المحاضرة النظرية الثانية

دراسة بعض الخصائص الكيميائية للتربة

درجة تفاعل التربة (pH التربة)

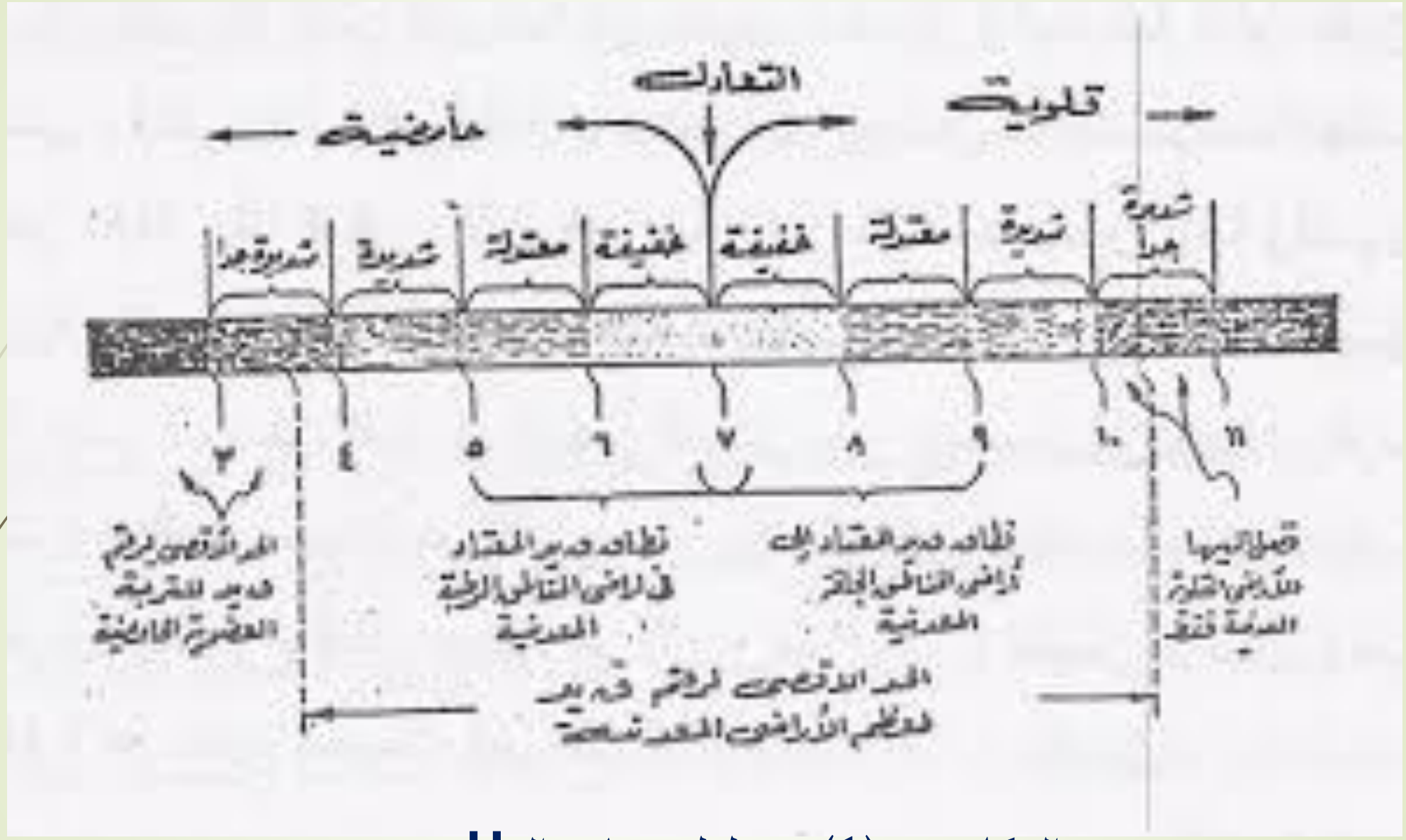
إعداد د. حيدر هاشم الحسن

درجة تفاعل التربة (pH التربة)

- **تعريف وأهمية pH التربة:**
- يعبّر رقم الـ (pH) عن اللوغاريتم العشري السالب لتركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، أو عن لوغاريتم مقلوب تركيز هذه الأيونات.
- يعبّر **pH** التربة عن حموضة التربة أو قلويتها ويعطي فكرة واضحة عن خصائص التربة وتركيبها ومدى جاهزية العناصر المغذية فيها للنبات،
- كما يساعد في التنبّؤ عن معدَّل معدنة المادة العضوية، وإمكانية نجاح زراعة نبات ما في التربة (عودة وشمشم، 2008)،
- كما تسبّب الحموضة ذوباناً لمعظم المعادن الأرضية وزيادة ذوبان عناصرها مثل الحديد والمنغنيز والنحاس مما يؤدي إلى سمية النباتات،
- على العكس من ذلك فالقلوية الشديدة تؤدّي إلى ترسيب هذه العناصر الهامة، وتصبح غير متاحة للنبات، وبالتالي يحدث نقص غذائي.

- يمكن أن يؤثّر رقم الـــ **pH أيضاً على** نمو النباتات من خلال تأثيره على نشاط الميكروبات أو الكائنات الدقيقة ذات الأثر المفيد للتربة.
- تتراوح قيمة pH الترب الزراعية عموماً ما بين **(3-10)**
- تتأثَّر هذه القيمة بنوع فلزات الطين وكميتها في التربة، وبمحتوى التربة من كل من المادة العضوية والكربونات الكلية والقواعد المتبادلة والأملاح الذائبة وغيرها من العوامل.....الخ،
- يعطي فكرة واضحة عن خصائص التربة وتركيبها ومدى جاهزية العناصر المغذية فيها، فالترب التي يكون رقمها الهيدروجيني في المدى 5.8 إلى 7.5 تكون عادةً خالية من المشاكل مقارنة بالترب ذات الرقم الهيدروجيني الأعلى أو الأقل من ذلك.
- فعندما يكون الرقم الهيدروجيني 5.0 أو أقل فإنَّ ذلك قد يكون مؤشراً لوجود نقص أو عدم تيسّر عناصر مثل الكالسيوم والمغنزيوم والفوسفور والمولبيدينيوم والبورون

- قد تحتوي هذه الترب على كميات سامّة من الزنك والمنغنيز والألومنيوم والنيكل وعناصر أخرى بسبب زيادة الذوبانية،
- تدل قيم الرقم الهيدروجيني الأعلى من 8.5 إلى وجود كربونات الصوديوم أو صوديوم متبادل عالٍ،
- أمَّا عندما يتراوح الرقم الهيدروجيني من **8.0 إلى 8.5** فإنَّ ذلك يُشير عادةً إلى وجود كربونات الكالسيوم الحرة.
- وتجدر الإشارة إلى أنَّه في هذا المدى أو أعلى منه سيكون تيسُّر(إتاحة) الفوسفور والمنغنيز والزنك والنحاس غالباً منخفضاً.
- في معظم الحالات التي يتمُّ فيها تقدير درجة حموضة التربة في معلَّق تربة لمحلول إلكتروليتي مخفّف (غالباً من كلوريد الكالسيوم أو بواسطة الماء علماً بأنه في الحالة الأولى تكون القيمة المتحصَّل عليها أقل منها في الحالة الثانية بمقدار يتراوح بين 0.3 – 1.0 وحدة أي بمتوسط 0.6 وحدة ويرجع ذلك لإحلال الكالسيوم محل الهيدروجين المتبادل على أسطح الغرويات الأرضية وينطلق الهيدروجين إلى المحلول الأرضي في صورة نشطة).



الشكل رقم (1) مخطط درجات الـ **pH**

- تتركز الأراضي الحامضية بالمناطق ذات الأمطار الكثيرة، في وسط أوروبا حيث يتراوح رقم الـ **pH** فيها من 3-8 بالمتوسط 5-6.5،
- في حين نجد أنَّ الأراضي القلوية تتركّز في المناطق الجافة وشبه الجافة قليلة الأمطار، وتكمن مشكلتها في زيادة نسبة الأملاح أو الصوديوم فيها.
- عادةً يكون كل من الهيدروجين أو الألمنيوم المتبادل على أسطح الغرويات الأرضية هو المسبّب لخفض درجة حموضة التربة الـ **pH** حيث يؤدّي انطلاق الهيدروجين من على أسطح الغرويات إلى المحلول الأرضي إلى زيادة كمية الهيدروجين النشط به وهذا يؤدّي إلى خفض درجة الحموضة.
- أيضاً ينتج من خروج أيون الألمنيوم من على أسطح التبادل نتيجة عملية التبادل الأيوني ومع حدوث التحلّل المائي للألمنيوم ينتج أيونات الهيدروجين كما في المعادلة التالية:
- $$AL^{+3} + 3H_2O \rightarrow AL\,[OH]_3 + 3H^+$$

مصادر حموضة التربة:

- كما سبق وذكرنا أنَّ السبب الرئيسي في انخفاض رقم الـ **pH** التربة هو زيادة تركيز أيون الهيدروجين في المحلول الأرضي وفي نفس الوقت غسيل القواعد الأرضية كما هو الحال في المناطق **الممطرة.**
- أيضاً يتأثَّر **pH** التربة الزراعية بمعادن الطين السائدة وبمعنى أدق مادة الأصل الناشئة منها تلك الأرض
- حيث وجد أنّه مع سيادة القواعد بتلك المعادن ومع حدوث عمليات التجوية تنطلق تلك القواعد ويحدث تشبُّع لمواقع التبادل بهذه القواعد مما يؤثّر على pH التربة هذا إلى جانب عوامل أخرى مؤثّرة ومنها المناخ وعمر التربة...
- ومن ناحية تأثير مادة الأصل (الصخرة الأم) يُمكن ترتيب قدرة الصخور النارية على خفض الـ pH كما يلي:
- البازلت Basalt < الديوريت Diorite < الجرانيت Granite (درمش وأخرون، 1992)

- **1- حمض الكربونيك الذائب في محلول التربة:** ينتج غاز ثاني أوكسيد الكربون من تنفس الكائنات الدقيقة وجذور النباتات وأيضاً من عملية الأكسدة للمادة العضوية بالتربة وينحل بماء التربة ويشكّل حمض الكربونيك:

$$CO_2 + H_2O \rightarrow HCO_3^- + H^+$$

- ونتيجة ذلك يكون الهواء الأرضي ذو محتوى مرتفع من CO_2 وبالتالي يكون له تأثيره على خفض **pH** التربة وخاصةً في الأراضي ذات السعة التنظيمية المنخفضة والبيانات الموجودة في الجدول توضّح قيمة **pH** الماء المتوازن مع هواء ذي محتوى مختلف من CO_2 :

جدول (2) قيمة pHالماء المتوازن مع هواء ذي محتوى مختلف من CO2: (Schroeder, 1984)

	CO_2 (حجم %)	قيمة الـ PH
الهواء الجوي:	0.03	5.6
الهواء الأرضي:	0.30	5.2
	1.00	5.0
	10.00	4.5

- **2- الهيدروجين الناتج من جذور النباتات:** كما هو معروف عند امتصاص الجذور للكاتيونات مثل: $Mg^{+2}, Ca^{+2}, NH_4^{+}, k^{+}$ أو أي كاتيونات أخرى لا بدَّ أن يحدث توازن أيوني داخل الجذر وعلى هذا تفقد الجذور جزءاً من محتواها من الهيدروجين لإحداث هذا التوازن.

- **3- تحلّل المادة العضوية:** بجانب انطلاق ثاني أوكسيد الكربون أثناء عملية الأكسدة ينتج العديد من الأحماض العضوية والتي لها تأثيرها على خفض الـ **pH** ومنها حمض الفولفيك *Fulvic acid* وحمض الهيوميك *Humic acid*.

- **4- أكسدة بعض الصور المختزلة لبعض العناصر:** ويتضح ذلك في أكسدة كبريتيد الهيدروجين H_2S إلى **كبريتات أو حمض كبريتيك**، كما أنَّ أكسدة الأمونيوم إلى نتريت ثم نترات أو حمض النتريك تؤدي لزيادة حموضة التربة.

- **5- التلوّث البيئي:** كما هو الحال في المناطق الصناعية ذات الهواء الغني بالأكاسيد الكبريتية والآزوتية ومع ذوبان تلك الأكاسيد في مياه الأمطار ينتج عنها مياه أمطار شديدة الحموضة ذات **pH** حوالي 4 بالمقارنة بمياه الأمطار النظيفة والتي تحوي CO_2 فقط والتي تكون ذات **pH** قدره (5.6).

- **6- الأسمدة ذات التأثير الحامضي:** من هذه الأسمدة السوبر فوسفات وكبريتات الأمونيوم وأكسدة الأمونيا من الأسمدة النيتروجينية المضافة.(درمش وآخرون، 1992)

- **7- التحلّل المائي (انقسام جزيئات الماء).**

العوامل المؤثّرة على رقم pH التربة:

هناك العديد من العوامل التي تؤثّر على قيمة الـpH منها:

1. **نسبة التشبُّع الكاتيوني بالقواعد:** تدمص الكاتيونات عادةً على مواقع التبادل الموجودة على غرويات التربة (معدنية وعضوية)، وهذه الكاتيونات يمكن أن تنقسم إلى كاتيونات مكوّنة للحموضة مثل الألمنيوم والهيدروجين، وكاتيونات مكوّنة للقاعدية مثل الكالسيوم والمغنيزيوم والبوتاسيوم والصوديوم وبعض الكاتيونات الأخرى، ومقدار ما تساهم به الكاتيونات القاعدية كنسبة مئوية من الكاتيونات الكلية على معقّد التبادل يطلق عليه اسم **نسبة التشبع الكاتيوني القاعدي**.

وكلما **زادت** نسبة التشبع الكاتيوني القاعدي للتربة ارتفع رقم الـpH لها والعكس صحيح، فالتربة الحامضية ذات نسبة منخفضة من التشبّع بالكاتيونات القاعدية مع سيادة للهيدروجين المتبادل وأيونات الألمنيوم الذائبة.

وعلى الرغم من **عدم وجود علاقة طردية دقيقة بين انخفاض الـpH وتدني التشبّع بالقواعد**، لكن يمكن ملاحظة ما يلي:

- عندما يكون الـpH التربة مساوياً أو أقل من 4 تنخفض نسبة التشبع بالقواعد إلى أقل من 10%.

- عندما يكون رقم الـpH التربة مساوياً 7 عندها تتراوح نسبة تشبّع التربة بالقواعد حوالي 60-90%.

- عندما تكون التربة غنية بالكلس الفعال، وسيادة الكالسيوم يكون رقم الـpH التربة أكبر من 7 ويمكن أن يصل إلى 8.5.

2- تأثير المعلَّق Suspension effect: **يرتفع** رقم الـ pH الأرض عند قياسه في المحلول الرائق عنه إذا ما قيس في معلّق التربة، وتسمى هذه الظاهرة **بتأثير المعلّق**.

ويتم تفسير تلك الظاهرة على أساس أنَّ تركيز أيونات الهيدروجين يزداد بالقرب من أسطح حبيبات التربة التي تحمل شحنات سالبة. ثم ينخفض بشدة بالبعد عن هذه الأسطح طبقا لمفهوم الطبقة الكهربائية المزدوجة.

وللتغلّب على ظاهرة **تأثير المعلَّق**، فإنَّه عند قياس رقم الـ pH التربة يوضع القطب الزجاجي مغمورا في التربة المترسبة من المعلَّق بينما يوضع القطب المرجعي (الكالوميل) في المحلول الرائق.

3- تركيز الأملاح الذائبة الكلية: لتركيز الأملاح الذائبة في التربة تأثير كبير على رقم pH التربة، حيث أنَّه يؤثِّر على طبيعة الطبقة الكهربائية المزدوجة،

فلقد وجد أنَّه بزيادة تركيز الأملاح الذائبة في محلول التربة ينخفض رقم الـ pH المقاس لهذه التربة، وتُسمىَّ هذه الظاهرة **أثر التخفيف** Dilution effect ويمكن تفسير ذلك بأنَّ كاتيونات التركيز العالي من الأملاح تتبادل مع الهيدروجين المقيَّد على أسطح حبيبات التربة،

يؤدّي ذلك إلى انفراد أيونات الهيدروجين وزيادة تركيزها في المحلول الأرضي وينتج عنه انخفاض في رقم الـpH المقاس.

وللتغلُّب على هذه الظاهرة فإنَّه يتمّ قياس رقم pH الأرض في **محلول ملحي مخفّف.** وعادةً ما يكون محلول 0.1 نظامي من كلوريد البوتاسيوم أو محلول 0.01 مول من كلوريد الكالسيوم.

من الوجهة العملية فإنَّ نسبة الرطوبة في التربة تكون غير ثابتة وتتغيَّر من يوم إلى أخر بعد الري نتيجة البخر وامتصاص النبات، هذا بدوره يؤثّر على pH التربة حيث تكون أعلى ما يمكن بعد الري مباشرةً، ثمَّ تبدأ بالانخفاض مع نقص نسبة الرطوبة وزيادة تركيز الأملاح في الماء الأرضي.

4- تأثير الخواص الفيزيائية والظروف الحقلية في تغيير الـ pH:

- تلعب كافة العوامل التي ترفع من ضغط غاز CO_2 في التربة مثل (بعض الخواص الفيزيائية، من كثافة ظاهرية منخفضة ومسامية هوائية جيدة ومحتوى رطوبي مناسب) دوراً مهماً في عملية التبادل الغازي وزيادة انتشار وتدفق غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في أعماق التربة المختفة، بالتالي خفض رقم الـ pH في تلك الأعماق.

- حيثُ أنَّ المحتوى الرطوبي الجيّد القريب من السعة الحقلية والحرارة العالية صيفاً يحفّزان النشاط الحيوي في التربة، ويحرّر المزيد من CO_2 **ويخفض من درجة الـ pH.**

- وهكذا نجد أنَّ زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء الأرضي الذي يشغل الفراغات البينية لحبيبات التربة يؤدّي إلى انخفاض رقم pH التربة، ويرجع ذلك إلى ذوبان جزء من هذا الغاز في الماء الأرضي وتكوين حمض الكربونيك الذي يعمل على خفض رقم الـpH وخاصةً في الأراضي المتعادلة والقريبة من التعادل.

بالمقابل **نجد تأثير كافة الظروف الحقلية السيئة** التي تحدّ من انتشار وتدفق غاز CO_2 إلى رفع من رقم الـ pH، مثل:

- المسامية المرتفعة تؤدي إلى تهوية عالية وانخفاض في تركيز غاز CO_2
- عمليات انغسال التربة، وتسرب كميات كبيرة من الامطار الفقيرة بغاز الكربون
- يؤدّي انخفاض درجة الحرارة شتاءً، إلى تحديد ضغط CO_2 في التربة بسبب خفض في النشاط الحيوي للجذور.

أنواع الحموضة:

1- الحموضة النشطة *Activity acidity*:

- تعبّر عن حموضة محلول التربة، وتُعزى إلى وجود أيونات الهيدروجين في محلول التربة بالمقارنة مع أيونات الهيدروكسيد فيه.
- تقاس هذه الحموضة بتعيين *pH* معلق التربة في الماء بنسبة (1:2.5) مما يسمح بقياس تركيز(أو فعَّالية) أيونات الهيدروجين في الطور السائل للتربة. وتسلك أيونات الهيدروجين المدمصة على سطوح معقد ادمصاص التربة سلوك **حمض ضعيف**، يمكن أن يتأين على النحو التالي:
- $HA - Soil + H_2O \leftrightarrow A^- - Soil + H_3O^+$
- ومن الممكن إزاحة التوازن السابق في الاتجاه المباشر بإضافة محلول ملحي مناسب إلى المعلق المائي للتربة، وتدعى حموضة التربة المقاسة بعد إضافة محلول ملح متعادل (*1N,KCl*) **بالحموضة التبادلية** *Exchangeable acidity*

- إنَّ الإخلال بهذا التوازن سواءً بإضافة الكلس أو عمليات الغسل عن طريق معادلة جزء من أيونات الهيدروجين الفعَّالة سوف يؤدّي إلى تفكُّك أو تحرُّر عدد من أيونات الهيدروجين المدمصة لإعادة التوازن. بهذا الشكل فإنّ أيونات الهيدروجين على معقد الادمصاص تمثل احتياطياً لإمداد محلول التربة بأيون الهيدروجين.

- يؤثّر على حموضة محلول التربة وجود أحماض عضوية حرة أو مركبات عضوية أخرى تحتوي مجموعات وظيفية حمضية

- كما يؤثّر على الحموضة أيونات: Fe^{+3} , Al^{+3} وحمض الكربون وأملاحه الحمضية

- إنَّ تأثير المركّبات المختلفة على الحموضة النشطة ليس واحداً ويتعلَّق تأثيرها بدرجة التعبير عن الحموضة ومحتوى كل مركب في محلول التربة.

2- الحموضة الكامنة Potential Acidity:

- يرجع سبب الحموضة الكامنة إلى الهيدروجين المدمص على سطح غرويات التربة أي تمثّل **الحموضة الكامنة** كمية الهيدروجين القابلة للتبادل والمدمصة على سطح معقد الادمصاص التي تكون غير الموجودة بشكل حر في محلول التربة.
- إنَّ جزءاً من أيونات الهيدروجين والألمنيوم المدمصّة على سطوح غرويات التربة لا يمكن إزاحته إلى الطور السائل بمحلول لملح متعادل، وبالتالي لا يمكن إدخاله في قياس الـpH، ولتعيين هذا النوع من الحموضة يستخدم محلول مشتق من أساس قوي ($1N, CH_3COONa$) حيث يزيح الصوديوم كاتيونات الهيدروجين والألمنيوم المدمصة بقوة على السطوح الغروية:

$$H - Soil + CH_3COONa \leftrightarrow Na - Soil + CH_3COOH$$

- وتعيين الحموضة الهيدروليتية للتربة عن طريق معايرة حمض الخل الناتج بأساس مناسب. (عودة وشمشم، 2011).

القوة التنظيمية للتربة:"βC" Soil Buffering

- **القوة التنظيمية للتربة أو السعة التنظيمية**: هي مقدرة التربة على درء التغيُّرات السريعة والمفاجئة في درجة pH المحلول الأرضي،
- وتقاس القدرة التنظيمية للتربة بكمية الحمض أو القاعدة اللازم إضافتها إلى غرام واحد من التربة بحيث يتغيَّر الـ pH فيها درجة واحدة فقط.

العوامل المؤثّرة في القوة التنظيمية للتربة:

1. التركيب الأيوني لمحلولها. أي بانحلال الغازات، وبخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون.
2. كمية الأملاح الذائبة الكلية في التربة (الناتجة عن التلوّث بالأسمدة المضافة، والتلوث بالمركبات الدبالية والعضوية).
3. الخواص الكهروكيميائية لسطوح الغرويات المعدنية والعضوية، عن طريق ادمصاص هذه الغرويات لأيونات الهيدروجين والهيدروكسيل المضافة للتربة، وهذا يكبح التغيّرات السريعة والحادة في *pH* التربة كما في المعادلة: $Ca\text{-}R + 2HCl \rightarrow H\text{-}H\text{-}H + CaCl_2$

- حيث أنَّ *R* أحد فلزات الطين. إن حدوث مثل هذه التفاعلات شائع في التربة وهو يقود إلى تغيّرات طفيفة في درجة *pH* التربة، لأنّ القياس الأخير يدل على الأيونات المتأينة الفعالة في محلول التربة.

4-السعة التبادلية الكاتيونية للتربة: حيث تزداد القوة التنظيمية للترب، بارتفاع سعتها التبادلية الكاتيونية ويرجع ذلك إلى محتوى التربة من الغرويات المعدنية والعضوية، ونوعها من الطين والدبال،

(حيث تتمتع الترب الحمضية بسعة تنظيمية أكبر تجاه القواعد (OH^-) في الوقت الذي تتميّز فيه الترب المتعادلة والقلوية بأكبر سعة تنظيمية تجاه الحموض.

وتتميّز الأراضي السورية بقدرة تنظيمية عالية، بسبب محتواها المرتفع من كربونات الكالسيوم، من جهة كما أن الطين الموجود بها هو من نوع المونتموريونيت.

- إنَّ نتائج قياس رقم الـ *PH* تختلف حسب نوع التربة وظروف القياس لأننا نقيس بجهاز الـ *PH* فعالية أيونات الهيدروجين الموجودة في محلول التربة وليس الموجودة على سطح مبادل التربة.
- إنَّ استعمال نسبة عالية من الماء إلى التربة أثناء تحضير المعلّق أو المستخلص تخفّض من تركيز وفعّالية أيون الهيدروجين يختلف هذا التأثير حسب نوع التربة والآفاق وحسب نسبة الماء للتربة.

- لقد بينت الجمعية العالمية لعلوم الأراضي أنَّ استعمال نسبة تربة إلى ماء(1: 2.5) يخفّض من الاختلاف الناتج عن نسبة الماء إلى التربة.

- أمَّا في أوربا فيقاس رقم الـ *PH* بعد إضافة محلول ملحي من KCl واحد نظامي وذلك لمنع الاختلاف في قيم *PH* بين الجزء الراسب والسائل الرائق في معلق التربة.

- **إنَّ استعمال الماء حالياً لتحضير معلّق التربة وقياس الـ pH فيه غير علمي وذلك للأسباب التالية:**

- 1- لا نستطيع أن نقيس بهذه الطريقة إلا الشوارد الموجودة في المحلول أمَّا الشوارد الموجودة على أسطح التبادل (المبادل)، فتبقى خارج مجال القياس وهذا يؤدّي إلى اختلاف نتائج القياس لنفس التربة وذلك عند استعمال الماء.

2- كما تظهر بعض التأثيرات على قياس الـ pH والناتجة عن الاختلاف في سرعة انفصال شوارد الكلور من جهة وكثير من الشوارد مثل (K^+, Ca^{+2}, H^+)

- **إنَّ القياس في محاليل ملحية أدق من القياس في محاليل مائية وذلك للأسباب التالية:**

- إنَّ المحاليل الملحية أقرب إلى واقع طبيعة التربة.

- إنَّ القياس بمحاليل مائية يخضع لتغيُّرات فصلية وتسميدية كثيرة. (درمش وآخرون، 1992)

انتهت المحاضرة