع طريقة الرى بالتنقيط ، لأنها تعمل على تجميع الأملاح بعيدًا عن النباتات ، على أن تغسل التربة من الأملاح المتراكمة قبل زراعة المحصول التالى (الإدارة العامة للتدريب – وزارة الزراعة ١٩٨٣) .

٨ – ٨ : مياه الرى ونوعيتها

مصادر مياه الرى كثيرة ومتنوعة ، وتختلف كثيرًا فى نوعيتها . ومن الأهمية بمكان الإلمام بخصائص المياه المستعملة فى الرى ، لما لذلك من علاقة أكيدة بالمحصول المتوقع ، ومن تأثير على بناء التربة .

٨ – ٨ – ١ : التقسيم العام لمياه الرى

تقسم مياه الرى عمومًا إلى ٣ أقسام (جدول ٨ – ٦) . وتعتبر مياه القسم الأول جيدة وتصلح لرى معظم محاصيل الخضر تحت أغلب الظروف . وتعتبر مياه القسم الثانى متوسطة الجودة ، ولا تصلح لرى محاصيل الخضر الحساسة للملوحة ، مثل الفاصوليا . أما مياه القسم الثالث ، فتعتبر غير صالحة للرى إلّا مع النباتات ذات المقدرة العالية على تحمل الملوحة ، مثل البنجر .

جدول (٨ ـ ٦) : التقسيم العام لمياة الرى وخصائص كل قسم .

النوعية أو القسم	درجة التوصيل الكهربائى (ECe)	محتوى الأملاح		النسبة المئوية للصوديوم	البورون
		الكل (جزء فى المليون)	أيكر ـ قدم (طن)	المتبادل أ	(بالجزء فى المليون)
١	صفر ـ ١	صفر ـ ٧٠٠	١	٦٠	صفر ـ ٠,٥
٢	١ ـ ٣	٧٠٠ ـ ٢٠٠٠	١ ـ ٣	٦٠ ـ ٧٥	٠,٥ ـ ٢,٠
٣	٣ <	٢٠٠٠ <	٣ <	٧٥ <	٢,٠ <

أ النسبة المئوية للصوديوم المتبادل من مجموع الكاتيونات المدمصة ، وهى : الكالسيوم ، والمغنسيوم ، والبوتاسيوم .

ويلاحظ أن بعض النباتات ، كالفاصوليا ، تعتبر شديدة الحساسية لزيادة البورون ، بينما البعض الآخر كالبنجر يعتبر شديد التحمل . ومع مرور الوقت تسبب المياه المحتوية على أكثر من جزئين فى المليون من البورون مشاكل مع معظم المحاصيل الزراعية . هذا .. ويمكن خلط المياه الرديئة النوعية بأخرى جيدة النوعية حتى تصبح فى الحدود المسموح بها .

تقسيم مياه الرى حسب درجة التوصيل الكهربائى

تتناسب درجة التوصيل الكهربائى لماء الرى تناسبًا طرديًا مع درجة ملوحته . وتقسم مياه الرى حسب درجة توصيلها الكهربائى إلى ٦ درجات :

١ - **الدرجة الأولى** : درجة التوصيل الكهربائى بها من صفر - ٢٥٠ ميكروموز ، وملوحتها منخفضة ، ويمكن استعمال هذه المياه فى رى معظم المحاصيل فى معظم الأراضى ، دون أى احتمال لحدوث مشاكل ملوحة . ويلزم توفير صرف مناسب للماء الزائد ، وهذا يحدث طبيعيًا فى معظم الأراضى الزراعية ، باستثناء الأراضى الضعيفة النفاذية .

٢ - **الدرجة الثانية** : درجة التوصيل الكهربائى بها تتراوح من ٢٥٠ إلى ٧٥٠ ميكروموز ، وملوحتها معتدلة . ويمكن استعمال هذه المياه فى رى معظم المحاصيل ما عدا الشديدة الحساسية للملوحة ، وفى معظم الأراضى ، ما عدا القليلة النفاذية ، حيث يجب توفير صرف جيد للسماح بغسل الأملاح . وعادة تكفى طريقة الرى العادية فى توفير غسيل مناسب للأملاح .

٣ - **الدرجة الثالثة** : درجة التوصيل الكهربائى بها من ٧٥٠ - ٢٢٥٠ ميكروموز ، وملوحتها معتدلة إلى عالية ، ويجب قصر استعمال هذه المياه على الأراضى المتوسطة إلى العالية النفاذية ، كما يحسن غسل الأملاح بصفة دورية ، تجنبًا لمشاكل الملوحة . كذلك يجب أن يقتصر استعمال هذه المياه على المحاصيل المتوسطة إلى العالية فى مقدرتها على تحمل الملوحة .

٤ - **الدرجة الرابعة** : درجة التوصيل الكهربائى بها من ٢٢٥٠ - ٤٠٠٠ ميكروموز ، وملوحتها عالية . ويمكن استعمالها فى رى المحاصيل ذات المقدرة العالية على تحمل الملوحة عند زراعتها فى الأراضى العالية النفاذية ، وبشرط توفير صرف جيد .

٥ - **الدرجة الخامسة** : درجة التوصيل الكهربائى بها من ٤٠٠٠ - ٦٠٠٠ ميكروموز ، وملوحتها عالية جدًا ، وتستعمل تحت الظروف التى تستخدم فيها مياه الدرجة الرابعة ، بشرط توفير غسيل دائم ، وإن كان لا ينصح باستعمال هذه المياه فى الرى .

٦ - **الدرجة السادسة** : درجة التوصيل الكهربائى أعلى من ٦٠٠٠ ميكروموز ، وملوحتها عالية جدًا بدرجة لا ينصح معها استعمال هذه المياه فى الرى (Thorne & Peterson ١٩٥٤) .

وتجدر الإشارة إلى أن تركيز الأملاح بالماء الأرضى يبلغ ٢ - ١٠٠ ضعف تركيزه فى ماء الرى حسب الحالة . ففى الأراضى الرملية التى تروى بغزارة قد يقترب تركيز الأملاح فى الماء الأرضى من تركيزه فى ماء الرى . أما فى الأراضى الثقيلة ، فقد يصل تركيز الأملاح بالماء الأرضى إلى ١٠٠ ضعف تركيزه فى ماء الرى (Israelsen ١٩٥٠) .

وبصفة عامة .. فإن الأراضى الرملية لا تُضار من استعمال المياه المرتفعة الملوحة فى الرى كما تضار الأراضى الثقيلة ، كما أن توفير الجبس فى التربة يقلل من أضرار زيادة الأملاح فى ماء الرى . وعند استعمال هذه المياه يجب أن تغسل التربة بصفة دورية ، لأن ذلك يساعد على التخلص من الأملاح المتراكمة ، وقد يقلل من الصوديوم المتبادل .

تقسيم مياه الرى حسب محتواها من الصوديوم

عندما تزيد نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم والمغنسيوم ($\frac{\text{ص}}{\text{كا} + \text{مغ}}$ ، معبرًا عن التركيزات بالوزن المكافىء/ مليون) عن الواحد الصحيح ، فإن الصوديوم يتراكم فى التربة ، وتصبح الأرض قلوية . ويفضل التعبير عن محتوى التربة من الصوديوم كنسبة مئوية من الكاتيونات المتبادلة كلها ($\frac{\text{ص} \times ١٠٠}{\text{كا} + \text{مغ} + \text{ص} + \text{بو}}$ مع التعبير عن كل التركيزات بالملى مكافىء/ لتر) ومع زيادة الصوديوم فى ماء الرى يزداد الصوديوم المتبادل فى التربة ، وتزداد مشاكل القلوية .

وتقسم مياه الرى حسب محتواها من الصوديوم إلى أربعة أقسام :

١ – مياه منخفضة فى محتواها من الصوديوم : ويمكن استخدامها تقريبًا فى كل أنواع الأراضى ، دون خوف من تراكم كميات ضارة من الصوديوم المتبادل .

٢ – مياه متوسطة فى محتواها من الصوديوم : ويمكن استخدامها دون مشاكل فى الأراضى الخشنة القوام ذات النفاذية العالية ، ولكن استعمالها فى الأراضى التى تحتوى على نسبة مرتفعة من الطين ، والمنخفضة فى محتواها من المادة العضوية يؤدى إلى تراكم الصوديوم ، لأن نفاذيتها تكون منخفضة ، إلّا إذا توفر الجبس فى التربة .

٣ – مياه مرتفعة فى محتواها من الصوديوم : يؤدى استعمالها فى الرى إلى تراكم الصوديوم بشدة فى معظم الأراضى التى لا تحتوى على الجبس . ويتطلب استعمالها عناية خاصة ، إذ يلزم توفير صرف جيد وغسيل جيد مع إضافة المادة العضوية لتحسين صفات التربة الطبيعية ، وتلزم أحيانًا إضافة الجبس الزراعى لإحلال الكالسيوم محل الصوديوم على حبيبات الطين .

٤ – مياه مرتفعة جدًّا فى محتواها من الصوديوم : وهذه لا يمكن استعمالها فى الرى إلّا إذا كانت منخفضة فى محتواها من الأملاح الكلية ، حيث يمكن تلافى أضرار الصوديوم باستخدام الجبس الزراعى والغسيل الجيد ، كما يمكن إضافة الجبس الزراعى إلى ماء الرى نفسه بطريقة آلية .

تقسيم مياه الرى حسب محتواها من البورون

نظرًا لتفاوت المحاصيل المختلفة فى تحملها للبورون ، فإن مياه الرى تقسم من حيث نوعيتها تقسيمًا يدخل فى اعتباره درجة حساسية المحاصيل للبورون (جدول ٨ – ٧) .

جدول (٨ ـ ٧) تقسيم مياه الرى حسب محتواها من البورون ومدى صلاحيتها لرى المحاصيل المختلفة

نوعية المياه ومدى صلاحيتها للرى	الحد الأقصى لمحتوى المياه من البورون (بالجزء فى المليون) بالنسبة للمحاصيل		
	الحساسة للبورون	المتوسطة التحمل للبورون	العالية التحمل للبورون
ممتازة	< ٠,٣٣	< ٠,٦٧	< ١,٠٠
جيدة	٠,٣٣ ـ ٠,٦٧	٠,٦٧ ـ ١,٣٣	١,٠٠ ـ ٢,٠٠
مقبولة	٠,٦٧ ـ ١,٠٠	١,٣٣ ـ ٢,٠٠	٢,٠٠ ـ ٣,٠٠
مشكوك فى صلاحيتها	١,٠٠ ـ ١,٢٥	٢,٠٠ ـ ٢,٥٠	٣,٠٠ ـ ٣,٧٥
غير صالحة	< ١,٢٥	< ٢,٥٠	< ٣,٧٥

هذا .. وتقسم الخضروات حسب تحملها للبورون فى ماء الرى إلى الأقسام التالية :

١ – خضروات حساسة للتركيزات المنخفضة التى تصل إلى ٠,٥ – ١,٠ جزء فى المليون من البورون ، وتشمل : الفاصوليا – الطرطوفة .

٢ – خضروات متوسطة التحمل ، ويمكنها النمو فى تركيزات تصل إلى ١ – ٢ جزء فى المليون من البورون ، وتشمل : فاصوليا الليما – البطاطا – الفلفل – الطماطم – القرع العسلى – الذرة السكرية – البسلة – الفجل – البطاطس – الكرفس .

٣ – خضروات قادرة على تحمل تركيزات مرتفعة من البورون تصل إلى ٢ – ١٠ أجزاء فى المليون ، وتشمل : الجزر – الخس – الكرنب – اللفت – البصل – الفول الرومى – القاوون – البنجر – الهليون .

ومن المحاصيل الأخرى الشديدة التحمل للبورون فى مياه الرى : النخيل ، وبنجر السكر ، والبرسيم الحجازى .

وقد رتبت خضروات كل مجموعة تصاعديًا حسب مقدرتها على تحمل البورون (Thorne & Peterson ١٩٥٤ ، Allison ١٩٦٤) .

أضرار زيادة الكربونات والبيكربونات فى مياه الرى

تؤدى زيادة محتوى المياه من الكربونات والبيكربونات إلى زيادة قلوية التربة ، حيث إنهما قد ترسبان الكالسيوم والمغنسيوم ، ومن ثم تؤديان إلى زيادة النسبة المئوية للصوديوم المتبادل كالتالى :

$كا^{++} + ص^{+} + ٣\ يدك أ_{٣} \longrightarrow كا\ ك أ_{٣}$ (تترسب) $+ ص^{+} - يدك أ_{٣}^{-} + ك أ_{٢} + يد_{٢} أ$

٨ – ٨ – ٢ : الحد الأقصى المأمون للعناصر الدقيقة (الصغرى) فى ماء الرى

تتحدد نوعية مياه الرى بمقدار ما تحتويه من العناصر الدقيقة ، لأن وجود هذه العناصر بتركيزات منخفضة قد يكون سماً للنباتات . ويوضح جدول (٨ – ٨) الحد الأقصى المأمون للعناصر الدقيقة فى ماء الرى .

جدول (٨ ـ ٨) : الحد الأقصى المسموح به للعناصر الدقيقة فى مياه الرى .

العنصر	للاستعمال باستمرار فى جميع أنواع الأراضى (بالجزء بالمليون)	للاستعمال لمدة ٢٠ عاما فى الأراضى الخفيفة ذات pH من ٦ ـ ٨,٥ (بالجزء بالمليون)
الألومنيوم	٥,٠	٢٠,٠
الزرنيخ	٠,١٠	٢,٠
البريليم	٠,١٠	٠,٥
البورون	٠,٧٥	١٠,٠ ـ ٢,٠
الكادميم	٠,٠١	٠,٠٥
الكروم	٠,١٠	١,٠
الكوبالت	٠,٠٥	٥,٠
النحاس	٠,٢	٥,٠
الفلور	١,٠	١٥,٠
الحديد	٥,٠	٢٠,٠
الرصاص	٥,٠	١٠,٠
الليثيم	٢,٥	٢,٥
المنجنيز	٠,٢	١٠,٠
الموليبدنم	٠,٠١	٠,٠٥
النيكل	٠,٢	٢,٠
السيلينيم	٠,٠٢	٠,٠٢
الفاناديم	٠,١	١,٠
الزنك	٢,٠	١٠,٠

٨ – ٨ – ٣ : تأثير ملوحة التربة وماء الرى على محاصيل الخضر

تؤدى الملوحة الزائدة فى التربة أو فى ماء الرى إلى ضعف إنبات البذور بدرجة كبيرة ، وتهتك بعض أنسجة الجذور ، وموت معظم النباتات . ويرجع ذلك للأسباب التالية :

١ – زيادة الضغط الإسموزى للمحلول الأرضى ، وبالتالى فشل البذور والنباتات فى الحصول على كل احتياجاتها من الماء .

٢ – الضرر المباشر الذى تحدثه التركيزات المرتفعة من أيونى الصوديوم والكلور .

٣ – عدم اتزان العناصر الغذائية فى المحلول الأرضى ، وظهور أعراض نقص بعض العناصر .

٤ – ما تحدثه هذه الأملاح من تغيرات فى الخواص الطبيعية والكيميائية للأراضى .

ويمكن إجمال تأثير المستويات المختلفة من ملوحة التربة على نباتات الخضر ، كما فى جدول (٨ – ٩) .

وللتعرف على الجوانب الفسيولوجية المتعلقة بملوحة التربة ، وعلاقة ذلك بالنباتات ، فإنه يمكن الرجوع إلى Hollander وآخرين (١٩٧٩) ، وهو مرجع يتضمن العديد من المقالات التى تعالج موضوع الملوحة من كافة جوانبه ، نخص منها بالذكر مقالة Rains (١٩٧٩) التى تتناول موضوع المقاومة للملوحة فى النباتات من الوجهتين الوراثية والفسيولوجية .

جدول (٨ ـ ٩) : التأثير العام للمستويات المختلفة من الملوحة على نباتات الخضر .

درجة التوصيل الكهربائى (ECe)	التأثير
صفر ـ ٢	ليس للملوحة اى تأثير يذكر
٢ ـ ٤	قد يتأثر محصول النباتات الحساسة للملوحة
٤ ـ ٨	يقل محصول الكثير من إنواع الخضر
٨ ـ ١٦	لاتغل محصولا مقبولا سوى الخضروات المقاومة للملوحة
> ١٦	لاتغل محصولا مقبولا سوى أشد النباتات تحملا للملوحة

٨ – ٨ – ٤ : توفير المياه الجوفية لاستخدام النبات بالطريقة الكهربائية

استحدثت إحدى الشركات التجارية بالنمسا (Chemserv) أسلوبًا جديدًا لإحضار الماء للنباتات من الأعماق ، وأطلقت عليه الاسم التجارى أجرونت agronet . ويتكون النظام من شبكة موصلة للتيار الكهربائى يوضع فيها القطب السالب (الكاثود) فى مجال نمو الجذور ، بينما يوضع القطب الموجب (الآنود) فى طبقات التربة المحتوية على الماء . ويوصل الجهاز بدائرة كهربائية ، كما يمكن تشغيله بالطاقة الضوئية ، حيث يعمل بفرق الجهد الذاتى أثناء النهار . ويتراوح الجهد الكهربائى اللازم للتشغيل من ٢ – ٨ فولت ، وهو غير خطر ، فيمكن للإنسان ملامسة القطب السالب دون حذر ولا يستهلك الجهاز سوى ٠,٠٥ كيلوات من الكهرباء لكل ١٠٠٠ متر مربع من الأرض .

ويحقق هذا الجهاز الوظائف والفوائد التالية :

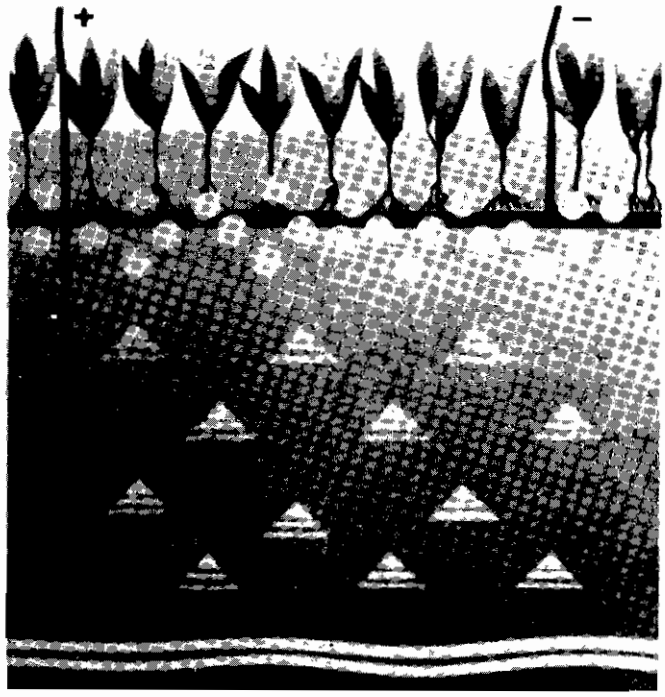
١ – يعمل على نقل الماء من طبقات الأعماق إلى شبكة أجرونت فى منطقة إنبات البذور من خلال التوليد الكهربائى بواسطة التأثير الكهرإسموزى . وأثناء انتقال الماء ، فإنه يفقد ملوحته بترسبها فى المسام الأرضية قبل وصولها إلى الكاثود السالب . ومع ذلك .. فلا تنتقل من أعماق التربة إلا كمية الماء التى تحتاجها الجذور .

٢ – يعمل الجهاز كذلك على تجميع ماء الرى المضاف – فى الأراضى الكثيرة المسام – فى شبكة أجرونت لامتصاص الجذور .

٣ – من مزايا هذا النظام أن سطح التربة يظل جافًا ، الأمر الذى يزيد معه من تهوية التربة ، ولا تنمو عليها الطحالب ، وتقل الحشائش .

٤ – كما لا تجرف أو تغسل العناصر السمادية بالماء ، نظرًا لبقائها فى شبكة أجرونت .

ويفيد هذا النظام فى المناطق التى تتوفر فيها مياه جوفية كافية . ولا يتطلب تشغيل الجهاز أكثر من تثبيت القطب الموجب فى مستوى الماء الجوفى ، والقطب السالب فى الشبكة التى تكون بعرض نصف متر ، وتوضع بعمق الجذور تحت سطح التربة (حوالى ٣٠ سم) (شكل ٨ – ٨) هذا .. ويصنع النسيج الأساسى لشبكة أجرونت من البلاستيك .



شكل ٨ – ٨ : تقل الرطوبة الأرضية من مستوى الماء الأرضى إلى منطقة نمو الجذور بالطريقة الكهربائية .

٨ – ٩ : علاقة التربة والماء بالنبات

٨ – ٩ – ١ : الرطوبة الأرضية ، ومدى تيسرها للنبات

عند إضافة الماء إلى التربة ، فإنه يبللها إلى أعماق تتوقف على كمية الماء المضافة ، لأن تجمعات التربة soil aggregates تشد إليها الماء فى طبقات متتالية ، ويقل شدها تدريجيًّا كلما بعد الماء عن سطح جوامد الأرض ، حتى يصل مقدار شد التربة للماء إلى $\frac{1}{3}$ ضغط جوى ، حينئذ لا يمكن لجوامد التربة شد الماء إليها ، فيتحرك إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية . وتعرف كمية الماء التى تحتفظ بها التربة ضد الجاذبية الأرضية بالسعة الحقلية Field Capacity ، ويعبر عنها كنسبة مئوية من الوزن الجاف للتربة .

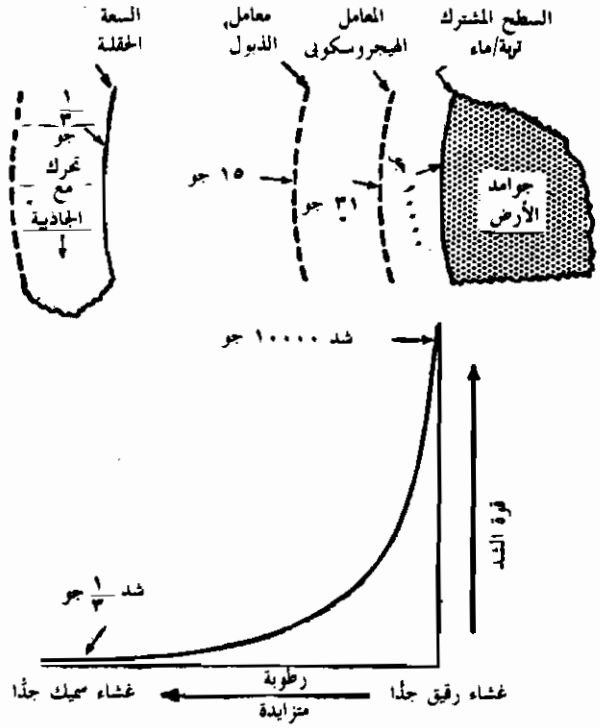
وفى البداية تكون كل مسام التربة مملوءة بالماء ، ومع تحرك الماء لأسفل فى الفراغات الكبيرة بين تجمعات التربة تصبح هذه المسام مملوءة بالهواء ، بينما يبقى نصف المسام -- وهى الموجودة داخل تجمعات التربة – مملوءًا بالماء الذى تحتفظ به التربة ضد الجاذبية الأرضية . فالتربة عند السعة الحقلية بها نصف المسام مملوءًا بالماء ، والنصف الآخر مملوء بالهواء .

ومع امتصاص النباتات للماء يقل سمك غشاء الماء المحيط بجوامد التربة تدريجيًّا ، وتزيد قوة احتفاظ التربة بهذا الماء ، فتقل بالتالى مقدرة النبات على امتصاصه ، حتى تصل قوة احتفاظ التربة بالماء إلى ١٥ ضغط جوى ، حيث يستحيل على معظم النباتات امتصاص الماء عند هذه النقطة ، وهى التى تعرف بمعامل الذبول Wilting Coefficient .

ويعرف الماء الميسر لامتصاص النبات بأنه ذلك الجزء الذى تحتفظ به جوامد التربة بقوة شد تتراوح من $\frac{١}{٣}$ إلى ١٥ ضغط جوى ، أى هو المحتوى المائى للتربة ما بين السعة الحقلية ومعامل الذبول .

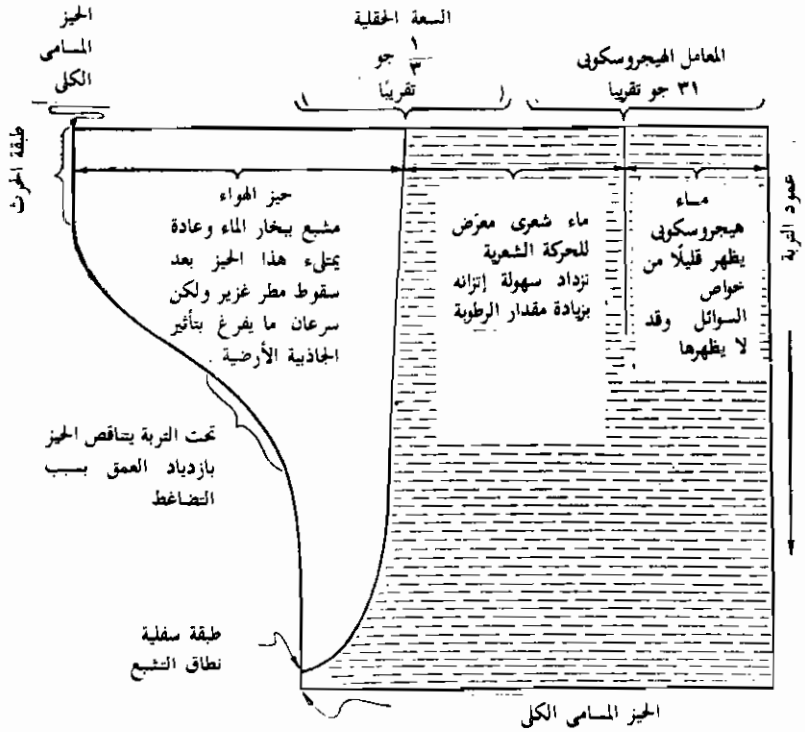
ومع استمرار جفاف التربة بعد ذلك بفعل التبخر يقل سمك الغشاء المائى الذى تحتفظ به التربة ، وتزداد قوة احتفاظها به ، حتى يصل مقدار شد التربة للغشاء المائى إلى ٣١ ضغط جوى ، حيث يصعب فقد الماء من التربة بالتبخر بعد ذلك تحت الظروف العادية . ويعرف هذا الحد بالمعامل الهيجروسكوبى ، كما يعرف الماء الذى تحتفظ به التربة حينئذ بالماء الهيجروسكوبى Hygroscopic Water . وهذا الماء لا يفقد إلّا بالتسخين فى الأفران على درجة حرارة مرتفعة ، لأن التربة تحتفظ به بقوة كبيرة تصل عند السطح المشترك بين التربة والماء إلى نحو١٠٠٠٠ ضغط جوى .

هذا .. وتظهر العلاقات المائية التى سبق شرحها فى شكل (٨ – ٩) .



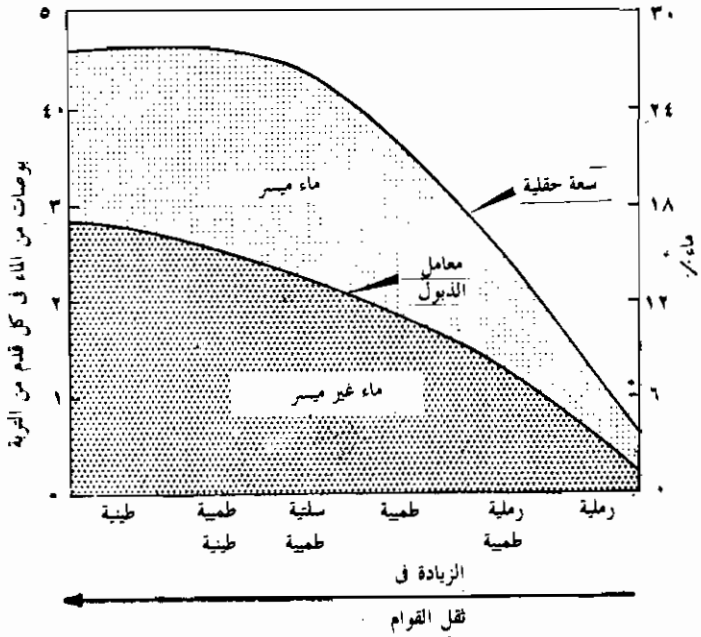
شكل ٨ – ٩ : التغير فى قوة الشد الرطوبى مع التغير فى سمك الغلاف المائى المحيط بحبيبات التربة (بكمان وبرادى ١٩٦٠) .

كما يبين شكل (٨ – ١٠) كيف أن الماء المحصور ما بين قوتى شد ٣١ ضغط جوى و $\frac{1}{3}$ ضغط جوى – أى ما بين المعامل الهيجروسكوبى والسعة الحقلية – يمكن أن يتحرك بالخاصية الشعرية فى المسام الدقيقة للتربة من المناطق الأكثر رطوبة إلى المناطق الأقل رطوبة ، حتى تصل التربة إلى حالة اتزان رطوبى ، وتزداد سرعة حركة هذا الماء بزيادة مقدار الرطوبة . يعرف هذا الماء بالماء الشعرى Capillary Water .



شكل ٨ – ١٠ : المستويات المختلفة من الرطوبة الأرضية وتحرك الماء فى التربة (بكمان وبرادى ١٩٦٠) .

هذا .. وتختلف الأراضى فى نسبة الرطوبة التى تحتفظ بها ضد الجاذبية الأرضية (السعة الحقلية) وفى نسبة الرطوبة غير الميسرة لامتصاص النبات (بداية من معامل الذبول) وبالتالى فإنها تختلف فى كمية الماء التى تكون ميسرة لامتصاص النبات . فمع الزيادة فى ثقل قوام التربة تزداد كل من الرطوبة عند السعة الحقلية ، والرطوبة عند معامل الذبول ، لكن الزيادة فى السعة الحقلية تكون أكبر من الزيادة فى معامل الذبول ، وتكون النتيجة زيادة كمية الماء الميسر لامتصاص النبات مع الزيادة فى ثقل قوام التربة ، كما هو مبين فى شكل (٨ – ١١) .



شكل ٨ – ١١ : كمية الماء الأرضى الميسرة لامتصاص النبات (وهى المحصورة بين نسبتى الرطوبة عند السعة الحقلية وعند نقطة الذبول الدائم) فى الأنواع المختلفة من الأراضى .

ويمكن القول إجمالًا أن نسبة الماء الميسر لامتصاص النبات (٪ من حجم التربة) تبلغ :

١ – أقل من ١٢,٥٪ فى الأراضى الرملية الخشنة Coarse Sand ، والرملية الخشنة الطميية Loamy Coarse Sand ، والطميية الرملية الخشنة Coarse Sandy loam .

٢ – من ١٢,٥ – ٢٠٪ فى الأراضى : الرملية الطميية Loamy Sand الطينية Clay الطينية الرملية Sandy Clay الطينية السلتية Silty Clay الطميية الطينية Clay loam الطميية السلتية الطينية Silty Clay loam الطميية Loam .

٣ – أكثر من ٢٠٪ فى الأراضى : الطميية الرملية الناعمة جدًّا very fine sandy loam ، والطميية السلتية Silty loam ، والبيت Peaty Soil (Fordham & Biggs) ١٩٨٥ .

٨ – ٩ – ٢ : تقسيم نباتات الخضر حسب حاجتها للرطوبة

تقسم النباتات حسب حاجتها للماء إلى ثلاثة أقسام :

١ – **نباتات محبة للرطوبة** Hydrophytes : وهى التى تعيش فى الماء أو تحتاج لتوفر الرطوبة الأرضية دائماً بكميات كبيرة ، ومن أمثلتها فى محاصيل الخضر : القلقاس ، والكرسون المائى .

٢ – **نباتات متوسطة فى احتياجاتها للماء** Mesophytes : وهى التى تتعرض للذبول إذا فقدت نحو ٢٥٪ من محتواها الرطوبى ، وتشمل معظم النباتات المزروعة مثل : الطماطم ، والفلفل وغيرهما.

٣ – نباتات تتحمل ظروف الجفاف Xerophytes : وهى التى لا تتعرض للذبول إلّا بعد أن تفقد من ٥٠ – ٧٥٪ من رطوبتها ، كما أن تركيبها يسمح لها بمقاومة ظروف الجفاف . ومن أمثلتها من محاصيل الخضر : السبانخ النيوزيلاندى (Meyer وآخرون ١٩٦٠ ، Yamaguchi ١٩٨٣) .

٨ – ٩ – ٣ : التغيرات الفسيولوجية المصاحبة للتغيرات فى الرطوبة الأرضية

نوجز فيما يلى الحالة الفسيولوجية التى تكون عليها النباتات فى المستويات المختلفة من الرطوبة الأرضية :

أولًا : عندما تكون الرطوبة الأرضية مناسبة :

عندما تكون الرطوبة الأرضية فى المجال المناسب يتساوى معدل النتح مع معدل امتصاص الماء من التربة (فى الواقع أن معدل النتح يكون أعلى قليلًا من معدل امتصاص الماء ، ابتداء من الثامنة صباحاً ، حتى الخامسة بعد الظهر ، وأقل قليلاً من معدل امتصاص الماء من الخامسة بعد الظهر حتى الثامنة صباحاً) ، ويتبع ذلك ما يلى :

١ – تكون الخلايا الحارسة منتفخة turgid .

٢ – تكون الثغور مفتوحة .

٣ – ينفذ ثانى أكسيد الكربون بسرعة إلى الأوراق .

٤ – يكون معدل التمثيل الضوئى عاليًا .

٥ – يكون معدل التنفس عاديًا .

٦ – يتوفر الكثير من المواد الكربوهيدراتية للنمو .

ثانياً : عندما تكون الرطوبة الأرضية أقل من اللازم يقل امتصاص الماء ، ويتبع ذلك ما يلى :

١ – يقل انتفاخ الخلايا الحارسة .

٢ – تقل مساحة الثغور .

٣ – يقل معدل تمثيل الغذاء ، وإن كان ذلك أمرًا مشكوكًا فيه .

٤ – يقل النمو والمحصول ، وتعيش النباتات على الغذاء المخزن .

٥ – تقل المقاومة لأضرار البرودة فى حالة النباتات التى تبقى خلال فصل الشتاء .

ثالثًا : عندما توجد زيادة فى الرطوبة الأرضية

عندما تزيد الرطوبة الأرضية عن اللازم يكون معدل امتصاص الماء أكثر من معدل النتح ، ويتبع ذلك :

١ – زيادة فى حجم الخلايا ، وزيادة طول النبات ، وتكون البادرات طويلة ورهيفة leggy .

٢ – ظهور تشققات النمو growth cracks ، كما فى الطماطم والبطاطا .

٨ – ٩ – ٤ : حالات الذبول الفسيولوجى

قد يكون الذبول لأسباب مرضية ، أو لأسباب فسيولوجية ، فالذبول المرضى يحدث نتيجة لإصابة جذور النباتات أو حزمها الوعائية بالمسببات المرضية التى تعوق عملية امتصاص الجذور للماء ، أو انتقاله فى أوعية الخشب إلى باقى أجزاء النبات ، أما الذبول الفسيولوجى ، فإنه يحدث فى الحالات الآتية :

١ – الذبول المؤقت فى درجات الحرارة المرتفعة

يحدث وقت الظهيرة ، وينشأ عن زيادة النتح عن معدل امتصاص الماء من التربة ، بالرغم من توفر الماء بالتربة ، لكن يزداد ظهوره مع زيادة نقص الرطوبة الأرضية . وتعود النباتات لحالتها الطبيعية قرب المساء .

٢ – الذبول الناشىء عن زيادة ملوحة التربة

يحدث نتيجة لزيادة الضغط الإسموزى للمحلول الأرضى ، كما يظهر أحيانًا عند زيادة التسميد بالقرب من النباتات ، حيث يتحرك الماء فى الاتجاه العكسى ، أى من الجذور إلى المحلول الأرضى . ويحدث هذا النوع من الذبول ، بالرغم من توفر الرطوبة فى التربة .

٣ – الذبول الناشىء عن سوء التهوية ورداءة الصرف

يحدث فى الأراضى الرديئة الصرف ، وعند زيادة الرطوبة الأرضية ، حيث تختنق الجذور ، ولا يمكنها امتصاص الماء اللازم للنبات .

٤ – الذبول الناشىء عن نقص الرطوبة الأرضية

يحدث عند وصول الرطوبة الأرضية إلى نقطة الذبول الدائم ، ويعقبه موت النباتات ، نتيجة جفاف بروتوبلازم الخلايا .

٥ – الذبول الناشىء عن انخفاض درجة حرارة التربة

يحدث ذلك عند انخفاض درجة حرارة التربة – وبالرغم من توفر الرطوبة بها – خاصة وسط النهار عندما تكون الشمس ساطعة ، حيث يزداد النتح عن مقدرة النبات على امتصاص الرطوبة ، نظراً لأن الحرارة المنخفضة تؤدى إلى ما يلى :

(أ) نقص الطاقة الحركية Kinetic energy للماء الأرضى .

(ب) زيادة لزوجة الماء الأرضى .

(جـ) زيادة درجة التوتر السطحى للماء الأرضى .

وجميعها عوامل تقلل من حركة الماء فى التربة .

(د) نقص نفاذية خلايا النبات للماء .

(هـ) زيادة لزوجة بروتوبلازم الخلايا .

(و) نقص استطالة الجذور .

(ز) نقص النشاط الحيوى لأنسجة الجذر .

وجميعها عوامل تقلل من امتصاص الجذور للماء .

وأكثر الخضر تأثرًا بهذا النوع من الذبول هى الخضر الصيفية (Edmond وآخرون ١٩٧٥) .

تأثير ذبول الأوراق على عملية البناء الضوئى

تعتبر كمية الماء التى يحتاجها النبات فى عملية البناء الضوئى قليلة جدًّا إذا ما قورنت بما يحتاجه النبات لاستمرار نموه ونشاطه البيولوجى . وعلى ذلك .. فإن عملية البناء الضوئى لا تتوقف عند نقص الرطوبة الأرضية بسبب التأثير المباشر لنقص الرطوبة وإنما إلى تأثيرات غير مباشرة ، منها حالة الجفاف hydration التى تحدث للبروتوبلازم وغلق الثغور ، فيؤدى جفاف البروتوبلازم إلى التأثير على تركيبه الغروى ، ومن ثم تتأثر كل العمليات الحيوية التى تجرى فيه ، وخاصة النشاط الإنزيمى .

أما بالنسبة لغلق الثغور عند ذبول الأوراق وتأثير ذلك على معدل التمثيل الضوئى ، فإن هذه النظرية قد واجهتها تحديات كثيرة ، حيث وجد أن معدل التمثيل الضوئى يظل مرتفعًا ، وبمعدله الطبيعى ، حتى تبدأ الأوراق فى الذبول ، كما لم يتأثر معدل نفاذية غاز ثانى أكسيد الكربون خلال الثغور فى أوراق الذرة الذابلة بدرجة ملحوظة . وواقع الأمر أن الثغور التى تبدو مغلقة بالفحص الميكروسكوبى تعتبر مفتوحة بالقدر الكافى لنفاذ غاز ثانى أكسيد الكربون بصورة طبيعية (Devlin ١٩٧٥) .

هذا .. وللتعمق فى موضوع فسيولوجيا النباتات المعرضة لظروف الجفاف يراجع Turner & Kramer (١٩٨٠) ، ومقالات مجموعة العمل الخاصة التى نظمتها الجمعية الأمريكية لعلوم البساتين عن فسيولوجيا النباتات البستانية المعرضة لظروف الجفاف أو الغرق (American Society for Horticultural Seience ١٩٨١) .

٨ - ٩ - ٥ : فسيولوجيا النباتات المعرضة لظروف ارتفاع منسوب الماء الأرضى والغرق

يؤدى ارتفاع منسوب الماء الأرضى water logging والغرق flooding إلى نقص الأكسجين بالنبات ، ويكون ذلك مقرونًا بالأعراض التالية :

١ - نقص نمو الساق .

٢ - اصفرار الأوراق السفلى للنبات .

٣ - ظهور انحناء لأسفل epinasty واضح بأنصال الأوراق .

٤ - تكون جذور عرضية فى بعض النباتات ، كما فى الطماطم .

٥ - ذبول الأوراق .

وترجع معظم هذه التأثيرات إلى أن ظروف الغرق تمنع التنفس الهوائى فى الجذور ، ويتبع ذلك نقص فى إنتاج الطاقة من الغذاء ، يعقبه حدوث تغيرات فى الميتابولزم ، كما يزيد إنتاج الإيثيلين فى سيقان وأوراق الطماطم المعرضة لظروف الغرق .

وربما يرجع التضخم الذى يلاحظ أحيانًا بقواعد السيقان ، وتكون الجذور العرضية إلى الإيثيلين . كما لوحظ أن البرولين proline الحر (غير البروتينى) يزداد تركيزه فى النباتات المعرضة لظروف الغرق (Kuo & chen ١٩٨٠) .

وأهم ما يميز النباتات التى تعانى من ارتفاع منسوب الماء الأرضى هو اتجاه نمو أعناق الأوراق لأسفل ، وهى الحالة المعروفة باسم epinasty . وترجع هذه الظاهرة إلى زيادة نمو الخلايا على السطح العلوى لأعناق الأوراق ، عنه على السطح السفلى . وهذه الظاهرة لا تكون مصاحبة بذبول النباتات ، لأنها أساسًا ظاهرة نمو يلزم معها أن تكون الخلايا منتفخة turgid وطبيعية .

ومن المعروف أن تعرض النباتات للإيثيلين يحدث أعراض الـ epinasty ، حتى ولو كان التعرض لتركيزات منخفضة جدًا . وقد أوضحت الدراسات أن مستوى الإيثيلين فى النباتات التى تعانى من ارتفاع منسوب الماء الأرضى يزيد عما هو فى النباتات التى تنمو فى ظروف طبيعية . وإضافة إلى ذلك فقد وجد أن مثبطات فعل الإيثيلين ، مثل أيونات الفضة ومشتقات البنزوثياديازول benzothiadizol ، تمنع حدوث الـ epinasty عند التعرض للغرق . وقد لوحظ أن معاملة نباتات الطماطم بالـ ethephon مع ماء الرى قد أحدثت تأثيرًا مماثلًا لتأثير الغرق (Bradford & Yang ١٩٨١) .

هذا .. ويعطى Levitt (١٩٨٠) التفاصيل الخاصة باستجابة النباتات لكل الظروف البيئية القاسية ، سواء ما كان منها متعلقًا بالرطوبة الأرضية ، أم الملوحة ، أم درجات الحرارة .

٨ - ١٠: المراجـــع

الإدارة العامة للتدريب - وزارة الزراعة - جمهورية مصر العربية (١٩٨٣) . إنتاج الخضر وتسويقها . القاهرة - ٤٢٢ صفحة .

بكمان ، هارى ، ونيبل برادى (١٩٦٠) . طبيعة الأرض وخواصها. ترجمة أمين عبد البر ، وأحمد جمال عبد السميع ، وعبد الحليم الدماطى . مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة - ٧٠١ صفحة .

مرسى ، مصطفى على ، وأحمد إبراهيم المربع ، وعاصم بسيونى جمعة (١٩٥٩) . نباتات الخضر . الجزء الأول : أساسيات إنتاج نباتات الخضر . مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة - ٥٠٠ صفحة .

Allison, L.E. 1964. Salinity in relation to irrigation. Adv. Agr. 16: 139-180.

American Society for Horticultural Science. 1981. Adaptation to water stress in plants. HortScience 16: 23-38.

Amoco Moisture Barrier Company. 1971. Productive soil from sand. Chicago, Illinois.

Bradford, K.J. and S.F. Yang. 1981. Physiological responses of plants to waterlogging. HortScience 16: 25-30.

Buckman, H.O. and N.C. Brady. 1960. The nature and properties of soils. McMillan, N.Y. 567p.

Davis, J.F. and R.E. Lucas. 1959. Organic soils, their formation, distributionm, utilization and management. Mich. State Univ., Agr. Exp. Sta., Spec. Bul. 425. 156p.

Edmond, J.B., T.L. Senn, F.S. Andrews and R.G. Halfacre. 1975. (4th ed.). Fundamentals of horticulture. McGraw-Hill Book Co., N.Y. 560 p.

Fordham, R. and A.G. Biggs. 1985. Principles of vegetable crop production. Collins professional and Technical Books, London. 215p.

Foth, H.D. 1978. Fundamental of soil science. Wiley, N.Y. 436 p.

Hansen, C.M. and A.E. Erickson. 1969. Use of asphalt to increase water-holding capacity of droughty sand soils. I & EC Product Res. & Dev. 8: 256-259.

Hollander, A., J.C. Aller, E. Epstein, A. San Pietro and O.R. Zaborsky (Eds). 1979. The biosaline concept: an approach to the utilization of underexploited resources. Plenum Pr., N.Y. 391 p.

Israelsen, O.W. 1950. Irrigation principles aud practices. Wiley, N.Y. 405p.

Israelsen, O.W. and V.E. Hansen. 1962. Irrigation principles and practices. Wiley, N.Y. 447p.

Knott, J.E. 1957. Handbook for vegetable growers. Wiley, N.Y. 245p.

Kuo, C.G. and B.W. Chen. 1980. Physiological responses of tomato cultivars to flooding. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105: 751-755.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. vol. II.Water, radiation, salt, and other stresses. Academic Pr., N.Y. 606p,

Lorenz, O.A. and D.N. Maynard. 1980 (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley- Interscience, N.Y. 390p.

Mass, E.V. 1984. Crop tolerance. California Agr. 38 (10): 20-22.

Meyer, B.S., D.B. Anderson and R.H. Böhning. 1960. Introduction to plant physiology. D. Van Nostrand, N.Y. 541p.

Millar, C.E., L.M. Turk and H.D. Foth. 1965 (4th ed.). Fuudamentals of soil science. Wiley, N.Y. 491p.

Oster, J.D., G.J. Hoffman and F.E. Robinson. 1984. Management alternatives: crop, water and soil. Calif, Agr. 38 (10): 29-32.

Rains, D.W. 1979. Salt tolerance in plants: strategies of biological systems. In A. Hollander, J.C. Aller, E.Epstein, A. San Pietro and O.R. Zaborsky (Eds.) The Biosaline Concept: An Approach to the Utilization of underexposed Resources; pp. 47-69. Plenum Pr., N.Y.

Russell, E.W. 1973. (10th ed.). Soil conditions and plant growth. The English Language Book Society, London. 849p.

Saxena, G.K., L.C. Hammond and H.W. Lundy. 1971. Effect of an asphalt barrier on soil water and on yields and water use by tomato and cabbage. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 218-222.

Soil Improvement Committee, California Fertilizer Association. 1980. Western Fertilizer handbook. Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois. 269p.

Thompson, H.C. and W.C. Kelly. 1957. Vegetable crops. McGraw-Hill Book Co., Inc., N.Y. 611p.

Thorne, D.W. and H.B. Peterson. 1954. (2nd ed.). Irrigated soils: their fertility and management. TATA McGraw Pub. Co., Ltd., Bombay. 392p.

Turner, N.C. and P.J. Kramer. (Eds). 1980. Adaptation of plants to water and high temperature stress. Wiley, N.Y. 482p.

Yamaguchi, M. 1983. World vegetables: principles, production and nutritive values. AVI Pub. Co., Inc., West port, Connecticut. 415 p.