

كلية العلوم

القسم : الكيمياء

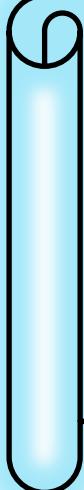
السنة : الثالثة



٩

المادة : كيمياء بيئية

المحاضرة : د. مرهام معلم / نظري ٨+٧



{{{ A to Z }} مكتبة}

Maktabat A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية



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



جامعة طرطوس

كلية العلوم

قسم الكيمياء

الكيمياء البيئية

القسم النظري

المحاضرة السابعة والثامنة

مدرس المقرر

د. رهام معلا

العام الدراسي

٢٠٢٥-٢٠٢٤

الفصل الرابع عشر

الخصائص الكيميائية للترابة

Chemical Properties of Soil

١-١: مقدمة: *Introduction*

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

تعرف الترب بأنها نظام معقد غير متوازن، يتكون من أطوار متعددة، هذا يعني أن دراستها تعني دراسة كيمياء نظام التربة ومكوناته، ومايتعلق 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 والآلية التبادل الشارדי التي تؤدي دوراً كبيراً في تحديد نوعية الترب 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 لامداد التربة بالعناصر الازمة لنمو النبات (زنك، نحاس، حديد، ...)، لذا تعد دراسة التركيب المعدني الكيميائي للمعادن المتوافرة في الطين مساعدة فعالة في تطور دراسة الترب.

١-٢: 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، وأكسيد الألمنيوم والحديد المائية واللامائية، وفحمات (كربونات) الكالسيوم.

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

يضفي تفهم بناء أنواع الخضار 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 تجذب مكوناتها إلى بعضها وفق روابط كيماوية مختلفة جداً في قوة تماسكها.

تكون مكونات الوحدة البلورية إما ذرات *Atoms*، أو جزيئات *Molecules*، وإما شوارد أيونية تجذب فيما بينها وفق إحدى الروابط الآتية:

٤-٣: أنواع الروابط الكيميائية:

يمكن تصنيف المركبات الجزيئية التي تشارك 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 تشارك 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 رئيسية من الروابط الكيميائية:

٤-١: قوى فاندرفالس: *Van der waals Forces*:

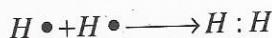
تشمل هذه القوة الرابطة التي تجذب الجزيئات المعتدلة إلى بعضها البعض، وقد أطلق على هذه القوى اسم قوى التجاذب نفسها التي استخدمها العالم فاندرفالس؛ الذي فسر ب Moghba انحراف بعض الغازات عن قانون الغازات المثالية *Ideal Gases Law*. يؤخذ على سبيل المثال حالة غاز مكون من جزيئات قطبية فالتجاذب الحاصل بين ذراته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

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

٤-٣-٣: الرابطة المشتركة (النكافوية): Covalent Bonds

تشترك كل ذرتين من المادة وفق هذه الرابطة بزوج من الإلكترونات مشكلة الجزيئات *Molecules* بحيث يؤمن عدد الإلكترونات المطلوبة لكل من طبقتي الإلكترونات المحيطية.

يلحظ على سبيل المثال أن الإلكترونين يشتركان في الرابط بين ذرتين الهيدروجين يكونا جزيء وفق الآتي:



تحتفق في هذه الرابطة متطلبات كل ذرة من جزيء الهيدروجين في الاستقرار من ناحية عدد إلكتروناته المحيطية.

يلحظ بصورة مماثلة أن الرابط بين ذرات الأكسجين والهيدروجين في جزيئه 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 المحيطية اللازم لذرة من ذرات الهيدروجين.

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

٤-٣-٤: القوى الكهربائية الساكنة: Electrostatic Forces

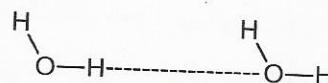
تتألف العديد من المركبات كما هو معروف عند ذوبانها في الماء إلى أيونات مشحونة كهربائياً. يحافظ الكثير من هذه المركبات الصلبة على بنائها الأيوني بحيث تكون الوحدة البلورية مكونةً من أيونات مشحونة بشحنة كهربائية متعاكسة في الإشارة تتجذب إلى بعضها وفق قانون كولوم للجذب الكهربائي الساكن:

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

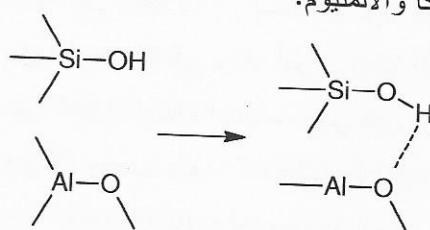
إذ أن: F : قوة التجاذب الكهربائي الساكن بالنيوتون. r : مقدار الشحنة الكهربائية للأيون (١) و (٢) بالكولون. C : ثابت.

٤-٣-٤: الرابطة الهيدروجينية: Hydrogen Bond

يلعب الهيدروجين وفق هذه الرابطة دور جسر أو صلة وصل بين ذرتين. يتكون فيما بينهما 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، والآزوت، وذرات كهوجابية مثل الهيدروجين، فعلى سبيل المثال ترتبط جزيئات الماء بعضها البعض بجسور هيدروجينية على النحو الآتي:



وكذلك بالنسبة السيليكا والألمانيوم:



تكون هذه الروابط تكون ضعيفة نسبياً.

جدول (٤-١): الأبعاد البلورية لمعادن الطين وعلاقتها بالمعادن المتوفرة في

الترابة:

معدان الطين المحتملة	بعد التبعثر بالأكسفستروم
العينات مشبعة بالصوديوم أو المغنتيوم ومجففة هوائياً:	
فيرميكلait - مونتموريلونايت	١٥-١٤
ميكا - ايلايت - هالوسبيت	١٠,١٩,٦
كاولينايت	٧,١٥
العينات المشبعة بالبوتاسيوم والمرطبة هوائياً:	
مونتموريلونايت	١٥-١٤
ميكا-ايلايت-فيرميكلait-هالوسبيت	١٠,١٩,٩

٤-٤: طرائق التحليل Analysis Methods:

٤-٤-١: طريقة التحليل الكيماوي:

يمكن تقدير نسبة السليكا إلى الألمنيا $\frac{Si}{Al}$ في عينة الطين وذلك بعد صهر عينة

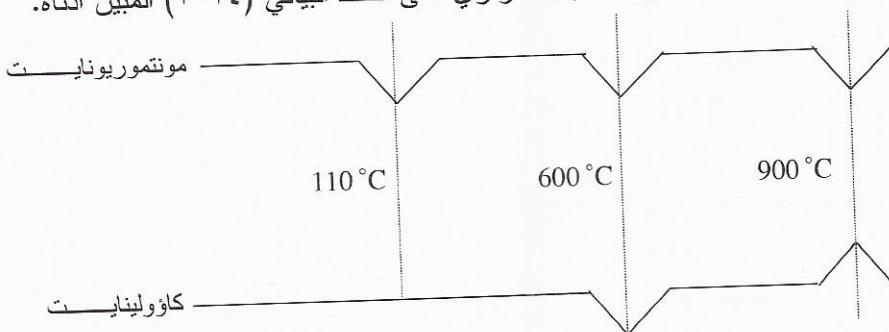
التربة الطينية بكربونات الصوديوم في درجة حرارة مرتفعة، إلا أن هذه المعلومات الكيفية الناتجة عن التحليل لا تسمح بتمييز السليكا الغروي الحر والسليكا المتحد مع المركبات الأخرى؛ لذا تبقى الفائدة من هذه الطريقة محدودة.

٤-٤-٢: 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 الألومنيوم) في فرن كهربائي؛ إذ ترتفع درجة الألومنيوم الخاملا ارتفاعاً منتظاماً، على حين ترتفع درجة حرارة الطين ارتفاعاً غير منتظاماً؛ 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 الألومنيوم وعينة الطين؛ وذلك بواسطة "مزدوجة حرارية Thermo - Couple" إذ يلاحظ أن الخط البياني للتفاعلات الناشرة للحرارة يتميز برؤوس والتواهات، في حين تكون هذه الرؤوس والتواهات منخفضة في حالة التفاعلات الماصة للحرارة، وقد وجد أن كل نوع من أنواع الطين له خط مميز للتحليل الحراري على الخط البياني (٤-١) المبين أدناه.



شكل (٤-١): منحني التحليل الحراري التفاضلي لنوعين من الطين

يمكن أن يلاحظ من الخط البياني المرفق أن غضار المونتموريولونايت يتميز بثلاثة تفاعلات ماصة للحرارة عند درجة حرارة 110°C (فقدان الماء الممتر)، وعند درجة حرارة 600°C (فقدان ماء التبلور)، والثالث عند الدرجة 900°C ، أما الكاولينيايت فله تفاعل ماص للحرارة عند درجة حرارة 600°C ، وأخر مولد للحرارة عند درجة حرارة 1000°C .

بـ- التحليل الحراري التكاملي: Integral Thermal Analysis:

يستند على تسخين التربة الطينية بدءاً من درجة حرارة الغرفة حتى 1000°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، لغيرات 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 تتبع على سطح البلورات دون أن تتمكن من اختراق سطحها لدرجة كبيرة. تتعكس صورة الإلكترونات المرتدة صورة لسطح البلوري لحبوب الغضار، وهذا يمكن تمييز صفات الكاولينيايت، الكبيرة الحجم، السادسية الوجه، بسهولة عن صفات المونتموريولونايت الأصغر حجماً، والأقل تمييزاً، كما يظهر كذلك غضار الأتابلجايت *Attapulgite* الطيني على هيئة حزم من قضبان قصيرة ورفيعة.

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

يمكن إضافة لهذه الطرائق الرئيسية ذكر بعض الطرائق الأخرى مثل.

- التحليل بالأشعة تحت الحمراء *Infra Red Spectrometry*:

Potassium - قياس قدرة أنواع الغضار الطيني على تثبيت البوتاسيوم

- السعة التبادلية لمعادن الغضار الطيني.

١٤-٥: غرويات التربة: *Soil Colloids*

١٤-٥-١: مقدمة:

تعني الحالة الغروية وجود مادة أو أكثر مفتتة تفتيتاً ناعماً، منتشرة في مادة أخرى يمكن لكتي 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.

١٤-٥-٢: خصائص الغرويات:

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

١: 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 الزوجة المعلق الغروي من هذا النوع قريبة من الزوجة محيط الانتشار.
- ب- لا يمكن إعادة المادة الغروية المترسبة إلى حالتها الغروية من جديد بمجرد إضافة الماء للمادة المترسبة، وخضها.

٢: غرويات محبة للماء: *Hydrophilic Colloids*

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

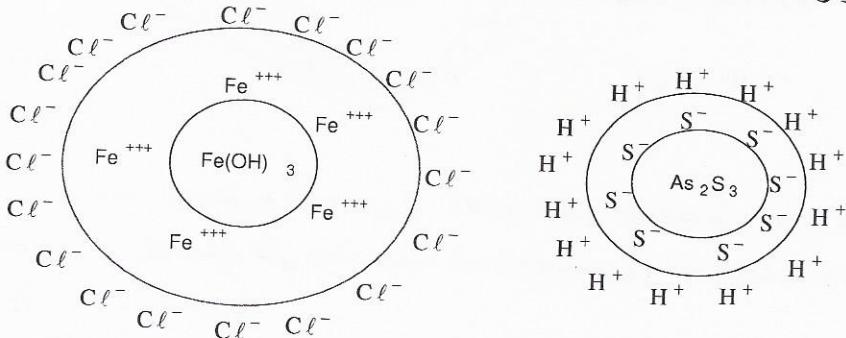
- أ- تكون الزوجة المعلق الغروي من هذا النوع أكبر بكثير من الزوجة محيط الانتشار.
- ب- يمكن إعادة المادة الغروية المترسبة إلى الانتشار من جديد في محيط الانتشار، وتكون معلق غروي جديد بمجرد إضافة الماء للغروي المترسب وخضه.

Electrical Properties: ١٤-٣: الصفات الكهربائية

تحمل الحبيبات الغروية عامة شحنات كهربائية، وقد وجد أنه إذا وضع معلق غروي ما في دارة كهربائية فالحبيبات الغروية يمكن إما أن تتجنب القطب السالب وبالتالي يتم الحصول على غرويات مشحونة بشحنة موجبة *Electro-Positive Colloids*، وإما أن تتجذب نحو القطب الموجب وبالتالي فهي غرويات سالبة *Electro-Negative Colloids*. يعود مصدر الشحنة الكهربائية التي توجد على سطح الحبيبات الغروية عامة إما إلى عملية امتزاز اصطفائية للكاتيونين 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 (٢-١٤).

يعود مصدر الشحنة الرئيس في الغضار الطيني المعدني إلى تبادل إيزومورفي (احلال متعال) *Isomorphic Substitution* حيث يتم في أثناء عملية تشكيل 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 عدّة لتفصير طريقة توزيع الشحنات حول الأجسام الغروية، وأهم هذه النظريات نظرية هلموتز *Helmotz*، وغوي *Gouy*، وسترن *Stern*.



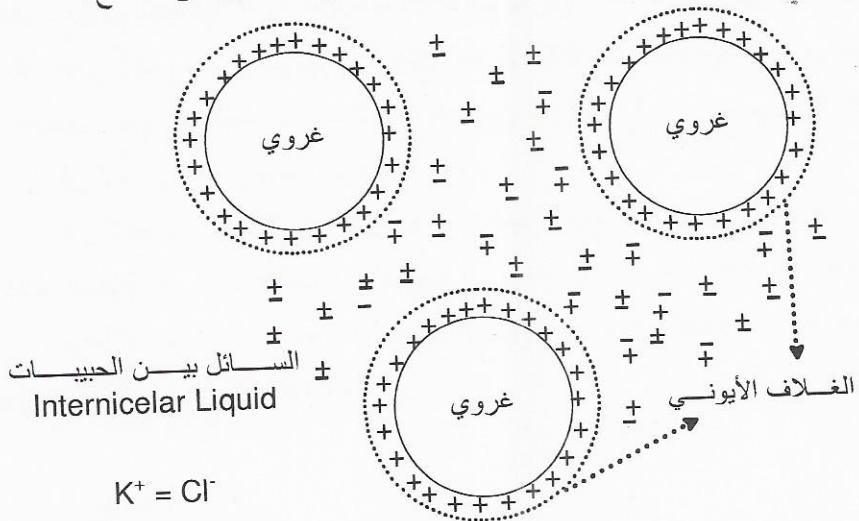
شكل (٢-١٤): توزيع الشحنات السالبة حول ماءات الحديد الغروية المشحونة بشحنة موجبة، والشحنات الموجبة حول حبيبات كبريت الزرنيخ الغروية المشحونة بشحنة سالبة

تُنود 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 الأحالل المتماثل ويكون مستقر الشحنات ضمن الجسم الغروي نفسه.

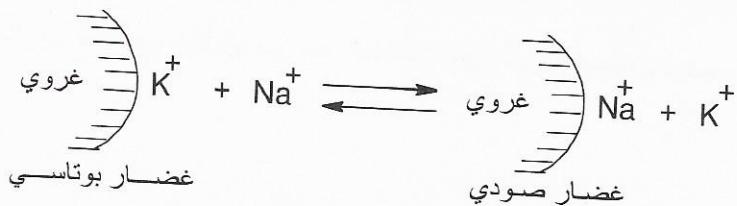
١٤-٥-٤: التبادل الكاتيوني: Cation Exchange

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

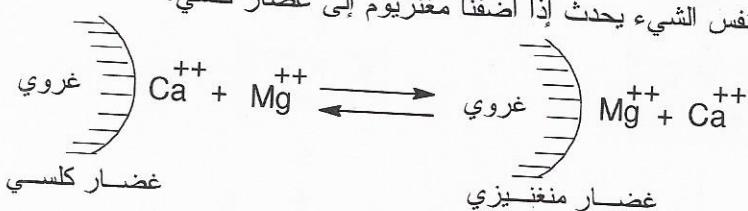
يلحظ على سبيل المثال من الغضار الطيني الغروي في محلول كلوريد البوتاسيوم أن تركيز البوتاسيوم على سطح الحبيبة الغروية يكون غالباً، وتركيز الكلور ضعيفاً، إلا أن تركيزهما يصل إلى حالة التوازن على بعد معين من السطح.



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.

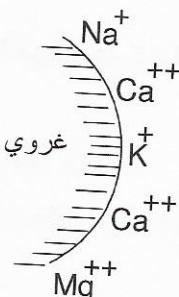
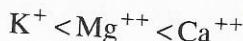


ونفس الشيء يحدث إذا أضفنا مغنتزيوم إلى غضار كلسي:



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

وأهمها:



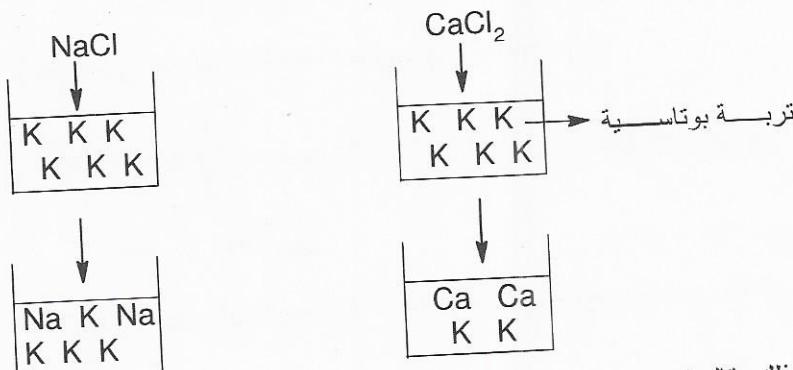
خصائص التبادل الأيوني:

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

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

يجب مرکب الامتراز في التربة الكاتيونات إلى سطح التربة بقوى منقلوبة، فالكاتيونات ذات قوة تبادل عالية تزير الكاتيونات ذات قوة التبادل الضعيفة. يؤخذ على سبيل المثال ترتيبين متشابهتين ومشبعتين بالبوتاسي، يلاحظ عند إضافة كمية من كلوريد الصوديوم إلى التربة الأولى، وكمية مماثلة (عدد مكافئ نفسه) من كلوريد الكالسيوم، إلى التربة الثانية يلاحظ 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.

١-٥-٤: العوامل التي تؤثر في القوة التبادلية للكاتيونات:

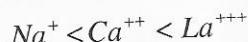
هناك عاملان أساسيان:

١: تكافؤ الكاتيون: Cation Valence

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

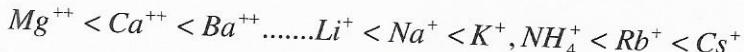
أحادي التكافؤ < ثالثي التكافؤ < ثلاثي التكافؤ

يرافق الزيادة 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 ماظهر بالنسبة لكاتيون الكالسيوم مقارنة مع كاتيون للصوديوم.

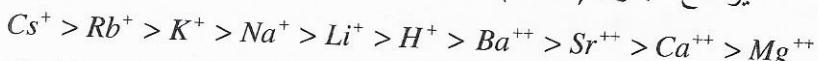


٢: قطر الكاتيون:

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

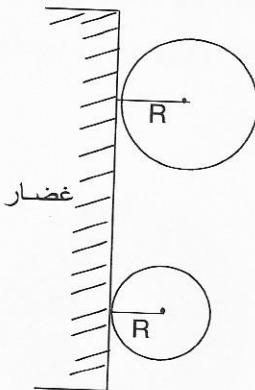


يوضح الجدول (٢-١٤) الأقطار النسبية لهذه الكاتيونات البلورية وفق الآتي.



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 الشحتين

K : ثابت.

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

يمكن أن يفسر هذا التناقص على النحو الآتي:

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

تمثيلها وفق الآتي:

الزاوية = 105°



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



شكل (٤-٣): 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 السليزيوم Cs^+ ذي القطر الكبير.

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

وَجَدَ عَلَى سُبْلِ الْمَثَلِ أَنْ قُوَّةَ تَبَادُلِ السِّيْزِيُومِ النَّسْبِيَّةُ أَكْبَرُ بَكْثِيرٍ مِّنْ قُوَّةِ تَبَادُلِ الْبُوتَاسِيُومِ النَّسْبِيَّةِ عَلَى الرَّغْمِ مِنْ أَنْ هُنَاكَ شَبَهٌ تَسَاوِيٌ بَيْنَ قَطْرِيِّ الْبُوتَاسِيُومِ وَالسِّيْزِيُومِ الْمَائِيَّينِ. انظُرِ الجُدولَ (٢-١٤).

جُدول رقم (٤-١٤) : أَنْصَافِ الْأَقْطَارِ الْمَائِيَّةِ لِبَعْضِ الْكَاتِيُونَاتِ:

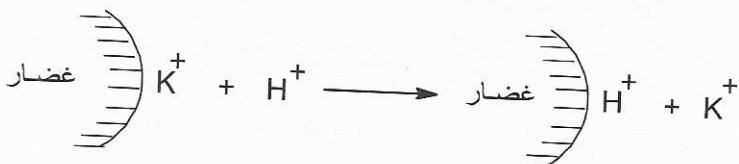
العنصر	نصف القطر المائي بالأنغستروم
Li^+	10,0
Na^+	9,7
K^+	5,3
Rb^+	5,1
Cs^+	5,0

٤-٥-٥-٤: أنواع تفاعلات التبادل:

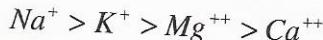
١: التحلل أو التفكك بوساطة الماء: *Hydrolysis*

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 قوّة تبادل الكالسيوم النسبية هي أكبر من البوتاسيوم، أو الصوديوم؛ ولهذا السبب يقوم الماء بطرد الصوديوم والبوتاسيوم أولاً عن سطح الغضار الطيني كونهما يتمتعان بقوّة تبادل نسبية ضعيفة؛ بالمقارنة مع قوّة تبادل الكالسيوم النسبية العالية. هذا يعني أنه كلما ازدادت قوّة تبادل العناصر النسبية كلما قابلتها للتبدل عبر التفكك بوساطة الماء، والعكس صحيح.

يؤدي تكرار عملية غسل التربة (أو الغضار الطيني) في النهاية إلى طرد جميع الكاتيونات؛ مثل الصوديوم، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم، والكلاسيوم، وتتحول بالنتيجة إلى تربة حامضية يحتل الهيدروجين فيها المكان الأول على لائحة الامتراز المعقّدة *Adsorbing Complex*، وبالتالي تزداد درجة ذوبان الحديد والألمونيوم في محلول التربة لدرجة بشكل تتسم معه النباتات المزروعة فيها.

٢: تفاعلات التبادل الكاتيوني:

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

٤-١: التبادل الكاتيوني في التربة:

تعريف:

يُعبر 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 ٣-٢ ملي مكافئ في ١٠٠ غرام تربة والسعّة الكاتيونية لأرض طينية: بين ٦٠-٥٠ ملي مكافئ في ١٠٠ غرام تربة، هذا يعني أن الغضار الطيني هو مقر الكاتيونات المتبادلة بالدرجة الأولى.

٢- كمية المادة الدبالية فيها:

يفسر التبادل الكاتيوني لدبّال يراوح سعته بين ٣٠٠-٢٠٠ ملي 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 تعريف سعة التبادل الكاتيوني لمركب الامتراز *Adsorption Complex* على مجموعة السعة التبادلية لكل من الغضار الطيني الكاتيوني لمركب الامتراز والمادة العضوية معاً.

٤-٧: الرقم الهيدروجيني للترابة وتفاعلاتها:

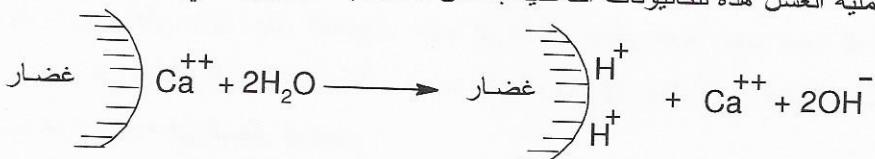
pH Soil and Soil Reaction:

٤-٧-١: مقدمة:

بعد الرقم الهيدروجيني للترابة pH من أكثر تحاليل التربة التي تحدد في المختبر نظراً لسهولة، وسرعة قياسه، وذلك بعد اكتشاف أجهزة pH المعروفة، على الرغم من أن قياس pH التربة لا يفيد في التبيؤ بخصوصية التربة إلا عندما تكون قيمته إما منخفضة جداً وإما مرتفعة جداً، لذا صفت الترب طبيعياً إلى ترب حامضية معتدلة، أو قلوية، كما عزىت بعض مشاكل خصوبة التربة إلى رقمها الهيدروجيني.

٤-٧-٢: pH التربة وعلاقته بعوامل تشكلها:

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



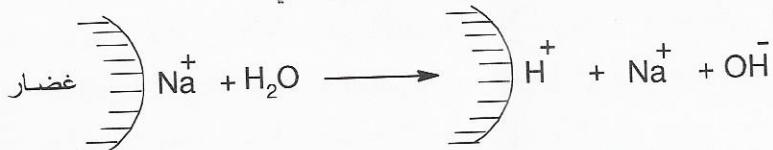
تنزوب ماءات الكالسيوم Ca(OH)_2 في مياه الغسل، وتصرف من التربة، في حين يبقى الهيدروجين بصورة متبادلة على سطح الغضار، لذلك تكون الأرضي الحامضية فقيرة بالكاتيونات القاعدية المتبادلة القابلة للامتصاص. وسيتم لاحقاً مشاكل خصوبة الأراضي الحامضية، وطريقة استصلاحها.

تشكل الأراضي المعتدلة تحت ظروف متوسطة من الأمطار، وبالتالي من عملية الغسل ليتعادل تمعدن معانها تقريباً، وذوبان الكاتيونات مع تشكيل وغسل الكاتيونات القاعدية من التربة، لذلك يكون مركب الامتزاز في مثل هذه الأرضي مشبعاً بمجموعة الكاتيونات القاعدية الموزعة بنسبة مختلفة بحسب المتراجحة الآتية:



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

يلحظ في الظروف المناخية الجافة حيث تكون كمية الأملاح المنحللة قليلة أن الأرضي المشكلا تحت هذه الظروف تكون غنية بأملاح الصوديوم، فتتاج أحياناً ترب صوديومية أو مالحة. فإذا أضفنا الماء لمثل هذه الأرضي، يلحظ عند قياس pH محلول التربة أن قيمته قد تصل أحياناً إلى (9) أو (10) وذلك بسبب تحلل الصوديوم المتبدل (الضعيف في قدرته التبادلية) بالماء وفق الآتي:



يؤدي تشكيل NaOH في محلول التربة إلى رفع pH فيها إلى درجة القوية، مما يسبب مشاكل زراعية مهمة سيتم مناقشتها في فصل لاحق.

٤-٧-٣: 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 المعلم الذي يستخدم لأخذ قراءة pH التربة، لأن هذا الأخير يتغير تبعاً لنسبة الماء للتربة في المعلم 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 معلم التربة غير متجانساً. يكون كاتيون الهيدروجين إما على هيئة كاتيون هيدرونيوم H_3O^+ في محلول التربة، وإما على هيئة متبدلة على سطوح مركب الامتراز في التربة، إلا أنه يوجد دوماً توازن بين نسبة كاتيون الهيدروجين الذائب في محلول التربة وكاتيونات الهيدروجين الممتدة على سطح مركب الامتراز وفق الآتي:



هيدروجين ذائب هيدروجين ممتد

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

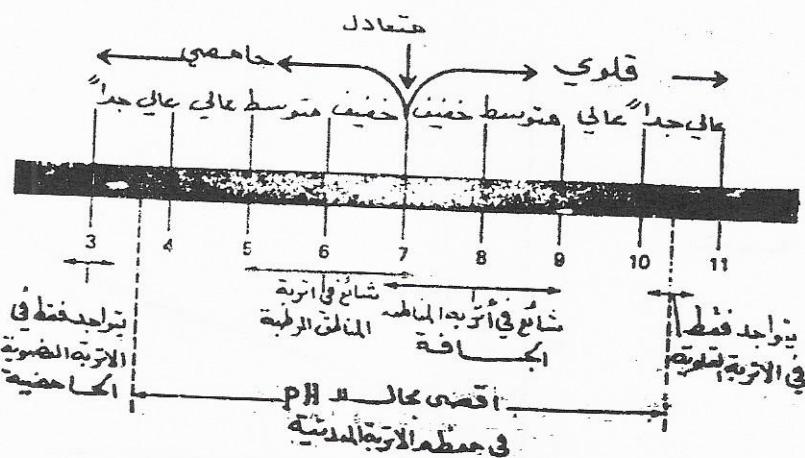


مدمنص



محلول التربة

يكون الجزء الأعظمي من أيونات الهيدروجين في التربة ممترأً، وقابلًا للتبادل، وفي حال توازن مع أيونات الهيدروجين الذائبة في محلول التربة. تتغير قيمة pH في التربة بين ($pH = 3$) حيث تكون التربة حامضية جداً، وهذا لا يوجد إلا نادرًا في الأراضي العضوية و ($pH = 11$) حيث تكون التربة قلوية جداً، وهذا ما يحصل في الترب القلوية غير العضوية *Mineral Alkali Soils*، أما تغيرات pH ضمن ($11 - 3$) فهي مبنية في الشكل (٤-٣).



شكل (٤-٣): المدى الذي تتغير ضمه pH ، وتسمية التربة بحسب درجة الحموضة والقلوية

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

٤-١-٧-٣-١: علاقة pH التربة ببعض صفاتها الكيميائية:

يتحدد pH التربة إلى حد كبير بثلاث صفات أساسية هي:

١- درجة الإشباع الكاتيوني لمركب الامتراز.

٢- نوع مركب الامتراز.

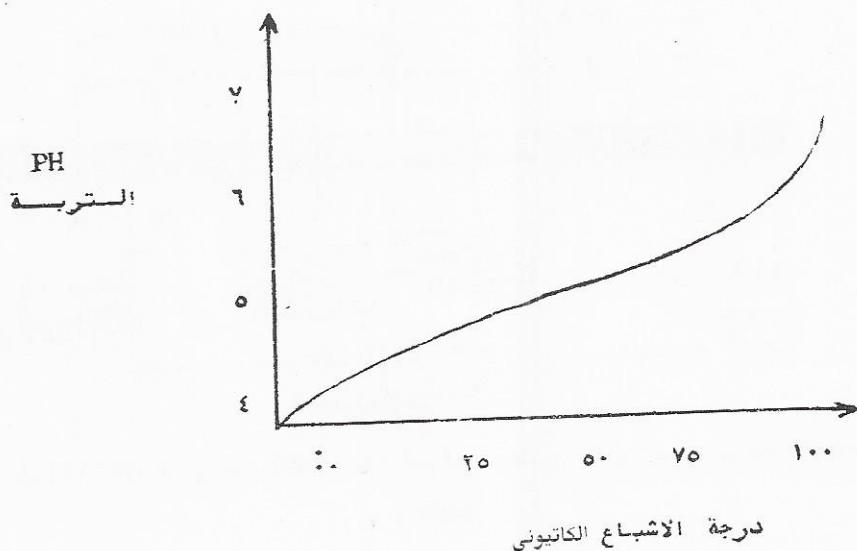
٣- نوع الكاتيونات المدمصة.

١: درجة الإشباع الكاتيوني للتربة:

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

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

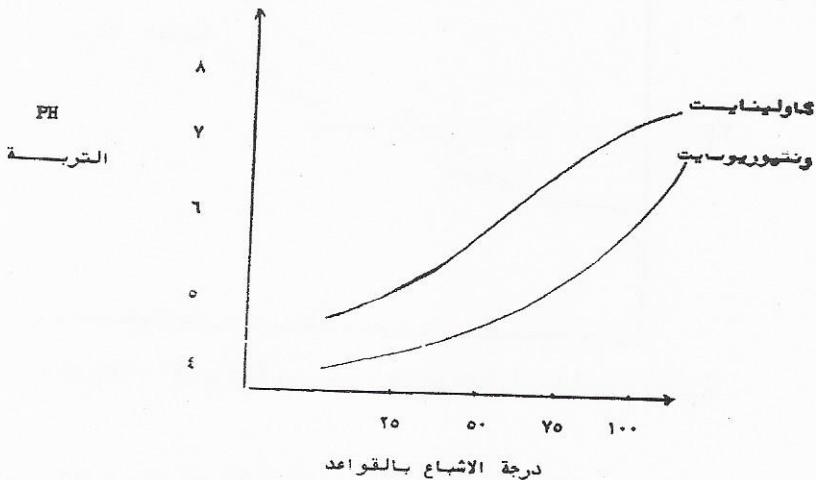
تعني درجة الإشباع الكاتيوني (القاعدي) المنخفضة بديهياً أن التربة حامضية، وقد عبر (Peech) منذ عام ١٩٤١ عن العلاقة بين درجة الإشباع الكاتيوني ودرجة pH ، كما في الشكل (٤-١٤).



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

٢: نوع مركب الامتراز:

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. يلاحظ على سبيل المثال عند موازنة غضار الكاولينيات وغضار المونتموريونيات، كما في الشكل (٤-٥)، أن لهما منحنيين مختلفين في أثناء تغير pH الوسط المحيط.



شكل (٤-٥): منحني المعايرة لكل من الكاولينيات والمونتموريونيات لترية كارولينا Neady في الولايات المتحدة مأخوذ من 1974 Carolina

٣: نوع الكاتيونات المتبادلة:

يكون pH الأرضي المشبعة بالصوديوم أعلى من pH الأرضي المشبعة بالكلاسيوم، والمغنزيوم المتتساوية في درجات إشباعها الكاتيوني (القاعدي)؛ نظراً لاختلاف هذه الكاتيونات في درجة تفككها وإنساجها لشوارد الهيدروكسيل.

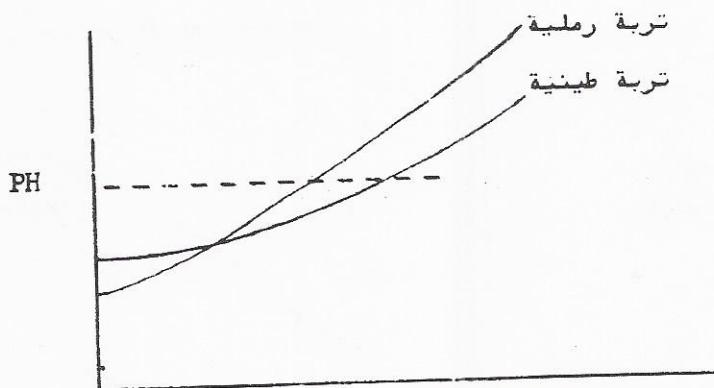
٤-٧-٢: معايرة الترب الحامضية:

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 pH فيها إلى (7). يحتمل أن يكون

هناك ترب متشابهة في حموستها الفعالة، و مختلفة كثيراً في حموستها الكلية. تزداد الحموسة الكلية كلما ازدادت السعة التبادلية لمركب الامتزاز؛ حيث تكون قليلة في الأراضي الرملية، وكبيرة في الأراضي الغضارية الطينية.

تقيد منحنيات معايرة الترب في تعرف صفات التربة الحامضية، وخصائصها المنظمة *Buffering Capacity* انظر الشكل (٦-١٤).



شكل (٦-١٤): موازنة بين القدرة المنظمة لتربيه رملية وتربيه طينية

تجدر الإشارة إلى أن الأراضي الرملية لا تحتاج إلى الكثير من المحلول القاعدي بغية تغيير قيمة pH بسرعة على حين يكون ارتفاع pH للأراضي الغضارية الطينية بطريقاً جداً عند إضافة المحلول القاعدي، هذا يعني أن التربة الطينية تتمتع بفعل منظم *Buffering Action*، إذ تحتاج إلى كميات كبيرة من المحلول القاعدي لمعادلة حموستها 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 للتربيه شكل (٦-١٤)، وكذلك بحسب نوع المحلول القاعدي المستخدم لالمعايرة.

٦-٥: طرائق قياس pH التربة:

يمكن التمييز بين طريقتين رئيسيتين لقياس pH التربة هما:

- طريقة لونية.

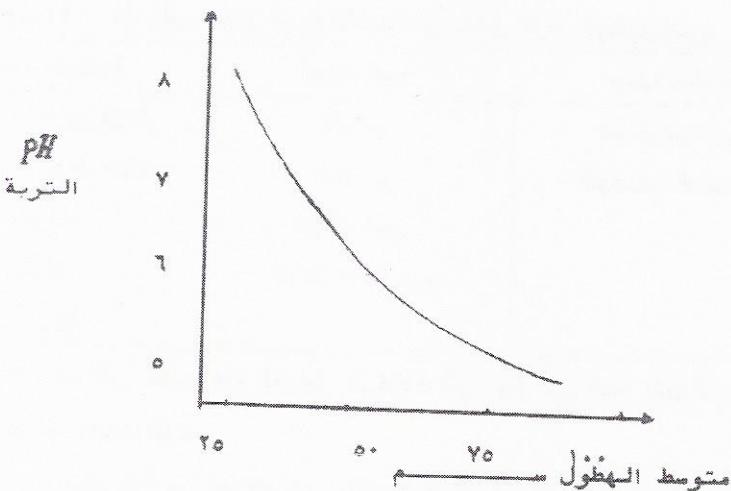
- طريقة كهربائية.

٦-٧-١: عوامل تغير 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، وتحول 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°C) كما هو موضح في الشكل (٧-١٤).



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

تبين أنه كلما زادت كمية الهطول انخفضت معها درجة pH التربة، وهذا ما يفسر انخفاض 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 وإنخفاضه صيفاً.

٣: تأثير الأسمدة في pH التربة:

توقف 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 القوية، وهناك الأسمدة التي لها تأثير قلوي يفيد الأرضي الحامضية، وهناك الأسمدة المعتدلة التي ليس لها أي تأثير في قيمة pH التربة، كما هو موضح في الجدول (٤-١٤).

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

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

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

بعد 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 ما توافرت ظروف غير مناسبة للزراعة، فالأراضي الحامضية تستطيع رفع رقمها الهيدروجيني بإضافة الكلس أو مشتقاته للتربة، أما الأراضي القلوية فيضاف إليها الحص، أو القيام بعملية غسل التربة بالماء؛ بغية تبادل الكالسيوم مع الصوديوم؛ بغية خفض قيمة pH التربة فيها.

سيتم لاحقاً مناقشة مشاكل هذه الأرضي وطرق استصلاحها.

٤-٨: التربة الحامضية: Acid Soils

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

٤-٨-١: مشكلات خصوبة التربة الحامضية:

ـة النباتات المزرعة في التربية الحampusية مشاكل غذائية عديدة أهمها:

١٠: تأشير $-H^m$ الحامض، في حياة النبات وامتصاص الأغذية:

وَجَدَ نَتْيَةً لِلْأَبْحَاثِ الْكَثِيرَةِ، أَنْ قِيمَةَ pH الْمُنْخَضَّةِ لِلتَّرْبَةِ تَؤْذِي مِباشِرَةً جُذُورَ النَّبَاتِ وَتَضُعِفُ فِي الْوَقْتِ نَفْسَهِ قَدْرَتِهَا عَلَى الْقِيَامِ بِدُورِهَا الْفِيَزِيُولُوْجِيِّ، وَكَذَّالِكَ يَجْعَلُ امْتِصَاصَ الْجُذُورِ لِلْكَاتِيُونَاتِ الْغَذَائِيَّةِ صَعْبًا، وَقَدْ وَجَدَ الْعَالَمَانِ أُوفِرْسْتَرِيتِ وَجَاكُوبِسُونَ *Overstreet and Jacobson* أَنْ جُذُورَ الشَّعِيرِ تَسْتَفِيدُ مِنَ الْبُوتَاسِيُومِ بِدَلَّاً مِنْ امْتِصَاصِهَا لَهُ إِذَا مَوْضَعُتْ فِي مَحْلُولِ بُوتَاسِيُومٍ مَلْحِيٍّ، دَرْجَةُ الـ pH فِيهِ تَرَاوِحُ بَيْنَ (٤) وَ (٥).

٢٣: تأثير H^+ الحامضي في كمية العناصر الغذائية في التربة:

تكون نسبة الكاتيونات الغذائية مثل البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغذريوم، 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:



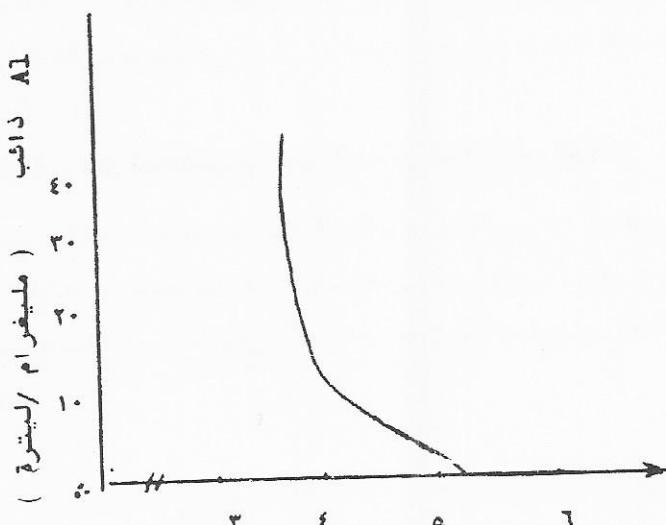
٣: تأثير الـ pH الحامضي في تثبيت بعض العناصر الغذائية:

نقل قابلية امتصاص الفوسفات في الترب الحامضية نتيجة تشكيل فوسفات الحديد والألمنيوم الضعيفة الذوبان في الماء تحت الظروف الحامضية، كذلك الأمر بالنسبة للسلفات والموليبيدات التي تمتز بقوه على سطوح الغرويات الموجة في التربة.

٤: التسمم بالألمنيوم: *Al - Toxicity*

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

تعلق 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 (٤-١٤).



شكل (٤-١٤): علاقة محلول بتركيز الألمنيوم الذائب فيه

٥: التسمم بالمنغنيز : *Mn - Toxicity*

ترداد نسبة المنغنيز والحديد في محلول التربة كما هو معلوم كلما زادت الحموسة، وهناك دلائل عدة تشير إلى التأثير السام للمنغنيز في الكثير من النباتات، وقد وجد أنه كلما ازداد تركيز المنغنيز على ١ مغ/لتر في محلول 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 الحموسة في النشاط الجرثومي في التربة:

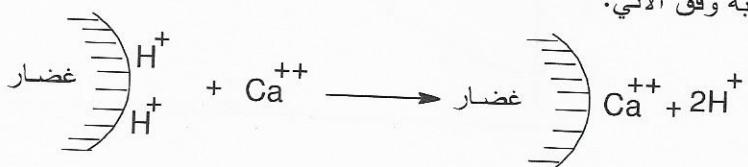
تصف حموض التربة بأنها ذات تأثير ضار في نشاط الكائنات الحية الدقيقة في التربة التي تقوم بتفكيك المادة العضوية، مهولة الأزوٰت العضوي إلى نترات، يلاحظ من ذلك أن نسبة الأيونات وخاصة النترات تكون منخفضة في الترب الحامضية، من ناحية ثانية، تؤثر الحموسة أيضاً في الكائنات الحية الدقيقة التي تثبت الأزوٰت سواء في بكتيريا نتروبكتر التي تشبه بصورة غير تعابيشية، أم في الكائنات الحية الدقيقة في التربة التي تثبت الأزوٰت بصورة تعابيشية.

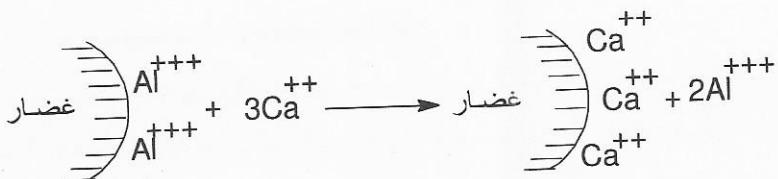
وتجد أن بكتيريا نتروبكتر غير قادرة على تثبيت الأزوٰت، إذا زادت قيمة pH التربة أو انخفضت (٦).

٤-٨-٣: 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 المتر بالكلسيوم، وترتفع بذلك قيمة pH التربة وفق الآتي:

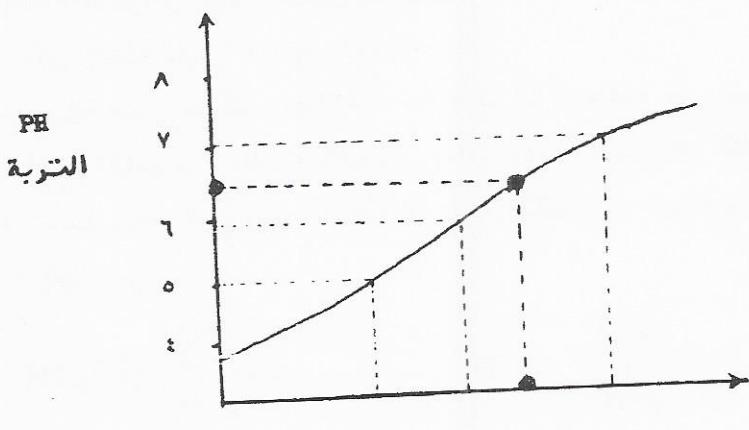




٢: تحديد كمية الكلس الواجب إضافتها:

بعد قياس pH التربة ليس كافياً لتقدير نسبة الكالسيوم الواجب إضافته، لرفع قيمة 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 pH بينهما، نظراً لارتفاع قدرة التربة الطينية المنظمة أو قيمة حموضتها الكلية العالمية.

اقتصرت 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 pH للمزيج، ويرسم بعد ذلك الخط البياني الذي يربط بين pH وكمية الكالسيوم المضافة. تحدد بعد ذلك كمية الكالسيوم اللازمة لرفع قيمة pH إلى (6.5) فقط، كما هو موضح في الشكل (٩-١٤).



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

٣: تأثير إضافة الكالسيوم في صفات التربة:

سنكتفي هنا ببعض 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، وثبتت الآزوت، وتحلل المادة

العضوية.

- زيادة قابلية السلفات، والفوسفات، والموليبدات للامتصاص.

- التقليل أو إطالة 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 ثبات 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 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 pH عن حد معين.