



كلية العلوم

القسم : الكيمياء

السنة : الثالثة

المادة : كيمياء بيئية

المحاضرة : ٧+٨ / نظري / د. مرهام معلا

{{ مكتبة A to Z }}

مكتبة A to Z : Facebook Group

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

2025

١٥

جامعة طرطوس

كلية العلوم

قسم الكيمياء

# الكيمياء البيئية

القسم النظري

المحاضرة السابعة والثامنة

مدرس المقرر

د. رهام معلا

العام الدراسي

٢٠٢٤-٢٠٢٥

## الفصل الرابع عشر

### الخصائص الكيميائية للتربة

#### *Chemical Properties of Soil*

##### **1-1: مقدمة: Introduction**

تؤدي كيمياء التربة دوراً مهماً من حيث معرفة أساسها وتكوينها، ودورها في الإنتاج الزراعي.

تعرف التربة بأنها نظام معقد غير متجانس، يتكون من أطوار متعددة، هذا يعني أن دراستها تعني دراسة كيمياء نظام التربة ومكوناته، وما يتعلق بها من دراسة جميع العمليات الكيميائية والفيزيوكيميائية، التي تعكس الصفات الكيميائية لنظام التربة، ومدى تأثيرها في سلوك العناصر الغذائية في التربة وتحولاتها.

ينبغي بناءً على ماسبق دراسة طبيعة التبادل بين مكونات نظام التربة وآلية التبادل الشاردي التي تؤدي دوراً كبيراً في تحديد نوعية التربة وتحديد طبيعتها من حامضية كلسية إلى ملحية قاعدية ... الخ.

يدخل الطين في تفاعلات كيميائية مهمة نتيجة خصائصه الكهروكيميائية؛ مثل: تبادل الشوارد وهي ذات أهمية في تحديد صفات التربة الكيميائية ومدى صلاحيتها لتغذية النبات، كما تعد العناصر المعدنية في الغضار تعد مصدراً لأمداد التربة بالعناصر اللازمة لنمو النبات (زنك، نحاس، حديد، ...)، لذا تعد دراسة التركيب المعدني الكيميائي للمعادن المتوافرة في الطين مساهمة فعالة في تطور دراسة التربة.

##### **1-2: الطين المعدني في التربة وأنواعه: (معادن الطين) CalyMinerals**

يمثل الغضار في التربة، من الناحية الفيزيائية، جميع الحبيبات الفردية التي أقطارها أصغر من ٢ ميكرون، أما من الناحية الكيميائية فإن حبيبات الطين تمثل حبيبات التربة الناعمة المكونة من سليكات الألمنيوم، إضافة إلى الكوارتز البلوري والسليكا غير البلورية، وأكاسيد الألمنيوم والحديد المائية واللامائية، وفحمات (كربونات) الكالسيوم.

يركز هذا الفصل على دراسة طبيعة التركيب البلوري لسليكات الألمنيوم المهمة التي تدخل في تركيب الترب الزراعية سواءً منها أنواع السليكات البلورية التي تشكل الرمل والطيني أو أنواع السليكات الأخرى التي تكونت في أثناء تجوية التربة، وتفتتت صخورها ومعادنها.

يضيف تفهم بناء أنواع الغضار في التربة الكثير من الضوء على خصائصها الأساسية؛ مثل: التبادل الكاتيوني، أو التثبيت الأيوني *Ion Fixation*، أو غيره. تعد مادة ما بلورية عندما تكون مرتبة في الفراغ ترتيباً يتكرر معها بناء بلوري معين، يطلق عليه اسم النسق البلوري *Crystal Lattice*، ويطلق على وحدة الخلية *Unit Cell* تلك الوحدة التي تتكرر في الفراغ. تأخذ المركبات البلورية أشكالاً هندسية مختلفة بحيث تتجذب مكوناتها إلى بعضها وفق روابط كيميائية مختلفة جداً في قوة تماسكها. تكون مكونات الوحدة البلورية إما ذرات *Atoms*، أو جزيئات *Molecules*، وإما شوارد أيونية تتجذب فيما بينها وفق إحدى الروابط الآتية:

#### ١٤-٣: أنواع الروابط الكيميائية:

يمكن تصنيف المركبات الجزيئية التي تشترك في بناء وحدة البلورات إلى ذرات *Atoms*، أو جزيئات *Molecules*، أو أيونات *Ions*. تتحدد القوى الكيميائية التي تربط الوحدات البلورية لدرجة كبيرة من خلال طبيعة المركبات التي تشترك في بناء هذه البلورات، كما أن الخصائص الكيميائية لهذه البلورات تتعلق إلى حد بعيد بأنواع القوى التي تربط البلورة فيما بينها، وبالتالي يمكن التمييز بين أربعة أنواع رئيسة من الروابط الكيميائية:

#### ١٤-٣-١: قوى فاندر فالس: *Van der waals Forces*

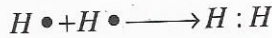
تشمل هذه القوة الرابطة التي تجذب الجزيئات المعتدلة إلى بعضها البعض، وقد أطلق على هذه القوى اسم قوى التجاذب نفسها التي استخدمها العالم فاندر فالس؛ الذي فسر بموجبها انحراف بعض الغازات عن قانون الغازات المثالية *Ideal Gases Law*. يؤخذ على سبيل المثال حالة غاز مكون من جزيئات قطبية فالتجاذب الحاصل بين ذراته يكفي إلى جعل تصرفات هذا الغاز تتحرف عن قانون الغاز المثالي؛ إذ يؤدي تبريد هذا الغاز إلى تمييعه على هيئة سائل بسبب قوى فاندر فالس التي تجذب

الذرات إلى بعضها البعض، أن زيادة تبريد الغاز سوف يؤدي إلى تجمده على هيئة بلورات محددة الشكل. وتعد قوى فاندر فالس من أضعف قوى الروابط الكيميائية.

### ١٤-٣-٢: الرابطة المشتركة (التكافؤية): Covalent Bonds

تشارك كل ذرتين من المادة وفق هذه الرابطة بزواج من الإلكترونات مشكلة الجزيئات *Moecules* بحيث يؤمن عدد الإلكترونات المطلوبة لكل من طبقتي الإلكترونات المحيطة.

يلحظ على سبيل المثال أن إلكترونين يشتركان في الربط بين ذرتي الهيدروجين يكونا الجزيء وفق الآتي:



تتحقق في هذه الرابطة متطلبات كل ذرة من جزيء الهيدروجين في الاستقرار من ناحية عدد إلكتروناته المحيطة.

يلحظ بصورة مماثلة أن الروابط بين ذرات الأكسجين والهيدروجين في جزيئة الماء تكون من النوع الأيوني أيضاً.



يلحظ من خلال الرابطة الأيونية المزدوجة التي توجد في جزيء الماء أن الإلكترونات الثمانية المطلوبة لذرة الأكسجين في غلافه المحيطي قد أمنت عدد الإلكترونات المحيطة اللازمة لكل ذرة من ذرات الهيدروجين.

تعد الرابطة الأيونية المزدوجة قوية جداً، وإن البلورات التي ترتبط مكوناتها يمثل هذه الروابط تكون قوية وثابتة جداً. وما ذرات الألماس إلا روابط أيونية لذرات الكربون (الفحم) فيها بينها.

### ١٤-٣-٣: القوى الكهربائية الساكنة: Electrostatic Forces

تتأين العديد من المركبات كما هو معروف عند ذوبانها في الماء إلى أيونات مشحونة كهربائياً. يحافظ الكثير من هذه المركبات الصلبة على بنائها الأيوني بحيث تكون الوحدة البلورية مكونة من أيونات مشحونة بشحنة كهربائية متعاكسة في الإشارة تتجذب إلى بعضها وفق قانون كولوم للجذب الكهربائي الساكن:

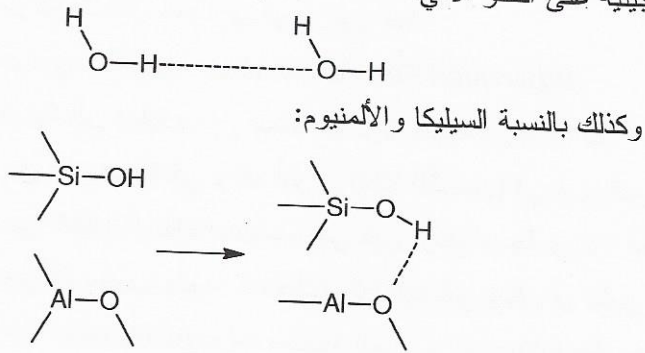
$$F = C \cdot \frac{z_1 \cdot z_2}{r^2}$$



إذ أن:  $F$ : قوة التجاذب الكهربائي الساكن بالنيوتن.  $z_1, z_2$ : مقدار الشحنة الكهربائية للأيون (١) و (٢) بالكولون.  $r$ : المسافة بين الأيونين بالمتر.  $C$ : ثابت.

### ١٤-٣-٢: الرابطة الهيدروجينية: Hydrogen Bond

يلعب الهيدروجين وفق هذه الرابطة دور جسر أو صلة وصل بين ذرتين، يتكون فيهما الجسر الهيدروجيني الذي هو عبارة عن بروتون مشترك بين ذرتين. يطلق على هذه الرابطة اسم الرابطة الهيدروجينية، ويبدو أن هذه الرابطة تتشكل فقط بين ذرات كهرسلبية مرتفعة؛ مثل: الفلور، والأكسجين، والأزوت، وذرات كهرجابية مثل الهيدروجين، فعلى سبيل المثال ترتبط جزيئات الماء ببعضها البعض بجسور هيدروجينية على النحو الآتي:



تكون هذه الروابط تكون ضعيفة نسبياً.

جدول (١٤-١): الأبعاد البلورية لمعادن الطين وعلاقتها بالمعادن المتوافرة في

التربة:

معادن الطين المحتملة	بعد التبعضر بالأفستروم
العينات مشبعة بالصوديوم أو المغنيزيوم ومجففة هوائياً:	
فيرميكلايت - مونتوريلونايت	١٥-١٤
ميكا - ايلاييت - هالوسيت	١٠,١-٩,٦
كاولينايت	٧,١٥
العينات المشبعة بالبوتاسيوم والمرطبة هوائياً:	
مونتوريلونايت	١٥-١٤
ميكا - ايلاييت - فيرميكلايت - هالوسيت	١٠,١-٩,٩

**١٤-٢: طرائق التحليل: Analysis Methodes****١٤-٤-١: طريقة التحليل الكيماوي:**

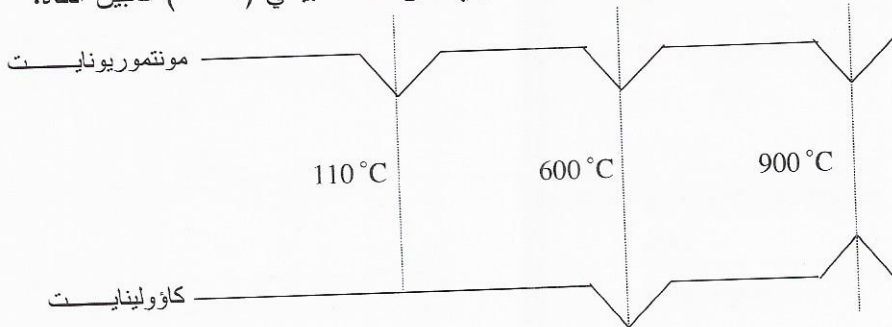
يمكن تقدير نسبة السليكا إلى الألومينا  $\frac{Si}{Al}$  في عينة الطين وذلك بعد صهر عينة التربة الطينية بكاربونات الصوديوم في درجة حرارة مرتفعة، إلا أن هذه المعلومات الكيفية الناتجة عن التحليل لا تسمح بتمييز السليكا الغروي الحر والسليكا المتحد مع المركبات الأخرى؛ لذا تبقى الفائدة من هذه الطريقة محدودة.

**١٤-٤-٢: طرائق التحليل الحراري:**

يمكن تقسيم طرائق التحليل الحراري إلى نوعين هما:

**أ: التحليل الحراري التفاضلي: Differential Thermal Analysis**

تستند هذه الطريقة إلى تجفيف وزن محدد من تربة طينية في بوتقة بالتزامن مع تجفيف وزن مماثل من مادة خاملة في بوتقة أخرى (مادة الألومين) في فرن كهربائي؛ إذ ترتفع درجة الألومين الخامل ارتفاعاً منتظماً، على حين ترتفع درجة حرارة الطين ارتفاعاً غير منتظماً؛ وذلك بحسب طبيعة التفاعلات الداخلية التي يمكن أن تكون إما تفاعلات ناشرة للحرارة *Exothermic*، وإما ممتصة للحرارة *Endothermic*، يقاس لهذا الغرض الفرق في درجة الحرارة في أثناء تسخين بين عينة الألومين وعينة الطين؛ وذلك بوساطة "مزوجة حرارية *Thermo - Couple* إذ يلحظ أن الخط البياني للتفاعلات الناشرة للحرارة يتميز برؤوس والتواءات، في حين تكون هذه الرؤوس والتواءات منخفضة في حالة التفاعلات الماصة للحرارة، وقد وجد أن كل نوع من أنواع الطين له خط مميز للتحليل الحراري على الخط البياني (١٤-١) المبين أدناه.



شكل (١٤-١): منحنى التحليل الحراري التفاضلي لنوعين من الطين

يمكن أن يلاحظ من الخط البياني المرفق أن غضار المونتموريلونائيت يتميز بثلاثة تفاعلات ماصة للحرارة عند درجة حرارة  $110^{\circ}\text{C}$  (فقدان الماء الممتز)، وعند درجة حرارة  $600^{\circ}\text{C}$  (فقدان ماء التبلور)، والثالث عند الدرجة  $900^{\circ}\text{C}$ ، أما الكاولينايت فله تفاعل ماص للحرارة عند درجة حرارة  $600^{\circ}\text{C}$ ، وآخر مولد للحرارة عند درجة حرارة  $1000^{\circ}\text{C}$ .

#### ب- التحليل الحراري التكاملي: *Integral Thermal Analysis*

يستند على تسخين التربة الطينية بدءاً من درجة حرارة الغرفة حتى  $1000^{\circ}\text{C}$  وذلك على دفعات متتالية (كل خمسين درجة مئوية)، مع إخراج العينة كل خمسين درجة مئوية من الفرن، وتبريدها في المجفف، وأخذ الوزن الجاف لها، وهكذا يمكن، من خلال رسم الخط البياني، لتغيرات الوزن مع درجة الحرارة، التمييز إلى حد ما بين أنواع الترب الطينية المختلفة.

#### ١٤-٤-٣: الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني:

##### *Electron Microscope:*

تستند هذه الطريقة على توجيه حزمة من الإلكترونات فوق عينة التربة الطينية التي تنعكس على سطح البلورات دون أن تتمكن من اختراق سطحها لدرجة كبيرة. تعكس صورة الإلكترونات المرتدة صورة للسطح البلوري لحبيبات الغضار، وهكذا يمكن تمييز صفائح الكاولينايت، الكبيرة الحجم، السداسية الوجوه، بسهولة عن صفائح المونتموياونايت الأصغر حجماً، والأقل تمييزاً، كما يظهر كذلك غضار الأتابلجايت *Attapylgite* الطيني على هيئة حزم من قضبان قصيرة ورفيعة.

تسمح طريقة التحليل هذه بسهولة التمييز بين أنواع الغضار الطينية الصفائحية المكون من حبيبات الكوارتز الناعمة.

يمكن إضافة لهذه الطرائق الرئيسة ذكر بعض الطرائق الأخرى مثل.

- التحليل بالأشعة تحت الحمراء *Infra Red Spectrometry*.

- قياس قدرة أنواع الغضار الطيني على تثبيت البوتاسيوم *Potassium*.

*Firation*



- السعة التبادلية لمعادن الغضار الطيني.

## 14-0: غرويات التربة: Soil Colloids

### 14-0-1: مقدمة:

تعني الحالة الغروية وجود مادة أو أكثر مفتتة تفتتاً ناعماً، ومنتشرة في مادة أخرى يمكن لكلتي المادة المنتشرة *Dispersed Phase*، والمادة المنتشر بها (مادة وسط الانتشار) *Dispersian Medium* أن تكونا صلبة، أو سائلة، أو غازية، مثل:

- الدخان: (مادة صلبة في غاز)، والغراء (مادة صلبة في سائل).

- البورسلين: مادة صلبة في مادة صلبة.

- الغيوم: مادة سائلة في غاز.

### 14-0-2: خصائص الغرويات:

تملك المواد الغروية بعض الخصائص؛ أهمها: الحركة البراونية-اللزوجة... إلخ. كما يمكن تصنيف الغرويات من حيث علاقتها بالماء في نوعين رئيسيين:

#### 1: غرويات غير محبة للماء: *Hydrophobic Colloids*

تصنف هذه الغرويات بأنها لا تظهر إلا انجذاباً قليلاً نحو الماء أو محيط الانتشار مثل معلق الذهب في الماء، وتتميز بالآتي:

أ- تكون لزوجة المعلق الغروي من هذا النوع قريبة من لزوجة محيط الانتشار.

ب- لا يمكن إعادة المادة الغروية المترسبة إلى حالتها الغروية من جديد بمجرد إضافة الماء للمادة المترسبة، وخضها.

#### 2: غرويات محبة للماء: *Hydrophilic Colloids*

تظهر هذه الغرويات رغبةً شديدة للانجذاب نحو الماء. يذكر منها على سبيل المثال: أنواع الغضار الطيني لتربة معدنية، أو عضوية (معلق الصابون في الماء)، وتتميز بالآتي:

أ- تكون لزوجة المعلق الغروي من هذا النوع أكبر بكثير من لزوجة محيط الانتشار.

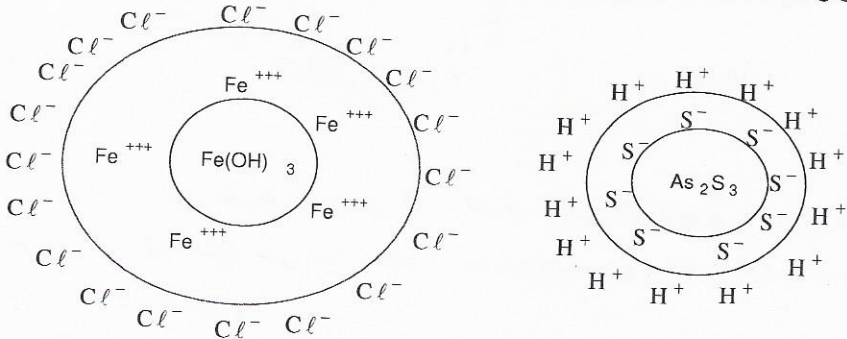
ب- يمكن إعادة المادة الغروية المترسبة إلى الانتشار من جديد في محيط الانتشار، وتكوين معلق غروي جديد بمجرد إضافة الماء للغروي المترسب وخضه.

### Electrical Properties: ١٤-٥-٣: الصفات الكهربائية:

تحمل الحبيبات الغروية عامة شحنات كهربائية، وقد وجد أنه إذا وضع معلق غروي ما في دارة كهربائية فالحبيبات الغروية يمكن إما أن تتجذب للقطب السالب وبالتالي يتم الحصول على غرويات مشحونة بشحنة موجبة وبالتالي يتم الحصول على غرويات مشحونة بشحنة موجبة وبالتالي فهي غرويات سالبة *Electro-Negative Colloids*. يعود مصدر الشحنة الكهربائية التي توجد على سطح الحبيبات الغروية عامة إما إلى عملية امتزاز اصطفائية للكاثيون المتوفر في محلول الانتشار مشكلاً غرويات موجبة؛ مثل: ماءات الحديد الغروية أو عملية امتزاز الأنيون الذي يوجد في محلول الانتشار، مشكلاً غرويات سالبة، مثل كبريت الزرنيخ، كما في الشكل (١٤-٢).

يعود مصدر الشحنة الرئيس في الغضار الطيني المعدني إلى تبادل إيزومورفي (احلال متماثل) *Isomorphic Substitution* حيث يتم في أثناء عملية تشكل الغضار استبدال بعض الكاتيونات العالية التكافؤ بكاتيونات أقل تكافؤاً، وذلك ينتج منه نقص في عدد الشحنات الموجبة بالنسبة للشحنات السالبة ضمن حبيبة الغضار الطيني الواحدة نفسه أي إن الغضار الطيني يصبح ذا شحنة سالبة.

ينبغي للحصول على التعادل الكهربائي أن تحاط كل حبيبة غروية بمجموعة من الشحنات المختلفة في الشحنة المساوية لبعضها في العدد، وقد وضعت نظريات عدة لتفسير طريقة توزيع الشحنات حول الأجسام الغروية، وأهم هذه النظريات نظرية هلموتز *Holmoltz*، وغوي *Gouy*، وسترن *Stern*.



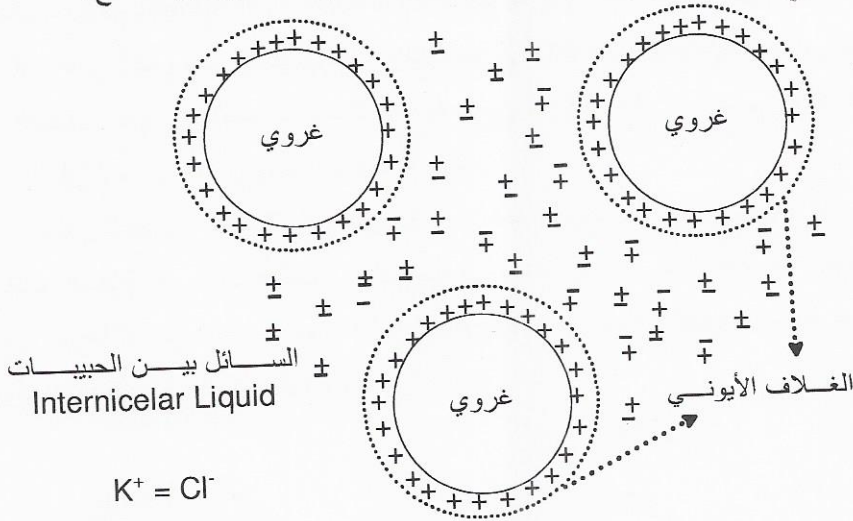
شكل (١٤-٢): توزيع الشحنات السالبة حول ماءات الحديد الغروية المشحونة بشحنة موجبة، والشحنات الموجبة حول حبيبات كبريت الزرنيخ الغروية المشحونة بشحنة سالبة

تعود الشحنة الكهربائية للجسم غروي إلى عملية الامتزاز الاصطفائي لبعض الأيونات دون غيرها على سطح الجسم الغروي في حين يعود أصل الشحنة الكهربائية الرئيس لغرويات التربة إلى الاحلال المتماثل ويكون مستقر الشحنات ضمن الجسم الغروي نفسه.

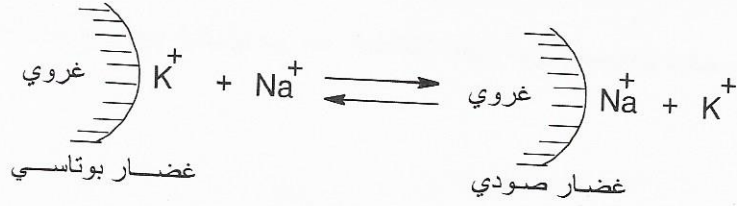
## 14-0-2: التبادل الكاتيوني: Cation Exchange

ذكر سابقاً أن الكاتيونات الممتزة التي توجد في الطبقة المنتشرة حول جسم غروي سالب هي في حالة حركة نسبية. بمعنى آخر تتزايد قوة جذب هذه الكاتيونات كلما اقتربت من سطح الجسم الغروي نتيجة الجذب الكهربائي الساكن.

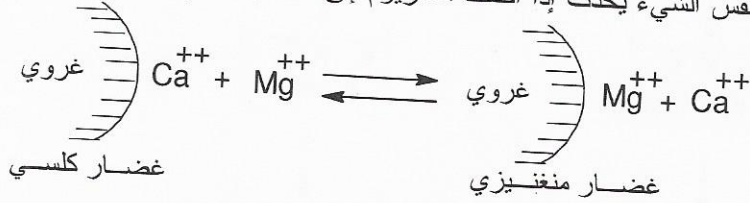
يلحظ على سبيل المثال من الغضار الطيني الغروي في محلول كلوريد البوتاسيوم أن تركيز البوتاسيوم على سطح الحبيبة الغروية يكون غالباً، وتركيز الكلور ضعيفاً، إلا أن تركيزهما يصل إلى حالة التوازن على بعد معين من السطح.



ولو أضفنا ملح كلوريد الصوديوم إلى الغضار الطيني البوتاسيومي، تجري عند عملية تبادل بين البوتاسيوم على سطح الحبيبة الغروية والصوديوم المضاف، تدعى هذه العملية التبادل الكاتيوني.

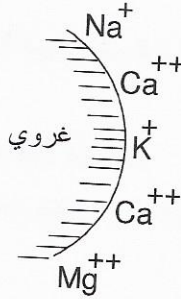
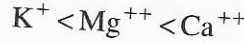


ونفس الشيء يحدث إذا أضفنا مغنزيوم إلى غضار كلسي:



فالغضار الموجود في التربة غالباً ما يكون مشبعاً بأنواع مختلفة من الكاتيونات،

وأهمها:



### خصائص التبادل الأيوني:

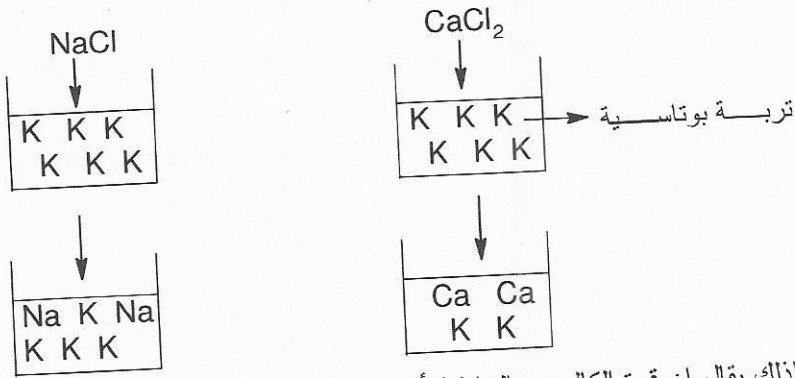
- ١- تتم عملية التبادل بسرعة فائقة.
- ٢- تكون كل عملية تبادل أيوني متكافئة كهربائياً أي إن كل مكافئ من الكاتيونات المتبادلة تتبادل مع نفس عدد المكافئات من الكاتيونات الأخرى.

### ١٤-٥: قوة التبادل النسبية: *Relative Replacing Power*

يجذب مركب الامتزاز في التربة الكاتيونات إلى سطح التربة بقوى متفاوتة، فالكاتيونات ذات قوة تبادل عالية تزيح الكاتيونات ذات قوة التبادل الضعيفة. يؤخذ على سبيل المثال تربتين متشابهتين ومشبعتين بالبوتاس، يلحظ عند إضافة كمية من كلوريد الصوديوم إلى التربة الأولى، وكمية مماثلة (عدد مكافئ نفسه) من كلوريد الكالسيوم، إلى التربة الثانية يلحظ أن كمية مكافئات الكالسيوم المضافة إلى التربة الثانية قد استبدل



من البوتاسيوم أكثر مما استبدل من عدد المكافئات نفسه من الصوديوم في التربة الأولى.



لذلك يقال إن قوة الكالسيوم التبادلية أكبر من قوة الصوديوم التبادلية.

## 12-5-1: العوامل التي تؤثر في القوة التبادلية للكاتيونات:

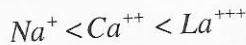
هناك عاملان أساسيان:

### ١: تكافؤ الكاتيون: Cation Valence

وجد أنه كلما ارتفع التكافؤ الكيميائي للكاتيون ارتفعت معه قوة تبادله النسبية، وذلك بحسب المتراحة الآتية:

أحادي التكافؤ > ثنائي التكافؤ > ثلاثي التكافؤ

يرافق الازدياد في التكافؤ الكيميائي ازدياد في الشحنة الكهربائية للكاتيون ومن ثم زيادة قوة التجاذب الكهربائي بين الكاتيون الموجب والغضار الطيني المشحون بشحنة سالبة؛ وبالتالي زادت قوة تبادله النسبية وهذا مظهر بالنسبة لكاتيون الكالسيوم مقارنة مع كاتيون للصوديوم.



### ٢: قطر الكاتيون:

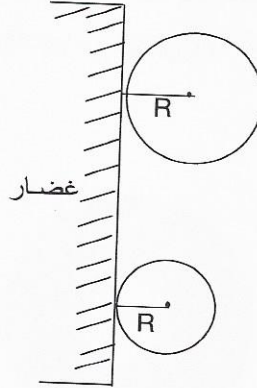
وجد عملياً أن قوة تبادل الكاتيونات المختلفة ذات التكافؤ المتماثل تتبع سلاسل ليوتروبية *Lyotropic Series* من حيث قوة تبادلها النسبية، وقد وجد على سبيل المثال أن قوة التبادل تتناقص وفق الآتي:



$Mg^{++} < Ca^{++} < Ba^{++} \dots \dots Li^+ < Na^+ < K^+, NH_4^+ < Rb^+ < Cs^+$   
يوضح الجدول (١٤-٢) الأقطار النسبية لهذه الكاتيونات البلورية وفق الآتي.

$Cs^+ > Rb^+ > K^+ > Na^+ > Li^+ > H^+ > Ba^{++} > Sr^{++} > Ca^{++} > Mg^{++}$   
وجد عملياً أنه كلما ازداد حجم الكاتيون أو قطره ازدادت قوة تبادله النسبية، كما

في المثال الآتي:



يفترض على سبيل المثال أن سطح الغضار مشحون بكهربائية سالبة، ويوجد على سطحه كاتيون صغير، هذا يعني أن قوة التجاذب بين السطح المشحون سالباً والكاتيون تتبع قانون كولومب السابق الذكر:

$$F = K \frac{z_1 - z_2}{R^2}$$

$z_1, z_2$ : شحنة السطح وشحنة الكاتيون

$R$ : المسافة بين الشحنتين

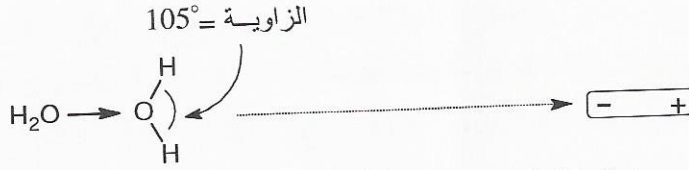
$K$ : ثابت.

يبين قانون كولومب ازدياد قوة الجذب بين الجسمين المختلفين في الشحنة الكهربائية مع تناقص المسافة بين الشحنتين أو بمعنى آخر كلما صغر قطر الكاتيون، وبناءً عليه من المفروض أن تزداد قوة التبادل النسبية للكاتيونات كلما صغر حجمها كما هو موضح سابقاً، إلا أنه في الحقيقة يحصل عكس ذلك.

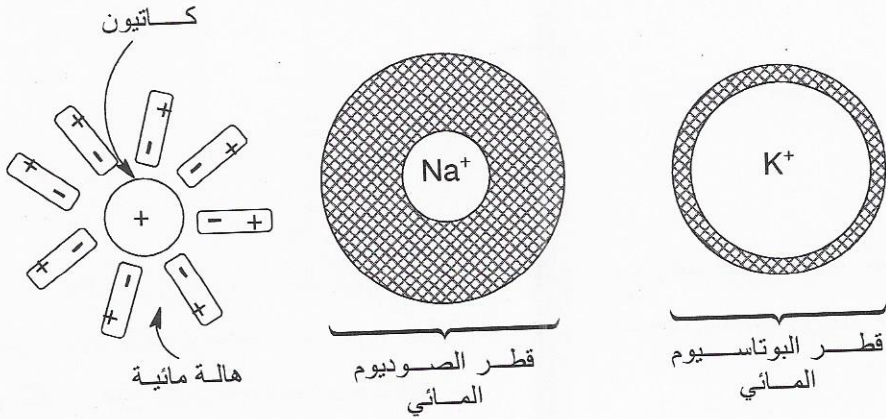
يمكن أن يفسر هذا التناقض على النحو الآتي:

وجد أنه على الرغم من أن جزيئات الماء متوازنة كهربائياً فإن ذراته تتمتع بقطبية، هذا يعني أن جهة منها تكون سالبة، والجهة الأخرى تكون موجبة، ويمكن

تمثيلها وفق الآتي:



تتجذب جزيئات الماء القطبية حول الكاتيونات الذائبة فيه مكونة حول هذه الكاتيونات غشاء مائي تختلف ثخانتها باختلاف قطر الكاتيون، يدعى هذا الغشاء المائي "الهالة المائية" *Hydration Shell* كما في الشكل (١٤-٣).



شكل (١٤-٣): تكون الهالة المائية حول الكاتيون

يتضح من ذلك أن الأيونات صغيرة الحجم تتمتع بقوة جذب للماء أكبر من الأيونات الكبيرة الحجم، وبناءً عليه يمتلك عنصر الليثيوم  $Li$  ذي القطر الصغير قطر مائي أكبر من عنصر السيزيوم  $Cs$  ذي القطر الكبير.

يتضح من ذلك أن كاتيون الليثيوم  $Li^+$ ، بقطره المائي الكبير، يتمتع بقوة جذب لسطح الغضار الطيني أقل من كاتيون السيزيوم  $Cs^+$  ذي القطر المائي الصغير نسبياً، وبالتالي تكون قوة تبادل السيزيوم النسبية، أكبر من قوة تبادل الليثيوم النسبية. ولكن رغم بساطة المناقشة فإن أساس نظرية الهالة المائية للكاتيونات ليس كاملاً.

وجد على سبيل المثال أن قوة تبادل السيزيوم النسبية أكبر بكثير من قوة تبادل البوتاسيوم النسبية على الرغم من أن هناك شبه تساوي بين قطري البوتاسيوم والسيزيوم المائيين. انظر الجدول (١٤-٢).

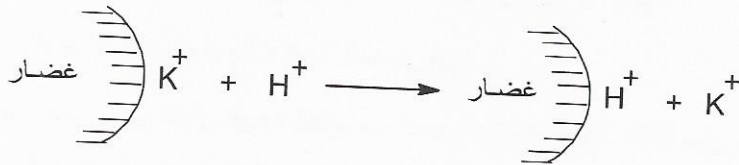
جدول رقم (١٤-٢): أنصاف الأقطار المائية لبعض الكاتيونات:

العنصر	نصف القطر المائي بالأنغستروم
$Li^+$	10,0
$Na^+$	9,7
$K^+$	5,3
$Rb^+$	5,1
$Cs^+$	5,0

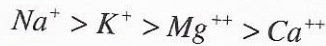
١٤-٥-٥-٢: أنواع تفاعلات التبادل:

١: التحلل أو التفكك بوساطة الماء: *Hydrolysis*

تستطيع كاتيونات الهيدروجين في الماء أن تتبادل مع الكاتيونات الممتزة على سطح الغضار الطيني وفق الآتي:



يستطيع تفاعل التفكك بوساطة الماء هذا يستطيع أن يفسر لماذا تكون نسبة الكالسيوم على سطح الغضار الطيني أكبر من غيرها.



يعود سبب ذلك إلى أن قوة تبادل الكالسيوم النسبية هي أكبر من البوتاسيوم، أو الصوديوم؛ ولهذا السبب يقوم الماء يطرد الصوديوم والبوتاسيوم أولاً عن سطح الغضار الطيني كونهما يتمتعان بقوة تبادل نسبية ضعيفة؛ بالمقارنة مع قوة تبادل الكالسيوم النسبية العالية. هذا يعني أنه كلما ازدادت قوة تبادل العناصر النسبية كلما قابليتها للتبادل عبر التفكك بوساطة الماء، والعكس صحيح.

يؤدي تكرار عملية غسل التربة (أو الغضار الطيني) في النهاية إلى طرد جميع الكاتيونات؛ مثل الصوديوم، والبوتاسيوم، والمغنزيوم، والكالسيوم، وتتحول بالنتيجة إلى تربة حامضية يحتل الهيدروجين فيها المكان الأول على لائحة الامتزاز المعقدة *Adsorbing Complex*، وبالتالي تزداد درجة ذوبان الحديد والألمنيوم في محلول التربة لدرجة بشكل تتسمم معه النباتات المزروعة فيها.

## ٢: تفاعلات التبادل الكاتيوني:

يقصد بها تبادل الكاتيونات الممتزة على سطح الغضار الطيني مع كاتيونات الصوديوم والكالسيوم... الخ الذائبة في محلول التربة.

## ١٤-٦: التبادل الكاتيوني في التربة:

### تعريف:

يُعبّر عن سعة التبادل الكاتيوني *Cation Exchange Capacity* بأنها عدد مكافآت الكاتيونات الموجودة بصورة متبادلة على سطح مائة غرام من التربة الجافة.

تختلف سعة التبادل الكاتيوني في التربة بحسب عوامل عدة أهمها:

١- قوام التربة: يقصد بذلك نسبة الغضار فيها.

تقدر على سبيل المثال السعة الكاتيونية لأرض رملية بحدود ٢-٣ ميلي مكافئ في ١٠٠ غرام تربة والسعة الكاتيونية لأرض طينية: بين ٥٠-٦٠ ميلي مكافئ في ١٠٠ غرام تربة، هذا يعني أن الغضار الطيني هو مقر الكاتيونات المتبادلة بالدرجة الأولى.

### ٢- كمية المادة الدبالية فيها:

يفسر التبادل الكاتيوني لدبال يراوح سعته بين ٢٠٠-٣٠٠ ميلي مكافئ في ١٠٠ غرام من الدبال سبب تزايد سعة التبادل الكاتيوني في الأراضي الغنية بالمادة العضوية، ولما كانت كل تربة تحتوي على بعض المواد العضوية، فإننا نطلق تعبير سعة التبادل الكاتيوني لمركب الامتزاز *Adsorption Complex* على مجموعة السعة التبادلية لكل من الغضار الطيني الكاتيوني لمركب الامتزاز والمادة العضوية معاً.



## ١٤-٧: الرقم الهيدروجيني للتربة وتفاعلاتها:

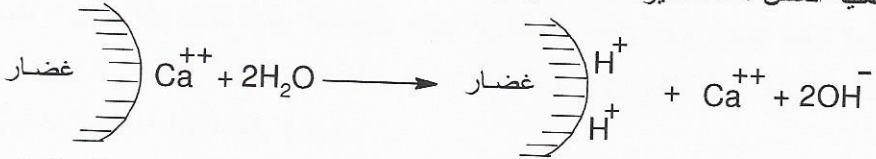
### *pH Soil and Soil Reaction:*

#### ١٤-٧-١: مقدمة:

يعد الرقم الهيدروجيني للتربة  $pH$  من أكثر تحاليل التربة التي تحدد في المختبر نظراً لسهولة، وسرعة قياسه، وذلك بعد اكتشاف أجهزة الـ  $pH$  المعروفة، على الرغم من أن قياس  $pH$  التربة لايفيد في التنبؤ بخصوبة التربة إلا عندما تكون قيمته إما منخفضة جداً وإما مرتفعة جداً، لذا صنف التربة طبيعياً إلى تربة حامضية معتدلة، أو قلوية، كما عزيت بعض مشاكل خصوبة التربة إلى رقمها الهيدروجيني.

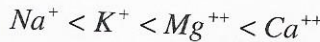
#### ١٤-٧-٢: $pH$ التربة وعلاقته بعوامل تشكلها:

تتشكل الأراضي الحامضية في الظروف الغزيرة الأمطار، وذلك لأن الأملاح الذائبة والكاتيونات المتبادلة تغسل من التربة، وتذوب في مياه الغسل. يمكن التعبير عن عملية الغسل هذه للكاتيونات القاعدية بتفاعل التحلل بالماء وفق الآتي:



تذوب مياه الكالسيوم  $\text{Ca(OH)}_2$  في مياه الغسل، وتصرف من التربة، في حين يبقى الهيدروجين بصورة متبادلة على سطح الغضار، لذلك تكون الأراضي الحامضية فقيرة بالكاتيونات القاعدية المتبادلة القابلة للامتصاص. وسيتم لاحقاً مشاكل خصوبة الأراضي الحامضية، وطريقة استصلاحها.

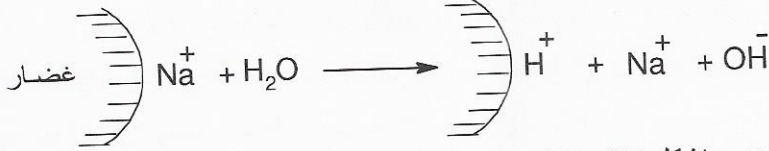
تتشكل الأراضي المعتدلة تحت ظروف متوسطة من الأمطار، وبالتالي من عملية الغسل ليتعادل تمعدن معادنها تقريباً، وذوبان الكاتيونات مع تشكل وغسل الكاتيونات القاعدية من التربة، لذلك يكون مركب الامتزاز في مثل هذه الأراضي مشبعاً بمجموعة الكاتيونات القاعدية الموزعة بنسب مختلفة بحسب المتراجعة الآتية:



تكون نسبة الهيدروجين المتبادل قليلة، ونسبة الكالسيوم والمغنسيوم مرتفعة؛ نظراً لقلّة تفاعلات التحلل بالماء، لذا تكون هذه التربة معتدلة في رقمها الهيدروجيني، ومزودة جيداً بالكاتيونات الغذائية.



يلحظ في الظروف المناخية الجافة حيث تكون كمية الأملاح المنغسلة قليلة أن الأراضي المتشكلة تحت هذه الظروف تكون غنية بأملاح الصوديوم، فتنجح أحياناً ترب صوديومية أو مالحة. فإذا أضفنا الماء لمثل هذه الأراضي، يلحظ عند قياس الـ  $pH$  لمحلول التربة أن قيمته قد تصل أحياناً إلى (9) أو (10) وذلك بسبب تحلل الصوديوم المتبادل (الضعيف في قدرته التبادلية) بالماء وفق الآتي:



يؤدي تشكل  $\text{NaOH}$  في محلول التربة إلى رفع الـ  $(pH)$  فيها إلى درجة القلوية، مما يسبب مشاكل زراعية مهمة سيتم مناقشتها في فصل لاحق.

#### ١٤-٧-٣: مفهوم $pH$ التربة:

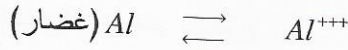
يعرف  $pH$  التربة مثلاً بـ  $pH$  العجينة المشبعة للتربة، لأن هذه النسبة من الرطوبة هي أعلى نسبة يمكن الحصول عليها في الحقل. ينبغي دوماً تحديد نسبة الماء إلى التربة في المعلق الذي يستخدم لأخذ قراءة  $pH$  التربة، لأن هذا الأخير يتغير تبعاً لنسبة الماء للتربة في المعلق المحضر.

يطرح السؤال الآتي نفسه، ما مصدر الكاتيون الهيدروجيني في التربة؟ يكون توزع كاتيون الهيدروجين متجانساً في أي محلول مائي، بينما يكون توزع كاتيون الهيدروجين في معلق التربة غير متجانساً. يكون كاتيون الهيدروجين إما على هيئة كاتيون هيدرونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+$  في محلول التربة، وإما على هيئة متبادلة على سطوح مركب الامتزاز في التربة، إلا أنه يوجد دوماً توازن بين نسبة كاتيون الهيدروجين الذائب في محلول التربة وكاتيونات الهيدروجين الممتزة على سطح مركب الامتزاز وفق الآتي:

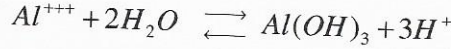


هيدروجين ذائب      هيدروجين ممتز

يساهم الألمنيوم المتبادل أيضاً في تزويد محلول التربة بالهيدروجين؛ وذلك لكون الألمنيوم المتبادل يتفكك بسهولة في الماء متحولاً إلى هيدروكسيد الألمنيوم محرراً بذلك ثلاث ذرات هيدروجين لكل ذرة ألومنيوم متحللة بالماء وفق الآتي:

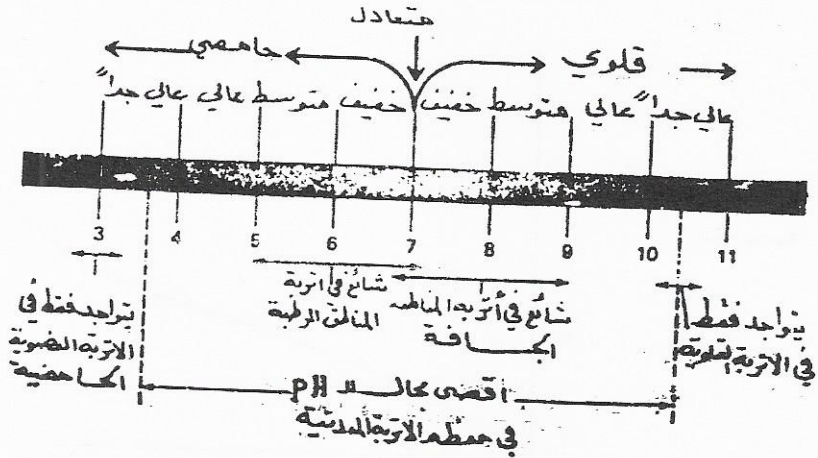


مدمص



محلول التربة

يكون الجزء الأعظمي من أيونات الهيدروجين في التربة ممتزاً، وقابلاً للتبادل، وفي حال توازن مع أيونات الهيدروجين الذائبة في محلول التربة. تتغير قيمة الـ  $pH$  في التربة بين ( $pH = 3$ ) حيث تكون التربة حامضية جداً، وهذا لا يوجد إلا نادراً في الأراضي العضوية و ( $pH = 11$ ) حيث تكون التربة قلوية جداً، وهذا ما يحصل في الترب القلوية غير العضوية *Mineral Alkali Soils*، أما تغيرات الـ  $pH$  ضمن (3-11) فهي مبنية في الشكل (٣-١٤).



شكل (٣-١٤): المدى الذي تتغير ضمنه الـ  $pH$ ، وتسمية التربة بحسب درجة الحموضة والقلوية

يرافق ازدياد نسبة الهيدروجين أو الألمنيوم على مركب الامتزاز ازدياد في نسبة الهيدروجين الذائب، وبالتالي انخفاض رقم الـ  $pH$  في التربة، والعكس صحيح.

١-٣-٧-١٤: علاقة  $pH$  التربة ببعض صفاتها الكيميائية:

يحدد  $pH$  التربة إلى حد كبير بثلاث صفات أساسية هي:

١- درجة الإشباع الكاتيوني لمركب الامتزاز.

٢- نوع مركب الامتزاز.

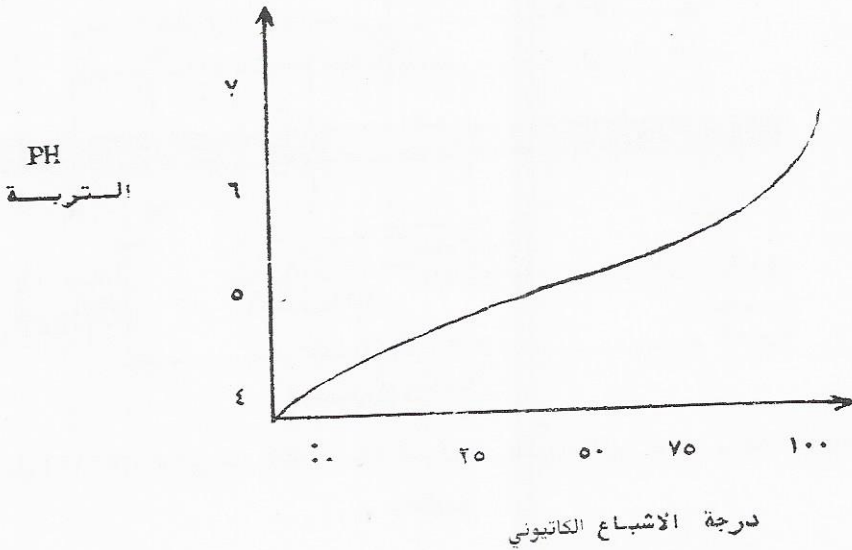
٣- نوع الكاتيونات المدمصة.

١: درجة الإشباع الكاتيوني للتربة:

يطلق درجة الإشباع الكاتيوني للتربة على النسبة المئوية لمجموع الكاتيونات القاعدية المتبادلة في التربة إلى سعتها التبادلية في المئة.

$$100 \times \frac{Na^+ + K^+ + Mg^{++} + Ca^{++}}{\text{السعة التبادلية}}$$

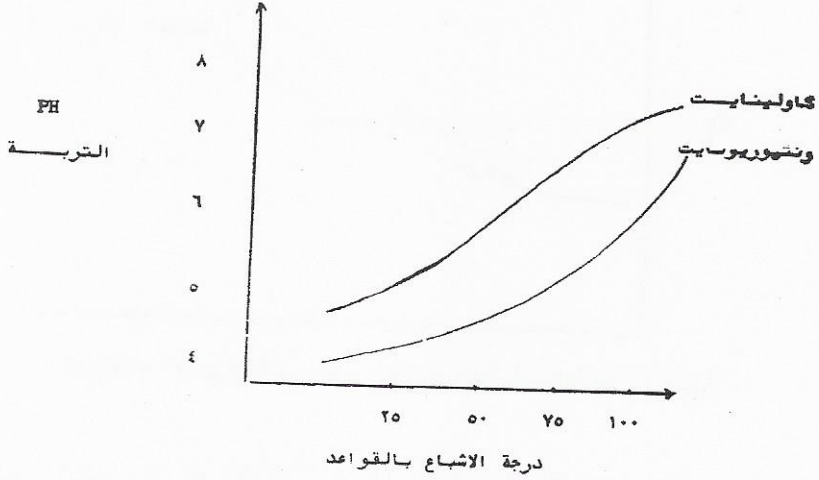
تعني درجة الإشباع الكاتيوني (القاعدي) المنخفضة بديهياً أن التربة حامضية، وقد عبر (Peech) منذ عام ١٩٤١ عن العلاقة بين درجة الإشباع الكاتيوني ودرجة الـ  $pH$ ، كما في الشكل (١٤-٤).



شكل (١٤-٤): العلاقة بين النسبة المئوية للكاتيونات القاعدية الممتزة (درجة الإشباع الكاتيوني) ودرجة  $pH$  التربة

## ٢: نوع مركب الامتزاز:

يختلف  $pH$  الغرويات المختلفة وأن تساوت في درجة إشباعها الكاتيوني، لأن المواد الغروية في التربة تختلف كثيراً من حيث قدرتها على التمسك بكاتيوناتها المتبادلة بما في ذلك الهيدروجين. يلحظ على سبيل المثال عند موازنة غضار الكاولينايت وغضار المونتموريونايت، كما في الشكل (١٤-٥)، أن لهما منحنيين مختلفين في أثناء تغير  $pH$  الوسط المحيط.



شكل (١٤-٥): منحنى المعايرة لكل من الكاولينايت والمونتموريونايت لتربة كارولينا Carolina في الولايات المتحدة مأخوذ من Nrdy 1974

## ٣: نوع الكاتيونات المتبادلة:

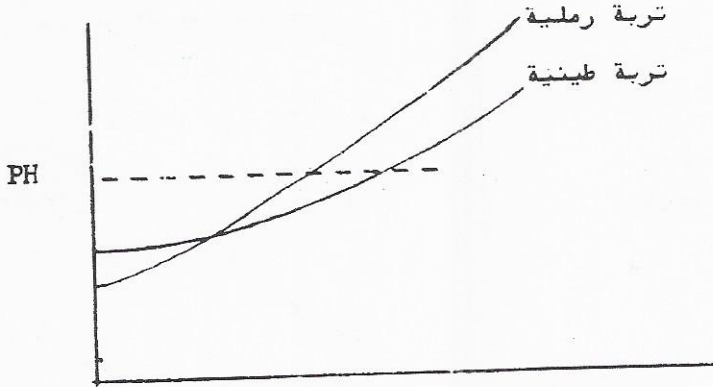
يكون  $pH$  الأراضي المشبعة بالصوديوم أعلى من  $pH$  الأراضي المشبعة بالكالسيوم، والمغنسيوم المتساوية في درجات إشباعها الكاتيوني (القاعدي)؛ نظراً لاختلاف هذه الكاتيونات في درجة تفككها وإنتاجها لشوارد الهيدروكسيل.

## ١٤-٧-٤: معايرة الترب الحامضية:

يمكن التمييز بين نوعين من الحموضة في الترب الحامضية:

- ١- الحموضة الفعالة *Active Acidity*: تمثل  $pH$  المعلق الترابي.
- ٢- الحموضة الكلية *Total Acidity*: تمثل كمية القاعدة أو القلوي اللازمة (مثل  $Ca(OH)_2$ ) لتعديل حموضة التربة، ورفع الـ  $pH$  فيها إلى (7). يحتمل أن يكون

هناك ترب متشابهة في حموضتها الفعالة، ومختلفة كثيراً في حموضتها الكلية. تزداد الحموضة الكلية كلما ازدادت السعة التبادلية لمركب الامتزاز؛ حيث تكون قليلة في الأراضي الرملية، وكبيرة في الأراضي الغضارية الطينية. تفيد منحنيات معايرة الترب في تعرف صفات التربة الحامضية، وخصائصها المنظمة *Buffering Capacity* انظر الشكل (٦-١٤).



شكل (٦-١٤): موازنة بين القدرة المنظمة لتربة رملية وتربة طينية

تجدر الإشارة إلى أن الأراضي الرملية لاحتياج إلى الكثير من المحلول القاعدي بغية تغير قيمة الـ  $pH$  بسرعة على حين يكون ارتفاع  $pH$  الأراضي الغضارية الطينية بطيئاً جداً عند إضافة المحلول القاعدي، هذا يعني أن التربة الطينية تتمتع بفعل منظم *Buffering Action*، إذ تحتاج إلى كميات كبيرة من المحلول القاعدي لمعادلة حموضتها وسيكون الأمر مختلفاً فيما لو احتوت التربة على نسبة معينة من المادة العضوية. تتميز الغرويات العضوية بمقدرتها المنظمة العالية، إذ تختلف طبيعة منحنى المعايرة للأراضي الغضارية الطينية باختلاف نسبة المادة العضوية ونوعها، وبحسب طبيعة الغضار الطيني للتربة شكل (٦-١٤)، وكذلك بحسب نوع المحلول القاعدي المستخدم للمعايرة.

#### ١٤-٧-٥: طرائق قياس $pH$ التربة:

يمكن التمييز بين طريقتين رئيسيتين لقياس  $pH$  التربة هما:

- طريقة لونية.
- طريقة كهربائية.

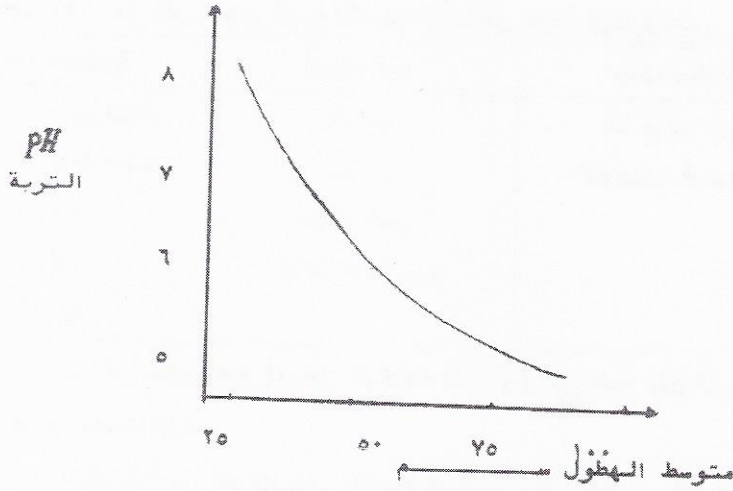


## ١٤-٧-٦: عوامل تغيير $pH$ التربة:

يمكن تلخيص العوامل التي تؤثر في  $pH$  التربة بالآتي:

### ١: عوامل مناخية - المطر:

ذكر في بداية هذا الفصل أن طبيعة المناخ وخاصة الأمطار تلعب أكبر الأثر في تحديد قيمة  $pH$  التربة؛ لما لماء المطر من تأثير في عملية غسل الأملاح. تتميز المناطق الجافة حيث تكون كمية الأمطار قليلة ببقاء كمية كبيرة من الأملاح، والكاتيونات القاعدية، في التربة دون غسل خلافاً للمناطق الرطبة التي تغسل منها الكاتيونات القاعدية، وتتحول إلى أراضٍ حامضية حيث يحل الهيدروجين مكان تلك الكاتيونات على مركب الامتزاز، وهكذا كلما زادت كمية الأمطار في منطقة ما زادت فرص غسل أملاحها. وقد درس العالم جيني Jenny العلاقة بين  $pH$  التربة وكمية الأمطار (الهطول) في مناطق متوسط درجة حرارتها السنوي ثابت عند  $(11^\circ C)$  كما هو موضح في الشكل (١٤-٧).



شكل (١٤-٧): علاقة  $pH$  التربة بمتوسط الهطول السنوي

تبين أنه كلما زادت كمية الهطول انخفضت معها درجة  $pH$  التربة، وهذا مايفسر انخفاض الـ  $pH$  في المناطق الرطبة، وشبه الرطبة منها، في المناطق الجافة، وشبه الجافة (المناطق الشمالية من أفريقيا والقريبة من آسيا).

## ٢: تغيرات الـ $pH$ مع الزمن:

يكون  $pH$  التربة في نهايته العظمى شتاءً وذلك خلال الفترة الممتدة بين تشرين الثاني - كانون أول ويكون الـ  $pH$  يكون في نهايته الصغرى صيفاً خلال شهري تموز وآب.

يفسر ذلك من خلال عملية تمديد أملاح التربة شتاءً حيث يؤدي ذلك كما هو موضح سابقاً، إلى تحلل بعض الكاتيونات، ومنها الصوديوم، بالماء مما يؤدي إلى ارتفاع قيمة الـ  $pH$  شتاءً وانخفاضه صيفاً.

## ٣: تأثير الأسمدة في $pH$ التربة:

تتوقف طريقة انتقاء الأسمدة الكيماوية المناسبة للتربة إلى حد بعيد كما هو معروف على الرقم الهيدروجيني للتربة، فهناك أسمدة ذات تأثير حامضي يفيد في تعديل الترب الكلسية أو القلوية، وهناك الأسمدة التي لها تأثير قلوي يفيد الأراضي الحامضية، وهناك الأسمدة المعتدلة التي ليس لها أي تأثير في قيمة  $pH$  التربة، كما هو موضح في الجدول (١٤-٤).

جدول (١٤-٤): تأثير بعض أنواع الأسمدة في معامل التربة الهيدروجيني:

أسمدة حامضية	أسمدة قلوية	أسمدة معتدلة
كبريتات أو كلورات أو نترات أو فوسفات النشادر	سياناميد	أملاح البوتاس
كبريت	سكوري	الفوسفات الطبيعية
بولة	نترات الجير	
دم جاف	نترات الصوديوم	

يذكر أيضاً إلى جانب هذه العوامل المختلفة التي تؤثر في قيمة  $pH$  التربة تأثير الزراعة وطبيعة النبات نفسه.

يعد  $pH$  اختصاراً من أهم الصفات الكيميائية للتربة والتي ينعكس تأثيرها على الكثير من صفات التربة الكيميائية، ومدى خصوبتها.

يعد ضرورياً بل من الممكن تغيير قيمة  $pH$  التربة إذا ماتوافرت ظروف غير مناسبة للزراعة، فالأراضي الحامضية تستطيع رفع رقمها الهيدروجيني بإضافة الكلس أو مشتقاته للتربة، أما الأراضي القلوية فيضاف إليها الجص، أو القيام بعملية غسل التربة بالماء؛ بغية تبادل الكالسيوم مع الصوديوم؛ بغية خفض قيمة  $pH$  التربة فيها.

سيتم لاحقاً مناقشة مشاكل هذه الأراضي وطرائق استصلاحها.

## ١٤-٨: التربة الحامضية: Acid Soils

تبين سابقاً أن الأمطار الغزيرة تعد من الأسباب الرئيسة لتشكيل التربة الحامضية، وأن عملية الغسل الشديد لأكثر الكاتيونات الغذائية مثل البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنزيوم، وغيرها، يجعل مثل هذه التربة قليلة الخصوبة، وبيئة سيئة لنمو النبات.

### ١٤-٨-١: مشكلات خصوبة التربة الحامضية:

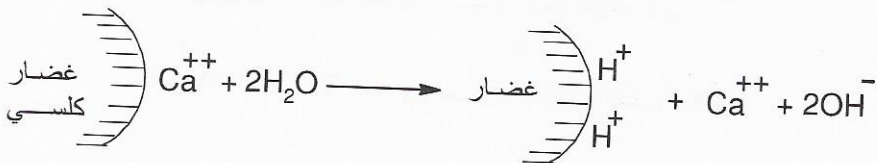
تلاقي النباتات المزروعة في التربة الحامضية مشاكل غذائية عديدة أهمها:

#### ١: تأثير الـ $pH$ الحامضي في حياة النبات وامتصاص الأغذية:

وجد نتيجة الأبحاث الكثيرة، أن قيمة  $pH$  المنخفضة للتربة تؤدي مباشرةً جذور النباتات وتضعف في الوقت نفسه قدرتها على القيام بدورها الفيزيولوجي، وكذلك يجعل امتصاص الجذور للكاتيونات الغذائية صعباً، وقد وجد العالمان أوفرستريت و جاكوبسون *Overstreet and Jacobson* أن جذور الشعير تستفيد من البوتاسيوم بدلاً من امتصاصها له إذا ما وضعت في محلول بوتاسيومي ملحي، درجة الـ  $pH$  فيه تراوح بين (٤) و (٥).

#### ٢: تأثير الـ $pH$ الحامضي في كمية العناصر الغذائية في التربة:

تكون نسبة الكاتيونات الغذائية مثل البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنزيوم، ضعيفة في الأراضي الحامضية بسبب ضياعها نتيجة لحلول الهيدروجين محلها على غرويات التربة وغسلها مع مياه الأمطار. يمكن التعبير عن ميكانيكية غسل هذه الكاتيونات بالمعادلة الآتية:



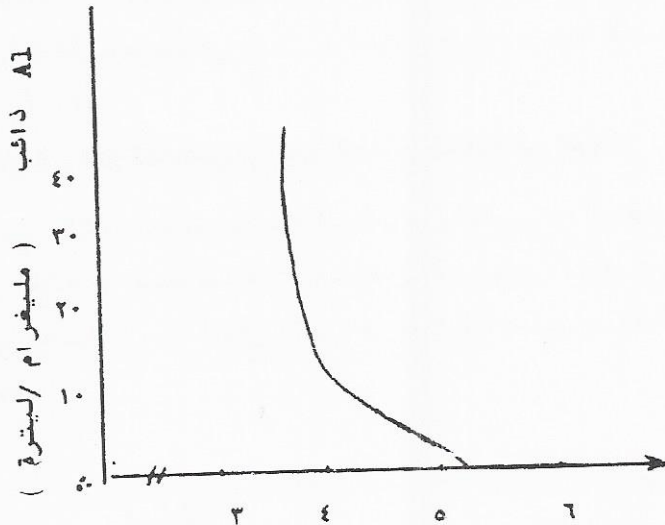
### ٣: تأثير الـ $pH$ الحامضي في تثبيت بعض العناصر الغذائية:

نقل قابلية امتصاص الفوسفات في الترب الحامضية نتيجة تشكل فوسفات الحديد والألمنيوم الضعيفة الذوبان في الماء تحت الظروف الحامضية، كذلك الأمر بالنسبة للسلفات والموليبيدات التي تمتاز بقوة على سطوح الغرويات الموجبة في التربة.

### ٤: التسمم بالألمنيوم: $Al - Toxicity$

يؤدي الألمنيوم نظراً لذوبانيته المرتفعة في الأراضي الحامضية دوراً ساماً للنبات، وقد أثبت تأثيره الضار في حياة النبات وفق تجارب كثيرة، منها ما قام به بعض العلماء بغية تحديد الدور الذي يؤديه الألمنيوم المضاف كمحلول غذائي إضافة متزايدة على المحصول النسبي للنباتات؛ إذ أدى ذلك إلى تناقص مستمر في كمية المحصول.

تتعلق درجة ذوبان مركبات الألمنيوم في التربة إلى حد كبير بدرجة  $pH$  التربة، حيث يزداد تركيز الألمنيوم في محلول التربة بسرعة كبيرة عندما تنخفض قيمة  $pH$  التربة عن (٥). كما هو موضح في الشكل (١٤-٨).



شكل (١٤-٨): علاقة المحلول بتركيز الألمنيوم الذائب فيه



## ٥: التسمم بالمنغنيز : *Mn - Toxicity*

تزداد نسبة المنغنيز والحديد في محلول التربة كما هو معلوم كلما زادت الحموضة، وهناك دلائل عدة تشير إلى التأثير السام للمنغنيز في الكثير من النباتات، وقد وجد أنه كلما ازداد تركيز المنغنيز على ١ مغ/ليتر في المحلول الغذائي أدى ذلك إلى هبوط في إنتاج الشعير، وفول الصويا.

يساهم في التخفيف من سمية المنغنيز وجود الحديد بتركيز مرتفعة، نظراً لظاهرة التضاد بينهما، إذ إن الحديد يزاحم المنغنيز في عملية الامتصاص من النبات.

٦: تأثير الحموضة في النشاط الجرثومي في التربة:

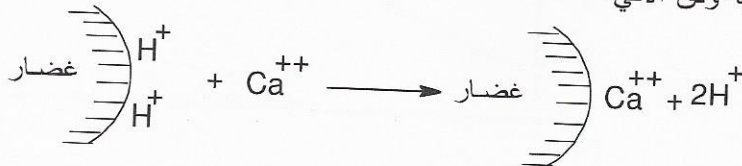
تتصف حموض التربة بأنها ذات تأثير ضار في نشاط الكائنات الحية الدقيقة في التربة التي تقوم بتفكيك المادة العضوية، محولة الأزوت العضوي إلى نترات، يلحظ من ذلك أن نسبة الأنبيونات وخاصة النترات تكون منخفضة في الترب الحامضية، من ناحية ثانية، تؤثر الحموضة أيضاً في الكائنات الحية الدقيقة التي تثبت الأزوت سواء في بكتريا نتروباكتر التي تثبت بصورة غير تعايشية، أم في الكائنات الحية الدقيقة في التربة التي تثبت الأزوت بصورة تعايشية.

وجد أن بكتريا نتروباكتر غير قادرة على تثبيت الأزوت، إذا زادت قيمة  $pH$  التربة أو انخفضت (٦).

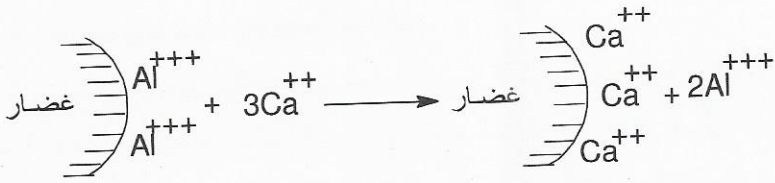
## ١٤-٨-٣: طرائق معالجة الترب الحامضية:

### ١: تأثير إضافة الكلس: *Liming Effect*

تعد إضافة الكلس هي الطريقة الوحيدة لعلاج الترب الحامضية عبر إضافته إما على هيئة أكسيد الكالسيوم، أو ماءات الكالسيوم  $Ca(OH)_2$ ، أو كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$ ، فيستبدل بذلك الهيدروجين أو الألمنيوم الممتز بالكالسيوم، وترتفع بذلك قيمة  $pH$  التربة وفق الآتي:



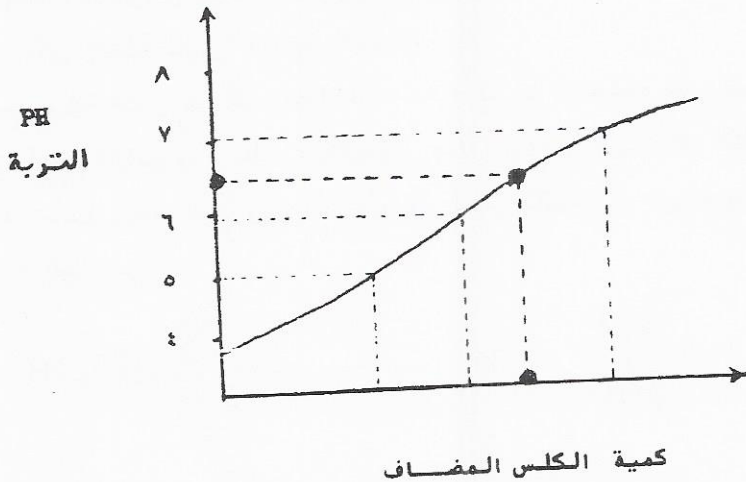




٢: تحديد كمية الكلس الواجب إضافتها:

يعد قياس  $pH$  التربة ليس كافياً لتقدير نسبة الكالسيوم الواجب إضافته، لرفع قيمة الـ  $pH$  فيها إلى المستوى المطلوب، فالكمية الواجب، إضافتها من الكالسيوم لرفع قيمة  $pH$  التربة الطينية هي أكبر بكثير مما يلزم للأراضي الرملية وإن تساوت قيمة الـ  $pH$  بينهما، نظراً لارتفاع قدرة التربة الطينية المنظمة أو قيمة حموضتها الكلية العالمية.

أفترحت طرائق عدة لتحديد كمية الكالسيوم الواجب إضافتها إلى التربة الحامضية منها طرائق تجريبية ومنها طرائق مختبرية كيميائية. يمكن على سبيل المثال أخذ عينات ترابية متساوية في أوزانها ويضاف إلى كل منها كميات متزايدة من الكالسيوم، ثم تمزج جيداً، وتترك عدة أيام، ثم تؤخذ قراءة الـ  $pH$  للمزيج، ويرسم بعد ذلك الخط البياني الذي يربط بين الـ  $pH$  وكمية الكالسيوم المضافة. تحدد بعد ذلك كمية الكالسيوم اللازمة لرفع قيمة الـ  $pH$  إلى (6.5) فقط، كما هو موضح في الشكل (٩-١٤).



شكل (٩-١٤): علاقة كمية الكالسيوم المضافة بدرجة  $pH$  التربة

### ٣: تأثير إضافة الكالسيوم في صفات التربة:

سنكتفي هنا بتعداد تأثير إضافة الكالسيوم في الخصائص الأساسية للتربة

الحامضية بصورة مختصرة وهي:

- رفع  $pH$  التربة والتخفيف من تضرر الجذور.
- زيادة كمية الكالسيوم في التربة الذي يعد العنصر الأساس لنمو النبات.
- زيادة خصوبة التربة بتشجيع عمليات النترجة، وتثبيت الآزوت، وتحلل المادة العضوية.

- زيادة قابلية السلفات، والفوسفات، والموليبدات للامتصاص.
- التقليل أو إبطال سمية الألمنيوم، والمنغنيز، والنحاس، والحديد، عن طريق تقليل ذوبانها في محلول التربة.

- يعد الأمر أكثر تعقيداً بالنسبة للبوتاسيوم فمن جهة يذيب الكالسيوم المضاف البوتاسيوم المتبادل، ويجعله قابلاً للامتصاص، قد تؤدي إضافة الكالسيوم من جهة ثانية إلى زيادة في تثبيت البوتاسيوم، نتيجة لارتفاع قيمة  $pH$  التربة، ولهذا السبب فإن تأثير إضافة الكالسيوم للتربة على البوتاسيوم يتعلق بنسبة الكالسيوم إلى البوتاسيوم فيها.
- يضاف إلى هذه التأثيرات تأثيرات أخرى للكالسيوم؛ مثل قدرته على بناء التربة، وزيادة نفاذيتها للماء، وتهويتها، وتنشيط الأحياء الدقيقة فيها... الخ.

### ٤: تأثير الإضافة الزائدة من الكالسيوم:

- تجدر الإشارة أنه على الرغم من أن إضافة الكالسيوم ضرورية، ومفيدة لاستصلاح الأراضي الحامضية، إلا أن إضافته يجب أن تتم بكميات مناسبة ومدروسة (أي حتى تصبح الـ  $pH$  في التربة في حدود 6.5) إذ إن زيادة كمية الكالسيوم سوف تؤدي إلى ظهور مرض العوز في نزر بعض العناصر كالحديد، والمنغنيز، والزنك عند النباتات، ويتبعها الفوسفور إذا ما زادت قيمة الـ  $pH$  عن حد معين.