درجة تركيز ايون الايدروجين
وخصوبة التربة

لمحمد عبد الحميد ابراهيم مصطفى
الإخصائي بقسم الكيمياء، بوزارة الزراعة

تعزى حموضة التربة أو قلويتها إلى درجة تركيز ايون الأيدروجين فى محلولها، ولقد اصطلح على قياس هذه الدرجة والتعبير عنه برقم عددى يعرف برقم الـ PH فتعتبر الأراضى ذات الـ PH متعادلة التأثير، كما أن ارتفاع هذا الرقم يدل على القلوية كما يدل انخفاضه على الحامضية. ونظراً لما لدرجة تركيز ايون الأيدروجين من الأهمية فى تحديد حالة التربة الزراعية وخصبها فقد اتجه التفكير فى الأعوام الأخيرة إلى القيام بأبحاث متعددة فى شتى النواحى الزراعية ترمى أولا إلى معرفة مدى تأثير حموضة الأرض أو قلويتها على درجة خصوبتها، وثانياً إلى معرفة طبيعة تغاير التأثير الحامضى أو القلوى للأراضى، نتيجة لوجود مواد حامضية أو قلوية بها.

ولا بد أن نذكر أن تأثير درجة تركيز الأيدروجين لا تتناول فقط حالة النبات من حيث النمو، بل تتعداها إلى تحديد الخواص الطبيعية والكيماوية والحيوية للأراضى، وهذا مما يؤثر بطريقة غير مباشرة على الغذاء النباتى.

وسنوجز فيما يلى أهم هذه الأبحاث:

١ - العلاقة بين درجة تركيز الإيدروجين فى الأراضى ونمو النباتات:

يتأثر نمو كثير من النباتات إذا تغيرت درجة التركيز الإيدروجينى الملائم لكل منها فى الزرعات المائية أو الرملية تحت ظروف المعمل، ولكن هذا التغيير يقل أثره على نمو المحاصيل فى الحقل لتداخل عوامل كثيرة، كوجود القواعد مثل الكالسيوم، وكذلك العوامل الطبيعية من حرارة ورطوبة، وكما أن درجة التركيز الإيدروجينى فى التربة تؤثر على نمو النباتات بطريقة مباشرة فإنها تؤثر أيضاً بطريقة غير مباشرة، ففى الحالة الأولى تؤثر على عمليات الهدم والبناء، وفى الثانية تؤثر على صلاحية العناصر

الغذائية كالأزوت والفوسفور والحديد وغيرها ، فضلا عن تأثيرها على الخواص الطبيعية للأراضى .

فإذا كان رقم الـ PH عالياً أى كانت الأرض قلوية ساءت خواصها الطبيعية وهذا مما يعوق نمو الجذور ونشاط الكائنات الدنيا ، وعلى العكس من ذلك فإنه كلما كانت التربة ذات تأثير قريب من التعادل كانت خواصها الطبيعية أحسن والظروف أكثر ملاءمة لنمو المحاصيل الحقلية .

ومع أن درجة الحموضة أو القلوية تقدر فى المستخلص المائى وهو يخالف إلى حدما المحلول الأرضى الملاصق للجذور والشعيرات الجذرية ، إذ أننا فى تقدير رقم الـ PH فى المعمل نهمل ثانى أكسيد الكربون الموجود في التربة والذائب فى المحلول الأرضى والذى يتكون من عمليات الانحلال وتنفس الجذور والكائنات الدنيا. ورغم هذا فإن درجة التركيز الإيدروجينى للمستخلص المائى تعطينا فكرة حقيقية عن حالة الأرض من حيث الحموضة والقلوية .

وتتراوح درجة التركيز الإيدروجينى فى الأراضى بين ٣ و ٩ وربما تزيد عن ذلك فى الأراضى الشديدة القلوية ، ويمكننا اعتبار الأراضى ذات الـ PH الأقل من ٤٫٨ شديدة الحموضة والتى بين ٤٫٨ و ٥٫٢ معتدلة الحموضة والتى بين ٥٫٥ و ٧ قليلة الحموضة أو متعادلة تقريبا وما فوق ٧٫٥ قلوية .

٢ ـ العلاقة بين درجة تركيز ايون الإيدروجين من الأمراض التى تصيب النباتات:

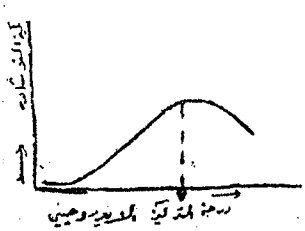
لم يلق هذا الموضوع الاهتمام الكافى من البحث والدراسة ، وكل ما يمكن أن يقال عنه هو عن طريق المشاهدات، فمثلا نجد أن مرض الأطارف Finger & Toe الذى يصيب نباتات العائلة الصليبية تشتد الإصابة به ويكثر انتشاره فى الأراضى الحمضية ويقل انتشاره فى الأراضى المتعادلة ، كما أن مرض التدرن الذى يصيب البطاطس تشتد وطأته فى الأراضى المتعادلة أو القلوية ، أما مرض الشلل الذى يصيب جذور الطماطم فيتفاقم فى الأراضى الحامضة .

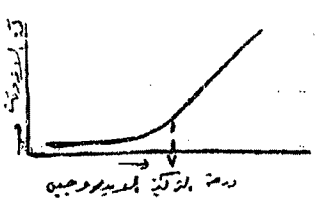
٣ ـ العلاقة بين درجة تركيز ايون الايدروجين والكائنات الدنيا بالتربة :

سنتكلم هنا عن أهم عمليتين تحدثان بالأراضى الزراعية ولهما علاقة كبيرة بخصوبة التربة :

(أ) دورة الأزوت : تعتبر الكائنات الدنيا أكثر حساسية لتغيرات التركيز الإيدروجينى من النباتات . ولا يهمنا منها هنا إلا التى لها علاقة بالعمليات الحيوية فى التربة الزراعية ، كتلك التى تدخل فى دورة الأزوت . ومع أن غالبية هذه الكائنات يمكنها أن تتحمل تغيرات كبيرة فى درجة التركيز الايدروجينى إلا أنها شديدة الحساسية ، فقد يقل نشاطها وقد يقف وقوفاً تاماً ، ولهذا يمكن القول بأن نشاط كل مجموعة منها محصور فى حيز ضيق من درجات التركيز الإيدروجينى .

فالنباتات تمتص عنصر الأزوت من التربة على صورة أزوتات إلا فى الحالات القليلة فيمكنها الاستفادة منه على صورة نوشادر . وما عملية انحلال المركبات الأزوتية المعقدة « البروتينات » سواء أكانت نباتية أم حيوانية إلى أزوتات إلا عملية حيوية تقوم بها مجموعة من الكائنات الحية الدنيا ، البكتريا وأنواع قليلة من الفطر ، كل منها يقوم بعملية خاصة ، فمثلا يؤثر بعض هذه الأنواع على المركبات الأزوتية المعقدة فى سلسلة من العمليات الحيوية لتكوين النوشادر ، ثم تؤثر على هذه بدورها أنواع أخرى فتحولها إلى أزوتات فى النهاية . وتختلف درجة التركيز الايدروجينى التى ينشط فيها كل نوع من هذه الأنواع . والرسم البيانى الآتى يظهر العلاقة بين نشاط هذه الكائنات الدنيا ودرجة التركيز الأيدروجينى الوسط الذى تنشط فيه هذه الأنواع :





والكائنات التى تعمل فى الخطوة الأولى ، وهى هدم المواد الأزوتية المعقدة ، البروتينات ، وتحويلها إلى نوشادر هى بكتيريا ميكويدس B.Mycoides وبكتيريا فلورسنس Ps. flouresscence وبكتيريا كوداتس Ps.caudatus وكذلك بعض أنواع من الفطر . وهذه الكائنات تنشط فى الوسط المتعادل تقريباً ويصل نشاطها إلى الذروة عند التعادل أى عند رقم PH ٧ .

أما الكائنات التى تقوم بالخطوة الثانية ، وهى تحويل النوشادر إلى أزوتات فهى بكتيريا نيتروسومانس B. nitrosomonas وبكتيريا نيتروباكتير Nitrobacter فإنها تنشط فى الوسط القلوى قليلا ، ومع كل ذلك فان هذه العملية تتم اسرع من سابقتها بدليل عدم وجود النوشادر فى الأراضى الزراعية الخصبة .

ومن هذا يتضح أن زيادة الحموضة ولو قليلا يعطل أو قد يقف الى حد ما الجزء الأول من العملية ، وفى الوقت نفسه قد يقف الجزء الثانى من العملية وقفاً تاماً . وعلى ذلك فى الأراضى الزائدة الحموضة قد يتجمع النوشادر. وقد ثبت من التجارب المختلفة ان عملية التأزت تكون اسرع من عملية النشدرة عند رقم PH ٦٫٥ بينما تسير العمليتان بنفس السرعة تقريباً بين رقم PH ٦ و ٦٫٥

وتعتبر بكتيريا تثبيت الأزوت من الهواء الجوى اكثر حساسية لتغيير درجة التركيز الأيدوروجينى عن سابقتها . وقد أثبت Gainy بعد دراسات عديدة على أراض مختلفة أن الأراضى التى تقل عن درجة PH ٦ تكاد تكون خالية من هذه البكتريا، بينما تلائمها الأراضى الأكثر قلوية. وثبت من الدراسات العديدة ان عملية تثبت الأزوت الجوى بواسطة هذه الأنواع من البكتريا بطيئة فى الأراضى ذات درجة التركيز الأيدروجينى التى تتراوح بين رقم PH ٦ و ٦٫٨ بينما تنشط هذه الكائنات فيما بين رقم PH ٦٫٨ و ٧٫٦ ويصل أقصى نشاطها فيما بين رقم PH ٧٫٣ و ٧

وهناك أنواع أخرى من البكتريا التى تدخل فى دورة الأزوت ، وهذه هى الأنواع التى تختزل الأزوتات إلى نوشادر ثم تختزل هذه بدورها إلى أزوت يتطاير فى الهواء الجوى . ومن حسن الحظ أن هذه الكائنات لا تأثير لها فى الأرض الزراعية الخصبة ، ولكنها توجد فى الأراضى الغدقة الرديئة الصرف ، وتنشط هذه الكائنات فى الوسط القلوى ويبلغ أقصى نشاطها فيما بين رقم PH ٧ و ٨٫٢

(ب) انحلال المواد السليلوزية :

تنشط أنواع البكتيريا التى تحلل المركبات السليلوزية فيما بين رقم P H ٦٫٨ و ٧٫٥ ويقل نشاطها كثيراً فى الوسط الحامضى ، بل إن نشاطها يقف وقوفا تاماً فيما بين ٦ و ٦٫٥ . ويمكن الاستدلال على نشاط هـذه البكتريا فى عمل « السماد البلدى الصناعى » من المتخلفات النباتية ، إذ يقف نشاط هذه الكائنات إذا زادت نسبة الحموضة ، وبهذا تتعفن الكومة ويكون الناتج سماداً عديم القيمة . أما فى الحالات التى تكون فيها الكومة ذات درجة تأثير ايدروجينى متعادل أو قلوى قليلا فإن البكتيريا تنشط فى تحليل المواد السليلوزية وتحيلها إلى كومة من السماد العضوى الجيد. والمحافظة على الوسط الملائم يجب أن نستعمل فى عمل هـذه الكومات سماداً أزوتيا ذا تأثير فسيولوجى قلوى مثل سيناميد الجير أو أزوتات الصودا ، نترات الصودا ، أما فى حالة استعمال سلفات النوشادر فيحسن إضافة كربونات الجير الناعم إلى الكومة حتى يعادل تأثيرها الحامضى .

٤ - العلاقة بين درجة تركيز أيون الأيدروجين وصلاحية الفوسفات فى التربة:

إن لدرجة التركيز الأيدروجينى أثرا هاما فى قابلية فوسفات التربة الامتصاص أو بمعنى آخر فى صلاحيتها كغذاء للنبات . ونورد فيما يلى موجزا عن صلاحية فوسفات المعادن المختلفة بالأراضى :

(أ) فوسفات الكالسيوم: تكون الفوسفات صالحة للامتصاص عند ما تكون التربة متعادلة التأثير تقريباً ، وتزيد ذوبانها ، وبالتالى يسهل على النبات امتصاصها فى التربة التى تميل إلى الحموضة . أما فى الأراضى القلوية وخاصة إذا كانت القلوية نتيجة لوجود مركبات الكالسيوم مثل كربونات أو أيدروكسيد الكالسيوم فيقل ذوبان الفوسفات بل تكاد تكون عديمة الفائدة للنبات ، ويحدث ذلك نتيجة لتكوين مركب يعرف باسم الهيدروكسى أباتيت Hydroxy-Abatite ٣ كا ٣ « فو ٤ ، ٢ كا ، ١ يد ، ٢

(ج) فوسفات الحديد : سريعة الذوبان عند رقم PH ٦،٦ إذ يذوب منها حوالى ١٢ جزءا فى المليون ، ولا تتأثر نسبة الذوبان كثيراً بزيادة الحموضة ، بينما يقل ذوبانها كلما ارتفعت درجة التركيز الأيدروجينى ، فعند رقم PH ٩ تكاد تكون درجة ذوبانها ٣،٥ اجزاء فى المليون وتكاد تقل صلاحيتها عن هذا إذا كانت القلوية نتيجة لوجود كربونات الكالسيوم .

(د) فوسفات الألمونيوم : اكثر ذوبانا من فوسفات الحديد ، ولكنها تتأثر كثيراً باختلاف درجة الحموضة أو القلوية ، فعند رقم PH ٦،٦ يذوب منها ١١٣ جزءاً فى المليون ، وعند رقم PH ٩،٤ لا يذوب منها أكثر من ١٧ جزءاً فى المليون اذا كانت القلوية ترجع إلى وجود كربونات الكالسيوم ، أما إذا كانت القلوية نتيجة لوجود املاح الصوديوم فيكون الذائب منها عند درجة PH ٩،٤ أى نفس الدرجة السابقة ١٦١ جزءاً فى المليون ويعزى هذا الاختلاف الكبير إلى الفرق بين ذوبان الومنيات الصوديوم والومنيات الكالسيوم .

٥ ـ العلاقة بين درجة تركيز ايون الأيدروجين فى التربة وبين صلاحية الأسمدة الازوتية وتأثيرها الفسيولوجى :

تتأثر درجة التركيز الأيدروجين للأراضى إلى حد كبير بمداومة اضافة نوع خاص من الأسمدة الكيماوية ، فمثلا بتكرار استعمال سلفات النوشادر ونترات النوشادر واليوريا تتزايد حموضة التربة ، فى حين أن المداومة على استعمال نترات الصودا وسيناميد الجير خصوصاً فى الأراضى الطينية الثقيلة تزيد من قلوية الأراضى ، أما البودريت والدم المجفف والكسب فليس لها تأثير يذكر على زيادة الحموضة أو القلوية ، والجدول الآتى يبين تأثير بعض هذه الأسمدة على درجة التركيز الإيدروجينى لبعض الأراضى المصرية :

رقم وجهة العينة		رقم PH قبل المعاملة	رقم PH بعد المعاملة سلفات النوشادر	رقم PH بعد المعاملة نترات الصودا
٥٣٦ (ا) الكوامل	حياض	٨٫١٥	٨٫١	٩٫٢٥
٥٣٦ (ب)		٨٫١٠	٨٫٠	٩٫١٢
٥٧٢ (ا) حوض الهواشم	حياض	٨٫١	٧٫٩٣	٨٫٨٥
٥٧٢ (ب)		٨٫٢٥	٧٫٩	٨٫٨
٧١٧ (ا) تفتيش الوادى	قلوية	١٠٫٣٥	٨٫٥	١٠٫٠٠
٧١٧ (ب) »		١٠٫١٥	٨٫٣٥	٩٫٢٨

ويعزى التأثير الحامضى الذى تخلفه الأسمدة ذات التأثير الفسيولوجى الحامضى إلى ماتتركه من أحماض بعد تأزتها ، فتمتص النباتات الأزوتات ويبقى الجزء الحامضى بالتربة ، ومن هنا نرى أن صلاحية هذه الأسمدة تتوقف على سرعة تأزتها وبالتالى على مقدار الجير بالتربة ، إذ أن عملية التأزت كما سبق القول تحتاج إلى وسط متعادل أو يميل إلى القلوية قليلا ، وعلى ذلك يمكن القول بأن الأزوت المضاف إلى التربة على صورة سلفات النوشادر لايستهلك كله بواسطة النباتات ، أما فى حالة استعمال نترات الصودا فإن الأزوت يمتص مباشرة ويبقى الصوديوم بالتربة ، وهذا تتسبب عن تراكمه زيادة فى القلوية .

التحكم فى درجة التركيز الإيدروجينى :

رأينا فيما تقدم إلى أى مدى تتأثر الخواص الطبيعية والكيماوية والحيوية للأراضى بدرجة تركيز ايون الإيدروجين ، فيجب أن نفكر فى كيفية التحكم أو المحافظة على درجة التركيز الإيدروجينى المناسبة للمحاصيل الحقلية والعمليات الحيوية الهامة حتى نحافظ على خصوبة التربة . ويمكن التحكم فى درجة التركيز الإيدروجينى اعتماداً على نتائج التحليل بإضافة مايلزم للأراضى من كربونات الجير أو الجير فى حالة ما إذا كانت الأراضى حامضة ، أما فى حالة الأراضى القلوية فيمكن إضافة الكبريت أو الأحماض أو كبريتات النوشادر أو المواد العضوية حتى نحصل على الدرجة المطلوبة .