الفصل الثامن

الغرويات ودرجة تفاعل التربة

Colloids and Soil pH

تقدر حموضة أو قلوية أي محلول مائي أو مخلوط من التربة والماء بمقدار ما يحتوي من كل من أيونات الهيدروجين $[H^+]$ والهيدروكسيل $[OH^-]$ فإذا كان أيونات الهيدروجين أكثر من أيونات الهيدروكسيل فإن المحلول يسمى محلول حامضي وبالعكس فإذا زادت أيونات الهيدروكسيل عن أيونات الهيدروجين فإن المحلول يكون قلوي أما إذا تساوى أيونات الهيدروكسيل مع أيونات الهيدروجين فيسمى محلول متعادل. وتأتي هذه الأيونات كنتيجة لتأين Ionization جزيئات الماء

ويطلق على pH التربة : درجة تفاعل التربة. والتي تعرف بأنها : اللوغاريتم السالب لنشاط وفعالية أيون الأيدروجين في التربة. وهناك نوعان من درجة تفاعل التربة هما:

درجة التفاعل الفعلية Actual soil pH:

وهي تركيز أيون الهيدروجين في محلول التربة فقط

درجة التفاعل الكامنة Potential soil pH:

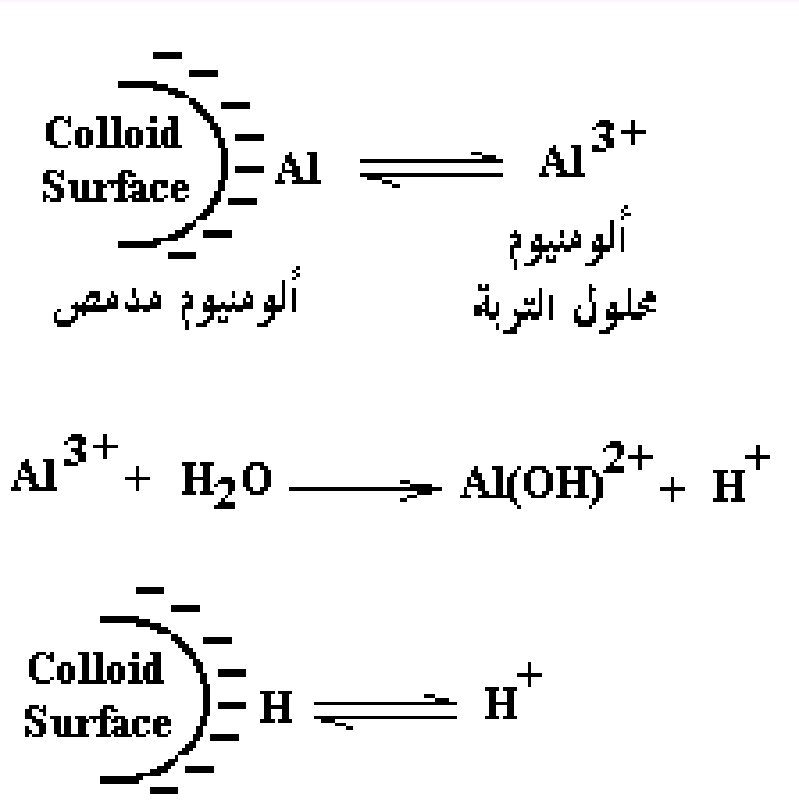
وهي تركيز أيون الهيدروجين في محلول التربة مضافا إليه أيونات الهيدروجين المدمصة على غرويات التربة.

إن درجة التفاعل الفعلية للتربة تقدر باستعمال الماء بينما درجة التفاعل الكامنة للتربة تقدر باستعمال كلوريد البوتاسيوم أو كلوريد الكالسيوم كمستخلص حيث يستعمل كل من البوتاسيوم والكالسيوم في استبدال أيونات الهيدروجين المدمصة على سطوح المادة الغروية للتربة وتحررها إلى محلول التربة. وكما هو واضح من التعاريف فإن درجة التفاعل الفعلية للتربة أكبر (رقما) من درجة التفاعل الكامنة للتربة وذلك لزيادة تركيز أيونات الهيدروجين في الكامنة عنه في الفعلية.

غرويات التربة Soil colloids **التي تمثل سطوح التبادل المسئولة عن إدمصاص الهيدروجين والكاتيونات الأخرى. ويمكن تقسيم الأراضي إلى:**

أراضي شديدة الحامضية:

في الأراضي شديدة الحامضية يسود أيوني الألومنيوم والهيدروجين على سطوح التبادل ومحلول التربة. ومحتوى هذه الأرض من الكاتيونات قليل جدا وذلك لتعرضها لعمليات الغسيل بمياه الأمطار نظرا لوقوع معظمها في المناطق الرطبة.

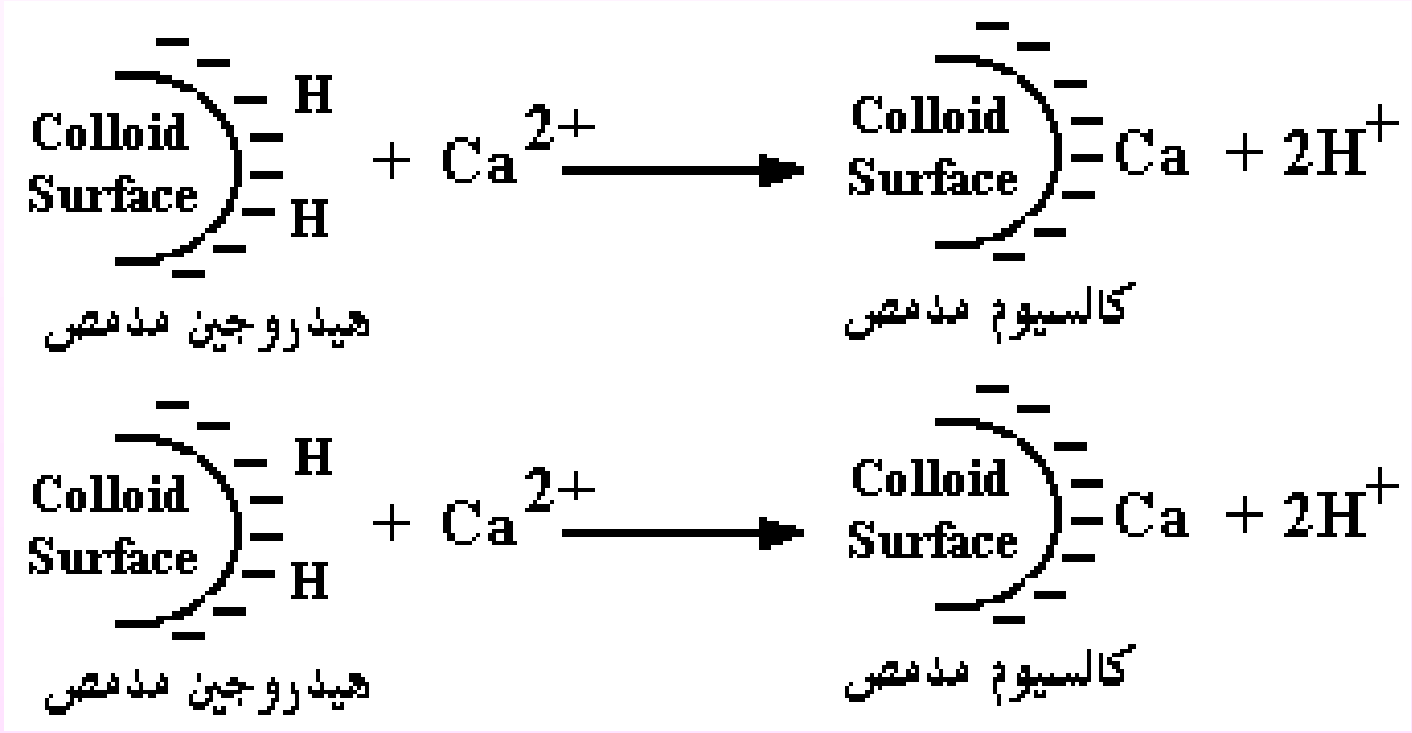


وتتراوح درجة التفاعل لهذه الأراضي بين ٤ و ٥ ويكون الألومنيوم في هذه الأراضي على شكل أيون ذائب على شكل كاتيونات الألومنيوم أو كاتيونات هيدروكسيل الألومنيوم وهذه الكاتيونات يحصل لها إدمصاص على السطوح الغروية بالتربة. ويكون الألومنيوم المدمص في حالة توازن مع الومنيوم محلول التربة وألومنيوم محلول التربة يتفاعل مع الماء ويحرر الهيدروجين.

التربة متوسطة الحامضية

هذه التربة يؤثر أيضا كل من الألمنيوم والهيدروجين على درجة تفاعل التربة. لكن محتوى التربة من الكاتيونات (مصادر القاعدية) أعلى من محتوى الأراضي قوية الحامضية ودرجة تفاعلها تتراوح ما بين ٥-٦ ولهذا فالألومنيوم في هذا النوع من الأراضي لا يوجد بصورة أيونية بل يوجد على شكل هيدروكسيد الألومنيوم.

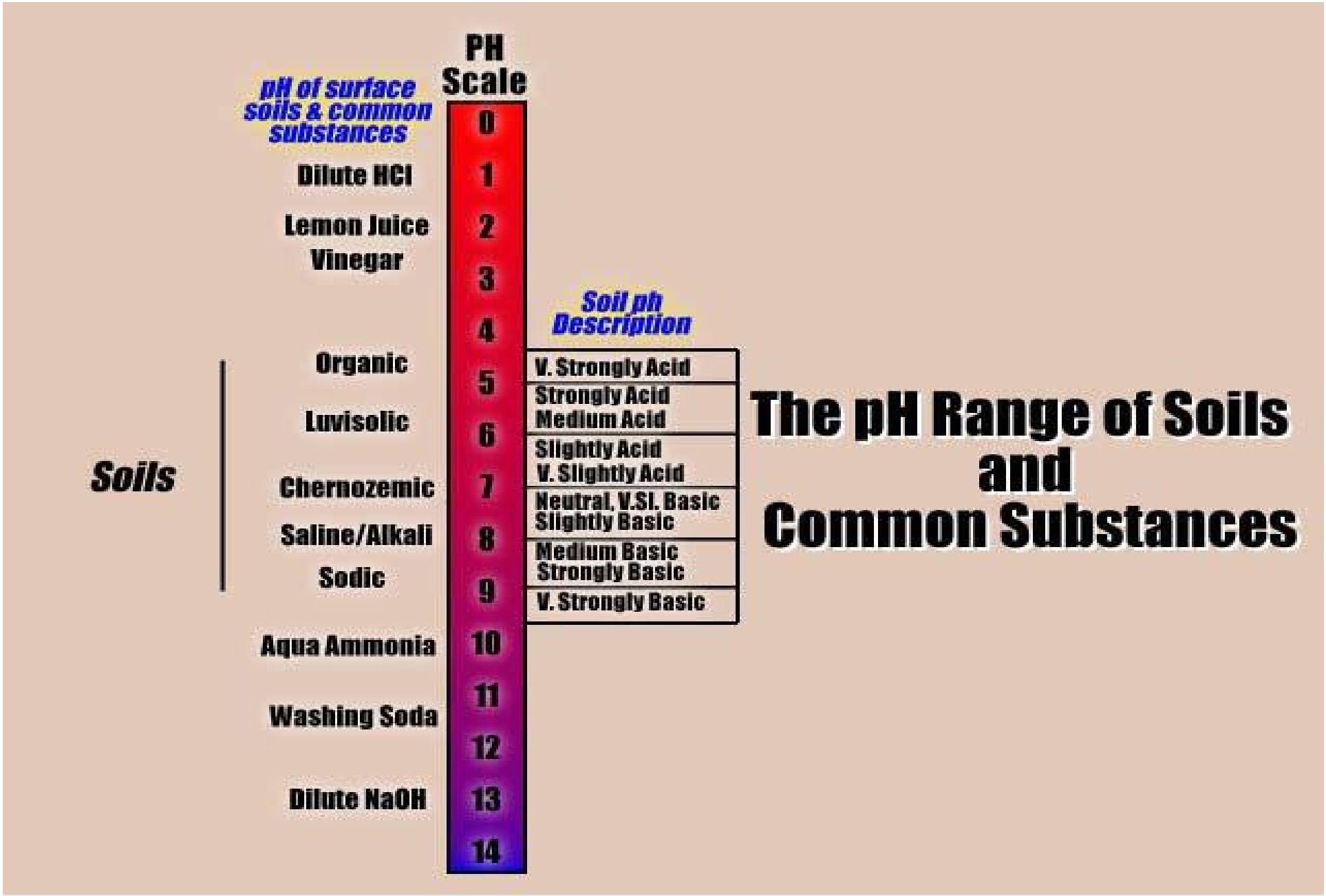
والهيدروجين المدمص على أسطح الغروي (معادن الطين والمادة العضوية) يمكن أن يشارك في هيدروجين محلول التربة من خلال تحرره إلى محلول التربة. عند ارتفاع درجة تفاعل التربة نتيجة إضافة الكالسيوم إليها يحل الكالسيوم مصل الهيدروجين الموجود على أسطح الغرويات ويتحرر إلى محلول التربة كما في المعادلة التالية:



الأراضي المتعادلة والقاعدية

تختلف هذه الأراضي عن الأرض القوية والمتوسطة الحامضية من حيث سيادة الأيونات فيها في هذه الأرض لا يكون الهيدروجين والألومنيوم هما الأيونان السائدان بل يستبدلان بالقواعد القابلة للتبادل مثل الكالسيوم والمغنسيوم وغيرهما على سطوح الغروي بالتربة وإذا حلت القواعد محل الهيدروجين أو الألومنيوم أو كليهما فن تركيزها في محلول التربة يقل ويزداد تركيز الـ OH المسئول عن القاعدية ودرجة تفاعل هذه التربة هي ٧ فأكثر.

ومقاومة أي تغير سريع بدرجة تفاعل محلول التربة من قبل التربة نفسها يسمى بالقدرة التنظيمية للتربة لدرجة تفاعلها. حيث أن إزالة أيون الهيدروجين من محلول التربة يقاوم وذلك عن طريق التعويض بالهيدروجين الخزين الذي هو الهيدروجين المدمص على أسطح الغروي.

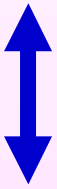


تقسيم الأراضي بالنسبة للحموضة والقاعدية

السعة التنظيم لدرجة تفاعل التربة
pH buffering capacity

ولتوضيح عملية التنظيم لدرجة تفاعل التربة pH buffering **من قبل التربة. نقول أنه لو أضيفت كمية من** $CaCO_3$ **أو** $CaMg(CO_3)_2$ **لمعادلة درجة تفاعل التربة فإن المعادلة التالية:**

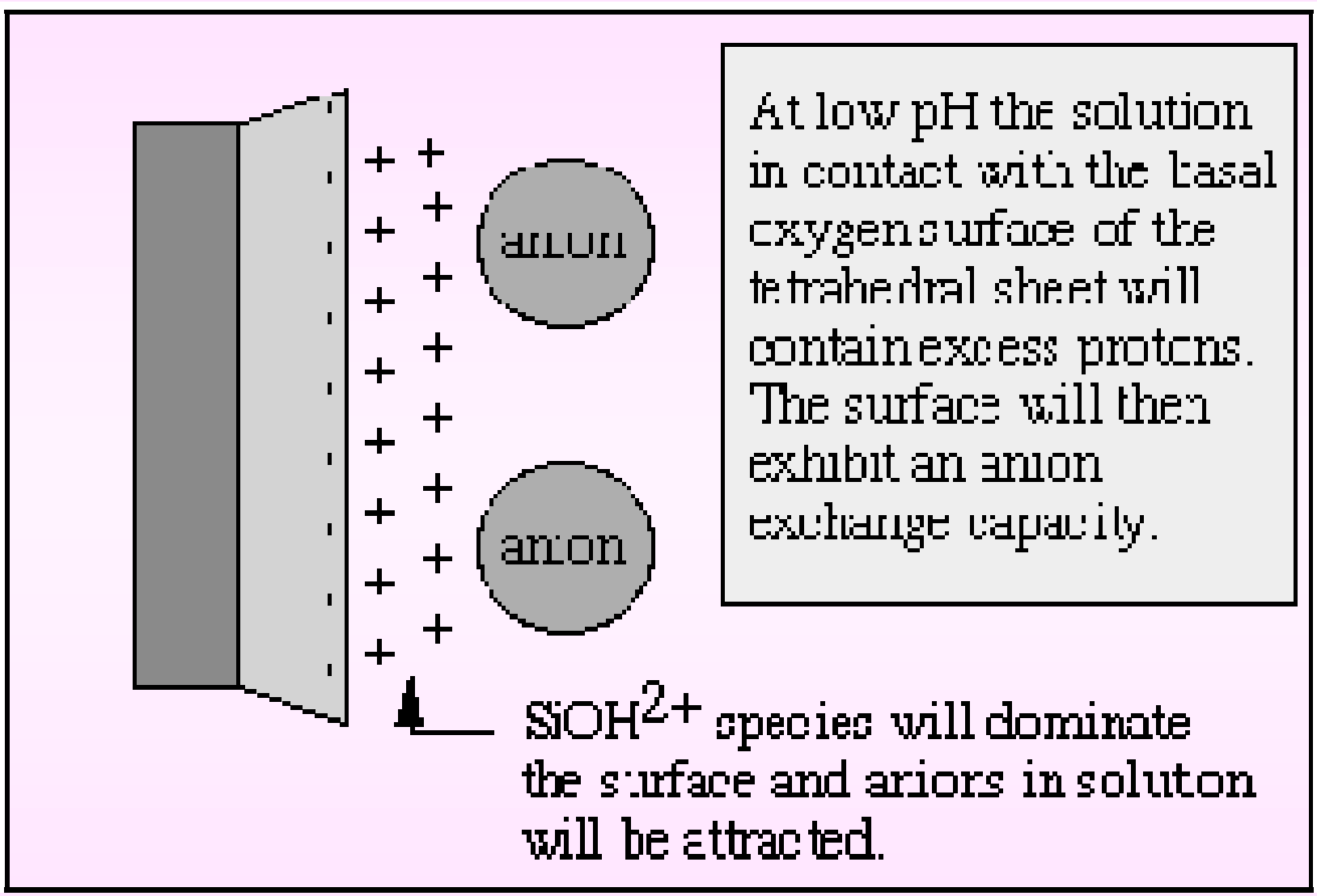
Adsorbed H (and Al) ions

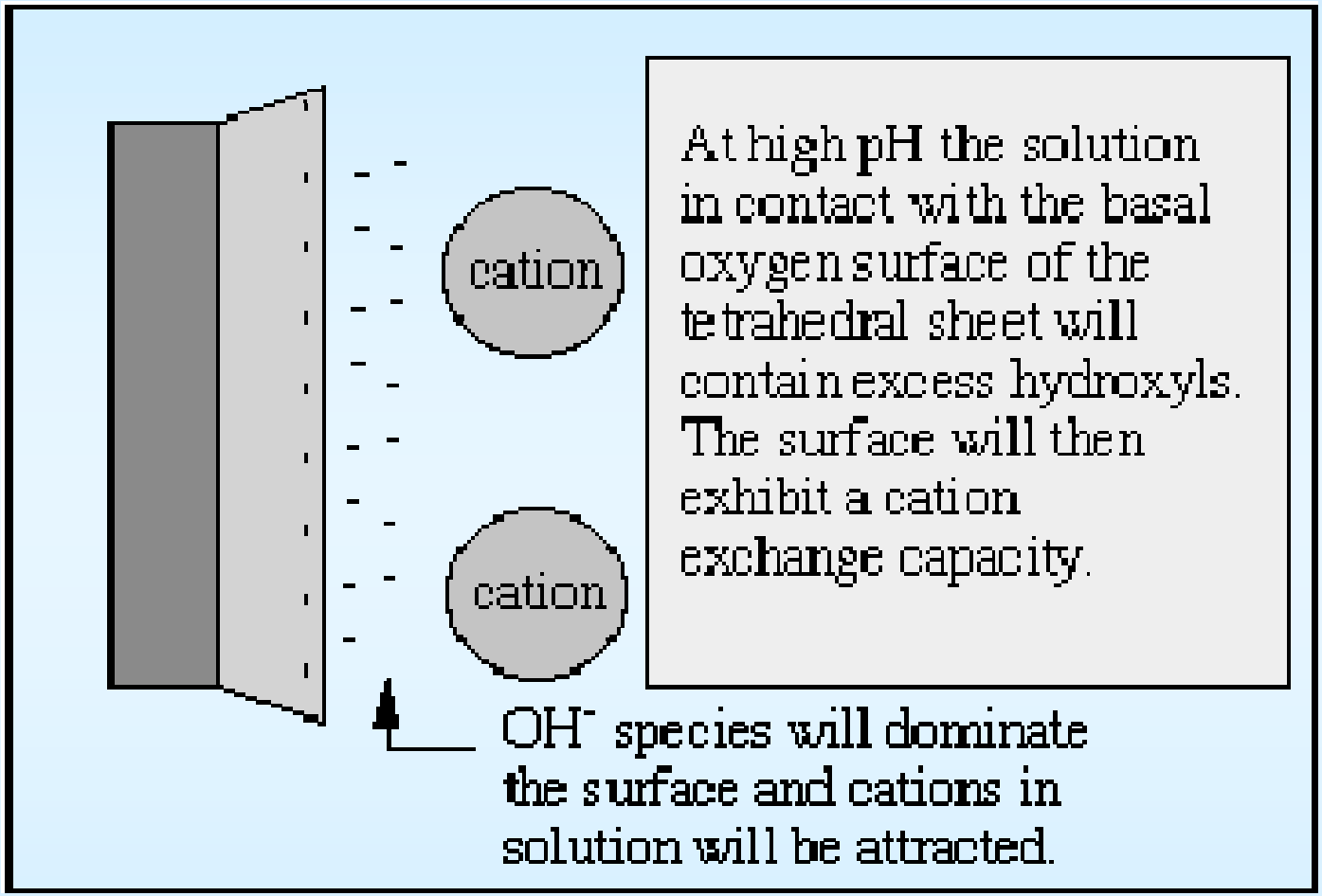


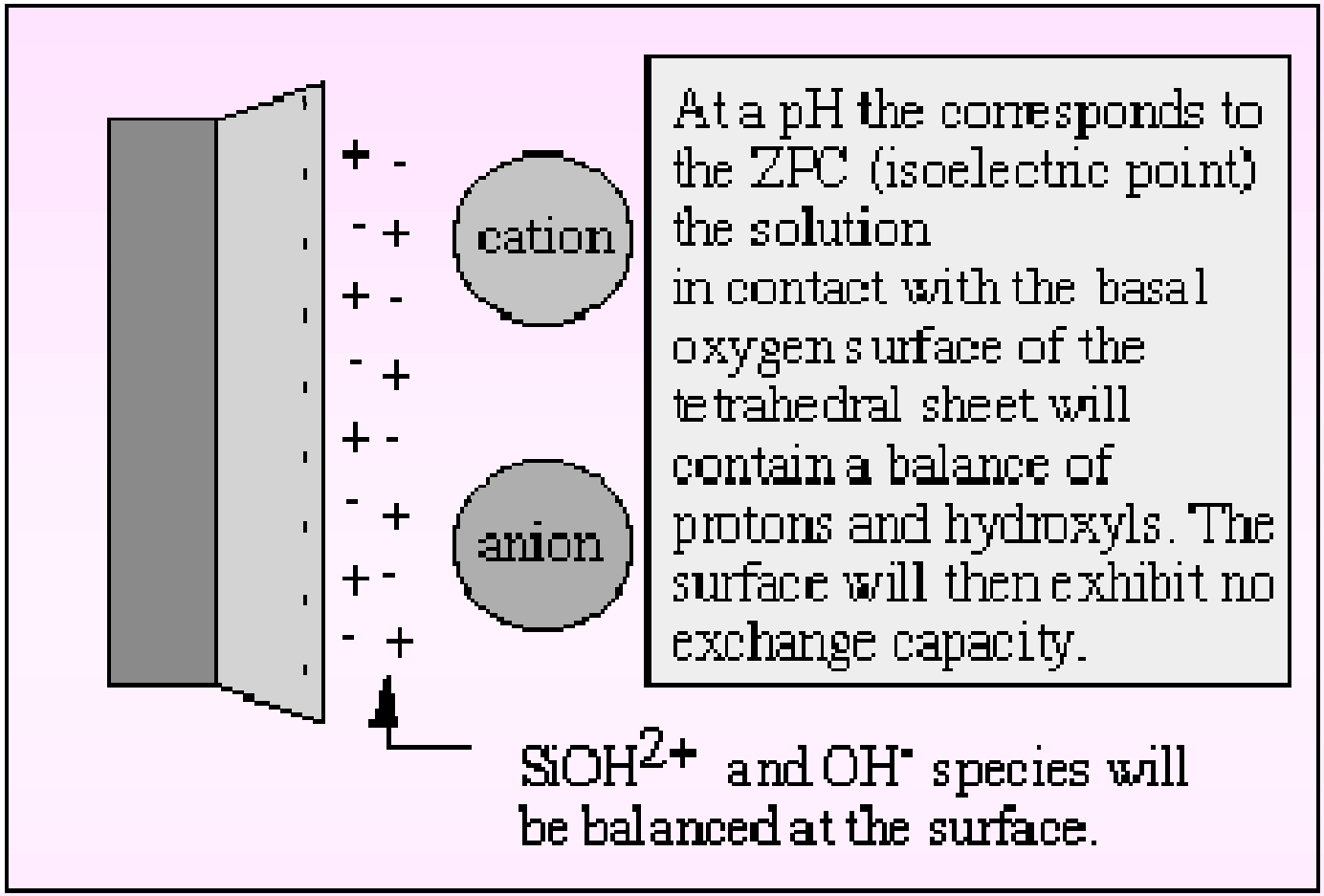
Soil solution H (and Al) ions

تأثير الـ pH على السعة التبادلية الكاتيونية

كما أوضحنا سابقا تختلف الأراضي فيما بينها إختلافا كبيرا من ناحية الـpH ويتراوح pH الأراضي المختلفة من ٤–١٠ ويمثل الأول الأراضي الشديدة الحموضة أما الثاني يمثل الأراضي شديدة القلوية والمحتوية على أملاح كربونات الصوديوم. ويتراوح pH معظم الأراضي الزراعية بين ٥–٨,٥. وكما أوضحنا سابقا فإن pH التربة المقاس في محلول التربة لا يمثل الحموضة الكلية للتربة وذلك لوجود مكونات الحموضة الأخرى في صورة متبادلة نتيجة لخواص التبادل على أسطح الغرويات بالتربة. وقد سبق أيضا بيان أن السعة التبادلية للتربة أو كمية الشحنة السالبة الموجودة على طوح معقدها الغروي تنقسم إلى قسمين أحدهما يسمى الشحنة الدائمة والآخر يسمى الشحنة المتوقفة على الـ pH. والشحنة الدائمة تظل ثابتة تحت كل الظروف تقريبا. أما الشحنة المتوقفة على الـ pH فإنها تزداد بازدياد رقم الـ pH. وتنشأ الشحنة الدائمة من الإحلال المتماثل لمعادن الطين أما الشحنة المتوقفة على الـ pH فإنها تنشأ أساسا في معادن الطين نتيجة لتأين مجموعة Si--OH حول حواف المعدن وتتوقف على مدى تعرض هذه المجاميع وعلى نوع معدن الطين السائد.

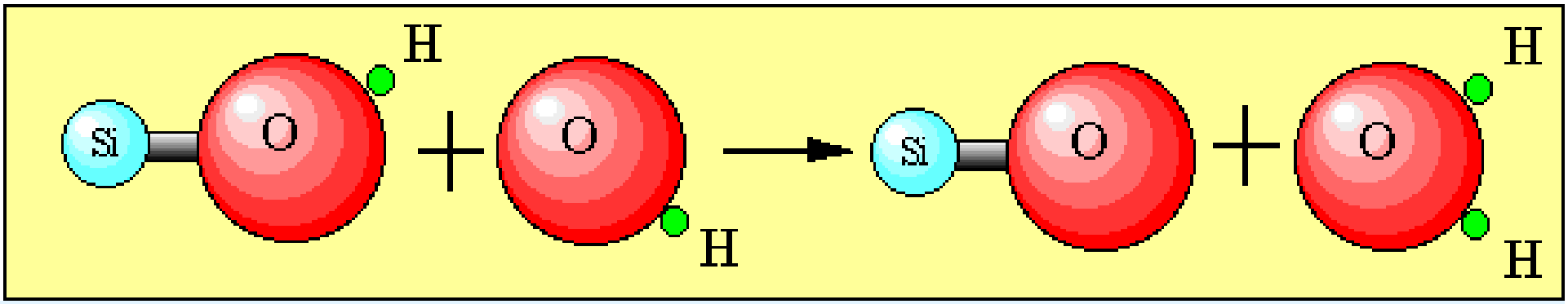

anion
anion
At low pH the solution in contact with the basal oxygen surface of the tetrahedral sheet will contain excess protons. The surface will then exhibit an anion exchange capacity.
$SiOH^{2+}$ species will dominate the surface and anions in solution will be attracted.


cation
cation
At high pH the solution in contact with the basal oxygen surface of the tetrahedral sheet will contain excess hydroxyls. The surface will then exhibit a cation exchange capacity.
OH- species will dominate the surface and cations in solution will be attracted.

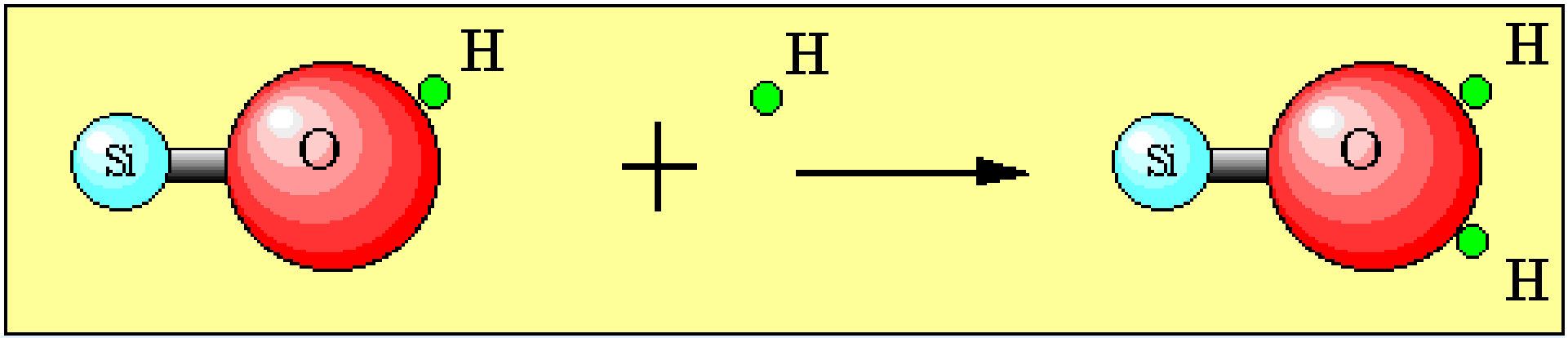


شكل يوضح تأثير الـ pH على السعة التبادلية الكاتيونية بالتربة

(أ)



(ب)



شكل يوضح تفاعلات التربة في حالة الـ pH العالي (أ)، والمنخفض (ب)

أما شحنة المادة العضوية في التربة فإنها تعتر شحنة متوقفة على رقم الـ pH وتنشأ نتيجة لتأين مجاميع الكربوكسيل والفينولية وتتأين المجاميع الكربوكسيلية فيما بين pH ٤-٧ أما المجاميع الفينولية فإنها تتأين عند أرقام واقعة في المدى القلوي فقط

ومن الضروري تقدير الـ pH عند تقدير السعة التبادلية الكاتيونية حيث لوحظ أن السعلة التبادلية الكاتيونية تزداد مع ارتفاع pH التربة ويرجع سبب ذلك إلى وجود مصادر الشحنة المتوقفة على الـ pH. وأن اختلاف استجابة تغير السعلة التبادلية الكاتيونية مع تغير الـ pH في الأراضي المختلفة يؤكد اختلاف محتوى الأراضي من مصادر الشحنة المتوقفة على الـ pH. ومن أجل توضيح ذلك فقد وجد الباحثان Pratt , Bair سنة ١٩٦٣ أن السعة التبادلية الكاتيونية للترب المعدنية تتغير بمقدار ١٥,٨ مليمكافئ/١٠٠جم تربة بينما الترب العضوية تتغير بمقدار ٣٧٠ مليمكافئ/١٠٠جم تربة بعد رفع قيم الـ pH في كلا التربتين من ٣ إلى ٨. وهذا الأمر يفسر اعتبار أن المادة العضوية المخزن الرئيسي للشحنة المتوقفة على الـ pH ومدى تأثيرها على قيمة السعة التبادلية الكاتيونية.

العوامل المؤثرة على درجة تفاعل التربة Soil pH

الماء

يقصد بالماء هنا الأمطار المتساقطة أو الري الكثيف. إذ تؤثر تأثيرا كبيرا في درجة الـ pH للتربة. وعلى ذلك تقسم الأراضي حسب كميات الأمطار المتساقطة إلى:

أراضي المناطق الرطبة: حيث تكثر الأمطار في هذه المناطق فيزداد نفوذ الماء خلال التربة مما يؤدي إلى حدوث عمليات غسيل للكاتيونات الذائبة تاركة المجال لأيونات الهيدروجين لكي تحل محل هذه الكاتيونات على سطوح الغروي. وتحت هذه الظروف تتكون عادة الأراضي الحامضية وهي الأراضي التي تقل فيها درجة التفاعل عن ٧. وتزداد حامضية التربة بصورة طردية بزيادة إحلال الهيدروجين محل الكاتيونات على سطح التبادل.

أراضي المناطق الجافة وشبة الجافة: حيث تقل كمية الأمطار المتساقطة فتقل بذلك عمليات الغسيل للكاتيونات القاعدية السائدة على سطوح التبادل للتربة وإحلال الهيدروجين ملها. وتكون درجة تفاعل أراضي هذه المناطق بصورة عامة أكبر من ٧ وتكون أراضي قاعدية لزيادة تركيز الكاتيونات القاعدية فيها.

هناك ترب غدقة نتيجة زيادة كمية الرطوبة فيها ومثل هذه الأراضي تكون درجة تهويتها رديئة جدا ولهذا تكون مثل هذه الأراضي بصورة عامة متعادلة أو مائلة إلى القاعدية. وقد تحتوي هذه الأراضي على كبريتيد الهيدروجين (H_2S). وعند إجراء عمليات الإستصلاح لهذه الأراضي عن طريق تحسين الصرف للتخلص من المياه الزائدة تتحسن تهوية هذه الأراضي وتزداد كمية الأكسجين الذي يقوم بدوره بأكسدة كبريتيد الهيدروجين فيتكون نتيجة هذه الأكسدة حامض الكبريتيك

ويعد حامض الكبريتيك هذا مصدرا للحموضة فتزداد الحامضية وتقل درجة تفاعل التربة. وعند إحتواء الأراضي الغدقة على كميات من القواعد فإن حامض الكبريتيك المتكون يتفاعل مع هذه القواعد مكونا كبريتات القواعد وبذلك تكون درجة إنخفاض تفاعل هذه الأراضي أقل مما لو كانت الأراضي الغدقة غير غنية بالقواعد.

ثاني أكسيد الكربون

تؤدي زيادة تركيز CO2 في التربة إلى انخفاض درجة تفاعل التربة أي زيادة الحامضية نتيجة تفاعله مع الماء مطونا حامض الكربونيك المؤدي للحموضة.

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \longleftrightarrow H^+ + HCO3^-$$

الأسمدة ومواد الإستصلاح المضافة إلى التربة

تؤثر هذه المركبات في درجة تفاعل التربة. والأمثلة على ذلك كثيرة منها أن إضافة الأسمدة النيتروجينية الحاوية على الآمونيوم تؤدى إلى زيادة حموضة التربة نتيجة إنطلاق أيونات الهيدروجين عند أكسدة الأسمدة النيتروجينية بعملية التأزت

$$2NH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_3 + 4H^+$$

كذلك كل الأسمدة الكبريتية هي أسمدة مولدة للحموضة. مثال ذلك عنصر الكبريت وحامض الكبريتيك وكبريتات الآمونيوم وكذلك كبريتات الحديد والألومنيوم وغيرها من الأسمدة الكبريتية. هذه الأسمدة تكون حامض كبريتيك بتفاعلها داخل التربة الذي بدوره يقوم بتحرير أيونات الهيدروجين المؤدية للحموضة.

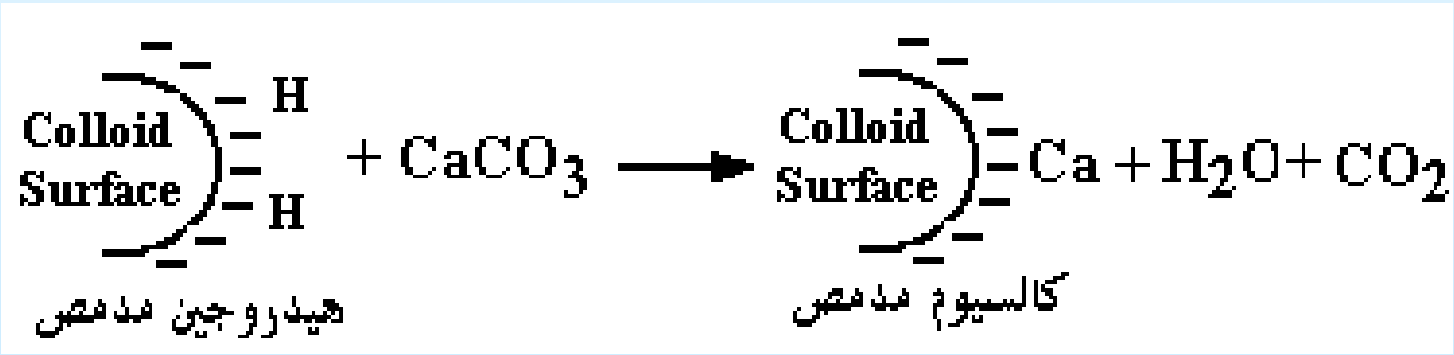
$$2S + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$$

$$FeSO_4 + 2H_2O \longrightarrow Fe(OH)_2 + H_2SO_4$$

كربونات الكالسيوم

تؤدي إضافة مثل هذه المركبات إلى التربة إلى زيادة درجة تفاعل التربة أي زيادة قاعديتها. إذ تؤدي هذه الإضافة إلى زيادة نسبة إدمصاص الكالسيوم من قبل الأسطح الغروية مما يؤدي إلى استبدالها مع أيونات الهيدروجين فيقل تركيز أيونات الهيدروجين في التربة ويحدث هذا أيضا مع المغنيسيوم وغيها من القواعد.



أهمية دراسة pH التربة

تستعمل درجة تفاعل التربة Soil pH لتوضيح التفاعل بين غرويات التربة والمواد الكيميائية أخرى. ويمكن تلخيص أهمية الـ pH في النقاط التالية:

إن ارتفاع الحموضة أو القلوية يؤدي إلى تأثير سام مباشر وأيضا إلى هدم جذور النباتات وهذا التأثير يحدث إذا كان الـ pH أقل من ٤ أو أعلى من ٩.

يؤدي الارتفاع في الحموضة أو القلوية إلى نافس مباشر بين أيون الهيدروجين والأيونات الأخرى عند الإمتصاص بواسطة النبات خصوصا مع أيونات الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم اللازمة لنمو النبات.

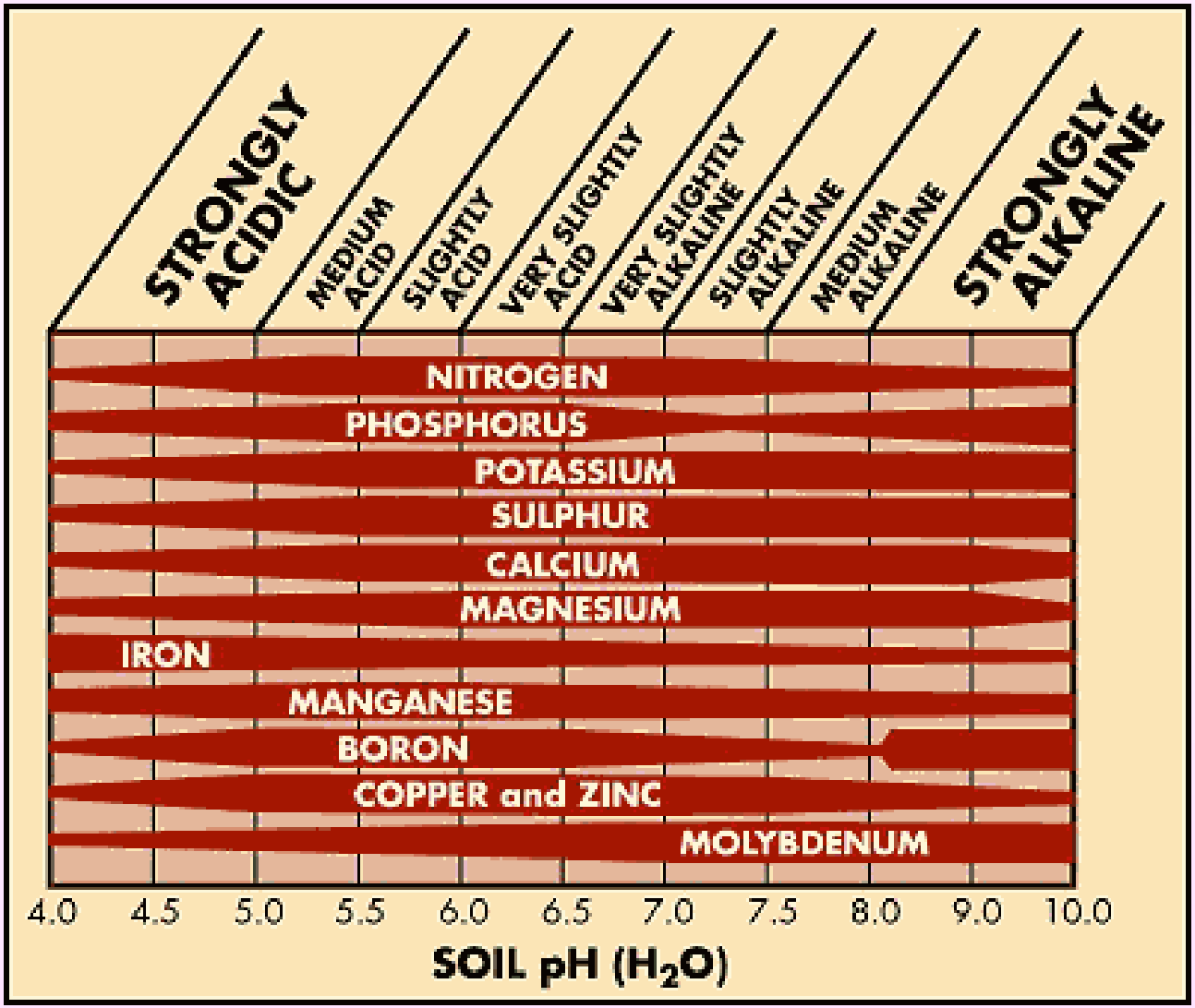
لزيادة تركيز أيون الهيدروجين التأثير الكبير على مكونات التربة وبالأخص معادن الطين. فالتركيز العالي من أيون الهيدروجين يعمل على تجوية معادن التربة مما يؤدي إلى انطلاق الكثير من الأيونات مثل K^{+}, Mg^{+2}, Ca^{+2}, Mn^{+2}, Cu^{+2}, Al^{+3}.

زيادة تركيز أيون الهيدروجين يساهم في ذوبان الكثير من الأملاح مثل أملاح الكربونات والفوسفات والكبريتات. وينطلق عنصر الألومنيوم بأشكال مختلفة من تركيبات المعادن فقد يكون بصورة $Al(OH)^{+2}$ وبما أن انخفاض pH النظام لا يشجع ادمصاص هذه الصور على السطح فإن محلول التربة بالأراضي الحامضية غالبا ما يكون غنيا بالألومنيوم. وينخفض التركيز مع ارتفاع pH التربة بشكل مفاجئ.

تتأثر صلاحية بعض العناصر الغذائية للنبات بدرجة تفاعل التربة مثل الفوسفور فهو أكثر ما يكوون بصورته الميسرة في الوسط المتعادل والتحول إلى الحموضة يؤدي إلى تثبيته بواسطة الأكاسيد المتأدرتة للألومنيوم. كما أن ارتفاع القلوية يعمل على ترسيب الفوسفور مكونا صورة مترسبة مع كاتيونات الوسط

يسلك الموليبدينوم سلوك الفوسفور. أما بقية العناصر الدقيقة الأخرى مثل الحديد والمنجنيز والخارصين والبورون فتزيد صلاحيتها للامتصاص بزيادة حموضة التربة.

يؤثر pH التربة على العمليات البيولوجية الموجودة بالتربة وقد لوحظ سيادة البكتريا في التربة التي تميل للتعادل أو قليلة القلوية. بينما تسود الفطريات في الأراضي الحامضية.



شكل يوضح علاقة حموضة وقلوية التربة بتيسر العناصر الغذائية بها

HOW DO YOU MEASURE THE pH OF SOIL?

Many liquid dyes change color when they come into contact with acids or bases. You can measure the pH of a soil by saturating the soil with dye for a few minutes and observing the color of the liquid.

HOW DO YOU CHANGE THE pH OF SOIL?

You can add substances to soil to make them more or less acidic.

You can add lime or wood ash to acidic soils to make the soil less acidic.

You can add sulfur or peat moss to basic soils to make the soil more acidic.

شكل يوضح كيفية تغير الـ pH للتربة وكيفية تقديرها بالتربة

أسئلة على الفصل الثامن

١. عرف درجة تفاعل التربة Soil pH ؟ مع ذكر أنواعها؟
٢. فرق بين درجة التفاعل الفعلية Actual Soil pH و الكامنة Potential Soil pH بالتربة؟
٣. إشرح تقسيم الأراضي بالنسبة للحموضة والقاعدية وعلاقته بخرويات التربة؟
٤. عرف السعة التنظيمية لدرجة تفاعل التربة pH buffering capacity؟ موضحا بمثال كيف تتم عملية التنظيم لدرجة تفاعل التربة؟ وما هي العوامل المؤثرة عليها؟
٥. كيف يؤثر ال pH على السعة التبادلية الكاتيونية؟
٦. أذكر العوامل المؤثرة على درجة التفاعل بالتربة Soil pH؟ مع شرح إحداها؟
٧. ما هي أهمية دراسة درجة تفاعل التربة؟