جامعة حماه
كلية الهندسة الزراعية

المحاضرة السادسة

الادمصاص والتبادل الأيوني في التربة

إعداد

د. حيدر الحسن

1-11 - الادمصاص Adsorption أو (الامتزاز) Sorption

الادمصاص Adsorption أو (الامتزاز) Sorption

يعدّ الادمصاص (الامتزاز) من أهم خواص السطوح **ويعبّر عن وجود تركيز أعلى لمادة ما، على سطح سائل أو صلب، من تركيزها في الوسط،**

أي أنَّ هناك **تغيّراً في تركيز تلك المادة على السطح الذي يفصل بين طورين**، وينشأ هذا التغير بسبب طبيعة كل من المادتين الدامصة **Adsorbent** والمدمصَّة **Adsorbate** وخواصهما.

2-11- التبادل الأيوني في التربة:

تبادل الأيونات في التربة هو ظاهرة مبنية على شحنة أسطح حبيبات الطين والمادة العضوية.

آلية التبادل الأيوني: هي **إحلال أو دخول أيونات من محلول التربة الخارجي الموجود في بنية الطبقة الكهربائية للدقائق الغروية (المذيلات)، محلّ الأيونات المدمصَّة على أسطح معقدات التبادل**

وفي حالة **تلامس أسطح معقدات التبادل** فمن الممكن أن يحدث التبادل بين الأيونات **دون المرور بمحلول التربة** (**التبادل بالتماس**) .

نميّز نوعين من الأيونات المدمصَّة وذلك حسب السرعة التي تتمُّ بها عملية الإحلال الأيوني **وهما:**

- **أيونات قابلة للتبادل (متبادلة):** يتم إحلالها بسرعة محل أيونات أخرى من محلول التربة.

- **أيونات غير قابلة للتبادل (غير متبادلة):** الأيونات الموجودة في صورة يصعب الوصول إليها ويكون إحلالها قليلاً جداً.

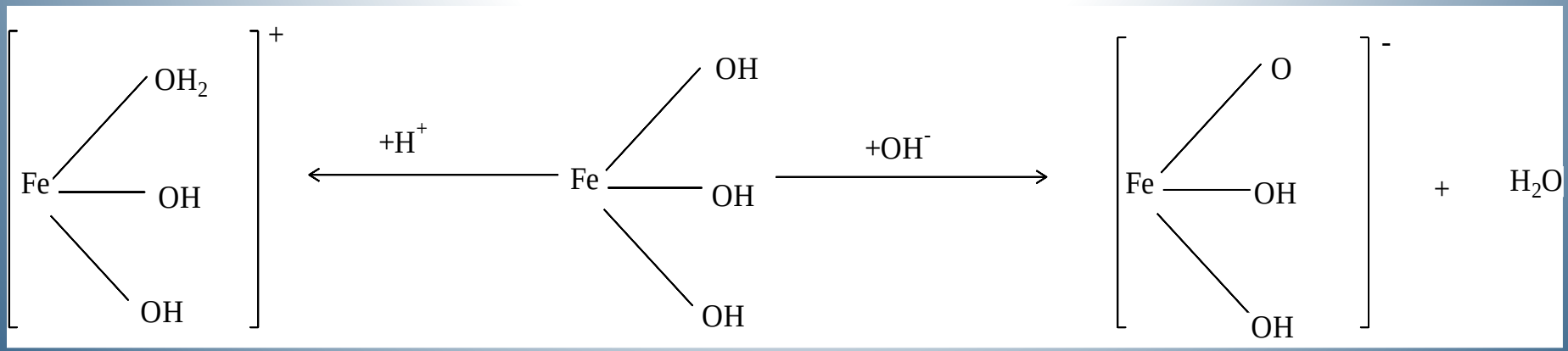
يشمل التبادل الأيوني تبادل كل من **الكاتيونات والأنيونات**، ويعتبر التبادل **الكاتيوني** أكثر أهمية ووضوحا بالنسبة لتغذية النبات.

11-3-التبادل الأنيوني:

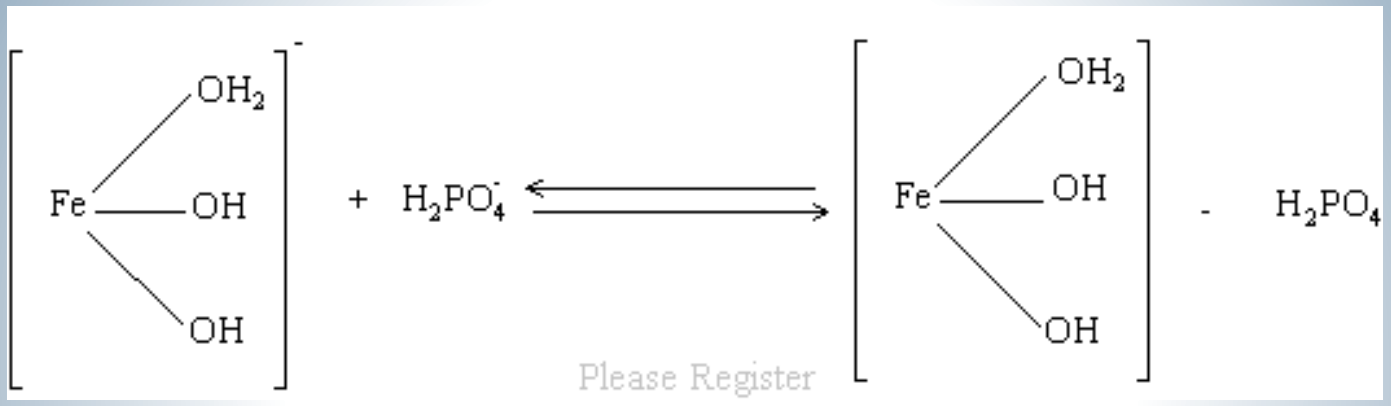
تكون الشحنة السائدة لغرويات التربة (في الظروف الطبيعية) هي **الشحنة السالبة**،

لكن هذا لا ينفي أبداً امتلاك التربة **لشحنات موجبة** تنشأ أساساً نتيجة للطبيعة المزدوجة لبعض غرويات التربة العضوية منها والمعدنية **كازدواجية أكاسيد الحديد والألمنيوم والمنغنيز**،

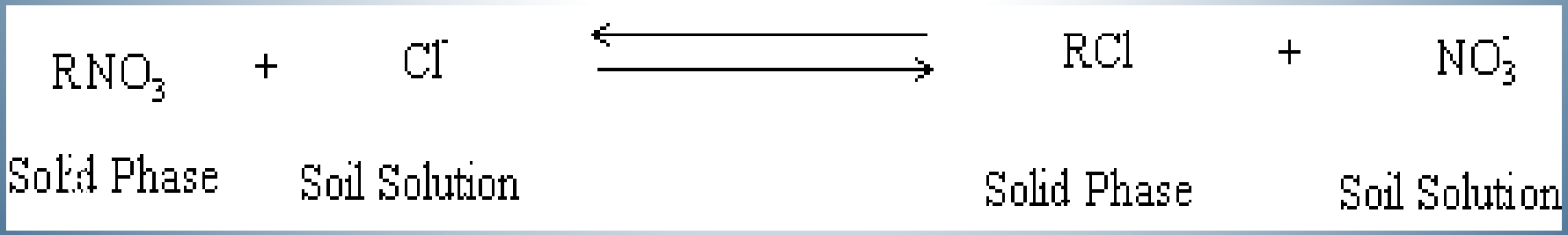
وازدواجية بعض فلزات الطين **كالكاؤولينيت**، كما ازدواجية **بعض مكونات المواد الدبالية**، **فأكاسيد الحديد المائية مثلا تكسب شحنات موجبة في الوسط الحامضي وشحنات سالبة في الوسط القلوي:**



ينتج عن امتلاك هّذه **الهيدروكسيدات لشحنات سطحية موجبة** انجذاب لبعض الأنيونات من محلول التربة مثل: NO_3^- , CL^- , $H_2PO_4^-$ وغيرها:



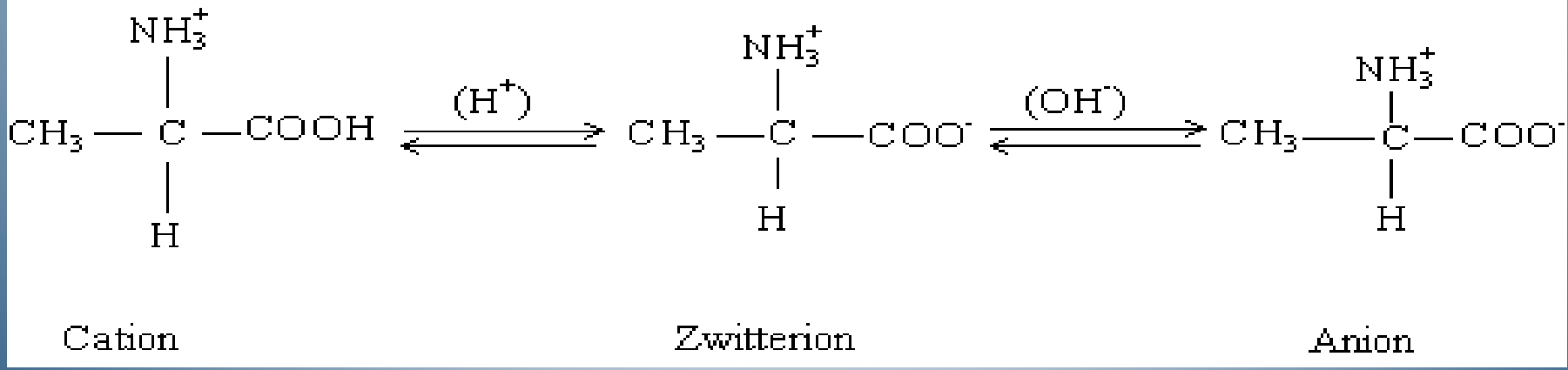
ويمكن **إحلال الأنيون المدمص على السطح المتبادل الغروي للتربة بأنيون آخر من محلول التربة بعملية تبادل أنيوني:**



حيث R تعبّر عن السطح المتبادل الغروي للتربة.

وبالإضافة إلى ماسبق يمكن **للغرويات المعدنية** أن تدمص الأنيونات عن طريق إحلالها مكان **مجموعة هيدروكسيل** أو **أكثر سطحية**:

ويتيح امتلاك بعض المواد العضوية الأمفوتيرية (كبعض الأحماض الأمينية) لمجموعة كربوكسيلية أو أمينية المقدرة على التواجد على شكل كاتيون أو أنيون أو على شكل **أيوني مزدوج** Zwitterion وذلك تبعا لـ PH التربة. إذ تكسب شحنة سطحية موجبة في الوسط الحامضي وسالبة في الوسط القلوي:



ويُعتقد أنَّ **الفوسفات** من أكثر الأنيونات ميلاً للادمصاص على السطوح الغروية موجبة الشحنة في التربة.

وأنَّ النترات والكلور من أضعفها ادمصاصاً على هذه السطوح, **ويمكن وضع الأنيونات السائدة في التربة من حيث شدة ادمصاصها على سطوح الغرويات موجبة الشحنة في التربة وفق الترتيب الأتي:**

$$HPO_4^{2-} > MoO_4^{2-} > SO_4^{2-} > CL^- > NO_2^-$$

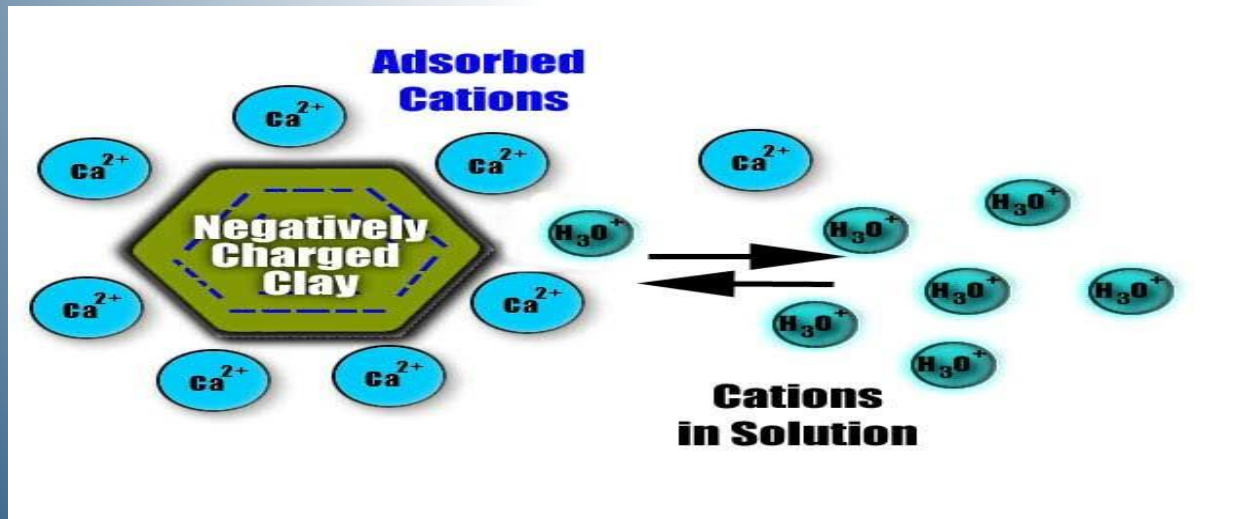
ويُطلق على كمية الأنيونات المدمصة (المتبادلة) مقدَّرة بالميليمكافئ في 100غ تربة جافة تعبير سعة التبادل الأنيوني

Anion Exchange Capacity ويرمز لها بـ (AEC).

11-4-التبادل الكاتيوني في التربة:

تعود قدرة التربة على تبادل الكاتيونات أي ادمصاص كاتيون ما بواسطة أسطح غرويات التربة وما يصحبه من انطلاق كاتيون أو أكثر من الأيونات المدمصة سلفاً.

تحمل كل من **الطين والمادة العضوية في التربة شحنة سالبة وتجذب العناصر ذات الشحنة الموجبة وتحتجزها**. الكاتيونات لديها القدرة على تبادل أي أيونات موجبة أخرى من أسطح معادن الطين والمادة العضوية، لذلك فإنَّ الشحنة **السالبة** هي السبب في ادمصاص الأيونات وتبادلها في التربة.



5-11- العوامل المؤثّرة على التبادل الكاتيوني:

- التركيز النسبي للكاتيون في محلول التربة.
- تكافؤ الكاتيون، فمثلاً الهيدروجين سهل التبادل لأنّه أحادي التكافؤ وكذلك Ca>Na.
- حجم الأيون مثلاً K>Na و Ca>Mg .

ويعتبر معدَّل سرعة التفاعلات التبادلية سريعا جداً فهو يتم بمجرد حدوث التلامس بين سطح الحبيبة والكاتيون المتبادل **وتتوقّف سرعة التفاعل التبادلي على:**

- نوع معدن الطين.
- نوع الكاتيون المتبادل.
- تركيز الكاتيون .
- طبيعة الأنيونات المرافقة وتركيزها في الوسط.

6-11-أسس تفاعلات التبادل الكاتيوني:

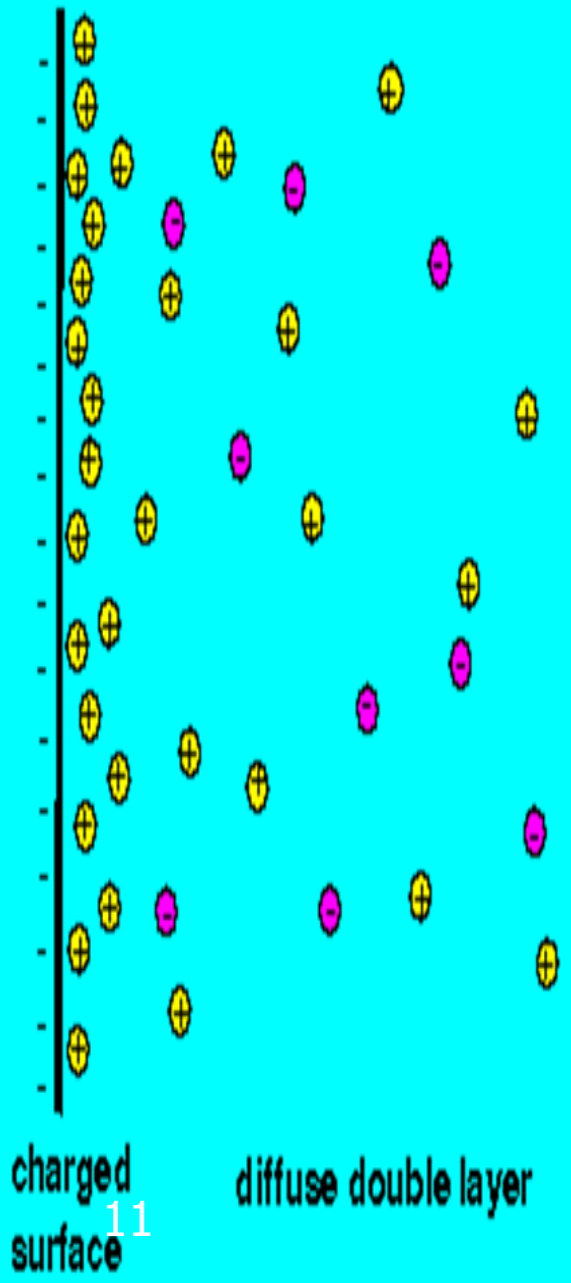
يتمّ التبادل الكاتيوني بين الكاتيونات المتبادلة والكاتيونات الذائبة في المحلول،

حيث أنَّ الكاتيونات المتبادلة تعادل الشحنة السالبة على أسطح حبيبات التربة،

بينما الكاتيونات الذائبة تعادل الشحنة السالبة للأيونات التي في محلول التربة.

عندما تأخذ الجذور الكاتيونات المتبادلة يتمّ تعويضها من الكاتيونات الذائبة في المحلول الأرضي

حيث يوجد اتزان بين الكاتيونات الذائبة والمتبادلة



- وعندما يزداد تركيز كاتيونات معينة في ماء التربة فإنها تطرد الكاتيونات المتبادلة لتحل محلها
- حيث من شروط الإحلال أن تكون كاتيونات الاستبدال أي الإحلال أو التبادل أكثر تركيزا ونشاطاً من الكاتيونات المتبادلة.
- الانفكاك والإحلال محل الكاتيونات المتبادلة عملية مستمرة، لذلك فإنَّ الكاتيونات المتبادلة والذائبة تميل إلى حفظ توازنها،
- بحيث تعتمد أنواع ونسب الكاتيونات على نوع وكمية الكاتيونات في الطور السائل
- لذا فإنَّ أي تغيُّر في تركيب المحلول يسبّب تغيُّراً ثنائياً ولحظياً في أنواع ونسب الكاتيونات المتبادلة حال الوصول إلى حالة التوازن الجديد.

11-7-السعة التبادلية الكاتيونيةCEC:

- **هي مقياس لقدرة التربة على تبادل الأيونات.**
- يُطلق على مجموع الكاتيونات المتبادلة في وحدة وزنية من التربة، سعة التبادل الكاتيوني، وتقاس بالـميللي مكافئ/100 غ تربة.
- تعدُّ السعة التبادلية الكاتيونية مهمَّة بالنسبة للتربة لأنَّ لها أهمية كبيرة من ناحية علاقتها بالصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة وكذلك علاقتها بخصوبة التربة وتغذية النبات.
- حيث تعكسُ لنا مدى قابلية التربة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية ومدى جاهزية هذه العناصر للنبات **أي تعكس لنا الاحتياطي الغذائي للنبات في التربة**.
- وتختلف الترب من ناحية قيمة CEC وبشكل عام تتراوح من 0 إلى 100ميللي مكافئ/100 غرام تربة.

تعتمد قيمة السعة التبادلية الكاتيونية على عدد من العوامل والظروف والتي من أهمها ما يلي:

1- قوام التربة: حيث كلما زادت نسبة الطين في التربة كلما زادت السعة التبادلية الكاتيونية

وتوجد علاقة عكسية بين محتوى الكلس والسعة التبادلية الكاتيونية، لأنَّه يشكّل أغلفة حول حبيبات الطين وبذلك تقلُّ فعَّالية الادمصاص على سطوح الطين.

جدول يوضح تفسير العلاقة بين CEC وقوام التربة:

سعة التبادل الكاتيوني	قوام التربة
أقل من 10 ميلي مكافئ	رملية
10 -15	رملية طمية
15 – 20	طمية
20 -25	طمية طينية
أكثر من 25	طينية

2- نوع الغرويات المعدنية(فلزات الطين):

إنَّ دور الطين في تحديد قيمة CEC يرتبط بنوع المعادن الداخلة في تركيبه حيث تؤثّر هذه المعادن في قيمة CEC ويعزى سبب ذلك الى اختلاف السطوح النوعية لها وطبيعة توزيع الشحنة الكهربائية على سطوح هذه المعادن. حيث أنَّ معدن الفيرميكوليت له سعة تبادلية أعلى من بقية المعادن.

جدول يوضح CEC لبعض فلزات الطين:

نوع المعدن	الـ C.E.C ميللي مكافىء/100غ تربة
كاؤولينيت	15-3
إيلليت	50-20
مونتموريللونيت	150-80
فيرميكيولايت	150-100
الكلوريت	40-10

3- محتوى المادة العضوية:

- تحمل الغرويات العضوية الشحنة السالبة على سطوحها **وذلك بسبب تحلّل جذور المجاميع الوظيفية مثل مجموعة الكربوكسيل والفينول والهيدروكسيل لذا فلها القابلية على ادمصاص الكاتيونات**.
- ومن مميزات **الغرويات العضوية** أيضاً أنَّ **سعتها التبادلية عالية نسبياً مقارنة بالغرويات اللاعضوية.**

4- درجة تفاعل التربة (pH التربة):

- حيث تتأثّر وتزداد بزيادة درجة التفاعل ولذلك تُحسب عند **درجة تفاعل المتعادلة pH=7** .

8-11-الكاتيونات الأساسية المتبادلة في التربة:

يشكَّل (Ca^{+2}، Mg^{+2}، K^{+}، Na^{+}، NH^{+4}، H^{+}، Al^{+3})

القسم الأعظم من سعة التبادل الكاتيوني للترب الطبيعية.

تختلف مقدرة الكاتيونات على التنافس على مراكز الشحنة السالبة(مواقع التبادل الكاتيوني) على أسطح حبيبات التربة.

- تعتمد مقدرة الكاتيونات التنافسية على مراكز التبادل على عاملين هما:

1.قوى التجاذب بين الكاتيونات ومراكز التبادل.

2.التركيز الفعَّال والنشط للكاتيونات في محلول التربة.

9-11-النسبة المئوية للتشبُّع بالقواعد (Ca, Mg, K, Na) : (BS%)

(PBS) Percentage Base Saturation هي النسبة المئوية للسعة التبادلية الكاتيونية المشبعة بالـ Ca, Mg, K, Na.

حيث يرمز لمجموع القواعد القلوية (Na^{+}, K^{+}) والقواعد الترابية (Ca^{+2}، Mg^{+2}) المتبادلة بالرمز **S**

$$\% PBS = ((\Sigma(Ca^{++}, Mg^{++}, K^{+}, Na^{+}))/C.E.C) \times 100$$

تقلّ النسبة المئوية للتشبع بالقواعد **مع زيادة الحموضة "إنخفاض الـ pH".**

زيادة النسبة المئوية للتشبع بالقواعد تعني زيادة الخصوبة.

10-11- أهمية الـ C.E.C للأراضي الزراعية:

1-تدلُّ السعة التبادلية للأرض على قدرتها على إمداد النبات بالعناصر الغذائية، فكلما كانت القيمة مرتفعة كلما دلَّ ذلك على كبر المخزون الغذائي وزيادة السطح النوعي للتربة.

2-تدلُّ على توافر معادن معينة ذات سعة تبادلية عالية أو وجود نسبة عالية من المادة العضوية المتحلّلة ذات الشحنة العالية والسعة التبادلية المرتفعة في تلك الأرض.

3-من معرفة نوع الكاتيون السائد على معقَّد الادمصاص يمكن معرفة بعض الخواص الكيميائية السائدة في تلك الأرض، فمثلاً إذا كان الكاتيون السائد هو الهيدروجين اعتبرت الأرض حامضية وتعالج مشاكلها بإضافة الجير.

وإذا ساد كاتيون الصوديوم تكون الأرض قلوية وتعالج بإضافة الجبس الزراعي.

في حين أنَّه عند سيادة أيون الكالسيوم تصبح الصفات الطبيعية للتربة جيدة نتيجة تكوين التجمعات الأرضية.

11-11- أهمية التبادل الكاتيوني في تغذية النبات:

- إنَّ العناصر الغذائية اللازمة للنبات والتي تكون مدمصة على سطوح الغرويات تكون جميعها في **صورة قابلة للاستفادة**، حيث يستطيع النبات امتصاصها والاستفادة منها

- إضافةً إلى ذلك **فإنَّ عملية تبادل الكاتيونات تحفظ العناصر الغذائية من أن تفقد بسرعة مع مياه الأمطار**، فعلى سبيل المثال: عند تسميد التربة بسماد آزوتي من مصدرين الأول نتراتي والآخر نشادري ثم تعرضت الأرض لأمطار غزيرة، فإنَّه يلاحظ أنَّ السماد النتراتي سيكون أكثر **عرضةً للإنغسال** بعيداً عن منطقة انتشار الجذور ممَّا في **السماد النشادري**.

- حيث أنَّ الشحنة السالبة التي يحملها أيون النترات NO_3^- تؤدّي للتنافر بينها وبين حبيبات الطين بسبب تماثل الشحنة **فيبقى النترات ذائبا" في محلول التربة ومعرَّض للإنغسال.**

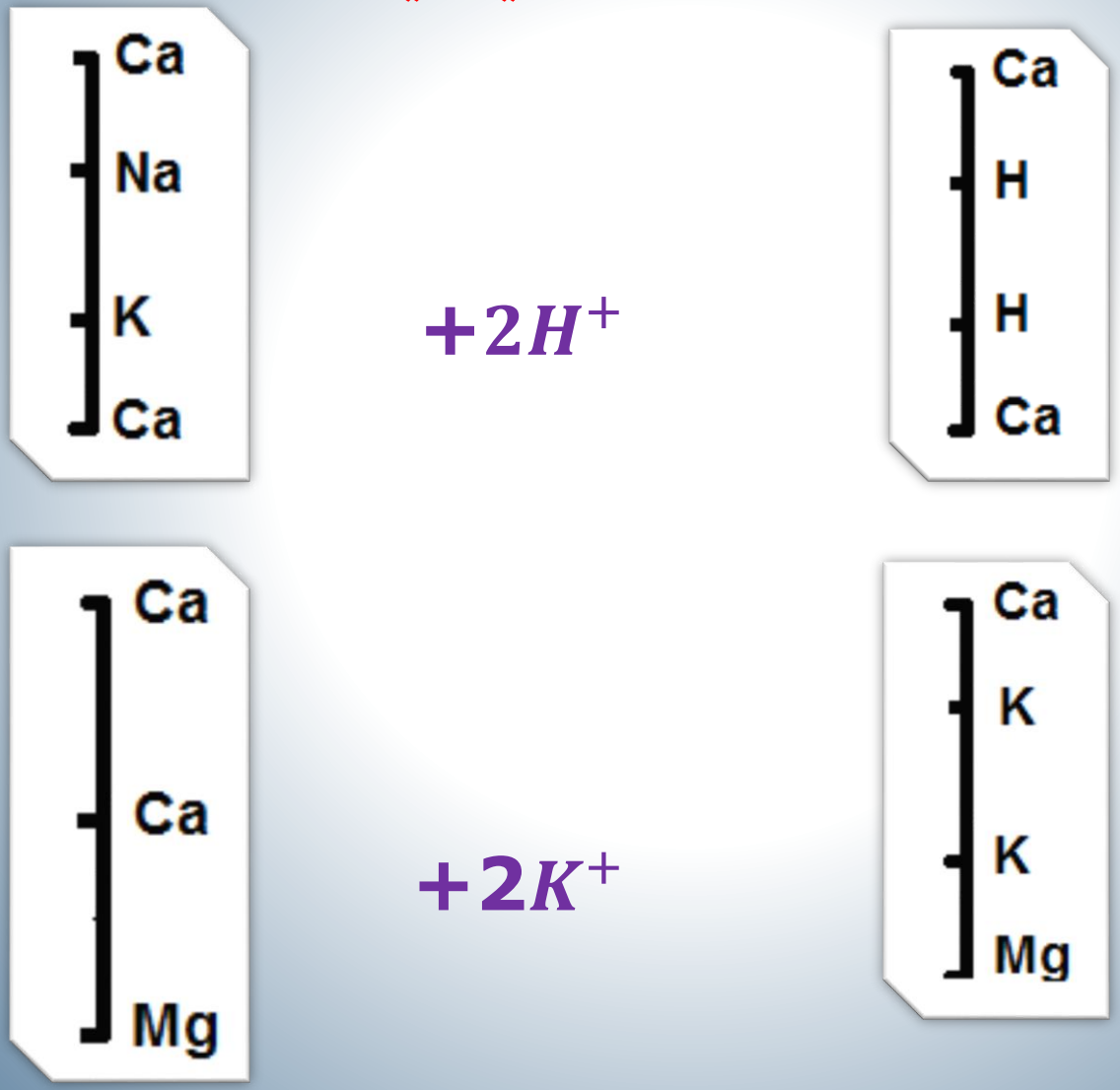
- أمَّا الأمونيوم NH_4^+ فإنَّه يتبادل في **معقَّد الادمصاص** وبالتالي يمسك في سطوح حبيبات الطين **وتكون فرصة انغساله مع مياه الأمطار ضئيلة**.

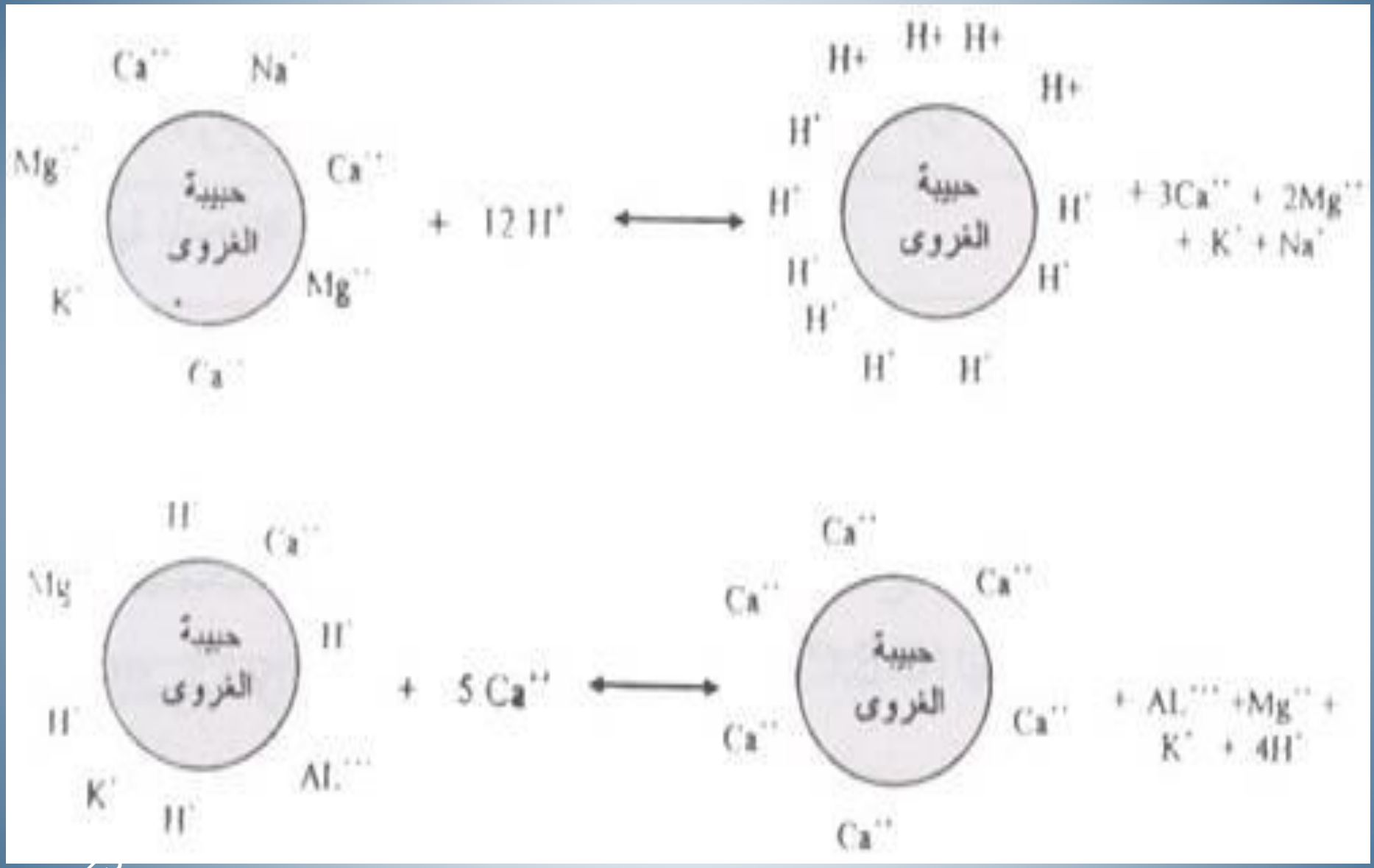
11-11- أهمية التبادل الكاتيوني في تغذية النبات:

- إذا" فإنَّ الشحنة السالبة التي يحملها الطين والمادة العضوية تعمل على حفظ العناصر الغذائية اللازمة للنبات من الفقد،

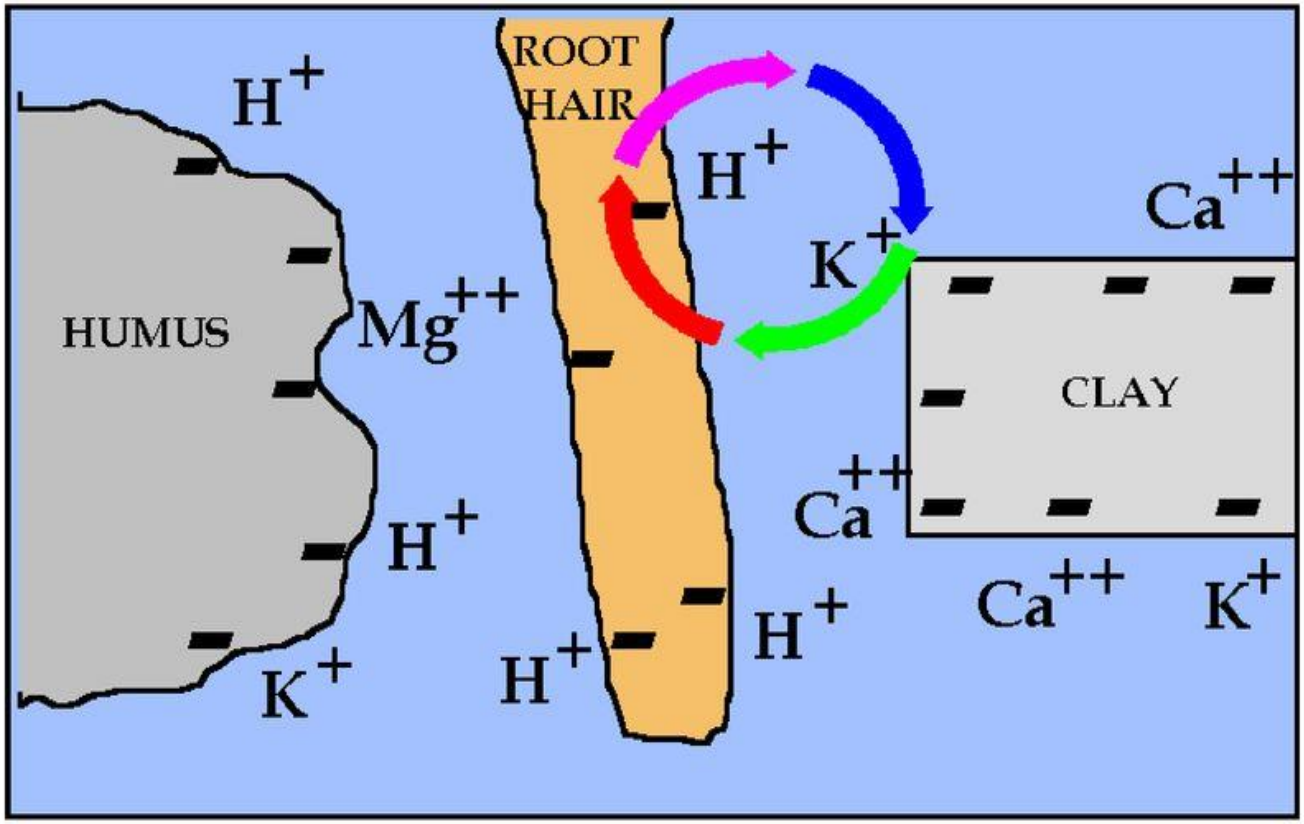
- فكلما زادت كمية الشحنات السالبة على الطين، وكلما زادت كمية الطين في التربة أدَّى ذلك إلى توفُّر العناصر اللازمة للنبات مثل الكالسيوم، المغنزيوم، والبوتاسيوم، بالإضافة إلى الحديد، الزنك، النحاس، والمنغنيز .....

أمثلة عن التبادل الكاتيوني في التربة




Ca++ Na+
Mg++ Ca++
حبيبة الغروى
K+ Mg++
Ca++
+ 12 H+
H+ H+ H+
H+ H+
H+ H+
H+ H+
+ 3Ca++ + 2Mg++
+ K+ + Na+
H+ Ca++
Mg++ H+
حبيبة الغروى
H+ K+
Al+++
H+
+ 5 Ca++
Ca++ Ca++
Ca++ Ca++
Ca++
+ Al+++ +Mg++ +
K+ + 4H+

CATION EXCHANGE CAPACITY (C. E. C.)



Steenwyk, 1-96

وشكراً لحسن إصغائكم