

دراسات بكالوريوس تكنولوجيا إستصلاح واستزراع الأراضي الصحراوية



مركز جامعة القاهرة  
للتعليم المفتوح

# كيمياء الأراضى

تأليف

دكتور

محمد عبد العزيز طه ضيف  
أستاذ الأراضى  
كلية الزراعة - جامعة القاهرة

دكتور

شفيق إبراهيم عبد العال  
أستاذ ورئيس قسم الأراضى  
كلية الزراعة - جامعة القاهرة

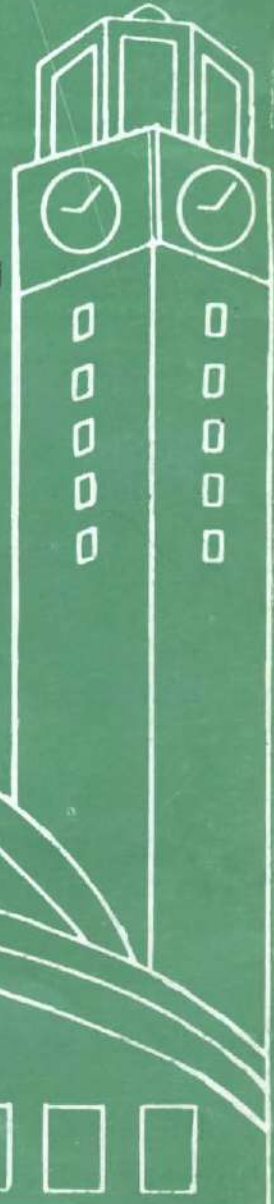
دكتور

رضا رجب شاهين  
أستاذ الأراضى  
كلية الزراعة - جامعة القاهرة

مراجعة

دكتور

إبراهيم محمد حبيب  
أستاذ الأراضى  
كلية الزراعة - جامعة القاهرة



## المحتويات

الصفحة	الموضوع
ط	مقدمة
	القسم الأول
٣	الباب الأول: مدخل إلى علم كيمياء الأراضى
٥	١ - مقدمة
٧	٢ - ماهية الأرض
١١	٣ - مكونات التربة
١١	٤ - أهداف دراسة كيمياء الأراضى
١٣	٥ - ملخص الباب الأول
١٤	٦ - أسئلة الباب الأول
١٥	الباب الثانى : المكونات الصلبة المعدنية للتربة
١٧	١ - مقدمة
١٨	٢ - التركيب الكيمائى للقشرة الأرضية والتربة الناتجة عنها
٢٠	٣ - التركيب المعدنى للقشرة الأرضية
٢١	٤ - تصنيف المعادن
٢٦	٥ - مواد أصل الأراضى
٢٩	٦ - التجوية ودورها فى انفراد العناصر الغذائية فى التربة
٤١	٧ - صور تواجد العناصر فى البيئات الرسوبية
٤٣	٨ - التركيب المعدنى لحبيبات التربة الحجمية المختلفة
٥٥	٩ - مصادر الشحنات على معادن الطين

- ٥٨ - ١٠ - أثر التركيب المعدنى على صفات التربة  
 ٦٢ - ١١ - ملخص الباب الثانى  
 ٦٤ - ١٢ - أسئلة الباب الثانى

### القسم الثانى

#### الباب الثالث : المكونات العضوية الصلبة فى التربة

- ٦٩ - ١ - مقدمة  
 ٧١ - ٢ - مكونات المادة العضوية الأرضية  
 ٧٤ - ٣ - التفاعلات الإنزيمية فى تحلل المادة العضوية  
 ٧٧ - ٤ - خطوات تحلل المادة العضوية  
 ٧٩ - ٥ - نواتج التحلل وانفراد النيتروجين  
 ٨٧ - ٦ - العوامل البيئية والأرضية المؤثرة فى تحلل المادة العضوية  
 ٩١ - ٧ - تدوير المادة العضوية  
 ٩٤ - ٨ - الزراعة العضوية فى الأراضى الصحراوية المصرية  
 ٩٦ - ٩ - ملخص الباب الثالث  
 ٩٩ - ١٠ - أسئلة الباب الثالث

### القسم الثالث

#### الباب الرابع : التبادل الأيونى فى الأراضى

- ١٠٥ - ١ - التبادل الأيونى ومظاهره  
 ١٠٧ - ٢ - مسببات التبادل الأيونى فى الأرض  
 ١١٠ - ٣ - تغير السعة التبادلية الكاتيونية بتغير رقم الحموضة  
 ١١٢ - ٤ - نوعيات الأيونات المتبادلة والسعة التبادلية  
 ١١٤

- ١١٧ - ٥ - الطبقة الكهربية المزدوجة
- ١١٩ - ٦ - معادلات التبادل الأيونى
- ١٢١ - ٧ - العوامل التى تؤثر على التبادل الأيونى
- ١٢٣ - ٨ - الامصاص السالب والتبادل الأنيونى
- ١٢٥ - ٩ - التبادل بالتماس
- ١٢٧ - ١٠ - تطبيقات التبادل الأيونى فى المجالات الزراعية
- ١٣٣ - ١١ - ملخص الباب الرابع
- ١٣٥ - ١٢ - أسئلة الباب الرابع

### القسم الرابع

#### الباب الخامس : رقم الحموضة والسعة التنظيمية للأرض

- ١٣٩ - ١ - تعريف رقم حموضة PH الأرض ومدلوله
- ١٤١ - ٢ - العوامل المؤثرة على رقم حموضة PH الأرض
- ١٤٣ - ٣ - حدود رقم PH الأرض وطرق قياسه
- ١٥١ - ٤ - أهمية رقم حموضة PH الأرض
- ١٥٤ - ٥ - الفعل التنظيمى للأراضى
- ١٦١ - ٦ - تقدير السعة التنظيمية للأرض
- ١٦٣ - ٧ - أهمية الفعل التنظيمى للأرض
- ١٦٦ - ٨ - الفعل التنظيمى للأراضى الصحراوية
- ١٦٦ - ٩ - ملخص الباب الخامس
- ١٦٧ - ١٠ - أسئلة الباب الخامس
- ١٦٩



الباب السادس : المحلول الأرضى

- ١٧١  
١٧٣ ١ - مقدمة  
١٧٣ ٢ - الطبيعة الكيميائية للمحلول الأرضى  
١٧٧ ٣ - التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى  
١٧٩ ٤ - خصائص المحلول الأرضى  
١٨٢ ٥ - العوامل المؤثرة على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى  
١٨٥ ٦ - طرق الحصول على المحلول الأرضى  
١٨٨ ٧ - مدلول نتائج تحليل المحلول الأرضى  
١٨٩ ٨ - ملخص الباب السادس  
١٩٠ ٩ - أسئلة الباب السادس

القسم الخامس

الباب السابع : الخصائص المعدنية والكيميائية للأراضى الصحراوية

- ١٩٥  
١٩٧ ١ - مقدمة  
١٩٧ ٢ - الأراضى الرملية الصحراوية  
١٩٨ ٢ - ١ الخواص الكيميائية للأراضى الرملية  
٢ - ٢ النقاط الواجب مراعاتها عند استغلال الأراضى الرملية من وجهة نظر خواصها الكيميائية والخصوية  
٢٠٠  
٢٠٤ ٣ - الأراضى الجيرية  
٢٠٤ ٣ - ١ تعريف  
٢٠٤ ٣ - ٢ التركيب المعدنى للأراضى الجيرية  
٢٠٦ ٣ - ٣ الخواص الكيميائية للأراضى الجيرية

- ٢٠٩ ٣ - ٤ الكربونات النشطة فى الأراضى الجيرية ومعاييرها
- ٢١٣ ٣ - ٥ التقشر السطحى فى الأراضى الجيرية من الوجهة الكيميائية
- ٢٢١ ٣ - ٦ التوصيات التى تراعى فى استزراع الأراضى الجيرية
- ٢٢٢ ٤ - الأراضى الطفلية الصحراوية
- ٢٢٧ ٥ - ملخص الباب السابع
- ٢٢٩ ٦ - أسئلة الباب السابع

## القسم السادس

## الباب الثامن : مهينات التربة

- ٢٣٣ ١ - مقدمة
- ٢٣٥ ٢ - مواصفات مهينات التربة وصيغها الكيميائية
- ٢٣٦ ٣ - قوى ارتباط المهينات فى التربة
- ٢٣٩ ٤ - ميكانيكية عمل المهينات
- ٢٤١ ٥ - العوامل المؤثرة على كفاءة مهينات التربة
- ٢٤٧ ٦ - تأثير المهينات على خواص التربة وانعكاسه على نمو النباتات
- ٢٥٢ ٧ - ملخص الباب الثامن
- ٢٥٤ ٨ - أسئلة الباب الثامن

## الباب التاسع : مخلفات الصرف الصحى وإعادة استخدامها فى زراعة الأراضى الصحراوية

- ٢٥٩ ١ - مقدمة
- ٢٦١ ٢ - حجم ومواقع توزيع مخلفات الصرف الصحى على مستوى مصر
- ٢٦٢ ٣ - التركيب الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى
- ٢٦٤

- ٤ - معايير استخدام مخلفات الصرف الصحى فى مجال إصلاح  
الأراضى الصحراوية لتجنب حدوث التلوث  
٢٦٩
- ٥ - النقاط التى يجب مراعاتها عند تداول المخلفات فى مجال  
إصلاح الأراضى  
٢٧٢
- ٦ - نتائج بعض الدراسات فى المزارع التى استخدمت فيها مياه  
الصرف الصحى للرى  
٢٧٤
- ٧ - ملخص الباب التاسع  
٢٧٩
- ٨ - أسئلة الباب التاسع  
٢٨٠
- المراجع  
٢٨١

## بسم الله الرحمن الرحيم

### مقدمة

تتميز الزراعة بأنها أحد أوجه التنمية الاقتصادية وأهمها على الإطلاق ، فهي تحقق التنمية والتقدم ، ولا زراعة بدون مهد وأرض ، فمن الأرض تخرج النباتات وعلى النباتات تتغذى الحيوانات والإنسان ، وبعد دورة حياة تطول أو تقصر يعود كل شىء إلى أصله وتحلل الأجساد والأشجار إلى عناصرها الأولية ليتمتعها نبات آخر وتعاد الدورة من جديد ، سنة الله فى خلقه ولن تجد لسنة الله تبديلا .

ولعل القارئ يتساءل عندما يرى قطعة من الأرض خرجت منها أطنان من مختلف المحصولات وهي مازالت باقية لم تتلاش أو حتى تتقلص ... ما سر ذلك ؟ وللإجابة على ذلك كان هذا الكتاب الذى نحن بصدده "كيمياء الأراضى" والذى وضع ليحمل بين طياته الإجابة عن هذه الأسئلة وغيرها لطلاب الجامعة المفتوحة.

وكتابتنا هذا يتناول بالشرح والتحليل المبسط التفاعلات الكيميائية التى تحدث فى الأرض بين مختلف مكوناتها الصلبة والسائلة والغازية ، وما يطرأ عليها من تغيرات تحت الظروف البيئية المختلفة. ويستلزم ذلك دراسة مكونات التربة دراسة متأنية حتى يمكن تتبع خصائصها الكيميائية والفيزيو كيميائية ، مع التركيز بصفة أساسية على كيمياء السطوح التى تحكم معظم النشاطات الكيميائية بداخل المعمل الأراضى والتى تؤدى إلى انطلاق العناصر الغذائية فى صور ميسرة للنبات وأيضاً بطريقة ومعدلات مقننة .

ونظراً لأن هذا المقرر موجه إلى طلاب الجامعة المفتوحة والدارسين بيكالوريوس «تكنولوجيا استصلاح واستزراع الأراضى الصحراوية» فلقد أفردنا موضوعات خاصة لدراسة كيمياء الأراضى الصحراوية بمختلف أنواعها ، سواء الرملية أو الجيرية أو الطفلية، مستندين إلى خلاصة الخبرات العلمية فى هذا المجال. كذلك تطرقنا إلى استعراض الأسس الكيميائية لاستخدام المهينات الطبيعية والمخلقة فى تعديل خواص الأراضى الصحراوية بما فيه صالح النبات .

وفى هذه الطبعة للكتاب أجريت تعديلات هامة للتبسيط وتوضيح الأهداف التعليمية والسلوكية لكل جزء من أجزائه ووضع الأمثلة والتطبيقات المحلولة وكذلك الإكثار من الأسئلة المتنوعة والتي بقيام الدارس بحلها يتحقق الهدف المنشود ، وإننا إذ نتقدم بهذا الكتاب "كيمياء الأراضى " فإننا نضيف إلى المكتبة العربية مرجعاً نفتقده وفى أمس الحاجة إليه ، وكذلك من منطلق مسئوليتنا أمام الله سبحانه وتعالى وأمام وطننا العزيز مصر .

والله نسأل أن يوفقنا إلى ما فيه خير بلدنا مصر وطلاب العلم ورواد المعرفة فى سائر البلاد العربية .

**المؤلفون**


## كيف تدرس هذا المقرر


## عزيزى الدارس :

تستطيع جنى ثمار هذا المقرر وتفهم مبادئه التى يبنى عليها فهمك للمقررات الأخرى فى مجال علوم الأراضى وذلك باتباع الإرشادات التالية : -

١ - قبل دراستك للموضوع - اقرأ الأهداف التعليمية التى يجب عليك تحقيقها فى نهاية كل موضوع.

٢ - روعى فى صياغة أجزاء الكتاب التدرج فى عرض المعلومات فلا ينبغي أن تدرس جزءاً جديداً قبل أن تستوعب الجزء السابق له ، مما سيعطيك فهماً أكبر وأشمل.

٣ - ستجد أن كل موضوع مقسم إلى وحدات صغيرة مكتوبة بأسلوب مبسط ويتخللها أمثلة محلولة مشار إليها بالرمز [?] وتطبيقات مشار إليها بالرمز  يجب عليك مراجعتها لتوضيح ما قرأت وتثبيت ما فهمت.

٤ - يحتوى شريط الفيديو المصاحب للكتاب على شرح تفصيلى لبعض الأمور، ولذا نقترح عليك مشاهدته ، وذلك بوضع رمز  فى المواضع التى تحتاج منك مراجعة الشريط.

٥ - إن شرائط الفيديو هى مكملة وموضحة لبعض جوانب هذا الكتاب ولا تغنى عنه.

٦ - احرص على استيعاب المفاهيم العملية والاختصارات القياسية لبعضها مثل CEC ' ESP ' SAR .... إلخ، وكذلك اعتمد بمعادلات التفاعلات الكيميائية الواردة فى كل موضوع فهى أساسية بالنسبة لمقرر كيمياء الأراضى الذى بين يديك.

٧ - ستجد فى نهاية كل موضوع ملخصاً لما درست ثم اسئلة للمراجعة، حاول أن تجيب عليها ، وتأكد من صحة إجابتك لها قبل الانتقال إلى الموضوع التالى، وإلا فراجع قراءة هذا الموضوع مرة أخرى.

- ولك عزيزى الدارس كل التوفيق .

## المؤلفون

ويحسب من التركيزات السابقة كالاتى :

جزء فى المليون = ( ملليمكافى / لتر ) × الوزن المكافى

= ( ملليمول / لتر ) × الوزن الجزيئى

# جزء فى البليون ( ppb )

تعبير للتركيز الوزنى وهو يعادل ميكروجرام / كيلو جرام ويحسب : -

جزء فى البليون = جزء فى المليون × ١٠٠٠

أهم العناصر الشائعة التواجد فى الأراضى ورموزها الكيميائية وأعدادها وأوزانها

النرية

العنصر	الرمز	العدد الذرى	الوزن الذرى	العنصر	الرمز	العدد الذرى	الوزن الذرى
انتيمون *	Sb	٥١	١٢١.٧	موليبدينم *	Mo	٤٢	٩٥.٩
باريوم *	Ba	٥٦	١٣٧.٣	نيكل *	Ni	٢٨	٥٨.٧
بريليوم	Be	٤	٩.٠	نيتروجين	N	٧	١٤.٠
بورون	B	٥	١٠.٨	أوكسجين	O	٨	١٦.٠
بروم *	Br	٢٥	٧٩.٩	فوسفور	P	١٥	٣١.٠
كاديوم *	Cd	٤٨	١١٢.٤	بلاتين *	Pt	٧٨	١٩٥.٩
كاليسيوم	Ca	٢٠	٤٠.٠	پوتاسيوم	K	١٩	٣٩.١
كربون	C	٦	١٢.٠	سيلينيوم *	Se	٣٤	٧٨.٩
كروميوم *	Cr	٢٤	٥٢.٠	سليكون	Si	١٤	٢٨.١
كوبالت *	Co	٢٧	٥٨.٩	فضة *	Ag	٤٧	١٠٧.٩
نحاس *	Cu	٢٩	٦٣.٥	سوديوم	Na	١١	٢٣.٠
ذهب *	Au	٧٩	١٩٧.٠	سترانشيوم *	Sr	٣٨	٨٧.٦
هيدروجين	H	١	١.٠	كبريت	S	١٦	٣٢.١
يود *	I	٥٣	١٢٦.٩	قصدير	Sn	٥٠	١١٨.٧
حديد *	Fe	٢٦	٥٥.٨	تيتانيوم	Ti	٢٢	٤٧.٩
رصاص *	Pb	٨٢	٢٠٧.٢	تنجستن *	W	٧٤	١٨٣.٩
ليثيوم	Li	٣	٦.٩	فانديوم *	V	٢٣	٥٠.٩
ماغنسيوم	Mg	١٢	٢٤.٣	زنك *	Zn	٣٠	٦٥.٤
منجنيز *	Mn	٢٥	٥٤.٩	زركونيوم *	Zr	٤٠	٩١.٢
				زئبق *	Hg	٨٠	٢٠٠.٦

\* عناصر ثقيلة .



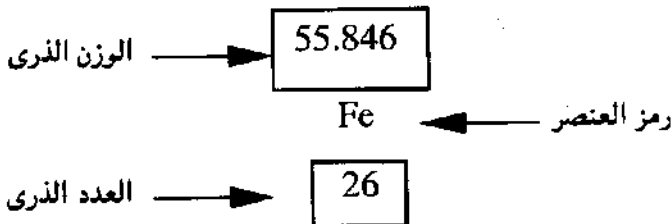
## الجدول الدوري للعناصر

PERIODS	GROUPS																	
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IIIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
1	H																	He
2	Li	Be	PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS										B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	TRANSITION ELEMENTS										Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Rf	Rf												

*Lanthanides	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Th	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
**Actinides	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

\* مثال :-



## القسم الأول

يشمل : -

- الباب الأول : مدخل إلى علم كيمياء الأراضى .
- الباب الثانى : المكونات الصلبة المعدنية للتربة .



## الباب الأول

## مدخل إلى علم كيمياء الأراضى

## Introduction to Soil Chemistry

## الأهداف :

- بعد دراسة محتوى هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :-
- ١ - يُعرّف الأرض بطريقة علمية بدون أخطاء .
  - ٢ - يحدد مكونات التربة ونسبها المثلث .
  - ٣ - يستنتج أهمية دراسة كيمياء الأراضى .
  - ٤ - يفسر المقصود بأن الأرض نظام طبيعى مفتوح .
  - ٥ - يذكر أهداف تدريس كيمياء الأراضى .
  - ٦ - يحدد الخصائص المميزة للأراضى الخصبة .
  - ٧ - يرسم أشكالاً تخطيطية لتوضيح بعض الجزئيات المقررة .

## العناصر :

- ١ - مقدمة .
- ٢ - ماهية الأرض .
- ٣ - مكونات التربة .
- ٤ - أهداف دراسة كيمياء الأراضى .
- ٥ - ملخص الباب الأول .
- ٦ - أسئلة الباب الأول .

## الباب الأول

## مدخل إلى علم كيمياء الأراضى

## Introduction to Soil Chemistry

## ١-١ مقدمة :

لقد استغلت الأراضى وبصورة مكثفة فى المجال الزراعى لفترة تربو على ٥٥٠٠ سنة على الأقل . وعلم الأراضى - وكما نعرفه اليوم - يتضمن معلومات تجمعت أغلبها فى فترة الـ ٨٠ سنة الاخيرة ، وقبل تعريف الأرض يجب إلقاء بعض الضوء على تركيب أغلفة الكرة الأرضية (شكل ١) .

يمكن النظر للكرة الأرضية على أنها مكونة من أغلفة متداخلة تمثل الحالات الثلاث للمادة ، حيث يمثل الغلاف الجوى Atmosphere الحالة الغازية ، ويمثل الغلاف المائى Hydrosphere الحالة السائلة، بينما تمثل الأجزاء الصلبة من الغلاف الصخرى Lithosphere الحالة الصلبة للمادة . وفيما بين الأغلفة هنالك تفاعل وتداخل حيث تتواجد أوجه مختلفة للحياة العضوية فى الأغلفة الثلاث. ويطلق اسم النطاق أو الغلاف الحيوى Biosphere على المجال الملائم للحياة .

## تعريفات :

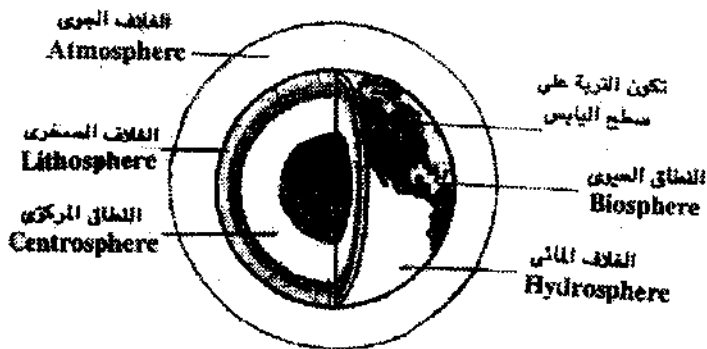
\* الغلاف الجوى Atmosphere طبقة الهواء المحيط بالكرة الأرضية بما فيها من غازات مختلفة أهمها النيتروجين ٧٨٪ والأكسجين ٢١٪ وثانى أكسيد الكربون ٠.٣٪ حجباً إضافة إلى بعض الغازات الأخرى مثل الأرجون والكربون و الهيدروجين .

\* الغلاف المائى Hydrosphere :- كل ما يشغل سطح الكرة الأرضية من مياه المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات وتغطى حوالي ٧١٪ من مساحتها ، هذا إضافة إلى المياه الجوفية .

\* الغلاف الصخري (القشرة الأرضية) Lithosphere (Earth crust) القشرة الصخرية الصلبة الخارجية من الكرة الأرضية ويتراوح سمكها بين ٣٠ إلى ١٠٠ كيلو متر معظمها من الصخور النارية (٩٥٪) والباقي صخور رسوبية ومتحولة .

\* الغلاف الحيوى Biosphere ما يتواجد على سطح الكرة الأرضية من كائنات حية حيوانية ونباتية راقية وتمدنية .

والعلاقة بين هذه الأغلفة هي علاقة متبادلة ومعقدة ومتداخلة . وكلما يزداد فهم الإنسان للظواهر الطبيعية كلما يكشف تبادلا في المادة والطاقة بين الأغلفة وهذه العلاقة تفسر الكثير من الظواهر الطبيعية التي كانت مسبباتها مجهولة إلى زمن قريب، ولا بد من ملاحظة أن عنصر الأوكسجين يشكل ٩٤٪ من الغلاف الصخري ، و ٦٥٪ من الغلاف المائى و ٢١٪ من الغلاف الغازى ، لذلك فهو العنصر الأكثر تواجدا على الأرض .



شكل رقم : (١) الأغلفة والنطاقات المكونة للكرة الأرضية

## ٢-١ ماهية الأرض Definition of Soil

الأرض Soil عبارة عن المادة المعدنية أو العضوية أو هما معا المفككة من سطح القشرة الأرضية المسئولة عن استمرارية نمو النبات ، وقد يترواح سمك الأرض من سنتيمترات قليلة إلى أمتار عديدة . وتعنى الأرض Soil أنها الوسط الطبيعى لنمو النباتات الأرضية سواء أكانت الأرض مميزة أو غير مميزة إلى آفاق أرضية Soil horizons ، ومن هذا المفهوم فسمك الأرض هو الذى يقدر بعنق المجموع الجذرى للنبات . وحتى وقتنا هذا فهناك اتفاق بين علماء الأراضى بأن الأرض تتكون من الأقدام القليلة من سطح القشرة الأرضية Earth Crust والى تأثرت أو مازالت واقعة تحت تأثير جذور النباتات .

ولقد قدمت عدة تعريفات ، منها التعريف الأمريكى الذى يتلخص فى أن الأرض هى " الجزء السطحى من المواد الأرضية والذى يمتد إلى أقصى عمق تصله الجذور" ويؤخذ على التعريف أنه أغفل العلاقة الوراثية الطبيعية بين الطبقة السطحية للأرض وتحت السطحية Sub-Soil لأرض ما ، ثم ظهر التعريف الروسى الذى ينص على أن الأرض هى " أجسام طبيعية مستقلة كل منها له خصائصه المورفولوجية المميزة والى هى انعكاس مجموعة العوامل الوراثية مجتمعة والمسئولة عن نشوء الأرض . وقد أفادت هذه النظرية الشاملة فى إمكان التنبؤ بالكثير عن خصائص الأرض وخاصة من الناحية الزراعية .

ويمكن التوصل إلى التعريف الشامل للأراضى فيما يلى :-

**تعريف :** الأرض نظام طبيعى متفتح Natural Open System فى وضع مستمر من القصد والإضافة ، أى أنها تأخذ من النظم الأخرى (الجوية والمائية والبيولوجية) كما وأنها تضيف إلى هذه الأنظمة ويتكون هذا النظام من مخلوط متباين التركيب من معادن فى مراحل مختلفة من التجوية Weathering . بفعل العوامل الطبيعية والكيميائية والجوية وكذلك مواد عضوية فى درجات مختلفة من التحلل Decomposition ويظهر هذا النظام فى شكل مقطع Profile متميز إلى آفاق Horizons حقيقية واضحة أو تخيلية تنحى من التغيرات والتحويلات الطبيعية والكيميائية والجوية المستمرة ، وإذا ما احتوى هذا النظام على الماء والهواء والعناصر الغذائية فإنه يشكل البيئة الطبيعية التى تزود النبات بالدعم الميكانيكى ومحتويات الحياه والنمو ( شكل رقم ٢ ) حيث :

- \* التجوية Weathering : جميع التغيرات الفيزيائية والكيميائية التى تطرأ على صخور ومعادن سطح القشرة الأرضية نتيجة لتفاعلات العوامل الجوية والحيوية .
- \* مقطع الأرض Soil Profil : عبارة عن مقطع رأسى خلال طبقات الأرض حتى عمق مادة الأصل أو مستوى الماء الأرضى .
- \* آفق أرضى Soil Horizon : طبقة من مواد الأرض لها خواص فيزيائية أو كيميائية أو حيوية تعكس صفاتها الخارجية تختلف عما فوقها أو أسفلها من طبقات وتكون غالبا موازية لسطح الأرض .

### ? مثال معلول : -

سؤال : ما المقصود بأن الأرض نظام طبيعى مفتوح ؟

الجلل : تستقبل التربة مكونات خارجية منها : إضافة مياه الري بما تحمله من مواد ذائبة ومعلقة وكذلك الأسمدة بأنواعها المختلفة العضوية والمعدنية والبقايا النباتية والكيمائويات الزراعية واكتساب الطاقة ، وفى المقابل تفقد التربة بعض مكوناتها عن طريق مياه الصرف الزراعى واستهلاك النباتات بالإضافة إلى الفقد عن طريق انجراف سطح التربة بالرياح أو بالمياه (راجع شكل رقم ١ )

والأراضى الخصبة هى تلك التى تجهز النباتات النامية عليها بالظروف الضرورية واللازمة للحصول على حاصل وافر ، ومن هذه الظروف وجود مستوى كاف من العناصر الغذائية والماء والأكسجين وتفاعل وتركيز ملائمين لمحلول التربة وظروف مناسبة للأكسدة والاختزال ، وكذلك عدم وجود المواد السامة فيها وتوفير المواد المشجعة لنمو وتطوير النبات ، وأخيرا تعتبر التربة الوسط الفيزياوى الذى تتغلغل فيه الجذور وتستند عليه النباتات ، لذلك يجب أن تكون التربة فى حالة جيدة من هذه الناحية ، وبالتالي فإن هناك عدداً من المتطلبات بالنسبة للخواص الكيمياوية والفيزياوية والتى لها علاقة قوية بالعمليات البايولوجية الجارية فى التربة ، وهذه الصفات الكيمياوية والفيزياوية والبايولوجية هى التى تحدد خصوبة التربة . لذلك فإن الاعتقاد بأن خصوبة التربة هى

مردود لصفاتهما الذاتية فقط ، وأن القبول بهذه الفرضية معناه إهمال عامل مهم وهو الفعالية الزراعية للإنسان ، فمن الملاحظ أنه يمكن الحصول على حاصل مختلف من أراض ذات صفات ذاتية متماثلة (وحتى فى ظروف مناخية واحدة) . وهذا الاختلاف يعود بالطبع إلى تلك المشاريع التى ينشئها أو يستخدمها الإنسان فى هذه الأراضى وتعتمد هذه المشاريع الزراعية بدورها على المستوى العلمى والتكنيكى وكذلك على العلاقات الاجتماعية السائدة .

واعتماد التأثير الزراعى على التربة يتطلب المعرفة بحاجة النبات وصفات التربة ، لذلك فإن تطور المعرفة حول التغذية المعدنية أدى إلى استخدام الأسمدة الكيماوية .

وإذا أخذنا أحد الأشكال الأرضية فى الصحارى وهى الكشبان الرملية Sand dunes فإنه ليس فى مقدورها أن توفى باحتياجات الحياة النباتية ولكن بعد التعامل معها بالطرق التى تعمل على تثبيتها وإعاقة حركتها وتلبية احتياجاتها المائية عند الاحتياج ، فيمكن فى هذه الحالة أن تطلق عليها أرضاً.

?

مثال محلول :-

سؤال : فسر العبارة التالية بناء على ما ورد من معلومات فى هذا الباب ( ... الاعتقاد بأن خصوبة التربة سببها يرجع فقط إلى صفاتها الذاتية هو مفهوم غير شامل ... )

الحل : إن للصفات الكيماوية والفيزيائية للتربة علاقة قوية مع العمليات البيولوجية الجارية فيها وهذه بالتالى تتأثر بدور الإنسان فى إجراء العمليات الزراعية بطرق متباينة مما يؤدي إلى الحصول على عائد محصولى مختلف من أراض ذات صفات ذاتية متماثلة حتى تحت الظروف المناخية الواحدة .





## ٣-١ مكونات التربة

تتكون التربة من ثلاث حالات للمادة وهى :-

**أولاً:- المكون الصلب Solid phase :** يتكون أساساً من جزئين أحدهما : معدنى فى مراحل مختلفة من التجوية للصخور الأصلية ، والآخر عضوى ناتج من بقايا النباتات وجذورها علاوة على نشاط الكائنات الحية التى تضيف للأرض بقايا أجسامها المتحللة ، ويكون الجزء الصلب أكثر من نصف حجم التربة وأكثر من ٧٥ ٪ من وزنها .

**ثانياً :- المكون السائل Liquid phase :** هو ما تحتويه التربة من مياه والمكونات الذائبة فيها ويطلق عليه محلول التربة Soil solution.

**ثالثاً :- المكون الغازى Gaseous phase :** عبارة عن مجموعة الغازات التى تتواجد فى الفراغات البينية للتربة ويطلق عليه هواء التربة Soil air.

ويشكل المكونات السائل والغازى معا حوالى نصف حجم التربة الكلى ، وتختلف نسبة كل منها إلى الآخر حسب ظروف الرى والجفاف نتيجة تسرب الماء بالصرف أو استعماله بواسطة النبات . والمكونات الثلاثة للتربة فى حالة تداخل وتفاعل مستمر نتيجة للعمليات الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية والبيوكيميائية ( الشكل رقم ٣ ) .

## ١ - ٤ أهداف دراسة كيمياء الأراضى :

تساهم المعرفة بكيمياء الأراضى فى دراسة الخواص الكيميائية لعناصر التربة المختلفة مع محاولة تعديلها إذا لزم الأمر ، لتفى بمتطلبات النبات والعمل على تقليل كمية التلوث الناجمة عن العناصر السامة الموجهة للتربة والمياه .

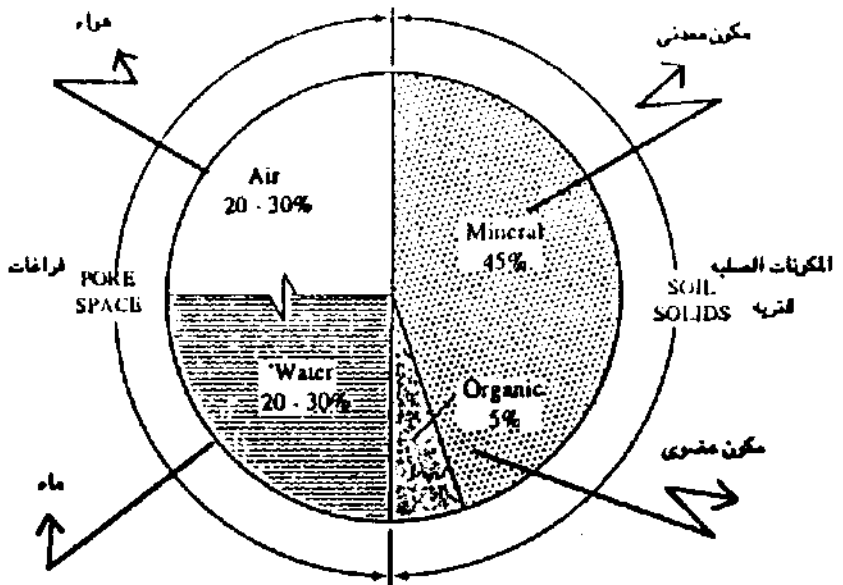
لذلك فإن كيمياء الأراضى تزودك بالمعرفة عن مسار التفاعلات التى تتم على أسطح الحبيبات الغروية فى التربة والتى أهمها الطين Clay والدبال Humus ، حيث إن هذه الغرويات تعتبر الجزء النشط كيميائياً فى التربة مقارنة بغيرها من حبيبات التربة الخشنة (السلت والرمل) .

تعريف :

الدبال Humus : المركبات العضوية المتبقية بعد عمليات التحلل البيولوجى للمواد النباتية والحيوانية الطازجة التى تضاف للأرض . وهى البقايا العضوية المقاومة نسبيا للتحلل فى التربة.

وتساهم كيمياء الأراضى كذلك فى دراسة المشاكل التى تواجه خواص التربة الفيزيائية والمائية والحلول المناسبة لها من خلال برامج الإصلاح الكيميائى للأراضى بغرض تجهيز بيئة ملائمة لنمو النبات .

كما تساهم أيضا فى دراسة التغيرات فى طبيعة العمليات الكيميائية التى تحدثها العمليات الزراعية فى التربة للكشف عن الظروف المثلى لنمو النباتات المختلفة فى الأراضى بأنواعها .



شكل رقم : (٣) يبين التركيب العام لنظام التربة على أساس الحجم



## ١ - ٥ ملخص الباب الأول

\* تتكون الكرة الأرضية Earth من أغلفة متداخلة هي الغلاف الجوى والمائى والصخرى والحيوى ، وهى فى حالة مستمرة من التفاعلات المتبادلة .

عند الأرض نظام طبيعى مفتوح فى حالة مستمرة من الفقد والإضافة ومكون من مخلوط متباين التركيب من معادن ومواد عضوية لها مقطع متميز إلى أفاق وبشكل البيئة الطبيعية التى تزود النبات بالدعم الميكانيكى ومتطلبات الحياة والنمو .

\* تتكون التربة من ثلاث حالات للمادة هى : المكون الصلب : ويشكل حوالى ٥٠ ٪ من حجم التربة بالإضافة إلى المكونين السائل والغازى ، وجميعهم فى حالة تداخل وتفاعل مستمرين .

\* دراسة كيمياء الأراضى لها دورها الهام فى تحديد مشاكل الأراضى وإيجاد الحلول المناسبة لها وكذلك تقسيم خصوبة التربة ودراسة نوعيات مياه الري والعمل على تجنب مخاطر التلوث من مصادره المختلفة .

١ - ٦ أسئلة الباب الأول



- ١ - أكمل ما يلى :-
- أ - الأوكسجين هو العنصر الأكثر تواجداً فى كوكب الأرض ، حيث إنه يكون حوالى ..... % من الغلاف الصخري ، و ..... % من الغلاف المائى و ..... % من الغلاف الجوى .
- ب - المقطع الأرضى هو .....
- ٢ - ارسم شكلا تخطيطيا يبين ما يأتى :-
- أ - الأرض نظام طبيعى مفتوح .
- ب - المكونات المختلفة للتربة ونسب تواجدها بالتقريب .
- ٣ - هناك عدة تعريفات للأرض - ناقشها ثم اذكر تعريفاً شاملاً لها .
- ٤ - اذكر أهم أهداف دراستك لكيمياء الأراضى من وجهة نظرك .
- ٥ - اذكر الخصائص المميزة للأراضى الخصبة .



## الباب الثانى

### المكونات الصلبة المعدنية للتربة

### Mineral Solid Components of Soil

#### الأهداف :

- بعد دراسة محتوى هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :-
- ١ - يقارن بين التركيب الكيميائى للقشرة الأرضية والتربة الناتجة عليها .
  - ٢ - يصنف المعادن والصخور المكونة للقشرة الأرضية كمورد أصلى للأرض .
  - ٣ - يُعرّف كلاً من التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية بدون أخطاء ودورها فى لفرد العناصر الغذائية وصور تواجدها فى بيئة التربة .
  - ٤ - يستنتج أن ٩٥ ٪ من معادن التربة هى معادن سليكاتية سواء كانت أولية أو ثانوية .
  - ٥ - يحدد كيميائية تركيب معادن الطين الأساسية من الصفائح الأساسية المكونة لها .
  - ٦ - يستنتج أن حبيبات التربة تحمل شحنات سالبة بعضها ثابت والآخر متغير .
  - ٧ - يستنبط الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة بمعرفة تركيبها المعدنى .
  - ٨ - يعلل زيادة وقللة نسبة بعض العناصر فى التربة عنها فى القشرة الأرضية .
  - ٩ - يحسب الجهد الأيونى لبعض العناصر .
  - ١٠ - يعبر بالمعادلات الكيميائية عن بعض التفاعلات بدون أخطاء .
  - ١١ - يميز الرموز البنائية لبعض المعادن .
  - ١٢ - يُعرّف بعض المفاهيم والمصطلحات التى تساعده على استيعاب خواص المكونات الصلبة المعدنية للتربة .

## العناصر :

- ١ - مقدمة عامة .
- ٢ - التركيب الكيمايى للقشرة الأرضية والتربة الناتجة عليها .
- ٣ - التركيب المعدنى للقشرة الأرضية .
- ٤ - تصنيف المعادن .
- ٥ - مواد أصل الأراضى .
- ٦ - التجوية ودورها فى انفرد العناصر الغذائية فى التربة .
- ٧ - صور تواجد العناصر وانفرادها فى البيئة .
- ٨ - التركيب المعدنى لمحبيبات التربة الحجمية المختلفة .
- ٩ - مصادر ونوع الشحنات على الجزء المعدنى من التربة .
- ١٠ - أثر التركيب المعدنى على صفات التربة .
- ١١ - ملخص الباب الثانى .
- ١٢ - أسئلة الباب الثانى .

## الباب الثانى

## المكونات الصلبة المعدنية للتربة

## Mineral Solid Components of Soil

٢ - ١ مقدمة :

تتكون التربة نتيجة عمليات تغير طويلة فى مواد الأصل . وتحتوى التربة عادة على نواتج تجوية ( Weathering ) هذه المواد وكذلك نواتج تحلل الأحياء النباتية والحيوانية . ونتيجة التفاعل والتأثير المتبادل بين المواد المعدنية والعضوية وبمشاركة الأحياء يتكون المركب المعقد للتربة ( Soil Complex ) ، وترتبط صفات هذا المركب فى ظروف معينة ارتباطا كبيرا بطبيعة المناخ والطبوغرافية وعمليات تكوين التربة .

## تعريف :

معقد التربة Soil Complex : هو مادة التربة بما تحتويه من صور المادة المختلفة (صلبة وسائلة وغازية) وبما فيها من نشاط حيوى نباتى وحيوانى .

وتتطلب دراسة العلاقات المختلفة بين النباتات والأراضى الاهتمام بمعرفة خواص وصفات المعادن المكونة للأرض التى تدخل هذه العناصر فى تركيبها ، وليس الاهتمام فقط بالتركيب الكيميائى العام للأرض ، ذلك لأنه لم يمكن إيجاد علاقة مباشرة أو ارتباط وثيق بين نسبة العناصر فى التركيب الكيميائى الكلى للأرض وبين نمو النبات . وقد أدى هذا النوع من المعرفة إلى مفهوم صلاحية Availability أو تيسر العناصر الغذائية للنبات ، والتكيز بصفة خاصة على الصور المختلفة للعنصر فى الأرض وليس على نسبته الكلية فقط . فقد يكون العنصر موجودا فى الأرض بكمية كلية كافية إلا أنه فى صور معدنية أو كيميائية غير متيسرة أو صالحة لاستعمال النباتات .



تعريف :

تيسر العناصر Availability of elements : هي مدى قابلية العناصر الغذائية للامتصاص بواسطة النبات .

إن معرفتنا الحالية بالدور الكبير الذى يلعبه الجزء الغروى فى التربة (حبيبات المعادن والمادة العضوية التى يقل قطرها عن ١ ميكرون ) فى كل من تغذية النبات والخواص الفيزيائية للأراضى - مثل النفاذية والقدرة الاحتفاظية بالماء - قد أدت إلى الاهتمام الكبير بدراسة صفات هذا الجزء الغروى من حيث التركيب المعدنى والقواعد التى تتحكم فى سلوكه . وتجدر الإشارة إلى أن المكونات الصلبة للتربة تتكون من جزئين : أحدهما : معدنى والآخر عضوى وأهمية كل منهما رأينا أن نفردها بأبا خاصا لكل جزء حتى يمكن تفهم الموضوع بسهولة ويسر . ويختص هذا الباب بالجزء المعدنى .

## ٢-٢ التركيب الكيميائى للقشرة الأرضية والتربة الناتجة عنها :-

تتكون القشرة الأرضية بصفة أساسية من ٩٢ عنصرا من عناصر المجموعة الأرضية Lithophile elements الشائعة فى تركيب معادن السيليكات فى الأراضى وتدخل هذه العناصر فى تركيب أكثر من ألفين من المركبات الكيميائية أو المعادن Minerals ، إلا أنه ورغم وجود هذا العدد الهائل من العناصر والمعادن ، فإن عددا قليلا منها فقط هو الذى يكون الجزء الأكبر من القشرة الأرضية . وعليه فإن ثمانية عناصر فقط تكون تقريبا ٩٠ ٪ من وزن ومن حجم القشرة الأرضية ، وهذه العناصر الثمانية ذات عدد ذرى Atomic number أقل من ٣٠ وكما هو مبين بالجدول رقم (١) .

تعريف :

عناصر المجموعة الأرضية Lithophile elements : عبارة عن العناصر التى مصدرها صخور ومعادن القشرة الأرضية ، وهى حوالى ٩٢ عنصراً .

## جدول رقم (١) : متوسط نسبة العناصر الكيميائية فى القشرة الأرضية والتربة .

العنصر	الرمز	العدد الذرى	نصف قطر الذرة انجستروم	اللايوسفير		التربة وزنا %	العنصر	اللايوسفير وزنا %	التربة وزنا %
				حجما %	وزنا %				
الأوكسجين	O	٨	١,٤٠	٩٣,٧٧	٤٧,٢	٤٩,٠	الكربون*	٠,١	٢,٠٠
السليكون	Si	١٤	٠,٤٢	٠,٨٦	٢٧,٦	٣٣,٠	الكبريت	٠,٠٩	٠,٠٨٥
الألنيوم	Al	١٣	٠,٥١	٠,٤٧	٨,٨	٧,١٣	المنجنيز	٠,٠٩	٠,٠٨٥
الحديد	Fe	٢٦	٠,٧٤	٠,٤٣	٥,١	٣,٨	الفسفور	٠,٠٨	٠,٠٨
الكالسيوم	Ca	٢٠	٠,٩٩	١,٠٣	٣,٦	١,٣٧	النتروجين	٠,٠٠١	٠,٠٠١
الصوديوم	Na	١١	٠,٩٧	١,٣٢	٢,٦٤	٠,٦٣	النحاس	٠,٠٠١	٠,٠٠٢
البوتاسيوم	K	١٩	١,٣٣	١,٨٣	٢,٦	١,٣٦	الزنك	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥
المغنسيوم	Mg	١٢	٠,٦٦	٠,٢٩	٢,١	٠,٦	الكوبلت	٠,٠٠٣	٠,٠٠١
التيتانيوم	Ti	٢٢	٠,٤	٠,٢٠	٠,٦	٠,٤٦	البورون	٠,٠٠٠٣	٠,٠٠٠١
الهيدروجين	H	١	-	-	(٠,١٥)	٢	المولبدنيوم	٠,٠٠٠٣	٠,٠٠٠٣

ومن الملاحظات الهامة بهذا الخصوص ، نجد أن عنصر الأوكسجين يكون أكثر من ٩٠٪ من حجم القشرة الأرضية بالرغم من أنه أقل قليلا من نصفها وزنا ، وذلك يعود إلى حجمه الايونى الكبير مقارنة بالعناصر الأخرى ، كما نلاحظ أن عنصرى الأوكسجين والسيليكون يكونان ٧٥٪ من وزن القشرة الأرضية وحوالى ٩٥٪ من حجمها ، وعلية فمن الطبيعى أن تكون معظم المعادن المكونة للقشرة الأرضية تحتوى على هذين العنصرين . وهذه المعادن التى تسمى بالسيليكات Silicates وتكون إما بالصورة الحرة SiO<sub>2</sub> أو متحدة مع واحد أو أكثر من العناصر الستة الأخرى ( أو العناصر الأخرى قليلة الوجود) ، كما نلاحظ أن الأوكسجين يشكل حوالى نصف وزن اللايوسفير (٤٧ر٢٪) ويليه السليكون الذى يكون ربع اللايوسفير ٢٧ر٦٪ ، ويحتل المرتبة الثالثة والرابعة بعد الاكسجين والسليكون كل من الألنيوم والحديد ويشكلان معا أكثر من ١٣٪ . ويشكل كل من الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم فى اللايوسفير نسبة مئوية تساوى ٢-٣٪ أما باقى العناصر فتوجد فى اللايوسفير بكمية أقل من ١٪ ويدخل ضمنها العناصر المهمة فى تغذية النبات مثل الكربون والهيدروجين والنتروجين والكبريت والفوسفور والمنجنيز . وتوجد العناصر الصغرى أو النادرة Micro elements -مثل النحاس والزنك والكوبلت والمولبدنيوم وغيرها من العناصر- بكميات قليلة .

## كيمياء الأراضى

### تعريف :-

العناصر الصغرى Micro elements : عبارة عن العناصر الغذائية الأساسية والتي يحتاجها النبات بتركيزات ضئيلة لإكمال دورة حياته.

وتختلف الأراضى بدرجة ملحوظة عن تركيب اللايثوسفير . فنلاحظ أن الأوكسجين والهيدروجين لهما أهمية كبيرة فى الأراضى باعتبارهما عنصرى الماء الذى لا يوجد فى الصخور النارية . كذلك نلاحظ أن مستوى الكربون والنتروجين فى الأراضى أعلى مما فى اللايثوسفير (الكربون أكثر ٢٠ مرة والنتروجين أكثر بـ ١٠ مرات) . ويعود ذلك إلى أن الأراضى تعتبر ضمن الغلاف الحيوى وتحتوى على المادة العضوية . وفى نفس الوقت فإن نسبة كل من الألمنيوم والحديد والكالسيوم والبوتاسيوم والمنجنيز فى الأراضى أقل منها فى اللايثوسفير . ويسلك كل عنصر من هذه العناصر سلوكا مختلفا طبقاً لسلوكه فى عملية التجوية وتكوين الأراضى .

**سؤال ؟** علل زيادة الأوكسجين والكربون والنتروجين فى التربة عنها فى القشرة الأرضية ؟

الإجابة : ذلك لأن التربة تحتوى على ماء ومادة عضوية تؤدى إلى رفع محتواها من الكربون إلى ٢٠ ضعف والنتروجين ١٠ أضعاف تلك الموجودة فى صخور القشرة الأرضية .

### ٢-٣ التركيب المعدنى للقشرة الأرضية

تتواجد معظم العناصر السابق ذكرها فى صورة اتحادات بين عنصرين أو أكثر مكونة مركبات يطلق عليها المعادن ، ومخلوط هذه المعادن والذى يوجد فى الطبيعة يسمى صخورا Rock .

\* المعدن Mineral : جسم طبيعى غير عضوى له تركيب كيميائى ثابت ومتجانس ، وله شكل بلورى محدد يعكس صفات فيزيائية ثابتة .

\* الصخر Rock : جسم طبيعى غير عضوى مكون من معدن واحد متعدد الشوائب وغير متجانس ، أو من مخلوط من المعادن المتقاربة فى ظروف نشأتها .

وبناء على تعريف المعدن السابق ذكره ، فإن أية مادة تصنع فى المختبر (أى غير طبيعية) ليست معدنا ، كما وأن أية مادة ليست صلبة (أى فى الحالة السائلة أو

الغازية) وأية مادة عضوية ليست معدنا . حيث ويجب انطباق الشروط الثلاثة (الترتيب الداخلى للذرات ، والتركييب الكيماوى والصفات الفيزيائية ) على أية مادة معدنية .

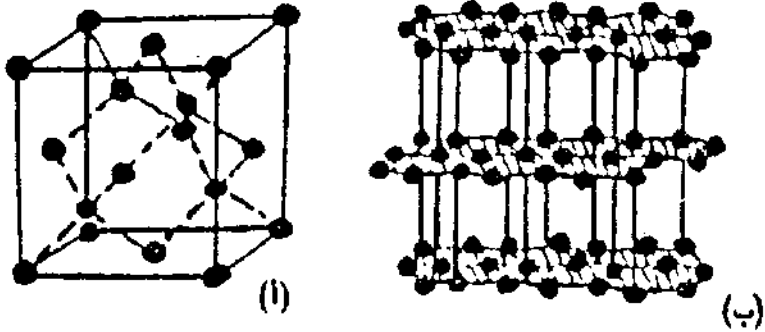
إن التركيب البللورى لأى معدن يعتبر مميّزا له ، ويفرقه عن المعادن الأخرى حتى ولو كانت لها نفس التركيب الكيمايى مثل كل من الماس Diamond الذى هو أصلب مادة طبيعية والجرافيت Graphite الذى يعتبر من المواد الهشة جدا حيث يتكون من نفس العنصر وهو الكربون ، إلا أن تركيبهما الذرى يختلف وأن التكرور الذى يحدث فى الذرات والمستويات التى تكونها يؤديان إلى شكل خارجى معين إذا كانت ظروف تكون المعدن مواتية لذلك (الشكل ٤) .

وإذا تناولنا الشق الآخر من تعريف المعدن لرأينا أن المعدن له تركيب كيماوى محدد ولو أمعنا النظر فيما سبق أن شرحناه حول التركيب البللورى للمعدن لرأينا أن التركيب الكيماوى المحدد هو نتيجة طبيعية لذلك ، فلقد رأينا أن الذرات لها أماكن ثابتة فى البنية الذرية للمعدن ، وأنها تتكرر بانتظام ووفق تناظر معين ، ورأينا أن هناك وحدة صغيرة سميهاها وحدة الخلية وهى التى تكون وحدة البناء البللورى وأنها تتكرر فى الاتجاهات بصورة لانتهائية تقريبا على المقياس الذرى لتكون البللورة أو المعدن . وبما أن كل ذرة لها مكان معين فى التركيب البللورى ولذا فإنه من الطبيعى أن يكون التركيب الكيماوى للمعدن محددًا فمثلا ملح الطعام أو معدن الهاليت (NaCl) يتبلور فى النظام المكعبى ووحدة الخلية فيه تحتوى على أربع صيغ كيماوية له ( الشكل ٥ ) .

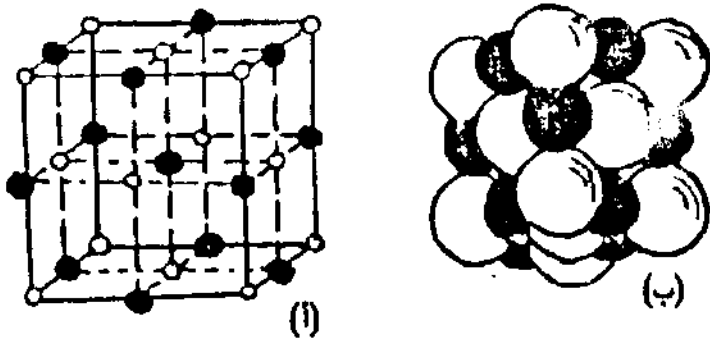


## ٢-٤ تصنيف المعادن Classification of minerals

يوجد فى الطبيعة أكثر من ألفى معدن ولكن المعادن الأكثر تواجدا وأساسية فى تكوين الصخور لاتعدو عشرين معدنا فقط ويمكن تصنيفها كما هو وارد فى الجدولين رقمى (٢) ، (٣) ، ويمكن مراجعة شريط الفيديو لمشاهدة نماذج حية من المعادن الهامة فى الأراضى .



شكل رقم : (٤) التركيب الداخلى لمعدنى (أ) الماس (ب) الجرافيت



شكل رقم : (٥) ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) . الدوائر السوداء تمثل الصوديوم والدوائر البيضاء تمثل ذرات الكلورين

جدول رقم (٢): أهم المجموعات التصنيفية للمعادن المكونة للقشرة الأرضية

بعض الأمثلة المهمة والتركيب الكيماوى		المجموعة	
Gold	Au	الذهب	Native elements
Copper	Cu	النحاس	
Iron	Fe	الحديد	
Sulfur	S	الكبريت	
Galena	Pbs	الجالينا	الكبريتيدات Sulphides
Pyrite	FeS <sub>2</sub>	البيريت	
Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	الماجنتيت	الأكاسيد والأيدروكسيدات Oxides and Hydroxides
Corundum	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	الكوراندوم	
Hematite	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	الهيماتيت	
Brucite	Mg(OH) <sub>2</sub>	البروسيت	
Halite	Na CL	الهاليت	الهاليدات Halides
Fluorite	CaF <sub>2</sub>	الفلوريت	
Calcite	Ca CO <sub>3</sub>	الكالسيت	الكربونات Carbonates
Dolomite (Ca, Mg)	(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	الدولوميت	
Anhydrite	CaSO <sub>4</sub>	الانهدريت	الكبريتات Sulphates
Gypsum	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	الجبس	
Apatite	Ca <sub>5</sub> F(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	الأباتيت	الفوسفات Phosphates
Quartz	Si O <sub>2</sub>	الكوارتز	السليكات Silicates
Orthoclase	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	الاورثوكلاز	
Albite	Na Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	الألبيت وغيرها كثير	

تعريفات :

- \* العناصر الحرة Native elements: العناصر التى يمكن أن تتواجد فى صورته حرة فى الطبيعة وغير متحدة مع عناصر أخرى مثل الذهب .
- \* الكبريتيدات Sulphides: مجموعة المعادن ذات التركيب الكيميائى المكون من اتحاد العنصر مع شق الكبريتيد ( S<sup>-</sup> ) .
- \* الأكاسيد Oxides: مجموعة المعادن التى تتحد عناصرها مع الأكسجين .
- \* الهاليدات Halides: مجموعة المعادن التى تتحد عناصرها مع الكلوريد أو الفلوريد أو البروميد .
- \* الكربونات Carbonates: مجموعة المعادن التى تعتبر أملاح حمض الكربونيك  
H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- \* الكبريتات Sulphates: مجموعة المعادن المكونة من أملاح حمض الكبريتيك  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- \* الفوسفات Phosphates: مجموعة المعادن المكونة من أملاح حمض الفوسفوريك  
H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>
- \* السليكات Silicates: مجموعة المعادن المشتقة من مركبات حمض الأرتوسليكات  
H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>

## جدول رقم (٣): أهم المعادن الأولية والثانوية المكونة للأراضي

الاسم	التركيب البنائى (المعادلة البنائية)	تعيينــ
الكوارتز	المعادن الأولية (الإبتدائية) SiO <sub>2</sub>	صلد، يتجوى ببطء، أهم معادن الرمال (أنظر المعادن الجديدة الثانوية)
<b><u>الفلسباوات :-</u></b> أرثوكلاز بلاجيوكليز	K AL Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (Ca, Na) AL (AL,Si) Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	صلد، يتجوى بحالة بطيئة إلى متوسطة وتقدم أهم المغذيات والطين فى نواتج التجوية
<b><u>الميكات :-</u></b> المسكوفيت البيوتيت	KAL <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> KAL (Mg,Fe) <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	منتشرة فى الصخور والرمال المبتلة وتعتبر مصدراً هاماً للبيوتاسيوم والطين
<b><u>المعادن المعتمة :-</u></b> الأوجيت، والهورتلند والبيوتيت، والميكات وآخرون	Ca <sub>2</sub> (AL,FE)(Mg,FE) <sub>4</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub>	وتشتمل على العديد من المعادن والتي تتجوى أسرع بشكل متوسط، وتعتبر مصادر جيدة للطين.
أباتيت	3Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (CaFe <sub>2</sub> )	من أهم المعادن الشائعة للإمداد بالفسفور.
الكالسيت، دولوميت، جبس (أنظر المعادن الثانوية)		وهذه قد تكون ذات أصل أولى (إبتدائى أو ثانوى)
الكالسيت الدولوميت	المعادن الثانوية (الجديدة) CaCO <sub>3</sub> (Ca, Mg) (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	مواد ذات درجة ذوبان قليلة فى الاحجار الجيرية أو الصخور الدولوماتية، شائعة فى أراضي المناطق الجافة وهى مصادر للكالسيوم والمغنسيوم.
الجبس	CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	ناعم (مسحوق، معدن متوسط الذوبان) يتواجد فى أراضي المناطق الجافة
أكاسيد الحديد	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · nH <sub>2</sub> O	هى مجموعة من المعادن : ذات محتوى متباين من الماء وتعطى الأراضي الألوان من الأصفر إلى الأحمر وهى مصدر للحديد
الأوبال	Si O <sub>2</sub> · nH <sub>2</sub> O	صور معاد ترسيبها مثل الأوبال، العقيق، الخشب المتحجر (أنظر المعادن الإبتدائية)
معادن الطين : -الكاولينيت -المونت موريللونيت		انظر آخر هذا الباب
	معقد	



## تعريفات

\* المعادن الأولية ( الابتدائية ) Primary Minerals : معادن موروثه من المادة الأصلية للأرض دون أن تعاني من تغيير فى تركيبها الكيميائى أو البللورى وعادة ماتكون مقاومة للتجوية.

\* المعادن الثانوية (الجديدة) Secondary Minerals : مجموعة المعادن التى تتكون فى التربة نتيجة نشاط عمليات التجوية ولم تكن موجودة فى مادة الأصل .

\* الفلسبارات Feldspars : معادن تتبع مجموعة السليكات الإطارية وتكون إما بوتاسية أو صودية أو كلسية كما هو فى معادن الأرتوكلاز والالبيت والأنورثيت على التوالى .

\* الميكاكات Micas : معادن صفائحية تتكون من رقائق ومنها الميكاكات البيضاء . وهى المسكوفيت والميكا السوداء وهى البيوتيت وتعتبر من المصادر الهامة للبوتاسيوم فى الأرض

\* المعادن المعتمة Opaque Minerals : مجموعة المعادن غير الشفافة التى لا تسمح بنفاذ الضوء من خلالها مثل معادن أكاسيد الحديد.

## ٢ - ٥ مواد أصل الأراضى Parent Materials of Soils

مادة أصل الاراضى Soil Parent material هى الصخور الأصلية المكونة للقشرة الأرضية وتضم الصخور النارية والرسوبية والمتحولة التى تتكون منها الأرض Soil بعد سلسلة من التحولات التى يتحكم فيها عوامل تكوين الأراضى Soil forming Factors ، ويمكن تقسيم مواد أصل الأراضى تبعاً لنشأتها إلى ثلاث مجموعات كما يلي :-

١ - الصخور النارية Igneous rocks : وهى الصخور التى تجمدت من المواد المنصهرة فى باطن الأرض Earth والتى يطلق عليها مجما Magma أو لافا Lava نتيجة تعرضها لاي من عوامل التبريد ، ومثال ذلك صخور الجرانيت والبازلت .

وقد تقسم الصخور النارية حسب أماكن تجمدها فى القشرة الأرضية الى : -  
أ - صخور نارية بركانية Volcanic أو سطحية Extrusive وهى الناتجة من التبريد المفاجىء للمصهور البركاني عند تعرضه للهواء الجوى وتكون ذات نسيج

زجاجى غير متبلور أو ذات بللورات دقيقة جدا وهى تتواجد على سطح القشرة الأرضية.

ب - صخور نارية جوفية Plutonic أو داخلية Intrusive وهى الناتجة من التبريد البطئ، للمجما على أعماق مختلفة من القشرة الأرضية ، وتكون بللورات المعادن المكونة لها كبيرة الحجم ، وقد يتعاقب فيها التبريد السريع والبطئ، فيتكون نوع من الصخور لها نسيج بورفيرى Porphyric Structure ، والتى تحتوى على خليط من البللورات الكبيرة والصغيرة .

وتختلف الصخور النارية فيما بينها فى التركيب المعدنى والكيميائى حسب تركيب المصهورات الصخرية وظروف تبريدها وتصلبها ، ولذا فإنها تقسم من الناحية الكيميائية وحسب محتواها من ثانى أكسيد السليكون  $SiO_2$  إلى المجموعات التالية:-

أ - صخور حامضية : وهى الصخور التى نسبة  $SiO_2$  أكثر من ٦٥٪ ، ويتواجد فيها معدن الكوارتز بصورة حرة ومن أمثلتها صخر الجرانيت Granite.

ب - صخور متعادلة (متوسطة) : - وهى التى بها نسبة  $SiO_2$  فى النطاق من ٥٢ - ٦٥٪ ولا يوجد بها كوارتز حر ومن أمثلتها صخور الديوريت Diorite.

ج - صخور قاعدية : وهى الصخور التى بها نسبة  $SiO_2$  أقل من ٥٢٪ وتوجد بها أكاسيد سداسية فى صورة حرة (أكاسيد الحديد والألومنيوم) ، ومن أمثلتها صخر البازلت Basalt.

وتكون الصخور النارية حوالى ٩٥٪ من القشرة الأرضية Earth Crust .

٢ - الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks وتشمل جميع المواد الأرضية التى ترسبت بواسطة عوامل الطبيعة مثل المياه والرياح والثلج والنباتات والحيوانات ومن أمثلتها الحجر الرملى والحجر الجيري والطين . ويمكن النظر إلى التربة على أنها صخرًا رسوبيا بل أن التربة تعتبر مصدرا هاما لتكوين الصخور الرسوبية فى الدورة الجيوكيميائية فى الطبيعة. ولقد كانت فى وقت من الأوقات صخر أو حبيبات معدنية أو مواد ذائبة ما لبثت أن تماسكت أو التحمت وتحولت إلى كتل صلبة ، وتساهم المادة اللاحمة فى جزء من تسمية الصخور الرسوبية مثل الصخور الجيرية Calcareous كما فى حالة تواجد الكربونات فى الأحجار الرملية الجيرية وكذلك الصخور الحديدية Ferroginous إذا كانت أكاسيد الحديد هى المادة اللاحمة وأيضا الصخور السليكاتية Siliceous فى حالة ما تكون السليكا  $SiO_2$  هى المادة اللاحمة .

## كيمياء الأراضى

وتبلغ نسبة الصخور الرسوبية فى القشرة الأرضية حوالى ٤,٥ ٪ إلا إنها تعتبر أهم مواد أصل الأرض وذلك لأنها تغطى نسبة كبيرة (حوالى ٧٥ ٪) من مساحة اليابسة على سطح الكرة الأرضية .

٣- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks وهى صخور كانت فى أول تكوينها إما نارية أو رسوبية ثم تأثرت بعوامل أدت إلى تعرضها اما لحرارة مرتفعة او لضغط شديد او للآثنين معا مما ادى إلى تحولها إلى صخر ذى معالم جديدة ليست للصخر الأصلي ومن أمثلتها الشست والنيس .

وتتميز الصخور المتحولة Metamorphic Rocks بصلادتها أكثر من الصخور النارية أو الرسوبية أو حتى التى نشأ منه الصخر المتحول والذى بتجوته يعطى أراضى متماثلة ، وتبلغ نسبتها فى القشرة الأرضية حوالى ٠,٥ ٪ .

### سؤال : علل ؟

رغم أن الصخور الرسوبية لا تشكل أكثر من ٤,٥ ٪ من القشرة الأرضية إلا أنها تعتبر أهم مواد أصل الأرض .

الإجابة : وذلك لأنها تغطى حوالى ٧٥ ٪ من سطح اليابس للكرة الأرضية والأرض تتكون على الطبقة السطحية الرقيقة من القشرة الأرضية .

### تعريف : -

\* **الصخور النارية النشأة Igneous** : والناتج من برودة المواد المنصهرة فى باطن الأرض والمتجهة إلى السطح يطلق عليها Magma ومنها ما يتكون على سطح الأرض مكونة الصخور البركانية السطحية Extrusive أو تبرد فى أعماق القشرة الأرضية مكونة الصخور الجوفية Intrusive والتي قد تتكون من بللورات صغيرة وأخرى كبيرة وتعرف بالنسيج البورفيرى Porphyric Structure

\* **الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks** : صخور مكونة نتيجة ترسيب وتصلب فتتأ الصخور النارية أو المتحولة ، وتصنف حسب نوع مادتها ، فإذا كانت طينية أطلق عليها رواسب طفلية Shale Formations والتي يسود بها الرمال تسمى أحجاراً رملية Sand Stones والتي يسود بها كربونات الكالسيوم تسمى الأحجار الجيرية Lime Stones وإذا ساد الدولوميت أطلق عليها الأحجار الدولوماتية Dolomites .

**\* الصخور المتحولة Metamorphic Rocks :** صخور نارية أو رسوبية تحولت تحت تأثير الضغط أو الحرارة الشديدين أو كلاهما معا واحتفاظها بذات التركيب المعدنى مع اختلاف خواصها الميكانيكية ( نسيجها ) .

وعلى مدى ملايين السنين التى مرت على تكوين القشرة الأرضية طرأت العديد من التغيرات والتحويلات على الصخور الأرضية نتيجة التداخل والتفاعل الحادث بين نطاقات الأرض الصخرية Lithosphere والجوية Atmosphere والمائية Hdrosphere والحوية Biosphere، ويطلق على هذه التغيرات عمليات التجوية Weathering Processes.

## ٢ - ٦ التجوية ودورها فى انفراد العناصر الغذائية فى التربة :

تعرف التجوية Weathering بأنها العمليات الفيزيائية والكيميائية التى تؤثر وتبدل بقزباوية وكيميائية الصخور. المتواجدة على سطح الأرض وتحتاج هذه العمليات إلى مصدر للطاقة . والمصدر هنا هو الأشعة الشمسية ، فحركة المياه على السطح او خلال التربة أو تجمدها ، كل هذا يرتبط بصورة مباشرة أو غير مباشرة بالطاقة الشمسية . والتجوية هى إحدى العمليات المهمة جدا لاستمرارية الحياة المتطورة على سطح الأرض ، أى أن التربة هى حصيللة عمليات التجوية ، والتربة - كما هو معروف - تعتبر الأساس لنمو النباتات التى بدورها تشكل عنصرا مهما من عناصر الدورة الحياتية على الكرة الأرضية ، هذا بالإضافة إلى أن كثيراً من العناصر الضرورية للحياة تنتقل من الصخور إلى المياه الضحلة كنتيجة طبيعية لعمليات التجوية . وتساعد التجوية كذلك على تكوين المعادن والرواسب الاقتصادية كالطين والألومنيوم مثلاً . ويمكن إيجاز أنواع التجوية فى الآتى:-

### أ - التجوية الفيزيائية والميكانيكية Physical Weathering :

وهى عبارة عن تهشم وتكسر صخور ومعادن مواد أصل الأراضى بفعل العوامل الجوية المختلفة من حرارة وأمطار ورياح وتأثيراتها الميكانيكية مسببة تفتت الصخور الصلبة إلى فتات يزداد معه مساحة السطوح لنفس الكتلة من الصخور مما يهين الظروف لعمل التجوية الكيميائية، ويجب ملاحظة أن التجوية الفيزيائية لا يصاحبها أى تغير فى التركيب الكيميائى أو المعدنى للصخر الأصلى، وتتم التجوية الفيزيائية بواسطة العمليات الآتية :-

١ - التجمد والاذابة : حيث تعتبر قوة التمدد التى يحدثها الماء عند تجميده كافية لتجزئة المعادن أو الصخور . فتجمد الماء بسبب ضغطاً يساوى ١٤٦ كيلو جراما/سم ٢ .

٢ - عملية الطحن ( السحق ) : إن عملية احتكاك الصخور المتحركة أو حبيبات التربة ضد بعضها البعض والناجمة بفعل المياه أو الرياح أو الجليد أو الجاذبية أو الفعل المختلط للأرض حيث ينتج تأثير تفتيتى قوى .

٣ - تأثير الأحياء ( النباتات ، الحيوانات ، الإنسان ) : حيث يكون لجذور النباتات النامية القدرة على شطر العديد من الصخور، كما أن للحيوانات الحفارة دوراً كبيراً فى التفتيت الفيزيائى إضافة إلى عملية التعجيل التى يسببها الإنسان فى عمليات التجوية الفيزيائية البطيئة وذلك بعمليات الحرث والزراعة .

والتجوية الفيزيائية هى تلك العملية البطيئة التى تسبب تغيير فى الحجم فقط وعليه تتبجح الفرصة للتأثير الكيميائى عن طريق حدوث تعريض أكثر للسطوح القابلة للتفاعلات وعلى العكس فإننا نجد أن التغيرات الكيميائية غالباً ما تكون أسرع ، وتسبب التجوية الكيميائية تغييرات فى التركيب الكيميائى للمادة نفسها عن طريق إضافة أو كسجين أو ماء مما يسبب كذلك تغيرات حجمية .

### ب - التجوية الكيميائية Chemical Weathering

تعمل التجوية الكيميائية على إذابة المعادن وعلى حدوث تحولات فى بنائها المعدنى وتركيبها الكيميائى مما يسبب سهولة تفتيتها ، إضافة إلى أنه يصاحب هذه العملية تكوين مواد جديدة لم تكن موجودة أصلاً وتتم التجوية الكيميائية بالطرق التالية:-

#### ١ - عملية الإذابة Solubility

هى إذابة جسم صلب قابل للذوبان فى سائل ما ( غالباً الماء ) ، وعليه فإن المواد الصلبة المنعزلة تتحول إلى أيونات ذائبة محاطة بجزيئات من السائل ويمكن توضيح ذلك بالمعادلة التالية :



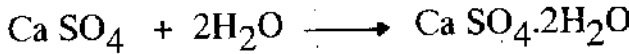
ماء      أيون كلوريد      أيون صوديوم      ماء      كلوريد صوديوم

## ٢ - عملية التآدرت Hydration

هى عملية ارتباط المادة الكيميائية الصلبة مثل المعدن أو الملح بالماء ، ويرتبط ماء التآدرت بالتغيرات المعدنية والبناء المعدنى مسببا زيادة حجمية ، وعليه يصبح أنعم وأقل إنضغاطا وأسهل فى انهدامه.



هيماتيت                      ماء                      ليمونيت

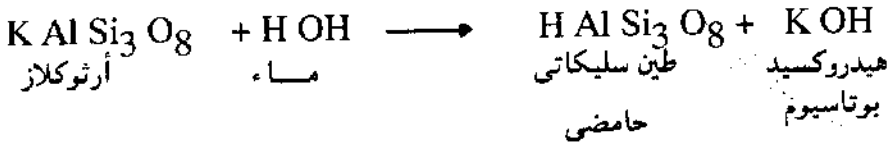


أنهيدريت                      ماء                      جبس

ومعدن الجبس الناتج يذوب نسبياً بسرعة فى الماء بالإضافة إلى التغير الحاصل فى الحجم وهذه التحولات الكيميائية فى المعادن التى تكونت أثناء عمليات التجوية وتكوين الأراضى تسمى بالمعادن الجديدة New minerals أو الثانوية .

## ٣ - عملية التحلل المائى Hydrolysis

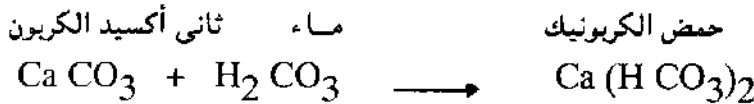
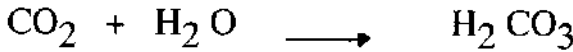
وهى سلسلة من التحللات التى يحدث فيها تجزئة جزىء الماء ، فهى تفاعل المواد مع الماء لتكوين هيدروكسيدات ومواد جديدة أخرى غالبا ما تكون أكثر ذوبانا من الحالة الأصلية ، وهى تعتبر واحدة من أهم عمليات التجوية التى تسبب تغيرات القطاع الأراضى ، والتوضيح التالى يبين أثر الماء على الفلسبار الارثوكلازى الشائع التواجد فى الصخور النارية :-



## ٤ - عملية الإشباع بثانى أكسيد الكربون Carbonation

هى التفاعل مع حامض الكربونيك (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ، ذلك الحامض الضعيف الذى ينتج من إذابة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الماء. ويأتى ثانى أكسيد الكربون جزئيا من الجو ولكن أغلبه من التنفس البيولوجى أثناء تحلل المادة العضوية ويعمل حامض

الكربونيك على الإسراع من إذابة المعادن عن الماء بمفرده مكونا بيكربونات ذائبة، ويتم ذلك تبعاً للمعادلات التالية :-

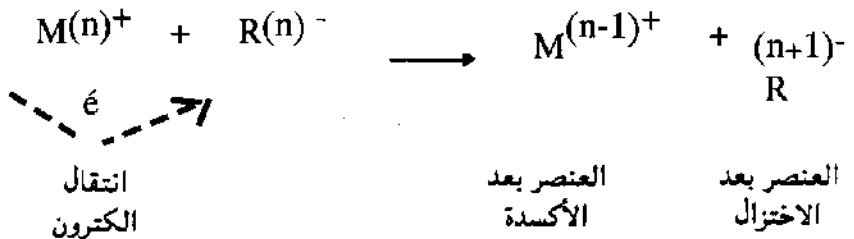


بيكربونات كالسيوم      حمض الكربونيك      كربونات كالسيوم

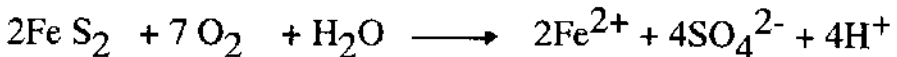
وتعتبر عمليات التحلل المائى والإشباع بثانى أكسيد الكربون من أهم عمليات التجوية الكيميائية.

### ٥ - عملية الأكسدة والإختزال Oxidation - Reduction

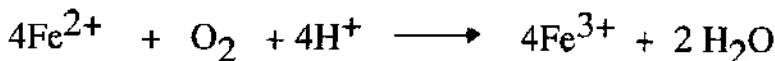
وهى تتم نتيجة انتقال الالكترونات بين الذرات أو الأيونات Electron Transfer ، والذرة أو الأيون التى تفقد الألكترون تكون فى حالة أكسدة بينما التى تكتسب هذا الألكترون تكون فى حالة إختزال ، والمعادلة العامة التالية توضح ذلك.



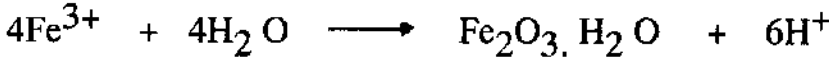
وتساهم هذه التفاعلات فى الإسراع من تحلل الصخور والمعادن والمركبات وتجعل مكوناتها أكثر ذوباناً ومثال ذلك تأكسد معدن البايريت Pyrite (كبريتيد حديدوز) فى التربة كما يلى:-



أيون هيدروجين أيون كبريتات أيون حديدوز ماء أكسجين كبريتيد حديدوز



ماء أيونات حديدك      هيدروجين أكسجين      أيونات حديدوز



أيونات هيدروجين      جيوثايت      ماء      أيونات حديدك

ويحدث الاختزال تحت الظروف الغدقة، عندما يغمر الماء سطح التربة لمدد طويلة ويقل تركيز الاكسجين الذائب نتيجة أستهلاكه بواسطة جذور النباتات وتنفس الكائنات الحية الدقيقة وعندئذ يتحول الحديدك  $\text{Fe}^{3+}$  إلى حديدوز  $\text{Fe}^{2+}$  يكون أكثر ذوباً وبالتالي يتحرك إلى أسفل القطاع الارضى وتنشأ بذلك ظاهرة Gleyzation وهى تنتشر فى الاراضى الغدقه بجوار البحيرات الشمالية فى دلتا مصر (البرلس والمنزله) حيث تتحول أكاسيد الحديدك الحمراء والبنية اللون إلى أكاسيد أخرى ذات اللون بترولية (خضراء مزرقه).

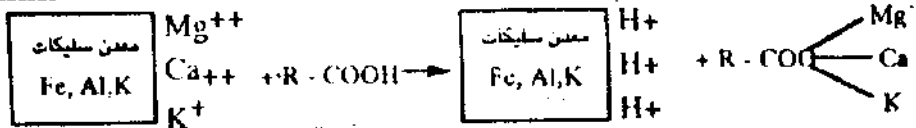
### ج - التجوية البيوكيميائية : Biochemical Weathering

وهى تحلل الصخور والمعادن فى التربة بواسطة المركبات العضوية العديدة التى تفرزها الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms والفطريات Fungi والطحالب Al-gae والأشنيات Lichins هنا بالإضافة إلى إفرازات جذور النباتات الراقية أثناء نشاطاتها الحيوية المختلفة وتشمل هذه الإفرازات العديد من المركبات الكيميائية النشطة مثل الاحماض العضوية Organic acids والمركبات المخلبية Chelating Compounds علاوة على بعض الإنزيمات Enzymes المتخصصة فى تحويل عنصر بعينه من صورة إلى أخرى عن طريق التحكم فى جهد الاكسدة والاختزال Redox potential لوسط التفاعل. وفيما يلى أمثلة لبعض هذه التفاعلات :

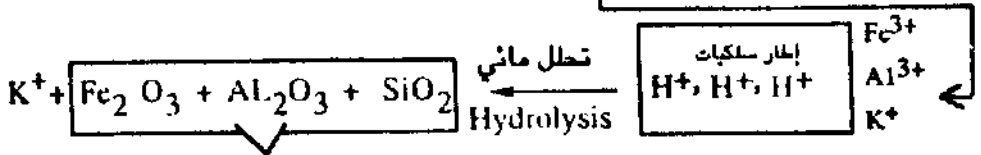
#### ١- تفاعل الاحماض العضوية :

ينطلق أيون الهيدروجين  $\text{H}^+$  من الأحماض العضوية المحتوية على مجموعة الكربوكسيل  $\text{-COOH}$  - أولاً ليحل محل الكاتيونات السطحية المتبادلة على الحبيبات المعدنية مكوناً الصورة الهيدروجنية للمعدن وهى قليلة الثبات ، ثم يتسلل إلى داخل التركيب البنائى ليحرر بعضاً من العناصر الداخليه مثل أيونات الحديد والألومنيوم والبوتاسيوم تبعاً للمعادلات العامة التالية:





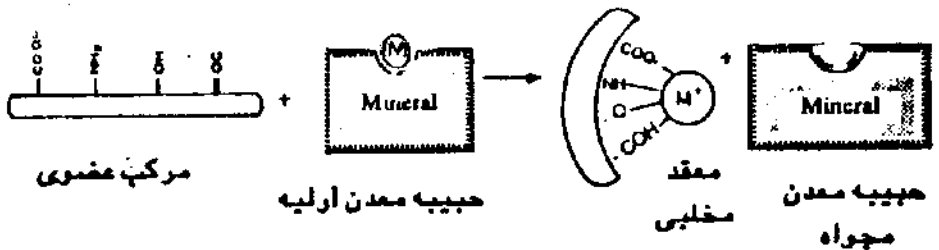
الصورة الهيدروجينية



٢- تفاعلات الخلب والاحتواء Chelation Reactions

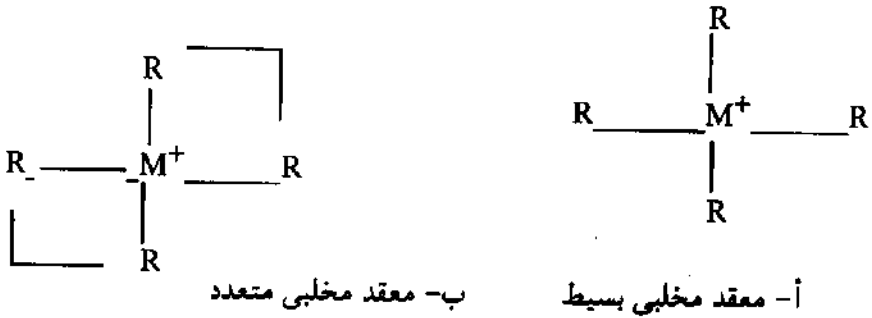
وهو تفاعل بعض المركبات المحتوية على العديد من المجموعات الفعالة مثل المجموعات الكربوكسيلية، والكيثونية، والأميدية، الهيدروكسيلية .. إلخ بحيث تتنافس هذه المجموعات على الارتباط بالعناصر الأرضية خاصة عديدة التكافؤ مكونة مركبات مخلبية ذات طاقة ارتباط عالية بالعنصر بحيث تستطيع سلب أى كميات منه حتى من داخل التركيب البنائى الذرى لبعض المعادن الشائعة فى التربة (شكل ٦).

والمخطط التالى يبين ميكانيكية تفاعلات الخلب والاحتواء .



حيث ( M<sup>+</sup> ) كاتيون عديد التكافؤ

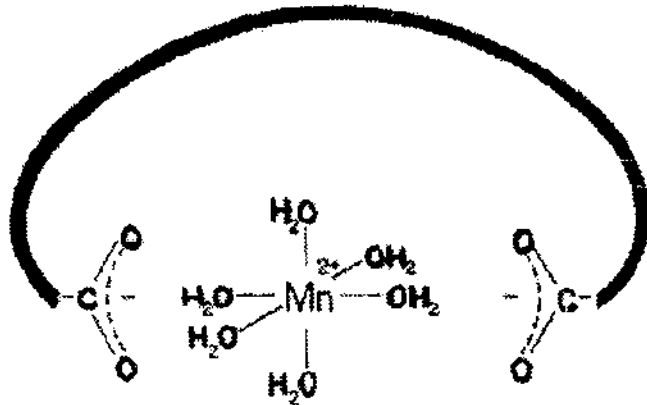
وهناك نوعان من المعقدات المخلبية كما بالتخطيط التالى :



ونتيجة لانتزاع العناصر من التركيب البنائى للمعدن يحدث تحطيم وتحلل هذا المعدن الى مركباته الاولييه.

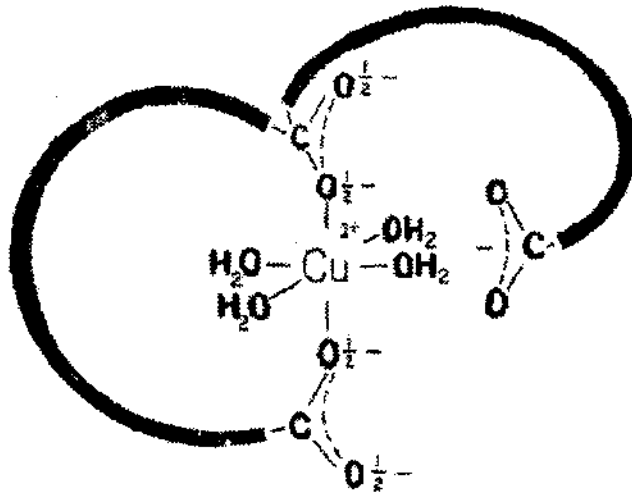
### ٣- إنزيمات الاكسدة والاختزال :

تقوم بعض كائنات التربيه بافراز إنزيمات متخصصه تعمل على تغيير حالة الاكسدة والاختزال لبعض العناصر وذلك كمصدر من مصادر طاقتها ، ومثال ذلك بكتيريا الكبريت Sulfur bacteria وبكتيريا الحديد وبكتيريا التآزت وغيرها. وبالطبع فإن تغيير حاله العنصر يؤدى الى هدم المعدن المحتوى عليه.



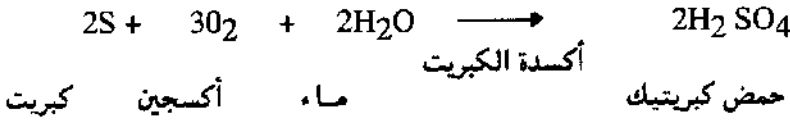
أ- مركب مغلفى المنجنيز بواسطة جزئى واحد

ب- خلب النحاس بواسطة جزئين عشويين

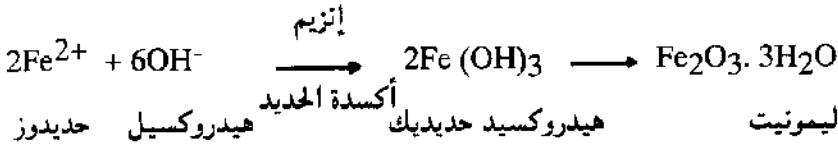


شكل رقم : (٦) بعض المعقدات المخيلية لجزئيات عضوية مع أيونات المنجنيز والنحاس.

\* تفاعل أكسدة الكبريت بواسطة بكتيريا أكسدة الكبريت Thiobacillus thiooxidans



\* تفاعل أكسدة الحديد بواسطة بكتيريا أكسدة الحديد Thiobacillus ferrooxidans



### تعريفات

**التجوية الفيزيائية Physical Weathering** : تفتت الصخور والمعادن تحت التأثير الميكانيكى للرياح والأمطار والأنهار والجاذبية الأرضية دون حدوث تغيير فى التركيب المعدنى .

**التجوية الكيميائية Chemical Weathering** : تفتت الصخور وانحلالها نتيجة التأثيرات الكيميائية للماء سواء أكانت عن طريق الإذابة - Solubility أو التحلل المائى Hydrolysis أو التساؤرت Hydration أو الإذابة بحامض الكربونيك Carbonation أو الأكسدة والاختزال Oxidation & Reduction ويكون من نتائجها حدوث تغييرات فى كل من التركيب الكيميائى / أو المعدنى لصخور ومعادن مادة الأصل مع تكوين مواد جديدة .

**التجوية البيوكيميائية Biochemical Weathering** : تفتت الصخور وانحلالها نتيجة التأثيرات الكيميائية للمركبات الحيوية المنتجة بواسطة جذور النباتات أو الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms .

**المركبات المخلبية Chelating Compounds** : مركبات ذات وزن جزيئى كبير نسبيا وتختصى على عدة مجموعات فعالة يمكنها الاتحاد مع العنصر واحتوائه

داخلها.

جهد الأكسدة والاختزال **Redox Potential** : رقم يعبر عن مدى سهولة أكسدة أو اختزال العنصر أثناء سير تفاعل ما.

مما سبق عرضه فى موضوع التجوية بأنواعها المختلفة تأكد جليا أنه أثناء سير هذه العمليات تنفرد العناصر من الشبكة البلورية لمعادن مادة الأصل أثناء انحلالها فى بيئة التجوية وهذه العناصر بعضها مفيد فى إمداد النبات بمتطلباته من هذه العناصر وبعضها يكون ساما للنبات والحيوان وخاصة إذا تعدى تركيزها حدودا معينة. والجدول رقم (٤) يبين هذه الصورة.

الجدول رقم : (٤) بعض العناصر والأيونات الكيميائية التي تتواجد  
فى نظام التربة كنتيجة لعمليات التجوية المختلفة.

اسم العنصر	الرمز الكيميائى	الصورة الأيونية فى الأرض	تعقيب عن صورة العنصر أو الصورة الهامة التى يتواجد بها فى الأراضى
الألومنيوم	Al	$Al^{+++}$	قد يكون له أثر سيئ للنباتات فى الأراضى الحامضية الشديدة ويتواجد فى صور الهيدروكسيد المختلفة.
البورون	B	$H_3 BO_3$	يتواجد فى صورة ذائبة فى الماء بتركيز منخفضة
الكاديوم	Cd	$Cd^{++}$	له وزن ذرى مرتفع (قلز ثقيل) ، يتراكم فى أنسجة الحيوانات وله سمية كبيرة جداً.
الكالسيوم	Ca	$Ca^{++}$	مغذى نباتى أساسى ، يتواجد فى صورة كتيونية فى الأراضى غير الحامضية مثل أراضينا المصرية.
الكربون	C	$HCO_3^-$ $CO_3^{=}$	عنصر أساسى فى المواد العضوية (غالباً المتكونة نتيجة نشاط الأحياء الدقيقة) ، وهو أحد مكونات ثانى أكسيد الكربون $CO_2$
الكلورين	Cl	$Cl^-$	مغذى نباتى أساسى يتواجد بكميات منخفضة ماعداً فى حالة تواجده كمكون للأملاح الغذائية.
النحاس	Cu	$Cu^{++}$	مغذى نباتى أساسى ، وقد يتواجد فى صورة نحاسوز $Cu +$ فى الأراضى سيئة التهوية.
الحديد	Fe	$Fe^{+++}$	مغذى نباتى أساسى ذويانه قليل فى الأراضى ، وقد يتواجد فى صور $Fe^{++}$ فى المعادن وفى الأراضى سيئة التهوية ، وقد يتواجد فى صورة أكسيد حديد $Fe_2 O_3$ والتي تعطى اللون الأحمر والأصفر للأراضى.
الرصاص	Pb	$Pb^{++}$	له أهميته مثل الكاديوم ويتواجد فى صورة $Pb O_2$ فى الأراضى.
المغنسيوم	Mg	$Mg^{++}$	مغذى نباتى أساسى متشابه فى خواصه وتفاعلاته مثل الكالسيوم.
المنجنيز	Mn	$Mn^{++}$	مغذى نباتى أساسى ويتواجد كذلك فى صورة $Mn O_2$ فى الأراضى.
الزئبق	Hg	$Hg^{++}$	يتشابه فى أهميته مثل الكاديوم ويتواجد فى صورة $Hg O$ فى الأراضى.
المولبدنيوم	Mo	$MoO_4^{=}$	مغذى نباتى أساسى يحتاج إليه النبات بكميات صغيرة جداً له أهميته مثل الكاديوم.
النيكل	Ni	$Ni^{++}$	له أهميته مثل الكاديوم.

## تابع الجدول رقم (٤)

اسم العنصر	الرمز الكيميائى	الصورة الأيونية فى الأرض	تعقيب عن صورة العنصر أو الصورة الهامة التى يتواجد بها فى الأراضى
السليكون	Si	Si <sup>++++</sup>	شائع التواجد فى الشبكات المعدنية رابطا ذرات الأوكسجين ببعضها البعض، فالرمال والكوارتز تتكون أساساً من SiO <sub>2</sub> .
الصوديوم	Na	Na <sup>+</sup>	لا يعتبر مغذياً نباتياً أساسياً بالرغم من أن البعض يعتبره كذلك بالنسبة لبعض النباتات سريع الذوبان معظمه أملاح ذائبة بسبب تضاغطاً للأرض.
الكبريت	S	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	مغذى نباتى أساسى صورة SO <sub>4</sub> (كبريتات) أو كبريتيد الهيدروجين الغازى H <sub>2</sub> S والصورة الثانية سامة وخاصة فى الأراضى فقيرة التهوية.
الزنك	Zn	Zn <sup>++</sup>	مغذى نباتى أساسى، وغالباً ما يظهر نقص لهذا العنصر فى الأراضى الجيرية وفى الأراضى المجرفة أو المقصبة.
النيتروجين	N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	مغذى نباتى أساسى - ضرورى لتكوين البروتينات والمعادن العضوية، والصورة الأيونية هى التى تستعملها النباتات.
الأوكسجين	O	O <sup>--</sup>	مغذى نباتى أساسى فى صورة غاز حر O <sub>2</sub> أساسى فى جميع عمليات التنفس.
الفسفور	P	OH PO <sub>4</sub> HPO <sub>4</sub> <sup>=</sup> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	مغذى نباتى أساسى له صورة الكثيرة غير الفوسفات الذائبة مع الكالسيوم والألمنيوم والحديد والفلزات الثقيلة.
البوتاسيوم	K	K <sup>+</sup>	مغذى نباتى أساسى ذائب فى الأراضى، ماعدا تواجدها فى المعادن فىكون فى صورة غير ذائبة جداً.

## ٢-٧ صور تواجد العناصر فى البيئات الرسوبية

يحدد السلوك الجيوكيميائى للعنصر حالة تواجده تحت الظروف الطبيعية وبعض هذه العناصر يتواجد دائما فى صورة ذائبة ، والبعض الآخر يتواجد على صورة غير ذائبة أو شحيحة الذوبان ويحدد الجهد الأيونى Ionic Potential للعنصر الحالة التى يتواجد عليها هذا العنصر فى البيئات الرسوبية المختلفة والجهد الأيونى هو النسبة بين شحنة الأيون أى تكافؤه ونصف القطر الأيونى - والسلوك الجيوكيميائى للعنصر يتحدد بقيمه جهده الأيونى ، فالأيونات كبيرة الحجم ذات الجهد الأيونى المنخفض والأقل من ٣ ، تتواجد دائما فى صورة قابلة للذوبان بدرجات مختلفة مثل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والسيزيوم والليثيوم ، أما الأيونات متوسطة الحجم ذات الجهد الأيونى المتوسط والأقل من ٦ فإنها تتواجد على صورة راسب شحيحة أو عديمة الذوبان من الوجهة العملىة أمثال الحديد والألومنيوم والمنجنيز والزركونيوم والتيتانيوم والموليبدينم ... الخ ثم تبقى المجموعه الثالثه ، وهى تضم بعض الأيونات غير الذائبة ذات الحجم الصغير والجهد الأيونى المرتفع الأكبر من ١٢ ، وبالتالى فإنها قد تتواجد فى صورة ذائبة على صوره مجموعات ذرية أنيونية مثل البورات والسليكات والفوسفات والكبريتات والمنجنات والموليبدات والقانادات .

## تعريف

الجهد الأيونى Ionic Potential : النسبة بين تكافؤ الأيون ونصف القطر الأيونى أى يساوى  $\frac{\text{شحنة الأيون}}{\text{نصف القطر الأيونى}}$  ويحدد سلوك العنصر فى الطبيعة ليذوب أو ليرسب .

والشكل رقم (٧) يوضح صور تواجد العناصر فى البيئات الرسوبية المختلفة .

## مثال :-



سؤال : أيون ثنائى التكافؤ نصف قطره الأيونى ١.٥ Å احسب جهده الأيونى وصورة تواجده فى التربة .  
 الحل : الجهد الأيونى = التكافؤ / نصف القطر = ٢ / ١.٥ = ١.٣٥ وبذلك يكون من العناصر سهلة الذوبان فى الماء .





## ٢-٨ التركيب المعدنى لجيببات التربة الحجمية المختلفة

## Mineralogical Composition of Soil fractions

إن معظم المعادن التى تتواجد فى الجزء المعدنى من المكون الصلب للتربة هى معادن على صورة سليكات، سواء كانت فى حالتها الأولية (الابتدائية) أو الثانوية (الجديدة) ، والذى يظهره الشكل رقم (٨) .

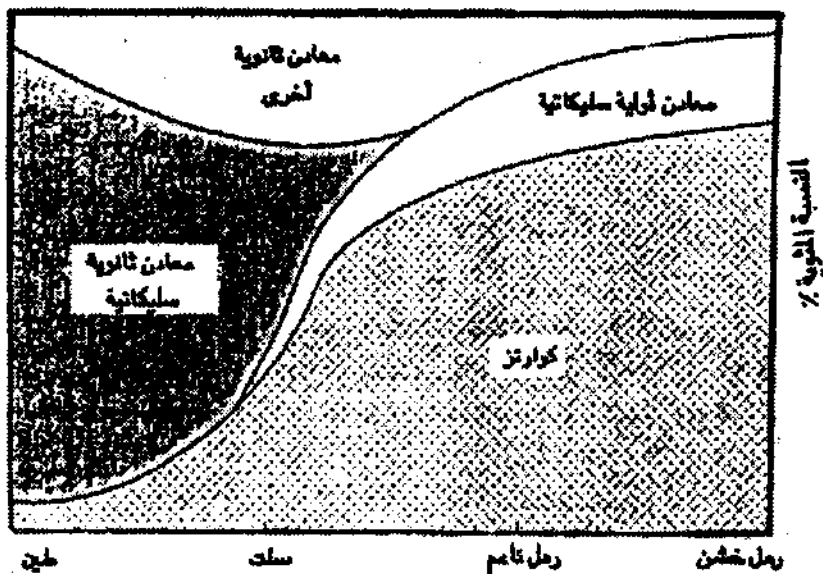
ف نجد أن المعادن الثانوية ترتفع نسبتها فى الجزء الناعم من الأرض ، فمثلا نجد أن معظم معادن الطين عبارة عن معادن ثانوية تتواجد فى الجزء الناعم من الأرض الاقل من ٢ ميكرون ، أو ما يطلق عليه الجزء الغروى من الارض، بينما تتركز المعادن الأولية مثل الفلسبارات والكوارتز والميكا فى الجزء الخشن من الأرض كالرمل والصلت. لهذا فإنه عند دراسة التركيب المعدنى للأراضى فإنه يجب أن نفرق بين تركيب الجزء الخشن (الرمل والصلت) و تركيب الجزء الناعم (الطين).



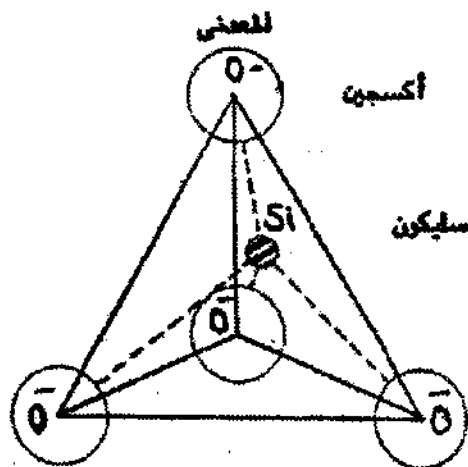
## التركيب البنائى لمعادن السليكات :

أن الوحدة الأساسية فى بناء معادن السليكات Silicate Minerals هى وحدة التتراهيدرون Tetrahedron unit التى تتكون من أيون سليكون  $(Si)^{4+}$  نصف قطره يساوى ٤٢ . . انحجستروم. محاط بأربع أيونات أكسجين كبيرة نسبياً حيث يبلغ نصف قطرها ١٠٤٢ . انحجستروم مكونه شكلا هرميا له أربعة أوجه ثلاثية الشكل وفيه نسبه السليكون : الأكسجين تساوى ١ : ٤ وله الرمز العام  $(SiO_4)^{4-}$  كما هو وارد فى شكل (٩)

ويعتبر التتراهيدرون Tetrahedron وحدة البناء الأساسية لكل مركبات السليكات الموجودة فى الطبيعة مثل أكسيد السليكون (الكوارتز) وسليكات الألمنيوم، وسليكات الحديد، وتتميز وحدة  $(SiO_4)^{4-}$  بوجود شحنات سالبة فائضة غير مشبعة (حيث إن ثمان شحنات سالبة من الأوكسجين تحبب بأربع شحنات موجبة للسليكون)، ويمكن للشحنات السالبة الفائضة أن تتشبع بطريقتين:



شكل رقم : (٨) العلاقة بين حبيبات التربة العجمية المختلفة ونوع التركيب



شكل رقم (٩) الوحدة السليكا التتراهدرالية  $(SiO_4)^{4-}$



الصفائحىة phyllosilicates ، أما إذا تمت معادلة جميع الشحنات السالبة عن طريق الترابط التساهمى فإنه يتكون السليكات الإطارية Tectosilicates والجداول رقم (٥) يوضح الاقسام الأساسية لمعادن السليكات .

جدول رقم : (٥) تصنيف معادن السليكات

القسم	درجة إتصال وحدات التتراهدرات	نسبة السليكون ، الأوكسجين	أمثلة
سليكات منفردة Nesosilicates	مستقلة Isolated	١ : ٤	الأولينين (Mg,Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>
سليكات زوجية Sorosilicates	زوجية Dimers	٢ : ٧	هيمومورفيت Zn <sub>4</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) OH, H <sub>2</sub> O
سليكات حلقات Cyclosilicates	حلقات Rings	١ : ٣	البيريل Mg <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
سليكات سلسلية Inosilicates	سلاسل Chains		
	سلاسل مفردة Single	١ : ٣	أنستاتيت Mg <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
	سلاسل زوجية Double	٤ : ١١	التريموايت Ca <sub>2</sub> Mg <sub>5</sub> (Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> ) (OH) <sub>2</sub>
سليكات صفائحية Phyllosilicates	صفائح Sheets	٢ : ٥	التلك Mg <sub>2</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) (OH) <sub>2</sub>
سليكات إطارية Tectosilicates	هيكل أو إطار Framework نو ثلاثة أبعاد	١ : ٢	كوارتز SiO <sub>2</sub>

### تعريف :

وحدة التتراهدرون Tetrahedron Unit هي الوحدة التى تتكون من كاتيون مركزى هو السليكون محاطا بأربعة أيونات أوكسجين ثلاثة فى مستوى قاعدى والرابع فى القمة .

وسوف نستعرض التراكيب المعدنية لمجيبات التربة الحجمية فيما يلى :-

### أولا :- التركيب المعدنى لحبيبات التربة الخشنة (الرمال والصلت) :

يتضح مما سبق عرضه أن حبيبات الرمل الخشنة غالبا ما تتكون من فتات صلبة إضافة الى المعادن . ويلاحظ أن معدن الكوارتز Quartz دائما ما يسود حبيبات الرمال الناعمة والصلت إضافة إلى تواجد معادن أولية أخرى مثل معادن الفلسبارات -Fehd spars والميكات Micas ومعادن الكربونات مثل الكالسيت وكذلك معادن الجيسيت Gibbsite والهيمايت Hematite والليمونيت Limonite على هيئة أغشية تغطي حبيبات الرمال. ويضفي الهيمايت والليمونيت ألوانهما من ظلال الأحمر والأصفر إذا تواجدا بكميات كافية نظرا لاحتوائهما على عنصر الحديد ، وهذه البيئة المعدنية غالبا ما تتواجد فى أغلب الأراضى الصحراوية المصرية ، وتتواجد معادن السليكات الابتدائية مثل الفلسبارات والهورنبلند والميكات فى الرمال كما سبق إيضاحه ، ولكنها تميل إلى الاختفاء عند التحرك إلى حبيبات الصلت ، بينما معادن السليكات ثانوية النشأة (الجديدة) تميل الى التواجد فى حبيبات الطين الغروية الناعمة. وكذلك نجد أن معادن أخرى ذات البنية الثانويه مثل أكاسيد الحديد والألومنيوم تتواجد بشكل سائد فى حبيبات الصلت الناعمة إضافة إلى الطين الخشن.

### ثانيا :- التركيب المعدنى لحبيبات الطين

تعتبر حبيبات الطين أنشط جزء معدنى من المكون الصلب للتربة ، لأنها غالبا ما تكون فى صورة متبلورة وغروية Colloidal ، وفى مجال الأراضى يعبر عن اصطلاح كلمة طين Clay بثلاثة تعبيرات هى:

أ. تعبير حجمى ، أى أنها تعبر عن حبيبات التربة ذات الأقطار المكافئة الأقل من ٢ ميكرون.

ب- تعبر عن اسم لمجموعة معادن معينة مثل معادن الطين Clay minerals

ج- تعبر عن توصيف للخواص القوامية للتربة Textural class ، وعليه فهناك مواد متعدده تقع فى النطاق الحجمى للطين مثل الجبس Gypsum ، والكربونات Carbonates ، وأحيانا الكوارتز ، وفى نفس الوقت لا تعتبر معادن طين وعلى العكس فالأخيرة قد تتواجد فى حبيبات حجمية قد تصل إلى أقطار ٤ ، ٥ ملليمتر.

## التركيب البنائى لمعادن الطين : The Structure of Clay Minerals

تتبع الغالبية العظمى من معادن الطين مجموعة معادن السليكات الصفائحية  $Phyllosilicates (Si_2O_5)^{2-}$  ويتكون تركيب معادن الطين من طبقات تتراص فوق بعضها البعض ، وتتكون هذه الطبقات من وحدتين أساسيتين هما : وحدة التتراهيدرون Tetrahedron  $(SiO_4)^{4-}$  والتي يتكون منها طبقة التتراهيدرا Tetrahedral Sheet  $(Si_2O_5)^{2-}$  ووحدة الاوكتاهيدرون بنمط مزدوج ومنها نوعان الاول Al - Octahedron  $Al_2(OH)_6$  ويتكون منها الـ Gibbsite Sheet والثانى  $Mg_3(OH)_6$  ويتكون منها الـ Brucite Sheet (انظر الشكل رقم ١٠)

والجدول رقم (٦) يوضح طريقة اشتقاق معادن الطين السليكاتية من الطبقات الأساسية والشكل رقم (١١) يقدم نموذج تخطيطى لطريقة اشتقاق معدن الكاؤولينيت (نوع ١:١) من الطبقات الأساسية.

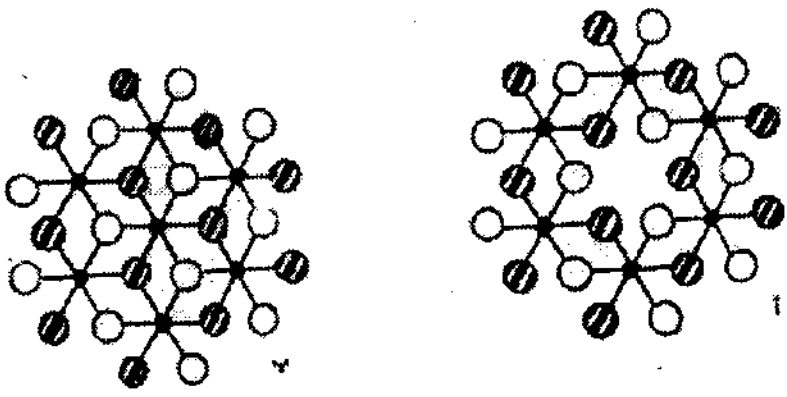
وبالمثل يمكن اشتقاق المعادن من نوع ١:٢، ١:١:٢ لتعطى التركيب التخطيضى الوارد فى شكل رقم (١٢) .

ويمكن القول : إن أغلب معادن الطين Clays تكون فى حالة تبلور ، حيث يكون لها ترتيب تكرارى محدد للذرات الداخلة فى التركيب وحيث نجد أن الغالبية العظمى تتكون من مستويات من ذرات أكسجين مرتبطة مع ذرات كل من السليكون والألومنيوم حيث يربطان ذرات الاكسجين مع بعضها عن طريق الرابطة الأيونية Ionic bond وهى التى تتواجد بالتجاذب بين الذرات السالبة الشحنة مع الاخرى الموجبة الشحنة.

### تعريفات :

• الرابطة الأيونية Ionic bond هى الرابطة الناتجة عن انتقال الالكترونات من ذرة تاركة إياها فى صورة كاتيون موجب لتتحد مع أيون سالب الشحنة نتيجة اكتسابه لهذه الالكترونات .

• وحدة الاوكتاهيدرون Octahedron unit : وحدة تتكون من كاتيون مركزى عادة يكون الألومنيوم أو المغنسيوم يحاطا بستة أيونات أكسجين أو مجموععات هيدروكسيل فى مستويين .

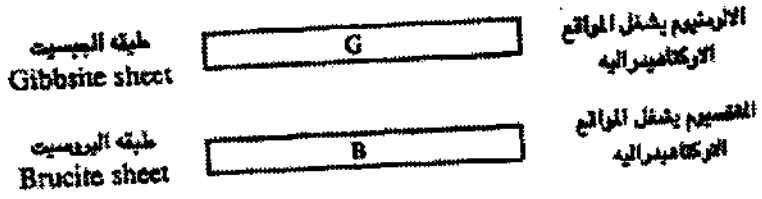
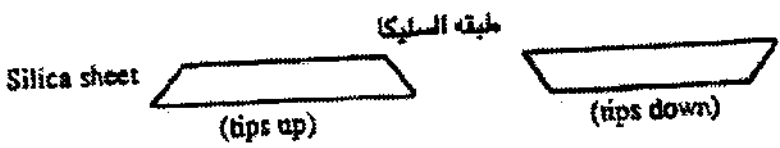


• ذرات الألمنيوم والمغنسيوم

○ ذرات الهيدروكسيل الواقعة فوق مستوى المخطط

● ذرات الهيدروكسيل الواقعة تحت مستوى المخطط

1- الهمسايث  $Al(OH)_3$  ب- البروسايث  $Mg(OH)_2$

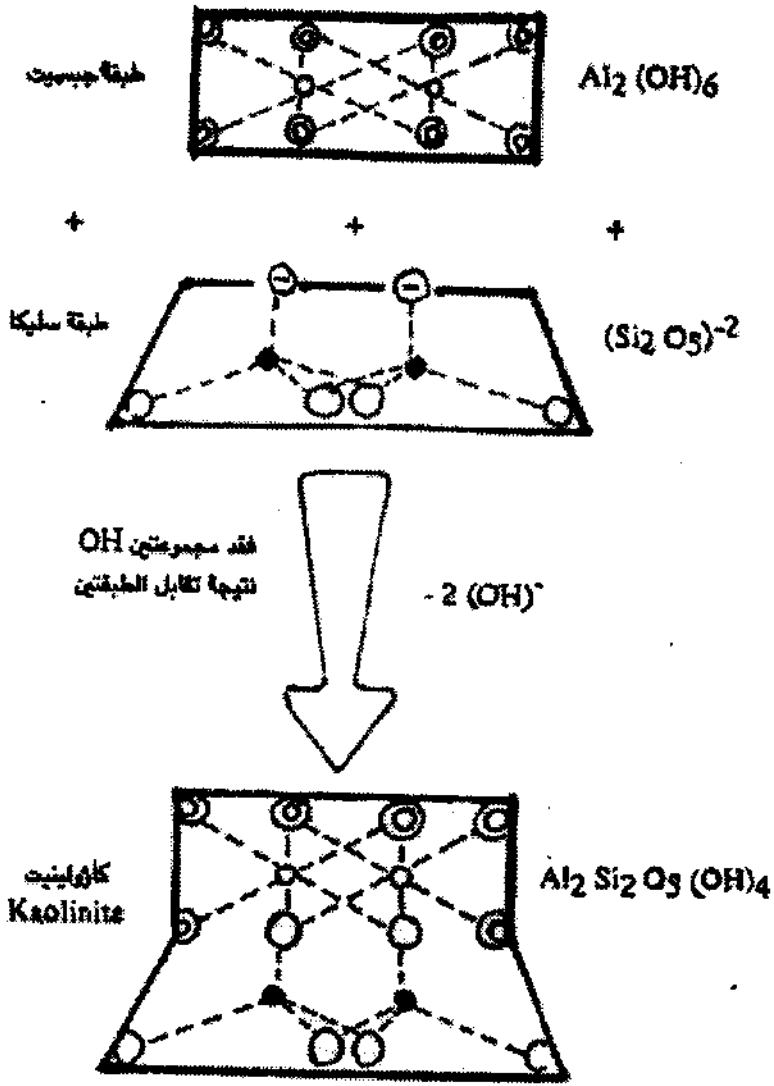


شكل رقم (١٠) : تخطيط مبسط للطبقات الأساسية المكونة للمعادن الصفائحية



جدول رقم (٦) : طريقة الحصول على التركيب البنائى لمعادن الطين من  
الوحدات الأساسية

Si-tetrahedral Sheet - ١ Mg-Octahedral Sheet	Si-tetrahedral Sheet - ١ Al-Octahedral Sheet
<p>٢ - معادن ١ : ١ طبقة بروسيت <math>Mg_3(OH)_6</math> طبقة السليكات <math>Si_2O_5</math> ٢ - هيدروكسيل <math>2OH</math> نتيجة الإشتراك معادن السرينتين Serpentine <math>Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4</math></p>	<p>٢ - معادن ١ : ١ طبقة جيسيت <math>Al_2(OH)_6</math> طبقة السليكات <math>Si_2O_5</math> ٢ - هيدروكسيل <math>2OH</math> نتيجة الإشتراك معادن الكاؤولينين Kaolinite <math>Al_2(Si_2O_5)(OH)_4</math></p>
<p>٣ - معادن ١ : ١ طبقة سليكا <math>Si_2O_5</math> طبقة بروسيت <math>Mg_3(OH)_6</math> طبقة سليكا <math>Si_2O_5</math> ٤ - هيدروكسيل <math>4OH</math> نتيجة الإشتراك معادن التالك Talc <math>Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2</math></p>	<p>٣ - معادن ٢ : ١ طبقة سليكا <math>Si_2O_5</math> طبقة جيسيت <math>Al(OH)_6</math> طبقة سليكا <math>Si_2O_5</math> ٤ - هيدروكسيل <math>4OH</math> نتيجة الإشتراك معادن البيروفيليت Pyrophyllite <math>Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2</math></p>
<p>٤ - معادن ١ : ٢ طبقة سليكا <math>Si_2O_5</math> طبقة بروسيت <math>Mg_3(OH)_6</math> طبقة سليكا <math>Si_2O_5</math> طبقة بروسيت <math>Mg_3(OH)_6</math> ٤ - هيدروكسيل <math>4OH</math> نتيجة الإشتراك الكوريت Chlorite <math>Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2</math> <math>Mg_3(OH)_6</math></p>	<p>٤ - معادن ٢ : ١ طبقة سليكا <math>Si_2O_5</math> طبقة جيسيت <math>Al(OH)_6</math> طبقة سليكا <math>Si_2O_5</math> طبقة بروسيت <math>Mg_3(OH)_6</math> ٤ - هيدروكسيل <math>4OH</math> نتيجة الإشتراك الكوريت Chlorite <math>Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2</math> <math>Mg_3(OH)_6</math></p>

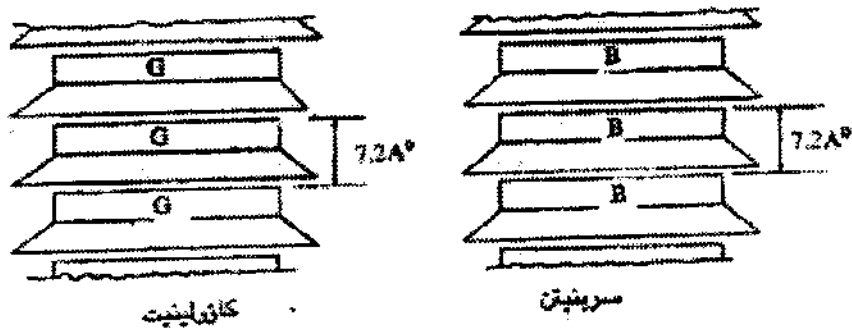


شكل رقم (١١) : نموذج تخطيطى لطريقة اشتقاق معدن الكاؤولينيت (نوع ١ : ١) من الطبقات الأساسية

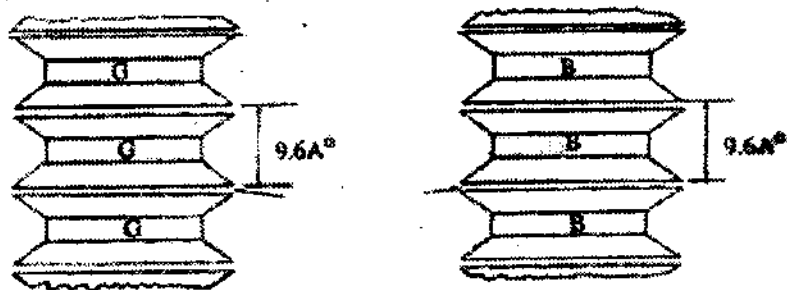
تطبيق : 

مستعينا بالشكل (١١) ارسم شكلا تخطيطيا آخر لطريقة اشتقاق طبقة من

معدن ٢ : ١



معادن ١:١



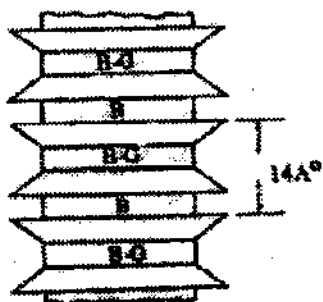
(a)

(b)

الميسكوفيت

التلك

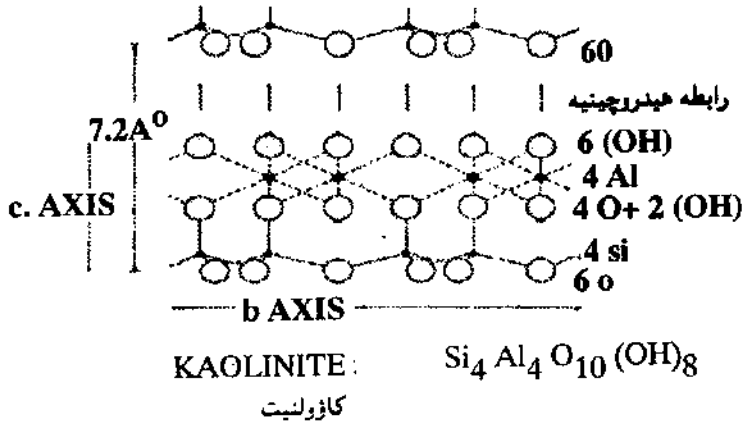
معادن ١:٢



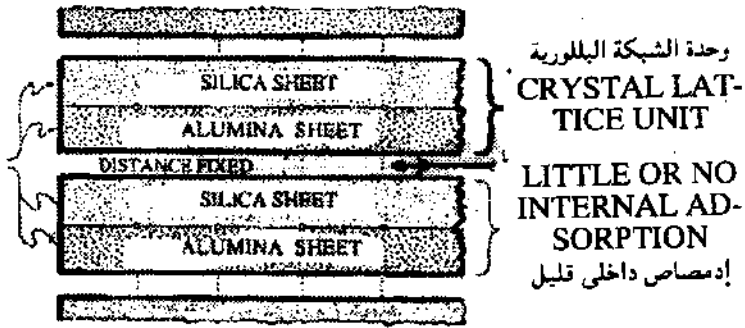
الكوريت  
(معادن ١:٢)

شكل رقم (١٢) : أشكال تخطيطية لأهم مجموعات ومعادن السليكات الصفائحية

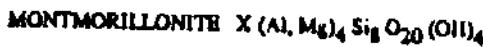
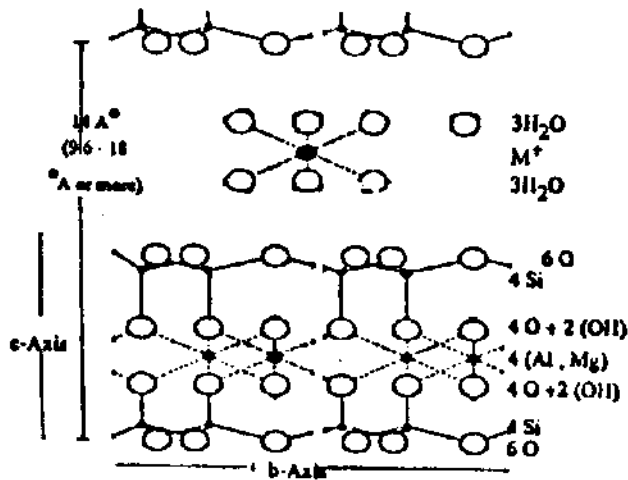
وفيما يلي الأشكال التخطيطية والتركيب البنائى الذرى لأهم معدنين من معادن الطين الشائعة التواجد فى الأراضى المصرية ويظهر عليهما أهم صفاتهما الكيميائية والفيزيوكيميائية (اشكال رقم ١٣ ، ١٤).



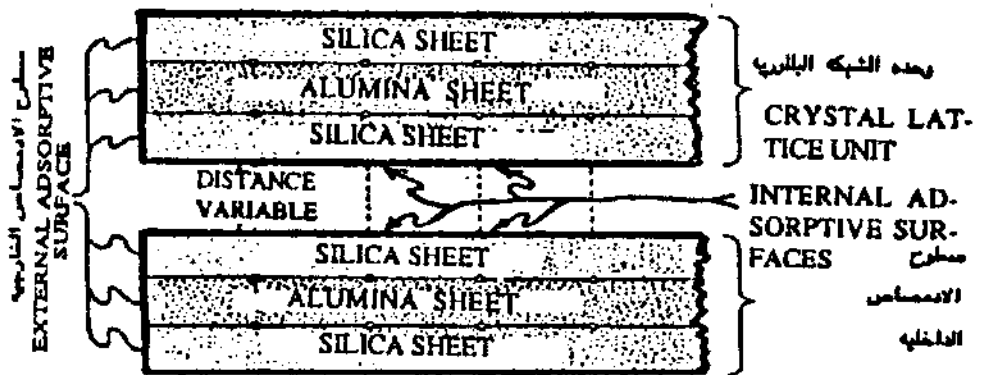
سطح الامصاص الخارجى  
EXTERNAL ADSORPTIVE SURFACE



شكل رقم (١٣) : نموذج للأيونات التى يتكون منها معدن من النوع ١:١ وهو الكاؤلنيت . تذكر أن المعدن يتكون من طبقات متبادلة من الأوكتايدرا الألومنيومى مع التترايدرا السليكاتى ، حيث يلاحظ أن أيونات الألومنيوم تحاط بعدد ستة مجاميع هيدروكسيل لتكون طبقة الاوكتايدرا ، بينما نجد أن أيونات السليكون الصغيرة ترتبط مع أربعة أيونات أوكسجين لتكون طبقة التترايدرا. وهاتان الطبقتان تتقابلان فى المركز لتعطيا طبقة من مجاميع الهيدروكسيل على أحد الاسطح واخرى من الأوكسجين على السطح الأخرى.



مونتموريلونيت



شكل (١٤) :- نموذج لوحدين من الشبكة المتحددة لمعدن طين من النوع ١:٢ (المتنموريلونيت) كل وحدة عبارة عن أوكساهيدرا من النوع الألومنيومي تتواجد بين طبقتين من السليكا كالسندوتش وتقابل أيونات الأوكسجين فيكون هناك إمكانية تواجد الكاتيونات المتبادلة ودخول جزيئات الماء فيكون هناك فرصة حدوث تمددات متغيرة بين الوحدات ، كذلك يلاحظ إحلال المغنسيوم محل بعض مواقع أيونات الألومنيوم ، مما يتيح فرصة تزايد الشحنات السالبة على الوحدة ، وبالتالي زيادة السعة التبادلية الكاتيونية لهذا المعدن .

يتبين مما سبق ، أن معادن الطين تقوم بمسك كل من الكاتيونات الذائبة ، وكذلك جزئيات الماء عند إضافة مياه الري ، وهذا يعنى أن هذه المعادن تحمل شحنات سالبة وأن كثافة هذه الشحنة تختلف من معدن إلى آخر كما أنها تختلف فى نفس المعدن بتغير ظروف البيئة.

## ٢-٩ مصادر الشحنات على معادن الطين:

### أولاً:- الإحلال المتماثل Isomorphous Substitution

يؤدى الإحلال المتماثل بأيونات ذات تكافؤ أقل محل أيونات أعلى تكافؤاً إلى تكون شحنة سالبة على سطح المعدن. والإحلال الشائع فى معادن الطين هو إحلال الألومنيوم الثلاثى محل السليكون الرباعى فى تتراهدرا السليكا. كذلك محل الكاتيونات الثنائية مثل المغنسيوم والحديد الثنائى محل الأيونات الثلاثية مثل الألومنيوم فى المواقع الأوكتاهدرالية (انظر الشكل ١٥). هذه الإحلالات تؤدى إلى تكون شحنة سالبة على المعدن يكون موقعها قريباً من السطح فى الحالة الأولى بعيداً عن السطح فى الحالة الثانية. وتتم موازنة الشحنات عن طريق ادمصاص من الخارج مما يكسب المعدن القدرة على تبادل الأيونات.

ويعتبر الإحلال المتماثل المصدر الأساسى للسعة التبادلية الكاتيونية فى معادن الطين (المنتوريللونيت ومعادن الميكات والفيرميكيوليت) ، أما مجموعة معادن (١:١) ومنها الكاولينيت فتتميز بانخفاض شحنتها نظراً إلى عدم وجود إحلال متماثل فى وحداتها البنائية. وتتواجد معظم (سطوح الانفصام) للمعدن فى معادن الطين الصفائحية .

#### تعريف

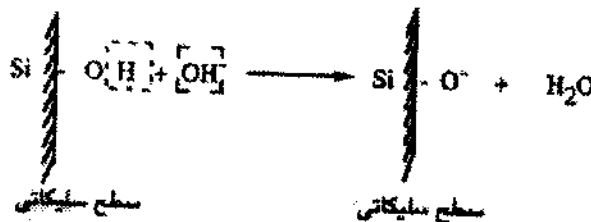
الإحلال المتماثل Isomorphous Substitution هو دخول كاتيون محل آخر داخل التركيب الشبكي البلورى للمعدن بحيث يكون مساوياً له فى نصف القطر الأيونى ولا يشترط مساواته فى التكافؤ.

## ثانياً :- الروابط المكسورة (غير المشبعة) Broken bonds

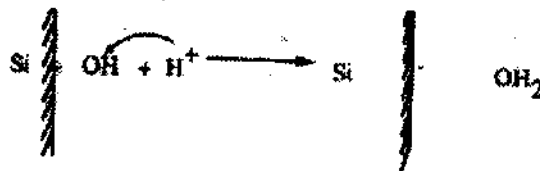
يتكسر المعدن إلى حبيبات صغيرة وعندنا نجد أن الروابط الموجودة على حواف المعدن تصبح غير مشبعة أى تصبح غير متوازنة ، وبالتالي فإنه تتم موازنتها عن طريق ادمصاص كاتيونات من المحلول الخارجى وقيل هذه الروابط غير المشبعة إلى التواجد عند الجوانب والحواف أى السطوح التى لا يحدث عندها الانقسام. أى إنها تتواجد على المستويات الرأسية للمحور البلورى (شكل رقم ١٦).

ويزداد عدد الروابط المكسورة وبالتالي السعة التبادلية الناشئة عنها عن طريق الطحن وصغر حجم حبيبات المعدن إضافة إلى التشوهات التى تحدث فى الشبكة البنائية لمعدن الطين. وتعتبر الروابط المكسورة فى معادن الكاؤولينيت والهالوسيت المصدر الاساسى للسعة التبادلية الكاتيونية لهذه المعادن ، وتزداد الشحنات أو تنقص حسب درجة pH الوسط ، حيث تزداد الشحنات السالبة وتنخفض الشحنات الموجبة فى الوسط القلوى كنتيجة لزيادة تأين المجاميع الحامضية ونقص اكتساب البروتونات ( $H^+$ ) إلى المجاميع القاعدية ، وفى حالة انخفاض رقم ال pH فإن الشحنة تسلك عكس هذا المسلك أى زيادة الشحنة الموجبة ونقص الأخرى السالبة ، لهذا يطلق على مثل هذه الشحنات اسم الشحنات المتوقفة على رقم pH أو pH-dependent charges ويمكن تمثيل ذلك فى المعادلة التالية :-

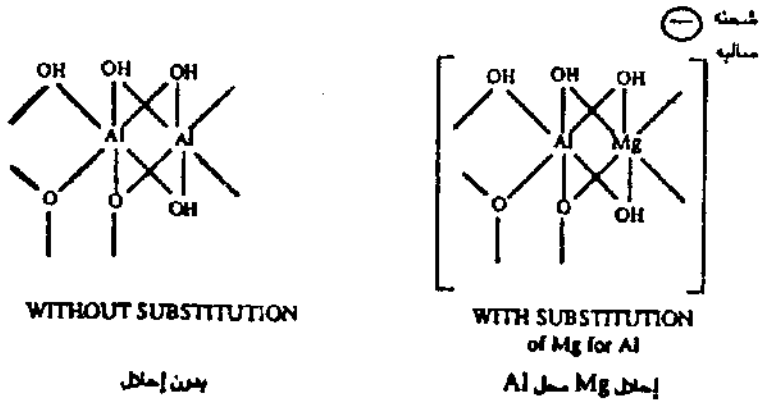
### ١- فى الظروف القلوية



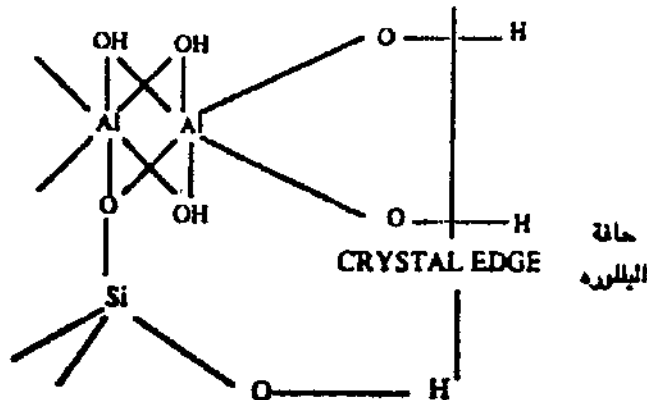
### ٢- فى الظروف الحامضية



وهناك مصادر أخرى للشحنة على أسطح معادن الطين ، ولكن مساهمتها تعتبر قليلة جدا بالمقارنة بالمصادر السابق عرضها ، مثل العيوب البلورية التى تنتج من غياب أيون من موقعه داخل البناء الذرى.



شكل رقم (١٥) بوضع الإحلال المتماثل فى طبقة الأوكتايدرون فى معادن الطين السليكاتية.



شكل (١٦) : بوضع تواجد الروابط المكسورة (الخواف المكسورة) لمعدن طين الكاؤولينيت موضعا أن الأوكسجينات هى مصدر الشحنة السالبة. ونجت ظروف رقم حموضة مرتفع فإن أيونات الهيدروجين تميل إلى سهولة تبادلها بواسطة كاتيونات أخرى.



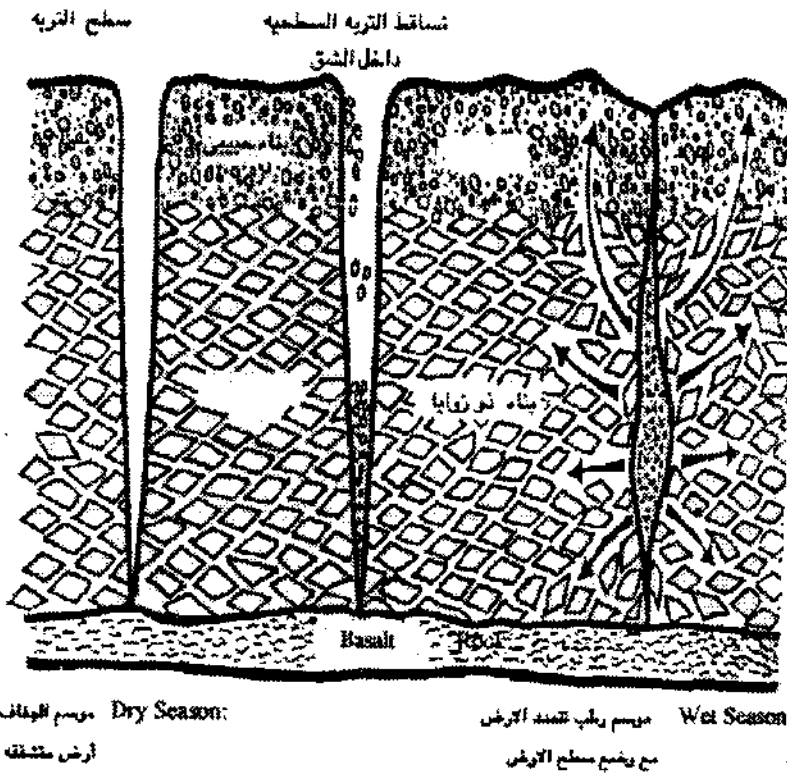
## ٢-١٠ أثر التركيب المعدني على صفات التربة:-

يؤدي التباين في تراكيب الشبكة البلورية لمعادن الطين ومصدر وكثافة الشحنات على وريقات هذه المعادن إلى اختلاف الشكل المورفولوجي لحبيبات هذه المعادن، وكذلك يتوقف عليها قابلية المعدن للتمدد نتيجة دخول جزيئات الماء في المسافات بين الطبقيه للمعادن والانكماش مرة أخرى نتيجة خروج هذه الجزيئات، وعلى ذلك نجد أن الأراضي الغنية في معدن المونتوريللونيت ذات صفات خاصة حيث تتمدد عند توافر الماء لها عن طريق الأمطار أو الري الصناعي ثم تتشقق عند جفافها إلى تشققات واسعة وعميقة كما هو الحال في أراضي الفريتسولس Vertisols. وتظهر هذه الخاصية بوضوح في الأراضي الرسوبية النهرية ذات القوام الطيني حيث إنها غنية في محتواها في معدن المونتوريللونيت (شكل رقم ١٧).

ويمكن تلخيص أهم الصفات الكيميائية والفيزيائية لأهم معادن الطين وكذلك الظروف البيئية التي يتواجد فيها المعدن في الجدول رقم (٧).

## جدول رقم (٧) : أهم ما تتصف به معادن الطين والفروق بينها

معدن الطين الخواص المميزة	المتموريللونيت Montmorillonite	البيكات الهيدراتية Hydro Micas	الفيرميكلويت Vermiculite	الكلوريت Chlorite	الكاولينيت Kaolinite
سداد الشبكة البنائية	١٨-٩.٦ حسب حالة الانتفاخ (متوسط ١٤)	١٠	١٤.٣	١٤	٧.١٥
النوع	١ : ٢	١ : ٢	١ : ٢	٢ : ٢	١ : ١
السعة التبادلية الكاتيونية مليساكافن / ١٠٠ جم	١٢٠ - ٨٠	٤٠ - ١٠	١٥٠ - ١٠٠	٤٠ - ١٠	١٥ - ٥
السطح النوعي (متر <sup>٢</sup> /جم)	٨٠٠ كبير	١٠٠	٤٥٠ - ٢٥٠	٤٠	١٠ - ٥
نوع الروابط بين الوحدات	روابط أوكسجين ضعيفة (O-O)	وجود الفوسفيوم يعمل على قوة ربط الوحدات	روابط أوكسجين ضعيفة مع وجود المنغنسيوم المتأخرت	روابط هيدروجينية روابط إلكتروستاتيكية لوجود طبقة البروسيت	روابط هيدروجين
خاصية الانتفاخ	ينتفخ كثيراً	لا ينتفخ	محدود الانتفاخ	لا ينتفخ	لا ينتفخ
مكان الإحلال التسانل	في طبقة الأوكتاهدرا	في طبقة التتراهدرا	في طبقة التتراهدرا وفي طبقة البروسيت	لا يوجد	١٠ - ٥
بناء التربة الذي يسود	المحب الزاوي والعمود المنشوري	المحب والطيني	المحب الكتلني	المحب الكتلني	الطيني
البيئة التي يتكون فيها المعدن	أراضي المناطق الجافة إلى الرطبة ذات القسيل المحدود	أراضي المناطق نصف الرطبة إلى الباردة مادة الأصل غنية بالميكا	أراضي المناطق نصف الرطبة والغنية بالميكا	في الطين السابق تكوينه في الرواسب البحرية	الرطبة المعتدلة إلى الحارة تحت الرطبة إلى الرطبة ذات القسيل الشده



شكل رقم (١٧) : يوضح الصفات المورفولوجية للأراضى التى يسود فيها معادن الطين المتعدده (المتتموريه للونيت) وذلك فى حالتى الجفاف والابتلال (أى قبل إضافة مياه الري). (أراضى الفرتيسولس Vertisols)

## تعريفات :

\* أراضى الفرتيسولس Vertisols : هى الأراضى التى بها نسبة طين أكبر من ٢٥٪ يسود فيها معادن الطين المتشددة التى عند جفافها تظهر بها تشققات اتساعها لا يقل عن واحد سنتيمتر ويعمق يصل إلى أكثر من ٥٠ سم ولفترة لا تقل عن ٦ أشهر (شكل رقم ١٧).

\* الشبكة البنائية البلورية Crystal - Lattice Structure : هى البناء الناتج عن الترتيب المنتظم للذرات والأيونات فى الاتجاهات الفراغية الثلاثة a , b , c

\* السعة التبادلية الكاتيونية Cation-exchange capacity : عدد المليمكافشات من الكاتيونات التى تتبادل على أسطح ١٠٠ جرام من مادة التربة (أو معدن الطين) عند درجة حموضة متعادلة pH = ٧ .

## أمثلة محلولة :



سؤال : أذكر الظروف البيئية التى تناسب تكوين مختلف معادن الطين التى قمت بدراستها :-

الاجل :- يمكن تلخيص هذه الظروف البيئية فى الجدول التالى :-

الظروف البيئية	كاولينيت	هيدروميكا	فيريكيولايت	مونتموريللونيت	كلوريت
الرطوبة (الامطار)	غزيرة	متوسطة	متوسطة	متوسطة	متوسطة
الحرارة	حارة - باردة	باردة	باردة - معتدلة	معتدلة	معتدلة
مادة الأصل	نارية ومتحولة	غنية بالميك	رسوبية ونارية	رسوبية ونارية	رواسب بحرية
شدة الضيل	شديدة	متوسطة	محدودة	محدودة	محدودة

سؤال : رتب المعادن التالية من حيث مقدورها على تثبيت اليوتاسيوم كما يلي :-

الفيرميكيوليت ، المورتشموريلاونيت ، الايليت ، الكاؤولينيت ، الكلوريت

الحل - يمكن ترتيب المعادن ترتيبا تنازليا على حسب مقدورها على تثبيت اليوتاسيوم كما يلي :-

الفيرميكيوليت >> المورتشموريلاونيت > الايليت > الكاؤولينيت = الكلوريت

## ١١-٢ ملخص الباب الثانى



- \* يختلف التركيب الكيميائى للتربة اختلافا واضحا عن التركيب الكيميائى للصخور الأصلية فى القشرة الأرضية ، حيث تحتوى على أوكسجين وكربون ونيتروجين أكثر ، نتيجة تواجد الماء والمواد العضوية .
- \* المعدن جسم طبيعى غير عضوى له تركيب كيميائى ثابت وشكل بللورى مميز ، وتقسّم المعادن إلى مجموعات تبعاً للتركيب الكيميائى لها . مثل مجموعة العناصر الحرة والكبريتيدات والأكاسيد والهيدروكسيدات والهاليدات والكربونات والكبريتات والفوسفات والسليكات .
- \* الصخر جسم طبيعى غير عضوى ليس له تركيب كيميائى ثابت ، ويتكون من معدن واحد أو أكثر من معدن . وتقسّم على حسب نشأتها إلى صخور نارية ورسوبية ومتحولة وجميعها تكون مادة الأصل للتربة .
- \* تتم التجوية الفيزيائية للصخور عن طريق التفتيت الميكانيكى بواسطة تجمد الماء فى الشقوق الصخرية والسحق الميكانيكى بواسطة الماء والرياح وكذلك تأثير النباتات والحيوانات والإنسان ولا يصاحبها تغيرات كيميائية .
- \* تعمل التجوية الكيميائية على تغيير التركيب الكيميائى والبناء الذرى للمعادن الأولية منتجة مواد جديدة وذلك عن طريق عدد من التفاعلات الهامة التى تشمل الإذابة ، والتحلل المائى ، والإشباع بشانى أكسيد الكربون ، والتأدرت ، والأكسدة والاختزال .
- \* تساهم الكائنات الحية فى تجوية المعادن لما لإفرازاتها من تأثيرات بيوكيميائية ، عن طريق التفاعل مع الأحماض العضوية وتفاعلات الحلب والاحتواء . والتفاعلات الإنزيمية وخاصة فى مجال الأكسدة الميكروبية للكبريت والحديد بواسطة بكتيريا Thioba-cillus sp .
- \* تنفرد كثير من العناصر من الشبكات البللورية لمعادن مادة الأصل أثناء سير تفاعلات التجوية ، وبعض هذه العناصر يكون مفيداً للنبات والبعض الآخر يكون ساماً للحياة البيولوجية ، خاصة إذا تعدى تركيز معين .
- \* يتحدد السلوك الجيوكيميائى للعناصر فى البيئة الطبيعية بواسطة الجهد الأيونى

لهذه العناصر ، فالعناصر الذاتية لها الجهد الأيونى الأقل من ٣ ، والعناصر شحيحة الذوبان ذات جهد بين ٣-٦ ، أما العناصر ذات الجهد الأكبر من ١٢ فقد تتواجد فى صورة مجموعات أيونية ذاتية.

\* الوحدات الأساسية فى بناء معادن السليكات هى وحدة السليكا الرباعية (تتراهدرون). وتقسم السليكات تبعاً لطريقة ارتباط هذه الوحدات ببعضها البعض ودرجة تكاثفها إلى النيوسليكات والسوروسليكات، والسايكلوسليكات والأينوسليكات ذات السلسلة المفردة أو المزدوجة والفييللوسيليكات ثم التكتوسليكات.

\* التركيب المعدنى للحبيبات الترية الحشنة يسوده المعادن الأولية الموروثة من مادة الأصل والمقاومة نسبياً للتجوية ، بينما تتركز معادن الطين الثانوية النشأة فى الحبيبات الناعمة للتربة.

\* تتكون معادن الطين الصفائحية من صفائح أساسية هى صفيحة السليكا التتراهدرالية ، والصفحة الأوكتاهدرالية سواء الألومنيومية أو المغنيسية والتي ترتبط مع بعضها بطرق مختلفة تؤدى إلى تكوين معادن مختلفة .

\* معدن الكاؤولينيت يتكون من ارتباط صفيحة أوكتاهدرالية (المجسيت) مع الصفيحة التتراهدرالية للسليكا ، وترتبط الطبقات المتعاقبة رأسياً عن طريق روابط هيدروجينية قوية تقلل المسافات بين طبقاته ، ويكون النشاط السطحى لها راجعاً إلى الأسطح الخارجية فقط.

\* معدن المونتموريللونيت يتكون من صفيحتين ، سليكا تتراهدرالية محصران بينهما صفيحة أوكتاهدرالية ، وهو من المعادن المتعددة ذات السعة التبادلية الكبيرة نتيجة حدوث الإحلال فى الأوكتاهدرا.

\* تتعدد مصادر الشحنات على معادن الطين ، فقد ترجع إلى الإحلال التماثل للأيونات فى الشبكات البلورية ، أو وجود روابط مكسرة وغير مشبعة على المستويات الرأسية للبناء البلورى ، أو وجود عيوب بلورية.

\* تنعكس صفات معادن الطين على الأراضى التى تحتويها ، فالأراضى التى تحتوى على نسبة سائدة من المونتموريللونيت تكون لها خاصية التمدد بالابتلال والتشقق بالجفاف إلى شقوق واسعة وعميقة ، وتسمى حينئذ بأراضى الفريتسولس.

## ١٢-٢ أسئلة الباب الثانى

?

١- اختر الإجابة الصحيحة :

أ- المعادن التالية معادن أولية النشأة ما عدا :-

(أ) - الأرتوكلاز (ب) - البيوتيت (ج) - الهيماتيت (د) - الجالينا

ب- أهم معادن الفوسفات هي :-

(أ) - الجبس (ب) - الفلوريت (ج) - الاباتيت (د) - الألبتيت

ج - معادن الطين تتواجد أساسا فى :-

(أ) - الصخور النارية (ب) - الصخور الرسوبية (ج) - التربة (د) - ب، ج معا

د - الصخور النارية الحامضية هي التي تحتوى على نسبة  $\text{SiO}_2$  :-

(أ) - أكثر من ٦٥٪ (ب) - ٥٢ - ٦٥٪ (ج) - ٦٥ - ٧٥٪

هـ - الايونات الذائبة هي التي لها جهد أيونى :-

(أ) - أكبر من ٣ (ب) - أقل من ٣ (ج) - ٣ - ٦

و - تقدر النسبة المئوية للصخور النارية فى القشرة الأرضية بحوالى :-

(أ) - ٩٥٪ (ب) - ٨٥٪ (ج) - ٨٪ (د) - ٧٥٪

ز - كل العناصر التالية مفيدة للنبات ما عدا :-

(أ) - البورون (ب) - النحاس (ج) - الرصاص (د) - المنجنيز

ح - السليكات الإطارية يمثلها المعادن التالية ما عدا :-

(أ) - الكوارتز (ب) - التلك (ج) - الفلسبارات

ط - معدن الكازولينيت من المعادن الورقيه من نوع :-

(أ) - ١:٢ (ب) - ١:١ (ج) - ٢:١

١- الاحلال المتبادل هو المصدر الرئيسى للشحنات المسببة للتبادل الكاتيونى فى المعادن التالية ما عدا:-

(أ). الكاؤولينيت (ب)- المونتموريللونيت (ج)- الفيرميكيوليت

ك- تمييز أراضى الفرتيسولس باحتوائها على معدن:-

(أ)- الفيرميكيوليت (ب)- الكلوريت (ج) المونتموريللونيت

٢- اذكر أهم الفروق فى التركيب الكيميائى لكل من القشرة الأرضية والتربة مع تفسير تلك الفروق ؟

٣- عرف المعدن ، ثم اذكر أهم المعادن السائدة فى الأراضى مينا أيها ابتدائى النشأة وأيها ثانوى النشأة ؟

٤- ما هى الأقسام الأساسية للصخور ، وما هو توزيعها بالقشرة الأرضية؟ ثم اذكر أهم مواد الأصل للأراضى.

٥- ارسم شكلا توضيحيا للاختلافات الأساسية فى التراكيب المعدنية لحبيبات التربة ذات الأحجام المختلفة.

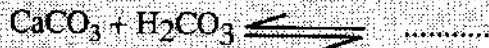
٦- قارن بين الصفات الكيميائية لنوعين من الأراضى يسود فى إحداها معدن الكاؤولينيت وفى الأخرى معدن المونتموريللونيت.

٧- أكمل المعادلات الكيميائية التالية:-

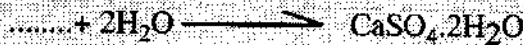
أ..... + ماء ← طين حامضى + هيدروكسيد بوتاسيوم



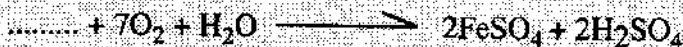
ب- كالسيت + حامض كربونيك



ج- ..... + ماء ← جيسى



د- ..... + اوكسجين + ماء ← كبريتات حديدوز + حمض كبريتيك





هـ - الكبريت + أوكسجين + ماء	
بكتريا Thiobacillus Thiooxidans	
٨- أكمل الرمز البنائية التالية ، ثم استنتج اسم المعدن :-	
الرمز	اسم المعدن
.....	KA1 Si <sub>3</sub> O ...
.....	Al ... (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (OH) <sub>4</sub>
.....	Al <sub>2</sub> (Si <sub>4</sub> O...) (OH) <sub>2</sub>
٩ - اذكر المفهوم العلمى للعبارات التالية :-	
المفهوم العلمى	العبارة
	الشحنة الناتجة عن الإحلال المتماثل فى الشبكة البلورية للمعدن.
	وحدة مكونة من ذرة سليكون محاطة بأربع ذرات أوكسجين.
	وحدة مكونة من أيون مركزى محاط بست مجموعات أيدروكسيل فى مستويين.
	دخول كاتيون محل آخر يساوى له فى نصف القطر الايونى فى الشبكة البلورية للمعدن.
	النسبة بين تكافؤ العنصر ونصف القطر الايونى.
	عمليات تفتيت وطحن الصخر دون تغيير تركيبه الكيمىائى أو المعدنى.
	المعادن المقاومة للضجوية والشى انتقلت من مادة الأصل إلى التربة دون حدوث تغيير بها.

**القسم الثانى**  
**الباب الثالث**  
**المكونات العضوية الصلبة فى التربة**



### الباب الثالث

## المكونات العضوية الصلبة فى التربة

## Organic Solid Components in Soil

### الأهداف :

بعد دراسة محتوى هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :-

- ١ - يحدد المركبات المكونة للمادة العضوية الأرضية.
- ٢ - يذكر دور المادة العضوية فى تحسين الصفات الكيميائية والخصوبة والفيزيائية.
- ٣ - يتتبع تفاعلات وخطوات تحليل المادة العضوية للأرض .
- ٤ - يحسب كمية النتروجين الميسر الناتج من تحليل البقايا النباتية المختلفة .
- ٥ - يحدد موعد الزراعة للمحصول التالى بعد تقليب البقايا النباتية فى التربة.
- ٦ - يستنتج أهمية تدوير المادة العضوية والحفاظ على محتوى مناسب منها فى الأرض .
- ٧ - يصمم برنامجاً للزراعة العضوية فى الأراضى الصحراوية .
- ٨ - يميز الرموز الكيميائية للمجموعات .
- ٩ - يشرح أثر التفاعلات الإنزيمية فى تحليل المادة العضوية.
- ١٠ - يذكر العوامل البيئية الأرضية المؤثرة فى تحليل المادة العضوية .
- ١١ - يعرف المفاهيم العلمية الواردة (التي تم دراستها) يدرن أخطاء .

## العناصر :

- ١- مقدمة .
- ٢- مكونات المادة العضوية الأرضية .
- ٣- تفاعلات الأنزيمية فى تحليل المادة العضوية .
- ٤- مراحل تحليل المادة العضوية .
- ٥- نواتج تحليل وانفرد النيتروجين .
- ٦- العوامل البيئية والأرضية المؤثرة على تحليل المادة العضوية .
- ٧- تدوير المادة العضوية .
- ٨- الزراعة العضوية فى الأراضى الصحراوية المصرية .
- ٩- ملخص الباب الثالث .
- ١٠- أسئلة الباب الثالث .
- ١١- نموذج للإجابة على بعض أسئلة الباب الثالث .

## الباب الثالث

## المكونات العضوية الصلبة فى التربة

## Organic Solid Components in Soil

٣-١ مقدمة :

تتكون المادة العضوية فى التربة من البقايا النباتية والحيوانية المتحللة ، حيث تبدأ الأوراق الطازجة المتساقطة والجذور الميتة فى التحلل السريع إلى أن تصبح جزءاً من دبال التربة ، وغالباً ما يتبقى أجزاء منها بدون تحلل لسنوات عديدة ، وبالطبع فإن بقايا المحاصيل والأعشاب weeds والحشائش grasses وأوراق الأشجار والديدان والبكتريا والفطريات والإكتينوميستات تعتبر جزءاً من الخليط العضوى . وبالرغم من أن الأراضى المزروعة تحتوى فقط على ١-٥ ٪ مادة عضوية والتي غالباً ما تكون فى الطبقة السطحية للتربة (سمك هذه الطبقة حوالى ٢٥سم ) فإن هذه الكمية الصغيرة تعمل على تعديل الخواص الفيزيائية للتربة وتؤثر بدرجة كبيرة على خواصها الكيميائية والحيوية .

## تعريف :

مادة الأرض العضوية Soil organic matter هي كل ما تحتويه التربة من بقايا عضوية متحللة أو طازجة سواء كانت من أصل حيوانى أو نباتى أو كائنات دقيقة .

واحتواء الأرض على نسبة ١٪ فقط من المادة العضوية يعنى أن الطبقة السطحية (بعمق ٣٠سم) لفدان واحد تحتوى على حوالى ١٠ طن ، والأراضى الرسوبية النهرية المنتجة زراعياً فى مصر تحتوى فى المتوسط ١٪ من المادة العضوية ، أما الأراضى الصحراوية فإنها فقيرة وراثياً ولا تحتوى على أى نسبة تذكر من المادة العضوية .

وتتم عمليات تحلل المادة العضوية من خلال الدورة العامة للكربون فى الطبيعة ، والتي يمكن تمثيلها بالشكل التخطيطى رقم (١٨) ، حيث يظهر التداخل الوثيق بين كل من الأرض والنبات والحيوان والكائنات الدقيقة بجانب ثانى أكسيد الكربون من الهواء الجوى فى إتمام دورتى البناء والهدم للمادة العضوية فى التربة .

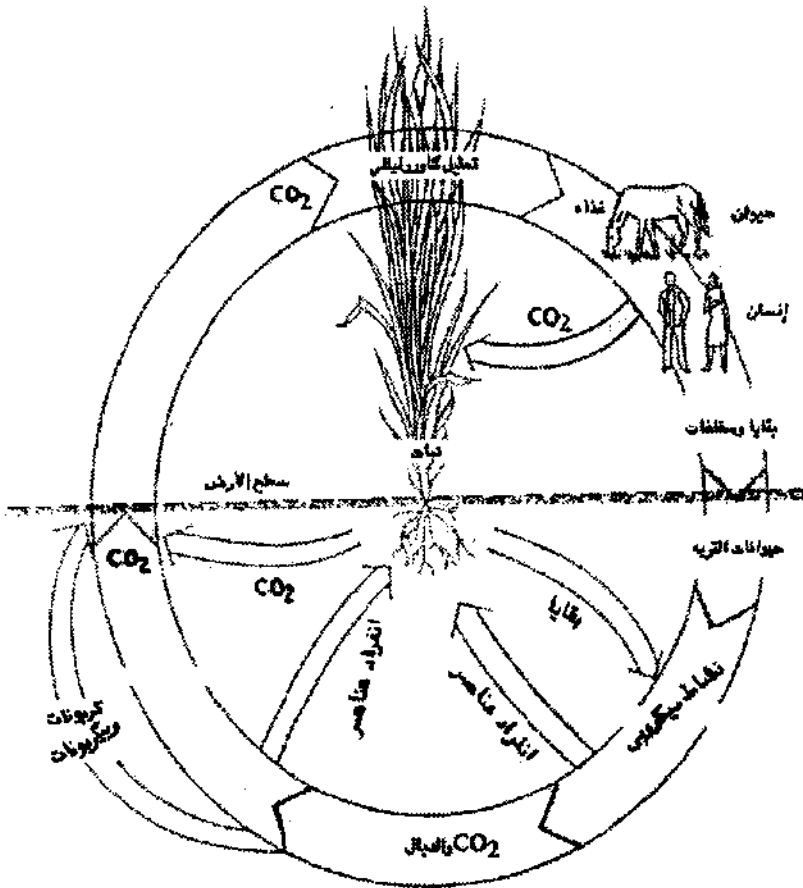
وأثناء تحلل المادة العضوية تنفرد عدة عناصر غذائية فى صورة ميسرة للنبات يعاود امتصاصها ، ولهذا فإنه من الوجهة الكيميائية فإن المادة العضوية هى المصدر الأرضى لكل النتروجين تقريبا ، وحوالى ٥٠-٦٠٪ من الفوسفور وربما حوالى نسبة تصل إلى ٨٠٪ من الكبريت ، وجزء كبير من البورون والمولبدنيوم ، التى تحتاجها النباتات فى فصل نمو معين بدون الاستعانة بالتسميد الكيماوى .

وتعتبر المادة العضوية هى المسئولة عن تكوين البناء الأرضى المرغوب فيه للطبقة السطحية من التربة، كما تشجع تكوين المسام الأرضية ذات الأقطار الواسعة larger pore sizes وأيضاً تعمل على تحسين العلاقات المائية الهوائية للتربة water - air relations وتقلل من انجراف التربة سواء بالرياح أو بالمياه .

والمادة العضوية فى تغير مستمر ، وبالتالى فيجب العمل على تعويضها باستمرار لرفع إنتاجية التربة soil productivity ، وتشكل البقايا النباتية أهم مصدر معروف من المادة العضوية فهى تمثل ما يقرب من ٧٠٪ ، والمخلفات الحيوانية حوالى ٢٣٪ والباقى مخلفات أخرى وفى كثير من البلدان وخاصة دول العالم الثالث فى أفريقيا وآسيا فإن البقايا العضوية الميسرة لديها لا تستخدم كلها فى تحسين التربة ، ولكن تستخدم فى أغراض أخرى مثل بناء المساكن وكوقود للحصول على الطاقة اللازمة للطهى .

#### مصادر المادة العضوية فى الأرض هى :-

- ١- الأنسجة النباتية والحيوانية سواء كانت راقية أو متدنية .
- ٢- بقايا ومخلفات النشاطات الإنسانية والحيوانية والنباتية ، التى تضاف إلى الأرض فى صور مختلفة .



شكل رقم : (١٨) دورة الكربون والمادة العضوية في الطبيعة

## ٢-٣ مكونات المادة العضوية الأرضية

## Composition of soil organic matter

تحتوى المادة العضوية الأرضية على عدد هائل من المركبات العضوية المتباينة فى درجة تحللها والمختلفة فى تركيبها الكيميائى ، حيث يشكل الكربون حوالى نصف المادة العضوية وكميات أقل من الأكسجين والهيدروجين بالإضافة إلى كميات صغيرة من النتروجين والفسفور والكبريت وعناصر أخرى كثيرة . وترتبط ذرات الكربون مع بعضها مكونة سلاسل كربونية بأطوال وروابط عديدة مكونة الأسس الهيكلية للمركبات العضوية التى تملؤها باقى العناصر لتكون المجاميع المختلفة لمركبات المادة العضوية مثل البروتينات proteins واللجنينات lignins والكربوهيدرات carbohydrates والزيوت oils والدهون fats والشموع waxes ومركبات عضوية أخرى عديدة . ويمكن تقسيم المادة العضوية فى التربة إلى جزئين على حسب درجة تحللها إلى :-

- ١- مواد عضوية فى دور التحلل ومازالت عملية الهدم والتحلل بها نشطة .
- ٢- مواد عضوية فى مراحل متقدمة من التحلل أو فى أدوار التحلل النهائى الذى يميل إلى الثبات وهى ما يطلق عليها الدبال Humus .

دبال التربة Soil humus هو ذلك المعقد الذى يشكل المركبات المتبقية أو المتخلفة بعد عملية هدم كيميائى وبيولوجى شاملة للبقايا النباتية والحيوانية الطازجة مشكلا حوالى ٦٠-٧٠ ٪ من الكربون العضوى الكلى فى التربة .

وبسبب تعقيد دبال التربة فإنه غالبا ما يقسم إلى مكوناته الرئيسية الثلاثة وهى :

- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| ١- حمض الفلريك  | Fulvic acid |
| ٢- حمض الهيوميك | Humic acid  |
| ٣- الهيومين     | Humic acid  |

ويمكن الحصول على هذه المكونات عن طريق الإذابة التفاضلية selective dissolution للدبال ، الذى يعاملته بمحلول الصودا الكاوية المخففة (NaOH) يتم فصل الهيومين غير الذائب بينما يذوب المكونان الآخران ، وعند معالجة الجزء الذائب



بالحمض المخفف فإن حمض الهيوميك يترسب ويبقى حمض الفلبيك ذاتياً ، ويرجع ذلك إلى أن مركبات حمض الفلبيك ذات وزن جزيئى منخفض كثيراً عن مركبات حمض الهيوميك ، والذي بدوره له وزن جزيئى أقل من الهيومين ، ويتأكد ذلك من احتواء حمض الفلبيك على أقل نسبة من عنصر الكربون وأعلى نسبة من عنصر الأوكسيجين عند مقارنته بكل من حمض الهيوميك والهومين .

يمكن أيضاً استخلاص الصور المختلفة للمادة العضوية باستخدام بعض المذيبات العضوية ومحاليل الأملاح.

?

مثال محلولة :-

١ - قارن بين كل من حمض الهيوميك والفلبيك من حيث الخصائص الكيميائية والتركيبة الكيميائية .

الحل - يمكن إجراء هذه المقارنة فى الجدول الآتى :-

حمض الفلبيك	حمض الهيوميك	الخاصة أو التركيب الكيميائى
بنى فاتح	بنى داكن	اللون
منخفض نسبياً	مرتفع نسبياً	الكربون /
مرتفع نسبياً	منخفض نسبياً	الأوكسجين /
منخفض نسبياً	مرتفع نسبياً	النيتروجين /
مرتفع نسبياً	منخفض نسبياً	نسبة المجموعات الفعالة
منخفض نسبياً	مرتفع نسبياً	الوزن الجزيئى

ويعتبر دبال التربة فى تغير مستمر مما يؤدي إلى حدوث تعديلات فى الخليط المعقد، وتأخذ الجزيئات الكبيرة (مثل السليلوز- البروتينات - وغيرها) أشكالاً متعددة ، أهمها الأشكال الكتلية غير المنتظمة ذات النسيج الإسباجيتى المتشابك مع بعضه ، وتكون الأسطح المعرضة والسلاسل القصيرة لهذا النسيج هى المجاميع النشطة التى تستخدم كمواقع للتبادل الكاتيونى (مواقع ذات شحنة كهربية سالبة) ، والتى من خلالها أيضاً يتم إدمصاص جزيئات الدبال على أسطح الطين . وبعض هذه المجاميع النشطة أو الفعالة functional groups والتى تبرز من الكتلة الجزيئية للدبال من أماكن مختلفة يمكن

- توضيحها كما يلي :
- Carboxyl (acid group).  $\boxed{\text{R}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$  or  $\boxed{\text{R}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\bar{\text{O}}$
- Hydroxyl (phenol or alcohol group)  $\boxed{\text{R}}-\text{OH}$  or  $\boxed{\text{R}}-\bar{\text{O}}$
- Carboxyl (keto or ester group)  $\boxed{\text{R}}=\text{O}$  or  $\boxed{\text{R}}-\bar{\text{O}}$
- Amide (ammonium group)  $\boxed{\text{R}}-\text{NH}_2$  or  $\boxed{\text{R}}-\text{NH}_3^+$   
or  $\boxed{\text{R}}-\text{NH}$

والرمز  $\boxed{\text{R}}$  يرمز إلى الجزء الكبير أو السلسلة الجزيئية العضوية المرتبط بها المجموعة الفعالة السابق بيانها . وتظهر الشحنات السالبة أو الموجبة نتيجة لفقد أو اكتساب أيون  $\text{H}^+$  كما هو موضح . ويرجع السبب الرئيسى لظاهرة التبادل الكاتيوني لدبال التربة إلى هذه المجموع الفعالة ، كما يرجع إليها أيضا إدمصاص المبيدات والأسمدة على الدبال .

ونظرا لطبيعة الدبال المعقدة جدا ، فإنه يحتوى ليس فقط على المركبات الحامضية (فلفيك - هيوميك - هيومين) بل توجد مركبات أخرى تدخل ضمن هذا المعقد مثل الأمينات السكرية Sugar amines ، الأحماض النووية nucleic acids ، الفوسفوليبيدات phospholipids والفيتامينات vitamins ، والليبيدات الكبريتية sulfolipids وتعتبر الليبيدات دهوناً عضوية ذائبة فى الماء ، هذا بالإضافة إلى السكريات العديدة polysaccharides (مثل النشا والسليولوز) ، والتي لها جزيئات كبيرة ذات سلاسل طويلة تعمل على ربط التجمعات الأرضية مع بعضها ، وكل هذه المركبات ذات طبيعة معقدة وأصلها التكويني غير مؤكد ، وربما تكون متبقية أو متخلفة عن تحلل البقايا النباتية ، أو متخلفة من الميكروبات القائمة بعملية التحلل ، أو هي بقايا تحلل أجسام الميكروبات بعد موتها .

## تعريف :-

المجموعات الفعالة Functional groups هي مجموعات كيميائية نشطة ترتبط بسلاسل عضوية كبيرة وتظهر عليها الشحنات السالبة أو الموجبة نتيجة لفقد أو اكتساب البروتونات (أيون الأيدروجين) وعادة ما تكون هذه مجموعات للكربوكسيل والهيدروكسيل والأميد والكيون والاستر.

## ٣-٣ التفاعلات الإنزيمية فى تحليل المادة العضوية :

## Decomposition reactions of organic matter

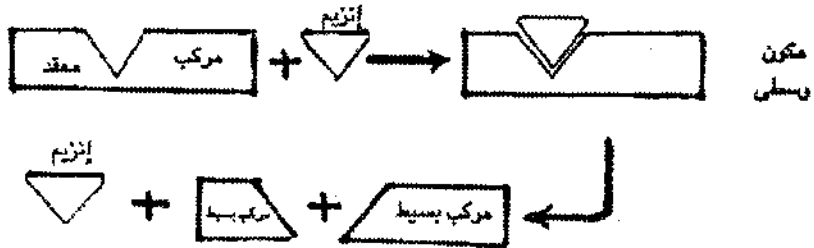
أثناء عملية التمثيل الضوئى photosynthesis يقوم النبات بواسطة مادة الكلوروفيل الخضراء بتصنيع المكونات العضوية وتخزين الطاقة الشمسية Solar energy فى هذه المركبات، وعندما تتعرض هذه المكونات للتحلل الميكروبي تنفرد تلك الطاقة مرة أخرى . وعلى أية حال، فإن عملية التحلل لها طاقة تنشيط activation energy يجب التغلب عليها وتقليلها .

- التمثيل الضوئى Photosynthesis عبارة عن قيام النبات بواسطة مادة الكلوروفيل الخضراء بتصنيع الكربوهيدرات باستخدام ثانى أكسيد الكربون من الهواء الجوى مع الماء فى وجود الطاقة الشمسية مع إنتاج أكسجين .

- طاقة التنشيط Activation energy هي مقياس للطاقة اللازمة لتحويل الجزيئات إلى حالة نشطة أو قابلة للتفاعل تمهيدا لكسر الروابط الكيميائية داخل هذه الجزيئات العضوية .

ولإتمام العمليات الحيوية تحت الظروف الطبيعية فلا بد من توفر وسائل لاختزال هذه الطاقة ، وتأتى فى مقدمة هذه الوسائل دخول الإنزيمات Enzymes فى التفاعلات الحيوية حيث تقوم بخفض طاقة التنشيط بين الروابط الكيميائية للمركب المعقد مما يؤدى إلى تكسره وهدمه إلى مركبات أبسط .

ويمكن تمثيل الدور الذى يقوم به الإنزيم فى التفاعلات الحيوية كالاتى :-



ولكل مركب من المركبات العضوية الشائعة التواجد فى التربة الإنزيم الخاص بتحليله ، فإنزيم الفوسفاتيز يقوم بتكسير الرابطة الفوسفاتية فى المواد العضوية أما إنزيم البروتيز فيقوم بتكسير البروتينات ..... والمجدول رقم (A) يبين أمثلة لبعض هذه الإنزيمات المعروفة والتفاعلات التى تستطيع القيام بها .

جدول رقم (A) : بعض الأنزيمات المعروفة والتفاعلات التى تقوم بها

### فى تحليل المواد العضوية الأرضية

اسم الإنزيم	التفاعل القائم به
Cellulase	يقوم بتكسير السايكوزات (ألياف البعير الخيرية - الفستيق) ذات السلسلة الطويلة المكونة من وحدات الوحدات السكرية ويكون ناتج التفاعل وحدات السكر ، وهو مام فى عملية تحليل المادة العضوية .
Urease	يقوم بتكسير جزيء اليوريا $\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2$ إلى ماء . وثانى أكسيد الكربون والأمونيا ، وهو يوسط نيتروجين سماد اليوريا ، وكذلك نيتروجين بول الحيوانات ويحطه ميسرا لإمتصاص النبات .
Phosphatase	يقوم بتكسير الرابطة الفوسفاتية على الديال $\text{Humus-S-O-P}(=\text{O})(\text{OH})_2$ فى وجود الماء لينتج بعد التفاعل $\text{H}_2\text{O}$ و $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ أى يساعد فى تحليل الديال وإفراء الفوسفور الميسر لإمتصاص النباتات .
Sulfatase	يقوم بتكسير الرابطة بين الكبريت والديال ، $\text{Humus-O-S-OH}$ ، فى وجود الماء ، وينتج الكبريت ميسرا لنبات $(\text{H}_2\text{S})$ و $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
Protease	يقوم فى وجود الماء بتكسير البروتينات وإفراء الأحماض الأمينية $\text{R}_1-\text{NH}_2$ - $\text{R}_2$ - $\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{R}_3$ ميسر $(\text{R}_1-\text{NH}_2 \text{ and } \text{HO-C}-\text{R}_2)$ أى تكسير الرابطة بين ممتصين أو أجزاء بروتينية (عملية الهضم فى الأسماك المبرانية)

وتنتج الأنزيمات بواسطة النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة ، ويمكنها العمل سواء داخل الخلية الحية أو خارجها - وغالبا ما يكون المصدر الأساسى للأنزيمات فى التربة ميكروبياً . وكثيرا ما تفرز الخلايا الحية الكثير من الإنزيمات إلى الخارج لكي تقوم بوظيفتها على مادة التحلل المعنية Substrate ، كما توجد أنزيمات أخرى حرة فى التربة لوقت قصير نتيجة تهشم الخلايا أو موتها . وينتج الميكروب أنزيمات مختلفة الأنواع كما تشترك ميكروبات عديدة فى إنتاج نفس الأنزيم .

ويمكن أن يحدث للإنزيمات الحرة فى التربة عدة حالات منها :

- ١- يمكنها القيام بوظيفتها لفترة قصيرة قبل أن تتغير كيمائيا بواسطة إنزيمات أخرى .
- ٢- تصبح غير نشطة نتيجة تغير طبيعتها denaturated بسبب مواد أو تفاعلات تغير من شكل البروتين فيها ، كارتفاع درجة الحرارة أو ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة فى البيئة.
- ٣- تصبح غير نشطة بسبب شغل أو انسداد المواقع الفعالة عليها والمخاصة بمادة Substrate معينة ، مثل ادمصاص الإنزيمات على غرويات الدبال أو حبيبات الطين أو ارتباط الإنزيمات ببعضها أو ببعض كيمائيات أخرى ولا تنفصل عنها، كما هو الحال عند تأدية وظيفتها العادية .

#### تعريف :-

الإنزيم Enzyme : يتكون من البروتين ويقوم بتحفيز طاقة المركب إلى الحد الذى يسمح بتكسير رابطة معينة فى المركب تحت الظروف الطبيعية ، وهى لا تستهلك أثناء التفاعل ؛ أى أنها تقوم بدور العامل المساعد فى التفاعل Catalyst ، ويعطى الإنزيم اسماً يدل على التفاعل القائم به مضافاً إليه المقطع ase

### ٣-٤ خطوات تحلل المادة العضوية Decomposition action

بعد موت الكائنات الدقيقة تهشم أغشيتها خلاياها وتذوب جميع مركبات الخلية (المركبات الذائبة فى الماء) مما يؤدي إلى تحرك هذه المواد سواء فى التربة أو فى محلول التربة . أما المركبات العضوية غير الذائبة فى الماء فإن معظمها يتغير ببطء حتى يتم مهاجمتها ميكروبيا وتحلل أو تتبسط فى تركيبها . وتفرز البكتريا والفطريات والكائنات الحية الأخرى القائمة بالتحلل إنزيمات مختلفة الأنواع تساعد فى بدء عملية

التحلل ، و تقتص الميكروبات العناصر الغذائية المنفردة أثناء عملية التحلل خاصة النيتروجين والكربون اللازمين لعملية النمو والتكاثر ، ويتناسب معدل التحلل طردياً مع عدد الميكروبات الموجودة في بيئة التحلل ، حيث إنه بمجرد أن يبدأ التحلل ، نجد أن المعدل يتزايد بسرعة نتيجة تضاعف أعداد الميكروبات .

وبالرغم من أن نفس العناصر الغذائية اللازمة للنباتات هي نفس اللازمة للكائنات الحية الدقيقة القائمة بعملية تحلل المادة العضوية ، إلا أن تركيز عنصر النيتروجين الذي يمثل جزءاً صغيراً بالنسبة لعنصر الكربون ، هو المتحكم غالباً في معدل التحلل بسبب احتياج الميكروبات له لبناء البروتين وبالتالي تزايد أعدادها في البيئة .

وتعتبر نسبة carbon: nitrogen ratio (C:N) سواء للمادة العضوية المضافة للتربة أو للكائنات الدقيقة الحية من أهم العوامل المحددة لعملية وسرعة تحلل هذه المادة.

#### تعريف :-

نسبة الكربون : النيتروجين C:N Ratio في المادة العضوية ، هي النسبة العددية بين النسبة المئوية للكربون في المادة العضوية والنسبة المئوية لعنصر النيتروجين بها . . . أي أن :-

$$\text{نسبة الكربون : النيتروجين} = \frac{\text{الكربون}}{\text{النيتروجين}} \%$$

وتدل نسبة الكربون العضوية : النيتروجين الكلى الواسعة - على انخفاض المادة نسبياً في محتواها من النيتروجين . وفي الجدول التالي (رقم ٩) نورد أمثلة لبعض المواد العضوية المعروفة وميكروبات التربة والذبال لبيان نسب النيتروجين الكلى والكربون العضوى بها منسوية لوزنها الكلى ، وكذلك نسبة C: N بها.

جدول رقم (٩) :- النسب التقريبية لكل من الكربون العضوى والنيتروجين الكلى

وكذلك نسبة C:N لبعض المواد العضوية المعروفة المضافة إلى أو النامية على الأراضي الزراعية .

نسبة C:N	النيتروجين الكلى %	الكربون العضوى %	المواد العضوية
			بقايا المعاصيل
١٣ : ١	٣.٠	٤.٠	- ألفالفا alfalfa (صغير السن).
٢٠ : ١	٢.٠	٤.٠	- البرسيم Clover (نباتات ناضجة).
٣٠ : ١	١.٣٠	٤.٠	- حشيشة الـ Bluegrass .
٦٠ : ١	٠.٧	٤.٠	- سيقان الذرة corn Stalks .
٨٠ : ١	٠.٥	٤.٠	- القش Straw, small grain .
٢٢٥ : ١	٠.٢	٤.٥	- نشارة الخشب Sawdust .
			ميكروبات التربة :
٥ : ١	١٠.٠	٥.٠	- البكتريا Bacteria .
٦ : ١	٨.٥	٥.٠	- الأكتينوميستيات
١٠ : ١	٥.٠	٥.٠	- الفطريات Fungi .
١١ : ١	٤.٥	٥.٠	- دبال التربة : Soil Humus .

وكما يتضح من الجدول ، فإن البكتريا تعتبر مستهلكاً عالياً للنيتروجين ذات نسبة C:N ٥ : ١ أو ٤ : ١ ، وبمعنى آخر فإنها تحتاج وحدة نيتروجين مقابل ٤ أو ٥ وحدات من الكربون . فإذا أضيف القش إلى التربة وقلب أو خلط (C:N = ٨٠) ، وهو ذو محتوى منخفض من النيتروجين ، كما أن التربة ذات محتوى منخفض أيضاً من النيتروجين - فإن البكتريا تتزايد فى التربة ببطء ؛ لأن القش فى هذه الحالة يعتبر غذاء ذا محتوى منخفض من العنصر للكائنات الدقيقة الحية القائمة بالتحلل.

ويمكن إسرار عملية التحلل بإضافة نيتروجين للتربة عن طريق الأسمدة الكيماوية عادة لسد الاحتياجات الميكروبية والنباتية ، وإلا فإن المنافسة فى حالة عدم إضافة

النيروجين ستكون فى صالح الكائنات الدقيقة وليست فى صالح النباتات وذلك لتواجد الأولى بأعداد هائلة كما أنها تكون فى حالة تلامس كبير بالعنصر مما يجعلها قادرة على إستخدام معظم النيروجين الميسر قبل أن يصل إلى أسطح الجذور . ونفس الوضع يعتبر صحيحا بالنسبة لعنصرى الفوسفور P ، الكبريت S وإلى حد ما بالنسبة لبعض المغذيات الأخرى ، ولتوضيح ذلك نسوق المثال العددي التالى :

**مثال محلول ؟** - حقل متزوع ذرة شامية أنتج ٣٠٠٠ كجم / فدان بقايا نباتية ويفرض أنها دفنت كلها فى الأرض فإنها سوف تضيف إليها :-

١٢٠٠ كجم كربون (بنسبة ٤٠٪)

٢٠ كجم نيروجين (نسبة C:N = ٦٠)

\* وعند توفر النيروجين فى الأرض وإذا استخدم ٧٥٪ من الكربون فى إنتاج الطاقة للكائنات الدقيقة ، بينما يستخدم ٢٥٪ فى بناء أجسامها ، فإن التحلل يتم بسرعة . وعليه فإن ميكروبات التربة سوف تحتوى على :-

٣٠٠٠ كجم كربون (٢٥٪ من كربون النبات) ، وهذا يستلزم

توفر ٣٧٥ كجم نيروجين (نسبة C:N = A) ،

مما يؤدى إلى استهلاك ١٧٥ كجم (٣٧٥ - ٢٠) من النيروجين الميسر فى التربة ، وبالطبع سوف يحرم منه النبات .

\* عند عدم توفر النيروجين الميسر فى التربة فإن التحلل سيتم ببطء وسيكون محدودا ، وبالتالى تحتوى ميكروبات التربة على :-

٢٠ كجم نيروجين (من البقايا النباتية)

١٦٠ كجم كربون (نسبة C:N = A)

وبالتالى يبقى حوالى نصف كمية الكربون النباتى فى التربة دون تحلل فى إنتظار توفر النيروجين اللازم لتحللها .

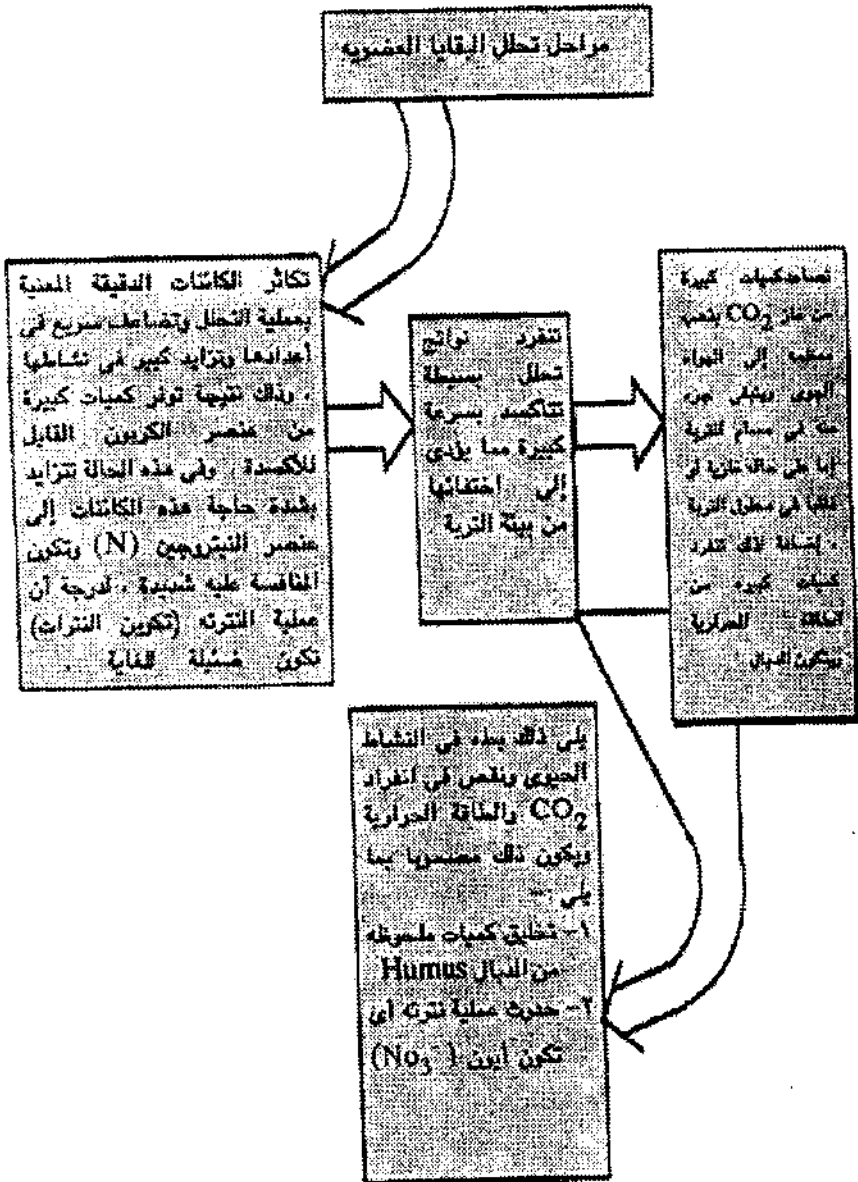
ويتقدم عملية التحلل ، فإن كثيراً من الكربون المنفرد يتصاعد إلى الهواء الجوى على صورة CO<sub>2</sub> مما يؤدى إلى ضيق نسبة C:N فى المادة العضوية ، ومن ضمنها بالطبع



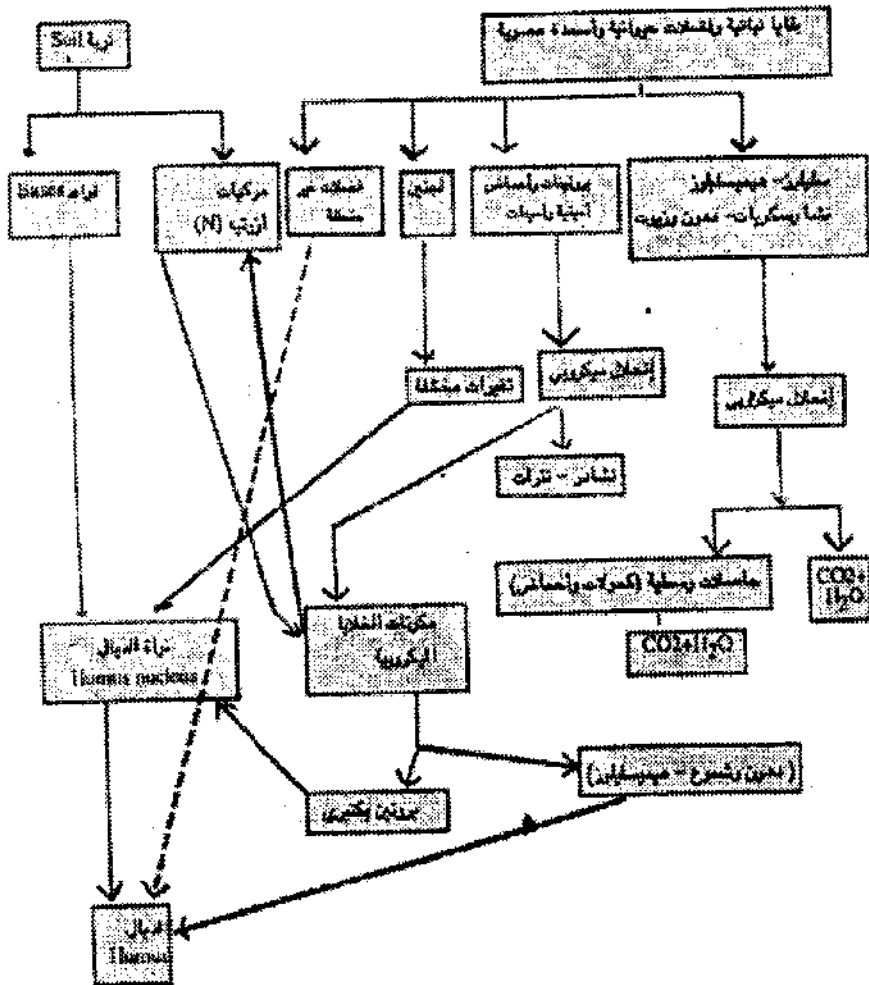
أجسام الميكروبات ؛ لأن الكمية المفقودة من النيتروجين نتيجة لذلك تكون ضئيلة جدا إذا ما قورنت بالكميات الكبيرة من الكربون المتصاعد على صورة غازية ( $CO_2$ ) .

وفى النهاية ، فإن البقايا السهلة التحلل تختفى من بيئة التحلل ، بينما تبقى المواد أو البقايا الصعبة فى التحلل أو التى تتحلل ببطء شديد ، وبالتالي يصبح مصدر الطاقة محدوداً للغاية ، مما يترتب عليه موت البكتريا والفطريات التى تتحلل أجسامها ذات المحتوى العالى من النيتروجين بواسطة الكائنات الدقيقة الحية الأخرى ، ويتصاعد نتيجة لذلك  $CO_2$  وينفرد بعض النيتروجين ذائبا فى محلول التربة ، وهذا النيتروجين يكون ميسرا لإمتصاص النباتات النامية . (انظر الشكل التخطيطى رقم ١٩ ، ٢٠) .

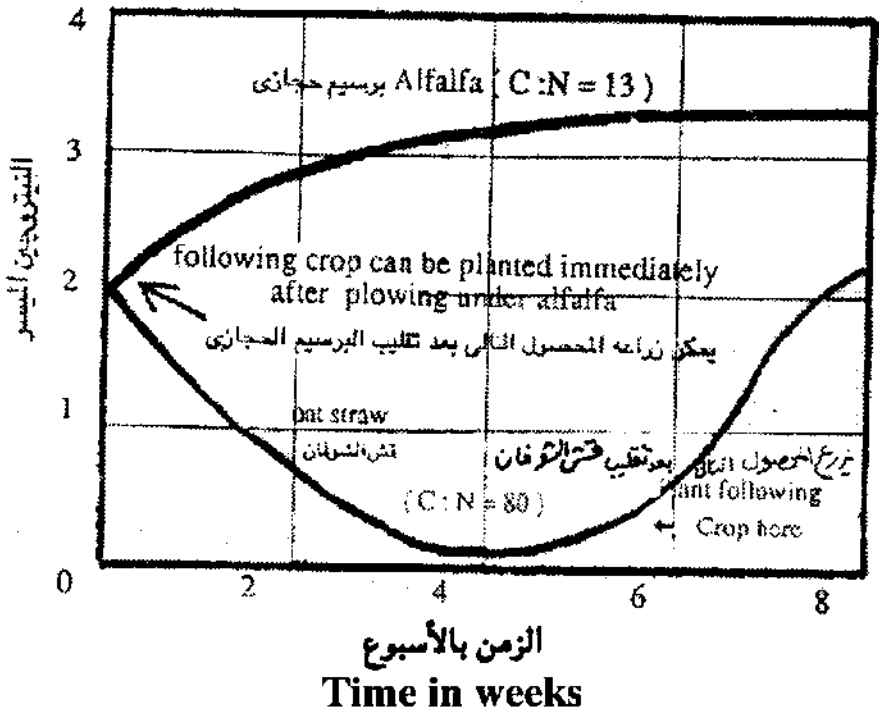
وتحتوى طبقة التربة السطحية على كثافة عالية من الكائنات الحية الدقيقة ، ويتوافر لها مصادر كافية من النيتروجين ، حيث إن البقايا النباتية ذات نسبة C:N تساوى ٢٠ أو أضيّق من ذلك بها نيتروجين كافى لإمداد الكائنات الحية الدقيقة القائمة بالتحلل وكذلك للانفراد على صورة صالحة لاستخدام النباتات . أما البقايا ذات النسبة من ٢٠ إلى ٣٠ فإن محتواها من النيتروجين يكون كافيا للتحلل ولكنه ليس كافيا بدرجة كبيرة لكى ينفرد صالحا للنباتات . وبعد أسابيع قليلة من إضافة البقايا العضوية ذات النسبة الأكبر من ٣٠ يكون التحلل بطيئا بسبب نقص النيتروجين عن ما يكفى لاستخدامات الكائنات الدقيقة لكى تتزايد أعدادها ، مما ينتج عنه لجوؤها إلى استخدام النيتروجين المتواجد بالتربة . وفى حالة تلاؤم الظروف البيئية فإن معدل تحلل البقايا النباتية يكون سريعا فى الغالب خلال الأسبوعين الأول بعد الإضافة ، ويظهر ذلك من الشكل (رقم ٢١) الذى يبين العلاقة بين نسبة C:N فى البقايا النباتية ( البرسيم الحجازى ، أغالفا ، أو قش الشوفان oat straw ) والنيتروجين المنفرد على صورة ذائبة بعد الإضافة . ومنه يمكن ملاحظة الفروق الرئيسية سواء بين كميات النيتروجين عند تحلل كلا النوعين من البقايا النباتية أو بين مواعيد الزراعة التى يوصى بها للحصول على أقصى استفادة من النيتروجين الميسر .



شكل رقم (١٩) مراحل تحلل البقايا العضوية الطازجة عند إضافتها إلى



شكل رقم (٢٠) : مراحل نشأة الدبال في التربة



شكل رقم (٢١) : العلاقة بين نسبة C : N للمادة النباتية والنيتروجين الميسر الناتج عقب إضافتها للتربة

ويستفاد من هذا الشكل في تحديد زراعة المحصول التالي عقب تقليب المخلفات النباتية المختلفة في التربة أو استخدام التسميد الأخضر Green manuring الذى يتلخص فى زراعة محصول بقولى وتقليب النمو الخضرى بالكامل فى التربة ليستفيد من نواتج تحللها النبات التالى .

**تطبيق :-** مستعينا بالشكل (٢١) اذكر متى يمكن زراعة المحصول التالى عقب استخدام البرسيم الحجازى أو الشعير فى التسميد الأخضر للأراضى الصحراوية.

**الإجابة :-** يمكن زراعة المحصول التالى مباشرة عقب تقليب البرسيم الحجازى بينما يجب الانتظار حتى مرور ٤ - ٥ أسابيع بعد تقليب الشعير حتى يزرع المحصول التالى.

## ٣-٥ نواتج التحلل وانفراد النيتروجين

## Products of decomposition and nitrogen release

تكون نواتج التحلل النهائية في الترب الجيدة التهوية هي  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$   $\text{NO}_3^-$  ، بالإضافة إلى كميات صغيرة من  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  وبقايا مقاومة للتحلل ، بالإضافة إلى كميات صغيرة من العناصر الغذائية الضرورية للنبات ، أما إذا كانت التربة غير جيدة التهوية فتكون النواتج غير مستحبة ، فعلى سبيل المثال تحت الظروف اللاهوائية anaerobic conditions ينتج كميات محسوسة من غاز الميثان ( $\text{CH}_4$ ) الذي يسمى بغاز المستنقع Swamp gas ، كما ينتج أيضا أحماض عضوية ( $\text{R}-\text{COOH}$ ) وأيون الأمونيوم ( $\text{NH}_4^+$ ) وعديد من البقايا الأمينية ( $\text{R}-\text{NH}_2$ ) ، وبعض الغازات السامة مثل كبريتيد الهيدروجين  $\text{H}_2\text{S}$  والإيثيلين  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$  . وبالطبع يكون من نواتج التحلل في الحالتين البقايا الدبالية التي تقاوم الفعل التحللي ، حيث تمنع الظروف اللاهوائية أو تعيق عمل بكتيريا التآزت nitrifiers التي تؤكسد أيون  $\text{NH}_4^+$  إلى أيون  $\text{NO}_3^-$  وهي الصورة النيتروجينية الأكثر ملائمة للامتصاص بواسطة كثير من النباتات.

بكتيريا التآزت Nitrifiers هي بكتيريا تقوم بأكسدة الأمونيوم  $\text{NH}_4^+$  إلى نترات  $\text{NO}_3^-$  على مرحلتين يقوم بكل منها نوع محدد من الكائنات :-  
بكتيريا Nitrosomonas تؤكسد الأمونيا إلى نيتريت  $(\text{NO}_2^-)$  ثم تقوم بكتيريا Nitrobacter بأكسدة النيتريت إلى نترات  $(\text{NO}_3^-)$

وتؤدي عمليات تحلل المادة العضوية ذات نسبة ضيقة من C:N إلى انفراد النيتروجين الميسر للنبات (شكل رقم ٢١) ويتم ذلك في المواد التي بها نسبة C:N أقل من ٢٠ على اعتبار أن ٢٥٪ فقط من الكربون هو الذي يدخل في تركيب أجسام الميكروبات ليعطى نسبة C:N = ٨ والجدول رقم (١٠) يوضح أنه بزيادة نسبة C:N عن ٣٠ يحدث نقص للنيتروجين الميسر في التربة .

جدول رقم : (١٠) تأثير نسبة C:N على انفراد أو نقص النيتروجين  
الميسر للنبات فى التربة

الكربون المنطلق (ملليجرام) CO <sub>2</sub>	النيتروجين المستهلك (ملليجرام)	النيتروجين المنطلق (ملليجرام)	نسبة C : N
٢٨٧	صفر	٢٢,٢	٢٠ : ١
٢٨٠	صفر	٣, -	٢٨ : ١
٢٠٠	٢,٧٥	صفر	٥٠ : ١
١٨٨	٨,٩	صفر	٢٠٠ : ١

ومن الكربون المنطلق على صورة ثانى أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> أثناء التحلل يلاحظ أيضا أن المادة العضوية ذات النسبة الضيقة من ضلجه تتحلل أسرع بنسبة ٥٠٪ عن تلك ذات النسبة الواسعة وهذه لها أهمية تطبيقية من ناحية التسميد الأخضر - green manur ing حيث إنه كلما كانت النباتات صغيرة فى العمر كان معدل تحللها أسرع وينفرد منها كميات أكبر من النيتروجين الميسر للنبات فى التربة .

### مثال عددي محلول :-



واحد طن من البرسيم الحجازى له نسبة C:N = ١٣ يحتوى على :-

٤٠٠ كجم كربون (٤٠٪)

٣١ كجم نيتروجين (نسبة C:N = ١٣)

والكميات التى تتواجد فى أجسام الميكروبات هى :-

١٠٠ كجم كربون (٢٥٪ من الكربون الكلى فى النبات)

١٣ كجم نيتروجين (نسبة C:N = ٨)

وعلى ذلك ، فإنه نتيجة لتحلل الطن الواحد من البرسيم الحجازى يؤدى إلى انطلاق ١٨ كجم نيتروجين (٣١-١٣) ميسر للنبات فى التربة ، هذا بالإضافة إلى النيتروجين الذى ينطلق مرة أخرى عند تحلل أجسام الميكروبات فى التربة .

وتختلف أيضا كميات النيتروجين المنطلقة أثناء التحلل على حسب قوام التربة Soil texture ، ويرجع ذلك إلى اختلاف النشاط الميكروبي ومعدل تحلل المادة العضوية ، حيث نجد أن معدل تحللها فى الأراضى الرملية سريع جدا إذا ما قورن بذلك فى الأراضى الطينية ، ويظهر ذلك جليا فى جدول رقم (١١) .

جدول رقم (١١) : كميات النيتروجين المنفردة سنويا من ثلاث أراضى

مختلفة القوام بها مستويات مختلفة من المادة العضوية

كمية النيتروجين المنفردة (كجسم / فدان)			نسبة المادة العضوية فى القربة %
طينية طينية Clay loam	طينية سلتية Silty loam	طينية رملية Sandy loam	
٦	٨	٢٠	١
١٦	١٨	٤٠	٢
١٨	٢٧	-	٣
٣٠	٣٦	-	٤
٣٦	٤٤	-	٥

هذا ويؤدى التحلل السريع للمادة العضوية فى الأراضى الرملية إلى فقد كبير للنيتروجين المنفرد ، خاصة وأن لهذه الأراضى قدرة منخفضة على الاحتفاظ بالعناصر والمياه .

## فوائد مادة الأرض العضوية Benifits of Soil O.M.

تتعدد فوائد المادة العضوية وتنوع ويمكن حصر بعضها فيما يلي :-

- ١- تعتبر المصدر الرئيسى لمغوالى ٩٠-٩٥٪ من نيتروجين الترب غير السننة كيماريا.
- ٢- تعتبر المصدر الرئيسى لكل من الكيريت والفوسفور الصالحين لامتنصاص النبات بشرط ألا تقل نسبة الدبال فى التربة عن ٢٪.
- ٣- تمد التربة، سواء بطريق مباشر أو غير مباشر - بالمواد اللاصقة التى تؤدى إلى تكوين تجمعات التربة، خاصة تلك المواد السكرية ذات السلاسل الطويلة مثل السكريات العديدة Polysaccharides.
- ٤- تساهم فى السعة التبادلية الكاتيونية ( مقدار المساهمة فى حدود ٣٠-٧٠٪ من الكمية الكلية للكاتيونات ) ، وبالتالي تحفظ المغذيات النباتية للاستخدام الغذائى للنبات، وأيضاً تعمل على تخليص مياه الري الملوثة بالمخلفات من العناصر الثقيلة مثل الرصاص lead والكادميوم Cadmium وغيرها عن طريق ادمصاصها على مواقع التبادل.
- ٥- تعمل على زيادة محتوى التربة من الرطوبة عند السعة الحقلية، وكذلك زيادة الماء الميسر فى الأراضى الرملية . كما تعمل على زيادة تهوية التربة ومعدل مرور الماء من خلال الأراضى نتيجة تكوين التجمعات الأرضية وبالتالي زيادة المسام الواسعة.
- ٦- لها فعل مسخلى Chelating action فى ربط عناصر مثل الحديد والزنك والنحاس والمنغنيز مكونة مركبات ذائبة ، مما يسهل حركة مثل هذه المغذيات فى التربة ، وكذلك زيادة صلاحيتها للنباتات .
- ٧- مصدر كربونى لكثير من السكريات النافعة فى التربة .
- ٨- إذا تركت على سطح التربة، فإنها تحميها من فعل عوامل الانجراف Erosion (مياه الأمطار الساقطة أو جريان المياه على سطح الأرض أو الرياح) . كما تحفظ الرطوبة من التقد السريع، وأيضاً تعمل على حفظ حرارة التربة سواء فى الشتاء أو الصيف .



٩- يتغذى من الجذور الميتة حديثا وكذلك من الميكروبات، في المعلول الأرضى عديد من الفيتامينات والهرمونات ومشتقات النمر ومواد أخرى ظهر أن لبعضها تأثيرات مفيدة على نمو النباتات القائمة، وبالتالي، زيادة محصولها .

حيث تنتج الكائنات الحية الدقيقة في التربة بعض مشتقات النمو Growth Promoters مثل إندول حمض الخليك Indole acetic acid (IAA) وحمض الجبريليك Gibberellic acid وهذه المواد تعمل على زيادة نمو النباتات بصورة غير عادية تشجعة لتنشيط النوات الجذرية ومساعدتها على الانتشار في التربة .

### ٣-٦ العوامل البيئية والأرضية المؤثرة في تحلل المادة العضوية

#### Environmental and Soil factors affecting decomposition of organic matter

هناك مجموعة من العوامل البيئية والأرضية التي تتحكم في معدل تحلل المادة العضوية المضافة للتربة، وبالتالي تؤثر في معدل تراكم الدبال بها وهذه العوامل يمكن تلخيصها فيما يلي :-

#### ١- درجة الحرارة Temperature

يؤدي انخفاض درجة الحرارة إلى الإبطاء من تحلل المادة العضوية مما يعمل على تراكمها، سواء في أو على سطح التربة، وباستمرار الظروف الباردة تنخفض كمية الدبال في التربة لقلة كميات المادة العضوية المنتجة مع ضعف النشاط الميكروبي، ويعمل ارتفاع درجة الحرارة في الصيف الدافئ على زيادة نمو النباتات، وبالتالي زيادة كميات المادة العضوية المضافة إلى الأرض مع زيادة النشاط الميكروبي مما يؤدي إلى تشجيع تكوين الدبال وتراكمه. أما في المناخ الحار فإن معدلات تحلل المادة العضوية المضافة وحتى الدبال تفوق معدلات تراكمها وبالتالي يحدث نقص مستمر، وهذا هو الحال في أراضينا الصحراوية.

#### ٢- رطوبة التربة Soil moisture

يحتاج كل من نمو النبات وتحلل المادة العضوية إلى رطوبة ملائمة، وتعتبر ظروف الرطوبة القريبة أو الأكثر قليلا من السعة الحقلية Field capacity مناسبة لكل من

العمليتين ، ويعمل الجفاف - وكذلك الظروف الغدقة - على تقليل نمو النبات والتحلل الميكروبي (باستثناء الحشائش المائية وكذلك نباتات الأرز التي تنمو تحت الظروف الغدقة) . وعادة تكون الأراضي السيئة الصرف ذات محتوى عالٍ نسبياً من الدبال ، وتتسبب مثل هذه الظروف في تكوين بعض الأراضي العضوية.

### ٣- المغذيات Nutrients :

يؤدي نقص المغذيات - خاصة النيتروجين - إلى خفض نمو النبات بمعدل أكبر من خفض معدل التحلل ؛ لأن الكائنات الدقيقة يمكنها أن تستخدم المغذيات المنفردة من البقايا العضوية قبل أن تمتصها جذور النباتات .

### ٤- رقم حموضة التربة Soil pH :

تنمو معظم الكائنات الدقيقة المعروفة بصورة أفضل عند رقم حموضة من ٦-٨ ، ولكن هذا النمو يشبط تحت رقم ٤.٥ وفوق رقم ٨.٥ ، وتعمل الحموضة الشديدة على تثبيط نمو الميكروب بدرجة أكبر من القلوية الشديدة .

### ٥- قوام التربة Soil texture :

تميل الأراضي ذات المحتوى العالى من معادن الطين إلى مسك كميات كبيرة من الدبال، وترتبط معظم المركبات العضوية بالأسطح المعدنية ، وخاصة معادن الطين، بروابط كثيرة الأنواع، وأكثر مواقع الارتباط فعالية - سواء على المعادن أو على الدبال - هي روابط  $-O_2$ ,  $-OH$ ,  $-Al-OH$ ,  $-Fe-OH$  وكذلك مواقع التبادل الكاتيوني للمعادن ، وأيضاً مجاميع  $-NH_3^+$ ,  $-SH$ ,  $-OH$ ,  $-COOH$  للمواد العضوية ، وعندما تدمص الجزيئات الزيتية أو الشمعية تصحح التربة نافرة للماء نتيجة لتغليفه لجزء التربة الصلب .

### ٦- عوامل أخرى :

تعمل المستويات السامة لبعض العناصر - مثل الألومنيوم، والمنجنيز، واليورون، والسلينيوم ، والكلوريد الواسلة للتربة ، كملوثات ، وكذلك الملوحة الزائدة - على تثبيط عملية التحلل.

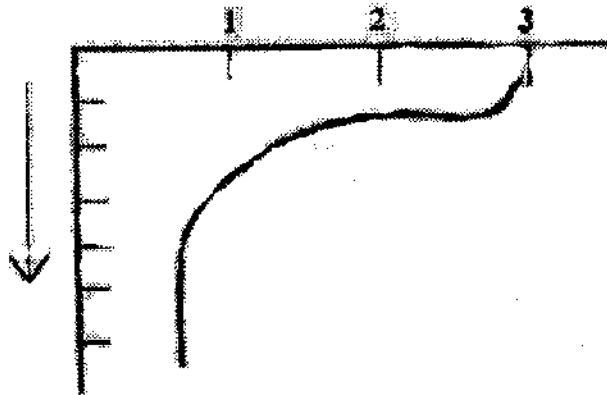
كما يعتبر نوع البقايا النباتية من العوامل الهامة فى عملية التحلل، حيث تكون بقايا النباتات البقولية سهلة فى التحلل عن بقايا الحشائش أو النباتات النجيلية، وعلى ذلك نرى أن تراكم المادة العضوية فى التربة يتأثر بالعوامل السابق ذكرها إضافة إلى درجة الخلط داخل التربة لأن عملية الخلط الجيد بالتربة تسرع من عملية التحلل وتقلل من التراكم.

?

سؤال : ماهر اتجاه توزيع المادة العضوية فى القطاع الأرضى حسب توقعك؟

الحل : تبلغ المادة العضوية أعلى نسبة لها فى الطبقة السطحية من القطاع الأرضى ، وهى طبقة انتشار الجذور الكثيفة، ثم يقل المحتوى العضوى بزيادة العمق فى القطاع الأرضى بصورة حادة إلى أقل نسبة لها، و تكون ناتجة أساسا من الكائنات الحية فى التربة .

نسبة المادة العضوية



### ٣-٧ تدوير المادة العضوية Recycling of organic matter

يجب فى معظم الحالات ، ترك بقايا المحاصيل أو إعادتها للتربة لما لها من فوائد عظيمة كما سبق ذكره ، وتظهر هذه الفوائد فقط إذا كانت البقايا العضوية سهلة التحلل بدرجة معقولة مع إضافتها بصورة منتظمة ، حيث إن البقايا البطيئة التحلل يكون أفراد المغذيات منها بطيئا ، والأهم من ذلك تكون كمية المواد اللاحمة الناتجة عن تحللها قليلة، إضافة إلى تحلل هذه المواد اللاحمة باستمرار، مما يؤدي إلى فقد معظم البناء الأرضى فى خلال سنة تقريبا. وعليه فلا بد من إمداد التربة بالإضافات العضوية الطازجة بصورة منتظمة ومستمرة للمحافظة على إنتاج مثل هذه المواد اللاحمة، وكذلك إنتاج المغذيات النباتية.

وتفقد معظم الأراضى المنتجة للمحاصيل الرئيسية مادتها العضوية بمعدل ١-٢٪ سنويا نتيجة تعرضها لعمليات الحراثة Tillage operations والتي هى عملية إثارة وتفكيك وتقليب الطبقة السطحية من التربة لجعلها فى حالة جيدة من حيث التهوية وقدرتها على الاحتفاظ بالماء وهذه العمليات هى الحرث والعزيق والترحيف.

ويمكن تعويض الفقد فى المادة العضوية عن طريق زراعتها ببعض المحاصيل الخضرية مثل البرسيم الحجازى وتطبيق دورات محصولية متضمنة البقوليات أو زراعة الحشائش فى المروج الخضراء مما يضيف مادة عضوية بديلة للنسب المفقودة . وقد لا يكون إتباع دورة محصولية تلائم هذا الغرض مفيدا من الناحية الاقتصادية ، ولذا فيمكن اتباع طرق خدمة يقل فيها عدد مرات الحرث Conservation tillage كأن تترك بقايا المحاصيل على سطح التربة، أو زراعة محاصيل شتوية كثيفة مثل القمح والشعير، وأيضا يمكن زراعة محاصيل بدون إجراء عملية حرث وفى وجود بقايا المحاصيل المتروكة على سطح التربة . وبذا تقلل من تكاليف الحرث وكذلك تبقى على كميات كبيرة من المادة العضوية، مع تحسين صفات سطح التربة . وهذه العملية (Conservation tillage) تمكننا أيضا من زراعة أكثر من محصول فى السنة مما يزيد من كمية البقايا النباتية سنويا.

لم يقدر المستوى الأمثل للمادة العضوية الذى يجب الوصول إليه فى كل تربة على حدة ، حيث ينشأ عن الأراضى المختلفة تحت الظروف المناخية والنباتية المتباينة حشد كبير من الظروف البيئية التى تؤدي إلى اختلاف الحد الأمثل للمادة العضوية الذى يلائم كل

حالة على حده.

ويدل المدى الواسع لتركيزات المادة العضوية فى الترب المختلفة على الاختلافات الكبيرة التى تحدث حتى داخل القوام Texture الواحد أو فى منطقة واحدة . وبعض التركيب المحصولية تتسبب فى حدوث تغيرات كبيرة فى المادة العضوية إذا ما قورنت بتراكيب محصولية أخرى لذات نفس التربة أو نفس المنطقة، كما يؤثر حرث التربة أيضا على مستوى المادة العضوية فيها كما ذكرنا آنفا .

وعموما فإن الأراضى ذات مستويات المادة العضوية التى تقع بين ٣-٨٪ أو أكثر يكون أداء وفور النبات فيها جيدا . ولكن الوصول إلى هذه الحدود أو المستويات يخضع لإعتبارات كثيرة منها التكلفة النقدية ونوع البقايا العضوية وطريقة الإضافة وخلافه حتى تتحلل إلى صورتها النهائية.



### مثال محلول :

فى حالة التسميد العضوى الأخضر بزراعة برسيم حجازى تحت نظام رى بالرش فإن ما ينتجه القدان من المادة الخضراء حوالى ٨ طن/قدان .  
وبافتراض أن نسبة المادة الجافة ٢٠٪ فإن ما يضاف للقدان يعادل ١.٥ طن/قدان مادة جافة وإذا علمنا أن وزن عمق ١٥ سم لقدان يعادل ١٠٠٠ طن فإن نسبة المادة العضوية ترتفع فى ال ١٥ سم السطحية بما يعادل نسبة ١٥٪ وهى نسبة ضئيلة إلا أنها حيوية وهامة، ولكنها لا تمكث فى الأرض طويلا حيث تتحلل بسرعة. ولذا يتطلب ذلك تكرار الإضافة بين كل محصول وآخر .

ويمكن القول بأنه يجب إعادة كل البقايا المحصولية إلى التربة عن طريق قلبها (دفنها) بالتربة بدلا من حرقها لأن ذلك سوف يؤدي إضافة إلى ماسبق ذكره من فوائد إلى إضافة كميات ضئيلة من الأسمدة الكيماوية المرتفعة الثمن مما يحقق الجدوى الاقتصادية لإنتاج أقصى محصول ممكن، ومن هنا تكونت فكرة الزراعة العضوية للحد من استخدام كميات كبيرة من الاسمدة المعدنية وما يترتب عليه من تلوث للبيئة .

## ٣-٨ الزراعة العضوية فى الأراضي الصحراوية المصرية

## Organic Farming Techniques

تتميز الأراضي الصحراوية بإنخفاض نسبة مادتها العضوية إلى الحد الذى يصل إلى درجة الانعدام فى كثير من الأحيان وذلك لندرة مصادرها العضوية والمتمثلة أساسا فى مخلفات النباتات الطبيعية للبيئة الصحراوية والتي تسمى الزيروفيتات Xerophytes هذا من ناحية ، بالإضافة إلى الظروف المناخية القاسية من حيث ارتفاع متوسط درجة الحرارة مما يسبب تحللاً سريعاً جداً لهذه البقايا النباتية والذي يسمى فى كثير من الأحيان عملية حرق للمادة العضوية نظراً لسرعته وشدته ، وعلى ذلك فلا بد من العمل على رفع نسبة المادة الخصبية فى هذه الأراضي عند استغلالها زراعياً ؛ لما لذلك من عظيم الفائدة على تحسين مواصفات التربة الفيزيائية والكيميائية وأيضاً الخصوبية ، ولذا يجب إتباع شتى الوسائل التى من شأنها إضافة مادة عضوية إلى التربة الرملية ومنها:-

١- زراعة نباتات حولية خضرية حول جور الأشجار القائمة ، ويمكن أيضاً زراعة البرسيم الحجازى ، وذلك لضمان مصدر دائم للمادة العضوية الطازجة.

٢- استغلال النباتات الطبيعية فى رفع المادة العضوية عن طريق حرثها فى التربة.

٣- تدوير المادة العضوية فى التربة ، ويتم ذلك عن طريق ترك جميع البقايا النباتية لمختلف الأشجار والمحاصيل والخضروات ودفنها سطحياً بالتربة أو عمل كومبات قبل إضافتها ، وتصنيع الكمبوست فى داخل المزرعة .

٤- استخدام مخلفات الإنتاج الحيوانى بمختلف أنواعه فى تسميد جور الأشجار عضوياً لزيادة محتواها من العناصر الغذائية النادرة .

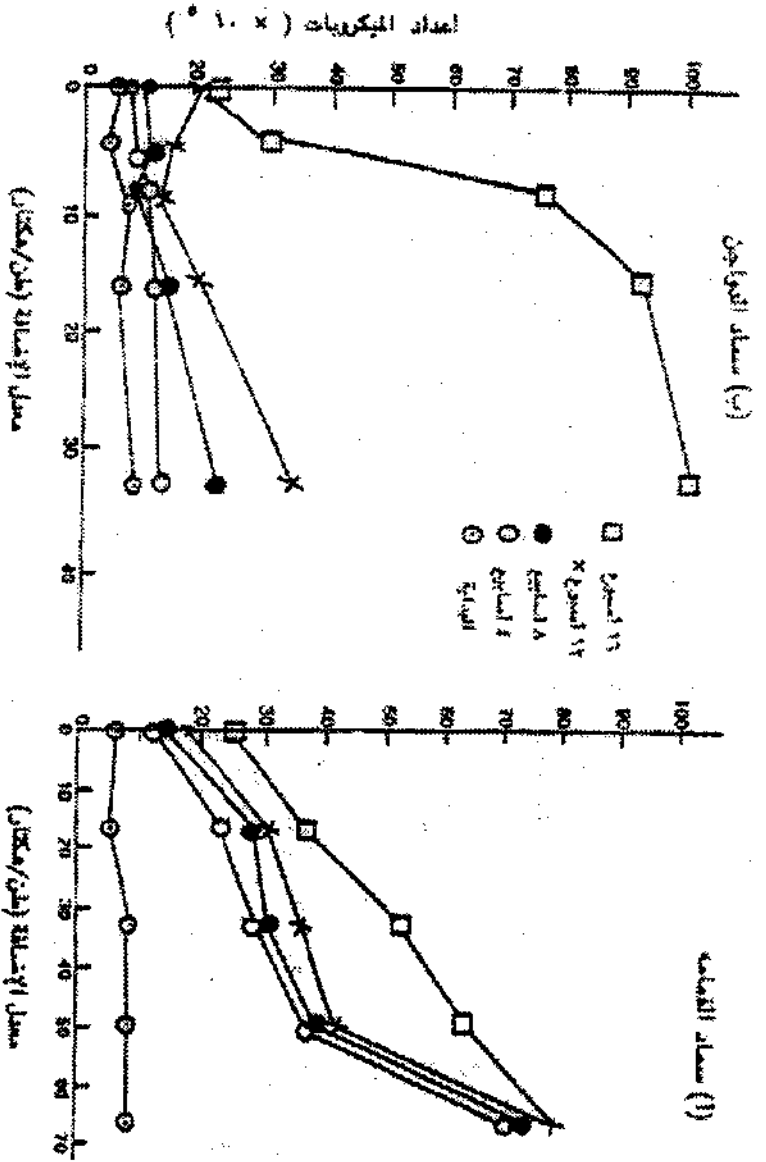
ولقد أكدت نتائج العديد من التجارب والدراسات الحقلية الآثار الإيجابية لإضافات الأسمدة العضوية متمثلة فى سمدى الدواجن والقمامة ، فلقد ازدادت أعداد الميكروبات المفيدة زراعياً فى الأراضي الرملية الصحراوية مع زيادة معدل إضافة سمدى الدواجن Chicken manure والقمامة Municipal refuse ظهر بصورة واضحة بعد الأسبوع السادس عشر من الإضافة .

وقد كان معدل الإضافة الاقتصادية هو ١٦ ، ٣٣ طن / هكتار من السمادين على التوالى، (شكل ٢٢).

- وقد أكدت نتائج إضافة هذه الأسمدة للتربة الرملية الصحراوية حدوث زيادة ملموسة فى نسبة تجمعات التربة الكبيرة الثابتة (٥-٢ ، ٢-١م) نتيجة تكوين معقدات التربة (العضوية - المعدنية) وثباتها والذي انعكس على مقاومة التربة الرملية المعاملة بالإضافات العضوية لعمليات الانجراف بالرياح والسيول فى بعض الأحيان وقد أدى ذلك إلى ثبات سطح التربة وبناء القطاع الأرضى المنشود.

- وقد أدى إضافة سماد الدواجن إلى الأراضى الرملية الصحراوية المنزرعة بمحصول القمح تحت نظام الرى بالرش المحورى إلى زيادة امتصاص كل من النيتروجين والفوسفور وانعكس ذلك على زيادة محصول القمح كما ونوعا (محصول الحبوب والقش ومحتوى البروتين فى الحبوب)، وكان أعلى عائد لمحصول الحبوب اقتصادياً عند مستوى إضافة ١٦ طن / هكتار.

- ومن ناحية دراسة معدل تحلل هذه الأسمدة العضوية والأثر المتبقى لإضافتها وجد أن حوالى ١٥٪ ، ٥٠٪ تم تحللها من سمادى القمامة وسماد الدواجن على التوالى وذلك خلال الموسم الأول من زراعة القمح، وهذه النتيجة تؤكد مدى الأثر المتبقى من هذه الأسمدة لتلبية بعض الاحتياجات السمادية لمحاصيل المواسم التالية .



هكذا رقم: (٧٦) العلاقة بين عمق التربة إضافة الأسمدة العضوية وأسماط  
 الميكروبات (الناطقة) على فترات زمنية تحت ظروف الأراضى الرملية المسحو أوبه





## ٣-٩ ملخص الباب الثالث

- \* المادة العضوية فى الأرض هى كل ماتحتويه التربة من بقايا عضوية ، سواء من أصل نباتى أو حيوانى أو كائنات دقيقة سواء طازجة أو متحللة .
- \* دبال التربة هو أهم مكونات المادة العضوية وأكثرها فعالية ، حيث يعتبر المركبات المتبقية بعد عمليات التحلل للبقايا العضوية الطازجة ، ومكوناته الرئيسية هى : حمض الفلنيك ، حمض الهيوميك والهيومين ، والتي يمكن استخلاصها بالإذابة فى القلويات و الأحماض المخففة .
- \* يرجع النشاط السطحي العالى للدبال إلى وجود مجموعات فعالة تعتبر مراكز للتفاعلات السطحية المختلفة ، وهذه المجموعات هى الكاربوكسيل ، الهيدروكسيل والأميد ، بالإضافة إلى مجموعات الكيتو والاستر .
- \* تفاعلات تحلل المادة العضوية فى التربة هى أساسا تفاعلات إنزيمية ، حيث يقوم كل إنزيم بدور متخصص فى خفض طاقة التنشيط لرابطة كيميائية محددة فى مركب معقد ، مما يؤدي إلى هدمه وتحزنته إلى مركبات أبسط ، ويكون دور الإنزيم فى هذه التفاعلات بمثابة العامل المساعد .
- \* العامل الرئيسى الذى يتحكم فى مسار تحلل المادة العضوية هو نسبة C:N ، وأن تحلل المواد العضوية ذات النسبة ٢٠ أو أقل يصاحبه تيسر للنتروجين فى التربة ، أما تحلل المواد ذات النسب الأكثر من ذلك فيصاحبه إستهلاك للنتروجين فى التربة ويعتبر منافسا للنبات .
- \* أهم العوامل البيئية والأرضية المؤثرة على تحلل المادة العضوية هى : درجة الحرارة ، نسبة الرطوبة فى التربة ، توافر العناصر الغذائية ، رقم حموضة التربة ، قوام التربة وتواجد مواد سامه أو مثبطة للنشاط الميكروبي .
- \* للمادة العضوية فى الأرض دور أساسى فى توفير الكثير من العناصر الغذائية

المبسرة، وبالتالي زياده خصوبة التربة ، كما تعمل على تحسين الصفات الفيزيائية للتربة عن طريق تكوين التجمعات الثابتة ، وكذلك تعمل على تقييد الكثير من الملوثات التى تصل إلى التربة ، إلى جانب تحسين الصفات الكيميائية والبيولوجية لها .

\* يحدث استهلاك سريع للمادة العضوية بمعدل ٢ / سنويا ، وبالتالي فلابد من تعويض الفقد عن طريق تدوير المخلفات العضوية ، مثل بقايا المحاصيل والأسمدة العضوية أو التسميد الأخضر ، وخاصة فى الاراضى خفيفة القوام .

\* الأراضى الصحراوية فقيرة جدا فى المادة العضوية ، ولذا فإن استزراعها يستلزم توفير نسبة منها فى التربة عن طريق الإضافة التى يمكن أن تتوافر من كافة المصادر البيئية المتاحة ، مهما كانت الكمية المضافة منها قليلة ، لما لها من تأثير مباشر على إنتاجية المزروعات .

\* الزراعة العضوية هى الأسلوب الامثل فى استزراع الأراضى الصحراوية للحفاظ على البيئة وتجنب استخدام الكيماويات الزراعية من الأسمدة والمبيدات .

[?]

## ٣-١٠ أسئلة الباب الثالث

١- اشرح لماذا يزيد محتوى المادة العضوية فى الاراضى الطينية عنها فى الإراضى الرملية تحت نفس الظروف المناخية .

٢- ما هى الصفات الكيميائية للذبال الذى يجعله ذا أهمية كبيرة للأرض ؟

٣- تكلم عن دور المادة العضوية فى تحسين الصفات الكيميائية والخصوية والفيزيائية والحوية للأرض .

٤- اكتب الرموز الكيميائية للمجموعات الفعالة التالية :-

- Carboxyl (acid) .....

- Hydroxyl .....

- Carboxyl (Keto) .....

- Amide .....

٥- اختر الإجابة الصحيحة :-

أ- مكونات المادة العضوية الذاتية فى محلول مخفف من الصودا الكاوية هى المكونات التالية ما عدا :-

(١)- الهيومين (٢)- حمض الفلتيك (٣)- حمض الهيوميك

ب - يقوم إنزيم الـ protease بتكسير وتحليل :-

(١)- السليلوز (٢)- النشويات (٣) البروتين (٤) اليوريا

ج- تقدر كمية النيتروجين المنسفر من تحليل ١ / مادة عضوية فى أرض رملية بحوالى :-

(١) ٦ كجم / فدان (٢) ٢٠ كجم / فدان (٣) ١٠ كجم / فدان

د- أسرع البقايا النباتية الآتية تحللا فى التربة هى :-

(١) نشارة الخشب (٢) سيقان الذرة (٣) البرسيم

د- السعة التبادلية الكاتيونية للنبال التربة يساوى تقريبا :-

(١) ٤٠ ملليمكافى / ١٠٠ جم (٢) ٨٠ ملليمكافى / ١٠٠ جم (٣) ٢٠٠ ملليمكافى / ١٠٠ جم

و- يحدث انفراط لتركيبات النيتروجين عند تحليل مادة عضوية ذات نسبة بين الكربون والنيتروجين أقل من :-

(١) ٢٠ (٢) ٣٠ (٣) ٨٠

القسم الثالث

الباب الرابع : التبادل الأيوني فى الأرض



## الباب الرابع

### التبادل الأيونى فى الأراضى

### Ion - Exchange in Soils

#### الأهداف :

- بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :
- ١- يستنتج أهمية التبادل الأيونى فى الأرض .
  - ٢- يحدد مسببات ومظاهر التبادل الأيونى فى الأرض .
  - ٣- يذكر المكونات الفعالة فى التبادل الكاتيونى فى التربة .
  - ٤- يحسب السعة التبادلية الكاتيونية للأرض بمعرفة النسب المثوية لمكوناتها .
  - ٥- يضع تصوراً لتوزيع الأيونات المتبادلة فى الطبقة الكهربائية المزدوجة .
  - ٦- يستنتج أن تفاعلات التبادل الأيونى هى تفاعلات عكسية وسريعة .
  - ٧- يعبر بالمعادلات الكيميائية عن التبادل الأيونى لبعض العناصر والمواد فى الأرض بدون أخطاء .
  - ٨- يحدد العوامل التى تؤثر على التبادل الأيونى فى الأراضى .
  - ٩- يعلل حدوث بعض الظواهر المرتبطة بالتبادل الأيونى فى الأراضى .
  - ١٠- يستنتج العلاقة بين الأدمصاص السالب والتلوث الناتج عن الأسمدة النتراتية .
  - ١١- يحسب كمية البوتاسيوم المتبادل فى الطبقة السطحية للفدان ومدى الحاجة للتسميد البوتاسى .
  - ١٢- يعرف المصطلحات العلمية الواردة ذات الصلة بظاهرة التبادل الأيونى فى الأراضى بدون أخطاء .

العناصر :

- ١- التبادل الأيونى ومظاهره .
- ٢- مسببات التبادل الأيونى فى الأرض .
- ٣- تغير السعة التبادلية الكاتيونية بتغير رقم الحموضة .
- ٤- نوعيات الأيونات المتبادلة والسعة التبادلية .
- ٥- الطبقة الكهربية المزدوجة .
- ٦- معادلات التبادل الأيونى .
- ٧- العوامل التى تؤثر على التبادل الأيونى .
- ٨- الأدمصاص السالب والتبادل الأيونى .
- ٩- التبادل بين الأطوار الصلبة .
- ١٠- تطبيقات التبادل الأيونى فى المجالات الزراعية .
- ١١- ملخص الباب الرابع .
- ١٢- أسئلة الباب الرابع .

## الباب الرابع

### التبادل الأيونى فى الأراضى

### Ion - Exchange in Soils

#### ٤-١ التبادل الأيونى ومظاهره :

التبادل الأيونى هو أحد الظواهر الرئيسيه لكثير من تفاعلات التربة العكسية reversible reaction التى يتم بواسطتها تبادل الكاتيونات والأنيونات بين كل من الطور الصلب والطور السائل من التربة، فإذا كان التبادل للأيونات الموجبة سمي بالتبادل الكاتيونى Cation exchange وإذا حدث التبادل للأيونات السالبة سمي بالتبادل الأنيونى Anion exchange ، ويتم اثناء التبادل عمليتان هما :-

أ- ادمصاص الأيونات Ion Adsorption وفيه يتم مسك الأيونات على أسطح معقد التبادل المحملة بشحنات مخالفة لشحنة هذه الأيونات .

ب- انطلاق الأيونات Ion Adsorption وهى عملية خروج الأيونات المسوكة على مواقع التبادل إلى المحلول الأرضى ، نتيجة الإحلال بأيونات أخرى . وهى عكس العملية الأولى.

ومن المعروف أن التربة غير متجانسة وتتكون من عدة أطوار أساسيه هى الطور الصلب والطور السائل والطور الغازى ، وتختلف نسب هذه الأطوار من تربه إلى أخرى. ونجد أن الطور الصلب يحتوى على معادن أولية ومعادن طين وأكاسيد متأدرته جنبا إلى جنب مع المواد العضوية والكائنات الأرضية الحية مكونا بذلك ، أيضا ، خليطاً من الحبيبات المنفردة أو المتجمعة. وفى هذا النظام غير المتجانس يلعب المحلول الأرضى دورا رئيسيا كوسط لحدوث التفاعلات الكيميائية بين المكونات المختلفة للطور الصلب، وكذلك بين الأطوار بعضها البعض ، ويسرع من حدوث هذه التفاعلات لأن معظمها من النوع الخاص بالتبادل الأيونى والذي يحدث بسرعة كبيرة ( انظر الشكل رقم ٢٢ A,B).





وتحتوى سطوح غرويات التربة على مواقع عديدة حاملة لشحنات سالبة غير متعادلة ناتجة عن عمليات الإحلال المتماثل ، وعليه فالأيونات موجبة الشحنة تدمص على مواقع هذه الشحنات السالبة بواسطة قوى كولومب Coulombic Forces للتجاذب الأليكتروستاتيكي ، وهذه الكاتيونات المدمصة تقاوم عملية انتزاعها من على سطوح غرويات التربة بواسطة الغسيل بالمياه. ولكن يمكن أن تستبدل عن طريق إحلالها بكاتيونات أخرى فى محلول التربة حسب قانون فعل الكتلة.

### تعريفات:

- \* أيونات مدمصة Adsorbed ions: هي الأيونات المسوكة على معقد تبادل يحمل شحنات مخالفة لها.
- \* انطلاق أو تحرر الأيونات Desorption of ions: هي عملية خروج الأيونات من على معقد التبادل وانطلاقها إلى المحلول الأرضى ، وذلك عن طريق الإحلال بأيونات أخرى.
- \* قوى كولومب Coulombic Forces: هي قوى الجذب الإليكتروستاتيكي بين الأيونات الموجبة والأسطح المحملة بالشحنات السالبة.
- \* الغروى Colloid: هي جسيمات دقيقة مشحونة الأسطح أقطارها أقل من ١ مم وتنتشر فى وسط الانتشار الذى عادة ما يكون الماء ، ويكون النظام الغروى ثابتاً عندما تغيب المواد الممجة مثل الأيونات عديدة التكافؤ.

وتعتبر عملية التبادل الكاتيوني من أهم التفاعلات فى مجال خصوبه التربة، وتصحيح حموضة وقلوية التربة، وفى تغيير خواص التربة الفيزيائية وكذلك فى ميكانيكيات تنقية وتغيير المياه الراشحة، كما تعتبر الصورة المتبادلة للمغذيات النباتية للكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيم من أهم المصادر لتأمين احتياجات النبات من هذه العناصر، ويلاحظ أن هناك حالة من الاتزان بين صورة العنصر الذائبة فى محلول التربة والأخرى المتبادلة على معقد التبادل، فأى تغيير فى تركيز الصورة الذائبة لا بد أن يتبعه تغير فى الصورة المتبادلة لذات العنصر مما يؤدي إلى حدوث تغير فى نسب تواجد الأيونات المتبادلة بالنسبة لبعضها البعض.

والشكل (٢٤ A,B) يوضح توزيع الشحنات على غروى التربة وكذلك فى

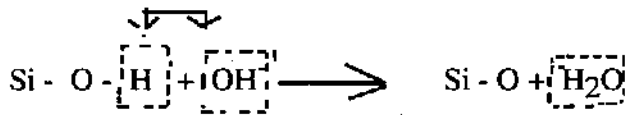
محلولها.

## ٤-٢ مسيبيات التبادل الأيونى فى الأرض:

من الدراسات العديدة التى أجريت على الأرض ، أصبح من المعروف أن خاصية التبادل الأيونى ترجع أساسا إلى مجموعتى الطين والسلت (أقل من ٢٠ ميكرون) وكذلك إلى المادة العضوية التى تساهم بدور كبير فى التبادل الأيونى للأرض، بالإضافة إلى المواد الغروية غير العضوية الأخرى. وتظهر حبيبات التربة الخاصية الامفوتيرية بحيث تستطيع أن ترتبط بالكاتيونات والأنيونات؛ وذلك لاحتوائها على مواقع موجبة الشحنة وأخرى سالبة الشحنة وإن كانت الشحنة النهائية لهذه الحبيبات سالبة، ويمكن التعرف على ذلك بواسطة معرفة اتجاه الهجرة فى مجال كهربى (Electrophoresis) وتظهر هذه الشحنة السالبة نتيجة سبين أساسيين:-

(١) حدوث الإحلال المتماثل فى البناء الذرى للمعادن (كما سبق إيضاحه فى الباب الثانى)

(٢) حدوث تأين لمجموعات الأيدروكسيل المرتبط بالسليكون فى وحدات السليكا الرباعية المعرضة للسطح بنفس الطريقة التى تحدث فى حامض السيليك.

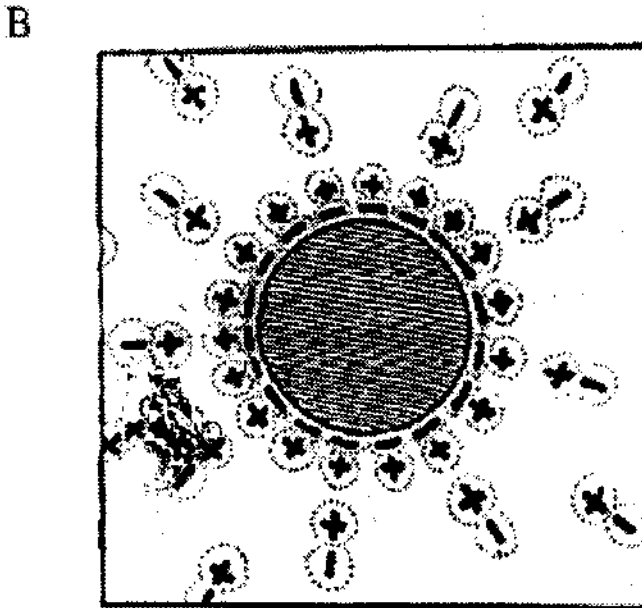
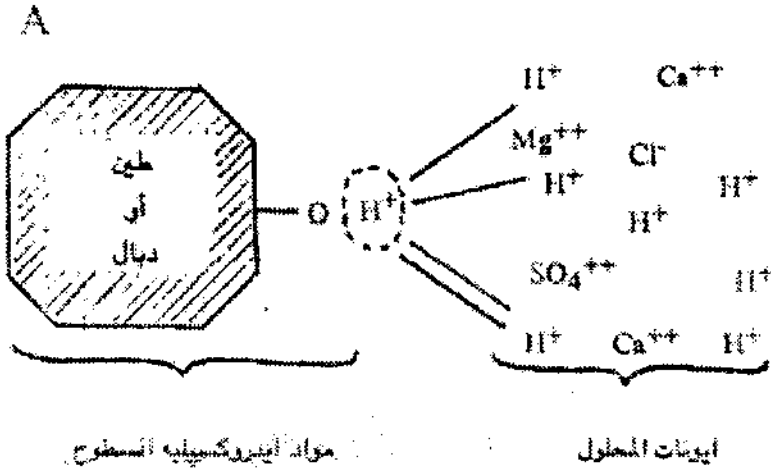


والشحنة السالبة الناتجة من الإحلال تكون منتظمة التوزيع على أسطح الحبيبات، بينما تتركز الشحنات السالبة الناشئة عن مجموعات الأيدروكسيل على الأحرف وأركان الحبيبات الطبقية، وتنشأ الشحنات السالبة أيضا من حامض الهيمويك (من مجموعات -OH<sub>2</sub>-COOH) وكذلك من حامض الفوسفوريك والسيليك المدمصة على أسطح حبيبات الطين. وتختلف كمية الشحنات السالبة فى التربة وكذلك طريقة نشأتها على حسب:

(١) التركيب المعدنى (٢) التوزيع الحجمى للحبيبات (٣) حالة المادة العضوية ودرجة تحللها.

وكما أشرنا من قبل ، فإن حبيبات الطين تحمل أيضا مواقع لها شحنة موجبة وهذا ناشئ من أكاسيد الحديد والألمنيوم والمنجنيز المتأدرة وكذلك من الأيونات الأوكشايدرالية المعرضة والتى ترتبط بالبروتون من الوسط المحيط وتنتج عنها شحنة موجبة .

ولقد أمكن اكتشاف وجود الشحنات السالبة والموجبة على أسطح الطين وذلك بواسطة ادمصاص غروى الذهب السالب على الأحرف الخارجية لحبيبات معدن طين الكاولينيت عند فحصها بالميكروسكوب الإلكتروني .



شكل رقم (٢٤): يوضح توزيع ونوع الشحنة على غروى التربة وفى محلول التربة

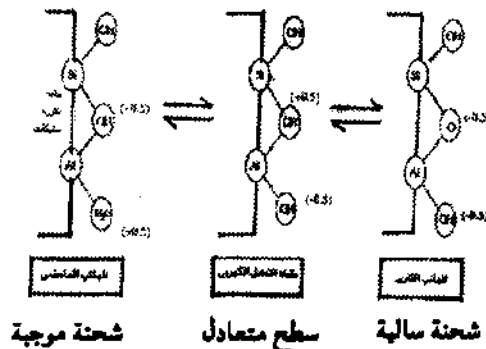
## ٣-٤ تغير السعة التبادلية الكاتيونية بتغير رقم الحموضة

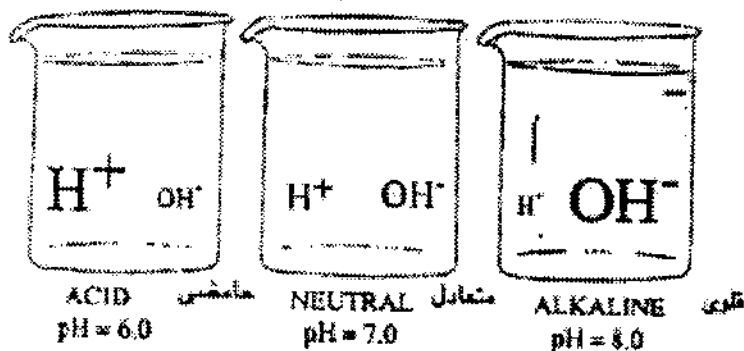
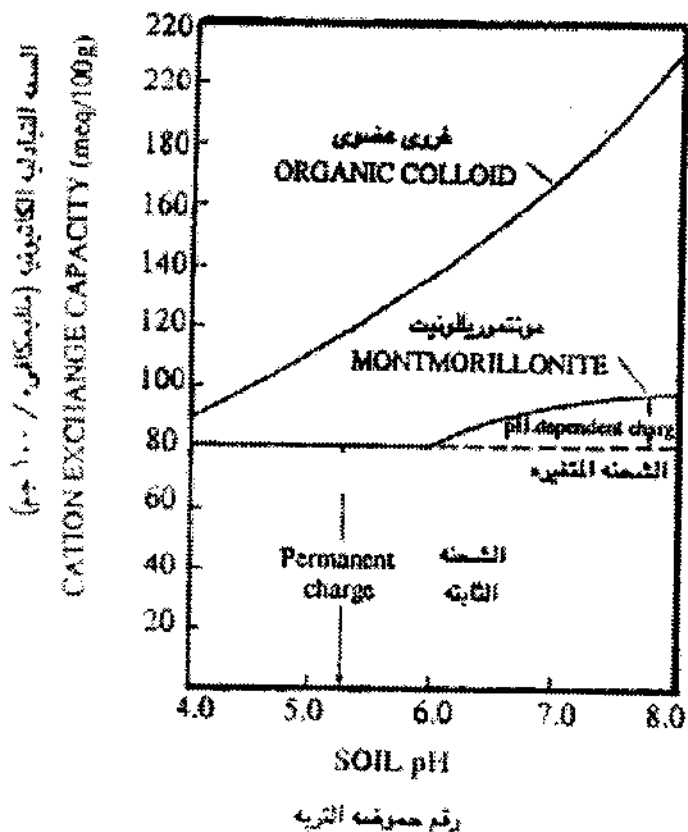
## pH - Dependent CEC

تتغير السعة التبادلية الكاتيونية للتربة بتغير رقم حموضة الوسط خاصة للمعادن التى لا تنشأ الشحنت السالبة بها من الإحلال التماثل بكمية محسوسة مثلما فى معادن مجموعة الكاؤولينيت والأكاسيد السداسية والتى تنشأ معظم شحنتها من الروابط غير المشبعة على الأحرف المكسرة Broken edges - وعلى ذلك فإن تغير رقم الحموضة يؤثر بدرجة كبيرة على السعة التبادلية الأيونية للأراضى التى يسود بها معادن الكاؤولينيت والأكاسيد السداسية ، بينما يكون التغير محدوداً فى الأراضى التى يسود بها معدن المونتوريللونيت ، حيث إن حوالى ٩٠٪ من مصدر شحنته السالبة يرجع إلى الإحلال التماثل فى شبكته البللورية وهذا الجزء يسمى بالشحنة الدائمة Permanent charge والتى تتواجد أيضا فى معادن الفرميكيوليت والأيليت حيث لا تتعدى الشحنة المتغيرة بها pH-dependent charge عن ١٠٪ من مجموع الشحنت على اسطح حبيباتها .

والشكل رقم (٢٥) يوضح أن معظم الشحنت الموجودة فى معادن المونتوريللونيت والفرميكيوليت والأيليت هى شحنة دائمة نشأت من الإحلال التماثل ، أما الشحنة المتوقفة على رقم حموضة البيئة فتمثل الجزء الأكبر من السعة التبادلية الكاتيونية للكاؤولينيت والأكاسيد السداسية والديبال .

ونقص محصلة الشحنة السالبة عند pH أقل من ٦ ليس راجعاً إلى نقص مقدار الشحنت السالبة نفسها ولكن يرجع إلى زيادة الشحنت الموجبة حتى إنه عند رقم حموضة معين تتواجد شحنت موجبة مساوية فى مقدارها للشحنت السالب وتصبح حبيبة الطين فى مجملها متعادلة كهربائياً ، ويطلق على رقم الحموضة الذى يحدث عنده ذلك نقطة التعادل الكهربي Isoelectric Point. ويمكن توضيح ذلك فى المخطط التالى:-





شكل رقم (٢٥) أثر حموضة بيئة التربة على قيم مراكز الشحنات السالبة فيها

## تعريفات :

\* شحنات الأحرف المكسرة Broken Edges charges : هى مواقع الشحنات سواء أكانت السالبة أو الموجبة الناتجة عن الروابط غير المشبعة والمعرضة على الأسطح أو الأحرف النهائية للتركيب الشبكي أو نتيجة لوجود تشوهات أو عيوب بللورية.

الشحنة الدائمة Permanent charge تعبر عن الشحنات السالبة التى تنتج عن الإحلال المتماثل للأيونات داخل الشبكة البللورية.

نقطة التعادل الكهربى Isoelectric Point هى درجة حموضة الوسط pH التى عندها تتعادل الشحنات السالبة مع الشحنات الموجبة لحبيبات التربة.

وتختلف مكونات التربة فى نقطه التعادل الكهربى لها على حسب التركيب المعدنى لها كما يتضح من القيم التالية:-

نقطة التعادل الكهربى	المعدن
٦.٥	كازوليت
٨.١	هيدروكسيد الومنيوم
٧.١	هيدروكسيد حديدك
٧.٠	جيتايت
٨.٦	أوكسيد الومنيوم

## ٤-٤ نوعيات الأيونات المتبادلة والسعة التبادلية :

تتعادل الشحنات المتواجدة على حبيبات التربة بواسطة كمية مكافئة من الأيونات المضادة فى الشحنة والتى يطلق عليها أيونات متبادله ، وهى ترتبط بالسطح أساسا عن طريق قوى كولومب الكهربائية بالإضافة إلى قوى فان دير فال التى تزيد أيضا من التجاذب الكهربى بين هذه الأيونات والشحنات السطحية.

والأيونات الشائعة التبادل فى الأراضى هى  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Mg}^{2+}$  ويختلف الأيون السائد فى عملية التبادل من أرض إلى أخرى على حسب الظروف المحيطة ، وفى الأراضى الحامضية تتكون الأيونات المحيطة أساسا من  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ ، وتزداد كمياتها بزيادة انخفاض ال pH ، بينما فى الأراضى القاعدية (القلوية) تسود أيونات الصوديوم المتبادلة.

وتختلف مقدرة التربة على تبادل الكاتيونات والأنيونات ويتوقف ذلك على محتواها من الطين والمادة العضوية والتركييب المعدنى لها.

وتعرف السعة التبادلية الكاتيونية CEC بأنها كمية الكاتيونات المتبادلة مقدرة بالمليمكافئات. لكل ١٠٠ جرام من التربة أو الطين عند درجة  $\text{pH} = 7$  أو أى درجة  $\text{pH}$  مناسبة ويتوقف ذلك على الظروف السائدة والطريقة المستخدمة فى التقدير، وتتراوح قيم ال CEC للأراضى المعدنية بين عدة مليمكافئات الى ٥٠ أو ٦٠ مليمكافى/جم. وفى الأراضى العضوية تصل إلى ٢٠٠ مليمكافى/جم.

والأراضى الغنية فى الدبال والمونتموريللونيت يصبح لها قيم مرتفعة للسعة التبادلية الكاتيونية. وعليه فمن السهل التوقع بأن بعض الأراضى الرملية أو بعض أراضى المناطق الاستوائية ذات النسب العالية من الأكاسيد السداسية فى حبيبات مجموعة الطين تصبح ذات خواص خصوية ضعيفة نظرا لقيم ساعاتها التبادلية والتي لا تتعدى مليمكافئات قليلة. وعلى العكس فإن طين المناطق الباردة الغنى فى الدبال ذى السعة التبادلية الكاتيونية من ٤٠ - ٦٠ مليمكافى/جم يستطيع إمتسك كمية كبيرة من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم.

وبعض الأراضى لها سعة تبادلية كاتيونية تتراوح من ١٥-٢٥ مليمكافى/جم حيث نجد أنه فى الأراضى المتعادلة يحتل الكالسيوم ٦٠٪ من مراكز التبادل المتاحة (٩-١٥ مليمكافى/كالمسيوم). ويصبح للطبقات العميقة من الأرض نفس الكميات من الكالسيوم المتبادل. كما هو الحال فى أراضى المناطق الجافة (رقم الحموضة أكبر من ٧) حيث تحتوى فى عمق ٩٠ سم السطحية على كمية من الكاتيونات المتبادلة تصل إلى ١٠٠٠٠ كجم من الكالسيوم/ فدان، ١٢٠٠ كجم من البوتاسيم/ فدان.

وأغلب السعة التبادلية الكاتيونية للتربة تتواجد على سطوح كل من الطين ودبال

التربة



جدول رقم (١٢) : السعة التبادلية الكاتيونية لغرويات التربة السائدة فى أغلب الأراضى والمسئولة عن ساعاتها التبادلية الكاتيونية

السعة التبادلية الكاتيونية (مليمكافى / ١٠٠ جم تربة)		غروى التربة
المتوسط	طينية رملية	
٢٠٠	٢٠٠ - ١٠٠	الديال
١٢٠	١٥٠ - ٨٠	الفيروميكيوليت
٨٠	١٠٠ - ٦٠	المنتوريللونيت
٣٠	٤٠ - ٢٥	الميكال هيدراتية
٨	١٥ - ٣	الكاولينيت
٢	٣ - صفر	الأكاسيد السداسية

?

مثال :

من الجدول السابق وبأخذ متوسطات القيم نجد أن ١٪ ديال يساهم بمقدار ٢ مليمكافى ، ١٪ منتوريللونيت يساهم بواحد مليمكافى ، ١٠٪ كاولينيت يساهم بمقدار ٨٠ مليمكافى ، أكاسيد سداسية تساهم بمقدار ٢٠٠ مليمكافى .

تقرين :- من البيانات التاليه براد تأكيد نتائج السعة التبادليه الكاتيونيه المقدره

الأراضى	معدن الطين السائد	نسبة الطين	نسبة الديال	CEC المقدره (مليمكافى / ١٠٠ جم تربة)
		٪	٪	
رملية (اتسول)	المنتوريللونيت	٢.٦	٥	٥.٢
فرتيسول	المنتوريللونيت	٣٦.٠	١.٧	٢٨.٦
أوكيسول	الكاولينيت والأكاسيد السداسيه	٧٣.١	٤.٧	٢٦.٥

وستقوم بإجراء اختبار تأكيد للأرض الأولى (الرملية الحديثة)

مساهمة الديبال =  $0.5 \times 2$  ملليمكافىء = ١ ملليمكافىء

مساهمة الطين (يفرض أن جميعه مكون من معدن المنتصم باللونيت)

=  $2.6 \times 1$  ملليمكافىء = ٢.٦ ملليمكافىء

مجموع المساهمة =  $1 + 2.6 = 3.6$  ملليمكافىء / ١٠٠ جم ترية

#### ٤-٥ الطبقة الكهربائية المزدوجة Electric double layer

تتميز محاليل الأملاح الألكتروليتيه بتواجد الأيونات في صورة حرة وفي حالة حركة دائمة. وعندما تتواجد جيببات مشحونة بشحنة سالبة في هذه المحاليل فإن هذه الأيونات تتقيد بدرجات مختلفة حسب شدة المجال الألكتروليتيكي لهذه الشحنات ، وعلى ذلك يتزايد تركيز الكاتيونات بالقرب من السطح المشحون ويقل بالبعد عنه. بينما العكس صحيح بالنسبة للأيونات السالبة (الأنيونات). ونشأ نتيجة ذلك التوزيع ما يسمى بالطبقة الكهربائية المزدوجة Electric double layer يكون تركيبها الأيوني مختلفا عما يحيط بها من محلول . ويتوقف تركيب هذه الطبقة على ما يلي :-

١- كثافة الشحنات على سطح الجيبية . ٢- نوع الأيونات المتبادلة .

٣- درجة الحرارة . ٤- تركيز الأملاح في المحلول المحيط .

وتجد أن الأيونات عموما تكون متأدرة ومحاطة بغلاف من الماء ممسوك بقوة كبيرة ويسمى ذلك الماء بالمحلول الداخلى Inner Solution ، بينما الماء في المحلول الحر للأملاح خارج تأثير الطبقة الكهربائية المزدوجة يسمى بالمحلول الخارجى Outer Solution .

ولقد أجريت محاولات عديدة لدراسة تركيب الطبقة الكهربائية المزدوجة وكان أولها التى قام بها هيلمهولتز Helmholtz عام ١٨٧٩ حيث شبهها بالمكثف الكهربى المكون من طبقتين : الداخلية من الشحنات السالبة للجيبية والخارجية هى الشحنات المتبادلة الموجبة (شكل ٢٦A) ، ثم قام كل من تشابمان وجوى Chapman & Gouy عام ١٩١٥ باقتراح أن الكاتيونات تتركز فقط على السطح ويقل تركيزها تدريجيا بعد ذلك بالبعد عن سطح الجيبية (شكل ٢٦B) ، ثم تقدم شتيرن Stern بالتوزيع الذى يجمع بين التوزيعين السابقين، حيث تتكون طبقة من الكاتيونات المرتبطة بالسطح المشحون ينخفض

تركيزها بشدة خلال هذه الطبقة الرقيقة ثم يتدرج التركيز بعد ذلك بالبعد عن سطح الحبيبة (شكل ٢٦ C).

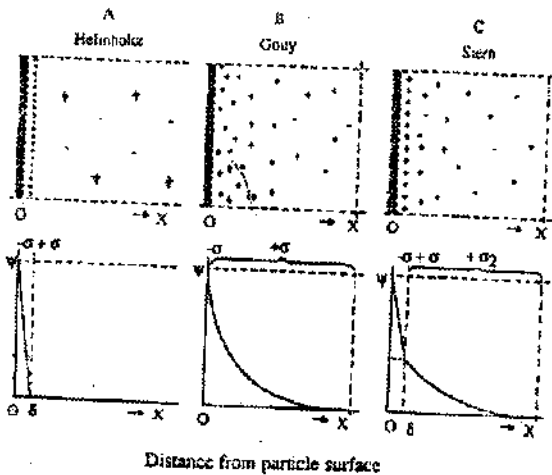
وتجدر الإشارة إلى أنه بزيادة كل من تركيز وتكافؤ الألكتروليت يقل سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة، ولقد وجد أن توزيع تشابمان وجوى للأيونات داخل الطبقة المزدوجة يعتبر صحيحا فقط فى الغرويات ذات الشحنة السطحية المنخفضة، وفى وجود تركيزات منخفضة من الألكتروليتات فى المحلول الأرضى.

### تعريفات

\* الطبقة الكهربائية المزدوجة Electric Double Layer: طبقة الأيونات التى تترتب حول حبيبات التربة السالبة الشحنة بحيث يزداد تركيز الكاتيونات بالقرب من السطح وينقل بالبعد عنه والعكس صحيح للأنيونات، مما يتكون معه طبقتان من الأيونات المختلفة الشحنة.

\* المحلول الداخلى Inner Solution: غلاف من جزيئات الماء ممسوك بقوة حول الأيون المتأدرت فى داخل الطبقة الكهربائية المزدوجة.

\* المحلول الخارجى Outer Solution: الماء فى المحلول الحر للأصلاح الذاتية خارج تأثير الطبقة الكهربائية المزدوجة.



شكل رقم (٢٦): مخططات توزيع الأيونات داخل الطبقة الكهربائية المزدوجة المحيطة بحبيبة سالبة الشحنة

## ٤-٦ معادلات التبادل الأيونى :

تؤدى الحركة الحرارية للأيونات إلى استمرار عملية تبادل هذه الأيونات بين الجسم الصلب والمحلول الداخلى والخارجى بحيث إنه عند الاتزان فإن عدد الأيونات الداخلة إلى الطبقة المزدوجة والخارجة بينهما يتساويان ، وفى الحقيقة فإن تعبير التبادل الأيونى يطلق على تغير حالة الاتزان هذه عند إضافة أى كمية من الأيونات المختلفة إلى المحلول الخارجى أى عند تغير تركيزه.

ولقد استخدمت قوانين فعل الكتلة بتوسع كبير للحصول على معادلات تعبر عن التبادل الأيونى إلا أن الاعتراض على استخدامها هو أن التبادل الأيونى لا يعتبر تفاعلا كيميائيا حقيقيا ينتج عنه نواتج تفاعل جديدة ، ولكنه عبارة عن إعادة توزيع الأيونات بين المحلول والحبيبة الصلبة، ولكنه فى ضوء المعلومات المتوافرة حاليا عن الطبقة المزدوجة فإننا يمكننا استخدام درجة نشاط الأيونات بدلا من التركيز فى قوانين فعل الكتلة، فيمكن التعبير عن تبادل الأيونات المتساوية فى التكافؤ بالمعادلة الآتية :-



ويمكن كتابة معادلة الاتزان تبعا لقانون فعل الكتلة كالتالى :

$$\frac{[Na^+]_i (K^+)_o}{[K^+]_i (Na^+)_o} = K_{k, Na}$$

وبالنسبة لتبادل الأيونات الأحادية والثنائية التكافؤ



تكون معادلة الاتزان تبعا لقانون فعل الكتلة كما يلى :

$$\frac{[K^+]^2_i (Ca^{2+})_o}{[Ca^{2+}]_i (K^+)^2_o} = K_{Ca, k}$$

وتدل الأقواس [ ] على التركيز بينما الأقواس ( ) فتدل على النشاط ، الرمز (i) يدل على الجزء المتبادل فى المحلول الداخلى ، أما الرمز O فيدل على تركيز الأيون فى المحلول الخارجى ، K ثابت الاتزان .

وفى سنة ١٩١٣ استعان Gouy بقوانين فعل الكتلة وكذلك Kerr (١٩٢٨) ، Gapon (١٩٣٣) ، Jenny (١٩٣٦) ، كما أن اتزان دونان المعروف يعتمد أيضا على قوانين فعل الكتلة بدرجة كبيرة جدا.والتي تعتمد أساساً على استخدام درجة نشاط

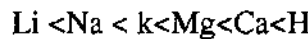
الأيونات المتبادلة والتي وجد أنها تزداد مع انخفاض عدد جزيئات ماء التآدرت للأيون كما يظهر فى الجدول رقم (١٣) ١١٩

### جدول رقم (١٣) : الأقطار الفعلية للأيونات المتآدرته الشائعة فى الأراضى

H <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	الأيون الخاصية
-	١,٠٦	٠,٧٨	١,٤٣	١,٢٣	٠,٩٨	٠,٧٨	نصف قطر الأيون غير المتآدرت (انجستروم)
٠,٦٧	٩,٦	١٠,٨	٤,١	٢,٨	٥,٦	٧,٣	نصف قطر الأيون المتآدرت (انجستروم)
١	١٠	١٣	٤	٤	٨	١٢	عدد جزيئات ماء التآدرت للأيون الواحد

ويلاحظ من هذا الجدول ، أن الأيونات ذات الأقطار الصغيرة تجذب إليها عدداً أكبر من جزيئات الماء وبالتالي لها غلاف تآدرت أكبر بالمقارنة مع الأيونات ذات الأقطار الكبيرة وذلك فى حالة تساوى التكافؤ. وجد أن الغلاف المائى الكبير يضعف قدرة الأيون على الإحلال محل الكاتيونات المتبادلة الأخرى على سطح حبيبية التربة، ويشغل أيون الهيدروجين وضعاً خاصاً ، حيث إنه لا يتواجد بشكل حرقى المحلول الأراضى ولكنه يتحد بجزىء ماء مكوناً أيون هيدرونيوم H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> حجمه صغير ولذا فإن له قدرة عالية على التبادل.

ولقد أظهرت الدراسات أن معامل نشاط الأيونات الأحادية أقل بكثير منها للأيونات الثنائية التكافؤ فى محاليلها، وعلى ذلك أمكن ترتيب الأيونات على حسب قيمة معامل نشاطها كالتالى:-



وطبقاً لتوزيع الأيونات فى الطبقة الكهربية المزدوجة ، نجد أن درجة نشاط الأيون الحر فى المحلول الأراضى تكون أعلى منها للأيون المرتبط بسطح الحبيبية والذي يكون له أقل درجة نشاط نتيجة طاقة الربط المقيدة له، وتختلف الأيونات فى قيمة طاقة الربط مع سطح الحبيبية، والأيونات ذات طاقة الربط العالية هى التى لها قدرة عالية على الإحلال محل الأيونات الأخرى على مواقع التبادل الأيونى.

## ٤-٧ العوامل التى تؤثر على التبادل الأيونى :

## ١- درجة الحرارة :

يكون معدل التبادل الأيونى بطيئاً فى درجات الحرارة المنخفضة وذلك لانخفاض معامل النشاط للأيونات المتبادلة ، ثم بارتفاع درجة الحرارة يحدث إسرار لمعدل التبادل الأيونى ، وتقل كمية الزيادة فى معدل التبادل عند درجات الحرارة العالية ، ولقد وجد أن الحرارة المرتفعة قد تؤدى إلى حدوث تثبيت لبعض الأيونات بدرجات مختلفة ، كما قد تؤثر على السعة التبادلية للمواد العضوية فى التربة ، بالإضافة إلى إذابتها لبعض المكونات التى لم تكن ذائبة فى درجات الحرارة العادية .

## ٢- أثر التخفيف :

أظهرت كثير من التجارب أن تخفيف معلق التربة الذى يحتوى على أيونات أحادية وثنائية يزيد من ادمصاص الأيونات الشائبة ، وبالتالي تزداد النسبة بين الأيونات الشائبة والأحادية على معقد التبادل ، وعلى العكس من ذلك فإنه بزيادة التركيز يزداد ادمصاص وتبادل الأيونات الأحادية وتقل نسبة الأيونات الشائبة والأحادية على معقد التبادل.

وكذلك يتوقف التبادل الأيونى على نسبة الأملاح فى التربة ، وهذا أيضا يؤثر على توزيع الأيونات المتبادلة تحت تأثير التكافؤ والتخفيف ، وعموما فإن مواد التبادل ذات السعة التبادلية العالية مثل المونتموريللونيت والديبال تمتص أيونات كالسيوم ومغنسيوم أكثر وبوتاسيوم وصوديوم أقل منه فى الكاؤولينيت ، بينما تسلك معادن الأيلليت سلوكا وسطيا .

وتؤثر العوامل السابقة أيضا على سلوك العناصر الغذائية فى التربة ومدى تيسرها للنبات ، حيث إنه عند إضافة الماء للأرض يحدث تخفيف للمحلول الارضى ، وهذا يؤدى إلى زيادة ادمصاص الأيونات الشائبة ، ويحدث العكس بتجفيف التربة حيث نجد أن النسب التالية :

$$\frac{(Ca + Mg)_i}{(K + Na)_i} \quad \text{وكذلك} \quad \frac{(K + Na)_o}{(Ca + Mg)_o}$$

تزداد مع التخفيف وتقل مع التجفيف، وهذا بدون شك يؤثر على استخلاص الأملاح من التربة حيث تختلف كمية الأملاح المستخلصة على حسب نسب الماء المضافة إلى التربة ومدة الاتزان.

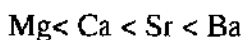
### ٣- قوى الإحلال النسبى للأيونات :

أكدت كثير من التجارب أنه لا يوجد متسلسلة واحدة لترتيب جميع الأيونات من حيث قدرتها على الإحلال محل بعضها. ولكن توضع متسلسلة لكل نوع من التكافؤ.

فبالنسبة للأيونات الأحادية يكون ترتيب قوى الإحلال كالتالى :-



وبالنسبة للأيونات الثنائية تكون المتسلسلة كالتالى:



ومن الدراسات السابقة يتضح أن أهم العوامل المؤثرة على درجة الإحلال النسبى

للأيونات هي :-

١- نوع مادة التبادل.

٢- السعة التبادلية لمادة التبادل.

٣- نوع الأيونات المتبادلة من حيث حجمها وتكافئها ودرجة ارتباطها واستقطابها على

مادة التبادل ، حيث إن قوى الارتباط تزداد بزيادة التكافؤ كما أن الأيونات ذات

التأدرت المنخفضة تمسك بقوة أكبر. ولقد أوضحت كثير من الدراسات أن بعض

الأيونات عديدة التكافؤ قد تتبادل بنفس تكافئها أو على صورة أيونات أحادية

كنتيجة لارتباطها مع الأنيونات المتواجدة معها مثل  $(Cu Cl)^+$

$(ZnOH)^+$  ,  $Fe (OH)_2^+$  ,  $Al (OH)_2^+$  ,  $(Cu OH)^+$ .

وعموما فإن هذه الأيونات تدمص أو تتبادل على صورتها العديدة التكافؤ فى الوسط

الحامضى الخفيف.

٤- نوعية وتركيز الأيونات المتبادلة.

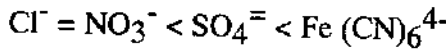
٥- تركيز المحلول : فكلما انخفض تركيز الأيون كلما ازدادت قوة إحلاله ، وتزداد قوة

رحلال الأيونات عديدة التكافؤ عن الأحادية التكافؤ فى التركيزات المنخفضة ، بينما

يحدث العكس بزيادة التركيز. ويزداد هذا الفرق بزيادة السعة التبادلية لمادة التبادل.

#### ٤-٨ الاممصا ص السالب والتبادل الأنيونى :

وجد أنه إذا اضيف محلول مخفف من كلوريد البوتاسيم KCl إلى معدن المونتموريللونيت ، فإنه عند الاتزان يزداد تركيز أيون الكلوريد فى المحلول عن التركيز الابتدائى ، ولقد سميت هذه الظاهرة بالادمصاص السالب Negative adsorption ، وفسرت على أساس حدوث تنافر بين شحنة الأنيون والشحنة السالبة على سطوح حبيبات المعدن بحيث يؤدي إلى زياده تركيز الانيونات بالبعد عن سطح الحبيبة كما سبق شرحه فى الطبقة الكهربية المزدوجة وتختلف الانيونات فى شدة الادمصاص السالب لها حسب الترتيب التالى :-



ويتسبب الادمصاص السالب فى عدم قدرة الأرض على الاحتفاظ بالأيونات وسهولة غسلها وفقدائها مع مياه الصرف ، وقد يكون هذا مرغوباً فيه بالنسبة لأنيون الكلوريد مثلاً والذى يفضل عدم تراكمه فى الأرض ، إلا أنه غير مرغوب فيه بالنسبة لأنيون النترات  $\text{NO}_3^-$  الهام من الناحية الغذائية للنبات حيث إن كمية كبيرة من النترات المضافة على هيئه أسمده تفقد مع مياه الصرف.

?

مثال محلول :-

سؤال - علل : حدوث تلوث للمياه الجوفية بالنترات نتيجة الإسراف فى التسميد الأزوتى .

الإجابة - أنيون النترات هو أيون سالب ، يسهل غسله من التربة وذلك نتيجة حدوث الادمصاص السالب له وزيادة تركيزه فى المحلول الأرضى خارج الطبقة الكهربية المزدوجة ، وبالتالي يتحرك إلى أسفل مع مياه الصرف الزائدة ليتجمع فى الماء الأرضى .

ومن ناحية أخرى ، قد يحدث زيادة طفيفة فى تركيز الأنيونات بالقرب من سطح الحبيبة الذى تتواجد عليه بعض الشحنات الموجبة ويرجع ذلك إلى التبادل الأنيونى Anion exchange ، وتنشأ الشحنات الموجبة من عدة مصادر هى :-



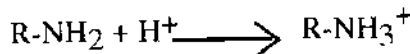
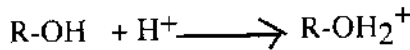
## كيمياء الأراضى

١- مجموعة الأمين  $R-NH_2$  والتي يحدث لها إضافة بروتون فتصبح موجبة الشحنة  $R-NH_3^+$  وذلك فى الدبال.

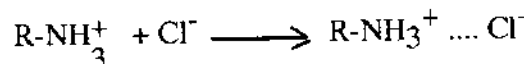
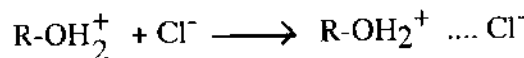
٢- الروابط غير المشبعة والمتصلة بكاتيونات فى نهايات التركيب البنائى لمعادن السليكات.

٣- مجموعات الهيدروكسيل المعرضة على الأسطح والتي يزداد وجودها فى معادن الكاؤولينيت وأكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألومنيوم.

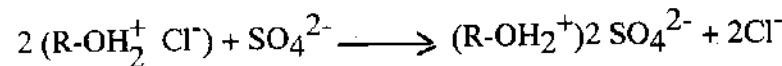
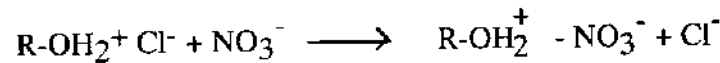
وتنشأ الشحنات الموجبة خاصة عند انخفاض ال pH وتوفر أيونات الهيدروجين تبعاً للمعادلات التالية :-



وتعمل هذه المجموعات الموجبة الشحنة على جذب الأنيونات من المحلول الأرضى بحيث يزداد تركيزها عند أسطح المعدن كما فى المعادلة :-



ويمكن ان يحل أى أنيون آخر محل الكلوريد  $Cl^-$  فى المعادلات السابقة بواسطة عملية التبادل الأنيونى Anion exchange كما فى المعادلات التالية :-



ومن ذلك نجد ، أن الأراضى المحتوية على نسب عالية من معادن الكاؤولينيت وأكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألومنيا هى التى لها سعة تبادلية أنيونية عالية، وخاصة عند انخفاض رقم الحموضة تحت نقطة التعادل الكهبرى. ويقل التبادل الأنيونى فى الأراضى عند التخلص من الأكاسيد السداسية، ويعتبر أنيون الفوسفات هو أكثر الأنيونات شيوعاً فى عملية التبادل الأنيونى، إلا أنه لوحظ حدوث تثبيت لجزء كبير منه مما يعزى إلى حدوث ارتباط كيميائى مع الأسطح المدمصة له.

## مثال محلول :

?

سؤال - ما هى القلوية المتبادلة فى التربة؟

**الإجابة -** القلوية المتبادلة هى حدوث زيادة فى تركيز مجموعات الأيدروكسيل فى المحلول الأرضى نتيجة حدوث إحلال تبادلى أيونى لهذه المجموعات وخاصة المعرضة على الأسطح والمسماة بمجموعات الـ Silanole كما فى التفاعل التالى:



حيث يرتفع رقم الحموضة لأنفراد مجموعات الهيدروكسيل ، نتيجة لإحلالها بواسطة أنيونات الكبريتات ، وتزداد القلوية المتبادلة بزيادة قوة إحلال الأنيون.

## ٤-٩ التبادل بالتماس Contact exchange

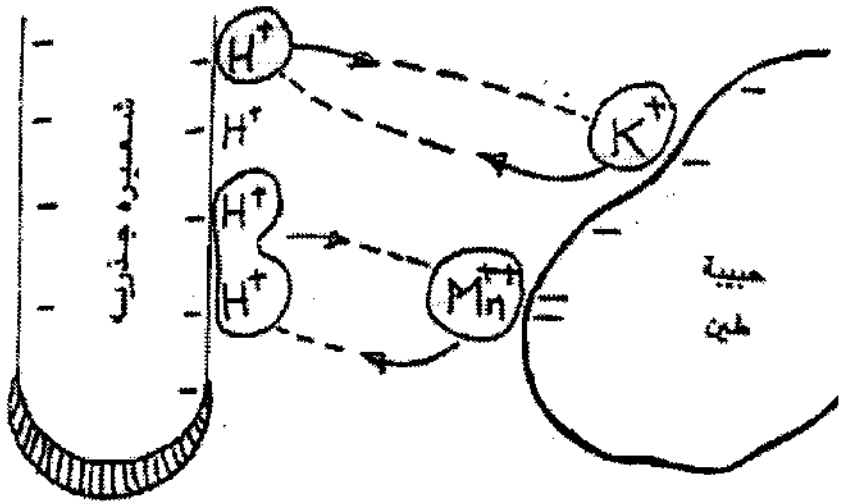
التبادل الأيونى السابق شرحه يتم عادة بين أسطح الحبيبات الغروية فى التربة والمحلول الأرضى Soil solution إلا أنه قد يحدث التبادل الأيونى عند تماس الأسطح ذات بالنشاط التبادلى وهناك نوعان من التبادل بالتماس هما :-

أ- تماس حبيبات التربة ببعضها البعض :-

وفيه يحدث التبادل بين الأيونات المرتبطة بأسطح الحبيبات المتماسة طبقاً لقوانين التبادل الأيونى وتزداد سرعة التبادل بزيادة نقاط التماس بين الحبيبات وبعضها البعض مما يساعد على انتقال الأيونات من نقطة إلى أخرى لسطح التربة .

ب- تماس حبيبات التربة مع جذور النبات :-

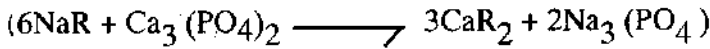
تتخلل الشعيرات الجذرية خلال فمها واستطالتها الفراغات البينية المحصورة فى نسيج التربة وأثناء ذلك تتماس مع العديد من حبيبات التربة المتبادلة على أسطحها الأيونات المختلفة ومن المعروف أن الشعيرات الجذرية تحمل أيونات أيدروجين على أسطحها ذات درجة نشاط عالية تؤهلها إلى التبادل مع الزيونات المتبادلة على أسطح غرويات التربة طبقاً للمخطط التالى :-



شكل رقم (٢٧) :التبادل بالتماس بين الأيدروجين المتواجد على جذور النباتات وأيونات العناصر المغذية المتبادلة على أسطح حبيبات الطين .

ويحصل النبات على قدر هام من عناصره الغذائية عن طريق التبادل بالتماس .

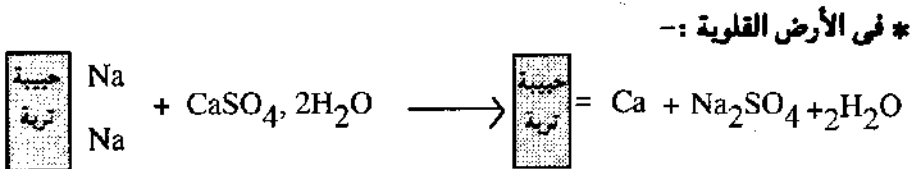
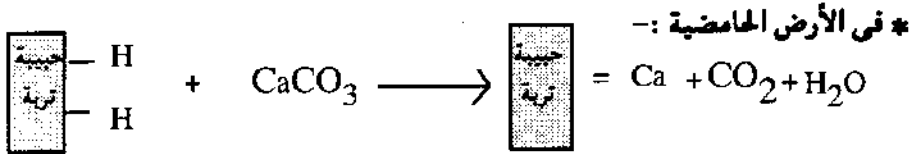
ولقد استخدمت خاصية التبادل بالتماس معمليا في تقدير العناصر الغذائية الميسرة في التربة وخاصة الفسفور الميسر بطريقة Moller & Mogensen (١٩٥٣) حيث ترج التربة مع قدر من برميوتات الصوديوم (NaR) فيحدث انقراض للفوسفات المرتبطة بالكالسيوم نتيجة التبادل الذي يحدث طبقاً للمعادلة التالية :-



#### ٤-١ تطبيقات التبادل الأيوني في المجالات الزراعية :

##### أولا :- معالجة الأراضى الحامضية والقلوية

يستخدم التبادل الأيوني في معالجة الأراضى الحامضية التى يسودها أيون الهيدروجين  $H^+$  المتبادل ، وكذا الأراضى القلوية الصودية التى يسودها أيون الصوديوم المتبادل  $Na^+$  على معقد التبادل والتي تزيد فيها نسبة الصوديوم المتبادل (Esp) عن ١٥٪ من السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) ويتم ذلك عن طريق إحلال الكالسيوم محل الهيدروجين فى الأراضى الحامضية أو الصوديم فى الأراضى القلوية عن طريق إضافه بعض المحسنات الكيميائية مثل الجير والجبس الزراعى كما فى المعادلات التالية:-



وعند سيادة أيون الكالسيوم على معقد التبادل يصبح رقم حموضة الأرض متعادلاً ويتحسن البناء الأراضى ، وبالتالي حالة الصرف ، ويزداد النشاط الحيوى لكائنات التربة.

## تعريف :

المحسنات الكيميائية Chemical amendments

مركبات كيميائية عضوية أو معدنية تضاف إلى التربة لإحداث تفاعلات كيميائية يكون من شأنها تغيير الظروف الكيميائية غير المرغوب فيها بأخرى مرغوب فيها تؤدي إلى تحسين الخواص الكيميائية للتربة.

### ثانياً :- المساعدة فى تقييم خصوبة الأرض الكيميائية وتحديد مدى الاستجابة للتسميد :

كما سبق عن تعريف السعة التبادلية الكاتيونية لحضضه على أنها ، كمية الكاتيونات المتبادلة الموجودة على سطوح وحدة وزنية من التربة الجافة والتي من المعتاد تقديرها كملليمكافئات من الكاتيونات المتبادله لكل ١٠٠ جرام تربة (meq/100g) وإلقاء الضوء على البوتاسيوم المتبادل حيث إنه المصدر الهام فى الامداد الفورى لاحتياج النباتات من عنصر البوتاسيوم وتقدير النسبة المثوية للبوتاسيوم المتبادل يمكن بناءً عليها تحديد مدى الاحتياج إلى التسميد بالأسمدة البوتاسية .

### مثال محلول :-



المثال التالى يوضح خطوات حساب كمية أى كاتيون متبادل فى التربة ونسرد فى حالتنا هذه البوتاسيوم المتبادل حيث إنه أحد الشلائ عناصر السمادية. وكانت نتائج التحليل المعملى للبوتاسيوم المتبادل كالتالى :-

نوع الأرض	البوتاسيوم المتبادل (ملليمكافى / ١٠٠ جم)
١ - أرض رملية طينية فى حالة عالية من التخصيب	٠.١٩
٢ - أرض رملية طينية فى حالة عالية من التخصيب	٠.٠٦
٣ - أرض رملية طينية تحت نطاق المناطق الحافة	٠.٧٨

## الحلول :-

١- ولتحديد مدى الاحتياج إلى التسميد البوتاسى من عدمه يتوقف ذلك على المحصول النامى والإنتاج المتوقع ، فيفرض أن محصول الذرة يحتاج إلى التسميد البوتاسى فى حالة ما إذا كان اختبار التربة فى طبقة ١٥ سم السطحية للبوتاسيوم يكون أقل من ٧٢ كجم بوتاسيوم متبادل/ فدان لعمق ١٥ سم.

٢- وكمتوسط نجد أن وزن التربة لمساحة فدان ولعمق ١٥ سم يمكن حسابه كما يلى :

$$\text{مساحة الفدان الواحد} = ٤٢٠٠ \text{ م}^2$$

$$\text{حجم التربة فى الفدان لعمق ١٥ سم} = ٤٢٠٠ \times ١٥ = ٦٣٠٠ \text{ م}^3$$

وزن هذه الطبقة للفدان = الحجم  $\times$  الكثافة الظاهرة

$$= ٦٣٠٠ \times ١.٦ = ١٠٠٨٠ \text{ طن}$$

$$= ١٠٠٠٠ \text{ طن تقريبا}$$

٣- لتحويل ملليمكافئات البوتاسيوم إلى وحدات وزنية تتبع الخطوات التالية :-

$$\text{عدد جرامات البوتاسيوم} = \frac{\text{عدد ملليمكافئات البوتاسيوم} \times \text{الوزن المكافىء للبوتاسيوم}}{١٠٠٠}$$

وعلى ذلك فالمليمكافىء الواحد من البوتاسيوم يعطى ٣٩ و. جرام بوتاسيوم كالتالى :-

$$\text{عدد جرامات البوتاسيوم} = \frac{٣٩ \times ١}{١٠٠٠} = ٠.٠٣٩ \text{ جرام بوتاسيوم}$$

$$= ٣٩ \text{ ملليجرام بوتاسيوم}$$

٤- ولحساب عدد الكيلو جرامات من البوتاسيوم المتبادل الموجود فى مساحة فدان وعمق ١٥ سم يجرى ما يلى :-

يفرض أن التربة محتوى على واحد ملليمكافىء بوتاسيوم متبادل لكل ١٠٠٠ جرام من هذه التربة فهذا يعنى وجود ٣٩ ملليجرام بوتاسيوم متبادل / ١٠٠٠ جرام تربة

أو ٣٩٠ ملليجرام بوتاسيوم متبادل / كجم تربة

أو ٣٩٠ جرام بوتاسيوم متبادل / طن تربة

∴ كل واحد ملليجرام بوتاسيوم متبادل / ١٠٠ جم تربة يكافئ ٣٩٠ كيلو جرام بوتاسيوم في طبقة ١٥ سم للقدان (وزن هذه الطبقة = ١٠٠٠ طن تقريبا).

ولاختصار موقف البوتاسيوم المتبادل في الأراضى المختبرة لتحديد مدى استجابتها للتسميد البوتاسى من عدمه تجرى الحسابات التالية :-

الأرض رقم (١)  $٠.١٩ \times ٣٩٠ = ٧٤.٨$  كجم بوتاسيوم / فدان لعمق ١٥ سم

الأرض رقم (٢)  $٠.٠٦ \times ٣٩٠ = ٢٣.٤$  كجم بوتاسيوم / فدان لعمق ١٥ سم

الأرض رقم (٣)  $٠.٧٨ \times ٣٩٠ = ٣٠٤.٢$  كجم بوتاسيوم / فدان لعمق ١٥ سم

من هذه النتائج يتضح أن :-

الأرض رقم (١) تقع فى نطاق الحد الحرج وهو ٧٢ كجم ، ومعنى ذلك أنها تستجيب قليلا للتسميد البوتاسى أو لا تحتاج ، أما التربة رقم (٢) فهي تعاني من نقص شديد جدا لهذا العنصر ، وعليه فمكون لها استجابة عالية للتسميد . أما الأرض (٣) فإنها تحتوى على كميات مرتفعة جدا من البوتاسيوم وبالتالي لا تستجيب للتسميد بهذا العنصر . وتعتبر هذه النتائج مرشدا جيدا يجب أن تؤخذ فى الاعتبار لما لها من بعد اقتصادى هام جدا .

### ثالثا : حماية البيئة الزراعية من الملوثات:

تستقبل البيئة الزراعية الآن العديد من الملوثات القادمة إليها من مصادر مختلفة سواء كانت من نشاط صناعى أو صرف صحى أو الكيماويات الزراعية (أسمدة ومبيدات) ، فالتربة الزراعية وهى احد عناصر البيئة الزراعية تعتبر مستقبلا جيدا لهذه الملوثات ، وخاصة القادمة إليها مع مياه الرى أو الكيماويات الزراعية فإذا كانت مياه الرى حاملة للملوثات مثل الرصاص  $Pb^{2+}$  أو الكاديوم  $Cd^{2+}$  فإنه لا يحدث غسيل لها بسهولة نظرا لادمصاصها على مواقع التبادل وإعاقة حركتها وجعلها فى صورة غير متحركة ، وبهذا الشكل تحمى المياه الجوفية من خطورة هذه الملوثات، ولكن على الجانب الآخر يجب تدارك إمكانيه تحركها لامتصاصها بواسطة النبات النامى.

## رابعاً :- ادمصاص الجزيئات :-

يحدث ادمصاص للجزيئات العضوية على سطح الطين أو حبيبات التربة عموماً ، بعد تحويلها إلى كاتيونات عضوية عن طريق اكتسابها لبروتون ( $H^+$ ) سواء من تلك المتبادلة على أسطح الطين أو من المحلول الأرضي ، وقد يحدث ادمصاص للجزيئات المتعادلة عن طريق الروابط الهيدروجينية ، كما وقد ترتبط الجزيئات العضوية بعضها ببعض عن طريق روابط عديدة وهذه بدورها تدمص على أسطح حبيبات التربة مكونة ما يسمى بالمعقدات المعدنية العضوية organo- mineral complexes والشكل رقم (٢٨) يوضح ادمصاص الجزيئات العضوية على السطوح الداخلية لمعدن طين المونتوريللونيت.

ويلعب تكوين مثل هذه المركبات أو المعقدات في الأرض دوراً هاماً في تكوين بناء جيد وثابت للتربة عند إضافة المحسنات الطبيعية أو المخلقة soil conditioners ، حيث ترتبط جزيئاتها العضوية مع حبيبات التربة وتعمل على التحامها ، مما يكون له أكبر الأثر في تحسين خواص الأراضي الرملية من ناحية قدرتها على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية والمياه ، بالإضافة إلى ذلك فإن تكوين المعقدات المعدنية العضوية يعمل على تقليل التأثير السام لكثير من الكيماويات الزراعية التي تضاف إلى التربة مثل مبيدات الحشائش ومبيدات النيماتودا.

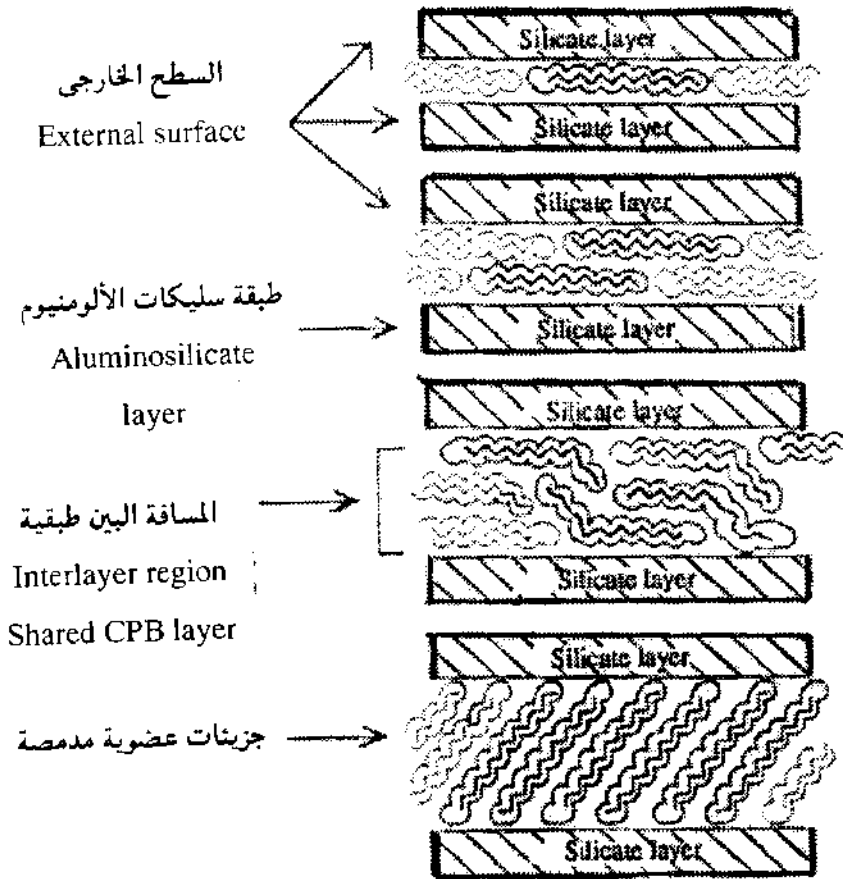
وجدير بالذكر ، أن مخلفات كثير من الصناعات القائمة والتي تصل إلى الأرض عن طريق مياه الري الملوثة تحمل نوعيات متعددة من المركبات العضوية ذات الأضرار البالغة ، ولكنها عندما تصل إلى الأرض تدمص عليها وتكون معقدات معدنية ذات ضرر أقل كثيراً مما كانت عليه من قبل.

## تعريفات :

\* معقدات التربة (المعدنية - العضوية) Organo - mineral Complexes وتنتج من التفاعلات السطحية التي تحدث بين المركبات العضوية في التربة وأسطح الحبيبات المعدنية الشظية وينتج عنها معقد مختلف في سلوكه الكيميائي عن المواد الداخلة في تركيبه.

\* محسنات التربة Soil Conditioners مواد معدنية أو كيميائية أو عضوية ، سواء أكانت طبيعية أو مصنعة ، تضاف إلى الأرض بغرض إكسابها صفات مرغوب فيها نتيجة تعديل وتحسين بعض خواصها الرديئة.





شكل رقم (٢٨): يوضح ادمصاص الجزيئات العضوية على سطوح معدن طين المونتموريللونيت



## ١١-٤ ملخص الباب الرابع

التبادل الأيوني هو أحد مظاهر كيمياء السطوح في الأرض وفيه يتم التجاذب الكهربى بين الأيونات والسطوح المختلفة الشحنة لجسيمات التربة . ويكون هناك توازن بينها وبين الصورة الذاتية في المحلول الأرضى .

يرجع التبادل الأيوني إلى وجود شحنات على أسطح جسيمات التربة الناتجة من الإحلال المتماثل فى البناء الذرى للمعادن ، وكذلك لتأين مجموعات الأيدروكسيل المعرضة على الأسطح ، بالإضافة إلى الروابط الغير مشبعة على الأحرف المكسرة للمعدن .

يؤثر رقم الحموضة على السعة التبادلية الكاتيونية ، وخاصة فى المعادن التى يغلب فيها الشحنات الراجعة إلى الأحرف المكسرة ، حيث تزداد CEC بزيادة رقم الحموضة pH ، وتسمى الشحنات المتولدة بالشحنات وليدة تغير رقم الحموضة ، وعند رقم حموضة معين تتساوى الشحنات السالبة مع الموجبة وتسمى هذه نقطة التعادل الكهربى .

السعة التبادلية الكاتيونية CEC ، هى كمية الكاتيونات المتبادلة مقدره بالملييكافئات لكل ١٠٠ جرام من المادة عند رقم حموضة ٧ ، وتختلف المواد المختلفة والمعادن فى قيم ال CEC ، فأعلى قيمة تكون للديال وأقل قيمة تكون للأكاسيد السداسية المرة كما فى الترتيب التالى :-

ديال << فيرميكوليت >> مونتموريلونيت < ميكا متأدرة > كاؤولينت < أكاسيد سداسية

الطبقة الكهربائية المزدوجة ، وتنشأ من زيادة تركيز الكاتيونات قرب سطح الجسيمة مع نقص الأنيونات ، والعكس صحيح بالبعد عن سطح الجسيمة ويقل سمك هذه الطبقة بزيادة تركيز الأيونات فى المحلول الأرضى وكذلك بزيادة تكافؤ هذه الأيونات .

تستند معادلات التبادل الأيوني إلى قوانين فعل الكتلة مع استخدام درجة نشاط الأيونات بدلا من تركيزاتها ، حيث إنه بزيادة تأدرة الزيون تقل قيم معامل النشاط كما تقل درجة نشاط الأيونات بالقرب من سطح الجسيمة وترتب الكاتيونات على حسب قيمة معامل نشاطها كالتالى :-



\* أهم العوامل المؤثرة على سرعة التبادل الأيونى ودرجة الإحلال النسبى للأيونات هى : نوع مادة التبادل، السعة التبادلية، نوع الأيونات المتبادلة، تركيز المحلول الأراضى، ونسب الإحلال النسبى للأيونات الأحادية والثنائية حسب ترتيبها فى التسلسلات التالية:

أيونات أحادية :-  $Li < Na < K < Rb < Cs$

أيونات ثنائية :-  $Mg < Ca < Sr < Ba$

\* الأدمصاص السالب : هو حدوث زيادة فى تركيز الأيونات بالبعد عن سطح حبيبات التربة المشحونة بالشحنات السالبة وهو يقل بانخفاض رقم حموضة التربة.

\* التبادل الأيونى : هو حدوث تبادل للأيونات على مراكز الشحنات الموجبة على أسطح حبيبات التربة، وخاصة تلك المتغيرة الشحنة، وذلك عندما ينخفض رقم الحموضة عن نقطة التعادل الكهربى، وأهم المعادن التى تقوم به معادن الأكاسيد السداسية والكاولينيت.

\* يتم التبادل الأيونى عن طريق التلامس المباشر بين الحبيبات المعدنية والعضوية وبعضها البعض، وكذلك بينها وبين جذور النبات، ويسمى التبادل بالتلامس.

\* يساهم التبادل الأيونى فى حل الكثير من المشكلات الكيميائية كما فى الأراضى القلوية، والمشكلات الخصوية وخاصة فى مجال تيسر عناصر البوتاسيوم والفوسفور، وكذا فى مشكلات تلوث البيئة بالعناصر الثقيلة، حيث يقلل التبادل الأيونى من سميتها بالإضافة إلى تحسين الخواص البنائية للأرض عن طريق استخدام محسنات التربة.

## ٤-١٢ أسئلة الباب الرابع

؟

١- اذكر مسببات كل من التبادل الكاتيوني والأيوني في التربة . وما هي أهمية دراستها؟

٢- عرف السعة التبادلية الكاتيونية، ثم اذكر أثر درجة الحموضة عليها.

٣- ما هي نقطة التعادل الكهربى ؟ ولماذا تظهر في بعض الأراضى دون الأخرى؟

٤- ما هي المكونات الفعالة في التبادل الكاتيوني في التربة؟ وما هي قيمة ال CEC لمفصول الطين الذى به ١/٩ دبال ، ١٥/١ كاؤولينيت ، ١٠/١ فيرميكوليت ، ٤٩/١ مونتسموريللونيت ، ٢٠/١ ميكا هيدراتية ، ٥/١ كوارتز (استعن بالمجدول رقم ١٢ ص ١١٤).

٥- عرف الطبقة الكهربائية المزدوجة ، ثم اذكر النظريات التى تصورها ، والعوامل المؤثرة عليها من حيث ، سمكها ، وتوزيع الايونات بداخلها.

٦- اشرح العوامل التى تؤثر على التبادل الكاتيوني - وكذلك العوامل المؤثرة على درجة الإحلال النسبى للكاتيونات.

٧- اشرح مستعينا بالمعادلات التبادل الأيونى للفوسفات والنيترات ، وما هي المواد التى تقوم بها في التربة ؟ والأهمية التطبيقية لذلك.

٨- علل لما يأتى :-

أ- حدوث هجرة لمبيبات الطين في تعلق منها معرض للمجال الكهربى.

ب- ادمصاص غروى الذهب على الأحرف الخارجية لمبيبات معدن الكاؤولينيت.

ج- عدم ظهور نقطة تعادل كهربى لمعدن المونتسموريللونيت.

د- استخدام الجبس الزراعى فى إصلاح الأرض القلوية.

٩- عرف ادمصاص السالب وعلاقته بالطبقة الكهربائية المزدوجة، وما هي مظاهره؟

١٠- اشرح بإيجاز ظاهرة "التبادل بالتماس" وأهميتها في تغذية النبات؟

## القسم الرابع

ويشمل :

الباب الخامس : رقم الحموضة والسعة التنظيمية للأرض  
الباب السادس :- كيمياء المحلول الأرضي



## الباب الخامس

## رقم الحموضة والسعة التنظيمية للأرض

## Soil Reaction (pH) and Buffering Capacity

## الأهداف :

- بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الطالب قادراً على أن :-
- ١- يعرف المفاهيم العلمية الواردة فى الباب بدون أخطاء .
  - ٢- يحدد وحدات قياس رقم حموضة (pH) الأرض .
  - ٣- يحدد تركيبات أيونات الهيدروجين لبعض المحاليل بمعرفة أرقام (pH) لها .
  - ٤- يذكر مصادر أيونات الهيدروجين فى الأرض .
  - ٥- يحدد العوامل المؤثرة على رقم حموضة (pH) الأرض .
  - ٦- يحسب نسبة التشبع بالكاتيونات القاعدية وعلاقتها برقم حموضة (pH) الأرض .
  - ٧- يشرح ظاهرة المعلق ويذكر أسبابها وطرق التغلب عليها .
  - ٨- يقارن بين الحموضة النشطة والحموضة الكامنة للتربة .
  - ٩- يشرح ظاهرة تأثير التخفيف عند قياس رقم حموضة (pH) الأرض موضحاً أسبابها وطرق التغلب عليها .
  - ١٠- يستنتج العلاقة بين تركيز ثانى أكسيد الكربون ورقم حموضة (pH) الأرض .
  - ١١- يحل مسائل تتناول أثر ضغط ثانى أكسيد الكربون على رقم حموضة (pH) لكل نوع .
  - ١٢- يصنف الأراضى بناء على رقم حموضتها ويحدد رقم حموضة (pH) لكل نوع .
  - ١٣- يقس بطريقتين رقم (pH) فى الأرض .
  - ١٤- يذكر أهمية تحديد رقم حموضة (pH) التربة .

- ١٥- يعالج مشاكل الحموضة والقلوية فى الأرض .
- ١٦- يذكر أسباب الفعل التنظيمى للأرض وأهميته لها .
- ١٧- يستخدم طريقتين للتعبير عن السعة التنظيمية للأرض .
- ١٨- يقدر معليا السعة التنظيمية للأرض .
- ١٩- يذكر أهمية الفعل التنظيمى للأرض .
- ٢٠- يشرح كيفية تعديل الفعل التنظيمى للأرض .

### العناصر :

- ١ - تعريف رقم حموضة (pH) الأرض ومدلوله .
- ٢ - العوامل المؤثرة على رقم حموضة (pH) الأرض .
- ٣ - حدود رقم حموضة (pH) الأراضى وطرق قياسه .
- ٤ - أهمية رقم حموضة (pH) الأرض .
- ٥ - الفعل التنظيمى للأرض .
- ٦ - تقدير السعة التنظيمية للأرض .
- ٧ - أهمية الفعل التنظيمى للأرض .
- ٨ - الفعل التنظيمى للأراضى الصحراوية .
- ٩ - ملخص الباب الخامس .
- ١٠ - أسئلة الباب الخامس .

## الباب الخامس

## رقم الحموضة والسعة التنظيمية للأرض

## Soil Reaction (pH) and Buffering Capacity

## ٥ - ١ تعريف رقم حموضة (pH) الأرض ومدلوله :

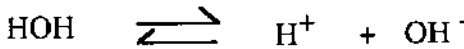
يعتبر رقم حموضة التربة ( Soil pH Value ) صفة مهمة لها ، حيث إن لكل نوع من النباتات حدودا معينة من رقم الحموضة لكي تنمو بشكل طبيعى ، كما وأن نشاط الأحياء الدقيقة مرتبط ودرجة كبيرة مع رقم حموضة التربة ، بالإضافة إلى أنه يؤثر بشكل مباشر على تيسر العناصر الغذائية وبالتالي خصوبة التربة .

ويدل هذا الرقم على حموضة acidity أو قاعدية basicity التربة ، ويأتى هذا المصطلح من التعبير ( Hydrogen power ) .

## تعريف

رقم الحموضة pH هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين (H<sup>+</sup>) بالمول فى اللتر من المحلول ، المول Mole هو الوزن الجزيئى الواحد للأيون أو الجزيء .

وعندما يتأين الماء (H<sub>2</sub>O) إلى (H<sup>+</sup>) ، (OH<sup>-</sup>) فى محلول متعادل فإن تركيز كل من أيون الهيدروجين والهيدروكسيل يكون مساويا ١٠<sup>-٧</sup> مول / لتر ، والمعادلات التى تعبر عن ذلك هى :



ويمكن حساب انقسام الماء كما يلى :

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H OH}]} = 1 \times 10^{-14}$$

وحيث إن الماء متعادل التأثير ، فإن تركيز كل من أيونات الهيدروجين والهيدروكسيل يكون متساويا كما يلى :-

$$\{\text{H}^+\} = \{\text{OH}^-\} = 1 \times 10^{-7} \text{ mole / litre}$$

واللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين فى هذه الحالة هو ٧ وهو رقم



الـ pH ، وعندما يكون تركيز أيون  $H^+$  أكبر (حموضة أكثر) كأن يكون مثلا ١٠ - ٤ مول / لتر ، فإن قيمة الـ pH فى هذه الحالة تكون منخفضة وتساوى ٤ ، وفى المحلول القاعدى يزيد تركيز أيون  $H^-$  عن تركيز أيون  $H^+$  .

#### قاعدة :

حاصل ضرب تركيز أيون الهيدروجين فى تركيز أيون الهيدروكسيل بالمول / لتر يعطى مقدارا ثابتا وهو  $10^{-14}$  مول / لتر ، أو أن اللوغاريتم السالب لتركيز الهيدروجين والهيدروكسيل يساوى ١٤ أو :  $pH + pOH = 14$

وعند نقطة التعادل ( $pH = 7$ ) ، يتساوى تركيز كل من الأيونين  $H^+$  ،  $OH^-$  فى المحلول . وتحت هذا الرقم تكون الأرض فى الجانب الحامضى ، وفوقه تكون فى الجانب القلوى ، وتغير رقم الـ pH بمقدار وحدة واحدة يعنى أن تركيز أيون الهيدروجين قد تغير بمقدار عشرة أضعاف وتركيز  $H^+$  عند رقم  $pH = 5$  أكبر مائة مرة عن مثيله عند رقم  $pH = 7$  .

وعادة ما يقدر رقم الـ pH الأرض Soil reaction فى العجينة المشبعة بالماء ، وهى أقرب ما تكون إلى حالة تواجدها فى الطبيعة ، ويقاس أيضا فى معلقات ذات نسب مختلفة بين التربة والماء ، أو محاليل ملحية مخففة مثل كلوريد الكالسيوم أو كلوريد البوتاسيوم .

#### [?] سؤال محلول :-

سؤال - ما هى مصادر أيونات الهيدروجين فى الأرض ؟

الإجابة - مصادر أيونات الهيدروجين فى الأرض هى :

- ١- حمض الكربونيك الذائب فى محلول الأرض .
- ٢- الأحماض العضوية التى تفرزها جذور النباتات والكائنات الدقيقة .
- ٣- أكسدة مركبات النيتروجين العضوية إلى حمض نيتريك .
- ٤- أكسدة الامونيا من الأسمدة النيتروجينية إلى حمض نيتريك .
- ٥- التحلل المائى (التقسام جزئى الماء) .

## ٢-٥ العوامل المؤثرة على رقم حموضة pH الأرض

هناك عدة عوامل تؤثر على قيمة الـ pH المقاسة لعينة من الأرض وهذه

العوامل هي :

## ١ - نسبة التشبع الكاتيوني القاعدي

## Basic cation saturation percentage

تدمص الكاتيونات - عادة - على مواقع التبادل الموجودة على غرويات التربة (معدنية وعضوية) ، وهذه الكاتيونات يمكن أن تنقسم إلى كاتيونات مكونة للحموضة مثل الألومنيوم والهيدروجين ، وكاتيونات مكونة للقاعدية مثل الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وبعض الكاتيونات الأخرى ، ومقدار ما تساهم به الكاتيونات القاعدية كنسبة مئوية من الكاتيونات الكلية على معقد التبادل يطلق عليه اسم النسبة التشبعية للكاتيونات القاعدية .

?

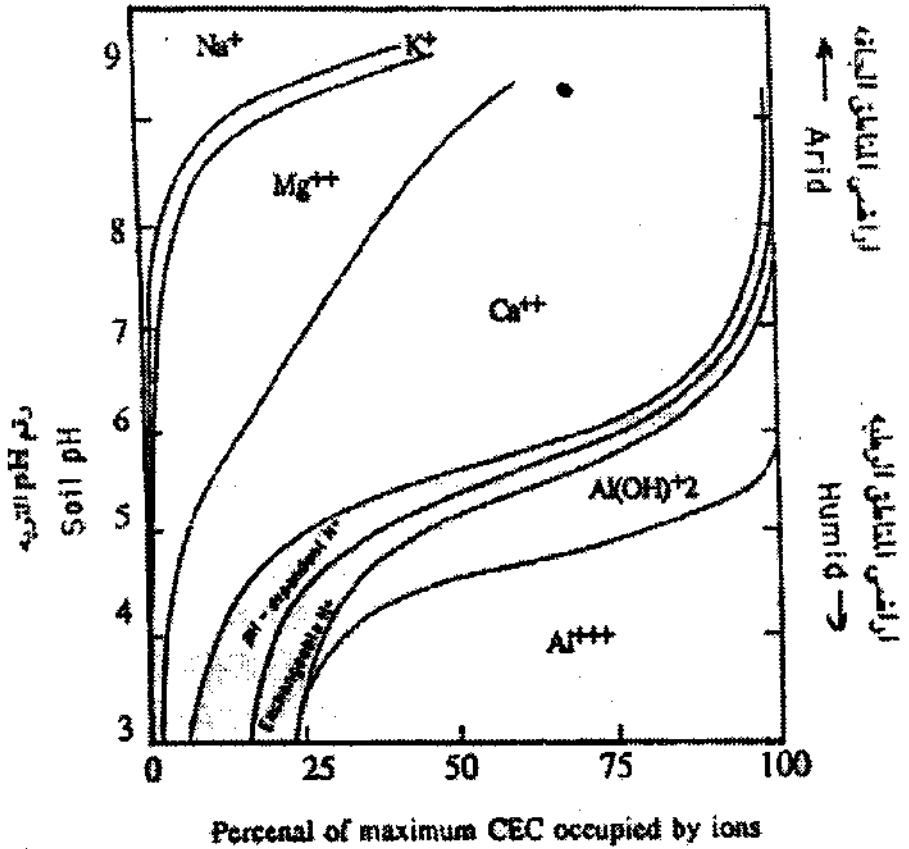
مثال :-

إذا كان لدينا تربة سعتها التبادلية الكاتيونية هي ١٦ ملليمكافى / ١٠٠ جم تربة منها ٤ر٢ ملليمكافى كاتيونات ألومنيوم وهيدروجين ، فإن ما يتبقى على مواقع التبادل الكاتيوني يكون - عادة - هو محتوى هذه المواقع من الكاتيونات القاعدية أى :-

الكاتيونات القاعدية = ١٦ر٠ - ٤ر٢ = ١١ر٨ ملليمكافى / ١٠٠ جم تربة وعليه فإن :-

$$\text{نسبة التشبع بالكاتيونات القاعدية} = \frac{11.8}{16} \times 100 = 73.7\%$$

وكما زادت نسبة التشبع الكاتيوني القاعدي للتربة ارتفع رقم الـ pH لها والعكس صحيح ؛ فالتربة الحامضية ذات نسبة منخفضة من التشبع بالكاتيونات القاعدية مع سيادة للهيدروجين المتبادل وأيونات الألومنيوم الذاتية كما يتضح من شكل رقم (٢٩) .

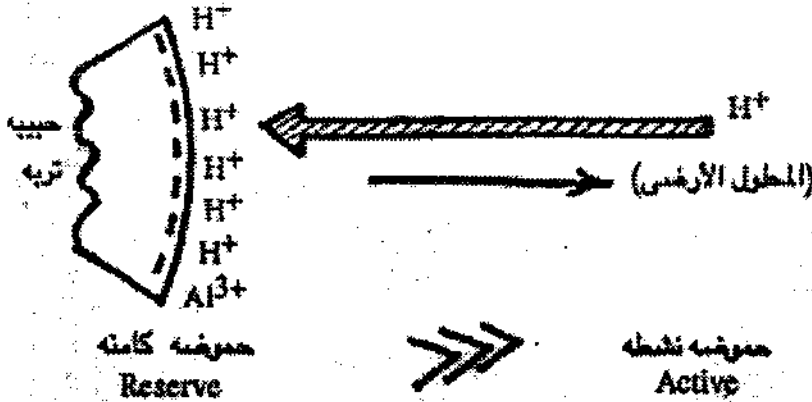


شكل رقم (٢٩): علاقة عامة بين رقم pH التربة ونسب التشبع بالقواعد

## ٢ - تأثير المعلق Suspension effect

يرتفع رقم pH الأرض عند قياسه في المحلول الرائق عنه إذا ما قيس في معلق التربة، وتسمى هذه الظاهرة بتأثير المعلق Suspension effect. ويتم تفسير تلك الظاهرة على أساس أن تركيز أيونات الهيدروجين يزداد بالقرب من أسطح حبيبات التربة التي تحمل شحنات سالبة. ثم ينخفض بشدة بالبعد عن هذه الأسطح طبقاً لمفهوم الطبقة الكهربائية المزدوجة Electric double layer.

ولقد وجد أن تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول الأرضي الحر عند الاتزان يمثل من ٠.٠٠١ إلى ٠.١ ٪ فقط من كمية الهيدروجين الكلية في التربة، وترجع الحموضة النشطة Active acidity في التربة إلى هذه الكمية الضئيلة من أيونات  $H^+$ ، بينما الغالبية العظمى من أيونات الهيدروجين والمقيدة بأسطح حبيبات التربة فترجع إليها الحموضة الكامنة Reserve acidity للتربة.



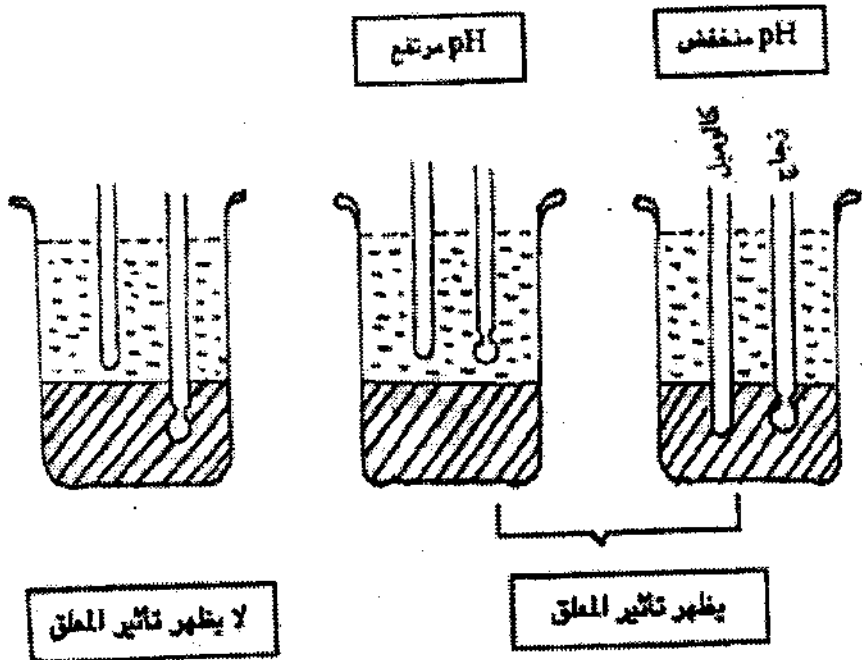
تعريف :-

\* الحموضة النشطة Active acidity هو تعبير عن تركيز أيون الهيدروجين الذائب في المحلول الأرضي ويمكن قياسها بسهولة.

\* الحموضة الكامنة Reserve acidity هو تعبير عن تركيز أيونات الهيدروجين المتباعد على أسطح حبيبات التربة، وهو يمثل ٩٩.٩٪ من التركيز الكلي للهيدروجين في التربة، ويقاس تحت ظروف خاصة.

وعند قياس رقم ال pH فى المعلق فإن قطب الزجاج glass electrode المستخدم فى جهاز قياس رقم الحموضة يكون أقرب ما يكون لسطح حبيبة التربة، وبالتالي فإنه يتأثر بالتركيز العالى لأيونات الهيدروجين المقيدة بهذا السطح ونحصل على رقم pH منخفض ، وعند قياس ال pH فى المحلول الرائق ، فإن موضع قطب الزجاج يكون بعيداً عن سطوح حبيبات التربة ويكون متأثراً بتركيز الهيدروجين المنخفض فى المحلول الأرضى وبالتالي نحصل على رقم pH مرتفع لنفس نوع الأرض المستخدمة .

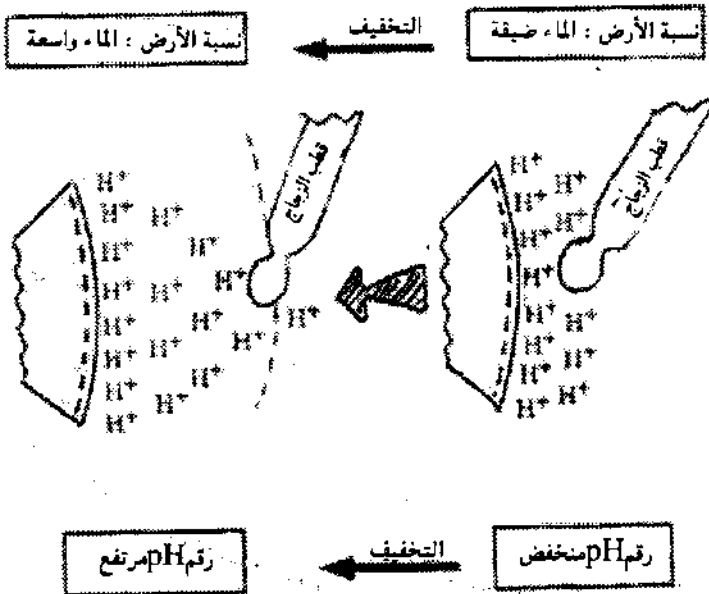
وللتغلب على ظاهرة تأثير المعلق ، فإنه عند قياس رقم pH التربة ، يوضع القطب الزجاجى مغموراً فى التربة المترسبة من المعلق بينما يوضع القطب المرجعى (قطب الكالوميل ) فى المحلول الرائق كما يبدو فى شكل رقم (٣٠) .



شكل رقم (٣٠) : رسم تخطيطى يوضح أثر أوضاع أقطاب جهاز قياس ال pH على القيم المقاسة

## ٣ - تركيز الأملاح الذائبة :

لتركيز الأملاح الذائبة فى التربة تأثير كبير على رقم pH التربة ، حيث إنه يؤثر على طبيعة الطبقة الكهربائية المزدوجة ، فلقد وجد أنه بزيادة تركيز الأملاح الذائبة فى محلول التربة ينخفض رقم الحموضة المقاس لهذه التربة ، وتسمى هذه الظاهرة " أثر التخفيف " Dilution effect " ويمكن تفسير ذلك بأن كاتيونات التركيز العالى من الاملاح تتبادل مع الهيدروجين المقيد على أسطح حبيبات التربة . ويؤدى ذلك إلى انفراد أيونات الهيدروجين وزيادة تركيزها فى المحلول الأرضى وينتج عنه انخفاض فى رقم ال pH المقاس ، بينما محاليل الأملاح المخففة لا تستطيع أن تتبادل كلية مع الهيدروجين المتبادل ، مما يؤدى إلى ارتفاع رقم ال pH المقاس . إضافة إلى ذلك ، فإنه يحدث انضغاط للطبقة الكهربائية المزدوجة بتواجد تركيزات عالية من الأملاح مما يؤدى إلى خروج جزء من الهيدروجين المتبادل فى هذه الطبقة إلى المحلول الخارجى حتى يبقى تركيزه داخل الطبقة الكهربائية المزدوجة ثابتا . أما فى التركيزات المنخفضة فلا يحدث ذلك (شكل رقم ٣١)



شكل رقم : (٣١) أثر نسب معلق التربة على رقم الحموضة المقاس

والجدول التالى ( رقم ١٤ ) يحتوى على قياسات رقم الـ pH لمعلقات ذات نسب أرض : ماء مختلفة وذلك لأرض جيرية مائلة للقلوية ، ومنها يظهر تأثير التخفيف.

جدول رقم (١٤) : أثر النسب المختلفة من الأرض : الماء على درجة حموضة أرض جيرية ( برج العرب )

رقم الـ pH			حجم الماء المضاف إلى ١٠٠ جرام أرض (سم ٢)
عينة جـ	عينة ب	عينة ١	
٨,٠٠	٧,٩٥	٧,٤٥	١٠
٨,١٠	٨	٧,٦٠	٢٥
٨,٤٠	٨,٢٠	٧,٧٠	١٠٠
٩,٦٠	٩,٢٠	٨,١٥	١٠٠٠

وللتغلب على هذه الظاهرة فإنه يتم قياس رقم pH الأرض فى محلول ملحي مخفف . وعادة مايكون محلول ١ ر . عيارى من كلوريد البوتاسيوم أو محلول ٠.١ ر . مول من كلوريد الكالسيوم ، والجدول رقم (١٥) يوضح أرقام الـ pH المقاسة للأرض تنخفض عند استخدام محلول ٠.١ ر . مول كلوريد كالسيوم بدرجة محسوسة عن تلك المقاسة باستخدام الماء .

جدول رقم (١٥) : أثر تركيز الأملاح على رقم حموضة الأرض

رقم الـ pH المقاس فى محلول ٠.٠١ مول $CaCl_2$	رقم الـ pH المقاس فى الماء	العينة
٦,٤٦	٧,٠١	عينة أ
٦,٧٧	٧,٤٢	عينة ب
٧,٥٢	٨,٠٩	عينة جـ

ومن الوجهه العملية والتطبيقية . فإن نسبة الرطوبة فى التربه تكون غير ثابتة وتتغير من يوم إلى آخر بعد الرى نتيجة البخر وامتصاص النبات . وهذا بدوره يؤثر على

رقم pH التربة حيث تكون أعلى مما يمكن بعد الري مباشرة . ثم تبدأ في الانخفاض مع نقص نسبة الرطوبة وزيادة تركيز الاملاح في الماء الأرضى .

#### ٤ - تركيز ثانى اكسيد الكربون :

يؤدى زيادة تركيز غاز ثانى اكسيد الكربون فى الهواء الأرضى الذى يشغل الفراغات البينية لحبيبات التربة الى انخفاض رقم pH الأرض ، ويرجع ذلك إلى ذوبان جزء من هذا الغاز فى الماء الأرضى وتكوين حمض الكربونيك الذى يعمل على خفض رقم ال pH ، وخاصة فى الأراضي المتعادلة والقريبة من التعادل ، ويمكن حساب رقم الحموضة من المعادلة التالية : -

$$pH = pK_1 - 0.5 \sqrt{I} \text{ Log } \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

• حيث  $pK_1$  = ثابت الانقسام الاول لحمض الكربونيك وهو يساوى ٦.٣٦ عند درجة ٢٤م.  $I$  = القوة الايونية للمحلول الارضى.

وتعتبر الأراضي الجيرية حساسة للتغيرات فى ضغط ثانى اكسيد الكربون عن ذلك الموجود فى الهواء الجوى ولذلك فإن رقم pH بها يتغير بدرجة محسوسة ، ويمكن حساب رقم ال pH لأرض جيرية غير ملحية من المعادلة التقريبية التالية .

$$2 \text{ pH} = K + pCa + pCO_2$$

حيث :

$K$  = ثابت يتراوح بين ١٠ ، ١٠.٥ يعبر عن ذوبان كربونات الكالسيوم

$pCa$  = اللوغاريتم السالب لنشاط ايون الكالسيوم

$pCO_2$  = اللوغاريتم السالب للضغط الجزئى لثانى اكسيد الكربون فى الهواء الأرضى.



## قاعدة :-

رقم pH الأرض الجيرية يتناسب طردياً مع اللوغاريتم السالب لضغط غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الأرضى .

وتأكيداً لذلك نسوق الجدول رقم (١٦) ، الذى يظهر كيف ان رقم pH معلقاً من الأرض الجيرية يتخفّض بزيادة ضغط ثانى أكسيد الكربون بطريقة مماثلة لما يحدث لمعلق من كربونات الكالسيوم النقية وما يصاحب ذلك من ذوبان جزء من الكالسيوم فى المحلول.

جدول رقم (١٦): أثر ضغط ثانى أكسيد الكربون على رقم pH معلق من أرض جيرية وآخر من كربونات الكالسيوم وتركيز الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى

تركيز الكالسيوم الذائب ملييكافى / لتر	رقم pH معلق كربونات الكالسيوم	رقم pH معلق أرض جيرية	ضغط ثانى أكسيد الكربون (ض. ج.)
٠.٥٢	٨.٤٢	٨.٥٧	٠.٠٠٠٣٣
٠.٧٥	٨.٠٠	٨.٣٠	٠.٠٠١
١.١٤	٧.٧٧	٧.٩٥	٠.٠٠٢
١.٧٠	٧.٢٣	٧.٦٣	٠.٠١
٢.٥٢	٧.٠٠	٧.٣٠	٠.٠٢
٣.٨٤	٦.٦٥	٦.٩٥	٠.١٠

## مثال محلول :-

١- عند حساب رقم pH لأرض جيرية ، متزنة مع غاز ثانى أكسيد الكربون ضغطته يساوى ١.٠٠ ر. ض. ج. وتركيز من الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى = واحد مول / لتر ، نفترض أن ثابت ذوبان كربونات الكالسيوم هو ١.٠٥ ر. ض. ج. وبالتعميرض فى المعادلة التالية :-

$$2 \text{ pH} = K + \text{pCa} + \text{pCO}_2$$

ينتج أن :-

$$\text{pH} \times 2 = 1.05 + 3 + \text{pCa}$$

$$13.05 =$$

$$\text{pH} = 6.75$$

٢- أرض جيرية غير ملحية لها  $pH = 7.5$  عند ضغط غاز  $CO_2$  مقداره ١٠٠ ر.ض.ج. ، احسب تركيز الكالسيوم الذائب فى المحلول الارضى لها .

$$- PCO_2 = 10^{-3} \text{ لير} = 10^{-3} \text{ مول/لتر}$$

بالتعويض فى المعادلة:-

$$2 pH = K + pCa + pCO_2$$

$$3 + pCa + 10 = 7.5 \times 2$$

$$pCa + 13 = 15$$

$$2 = pCa \therefore$$

∴ تركيز الكالسيوم الذائب =  $10^{-2}$  مول/لتر

### ٥- ٣ حدود رقم pH الأرض وطرق قياسه :

يتراوح رقم pH معظم الأراضى تحت الظروف الحقلية بين ٣.٥ الى ١٠.٠ ، وخارج هذه الحدود لا يستخدم إلا فى المواد الكيميائية مثل الاحماض والقلويات ، وتعتبر الأرض متعادلة اذا تراوح رقم الـ pH بها بين ٦.٥ ، ٧.٥ ، والأرض ذات القيم الأقل من ذلك تكون حامضية وذات القيم الاعلى من ذلك تكون قلوية (شكل رقم ٣٢) ، والأرض الحامضية تكون فقيرة فى القواعد المتبادلة (نسبة التشيع القاعدى منخفضه) ، والنشاط الميكروبي بها بطيء ، كما وان بعض العناصر المعدنية مثل الالومنيوم والمنجنيز تكون فى حالة ذائبه وقد تصل الى تركيبات سامه للنبات ، وعلى العكس من ذلك فإن الأرض القلوية يسود بها الصوديوم الذائب والمتبادل ويؤدى الى تفرقة حبيبات التربة ، وبالتالي سوء التهوية وحدوث اختزال لبعض المركبات ، وخاصة الحديد ، ويحدث نقص فى كثير من العناصر الغذائية. أما الأراضى الجيرية فإنها تعتبر مائلة للقلوية رغم تشبعها بأيون الكالسيوم ولكن لايسودها الصفات الرديئة للأراضى القلوية ولذلك ، تسمى أراضى قلوية التأثير .

ويتضح عموما من الشكل رقم (٣٢) أن الأراضى الحامضية بدرجاتها المختلفة لا توجد على الإطلاق فى المناطق الجافة وشبه الجافة ، ولكن السائد فى هذه المناطق ومنها مصر هى الأراضى القلوية والمائلة للقلوية ، ومن النادر أن ينخفض رقم الـ pH فى

أراضينا الرسوبية النهرية بالوادي والدلتا عن ٧,٥ ، أما الأراضى الصحراوية فإن رقم pH السائد بها أكبر من ٨ .

**[ ? ] مثال محلول :-**

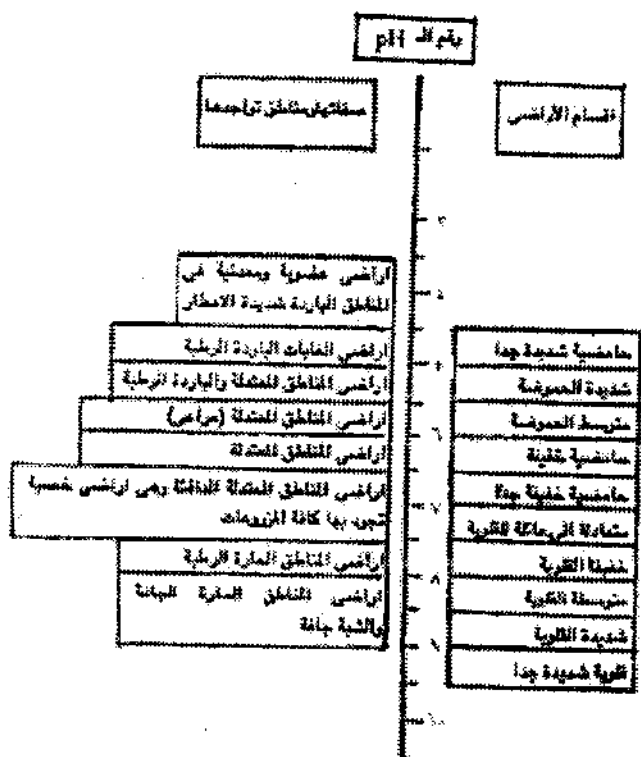
**سؤال -** لماذا تتواجد الأراضى الحامضية فى المناطق الرطبة غزيرة الأمطار، بينما تتواجد الأراضى المتعادلة والقلوية فى المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم؟

**الإجابة -** تؤدي غزارة الأمطار فى المناطق الرطبة إلى غسيل القواعد (Na,K) والقواعد الأرضية (Ca,Mg) سواء الذاتية منها أو المتبادلة، ويحل محلها أيون الهيدروجين على معقد التبادل، مما يؤدي إلى تكوين الأراضى الحامضية ، بينما فى المناطق الجافة وشبه الجافة يحدث تراكم لهذه القواعد وخاصة الصوديوم الذى يسود على معقد التبادل مسبباً قلوية الأرض.

ويقاس رقم ال pH فى الأرض بطريقتين هما :-

#### أ - الطريقة اللونية :

وفيهما تستخدم أنواع مختلفة من المواد الملونة التى يتغير لونها حسب درجة الحموضة ، وتسمى هذه المواد بالأدلة Indicators ، ولكل دليل حساسيته لنطاق محدد من درجات الحموضة كما يتضح من جدول رقم (١٧) .



شكل رقم (٣٢): الحدود الطبيعية لمدى تغير رقم حموضة الأراضى المختلفة.

جدول رقم (١٧): أهم الأدلة المستخدمة فى قياس درجة الحموضة وتغيراتها اللونية

التفسيرات اللونية	نطاق درجات الحموضة	المدائل
أصفر - أخضر - أزرق	٥,٤ - ٢,٨	أخضر بروموكرومات
أصفر - برتقالى - أحمر	٦,٦ - ٥,٢	أحمر كلوروفينول
أصفر - أخضر - أزرق	٧,٦ - ٦,٠	أزرق بروموثيمول
أصفر - برتقالى - أحمر	٨,٨ - ٧,٢	أحمر كرومات
أحمر - برتقال - أصفر	٤,٤ - ٣,١	برتقالى الميثايل
أحمر - بصلى - أصفر	٦,٢ - ٤,٢	أحمر الميثايل
عديم اللون - زبدى - أحمر	١٠,٠٠ - ٨,٠٠	فينولفثالين
أحمر - بنفسجى - أزرق	٨,٠٠ - ٥,٠٠	عباد الشمس

وهناك أنواع من الادلة المركبة ذات المدى الواسع من درجات الحموضة ، والتي تغطى الأراضى المختلفة مثل الدليل المسمى بـ Universal indicator ، ويتم مقارنة اللون المتحصل عليه بشريحة تضم الألوان القياسية عند درجات الحموضة المختلفة ، ومنها يعرف رقم الـ pH بطريقة تقريبية تصل إلى  $\pm 0.5$  ر. وحدة .

### ب - استخدام الأجهزة الكهربائية:

وفيها يتم استخدام جهاز كهربي لقياس رقم الـ pH ويسمى pH-meter ويتم قياس فرق الجهد لأيون الهيدروجين ، بين قطبين للجهاز أحدهما: قطب زجاجى glass electrode حساس لتركيزات الهيدروجين ، والآخر قطب مرجعى يسمى بالكالوميل Calomel electrode ويظهر فرق الجهد على تدريج بواسطة مؤشر ، والتدريج مقسم إلى وحدات الحموضة من ١ - ١٤ ، وتصل دقة القياس بهذه الأجهزة إلى  $\pm 0.05$  ر. وحدة .

### ٥-٤ أهمية رقم حموضة pH الأرض Importance of Soil pH

رقم pH التربة يمكن تقديره بسهولة وسرر، وهو يمّذنا بمعلومات مختلفة حول الخواص الأخرى للتربة ، فالحموضة الشديدة وكذلك القلوية الشديدة يؤديان إلى وجود عناصر بتركيزات سامة مثل الهيدروجين والألومنيوم فى الأراضى الحامضية وكربونات الصوديوم فى الأراضى القلوية ، وهذه المواد ذات تأثير سام مباشر للنبات خاصة عندما يخرج رقم الحموضة عن النطاق من ٤-٩ .

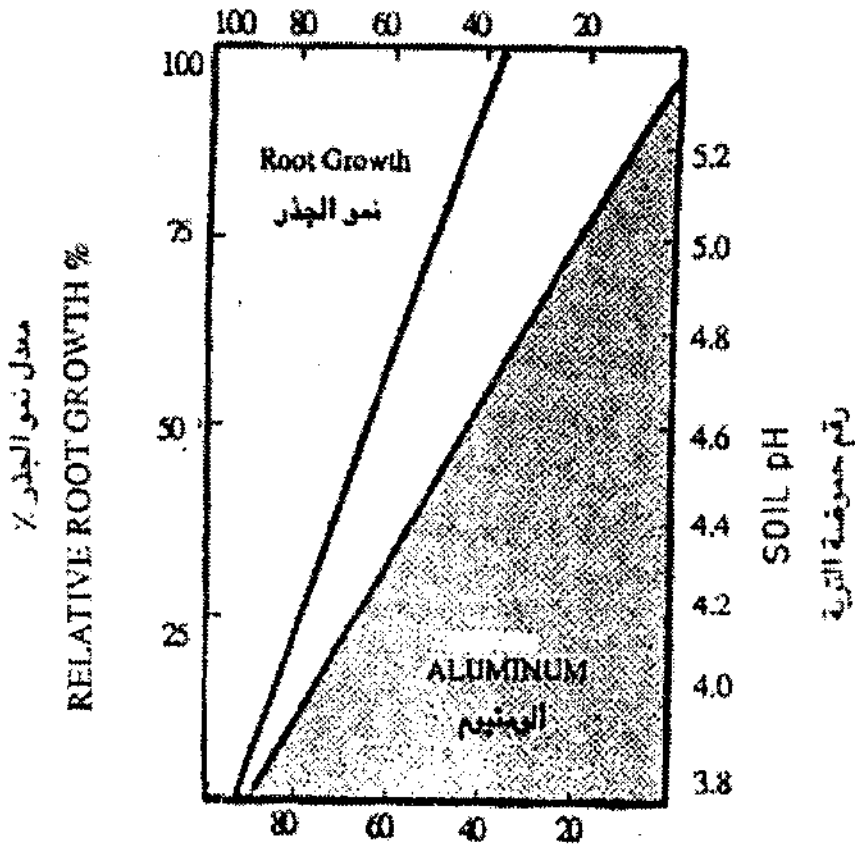
وهناك بعض النباتات التى تستطيع النمو بدرجة جيدة فى الأراضى الحامضية ومنها على سبيل المثال ، الأناناس والشاي وأشجار التوت وعديد من الأشجار الصنوبرية الخشبية رغم وجود نسبة عالية من الألومنيوم المتبادل بهذه الاراضى (شكل رقم ٣٢) . وتسبب الحموضة أيضا ذوبانا لمعظم المعادن الأرضية وزيادة ذوبان عناصرها مثل الحديد والمنجنيز والنحاس مما يؤدى أيضا إلى سمية النباتات ، وعلى العكس فالقلوية الشديدة تؤدى إلى ترسيب هذه العناصر الهامة وبالتالي يحدث نقص غذائى للنبات .

ويمكن أن يؤثر رقم الـ pH أيضا على نمو النباتات من خلال تأثيره على الميكروبات أو الكائنات الدقيقة ذات الأثر المفيد للتربة ، فبكتيريا الأرض والمثبتة للنترجين لا يمكنها مزاوله عملها عندما ينخفض رقم الـ pH عن ٦ ، وكذلك نجد أن البكتيريا

العقدية *Rhizobium* ، والتي هى بكتيريا تكافلية تكون عقدا على جذور النباتات البقولية ، بحيث تحصل من النبات على المواد الكربوهيدراتية وتقوم بتثبيت النتروجين الجوى وتحويله إلى نيترات يستفيد منها النبات فى غذائه ، وهى لا تستطيع القيام بهذا الدور تحت الظروف الحامضية فى التربة .

كما وأن البكتيريا القائمة بتحليل المواد العضوية فى التربة ، والتي يكون من نتيجته انفراد النيتروجين والعناصر الغذائية الأخرى فى صورة ميسرة لاستخدام النبات يكون نشاطها محدودا بدرجة كبيرة تحت ظروف الحموضة الشديدة .

وعادة ما تقاوم الفطريات الحموضة بدرجة أكبر من الميكروبات الأخرى . أما فى الأراضى المعدنية ، فإن معظم المحاصيل الزراعية تنمو بصورة أحسن تحت ظروف حامضية خفيفة (  $pH = ٦.٥$  ) كما هو الحال فى بعض الأراضى الرملية التى تروى بمياه مخلفات الصرف الصحى ، وكذلك بعض الأراضى العضوية خفيفة الحموضة (  $pH = ٥.٥$  ) .

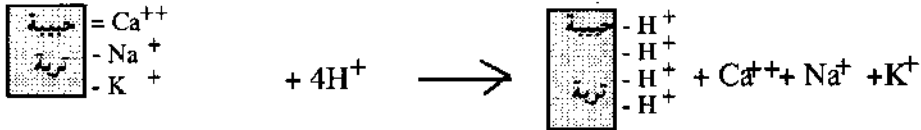


EXCHANGEABLE AI, PERCENT SATURATION OF SOIL CEC.

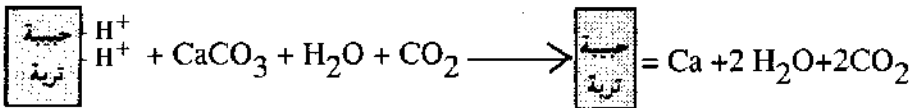
الألومنيوم المتبادل كنسبة من السعة التبادلية الكاتيونية للتربة.

شكل رقم ٣٣: يلاحظ انه إذا أصبحت التربة أكثر حموضة (انخفاض رقم ال pH) يكون هناك Al ذائب بكمية كبيرة ، أى ميسر لامتصاص النباتات - وكلما امتصت النباتات كمية كبيرة كلما زادت السمية ، مما يؤدي إلى قلة نمو الجذور (لاحظ في الشكل معدل نمو جذور نباتات الذرة).

وتتحول الأرض إلى الحموضة ، حتى ولو كان أصل تكوينها مواد قاعدية ، نتيجة لغسيل الكاتيونات القاعدية مثل  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  بمياه الأمطار الغزيرة فتحل محلها أيونات الهيدروجين من مصادرها المختلفة تبعا للمعادلة التالية :-

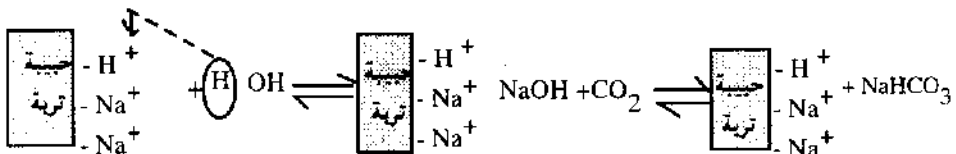


ويمكن معالجة حموضة الأرض عن طريق إضافة الجير (كربونات الكالسيوم) إليها فيتم التفاعل تبعا للمعادلة :-



وعلى العكس من ذلك ، فإن تراكم القواعد فى الأرض وخاصة الصوديوم وسيادته على مواقع التبادل لمعقد التربة يؤدى إلى قلوية الأرض التى تكون غير ملائمة لنمو النباتات أيضا وقد يصل رقم الحموضة لها الى ١٠ ، وعادة ما نجد أن النباتات النامية فى الأراضى ذات رقم الـ pH أكبر من ٩ يكون نموها محدود أو تموت كلية ، مع ملاحظة أن بعض نباتات الهالوفيتات Hallophytes قد تكون مقاومة لظروف القلوية فى الأراضى حيث إنها متأقلمة مع بيئة الأراضى الملحية والقلوية ، وتنتشر فى مصر حول البحيرات الشمالية فى مصر مثل المنزلة والبرلس وإدكو - بل إنها تستخدم للتعرف على الأراضى شديدة القلوية ومن أمثلة هذه النباتات الخريزة والطرطير .

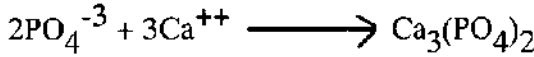
ويرجع ارتفاع pH الأراضى القلوية إلى حدوث تحلل مائى Hydrolysis لأيونات الصوديوم المتبادل وتكون هيدروكسيد وبيكربونات الصوديوم تبعا للمعادلة :-



ويؤدى ارتفاع رقم الـ pH فى الأراضى القلوية إلى حدوث نقص فى ذوبان العناصر



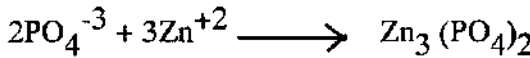
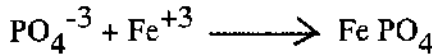
الغذائية الصغرى (عدا الكلورين والموليبدينوم) ، وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الفوسفات غالبا ما تكون غير ميسرة لبعض النباتات بسبب ترسيبها من المحلول الأرضى بواسطة الكالسيوم الذائب تبعاً للمعادلة التالية : -



## تعريف :-

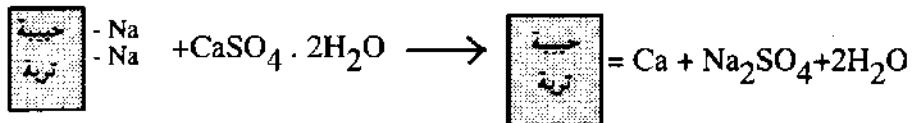
العناصر الغذائية الصغرى Micronutrients هي العناصر التى يحتاجها النبات لاستكمال دورة حياته ولكن بتركيزات منخفضة جداً ، والتى إذا زادت ، أدت إلى سمية النبات مثل عناصر الحديد والزنك والنحاس ، والمنجنيز ، البورون والموليبدينوم ، والكلورين.

كما وأن التسميد الفوسفاتى لا يجدى فى مثل هذه الأراضى القلوية ذات المحتوى المنخفض من الحديد والزنك والمنجنيز الذائب ، وذلك لترسيبها على صورة أملاح فوسفاتية غير ذائبة أو شحيحة الذوبان كما فى التفاعلات التالية : -



والشكل رقم (٣٤) يبين بصورة مبسطة أثر رقم الـ pH على حالة العناصر الغذائية النباتية ومدى تيسرها تحت ظروف الحموضة والقلوية المختلفة .

ويمكن التغلب على مشكلة قلوية الأراضى عن طريق إضافة بعض المصلحات الكيميائية ؛ مثل الجبس الزراعى الذى يتفاعل مع التربة القلوية التى تحتوى على صوديوم متبادل تبعاً للمعادلة : -



تعريف :-

الجبس الزراعى Gypsum : هو الترسيبات المعدنية للجبس ذات الرمز الكيميائى  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  ، حيث يطحن إلى الحد الذى يساعد على سرعة ذوبانه ويتم خلطة مع الطبقة السطحية من الأرض القلوية .

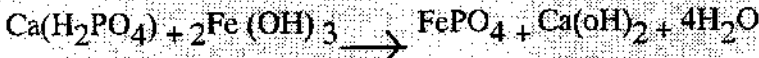
وإحلال الكالسيوم محل الصوديوم يعمل على خفض رقم pH التربة القلوية ، وبالتالي القضاء على الظروف غير المواتية لنمو النباتات .

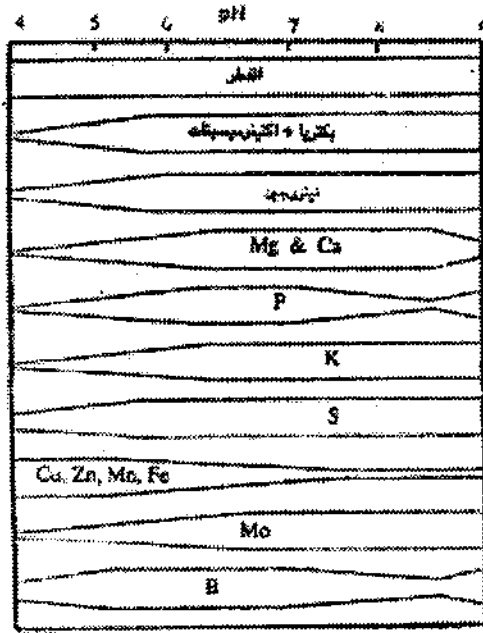
سؤال محلول :-

?


سؤال :- لماذا لا يجدى التسميد الفوسفاتى للأراضى القلوية ؟

الإجابة :- لا يجدى التسميد الفوسفاتى للأراضى القلوية وذلك بسبب تفاعل أيونات الفوسفات مع هيدروكسيدات الحديد فتترسب على صورة فوسفات حديد غير ذائبة أو شححة الذوبان طبقا للتفاعل الآتى :-





شكل رقم (٣٤): أثر رقم ال pH على نشاط الكائنات الحية الدقيقة فى التربة ، وكذلك مدى تيسر العناصر الغذائية للنبات ، وتناسب درجة تيسر العنصر مع شدة التخليل وكذلك مع عرض المنطقة المظلة .

تطبيق :- 	
مستعمينا بالشكل (٣٤) استخراج نطاق رقم الحموضة (pH) الأمثل لتيسير العناصر التالية :-	
نطاق pH الأمثل لتيسر العنصر	العنصر
أكبر من ٦	كبريت S
.....	فوسفور P
.....	موليبدينوم Mo
.....	بورون B
.....	نحاس Cu

## ٥-٥ الفعل التنظيمي للأراضي Buffering Capacity of Soils

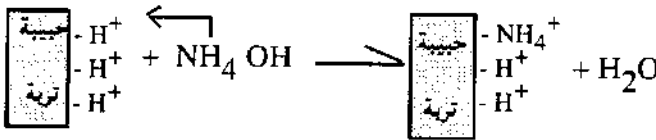
وجد أنه عند دراسة الأراضي المختلفة من حيث رقم الـ pH ، حدوث تغيرات طفيفة في هذا الرقم ، أو بمعنى آخر ، أن رقم الـ pH للمحلول الأرضي ثابت تقريبا ولا يتغير بسهولة ، ويسمى ذلك بالفعل التنظيمي للأرض .

**تعريف :-**

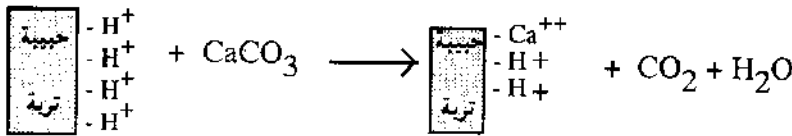
الفعل التنظيمي للأرض Soil buffering action هو قدرة الأرض على مقاومة التغير في رقم حموضتها نتيجة إضافة مواد قاعدية أو حامضية إليها .

ويمكن تفسير هذه الخاصية للتربة على أساس ما سبق تعريفه من الحموضة النشطة والحموضة الكامنة واللاتزان الحادث بينهما والذي يعمل على مقاومة التغير السريع في رقم pH سواء عند إضافة مواد قاعدية أو حمضية للأرض كما يتضح مما يلي :-

أ - عند معاملة الأرض الحمضية بمحلول من الأمونيا فإن أيون الهيدروجين سيتبادل مع أيون الأمونيوم تبعاً للمعادلة :-

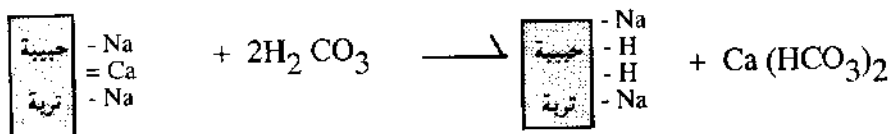


كذلك يحدث التفاعل التالي عند إضافة الجير



وفي هذين التفاعلين فإن إضافة كل من سمادى الأمونيا السائلة أو الجير يؤدي إلى تغيير في رقم الـ pH في نطاق محدود ، وذلك نتيجة معادلة جزء من الحموضة الكامنة ، ويحدث ارتفاع طفيف في رقم الـ pH .

ب - يحدث تفاعل تنظيمي للأرض أيضا ، عند تواجد حامض بها مثل حمض الكربونيك الذي ينتج أيونات هيدروجين تعادل جزءاً من القواعد المتبادلة تبعاً للتفاعل التالي :-



وفي هذه الحالة أيضا يحدث انخفاض محدود جدا في رقم الـ pH وعلى هذا الأساس يمكن أن تحدث عدة تفاعلات بين غرويات التربة والمحاليل الحمضية والقاعدية . وكلما كانت هذه التفاعلات نشطة كلما أصبحت قدرة الأرض على التعادل أكبر وكلما أصبح من الصعب تغيير درجة حموضتها . وعندئذ يمكن القول بأن هذه الأرض ذات فعل تنظيمي عالي ، ويمكن توسيع مفهوم التنظيم ليشمل مقاومة التغير في تركيز أي أيون في المحلول المرتبط بالغروي ، فإذا انخفض تركيز الكالسيوم الذائب في المحلول الأرضي - كأن يتسرب مثلاً - فإن كمية إضافية من الكالسيوم المتبادل تترك مواقع تبادلها وتصبح ذائبة في المحلول تبعاً لقانون فعل الكتلة ، وعلى العكس من ذلك فإن إضافة كالسيوم في حالة ذائبة للتربة يؤدي إلى أن يتحول جزء منه إلى حالة متبادلة ليظل تركيز الكالسيوم الذائب ثابتاً ، وبالمثل يكون للفعل التنظيمي تأثير على التحكم في التركيزات الذائبة لأيونات كل من الصوديوم Na ، البوتاسيوم K ، المغنسيوم Mg والألومنيوم Al ، والكالسيوم Ca ، والهيدروجين H ، ويزداد هذا التأثير التنظيمي بزيادة السعة التبادلية الكاتيونية للتربة والتي يتحكم فيها عدد من العوامل هي : -

١ - قوام الأرض : حيث إن الأرض الطينية تظهر فعل تنظيمي أكبر كثيراً من الأراضي الرملية الفقيرة في الغرويات الأرضية .

٢ - نسبة الدبال : - زيادته تؤدي إلى زيادة الفعل التنظيمي للأرض .

٣ - نوعية معادن الطين : - فالمعادن من نوع ٢ : ١ مثل المونتسموريللونيت والفيرميكوليت ، لها فعل تنظيمي أكبر كثيراً عن المعادن من نوع ١ : ١ مثل معدن طين الكاؤولينيت .

وبالإضافة إلى الفعل التنظيمي الراجع إلى نشاط غرويات التربة ، فإن هناك بعض المكونات الأرضية التي لها فعل تنظيمي مثل كربونات الكالسيوم والدولوميت والتي تسود في الأراضي الجيرية والتي تكتسب مقاومة شديدة للتأثيرات الحامضية .

وللتعبير عن قوة الفعل التنظيمي للأرض يستخدم اصطلاح السعة التنظيمية للأرض.

## تعريف

السعة التنظيمية للأرض Soil buffering capacity يمكن استخدام طريقتين للتعبير عنها ... هما :-

أ - هي كمية الحامض أو القلوي ( مقدرًا بالمليمكافىء ) اللازمة إضافتها إلى وزن معين من الأرض لكي يتغير رقم الـ pH لها بمقدار واحد صحيح .

ب - هي مقدار التغير في رقم pH وزن معين من التربة نتيجة إضافة ١ سم<sup>٣</sup> من حامض أو قلوي ذي تركيز معين .



## ٥ - ٦ تقدير السعة التنظيمية للأرض :

تتلخص طريقة التقدير عمليا في قياس رقم pH التربة بإضافة كميات معينة من حمض وقلوي وأهم الطرق المستخدمة هي طريقة أرهينيوس Arhenius لسهولة إجرائها وخطواتها كالتالى :-

- ١ - تؤخذ ٩ دوارق مخروطية سعة كل منها ١٠٠ مليلتر ويوضع في كل منها ١٠ جم تربة تزداد الى ٢٠ جم في حالة الأراضي الرملية ، ثم تعامل بكميات متزايدة من حمض الكبريتيك H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> تركيزه ١٠٠ أساسى أو الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) NaOH تركيزه ١٠٠ أساسى تبعا للكميات المذكورة في جدول رقم (١٨) .

جدول رقم (١٨) : إضافات حمض الكبريتيك والصودا الكاوية بكميات متزايدة لتقدير السعة التنظيمية للأرض

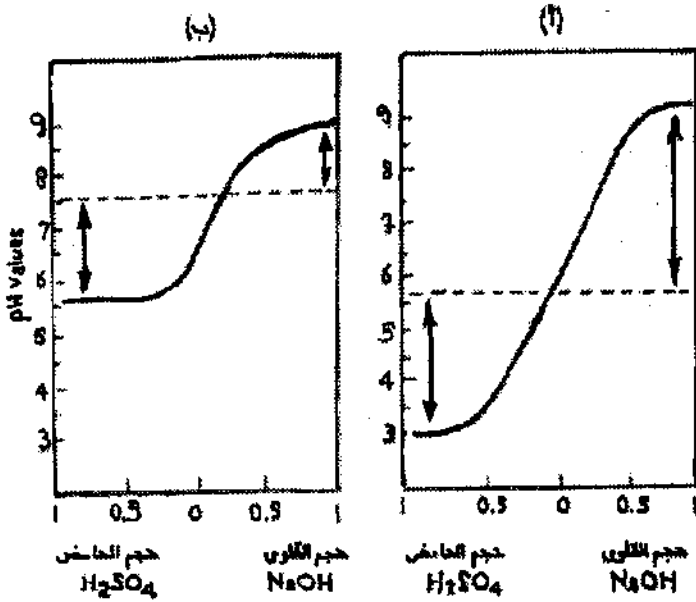
رقم الدورق									العاملة
٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	
-	-	-	-	١٠	٥	٢	١	-	حجم حمض الكبريتيك (٠.١ أساسى) بالمليمت
١٠	٥	٢	١	-	-	-	-	-	حجم الصودا (٠.١ أساسى) بالمليمت
١٠	١٥	١٨	١٩	١٠	١٥	١٨	١٩	٢٠*	حجم الماء المقطر المضاف بالمليمت

\* يلاحظ أن الدورق الأول عومل بالماء المقطر فقط ، وذلك لكى يستخدم فى المقارنة .

٢ - تسد الدوارق وترج وتترك لليوم التالى - ثم يرشح المحلول من كل دورق على حدة ويقدر رقم pH المترشح .

٣ - توضح النتائج المتحصل عليها بيانيا ، بحيث يمثل الإحداثى الرأسى أرقام الحموضة (pH) ويمثل الإحداثى الأفقى من اليمين حجم القلوى ومن اليسار حجم الحامض ، ومن الخط البيانى يمكن معرفة القدرة التنظيمية للتربة (انظر شكل رقم ٣٤) والذى يبين القدرة التنظيمية لتربة مائلة إلى الحموضة (أ) ، والقدرة التنظيمية لتربة مائلة للقلوية (ب) .

يتضح من الشكل ، أن قدرة التربة المائلة للحموضة (أ) على التنظيم ضئيلة ، لأن إضافة كل من الحامض أو القلوى قد غير رقم ال pH بدرجة كبيرة ، فى حين نجد أن قدرة التربة المائلة للقلوية (ب) على التنظيم أكبر لأن إضافة القلوى أو الحامض لم تغير كثيرا من رقم حموضتها . ويرجع السبب فى ذلك إلى أن التربة الحامضية فقيرة فى المواد الغروية التى تقوم بعملية التنظيم نتيجة غسيلها من هذه التربة ، عكس التربة القلوية المشبعة بالقواعد لتوفر المواد المنظمة بها .



شكل رقم (٣٥) : السعة التنظيمية لأرض مائلة للحموضة (أ) وأخرى مائلة للقلوية (ب)

تطبيق:	
من الشكل (٣٥) احسب السعة التنظيمية للأرض (أ) و (ب) علماً بأن قوة الحمض والقلوي اعيارى	
السعة التنظيمية (مليمكافى)	نوع الأرض
فى الجانب القلوي	فى الجانب الحامضى
	مائلة للقلوية
	مائلة للحموضة



### ٥- ٧ أهمية الفعل التنظيمى للأرض :

لاشك أن للفعل التنظيمى للأرض أهمية كبيرة تتمثل فيما يلى:-

أ- ثبات رقم حموضة الأراضى، وهو من أهم عوامل الحفاظ على النشاط البيولوجى فى الأرض، فالتغيرات الحادة فى رقم ال pH تؤدي إلى التأثير المباشر والضرر للتركيزات المرتفعة من أيونات الهيدروجين والهيدروكسيل، بالإضافة إلى إذابته لبعض العناصر وزيادة تركيزاتها فى المحلول الأراضى إلى الحد الذى تصبح فيه سامة لكافة الأنشطة البيولوجية فى الارض.

ب- المساعدة على تحديد كميات المصلحات الكيميائية الواجب إضافتها إلى كل من الأراضى الحمضية أو القلوية، وكلما زادت سعة الأرض التنظيمية كلما كانت الكميات اللازم إضافتها من هذه المصلحات كبيرة سواء عند إصلاح الحموضة بإضافة الجير أو إصلاح القلوية بإضافة الجبس أو الكبريت.

### ٥- ٨ الفعل التنظيمى للأراضى الصحراوية :

تتميز الأراضى الصحراوية الرملية بانخفاض محتواها من الغرويات الأراضية سواء المعدنية أو العضوية ، والتي هى المكونات الرئيسية ذات القدرة التنظيمية العالية لرقم pH الأرض ، وبالتالي فإنه من الطبيعى أن تنعدم أو تقل القدرة التنظيمية لهذه الأراضى الرملية التى تسمى بالهيكلية نظراً لعدم وجود غرويات بها، بحيث لا تكون ذات قيمة محسوسة. وتزداد القدرة التنظيمية للأراضى الصحراوية بقدر احتوائها على بعض المعادن ، مثل الكالسيوم أو معادن مجموعة الكربونات عموماً، حيث تقوم هذه المعادن بمقاومة انخفاض رقم pH هذه الأراضى بكفاءة عالية ، وبالطبع يكون ذلك واضحاً فى الأراضى الجيرية. أما الأراضى الطفلية الصحراوية فتتميز بقدر كبير من الفعل التنظيمى ؛ وذلك لاحتوائها على نسبة عالية من غرويات معادن الطين المختلفة، ويظهر ذلك الفعل جلياً عند استخدام هذه الطفلات الاستخدام الزراعى المناسب لها.



## ٥-٩ ملخص الباب الخامس

\* رقم الحموضة pH هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين بالمول في اللتر من المحلول ويكون تركيز أيون الهيدروجين عند التعادل =  $10^{-7}$  ولذلك فرقم الحموضة عند التعادل يساوى ٧ ، وتحت أى ظرف فإن حاصل ضرب تركيز أيون الهيدروجين فى تركيز أيون الهيدروكسيل يعطى مقداراً ثابتاً هو  $10^{-14}$  مول/لتر.

\* عادة ما يقاس رقم pH الأرض فى عجينة التربة المشبعة بالماء كما يقاس فى معلقات مائية أو ملححة ذات نسب مختلفة بين التربة والمحلول.

\* مقدار ما تساهم به الكاتيونات القاعدية كنسبة مئوية من السعة التبادلية الكاتيونية لمعقد التبادل، يسمى "نسبة التشبع الكاتيونى القاعدي" والتي بزيادتها يزداد رقم pH الأرض ، والعكس صحيح فى الأراضى الحامضية التأثير.

\* تأثير المعلق Suspension effect هو زيادة رقم pH محلول التربة عن ذلك المقاس فى معلق التربة ، ويرجع ذلك إلى سلوك أيون الهيدروجين فى الطبقة الكهربائية المزدوجة وما ينتج عنه من حموضة نشطة وأخرى كامنة متبادلة.

\* يتم التغلب على تأثير المعلق بوضع القطب الزجاجى مغموساً فى التربة المترسبة من المعلق بينما يوضع القطب المرجعى (الكالوميل) فى المحلول الراقى.

\* تأثير التخفيف Dilution effect هو زيادة أرقام الـ pH المسجلة للأرض بانخفاض تركيز الأملاح بها نتيجة التخفيف والذي يفسر أيضاً ، على أساس سلوك الأيونات فى الطبقة الكهربائية المزدوجة.

\* يتم التغلب على تأثير التخفيف بقياس رقم الـ pH فى عجينة أو معلق التربة باستخدام محاليل ملححة تركيزها ٠.١ أساسى من كلوريد البوتاسيوم أو ٠.١ ز. مول من كلوريد الكالسيوم بدلاً من الماء.

\* ينخفض رقم الـ pH المقاس بزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى نظام الأرض ، وتعتبر الأراضى الجيرية أكثر الأراضى حساسية لتغيرات تركيز  $CO_2$  بها.

\* يتراوح رقم pH الأراضي، تحت الظروف الطبيعية بين ٣.٥ إلى ١٠، والغالبية العظمى لها رقم pH بين ٦.٥، ٧.٥، والأراضي ذات القيم الأقل من ذلك تكون حامضية، والأكبر من ذلك تكون قلوية.

\* يقاس رقم الـ pH بطريقتين: أولاًهما: لونية باستخدام أدلة الحموضة والتي لكل دليل منها النطاق الخاص به، وتصل دقة القياس فيها إلى  $\pm 0.٥$  وحدة، وثانيتهما: باستخدام جهاز قياس رقم الحموضة pH-meter وتصل دقة قياسه  $\pm 0.٥$  وحدة.

\* لرقم pH الأرض تأثير كبير على خصوبة التربة من حيث درجة تيسر العناصر بها، وكذلك يؤثر على النشاط الحيوي للكائنات الدقيقة، ومن فضل الله، أنه يمكن إصلاح الحموضة الزائدة وكذلك القلوية الشديدة.

\* الفعل التنظيمي للأرض: هو قدرة الأرض على مقاومة التغير في رقم حموضتها نتيجة إضافة مواد حمضية أو قاعدية إليها. ويقوم به غرويات التربة المعدنية والعضوية.

\* السعة التنظيمية للأرض: هي كمية الحامض أو القلوي اللازم إضافتها إلى وزن معين من الأرض لكي يتغير رقم الـ pH بمقدار وحدة واحدة، أو هي مقدار التغير في رقم حموضة وزن معين من الأرض نتيجة إضافة كمية معينة من الحامض أو القلوي وتقدر بطريقة أرهينيوس Arrhenius.

\* الفعل التنظيمي للأرض مهم لثبات رقم حموضة الأرض للحفاظ على النشاط الحيوي بها، وكذلك يساعد في حساب كميات المصلحات الكيميائية اللازمة لإصلاح الأرض الحامضية أو القلوية، وكذلك يساعد على تقليل سمية بعض العناصر الثقيلة التي تصل إلى الأرض.

\* القدرة التنظيمية للأرض الرملية تعتبر متقدمة، وإذا وجدت فتعزى إلى تواجد كربونات الكالسيوم، ويمكن العمل على زيادتها بإضافة الغرويات المعدنية والعضوية.

?

## ٥ - ١٠ أسئلة الباب الخامس

- ١- عرف رقم الحموضة pH . وما هي وحدات قياسه؟
- ٢- ما هي تركيزات أيون الهيدروجين لمخاليل ذات أرقام pH ٤.٧٢ ، ٦.٥١ ، ٨.٥٠؟
- ٣- ما هي الكاتيونات التي يادمصاصها على حبيبات التربة تسبب حموضة الأرض؟ وما هي النسبة للقلوية في الأراضي؟
- ٤- اشرح أهمية رقم pH الأرض وأثره على حالة العناصر الغذائية بها ، وكذلك النشاط الحيوي.
- ٥- ما هي صورة الهيدروجين التي تقاس عند تقدير الـ pH ؟ وما هو دور التبادل الأيوني في ذلك؟ وما هو المدى الطبيعي لدرجات الحموضة المسجلة للأراضي؟
- ٦- عرف كلا من الحموضة النشطة والكامنة للتربة ، وما هو تأثير كل منهما على رقم pH الأرض المقاسة ؟
- ٧- ما هي العلاقة بين نسبة التشبع بالقواعد ورقم pH الأرض؟ ارسم شكلاً يوضح هذه العلاقة؟
- ٨- اشرح ظاهرة "تأثير المعلق" عند قياس رقم pH الأرض موضعاً أسبابها ، وكذلك طرق التغلب عليها.
- ٩- كيف أمكن تقسيم الأراضي بناء على رقم حموضتها؟ وضع حدود الـ pH لكل قسم من أقسام الأراضي.
- ١٠- اشرح ظاهرة "تأثير التخفيف" عند قياس رقم pH الأرض موضعاً أسبابها ، وطريقته التغلب عليها.
- ١١- أرض جيرية تحتوي على ٤٠٪  $\text{CaCO}_3$  . احسب رقم الـ pH لها عندما تتزن مع غاز ثاني أكسيد الكربون ، الذي ضغطه ٠.١ ر. ض. ج. إذا علمت أن تركيز الكالسيوم الذائب في المحلول الأرضي هو ٠.١ مول/لتر.
- ١٢- أرض جيرية غير ملحية ، كان رقم الـ pH لها = ٦.٧٥ تحت ضغط معين من ثاني أكسيد الكربون ، وكان تركيز الكالسيوم الذائب في المحلول الأرضي هو ٠.١ ر. مول/لتر ، احسب ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون في هذه الأرض.
- ١٣- عرف الفعل التنظيمي للأرض ، ثم اذكر أسبابه وأهميته لها ؟

١٤- ما هى السعة التنظيمية للأرض؟ وكيف يمكن تقديرها عمليا؟

١٥- ما هى الأهمية التطبيقية للفعل التنظيمى للأرض؟ وضع إجابتك بالأمثلة.

١٦- ما هو الفعل التنظيمى للأراضى الصحراوية؟ وكيف يمكن تعديله؟



## الباب السادس المحلول الأرضى Soil Solution

### الأهداف :

- بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :
- ١- يعرف المفاهيم العلمية الواردة بهذا الباب بدون أخطاء .
  - ٢- يشرح كيفية تواجد الماء فى الأرضى .
  - ٣- يستنتج أن المحلول الأرضى فى حالة اتزان مع المكونات الصلبة والأيونات المتبادلة فى الأرضى .
  - ٤- يفسر أن الماء الأرضى ، فى أغلفة الماء حول الجسيمات ، لا يكون محلولاً متجانساً من الناحية الكيميائية .
  - ٥- يحدد أهم المكونات الكيميائية للماء الأرضى وتراكيزها النسبية .
  - ٦- يذكر خصائص المحلول الأرضى .
  - ٧- يحدد أهمية الخاصية الأسموزية للمحلول الأرضى .
  - ٨- يفرق بين رقم pH المحلول الأرضى وعجينة التربة ، مبيناً الأسباب .
  - ٩- يذكر وحدات قياس التوصيل الكهربى للمحلول الأرضى .
  - ١٠- يقيس التوصيل الكهربى ، الضغط الأسموزى ورقم الحموضة للمحلول الأرضى ويعرف مدلولاتها .
  - ١١- يوضح العوامل المؤثرة على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى .
  - ١٢- يذكر طرق الحصول على المحلول الأرضى .
  - ١٣- يفرق بين المحلول الأرضى والمستخلص المائى للأرضى .
  - ١٤- يستخدم نتائج تحليل المحلول الأرضى للتعرف على بعض صفات التربة .
  - ١٥- يستخدم معرفة التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى فى مجال خدمة الأراضى .

## العناصر .

- ١ - مقدمة.
- ٢ - الطبيعة الكيميائية للمحلول الأرضى.
- ٣ - التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى.
- ٤ - خصائص المحلول الأرضى.
- ٥ - العوامل المؤثرة على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى.
- ٦ - طريق الحصول على المحلول الأرضى.
- ٧ - مداول نتائج تحليل المحلول الأرضى.
- ٨ - ملخص الباب السادس.
- ٩ - أسئلة الباب السادس.
- ١٠ - نماذج للإجابة على بعض أسئلة الباب السادس.

## الباب السادس المحلول الأرضي Soil Solution

### ٦-١ مقدمة:

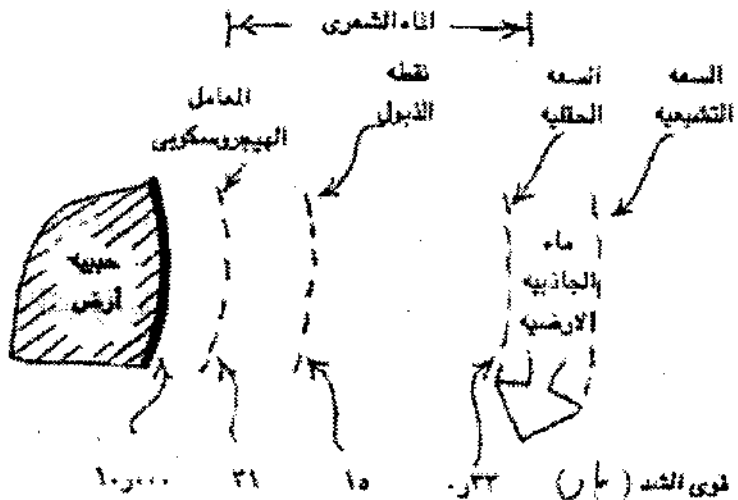
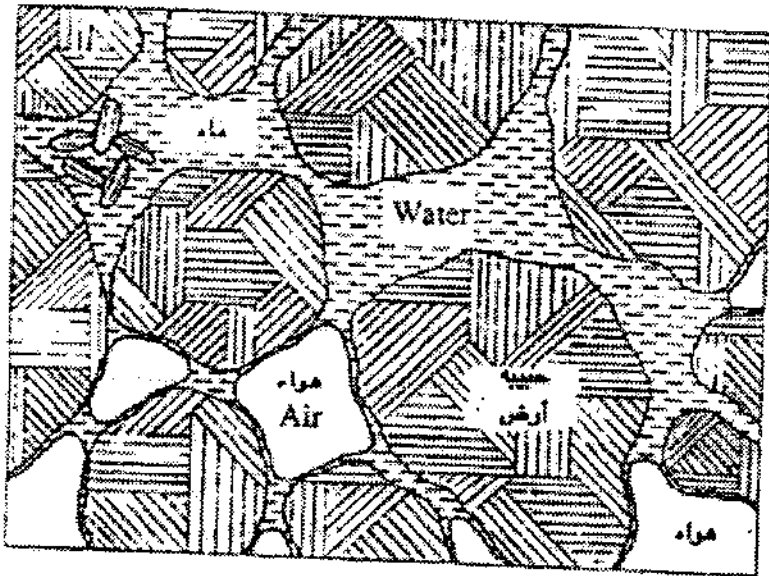
يتواجد الماء في الأرض شاغلاً للفراغات البينية المحصورة بين حبيبات التربة، كما يوجد مغلفاً لهذه الحبيبات ومرتبطاً بها بقوى مختلفة في الشدة، ويعزى ذلك الارتباط إلى قطبية جزيئات الماء ووجود شحنات على سطح حبيبات التربة، وتتراوح قوى الارتباط هذه بين ١٠,٠٠٠ بار إلى ٠,٣٣ بار كما يظهر في الشكل رقم (٣٦ أ)، والقيمة ٠,٣٣ بار (السعة الحقلية) هي أقل قوة لازمة للأرض لكي تحتفظ بمائها ضد قوى الجاذبية الأرضية، والماء المسوك بقوة أقل من هذه القيمة يتحرك إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية مكوناً الماء الزائد الذي يجب التخلص منه عن طريق الصرف. ويعتبر الماء من أهم المذيبات الطبيعية لما له من خواص كيميائية فريدة، ولذا فإن مختلف صور الماء المتواجد في التربة هي في الحقيقة محاليل ناتجة عن إذابة المكونات القابلة للذوبان كما أن هذه المحاليل تكون في حالة اتزان مع الأيونات المتبادلة والتي تكون متزنة مع المعادن والمركبات شحيحة الذوبان والمكونة لحبيبات التربة، وعندئذ يطلق عليها المحلول الأرضي Soil Solution .

### ٦-٢ الطبيعة الكيميائية للمحلول الأرضي

#### Chemical Nature of Soil Solution

يمكن النظر إلى المحلول الأرضي على أنه ذلك الماء القابل للحركة في مسام التربة، والذي يحتوي على العناصر القابلة للذوبان من المكونات الصلبة، ويمكن إيجاز التعريف الشامل له فيما يلي:-





شكل رقم (٣٦ أ) تواجد الماء الأرضى فى نظام التربة والقوى المسوك بها

## تعريف :-

المحلول الأرضى Soil Solution هو الماء المذاب فيه الأملاح والغازات والمسوك فى التربة بقوى ضد قوى الجاذبية الأرضية، والذي يميل لأن يكون فى حالة إتزان مع مادة الأرض الصلبة والأيونات المتبادلة عليها.

وتحت الظروف الطبيعية فإن النظام حول حبيبات المادة الصلبة لا يصل لحالة الثبات بسرعة، فهو باستمرار متغير نظراً لطبيعة الطبقة الكهربية المزدوجة واختلاف تركيبها الكيميائى حول هذه الحبيبات، الصلبة تحتوى دائما على أكبر كمية من المواد الذائبة إذا ما قورنت بمحتوى أغلفة الماء البعيدة نسبيا عن أسطح تلك الحبيبات، ولكن هذه الظروف فى حالة من الاتزان الديناميكي Dynamic equilibrium، وعلى ذلك فإن هذا المحلول فى حالة تغير مستمر مما يزدى إلى وجود مواد ذائبة أو مترسبة أو مدمصة على أسطح الحبيبات أو تنطلق من على هذه الأسطح إلى المحلول.

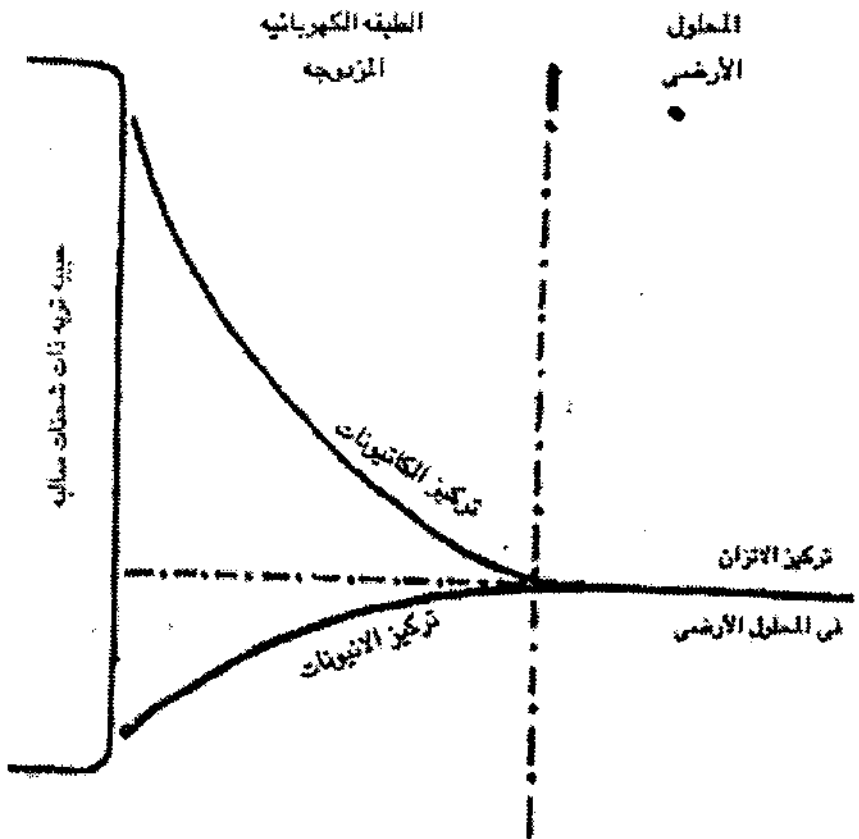
ومهما كانت الظروف المحيطة بالحبيبات ثابتة لفترة طويلة نوعاً ما فإن ذلك لا يعنى أن كل الماء المرتبط بها يكون ذا درجة تركيز واحدة لأى مكون من المكونات الذائبة، فتجد مثلاً أن أغلفة الماء القريبة من الحبيبات الصلبة تحتوي دائما على أكبر كمية من المواد الذائبة إذا ما قورنت بمحتوى أغلفة الماء البعيدة نسبيا عن أسطح تلك الحبيبات، ويمكن التأكد من ذلك بمراجعة موضوع الطبقة الكهربية المزدوجة، ويعبر الشكل رقم (٣٦ ب) عن تدرج تركيز الأيونات بالبعد عن سطح الحبيبة، مع ملاحظة أن كاتيونات المحلول خارج الطبقة المزدوجة تكون قابلة للتبادل وتكون فى حالة اتزان مع الكاتيونات المتبادلة.

## نتيجة :-

الماء الأرضى المرتبط بالحبيبات الصلبة بقوى مختلفة لا يكون محلولاً متجانساً من حيث تركيبه الكيميائى .

وبناء على ذلك، فإننا إذا فصلنا هذا المحلول من التربة فإننا نحصل فقط على الأيونات الذائبة فيه (أنيونات - كاتيونات)، أما الأيونات المتبادلة (الكاتيونات) فلا نحصل عليها فى هذا المحلول المائى بالرغم من أنها قابلة لأن تستفيد منها النباتات

وقمتصها. ولو حاولنا غسيل الأيونات الحرة (الذائبة) أو تعرضت التربة للأمطار أو الري أو امتصت هذه الأيونات بواسطة النباتات النامية، فإن حالة الاتزان الموجودة بين صور هذه الأيونات (ذائبة - متبادلة - راسبة أو غير متبادلة) تتغير تبعاً لذلك حيث تنطلق أيونات مدمصة أو راسبة على صورة أملاح غير ذائبة لهذه الأيونات إلى المحلول في صورة ذائبة لتعود حالة الاتزان مرة أخرى، وبالتالي يتغير تركيب المحلول الأرضى عن الحالة الأولى. كما لا يمثل تركيب المحلول فى أية حالة تركيبه الواقعى والحقيقى بالحقل. ولكن يمكن أن يعطى تركيب المحلول المستخلص من التربة بعض الأسس لحساب متوسط تركيزه فى الحقل.



شكل رقم (٣٦ ب): تركيز الكاتيونات والأنيونات فى كل من الطبقة الكهربيائية المزدوجة والمحلول الأرضى

[?]

مثال محلول :-

١- اشرح دور الطبقة الكهربائية المزدوجة فى التأثير على التركيب الكيميائى للمحلول الأراضى؟

\* هناك اتزان مستمر بين تركيز الأيونات فى الطبقة الكهربائية المزدوجة، وتركيزها فى المحلول الأراضى ، وحسب قانون فعل الكتلة فإن نقص تركيز أى أيون فى المحلول الأراضى نتيجة فقدته أو ترسيبه يؤدي إلى خروج جزء منه من الحالة المتبادلة داخل الطبقة المزدوجة حتى يتم الاتزان من جديد عند تركيز يختلف عن سابقه .

### ٦-٣ التركيب الكيميائى للمحلول الأراضى

### Chemical Composition of Soil Solution

يعتبر تركيب وتركيز محلول التربة نتيجة لعدد من العمليات الحيوية والفيزيوكيميائية والكيميائية والفيزيائية ، وهى العمليات التى تحدث فى الأرض وترتبط بصورة مباشرة بدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة ودرجة التهوية فى التربة ، وكنتيجة لحالات الاتزان الديناميكي بين المكونات الصلبة والسائلة فى التربة ، فإن دراسة المحلول الأراضى فى لحظة ما لا يمكن أن تعطى فكرة كاملة عن تلك التغييرات التى تجرى بفعل الظروف

المناخية ونمو النبات والعمليات الزراعية.

ويعتبر تركيز محلول الأراضى غير الملحية قليل ولا يتعدى ١-٢ جم/لتر، بينما يكون فى الأراضى الملحية عالياً ويصل إلى عشرات الجرامات فى اللتر الواحد ، وقد تكون المواد الذائبة معدنية وعضوية معاً. وتشمل المكونات المعدنية الأملاح الذائبة أساساً، وأهم الأيونات السائدة فى المحلول الأرضى هي:-

بالنسبة للأيونات : البيكربونات  $(\text{HCO}_3)^-$  ، النترات  $(\text{NO}_3)^-$  والنيتريت  $(\text{NO}_2)^-$  ، والكلوريد  $(\text{Cl})^-$  والكبريتات  $(\text{SO}_4)^=$  والفوسفات  $(\text{PO}_4)^=$  .

بالنسبة للكاتيونات : الكالسيوم  $\text{Ca}^{++}$  ، والمغنسيوم  $\text{Mg}^{++}$  ، والصوديوم  $\text{Na}^+$  والبوتاسيوم  $\text{K}^+$  ، والأمونيوم  $\text{NH}_4^+$  ، والهيدروجين  $\text{H}^+$  ، بالإضافة إلى بعض الكاتيونات الأخرى مثل المنجنيز  $\text{Mn}^{++}$  ، الحديدوز  $\text{Fe}^{++}$  ، النحاس  $\text{Cu}^{++}$  وغيرها من العناصر النادرة والتي تتواجد فى المحلول الأرضى بتركيزات ضئيلة جداً ، مقارنة بالكاتيونات السابقة.

ويختلف تركيز هذه الأيونات فى المحلول الأرضى تبعاً لدرجة ذوبان مركباتها، فمثلاً أملاح البيكربونات والكلوريدات، والنترات عالية الذوبان ينتج عنها تركيزات عالية من الأيونات، بينما أملاح الكبريتات والفوسفات - وخاصة بالنسبة للكاتيونات العديدة التكافؤ- فتكون شحيحة الذوبان، مما يؤدي إلى انخفاض تركيزاتها من أيونات الكبريتات والفوسفات فى المحلول الأرضى.

نتيجة :-

تركيز أيونات الكلوريدات والبيكربونات والنترات فى المحلول الأرضى يعبر بدرجة كبيرة عن المحتوى الكلى منها فى الأرض ، بينما التراكيزات الذائبة من الفوسفات والكبريتات فلا تعبر عن محتواها الكلى فى الأرض.

أما بالنسبة لتركيز الكاتيونات فى المحلول الأراضى فيسود الصوديوم والمغنسيوم فى الأراضى الملحية وقد تصل إلى تركيزات كبيرة مقارنة بتلك من الكالسيوم والبوتاسيوم، ويتغير تركيب المحلول الأراضى فى الأراضى الخصبه حيث يقل تركيز الصوديوم والمغنسيوم ويسود الكالسيوم.

وبالإضافة إلى المواد المعدنية ، فهناك بعض المركبات العضوية الذائبة فى المحلول الأراضى ومن أهمها ، الأحماض العضوية التى تنتج من تحلل المادة العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، وكذلك من إفرازات الجذور النباتية الحية وأمثلة هذه الأحماض حمض الأكساليك والستريك والفيوماريك بالإضافة إلى بعض الأحماض الطيارة مثل حمض الفورميك ، والتى غالبا ما تتحد مع كاتيونات العناصر المختلفة مكونة مركبات معقدة ذائبة، ويزداد تركيز المكونات العضوية فى المحلول الأراضى للأراضى الغدقة ذات التهوية الرديئة، بالإضافة إلى ذلك فإنه فى الأراضى القلوية الصودية يتحول حمض الهيوميك بها إلى مركب هيومات الصوديوم الذائب ويزداد تركيزها فى المحلول الأراضى.

## ٦-٤ خصائص المحلول الأراضى :

يتميز المحلول الأراضى بعدة خصائص كيميائية نوجزها فيما يلى :-

### أ- الضغط الاسموزى Osmotic pressure

الضغط الأسموزى لمحلول التربة يعتمد على تركيز ودرجة تحلل المواد الذائبة فيه.

تعريف:-

الضغط الأسموزى لمحلول ما Osmotic pressure هو الضغط الناشئ فى المحلول عند فصله عن الماء النقى بغشاء عديم المرونة ومنفذ للماء فقط. وهو يساوى الضغط اللازم تأثيره على سطح المحلول لمنع زيادة حجمه بدخول الماء إليه. والمحلول الذى تركيزه مول/لتر ينتج عنه ضغط أسموزى قدره ٢٢.٤ ضغط جـ.

ويكون الضغط الأسموزى لمحلول الأرض الملحية مرتفعاً ، وخاصة فى الأراضى الطينية ذات النشاط العالى فى تفاعلات النشاط الأيونى ، وذلك عند مقارنتها بالأرض غير الملحية ، علاوة على أن زيادة نسبة الرطوبة فى الأرض يصاحبها انخفاض فى الضغط الأسموزى.

وترجع أهمية الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى إلى إمكانية امتصاص النبات للماء ، والذي يتوقف عندما يزداد الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى عن ذلك للعصير الحلوى لجذور النبات.

### ب- رقم pH المحلول الأرضى :

عند قياس رقم pH المحلول الأرضى ، منفصلاً عن حبيبات التربة ، نحصل على أرقام عالية عن تلك المقاسة فى عجينة التربة ، وهو ما سبق شرحه فى ظاهرة "تأثير المعلق" ، والمحلول الأرضى فى حد ذاته ليس له فعل تنظيمى ؛ وذلك لغياب الغرويات الارضية.

### ج - التوصيل الكهربى للمحلول الأرضى :

نظراً لأن المحلول الأرضى محلول اليكترولى فى معظمه ، فإنه يعتبر موصلاً للتيار الكهربى ويزداد معامل التوصيل الكهربى بزيادة التركيز الأليكترولى للمحلول الأرضى.

تعريف:-

\* التوصيل الكهربى Electrical conductance

التوصيل الكهربى لمادة (W) هو مقلوب المقاومة الكهربائية (R) أى أن :-

$$W = \frac{1}{R}$$



والمعروف أن وحدة قياس المقاومة هي الأوم Ohm ، أما وحدة قياس التوصيل الكهربى فتسمى الموز mhos (أى مقلوب الأوم) ، ويعتمد التوصيل الكهربى لأى مادة على طول الجسم الموصل (L) ومساحة مقطعه (S) ومعامل التوصيل النوعى (x) تبعاً للمعادلة التالية :-

$$W = x \frac{S}{L}$$

وحيثاً ، فإن وحدة قياس التوصيل يطلق عليها سيمنز (S) ، وفى مجال الأراضى فإن الوحدة المستخدمة هي

الميليموز/سم وهى تساوى  $\frac{1}{1000}$  من الموز Cm = ديسى سيمنز/متر

$$\text{Millimhos / Cm} = 1/1000 \text{ Mhos} = \text{dS/m}$$

\* المحلول الأليكتروليتى Electrolytic Solution

هو محلول الأملاح التى عند ذوبانها فى الماء تتأين بدرجة كبيرة ، وتعمل هذه الأيونات على حمل الألكترونات عند إمرار تيار كهربى فيسرى التيار خلال المحلول.

وتستخدم هذه الخاصية فى تقدير تركيز الأملاح الذائبة فى الأرض عن طريق قياس درجة التوصيل الكهربى للمحلول الأراضى باستخدام جهاز التوصيل الكهربى Conductivity meter . وهى خاصة هامة لتمييز الأراضى الملحية ، والتى لها درجة توصيل كهربى أكبر من ٤ ديسى سيمنز/متر.

ويمكن عن طريق معرفة قيمة التوصيل الكهربى (EC) Electrical conductivity للمحلول الأراضى حساب تركيز الأملاح بواسطة العلاقات الآتية:-

تركيز الأملاح (ملييمكافى/لتر) = التوصيل الكهربى (ديسى سيمنز/متر)  $\times 10$



تركيز الأملاح (جزء فى المليون) = التوصيل الكهربى (ديسى سيمنز/متر) X  
(٦٤٠)

تركيز الأملاح (جرام/لتر) = التوصيل الكهربى (ديسى سيمنز/متر X ٠.٦٤)

الضغط الأسموزى للمحلول = التوصيل الكهربى (ديسى سيمنز/متر) X ٠.٣٦

?

مثال :-

محلول أرضى ، قيمة التوصيل الكهربى له ٢٠٥ ديسى سيمنز / متر ، وهذا معناه أن تركيز الأملاح بهذا المحلول يعادل ٢٥ ملليجرام/لتر أو ١٦٠٠ جزء فى المليون (ملليجرام/لتر) أو ١٦٠ جرام/لتر وله ضغط أسموزى يساوى ٩٠ ص.ج.

## ٦- ٥ العوامل المؤثرة على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى:

يتوقف تركيب وتركيز الأيونات فى محلول الأرض على عدة عوامل أهمها:-

أ- نوع الأرض :- حيث يزداد تركيز الأملاح فى محلول الأرض الملحية ، ويزداد تركيز العناصر الغذائية فى محلول الأرض الخصبة ، كما يسود أيون البيكربونات فى محلول الأرض الجيرية ، خاصة عند زيادة ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون.

ب- زمن اتزان المحلول :- يزداد تركيز المحلول الأرضى بزيادة زمن اتزانه مع المكونات الصلبة.

ج - نسبة الرطوبة فى الأرض:- يقل تركيز الأملاح سريعة الذوبان فى المحلول الأرضى بزيادة نسبة الماء إلى التربة ، بينما يظل تركيز الأملاح والمركبات شحيحة الذوبان . ثابتا ومحدود التغيير - ويتبع ذلك أيضا ، انخفاض فى كمية الكاتيونات المتبادلة فى التربة (انظر شكل ٣٧ A)

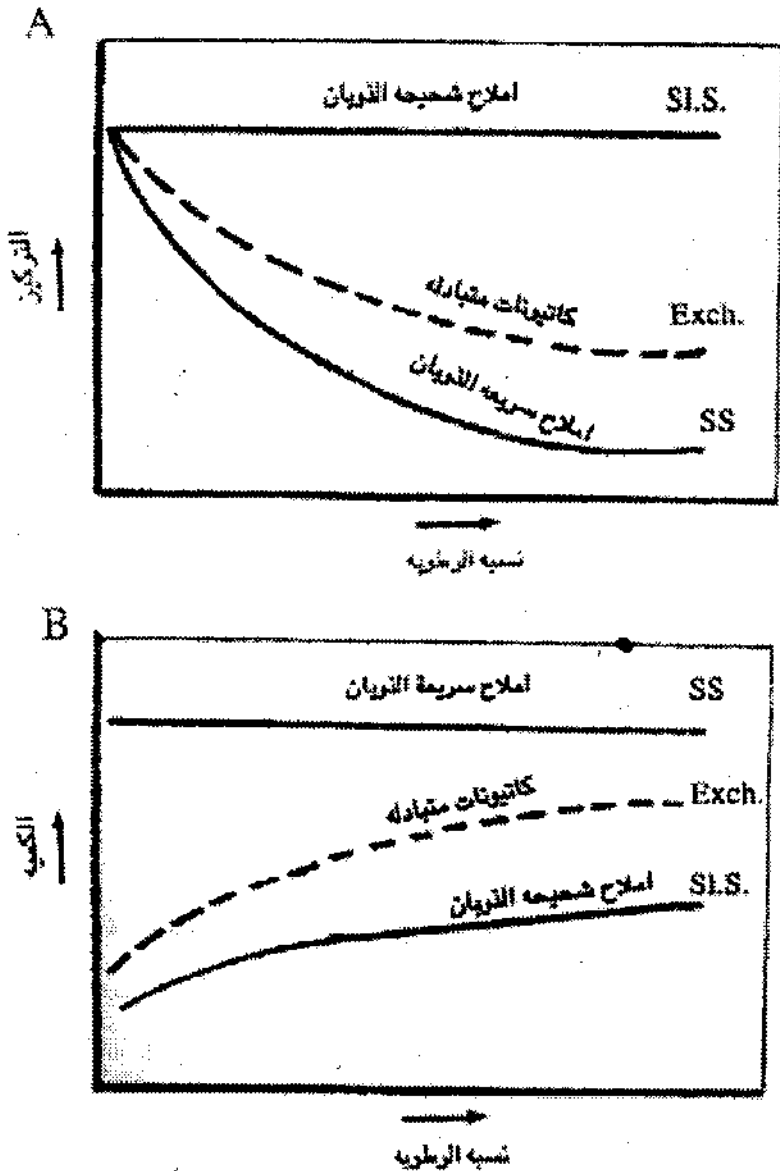
ومن ناحية أخرى ، فإنه بزيادة نسبة الماء إلى التربة فإن الكمية الذائبة من الأملاح سريعة الذوبان تظل ثابتة ، بينما تزداد الكميات الذائبة من كل من الأملاح شحيحة الذوبان وكذلك الكاتيونات المتبادلة (شكل ٣٧ B).

سؤال محلول :



سؤال - يظل تركيز أيونات الكبريتات في محلول الأراضى الجبسية ثابتاً. ما سبب ذلك؟

الإجابة - الجبس من المعادن المتوسطة الذوبان ويبلغ مقدار ذوبانه ١.٩ جم/لتر ، كما تزداد درجة ذوبانه في وجود الأملاح الأخرى، وعلى ذلك فإنه عند إضافة أى كمية من الماء إلى الأرض الجبسية، فإنها تذيب كمية من الجبس تكفى لتشميع هذا المقدار من الماء والوصول به إلى التركيز الثابت من أيون الكبريتات والذي يبلغ ١٧ ملليمكافىء/لتر تقريبا.



شكل رقم (٣٧): أثر نسبة الرطوبة على تركيز وكمية الأملاح والكاتيونات في المحلول الأرضى

## ٦-٦ طرق الحصول على المحلول الارضى :

توجد عدة طرق لاستخلاص المحلول الأراضى نذكر منها ما يلى:-

## أ- طريقة العصر Squeeze method

وفيها يتم استخلاص محلول التربة بواسطة العصر باستخدام مكبس (شكل رقم ٣٨) يولد ضغطا يصل إلى ٢٠٠٠٠ كجم/سم<sup>٢</sup> ، وكلما كان محتوى الرطوبة أقل أو كانت التربة ذات قوة مسك كبيرة للمحلول كلما كان الضغط اللازم للاستخلاص أكبر، والعكس صحيح.

## ب- طريقة وعاء الضغط Pressure membrane method

إذا كانت التربة محتوية على نسبة رطوبة قريبة من السعة الحقلية ، فيمكن استخلاص المحلول الأراضى عن طريق تعريض عينة من الأراض لضغط على أغشية من النايلون أو السيليلوز ذات مسام ضيقة داخل إناء من الصلب، وتكون قوة الضغط المستخدمة فى هذه الحالة حوالى ١٥ ض.ج ، وهى كافية لاستخلاص المحلول الأراضى حتى نقطة الذبول، ويتم الحصول على هذا الضغط عن طريق دفع غاز تحت ضغط شديد داخل الإناء وتركه فترة من الزمن يتم خلالها استقبال المحلول المستخلص من خلال فتحات خاصة.

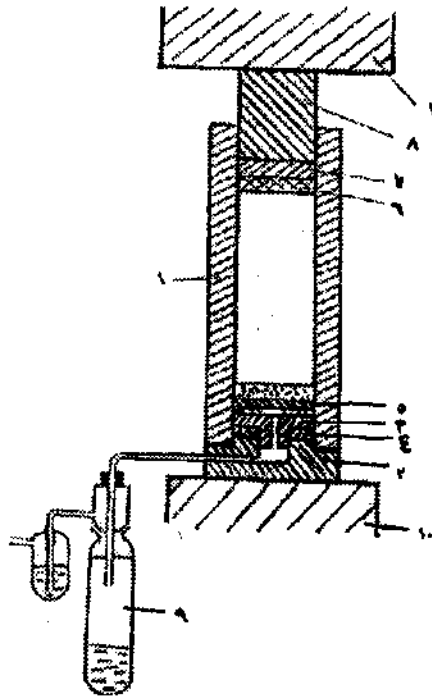
وتعتبر هاتان الطريقتان (أ.ب) من أفضل الطرق فى الاستخلاص حيث إنهما لا تسببان تغييرا فى التركيب الكيمايى للمحلول ويكون مماثلا لحقيقته تقريبا. وبمب هاتين الطريقتين أن كمية المحلول المتحصل عليها بواسطة كل منهما تكون محدودة وغير كافية للتحاليل، وبالتالي لا بد من أخذ كميات كبيرة من التربة، كما أنها تحتاج إلى أجهزة خاصة قد لا تتوافر بالمعمل.

## ج - طريقة الإزاحة Displacement method

وهى أنسب طريقة للحصول على محلول يماثل تقريبا المحلول الأسمى أو الفعلى بشرط أخذ احتياطات معينة باستخدام الانخفاض فى درجة التجمد، أو التأكد من عدم تغير تركيز المحلول الراشح عن طريق قياس درجة التوصيل الكهربى له.

وتتلخص الطريقة فى كبس حبيبات التربة الرطبة ، بطريقة ما ، لكى تكون منضغطة حتى يتحرك سائل الإزاحة كوحدة واحدة فى أنبوية لها فتحة سفلية ، ثم يضاف

وسائل الإزاحة من أعلى فيعمل ذلك على خلق ثقل يؤدي إلى إزاحة ماء التربة بانتظام ودون أن يختلط به وسائل الإزاحة، ثم يجمع المحلول المزاح الراشح من أسفل لتحليله. ويستخدم لذلك محاليل إزاحة أهمها الكحول والماء، ولكن ثبت أن الماء أفضل بشرط أن يكون مذابا به صبغة عضوية معينة ذات لون مثل صبغة الكارمين Carmine أو عناصر مشعة بغرض تسهيل معرفة تقدم عملية الإزاحة أو الاختلاط أو انتهاء عملية الاستخلاص.



شكل رقم (٣٨): جهاز لاستخلاص محلول التربة عند ضغط قدره

١٠٠٠ كجم / سم<sup>٢</sup>

- ١- اسطوانة ٢- مسند ٣- قاعدة الاسطوانة ٤و ٥- وسادات مطاطية
- ٦- شبكة ٧- بطانة من الفايبر ٨- مكبس أو ضاغط ٩- مستقبل ١٠- قاعدة المكبس أو الضاغط .

### د - طريقة المستخلصات : Extractants method

وذلك عن طريق معاملة التربة بكميات مختلفة أو بنسب مختلفة من الماء مثل مستخلصات العجينة المشبعة paste ، ١ : ١ ، ١ : ٥ ، ١ : ١٠ ... إلخ [لاحظ تأثير التخفيف Dilution effect على مكونات المحلول (شكل ٣٧ A, B) أى على الأملاح الذائبة SS مثل أيونات النتترات والكلوريد، الأملاح الشحيحة الذوبان S.I.S مثل الكبريتات والفوسفات والكاتيونات المتبادلة Exch. Cations] ، ثم توضع العجينة على قرص مسامى به ورقة ترشيح مثل قمع بختر Buchner ، وتعرض لتفريغ كافى للحصول على المحلول لتحليله كيميائياً ويمكن الوصول إلى قوة تفريغ حوالى ٣/١ ض.ج. وتعتبر طريقة مستخلص العجينة المشبعة Saturation Extract أفضل من نسب التخفيف الأعلى من ذلك، لقلة المظاهر الاعتراضية التى تؤدى إلى الحصول على قيم غير حقيقية figures unrealistic ، كما أن لها نتائج ارتباطية بعمل النبات.

كما سبق ، يتضح أن المستخلص المائى يختلف كثيراً عن المحلول الأراضى سواء من حيث تركيز أحد المكونات أو التركيز الكلى للمحلول ، ومعاملة التربة بالماء بهذه الطريقة يمكن أن تسبب بعض التأثيرات غير الطبيعية مثل :-

أ- الذوبان :- حيث إن زيادة الماء المستخدم فى الاستخلاص يؤدى إلى إذابة كميات كبيرة من الأملاح، وخاصة الشحيحة الذوبان، بطريقة لا توجد تحت الظروف الطبيعية.

ب- التحلل المائى :- يزداد التحلل المائى للأيونات المستخلصة بزيادة نسبة الماء إلى الأرض، وهذا يفسر أيضاً ظاهرة "تأثير التخفيف" مما يؤدى إلى رفع رقم حموضة المستخلص عنه فى المحلول الأراضى.

#### خلاصة :-

المستخلص المائى Water extract للأرض يختلف عن المحلول الأراضى ولا يعطى فكرة حقيقية عن تلك المركبات التى يرتبط ذوبانها بالضغط الغازى (مثل أيون البيكربونات) أو ظروف الأكسدة والاختزال (مثل الحديد)، إلا أن طريقة المستخلص المائى يمكن أن تكون مناسبة فى التعرف على محتوى الأرض من الأملاح السريعة الذوبان وبعض من الأملاح متوسطة الذوبان.

## ٦-٧ مدلول نتائج تحليل المحلول الأرضى :

١- معرفة تركيز وطبيعة المكونات الذائبة التى تفيد فى إعطاء صورة عن مدى صلاحية العناصر الغذائية فى تربة ما ومستوى الملوحة بها، كما تفيد كذلك فى تقديرات السعة التبادلية والكاتيونات المتبادلة.

٢- تعبر عن طبيعة العمليات الحيوية والكيميائية التى حدثت بالتربة حتى وقت استخلاص محلولها؛ لأنها من المحتمل ألا تعبر عما يحدث لهذه العمليات مستقبلا.

٣- تعطى - عادة- فكرة عن مدى خصوبة التربة وكذلك عن مدى إجهاد التربة بالزراعة من عدمه.

٤- يمكن بواسطتها معرفة نسب بعض المكونات أو الأيونات الغذائية بالنسبة لبعضها، مما يفيد فى وضع خطة تسميدية فى تربة ما لمحصول ما.

وعموما لا بد من الحصول على معلومات معينة لكى يمكن الاستفادة من نتائج تحليل محلول التربة، وهذه المعلومات يمكن سردها فيما يلى :-

أ- حالة التربة فى الماضى القريب وطريقة الري ونوع هذه المياه.

ب- أنواع المحاصيل التى تزرع بها وكمية المحصول الناتج.

ج- الفترة التى تلت عقب حصد آخر محصول قبل التحصل على محلول التربة.

د- نوع وكمية السماد العضوى وكذلك الأسمدة الكيماوية التى تضاف لهذه التربة.

هـ - طبيعة المكون الصلب فى التربة.

و- القدرة الحيوية لهذه التربة.... إلخ ، من المعلومات التى تفيد فى هذا الموضوع والمتيسر الحصول عليها.

## سؤال محلول



سؤال - كيف يمكن الحكم على ملوحة التربة من خلال المستخلص المائى للأرض ؟

الإجابة - الأرض الملحية Saline Soil هى التى تتكون قسمة التوصيل الكهربى  $Ec$ - value لمستخلص العجينة المشبعة لها Paste extract أكبر من ٤

ديسى سيمنز / متر .

## ٦- ٨ ملخص الباب السادس

\* المحلول الأرضى هو الماء المذاب فيه الأملاح والغازات، والمسوك فى التربة ضد قوى الجاذبية الأرضية، وهو فى حالة اتزان ديناميكى مع المكونات الصلبة للأرض.

\* يختلف التركيب الكيميائى للأغلفة المائية المسوكة بقوى مختلفة حول الجيبية، حيث يكون تركيز الكاتيونات أعلى ما يمكن عند السطح ثم ينخفض بالبعد عن سطح الجيبية، بينما يزداد تركيز الأنيونات.

\* الأنيونات الشائعة التواجد فى المحلول الأرضى، هى البيكربونات والنترات والكلوريدات، وهى سهلة الذوبان، ولذا تتواجد بتركيزات مرتفعة نسبياً عند مقارنتها بتلك الخاصة بأنيونات الكبريتات والفوسفات.

\* الكاتيونات الشائعة التواجد فى المحلول الأرضى هى الصوديوم والمغنسيوم، خاصة فى الأراضى الملحية، يليها الكالسيوم ثم البوتاسيوم.

\* تتواجد بعض المركبات العضوية ذائبة فى المحلول الأرضى، وخاصة للأراضى الغدقة ذات التهوية الرديئة.

\* يتميز المحلول الأرضى بعدة خصائص أهمها الضغط الأسموزى، رقم ال pH بالإضافة إلى التوصيل الكهربى الذى يقدر بوحدات ديسى سيمنز/متر.

\* يتوقف تركيب وتركيز الأيونات فى المحلول الأرضى على عدد من العوامل منها: نوع الأرض - زمن اتزان المحلول مع المواد الصلبة، نسبة الرطوبة فى الأرض.

\* توجد عدة طرق للحصول على المحلول الأرضى منها: - العصر والضغط والإزاحة والمستخلص المائى.

\* يختلف المستخلص المائى اختلافاً كبيراً عن المحلول الأرضى ولا يعبر عنه، بسبب حدوث تأثيرات غير طبيعية فى الذوبان والتحلل المائى للمكونات القابلة للذوبان.

\* من دراسة نتائج تحليل المحلول الأرضى، يمكن تكوين صورة واضحة عن العناصر الغذائية الميسرة، كذلك معرفة طبيعة العمليات الكيميائية والبيوكيميائية التى تحدث بالتربة، مما يفيد فى وضع برامج الخدمة المناسبة من حيث التحسين والرى والتسميد إلخ...



## ٦-٩ أسئلة الباب السادس



- ١- ما هي صور الماء الأرضى؟ وهل تعتبر كلها جزءاً فعالاً فى تكوين المحلول الأرضى؟
- ٢- المحلول الأرضى فى حالة اتزان ديناميكى مع المكونات الصلبة فى التربة. اشرح هذه العبارة.
- ٣- كيف تفسر أن الماء الأرضى، فى أغلفة الماء حول الحبيبات، لا يكون محلولاً متجانساً من الناحية الكيميائية؟
- ٤- ما هي أهم المكونات الكيميائية للمحلول الأرضى وتراكيزها النسبية؟
- ٥- ما أهميه الخاصية الأسموزية للمحلول الأرضى؟
- ٦- ما هي الفروق الأساسية بين رقم pH المحلول الأرضى وعجينة التربة؟ مبيناً الأسباب.
- ٧- عرف التوصيل الكهربى للمحلول الأرضى، ووحدات قياسه، ثم اذكر أهميته فى تمييز أنواع الأراضى.
- ٨- اشرح العوامل المؤثرة على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى.
- ٩- اذكر أهم طرق الحصول على المحلول الأرضى.
- ١٠- بمعرفة التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى، يمكننا الاستدلال على بعض صفات التربة.. اشرح كيف يمكن ذلك؟
- ١١- علل لما يأتى :-
  - أ- عدم تجانس التركيب الكيميائى للأغلفة المائية حول حبيبات التربة.
  - ب- وجود بعض الأيونات بتركيزات مرتفعة فى المحلول الأرضى بينما تكون الأخرى منخفضة التركيز.
  - ج- يعبر تركيز الكلوريد فى المحلول الأرضى عن محتواه الكلى فى الأرض، بينما لا يعبر تركيز الفوسفات فى المحلول على محتواها الكلى.

د- زيادة تركيز المركبات العضوية الذائبة في محلول الأراضى الغدقة.

هـ- المحلول الأراضى ليس له فعل تنظيمى يذكر.

و- اختلاف المستخلص المائى عن المحلول الأراضى.

١٢- أكمل ماأتى :-

أ- الماء الأراضى المرتبط ..... بقوى مختلفة، لا يكون محلولاً متجانساً من حيث.....

ب- الأيونات سريعة الذوبان فى المحلول الأراضى هى ..... بينما القليلة الذوبان هى ..... ولا تعتبر الأخيرة عن ... فى الأرض.

ج- يرتفع تركيز كل من كاتيونات ... ، ... فى محلول الأراضى الملحية مما يزدى إلى ارتفاع قيمة ... بها.

د- التوصيل الكهربى هو مقلوب ... وتناسب طردياً مع ..... وعكسياً مع .....

هـ- يستخدم جهاز ..... فى قياس تركيز الأملاح فى المحلول الأراضى.

و- يقل تركيز الأملاح ..... الذوبان فى المحلول الأراضى بزيادة نسبة ... بينما تركيز الأملاح ..... ثابتاً ومحدود التغيير.

ز- زيادة نسبة الماء إلى الأرض تؤدى إلى أن تركيز الأملاح السريعة الذوبان ... بينما تزداد الكميات الذائبة من الأملاح ..

ح- المحلول الأراضى الحقيقى يمكن الحصول عليه بطرق .....

ط- يمكن استخدام المستخلص المائى فى التعرف على محتوى الأرض من .....

## القسم الخامس

الباب السابع : الخصائص المعدنية والكيميائية  
للأراضي الصحراوية



## الباب السابع

### الخصائص المعدنية والكيميائية للأراضى الصحراوية

### Mineralogical and Chemical Properties

### of Desert Soils

#### الأهداف :

- بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :
- ١ - يُعرّف جميع المفاهيم العلمية الواردة فى الباب بدون أخطاء .
  - ٢ - يعبر بالمعادلات الكيميائية عن التفاعلات المختلفة الواردة بالباب بدون أخطاء .
  - ٣ - يصنف الأراضى الصحراوية . (يحدد أنواعها) .
  - ٤ - يوضح كيف تتكون الأراضى الرملية، متعددأ أماكن توأجدها فى مصر .
  - ٥ - يحدد الخواص الكيميائية للأراضى الرملية .
  - ٦ - يذكر المحددات الكيميائية للإنتاج الزراعى فى الأراضى الرملية .
  - ٧ - يضع برنامجأ لتعديل الخواص الكيميائية للأراضى الرملية .
  - ٨ - يوضح التركيب الكيميائى والمعدنى للأراضى الرملية .
  - ٩ - يحدد المشاكل الكيميائية فى الأراضى الجيرية .
  - ١٠ - يستنتج العلاقة بين التركيب المعدنى والخواص الكيميائية للأرض .
  - ١١ - يفسر ظاهرة الاصفرار التى تظهر على المعاصيل المزروعة فى الأراضى الجيرية .
  - ١٢ - يقدر معملياً نسبة الكربونات النشطة فى الأراضى الجيرية .
  - ١٣ - يحدد أماكن تواجد الكربونات النشطة فى الأراضى المصرية والحد الخارج لها .
  - ١٤ - يشرح معنى (الفعل اللاجم للكربونات)
  - ١٥ - يذكر أثر تواجد معدن طين الأتابولجيت فى الأراضى الجيرية على خواصها الكيميائية والفيزيائية .

- ١٦- يحدد كيفية التغلب على مشكلة التقشر السطحي فى الأراضى الجيرية.
- ١٧- يوضح أثر ضغط ثاني أكسيد الكربون على رقم pH الأراضى الجيرية.
- ١٨- يشرح كيفية عمل كربونات الكالسيوم على ترسيب مركبات الحديد فى الأراضى الجيرية.
- ١٩- يضع برنامجاً للخدمة الكيميائية فى الأراضى الجيرية.
- ٢٠- يفسر استخدام الأسمدة الورقية فى مزارع الأراضى الجيرية.
- ٢١- يذكر أهم صفات الطفلة .
- ٢٢- يوضح كيفية استخدام الرواسب الطفلية فى تحسين الخواص الكيميائية للأراضى الصحراوية.

## العناصر :

- ١- الأراضى الصحراوية - تعريفها - تصنيفها.
- ٢ - الأراضى الرملية الصحراوية .
  - الخواص الكيميائية للأراضى الرملية.
  - التقاط الواجب مراعاتها عند استغلال الأراضى الرملية من وجهة نظر خواصها الكيميائية والمخسورية .
- ٣ - الأراضى الجيرية .
  - تعريف .
  - التركيب المعدنى للأراضى الجيرية.
  - الخواص الكيميائية للأراضى الجيرية .
  - الكربونات النشطة فى الأراضى الجيرية ومعاييرها .
  - التقشر السطحي فى الأراضى الجيرية من الرجة الكيميائية .
  - التوصيات التى تراعى فى استزراع الأراضى الجيرية.
- ٤ - الأراضى الطفلية الصحراوية .
- ٥ - ملخص الباب السابع .
- ٦ - أسئلة الباب السابع .

## الباب السابع

### الخصائص المعدنية والكيميائية للأراضى الصحراوية

### Mineralogical and Chemical Properties

### of Desert Soils

#### ١-٧ مقدمة :

الأراضى الصحراوية Desert Soils هي أراضى نطاقية تقع فى الحزام الصحراوى من العالم ، والذي يتميز بالجفاف الشديد حيث تقل الأمطار كثيراً عن البخر - Evapora- tion والبخرنتح Evapotranspiration بسبب ارتفاع الحرارة ، مما يؤدي إلى ندرة الحياة النباتية، مع سيادة النباتات المقاومة للجفاف من نوع الزيروفيتات Xerophytes.

وتعتبر هذه الأراضى حديثة التكوين (راجع كتاب حصر وتصنيف الأراضى الصحراوية) ، أى لم تتم بها أى عمليات لغسيل ونقل بعض مكوناتها داخل مقطعها الأرضى ، أو أنها تمت فى حدود ضيقة جداً نتيجة ضآلة النشاط الحيوى والكيميائى فى البيئة الصحراوية ، وعلى ذلك فإن معظم صفات الأراضى الصحراوية تكون موروثه من مادة الأصل ولا تختلف عنها كثيراً .

وتقسم نوعيات الأراضى الصحراوية بشكل عام إلى ثلاث مجموعات من الأراضى هي: الرملية ، والجيرية ، والطفلية .

#### ٢-٧ الأراضى الرملية الصحراوية Sandy Soils

الأراضى الرملية هي التى تحتوى على نسبة عالية من حبيبات الرمل بأقطارها المختلفة ( ٢ - ٠.٥ مليمتر ) ، والمكونة من معدن الكوارتز أساساً ، والتي تصل نسبتها فى الأرض إلى ٨٥ ٪ أو أكثر .

وتتكون هذه الأراضى تحت ظروف المناخ الحار الجاف ، وقد تتعرض لعواصف متقطعة ممطرة لفترات قصيرة تعمل على ترطيب طبقة محدودة من المقطع الأرضى . وتزدى هذه الظروف إلى تواجد كل من الجبس و/ أو كربونات الكالسيوم فى تجمعات عند أعماق مختلفة فى داخل المقطع الأرضى ، والتي تتناسب طردياً مع كمية مياه الأمطار المحدودة التى تتخلل طبقات الأرض والتي تتوقف أيضاً على درجة مسامية الطبقات السطحية

للترية .

ولقد لوحظ باستمرار أن طبقة تراكم الجبس تلى طبقة تراكم كربونات الكالسيوم داخل المقطع الأرضى ، ويعزى ذلك إلى اختلاف درجات ذوبان كل منهما ، حيث إن درجة ذوبان كربونات الكالسيوم هي ٠.٠١٣ جم/لتر بينما للجبس تصل إلى ١.٩ جم/لتر ، وبالتالي تؤدي كميات الأمطار القليلة إلى إذابة كل منهما من الطبقة السطحية وتتحرك إلى أسفل لتعود بعد فترة وجيزة لتتحرك إلى أعلى تحت تأثير عمليات البخر والتي يصاحبها زيادة فى تركيز المحلول الصاعد ليتحول إلى محلول فوق مشبع Supersaturated ، وهذا يؤدي إلى ترسيب المكونات ذات درجة الذوبان المنخفضة أولاً وهى فى هذه الحالة كربونات الكالسيوم (الجير) يليها الجبس ذو درجة الذوبان المرتفعة نسبياً . ويتكون تبعاً لذلك الأفق الجبرى Calcic horizon والأفق الجبسى Gypsic horizon مسببة تواجد طبقات صماء Hard pans تحدد عمق المقطع الأرضى ، وهذه تتكون بصفة أساسية فى الأماكن المنخفضة من الأراضى الصحراوية والتي تتجمع بها مياه الأمطار وتنشط بذلك عمليات الإذابة والترسيب .

وعموماً تقع الأراضى الرملية فى رتبتي الأريديسولس Aridisols والأنتيسولس Entisols ، وهى تشكل ٩٥٪ من مساحة مصر ، أغلبها فى الصحراوين الشرقية والغربية .

### الخواص الكيميائية للأراضى الرملية :

تحتوى الأراضى الرملية على نسب عالية ( تصل إلى ٩٠٪ أو أكثر ) من الحبيبات الهيكلية سواء فى حجم الرمل الناعم أو الخشن أو الحصى والمتكونة أساساً من معدن الكوارتز ، ومن المعروف أن الكوارتز من المعادن الإطارية المتوازنة كهربائياً فى مجموعة Tectosilicates الشديد المقاومة للتجوية وبالتالي فإن حبيباته لا تحمل شحنات محسوسة مما يقلل من نشاطها السطحي إلى أقل حد ممكن يصل إلى درجة الخمول الكيميائى ، إلا أن تواجد حوالى ١٠٪ أو أقل من الحبيبات فى حجم السلت والطين متركزاً فى الطبقة السطحية الرقيقة من القطاع الأرضى يعتبر هو المصدر الأساسى للنشاط الكيميائى المحدود الذى يظهر للأراضى الرملية ، حيث إنه فى أحيان كثيرة لا تتعدى السعة التبادلية الكاتيونية لهذه الأراضى ١٠ ملليمكافى ، / ١٠٠ جرام فى أحسن الأحوال، كما أن رقم ال pH لها أعلى من المألوف وفى الجانب القاعدى ويصل فى بعض

المواقع إلى رقم ال pH ٩.٤٨ ، ويتوقف ذلك على نوعية الأملاح وتركيزاتها في الأرض فانخفاض تركيز الأملاح يؤدي الى ارتفاع قيم ال pH المقاسة في المعلق المائى ، نتيجة لحدوث التحلل المائى لأيونات . هذا بالإضافة إلى الخواص القوامية الخشنة لهذه النوعية من الأراضي - وقدرتها التنظيمية الضعيفة - إضافة إلى أن عملية التحلل المائى ينتج عنها تحرك لمجاميع الهيدروكسيل إلى أسفل المقطع الأرضى والتي مع تواجد سيادة لأيونات الصوديوم فى هذه الطبقات تعمل على رفع رقم الحموضة ، ويوضح ذلك الجدول رقم (١٩) .

جدول رقم : (١٩) بعض الخواص الكيميائية للأراضي الرملية الصحراوية بطريق القاهرة الإسماعيلية الصحراوى ( قطاع الشباب بمشروع الصالحية)

	الكاتيونات والأنيونات الثابتة (مليجاني / لتر)							رقم ال pH التربة	الأملاح الثابتة مليغوز / سم	عمق طبقات المقطع الأرض (سم)
	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>			
	١.٠٥	٠.٥٥	٠.٧٣	٠.٢٢	٠.٧١	٠.٨٦	٠.٥٢	٨.٤٠	٠.٢٣	مسار - ١٥
	٠.٥٩	٠.٢٢	٠.٤٨	٠.١٤	٠.٥٠	٠.٣١	٠.٤٥	٨.٨٨	٠.١٤	٢٠-١٥
	١.١٣	٠.٢٨	٠.٥٨	٠.١٢	٠.٨٩	٠.٥٤	٠.٥٤	٩.٢٠	٠.٢١	٦٠-٢٠
	٠.٦٢	٠.٤٨	٠.٤٨	٠.٠٦	٠.٦٢	٠.٢٩	٠.٦٠	٨.٢٥	٠.١٦	١٠٠-٦٠
	١.٢٣	٠.٢٨	٠.٧٧	٠.٢٢	٠.٦٣	٠.٧١	٠.٧١	٨.٤٢	٠.٢٤	٢٠-٢٠
	٠.٨٢	٠.٢٩	٠.٧٨	٠.٢٧	٠.٦٤	٠.٥٤	٠.٥٤	٨.٦٠	٠.٢٠	٥٠-٢٠
	١.٢١	٠.٢٣	٠.٦٦	٠.٠٢	١.٣٩	٠.٤٦	٠.٢١	٩.٣٠	٠.٢٢	١٠٠-٥٠
	٠.٦٠	٠.٥٠	٠.٥٠	٠.١٥	٠.٥٢	٠.٦٢	٠.٢٢	٨.٥٢	٠.١٦	٢٠-٢٠
	١.٢٧	٠.٢٨	٠.٧٦	٠.١١	١.٢٣	٠.٧٠	٠.٢٦	٨.١٠	٠.٢٤	٦٠-٢٠
	١.٢٢	٠.٥٩	٠.٧٩	٠.٠٤	١.٦٢	٠.٢٧	٠.٥٥	٩.٤٨	٠.١٦	١٠٠-٦٠

ومع الإضافات المستمرة للمادة العضوية ، يحدث بناء للمقطع الأرضى وتكتسب طبقة السطحية اللون الداكن بدلا من اللون الفاتح ، الذى كان موجودا قبل استغلال الأرض زراعيا .



وتوجد هنا أهم محددات الإنتاج الزراعي في الأراضي الرملية من وجهة نظر اهتمامات كيمياء الأراضي وهي :-

\* قلة السطوح الكلية لمبيبات الرمال ، مما يتعكس على خاصية الجذب السطحي ، إضافة إلى قلة مراكز الشحنات على حبيبات الرمال لأن معظمها تتكون من معادن ابتدائية ( الكوارتز - الفلسبارات - الكربونات ) مع قلة احتوائها على المادة العضوية .

\* من المعروف أن الأراضي الرملية فقيرة في العناصر الغذائية الضرورية لتغذية النبات وتعتمد خصوبتها الذاتية على القدر الضئيل مما يحتويه من حبيبات الطين ، وأن العناصر الغذائية التي تضاف إلى هذه الأراضي لرفع خصوبتها سوف تظل حرة في محلول التربة معرضة للتحرك مع مياه الري إلى عمق بعيد عن المجموع الجذري وذلك نظراً لكون السعة التبادلية لهذه الأراضي منخفضة ويتراوح بين ٦ - ١٠ ملليمكافىء / ١٠٠ جرام من التربة .

\* قلة احتفاظها بمياه الري ، وعليه يتطلب إضافة مياه الري على فترات متقاربة مما يزيد مشكلة فقد العناصر الغذائية المضافة .

ويشكل عام فالأراضي الرملية تعتبر فقيرة في العناصر الغذائية الرئيسية مثل الفسفور والنيتروجين والبوتاسيوم ، والعناصر الصغرى مثل الحديد والمنجنيز والزنك .

### النقاط الواجب مراعاتها عند استغلال الأراضي الرملية من وجهة نظر خواصها الكيميائية والخصوبية :

يجب عند استغلال الأراضي الرملية مراعاة النقاط التالية :

أولاً :- تحديد مصادر مياه الري وتحليلها كيميائياً ، وكذلك تحديد معايير استخداماتها في الري ، وتحديد نظام الري المستخدم ، وتوقع حدوث مشاكل لتملح التربة من عدمه .

ثانياً :- إجراء الدراسات الخاصة بتحديد الأقطار الحجمية المختلفة ، بما في ذلك الحصى مع تحديد تركيبها المعدني .

**ثالثاً :-** إجراء التحليل الكيمىانى لهذه الأراضى لتحديد كمية ونوعية الأملاح الذائبة بها ، مع الاهتمام بتحديد مستوى عنصر البورون لما له من تأثير سعى لبعض المحاصيل .

**رابعاً :-** الاهتمام بقضية فقد عنصر النيتروجين فى هذه الأراضى ، وقد سبق أن تم التنويه على أن الأراضى الرملية فقيرة فى العناصر الغذائية وأنها تفقد بعض ما يضاف إليها من هذه العناصر مع مياه الري ، وذلك لفقرها فى حبيبات التربة الدقيقة وأهم العناصر التى تستهدف الفقد بالغسيل هو النيتروجين ، وخاصة إذا أضيف فى صورة سماد نتراتى . وقد اقترحت عدة وسائل تقنية للحد من فقد النيتروجين وأهمها:

١- استخدام أسمدة نيتروجينية محضرة فى صورة بطيئة الذوبان مثل اليوريا - فورمالدهيد والثيوبوريا ومشتقات اليوريا الأخرى ، وذلك عند توفرها فى الأسواق .

٢- إضافة الأسمدة النيتروجينية على دفعات يقلل من الفقد ويزيد من امتصاصه مع عدم إضافة الأسمدة النيتروجينية فى صورة نترات .

٣- أن إضافة عدد من العناصر الغذائية عن طريق التسميد الورقى يجنب المشاكل التى تحدث فى الأرض من تقييد لبعض العناصر أو غسلها مع مياه الري .

**خامساً :-** يجب الاهتمام بإضافة العناصر الصغرى مثل الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس لفقار الأراضى الرملية فيها .

**سادساً :-** العمل على تحسين الخواص القوامية للأراضى الرملية وتغيير جزئى لتركيبها المعدنى وذلك بالوسائل التالية :

١) إضافة الطفلة الصحراوية ذات النوع الطينى بعد التأكد من خلوها من الأملاح الذائبة أو ذات مستوى مسموح به من هذه الأملاح ( شكل رقم ٣٩) .

٢) إضافة بعض الرواسب التكوينية الصحراوية مثل البنتونيت والغيرميكبوليت ، وهى غالباً تتواجد بالقرب من الأراضى الرملية .

سابعاً :- تعتبر المادة العضوية أحد مكونات التربة التى لها دور كيميائى وخصوبى هام فى هذه الأراضى ، حيث يتفوق تأثيرها على بعض مكونات التربة الغروية المعدنية ، لما لها من سعة تبادلية كاتيونية تفوق معادن الطين وكذلك قدرتها على حفظ الماء ، وإضافتها إلى الأراضى الرملية يمكن تحقيقه بالوسائل التالية :-

(١) فى صورة أسمدة عضوية بصورها المختلفة ( مخلفات المجازر - بقايا محاصيل المزرعة - مخلفات حيوانات المزرعة إما مباشرة أو بعد خلطها مع فرشة الأتربة مثل الأسمدة البلدية ) أى أنها مركبات عضوية معدنية .

(٢) التسميد الأخضر بزراعة المحاصيل البقولية وقلبيها فى الطبقة السطحية من التربة .

(٣) إضافة المخلفات الصلبة من المجارى ( البودريت ) .

سؤال محلول :-



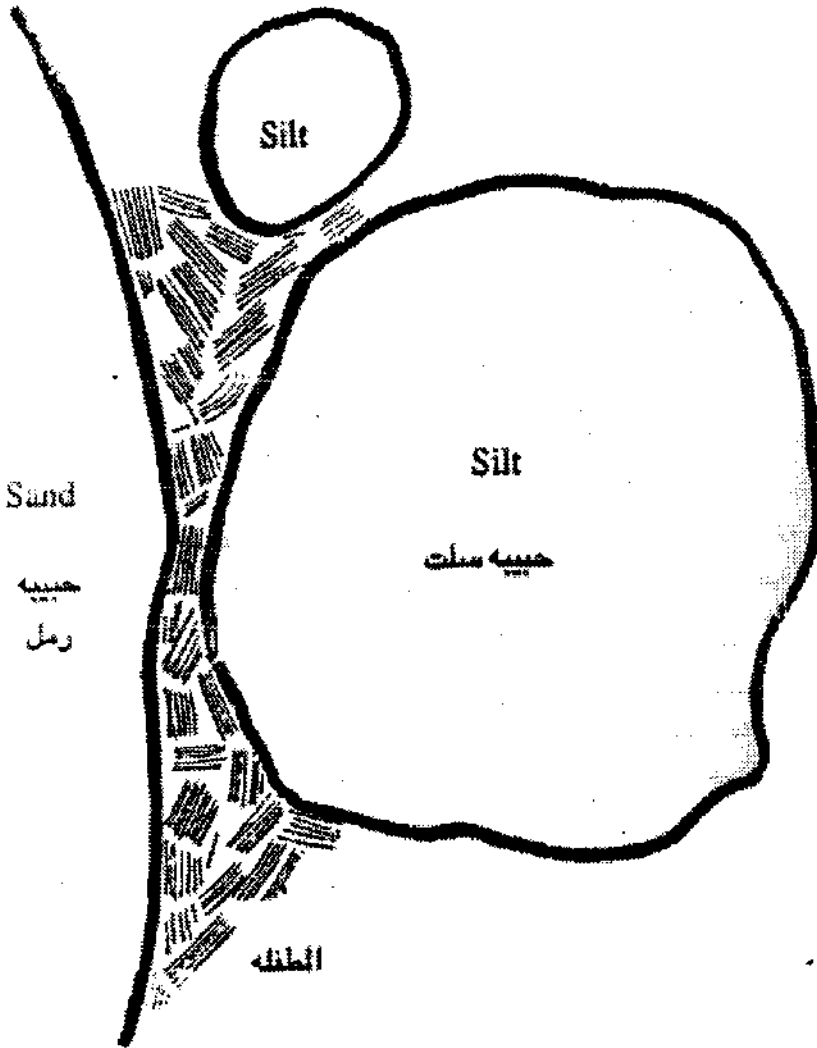
سؤال - وضح أسباب انخفاض السعة التبادلية الكاتيونية للأراضى الرملية ؟

الإجابة - يرجع ذلك إلى عدة أسباب :-

أ- قلة السطوح النوعية للأرض لأنها مكونة من حبيبات رملية خشنة تقل مساحتها السطحية فى وحدة الكتلة كثيراً عن الحبيبات الناعمة .

ب- خمول سطوح الحبيبات : حيث إن تركيبها المعدنى هو معادن مجموعة السليكات الإطارية ، والتى بنعدم فيها الإحلال التماثل ، مثل الكوارتز والفلسبارات .

ج- قلة المادة العضوية :- نغتنق الأرض الرملية إلى المادة العضوية لتندرتها من ناحية ، ولعند تحللها السريع جدا تحت ظروف المناخ الجاف والشبه الجاف من ناحية أخرى .



شكل رقم (٣٩) : يوضح إضافة الطفلة لتحسين خواص الأراضى الرملية حيث تعمل كمادة لاحمة للحبيبات الرملية الخشنه

## ٧ - ٣ الأراضي الجيرية Calcareous Soils

## تعريف

الأرض الجيرية هي التي تحتوي على كمية من الكربونات ثنائية التكافؤ Divalent Carbonates الحرة (والتي من المعتاد تقديرها في صورة كربونات كالسيوم  $CaCO_3$ ) ، وهي تنتج غالباً من مادة أصل جيرية تحت ظروف تجوية لم تكن من الشدة لكي تعمل على التخلص من كل محتواها من الكربونات ، وقد تعرف بأنها الأرض التي تحتوي على كمية من كربونات الكالسيوم بمستوى يؤثر بوضوح على خواص التربة المستولة عن النمو النباتي سواء أكانت هذه الخواص فيزيائية مثل علاقة التربة بالماء ، وتكون التقشر السطحي Surface Crusts أو كيميائية مثل جاهزية العناصر الغذائية للنبات ، ويلاحظ أنه من الصعوبة تحديد نسبة محددة بشكل دقيق كما هو الحال مثلاً في تصنيف الأراضي المتأثرة بالأملاح ، ولكن أغلب الدراسات قد اتفقت على أن نسبة كربونات الكالسيوم من ٨-١٠٪ تعتبر المستوى الذي يعده يطلق على الأرض أنها جيرية ، نظراً لأن هذه النسبة قد كان لها بصمات واضحة على خواص التربة المختلفة وبالتالي على النبات النامي .

وتتواجد معظم هذه الأراضي تحت الظروف الصحراوية أو تحت ظروف مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط كما هو الحال في مصر . حيث تصل مساحة الأراضي الجيرية في مصر حوالى ٦٥٠ ألف فدان ، وهي التي يتواجد معظمها في الشريط الساحلي الغربي لحوض البحر الأبيض المتوسط من الجزء الشمالي من الصحراء الغربية ، ومن ناحية تصنيف هذه الأراضي فيقع أغلبها تحت رتبة أريديسولس Aridisols و انتى سولس Entisols ، ومعظم خطط التوسع الزراعى في مصر موجهة إلى هذه الأراضي مقارنة بغيرها تحت الظروف الصحراوية ، نظراً لامتلاكها الطاقة الذاتية وسرعة استجابتها لعمليات الاستصلاح والتحسين .

## - التركيب المعدنى للأراضي الجيرية :

## Mineralogical Composition of Calcareous Soils

نظراً لأن الهيكل العام لهذه الأراضي يتكون من المادة الجيرية ، فمن المتوقع أنها تنوزع في أحجام حبيبات التربة المختلفة بداية من الحصى Gravels إلى الطين Clay وعلية ، كان من الضروري التعرف على المكونات الجيرية سواء تواجدت في أحجام

حبيبات التربة المختلفة أو تجمعاتها Aggregates المختلفة ، حيث إن ذلك يساعد مستثمري هذه النوعية من الأراضى فى وضع برامج خدمة الأرض والمياه على أسس سليمة. وتتواجد المادة الجيرية فى القطاع الأرضى إما موزعة على طول عمق القطاع أو متجمعة فى صورة حبيبات متصلبة Concretions أو عناقيد أو تكون طبقة صماء صلبة hard pan أو فى صورة حصى Gravels من الحجر الجيري Limestone . وتتكون المادة الجيرية من صور مختلفة من الكربونات قليلة الذوبان فى الماء ، وهذه الصور هى :-

(١) كربونات الكالسيوم (الكالسيت  $\text{CaCO}_3$  ) ، والشبيه الكيماوى Aragonite وهى صورة غير ثابتة وذوبانها أعلى قليلاً من ذوبان الكالسيت .

(٢) كربونات المغنسيوم  $\text{Mg CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (Magnesite) ودرجة ذوبانه قدر ذوبان الكالسيت حوالى ١٠ مرات وكذلك تحلله المائى ، وعليه فمن المتوقع أن رقم حموضة محاليله حتى فى درجات مختلة من  $\text{CO}_2$  ، تكون أعلى مقارنة بالكالسيت.

(٣) الكالسيت المغنسيومى Mg-Calcite وهو ما يتواجد غالباً فى الأراضى الجيرية • على شواطئ البحار ، حيث تتكون هذه الصورة نتيجة تواجده أيونات المغنسيوم القادمة من مياه البحر والتي تتفاعل مع الكالسيت Calcite حسب المعادلة :-



وذلك بإحلال بعض مواقع الكالسيوم فى الشبكة البنائية للكالسيت ببعض أيونات المغنسيوم وهذه الصور تكون غير ثابتة .

(٤) كربونات الكالسيوم والمغنسيوم  $\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$  (الدولوميت Dolomite) ودرجة ذوبانه أقل بكثير من الكالسيت سواء أكان فى الماء أو الأحماض .

(٥) كربونات الحديد (FeCO<sub>3</sub>) السيدريت Siderite

بجانب ما سبق عرضه من التراكيب المعدنية الجيرية ، تتواجد كذلك معادن الطين السيليكاتية ونخص منها هنا معدن طين الأتابولجيت Attapulgit غير المتمدد والذي تأخذ حبيباته شكل ألياف حيث يتميز هذا المعدن بأنه عند الجفاف يصبح شديد الصلابة وعند إضافة مياه الري فإنه ينشط بسرعة إلى فتات صغيرة ، والشكل الأنبوبى لهذا المعدن يسمح بدخول أيونات البوتاسيوم ، وتتواجد حبيبات ناعمة من المادة الجيرية  $(\text{CaCO}_3)$  تغلق هذه الأنابيب ويتقيد البوتاسيوم ، ولهذا يجب التقليل من إضافة

الأسمدة البوتاسية للنباتات النامية على الأراضى الجيرية بالطريقة الأراضية ، إضافة لذلك فإنه يلعب مع حبيبات كربونات الكالسيوم دوراً فى حدوث ظاهرة التقشر السطحي Crust formation فى الأراضى الجيرية ، والذي يسبب إعاقة فى اختراق جذيرات البادرات لها .

٦) أكاسيد الحديد بصورها وحالة تأدرتها المختلفة والتي يؤثر لونها على التربة الجيرية .

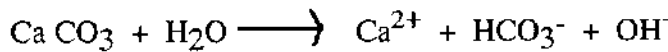
٧) قد يتواجد ثانى أكسيد السليكون  $SiO_2$  فى الأحجام المختلفة من هيكل التربة مختلطاً مع المادة الأصلية الجيرية للتربة .

### - الخواص الكيميائية للأراضى الجيرية :

تحتوى الأراضى الجيرية على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم قد تصل إلى أكثر من ٧٠٪ ، مما يكسبها صفات كيميائية مميزة ومن أهم هذه الصفات :

### ١- رقم الحموضة pH

حيث إن التحلل المائى لكربونات الكالسيوم قد يرفع رقم pH الأرض إلى ٧-١٠ وخاصة عند غياب غاز ثانى أكسيد الكربون تبعاً للتفاعل التالى :-



وتحت الظروف الطبيعية لا يحدث تراكم لأيونات الأيدروكسيل المسؤولة عن رفع رقم pH ، وذلك نتيجة تواجد تركيزات مختلفة من غاز ثانى أكسيد الكربون فى حالة اتزان مع المحلول الأراضى مكوناً حمض الكربونيك الذى يعمل على خفض رقم ال pH الفعلى فى الأراضى الجيرية إلى ٨.٢ - ٨.٤ وذلك فى حالة سيادة كربونات الكالسيوم . أما عند سيادة كربونات المغنسيوم ، فإن pH الأرض الجيرية المغنيسية ، يكون أكثر ارتفاعاً بنحو درجة ونصف أى ٩.٧ إلى ٩.٩ .

ومن الجدير بالذكر ، أن تواجد تركيزات عالية من الأملاح الذائبة قد تسبب انخفاضاً ضئيلاً فى رقم ال pH للأراضى الجيرية ، وذلك نتيجة للتضاغط المحدود من الطبقة الكهربائية المزدوجة وقلّة تركيز أيونات الأيدروجين بها - ويتحدد رقم pH الأراضى الجيرية بعاملين أساسيين هما: ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون  $CO_2$  ، وتركيز

أيون الكالسيوم الذائب فى المحلول الأراضى ، كما سبق الإشارة إليه عند دراستك لرقم pH الأراضى ( انظر الباب الخامس) فقد وجد أنه عند ضغط  $CO_2$  مساويا لضغطه فى الهواء الجوى ( أى بنسبة ٠.٣٪ ) فإن رقم pH الأرض الجيرية يكون فى المتوسط حوالى ٨.٣ ، ثم يتناقص تدريجيا بزيادة ضغط ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الأراضى ، وذلك نتيجة تنفس جذور النباتات ونشاط الكائنات الحية الدقيقة وتحلل المادة العضوية فى الأرض .

?

## سؤال محلول :-

سؤال - ما هو سبب ارتفاع رقم pH الأراضى المغنيسية عن تلك الكلسية من الناحية الكيميائية ؟

الإجابة - لأن التحلل المائى لكربونات المغنسيوم  $MgCO_3$  (مغنيسيت) أكبر منه فى حالة الكالسيت  $CaCO_3$  ، نظرا لأكبر حاصل إذابة المغنيسيت فى الماء ، والذي يبلغ مائة ضعف حاصل إذابة الكالسيت ، وعلى ذلك فإن التحلل المائى الزائد يؤدي إلى إنتاج تركيز أكبر من أيونات الهيدروكسيل ويرتفع الـ pH ، طبقاً للتفاعل التالى :



## ٢ - ترسيب الفوسفات الذائب :

أوضحت العديد من الدراسات أن سطوح جزيئات معادن الكربونات ، عموما ، لها المقدرة على ادمصاص أنيونات الفوسفات  $(PO_4)^{3-}$  الذائبة من محاليلها ، وخصوصا فى التركيزات العالية نسبيا ، وتتم عملية الترسيب نتيجة تفاعل كيميائى على السطوح يؤدي الى تحول صور الفوسفات الذائب وهى الصور احادية الكالسيوم وثنائية الكالسيوم إلى فوسفات ثلاثى الكالسيوم الذى يترسب على السطوح ويقل تركيز الفوسفات الذائب فى المحلول الأراضى إلى أدنى حد ويتم ذلك تبعا للمعادلات الكيميائية التالية:-



ماء فوسفات ثنائى الكالسيوم ( أقل ذوبانا ) هيدروكسيد كالسيوم فوسفات أحادى الكالسيوم (ذائب)



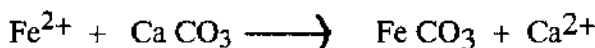
فوسفات ثلاثى الكالسيوم ( راسب شحيح الذوبان ) فوسفات ثنائى الكالسيوم



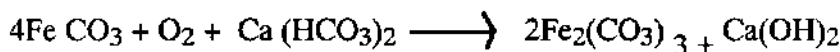
وبالطبع ينتج هيدروكسيد الكالسيوم من التحلل المائى ، بالإضافة إلى الإشباع بشانى أكسيد الكربون والذي يتم مع كربونات الكالسيوم كما سبق شرحه فى الابواب السابقة. وعند ترسيب الفوسفات فإنه يفقد قدرته على الذوبان ، وتقل بل تنعدم استفادة النبات منه وخاصة إذا حدث الترسيب بعيدا عن جذر النبات . أما فوسفات ثلاثى الكالسيوم الملامسة لجذر النبات فيحدث لها إذابة بواسطة الأحماض العضوية التى يفرزها الجذر ويحولها الى صورة ذائبة يمكن للنبات امتصاصها والاستفادة منها ، وطبقا لذلك فإنه فى حالات خاصة يمكن استخدام صخر الفوسفات فى تسميد الأراضى ، وخاصة أراضى الغابات الحامضية فى المناطق الباردة الرطبة .

### ٣- ترسيب مركبات الحديد :

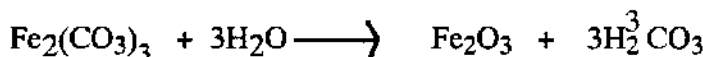
تعمل كربونات الكالسيوم فى الأراضى الجيرية على نقص تيسير الحديد للنباتات النامية عليها ؛ لأنها تؤدى إلى أكسدة الحديدوز إلى الحديدىك ، وبالتالي يقل امتصاص النبات للحديد كما هو موضح فى المعادلات التالية :



أيونات كالسيوم كربونات حديدوز (سبيريت)      كربونات كالسيوم أيونات حديدوز



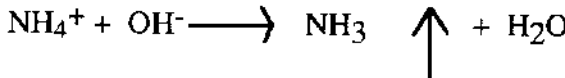
كربونات حديدىك      بيكربونات كالسيوم



حمض كربونىك      أكسيد حديدىك

### ٤- فقد الأمونيا :

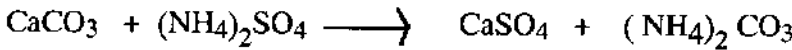
لنلاحظ أن النباتات المزروعة فى الأراضى الجيرية لا تستجيب للتسميد الأزوتى بالدرجة الكافية عند تسميدها بسماد سلفات النشادر  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ، ويرجع السبب فى ذلك إلى تواجد نسب من كربونات الكالسيوم تؤدى إلى ارتفاع رقم ال pH ، أى تواجد تركيزات مرتفعة نسبياً من أيونات الهيدروكسيل (OH) ، والتى تتفاعل مع كاتيونات الأمونيوم وتحولها إلى غاز النشادر المتطاير ، تبعاً للمعادلة التالية :-



ولقد وجد أنه عند رقم pH حوالى ٨ ، فإن كمية النشادر المتطايرة تعادل ٥٪ من الكمية المضافة على صورة سماد سلفات النشادر ، وترتفع نسبة هذا الفقد إلى حوالى ٤٠٪ من الكمية المضافة عندما يرتفع رقم pH الأرض إلى ٩ . وعلى ذلك ، فإنه فى معظم الأراضى الجيرية ، والتي لها رقم pH حوالى ٨.٥ ، يتوقع حدوث فقد للأمونيا بنسب لا يمكن تجاهلها .

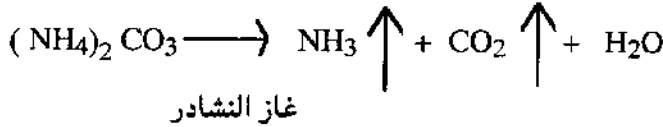
ومن ناحية أخرى ، يحدث تفاعل مباشر للجير مع سماد سلفات النشادر المضاف يؤدي إلى انطلاق غاز النشادر على خطوتين كما فى التفاعلات التالية :-

أ - تتفاعل كربونات الكالسيوم مع كبريتات الأمونيوم مكونه كربونات أمونيوم حسب المعادلة :-



كربونات كالسيوم      كبريتات امونيوم      كبريتات كالسيوم      كربونات أمونيوم

ب - تتحلل كربونات الأمونيوم ذاتيا وينطلق غاز النشادر المتطاير حسب المعادلة:-



ولقد وجد أنه بزيادة محتوى الأرض من كربونات الكالسيوم تزداد النسبة المفقوده بالتطاير من الأمونيا ويقل ، بالتالى ، معدل استفادة النبات النامى من السماد المضاف .

### الكربونات النشطة فى الأراضى الجيرية ومعاييرها Active Carbonates

يرتبط الكثير من خصائص الأراضى الجيرية ( الفيزيائية والكيميائية والخصوية والحوية ) أساسا بالجزء النشط من الكربونات أكثر من ارتباطها بالكربونات الكلية ، وعلى هذا الأساس يجب التعامل مع هذا الجزء بكل دقة ، وهو الذى غالبا ما يتواجد مع حبيبات الطين ، أى الجزء الناعم من التربة ، ويقدر كيميائيا كما يتضح فيما بعد .

وتظهر فى أغلب الأحوال ظاهرة الاصفرار Chlorosis على المحاصيل النامية على الأراضى الجيرية ، وهى أعراض نقص عنصر الحديد والتي غالبا ما تعالج ويحال دون

ظهورها عن طريق إضافة مركبات الحديد الذائبة أو المخلبة بطريقة التسميد الورقى.

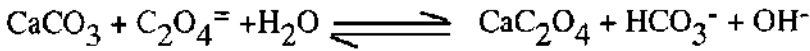
وحتى وقتنا هذا ، فإن أسباب نقص الحديد فى الأراضى الجيرية مازالت غير معروفة، وقد اقترح أن أحد أسباب هذه الظاهرة يرجع إلى التركيز الموضعى والعالى من أيونات البيكربونات، إضافة لذلك ، فقد وجد أن أعراض الاضرار تحدث عندما تتواجد الكربونات بنسب مرتفعة فى حبيبات الطين بحيث تتعدى الكربونات الفعالة ١٠٪ من وزن التربة .

ولإنهاء هذه القضية فلا بد من وضع معايير محددة وذلك بقياس طاقة الأراضى الجيرية عن طريق تقدير نسبة كربونات الكالسيوم فى حبيبات السلت والطين . وبناء على العلاقة بين الأقطار الحجمية لحبيبات التربة والمساحة السطحية لها ، وهى التى تتحكم فى مدى نشاط الجزء الصلب منها ومعدل ذوبانه ، فقد تم التعامل مع هذا الجزء على أنه الجزء النشط من الكربونات وأطلق عليه " Active Lime " . وحديثا ، أمكن تقدير هذا الجزء بمعاملة التربة الجيرية أو حبيبات من الحجر الجيري بمحلول مخفف من الأكسالات حيث تغطى سطوح الكالسييت براسب من أكسالات الكالسيوم ، وقد اتخذ هذا التفاعل كمعيار جيد لقياس نشاط الجير ، كما اتخذت هذه الطريقة لتحديد درجة نقاوة الجير الزراعى ، وأخيرا اتخذت كمعيار فى تشخيص مدى قابلية الأراضى الجيرية لإظهار الاضرار Chlorosis .

### الطريقة :

- ١- يؤخذ ٢ جم من التربة + ٢٠٠ ملليمتر من محلول (O.2N NH<sub>4</sub> -Oxalate) عند درجة pH = ٧ والرج لمدة ساعتين .
- ٢- يرشح المعلق ، ثم تقدر كمية الأكسالات فى المترشح باستخدام المعايرة بمحلول برمنجنات البوتاسيوم أساس (0.1N KMnO<sub>4</sub>) .
- ٣- تحسب كمية الأكسالات التى لزم لتغطية سطوح العينة عن طريق الفرق بين التركيز الابتدائى والتركيز النهائى .
- ٤ - تحسب النتائج معبرا عنها كنسبة مئوية أو كملليمكافئات من CaCO<sub>3</sub> والمعادلة

التالية توضح مسار طريقة التقدير :



أيون بيكربونات      أكسالات كالسيوم راسب      أيون أكسالات

والجدول رقم ( ٢١ ) يوضح توزيع الكربونات الفعالة ( النشطة ) فى بعض الأراضى الجيرية المصرية وكذلك توزيع معدنى الكالسيت والدولوميت كمكونين رئيسيين لمعادن الكربونات فى الأرض الجيرية .

### جدول رقم ( ٢١ ) : توزيع صور الكربونات فى الأراضى الجيرية المصرية

الدولوميت من الكربونات الكلية %	الكربونات النشطة (%)		نسبة الكربونات الكلية (%)	المنطقة
	من التربة	من الكربونات الكلية		
١٢	٢,٧	٥,٨	٤٦,٦	السلوم
١٨	٩,٥	٢٠,٤	٤٦,٥	مرسى مطروح
١٠	٦,٠	١٥,٨	٣٧,٩	سیدی برانى
٢٦	١٠,٨	٢٥,١	٤٣,٢	العلمين
٢١	١٠,٧	٢٥,٣	٤٢,٣	برج العرب
٣٩	١٠,٠	٢٥,٠	٤٠,٠	العامرية
٤	٢٠,٢	٥٥,٦	٣٦,٤	شمال التحرير
١٤	٩,٨	٢١,٦	٤٦,٤	المعادى
٢٩	٨,٢	٢٥,٥	٢٣,٢	العريش

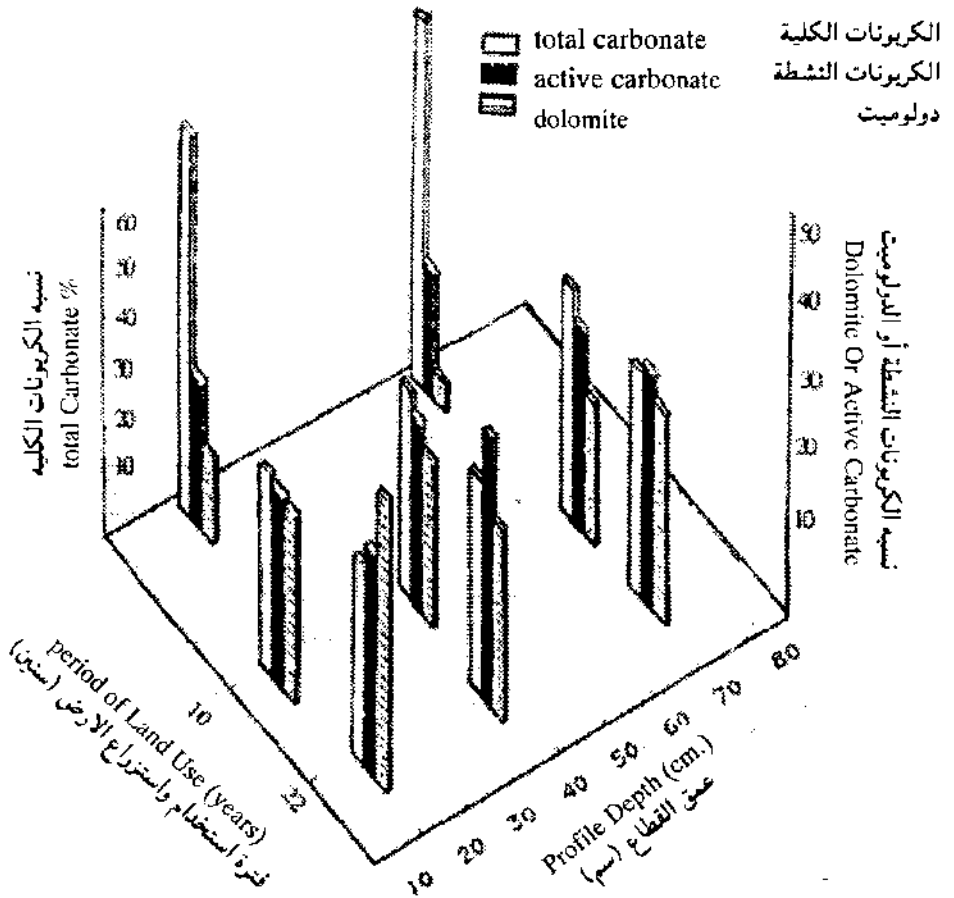
ويتضح من الجدول ، أن نسبة الكربونات النشطة تبلغ الحد الحرج فى أراضى شمال التحرير والعامرية وبرج العرب ، وهى المناطق المنزرعه فعلاً ، حيث إن عمليات خدمة واستزراع الأراضى الجيرية تؤدى إلى تكسير وتفتيت حبيباتها الخشنه إلى حبيبات أكثر نعومة مما يؤدى الى إرتفاع نشاطها السطحى ، ويظهر ذلك فى الشكل رقم ( ٤٠ ) .

سؤال محلول :-

?

سؤال :- مستعينةً بالنتائج الواردة في جدول (٢٦) أذكر مناطق تواجد الأراضي الجيرية التي يمكن أن تظهر بها مشاكل الاصفرار وترسيب الفوسفات وتطاير الأمونيا؛

الإجابة :- المناطق التي تظهر بها مشاكل الاصفرار وترسيب الفوسفات وتطاير الأمونيا يمكن أن تكون في شمال التحوير أساساً حيث تصل نسبة الكربونات النشطة بها ٢٠،٢٪ ويحتمل ظهورها في العلمين و برج العرب.



شكل رقم (٤٠): أثر مدة استنزاع الأراضي الجيرية على صور مكوناتها الجيرية



## تطبيق :-

مستخدماً شكل (٤٠) ما هو أثر فترة استزراع الأرض الجيرية على نسب توزيع كل من الكربونات الكلية، الكربونات النشطة، نسبة الدولوميت في الطبقة السطحية وكذلك توزيع كل مكون على طول القطاع الأرضي.

التوزيع في القطاع الأرضي	أثر الاستزراع	المكون
.....	.....	الكربونات الكلية
.....	.....	الكربونات النشطة
.....	.....	الدولوميت

## تعريفات :

\* الكربونات النشطة " Active Lime " " Active Carbonates : هي حبيبات الكربونات الثنائية التكافؤ ذات النشاط السطحي العالي ، والتي تتركز أساساً في حبيبات الطين والنسلت ، والتي لها دور في التفاعلات الكيميائية للأرضي .

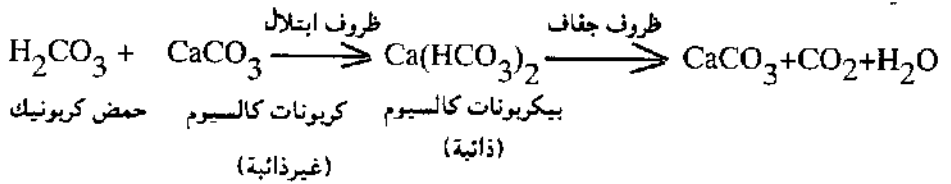
\* ظاهرة الاصفرار Chlorosis : هي اصفرار أوراق النباتات نتيجة عدم قدرتها على امتصاص الحديد الذي قد يتواجد في التربة ولكن بصورة غير ميسرة للنبات ، وهي شائعة الحدوث في الأراضي الجيرية .

كما سبق ، يتضح أن المعيار الأساسي هو نسبة الكربونات النشطة وليست الكلية في الأرض الجيرية ، فإذا تعدت نسبة الكربونات النشطة ١٠٪ فيصبح هناك خطورة من تواجد ظاهرة الاصفرار ، وفي هذا المجال ، نريد أن ننوه مزارعي الأراضي الصحراوية الجيرية إلى أن المحاصيل تتباين في درجة حساسيتها ( حتى أصناف نفس النوع ) لظاهرة الاصفرار ، فالأعشاب تعتبر حساسة جداً بينما الزيتون مقاوم جداً .

## التقشر السطحي في الأراضي الجيرية من الوجهة الكيميائية :

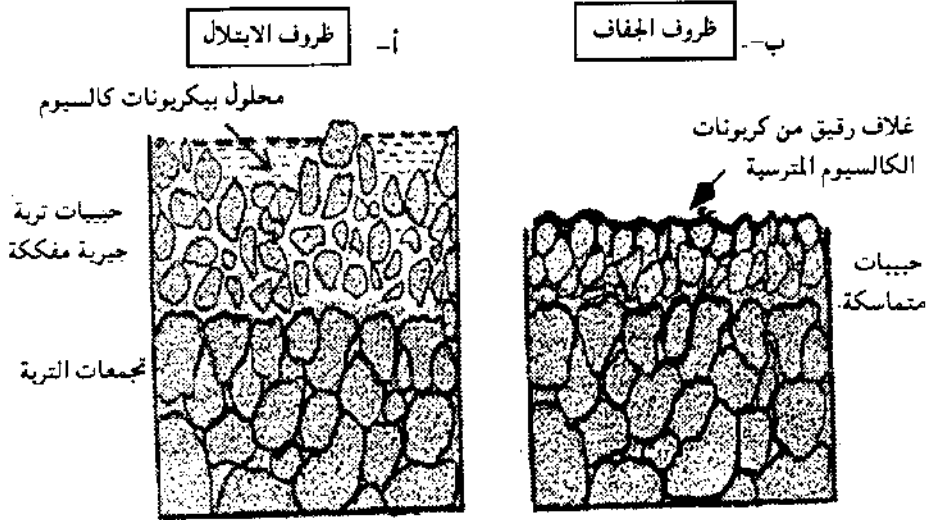
القشرة السطحية Surface Crust هي طبقة لا يتعدى سمكها عدة سنتيمترات من حبيبات تربة تفككت بفعل عوامل عديدة ثم تصلبت عند الجفاف نتيجة التصاق الحبيبات الناعمة بعضها ببعض بقوى فيزيائية وكيميائية ، وتظهر بوضوح في الأراضي

الجيرية . وميكانيكية تكوينها هي عملية فيزيوكيميائية ، حيث يتحكم فيها أيضا نوعية المعادن السائدة ونوعية الكاتيونات المتبادلة والتي تحدث التفرقة الكيميائية Chemical dispersion . كما أن تركيز الأملاح فى التربة ومياه الري يؤثران بدرجة كافية على تكوين القشرة ، وخاصة ما تحويه من أيونات البيكربونات وحمض الكربونيك الذى يعمل على إذابة جزء من حبيبات الكالسيت إلى صورة ذائبة من بيكربونات الكالسيوم والتي عند جفاف القشرة السطحية تترسب مرة أخرى على صورة مادة لاحمة من كربونات الكالسيوم بين الحبيبات مسببة تصلبها وتماسكها تبعاً للمعادلات التالية :



ويتعاطم هذا التأثير ( الفعل اللاحم للكربونات ) بتكرار دورات الترطيب والتجفيف لانه فى كل مرة يحدث ترسيب جديد والتحام بين الحبيبات فى نقاط أخرى (انظر الشكل رقم ٤١) .

كذلك فإن تواجد نسبة عالية من معدن الأتابولجيت اللينى الشكل فى حبيبات الطين وتراصها بجوار بعضها فى حزم ليفية متوازية يؤدى إلى زيادة صلابة القشرة السطحية للاراضى الجيرية ، كما أن التركيز الكلى للأملاح فى الأرض ومياه الري لها تأثيرات مباشرة وأخرى غير مباشرة على تكوين القشرة السطحية ، فمياه الري ذات قيم SAR أكبر من ١٠ مع انخفاض تركيز الأملاح بها عن أقل من ٢ ملليمكافى/لتر تزيد من التفرقة وبالتالي تتكون القشرة السطحية ، بينما عندما تقل نسبة الصوديوم المتبادل ESP فى التربة عن ٥٪ ويزداد تركيز الأملاح فى مياه الري عن ٥ ملليمكافى/لتر فإن التفرقة قد لا تحدث بسرعة ويقل تكوين القشرة السطحية .



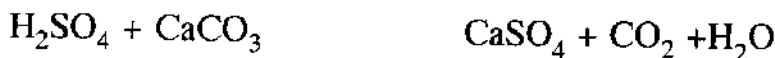
شكل رقم (٤١): الدور الكيميائي في تكوين القشرة السطحية في الأرض الجيرية

كما أن نظام الري بالرش يساعد على تكوين القشرة السطحية نتيجة لقوى التصادم السطحي لنقطة المياه عند سقوطها على تجمعات سطح التربة وتفريقها . وللتغلب على تكوين هذه القشرة السطحية المتصلبة لابد من منع الظروف الكيميائية التي تسبب حدوثها ، وبالطبع فإن الـ ESP للأرض ليس هو العامل الرئيسي في تكوينها في هذه الحالة بل نوعية مياه الري ، وعموماً يمكن تلخيص وسائل مقاومة تكوين القشرة السطحية من الوجهة الكيميائية في الآتي :-

- ١- استخدام مياه ري ذات ملوحة لا تقل عن ١٣٠ جزءاً في المليون ولا تزيد قيم SAR بها عن ١٠ مما يقلل من تكوين القشرة السطحية . كما يجب ألا تحتوي مياه الري على كربونات ذائبة وهذا يحدث فقط عندما يزداد تركيز أيون الكربونات  $(CO_3)^{--}$  ويتعدى مجموع تركيز كل من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم ، مع عدم ترك الأرض للجفاف الشديد حتى لا يحدث ترسيب للكربونات مرة أخرى على هيئة مادة لاحمة للحبيبات الدقيقة للتربة .



٢- استخدام بعض المركبات الكيميائية التى تقلل من النشاط السطحى للحبيبات المكونة للقشرة السطحية ، مثل التفاعل مع حمض الفوسفوريك أو الكيريتيك ، التى تكون طبقة عازلة طبقا للمعادلات التالية :-

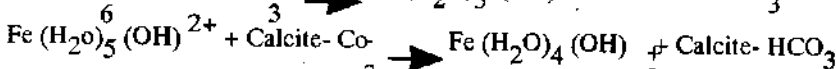
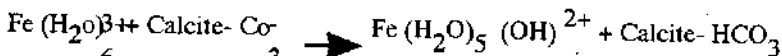


كربونات كالسيوم حمض كيريتيك

كيريتات كالسيوم

وعندما تتكون أغلفة من فوسفات ثلاثى الكالسيوم أو كيريتات الكالسيوم ، فإنها تعمل أولا على تقليل النشاط السطحى لحبيبات الكالسيت ، كما تعمل على تكوين تجمعات صغيرة منها ويقف التفاعل سريعا ، لأن هذه المواد المترسبة على سطح الحبيبات الجيرية تعمل على عزل الحامض المتبقى عن الاستمرار فى التفاعل والتغلغل داخل الحبيبة.

٣- استخدام المحسنات المختلفة سواء منها الطبيعية المنشأة أو المخلقة متى توفرت الاخيرة بصورة اقتصادية، وحديثا أمكن استخدام أملاح الحديد لتقليل التلاحم بين حبيبات الجير النشطة وتكوين تجمعات حقيقية ثابتة ضد الماء، ويتم ذلك عن طريق التحلل المائى لأيونات الحديد مكونة الصور الأيدروكسيلية المختلفة التى ترتبط بسطوح الحبيبات الجيرية أو تغطيتها مكونة قناطر ثابتة تبعا للتفاعلات الآتية :-



وعندما تتكون هذه التجمعات بنعدم تقريبا تكون القشرة السطحية لهذه الأراضى

الجيرية .

٤- تعتبر المادة العضوية من أمجح الوسائل فى محاربة تكوين القشرة الأرضية ، ومن أرخصها أيضا ، وينصح فى هذه الحالة بتقليب المخلفات النباتية عقب المحصول فى طبقة سلاح المحراث ، مع المحافظة على نسبة رطوبة مناسبة طوال فترة إنبات البذور.

## تعريفات

\* التفتش السطحي Surface Crusting : جفاف وتصلب طبقة رقيقة ، يتراوح سمكها بين عدة ملليمترات وتصل إلى عدة سنتيمترات ، مكونة من حبيبات التربة الناعمة بتراكيبها المعدنية المختلفة .

\* طبقة صماء Hard pan : طبقة مندمجة تتكون من تصلب فيزيائي للحبيبات الناعمة ، أو نتيجة ترسيب مواد كيميائية مكونة طبقة غير منفذة للماء ، وقد تكون طينية أو جيرية أو جسية أو حديدية .

## تكوين التجمعات الثابتة في الأراضي الجيرية من الوجهة الكيميائية:

يعتمد نموذج إمرسون (Emerson) في تكوين التجمعات الثابتة في الأراضي عموماً على وجود الغرويات المعدنية والعضوية متمثلة في غرويات الطين والديال التي تعمل على لصق حبيبات التربة ببعضها البعض مع وجود المواد اللاصقة الأخرى مثل كربونات القواعد الأرضية والأكاسيد السداسية ... إلا إنه في الأراضي الجيرية حيثما تتركب معظم حبيبات التربة من معادن الكربونات بل أن حبيبات المعادن السليكاتية تكون مغلفة بمعادن الكربونات تختلف ميكانيكية تكوين التجمعات قليلاً عن نموذج إمرسون، حيث إن سطوح حبيبات معادن الكربونات تكون نشطة كيميائياً بدرجة أكبر كثيراً من أسطح حبيبات معادن السليكات الإطارية المقابلة لها في معظم الأراضي المعدنية الأخرى مثل الكوارتز والفلسبارات بأنواعها، وهذا النشاط الكيميائي يجعل الأسطح (الكربوناتية) سريعة التفاعل مع نواتج التجوية الكيميائية لمعادن التربة الأخرى أهمها المعادن الحاملة للحديد والألومنيوم - Ferramagnesian aluminosilicates مثل الأوليفين، الأوجيت، الهورنبلند، البيوتيت وغيرها من المعادن الأولية التي ينتج عن تجويتها في التربة محاليل تحتوى على صور التحلل المائي لمركبات الحديد والألومنيوم والتي تتفاعل مع الأسطح النشطة لمعادن الكربونات والتي تنهياً للتفاعل عن طريق التحلل المائي ويتم ذلك في مرحلة التحلل المائي Hydrolysis stage وهي أولى مراحل تكوين التجمعات وينتج من هذه المرحلة تكوين صور عديدة من هيدروكسيدات الحديد الموجبة الشحنة في الوسط الحامض والسالب، الشحنة في الوسط القاعدي، وهذا التفاعل يحدث لحظياً، بعدها تترسب هذه المركبات بنظام يتبع تغير رقم

الـ pH والذي يكون مرتفعاً بجوار سطح حبيبة الكالسيت ( $>8.0$ ) وعند هذا يترسب أيدروكسيد الحديد السالبة الشحنة  $[\text{Fe}(\text{OH})_4 (\text{H}_2\text{O})_2]^-$  وينخفض رقم pH بعد ذلك بالبعد عن سطح حبيبة الكالسيت ويظهر ذلك في المخطط المقدم في شكل (٤٢) في المرحلة الثانية من هذا المخطط وهي مرحلة التجمع Flocculation Stage وبعد حدوث ترسيب الصور المختلفة لهيدروكسيدات الحديد تبدأ المرحلة الثالثة وهي مرحلة التقدّم وثبات التجمعات Aging Stage وتتم في ثلاث خطوات :

١ - يحدث تكاثف Polymerization لمجزئات الهيدروكسيدات مع ارتفاع رقم pH .

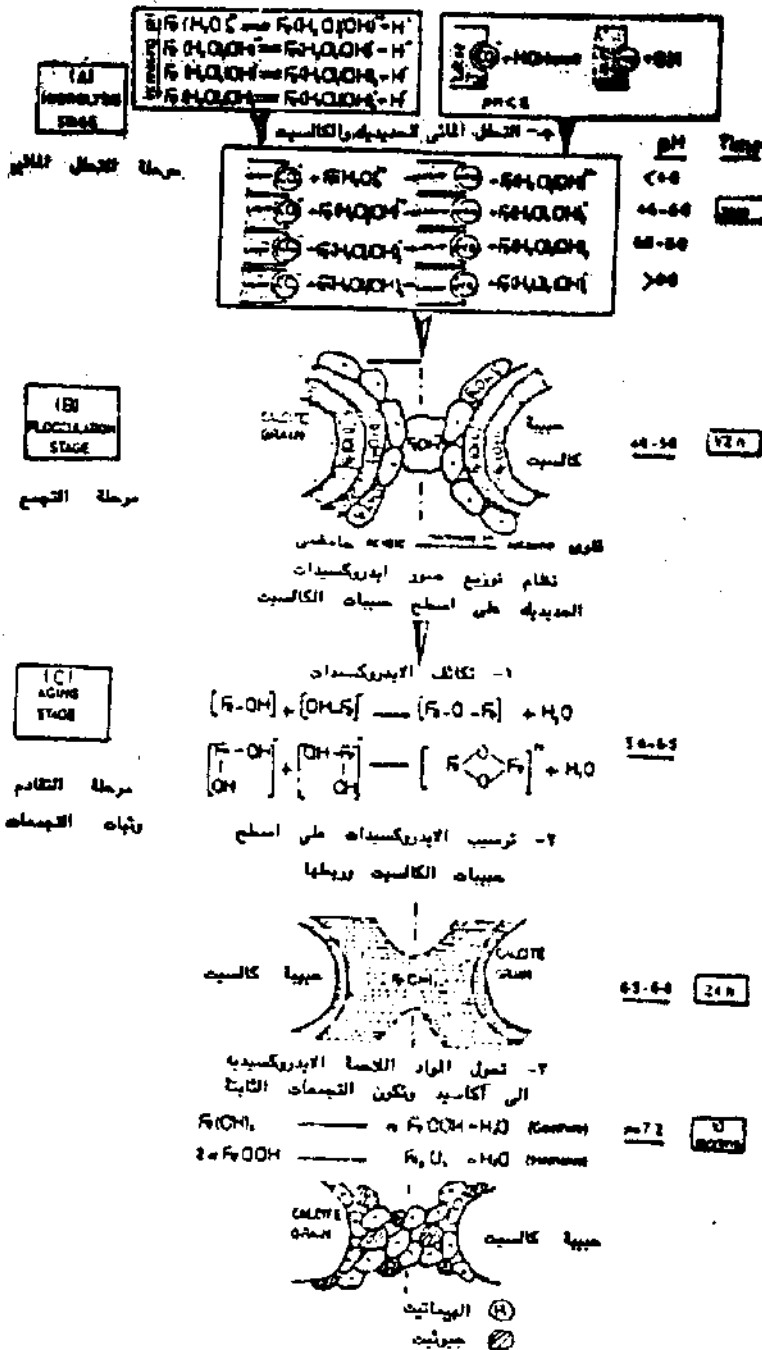
٢ - يترسب هيدروكسيد الحديد المتعادل  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  والذي يربط بين حبيبات الكالسيت .

٣ - يحدث تحوّل الهيدروكسيدات الهلامية إلى أكاسيد حديد مثل الهيماتيت والجيوثيت حتى تتكون التجمعات الثابتة.

وينفس الطريقة تقوم مركبات الألومنيوم بتكوين التجمعات الثابتة طبقاً للمخطط الوارد في شكل (٤٣) حيث تتلاءم الحبيبات بواسطة الجيسيت .

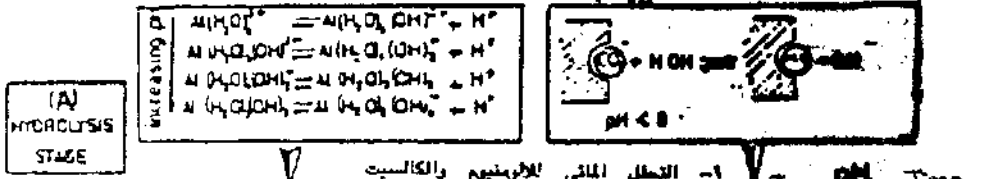
وتلعب هيومات الحديد والألومنيوم، وكذلك هيومات الكالسيوم Fe, Al and Ca-humates دوراً هاماً وأساسياً في تكوين وثبات التجمعات في الأراضي الجيرية بينما يتقلص دور الحبيبات الغروية لمعادن الطين السليكاتية في تكوين مثل هذه التجمعات كما ظهر في سلسلة البحوث التي أجريت بقسم الأراضي - جامعة القاهرة في الفترة ١٩٨٦-٨٠ بواسطة عبد العال وآخرين، شاهين .

١- التخلل الألى لسطح الكاسيد بـ التخلل الألى للمعدن

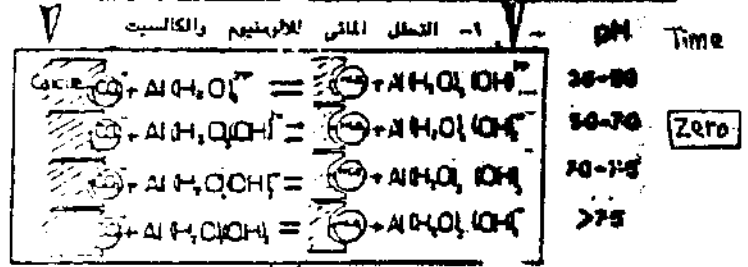


شكل رقم (٤٢): مخطط يوضح مراحل تكوين التجمعات الثابتة فى الأراضى الجيرية من الوجة الكيميائية بواسطة مركبات الحديد

١- التخلل المائي لسطح الكالسيت  
٢- التخلل المائي للألومنيوم

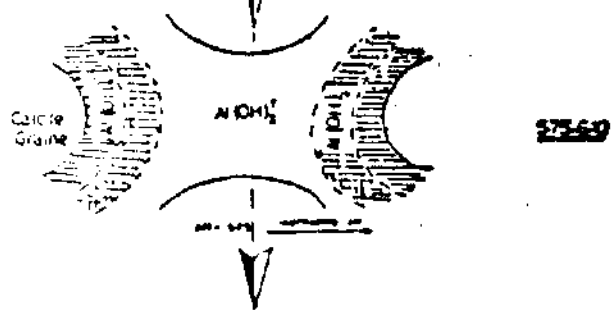


مرحلة التخلل المائي



(B) COAGULATION STAGE

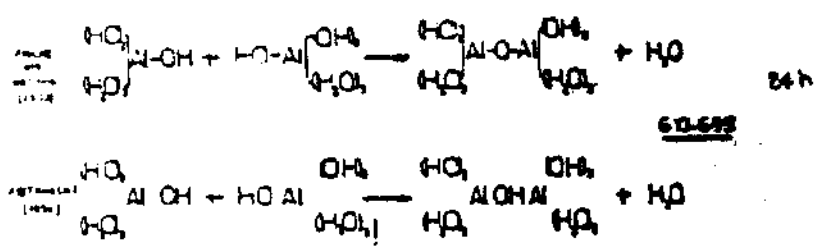
مرحلة التجمع



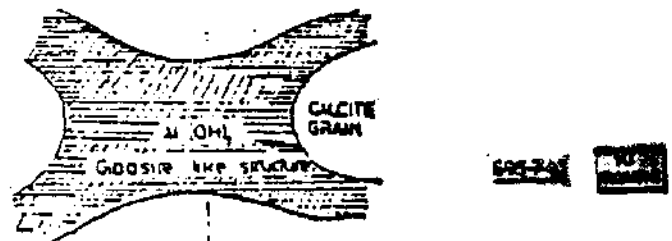
٢- تكاتف ايدروكسيدات الالومنيوم

(C) AGING STAGE

مرحلة الكاد  
وشات التجمعا



٣- مرحلة الشبام وتكوين الجبسيت



شكل رقم (٤٣): مخطط يوضح مراحل تكوين التجمعات الثابتة في الأراضي الجيرية من الوجة الكيميائية بواسطة مركبات الألومنيوم

### التوصيات التى تراعى فى استزراع الأراضى الجيرية :

من العرض السابق عن الخصائص المعدنية والكيميائية للأراضى الجيرية نوجز بعض النقاط التى يجب مراعاتها عند زراعة مثل هذه الأراضى :

١- نظرا لما تلعبه القشور السطحية فى خدمة الأراضى الجيرية لما لها من قوة ميكانيكية تقاوم ظهور البادرات وكذلك أثرها الضار على سيقان النباتات النامية حيث تختلف سمك هذه القشور من مليمترات قليلة إلى العديد من السنتيمترات ، وكما علمنا فإن هذه القشور تتكون بفعل فيزيائى وكيمائى فى نفس الوقت (حبيبات حجمية مختلفة من الكربونات - معادن طين الأتابولجيت ، أكاسيد الحديد - الحصى بأحجامه وأشكاله وتراكيبه المعدنية ) وعليه فإنه يجب أن لا تعطى الفرصة لسطح الأرض أن يصل إلى مرحلة الجفاف الشديد والعناية بإضافة المادة العضوية من مصادرها المختلفة لكى تعمل على زيادة نقط الضعف فى هذه الطبقة وتغيير عمق الحرث باستمرار مع استخدام محاصيل عميقة تتبادل مع الأخرى سطحية الجذور .

٢ - تلعب الكربونات ( كربونات الكالسيوم والمغنسيوم ) دورا هاما فى مدى تيسر العناصر الغذائية اللازمة للنبات ، وكذلك فى معدل ذوبان كل من الفوسفور والحديد بجانب مركبات عناصر أخرى ، وكما سبق إيضاحه فإن ظاهرة الاصفرار التى تظهر على أوراق أشجار البساتين والخضر وكذلك كثير من نباتات الزهور وغيرها من المحاصيل الحقلية نتيجة لنقص عنصر الحديد ، وعليه فيجب الحذر من المغالاة فى اضافة مياه الرى وخاصة فى حالة استخدام الرى بالغمر وذلك للعمل على الإقلال من التحلل المائى للمادة الجيرية ، وإذا كان الأمر كذلك فيجب العمل على زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء التربة وذلك بإضافة محسنات أو مهيئات ذات أثر حامضى أو إضافة أحماض مع مياه الرى ، ولكن هذه الطريقة الأخيرة تعتبر غير اقتصادية نظرا لقدرة التنظيمية العالية للأراضى الجيرية High Buffering Capacity مما يتطلب معه إضافة كميات كبيرة من هذه الأحماض.

٣- العمل على استخدام أسلوب التسميد الورقى ، أما فى حالة الإضافة الأرضية للأسمدة، فيجب العمل على زيادة كفاءة استخدام الأسمدة ، وتيسر العناصر للنبات، وخاصة الأسمدة النتروجينية والفوسفاتية وتقليل فقد العناصر وخاصة النيتروجين أثناء العمليات الزراعية.

٤- إن عمليات استصلاح الأراضى الجيرية لا تهدف عادة إلى خفض نسبة كربونات الكالسيوم أو خفض رقم ال pH ، بل تشمل عادة استعمال بعض المواد مثل الكبريت والأسمدة ذات التأثير الفسيولوجى الحامضى ، وإضافة المادة العضوية تعتبر وسيلة هامة فى عمليات الخدمة والتسميد لهذه الأراضى مما يساعد على تحسين بيئة النمو، إضافة إلى إختيار المحاصيل الملائمة للأراضى الجيرية . وتشير بعض الدراسات إلى أن النباتات التالية لها القدرة على النمو فى أراضى غنية بكربونات الكالسيوم :-

- ١- من المحاصيل الحقلية : القمح والشعير والذرة والبقول .
- ٢- من محاصيل الخضر : الطماطم والباذنجان والفلفل والكوسة والبطيخ .
- ٣- من أشجار الفاكهة : الزيتون والتين واللوز والكروم والخوخ والكشمري والرمان والنخيل.

### سؤال محلول :-

سؤال : لماذا يجب استخدام الأسمدة الوردية للعناصر الصغرى فى مزارع الأراضى الجيرية؟

الإجابة : وذلك لأن الإضافات الأرضية لهذه الأسمدة قليل الفائدة نظراً لحدوث ترسيب للصور الذاتية من العناصر الصغرى إلى صور غير ذاتية لا يستطيع النبات امتصاصها.

### ٧-٤ الأراضى الطفلية الصحراوية :

#### تعريف

الطفلة Taffla ، هى تعبير عربى دارج يطلق على الرواسب الطينية المتماسكة بصفة عامة والتي من الوجهة الجيولوجية تضم عدة أنواع ، منها الحجر الطينى clay stone والحجر الطينى mud stone أو Silt stone وهى أحجار كتلية متماسكة قد تتواجد فوق أو بالقرب من سطح الأرض ، كما تظهر بصفة رئيسية فى المناطق المحيطة بالوادي ودلتا النيل ، أما إذا تواجدت على أعماق مختلفة فى باطن الأرض وكانت متصلة وذات تكوين طبقي فإنها تسمى Shales .

وطبقاً لما تم حصره فإن احتياطيات الطفلة ، التى تم تقديرها بواسطة هيئة المساحة الجيولوجية فى مصر حتى الآن ، تبلغ حوالى ١١ مليار طن ( جدول رقم ٢٢ ) وهذا لم يشمل أماكن كثيرة أخرى تتوافر بها الطفلة مثل ما هو متواجد فى غمارة الكبرى (محافظة الجيزة) والمساخيط (الفيوم) ، وشلوفة (الإسماعيلية) ، والدير (قنا) ،

وكوم أمبو (أسوان) ، والطور (جنوب سيناء) ، والخريطة المقدمة بشكل (٤٤) تبين مواقع تواجد الطفلة في مصر .

وتختلف الطفلة في صفاتها الميكانيكية فمنها الغنى بنسبة الطين ومنها الغنى بالرمال والسلت ، كما تختلف في نوعية معادن الطين السائدة بها . فمنها الغنى بالمعادن المتعددة مثل رواسب البنتونيت Bentonite ، ومنها الطفلة الكاؤولينيتية .

والجدول رقم (٢٣) يقدم التحليل الميكانيكي والكيميائي لبعض أنواع الطفلة المصرية، ويتضح من هذا الجدول أن الرواسب الطفلية في حد ذاتها قد لا تصلح في كثير من الأحيان كوسط ملائم لنمو النباتات ؛ لأنه بالإضافة إلى نسب الطين المرتفعة والملتحمة بأكاسيد الحديد والجبس ، تتواجد تركيزات عالية من الأملاح الصودية ، وبجانب ذلك نجد أن نفاذيتها للماء منعدمة تقريبا ، بل إنه في حالة ظهورها كعروق أو ترسيبات سطحية في بعض المناطق الصحراوية المستصلحة ، كما هو الحال في مزرعة ميت أبوالكوم الجديدة (سيناء) ، وأيضا في بعض مناطق الصالحية (الإسماعيلية) فإنها تسبب أضرارا مباشرة على كل من التربة والنبات - كما أنها تسبب عدم انتظام توزيع المياه نتيجة إعاقة حركة أجهزة الري المحورية central pivot لانفراس عجلاتها في المناطق الطفلية ، وتتميز الطفلة بنشاطها السطحي الفعال ، وارتفاع سعتها التبادلية الكاتيونية CEC حيث تتراوح بين ٤٠-٦٠ ملليمكافى/ـ ١٠٠ جم ، وقد يسودها الصوديوم المتبادل حيث تبلغ قيم ESP إلى حوالي ٥٦٪ ، ولكن يمنع ظهور خواصها القلوية ، من تفرقة ولزوجة ، وجود تركيزات عالية من الأملاح الكلية الذائبة .

جدول رقم (٢٢): احتياطي رواسب الطفلة الصحراوية في بعض مناطق مصر

الاحتياطي		الموقع	المحافظة
مليون متر مكعب	مليون طن		
٢٢	٤٥	مصر - السويس ك ٣٥	القاهرة الكبرى
٧٨	١٥٦	وادي الحى	
١٥	٣٠	القطامية	
٢٢	٦٤	كفر حميد	
٣٩	٨٠	بلييس	الشرقية
١١	٢٢	وادي النطرون	البحيرة
٢٨٠	٥٦٠	مصر - إسكندرية	
٥٤	١٠٨	بودره	
٢١	٤٠	شقوفة	سيناء
١٥	٣٢	كوم أوسيم	الفيوم
٢	٥	قصر الصاعه	
٤٥	٩٠	جبل المريز	
٤٥٠٠	٩٠٠٠	النهساوى	المنيا
٢١	٤٤	المحوسه	قنا
٤	٩	أبو الريش	أسوان





جدول رقم (٢٣) : التحليل الميكانيكى والكيميائى لبعض أنواع الطفلة  
المصرية

التحليل	الموقع	المعدى	قطامية	قصر البياسل (فيوم)	قصر الصاغة (فيوم)	الخطاطبة	بليس
الطين %		٢٦	٧٤	٤٥	٧٥	٢٤	٥٥
سلت %		٢٥	١٢	٢١	١٠	٦	١١
رمل ناعم %		٣٧	١٤	٤	٧	٤١	٢٨
رمل خشن %		١٠	١	١	٣	٢٨	٦
كربونات كالسيوم %		١,٥	١	٣٩	٥	١	١
مادة عضوية %		٠,٢٥	٠,٢٣	٠,٧٤	٠,٤٨	٠,٢٠	٠,١٢
جبس		صفر	صفر	صفر	١,٠٠	١٦	-
رقم PH		٧,٢	٨,٢	٨,١	٨,٢	٦,٩	٧,٩
توصيل كهربى (ديسى سمتر / متر)		٤,٧	١١,٦	١٠,٥	٨,٠	٥٦,٦	١٠,٢
CEC (مليمكافى / ١٠٠ جم)		٢٢	٤١	٣٢	٤٤	٣٠	٤٢
الأيونات الذائبة (مليمكافى / ١٠٠ جم)							
Ca ++		٨,١	٢,٩	٢,٩	٨,٤	٥٧,٢	٧,٨
Mg ++		٤,٤	٤,٢	١,٩	٥,٥	٨٢,٨	٧,١
Na +		٢٦,٠	١٤٢,٦	٧٥,٠	٥٥	٧٤٣,٨	١٢٥,٦
K +		٠,٣	٠,٤	١,١	١,٦	٢,٢	٠,٢
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		١,٤	١,٢	٢,٣	٠,٩	٤,٢	١,٤
Cl <sup>-</sup>		٣٤,٢	٨٨,٢	٨٢,٤	٣٩,٤	٥١٨,٦	٥٩,٩
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>		٤,٩٠	٦,٠٣	٢,٩	٢٢,٨	٣٦٣,٢	٧٩,٤
SAR		٢١	٧٥	٤٢	٣٥	٩٠	٤٦

## - النقاط التى يجب مراعاتها عند استخدام الطفلة فى إصلاح الأراضى الرملية :

مما سبق عرضه وقبل التفكير فى الاستفادة من الطفلة الصحراوية فى مجال إصلاح الأراضى الرملية لابد من إجراء ما يلى :-

- ١- إجراء مسح عن أماكن تواجد الطفلة والعمق الذى تتواجد عنده.
- ٢- إجراء التحليل الكيمىائى لها ، وذلك لتحديد مستوى تواجد الأملاح الذائبة ، والجبس ، وكربونات الكالسيوم .
- ٣- إجراء التحليل الميكانيكى لها .
- ٤- تحديد التركيب المعدنى لهذه الطفلة .

وبعد التأكد من سلامة صفات وخواص هذه الطفلة ومطابقة معايير استخدامها فى تحسين الأراضى الرملية ، فإنه يمكن استخدامها كمحسنات جيدة لهذه الأراضى ، ولقد أثبتت بعض التجارب التى استخدمت فيها طفلة قصر الصاغة (الفيوم) ، والغنية بالبتونيت، حدوث تحسين كبير فى نسبة الماء الميسر ، وكذلك زيادة قدرة الأرض على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية نتيجة زيادة سعتها التبادلية الكاتيونية مقارنة بأرض رملية لم تضاف إليها الطفلة .

## ٧ - ٥ ملخص الباب السابع

\* تفتقر الأراضى الرملية إلى العناصر الغذائية وكذلك قلة احتفاظها بالماء ، وذلك نتيجة قلة النشاط السطحي لحبيباتها التى تتكون من معادن إطارية متوازنة كهربائيا ، ولا تتعدى السعة التبادلية الكاتيونية لها ١٠ ملليمكافى / ١٠٠ اجم ، ولها رقم pH مرتفع نسبيا ويبلغ ٩.٥ خاصة عند انخفاض تركيز الأملاح بها ، وتنعدم تقريبا السعة التنظيمية لها .

\* تتحلل المواد العضوية بسرعة شديدة فى الأراضى الرملية ويتكرر الإضافة يمكن أن ترتفع المادة العضوية من ٣ ر. / ١٠٠ إلى ٢٧ ر. / ١٠٠ وهذه النسبة المنخفضة تعمل على زيادة النشاط الكيميائى للأراضى ، وخاصة الطبقة السطحية منها .

\* للتغلب على المشاكل الكيميائية للأراضى الرملية ، يجب إدخال أسمدة نيتروجينية بطبقة الذوبان مثل اليوريا فورمالدهيد أو الشيووريا إذا توافرت ، مع تجنب استخدام أسمدة التترات والتركيز على التسميد الورقى للعناصر الصغرى .

\* تمييز الأراضى الرملية بإمكانية استخدام نوعيات رديئة نسبيا من مياه الرى ، أى ذات التركيزات العالية من الأملاح وذات قيم SAR مرتفعة ، فى رى هذه الأراضى لضعف تأثيراتها الكيميائية من ناحية ، ولعدم مكثها فى الأرض وسهولة صرفها من ناحية أخرى .

\* تعتبر الأراضى الجيرية إذا تعدت نسبة كربونات الكالسيوم بها ٨ - ١٠ ٪ ، ويسود تركيبها المعدنى معادن الكربونات بأنواعها مثل الكالسيت والدولوميت والكالسيت المغنيسيومى الذى يتكون من تفاعل الكالسيت مع مياه البحار الغنية بالمغنسيوم ، هذا بجانب تواجد معدن السيليريت .

\* تسود معادن الطين اللبيفية فى الأراضى الجيرية ، وهذه المعادن يظلمها الأمايولجيت الذى يتصلب بشدة عند الجفاف ويلعب دورا فى تصلب القشرة السطحية ، هذا بالإضافة إلى أن القنوات الداخلية لهذه المعادن قد تعمل على تثبيت اليوتاسيوم .

\* يلعب غاز ثانى أكسيد الكربون دورا رئيسيا فى تحديد الصفات الكيميائية للأراضى الجيرية ، وخاصة رقم ال pH لها والذى يبلغ تحت الضغط العادى لغاز CO<sub>2</sub> حوالى ٨.٣ ثم ينخفض بزيادة ضغط CO<sub>2</sub> نتيجة تنفس جذور النبات والكانات الدقيقة

وتحلل المادة العضوية .

\* تثبيت الفوسفات فى الأراضى الجيرية من أكبر المشاكل التسميدية ، حيث تتحول الفوسفات الأحادية الذائبة ( $H_2PO_4^-$ ) إلى فوسفات ثلاثى الكالسيوم  $Ca_2(PO_4)_2$  مترسبة .

\* يقل تيسر الحديد لامتصاص النبات نتيجة ترسبه على صورة كربونات ، ما تلبث أن تتحلل تتكون أكاسيد الحديد شحيحة الذوبان ، وهذا يؤدي إلى ظهور أعراض نقص الحديد chlorosis على مزروعات الأراضى الجيرية .

\* تنفاعل الأراضى الجيرية مع الأسمدة النشادرية مما يؤدي إلى تطاير وفقد النيتروجين على صورة غاز نشادر نتيجة رقم ال pH المرتفع نسبيا لهذه الأراضى ، مما يؤدي إلى فقد ٥٠٪ من الأسمدة المضافة .

\* الكربونات النشطة هى حبيبات معادن الكربونات ذات النشاط السطحي العالى ، والتي تتركز أساسا فى حبيبات السلت والطين ، وتظهر أعراض نقص الحديد إذا تعدت نسبتها فى الأرض عن ١٠٪ ، وهذا ما يحدث فى أراضى شمال الصحراء والعامرية وبرز العرب .

\* التقشر السطحي فى الأراضى الجيرية يحدث نتيجة لتضايف العوامل الكيميائية والمعدنية - كما أن لملح الرى تأثيرات كيميائية هامة من خلال قيم SAR ، حيث يجب ألا تقل ملوحته عن ١٣٠ جزءاً فى المليون ولا تزيد قيم SAR بها عن ١٠ .

\* يمكن مقاومة التقشر السطحي فى الأراضى الجيرية بإضافة أحماض الفوسفوريك والكبريتيك إذا توافرت ، وكذلك استخدام أملاح الحديد والألومنيوم وخاصة المتوافرة كنواتج ثانوية من بعض الصناعات المعدنية .

\* تعتبر الرواسب الطفلية الصحراوية من الشروات التى يجب استغلالها زراعيا سواء باستزراعها أو باستخدامها فى استزراع الأراضى الرملية .

[?]

## ٧ - ٦ أسئلة الباب السابع

- ١- عرف الأراضى الصحراوية ، ثم اذكر أنواعها .
- ٢- اكتب نبذة مختصرة عن :  
معادن الكربونات - الأفق الجيرى - الأسمدة النتروجينية بطيئة الذوبان -  
الكربونات النشطة - التقشر السطحي - ظاهرة الاصفرار - كربونات الصوديوم  
المتبقية .
- ٣- ما هى أهم المشاكل الكيميائية للأراضى الرملية وطرق التغلب عليها ؟
- ٤- عرف الأراضى الرملية ، واذكر أماكن تواجدها فى مصر .
- ٥- " تعتبر الأراضى الرملية قليلة الحساسية للتغيرات الرديئة من مياة الري " اشرح  
المقصود بهذه العبارة .
- ٦- ما هى أهم النقاط الواجب مراعاتها عند استغلال الأراضى الرملية من وجهة نظر  
خواصها الكيميائية ؟
- ٧- عرف الأراضى الجيرية من ناحية تركيبها الكيميائى والمعدنى وأماكن تواجدها فى  
مصر .
- ٨- كيف يؤثر تواجد معدن طين الألتابولجيت فى الأراضى الجيرية على خواصها الفيزيائية  
والكيميائية ؟
- ٩- " يلعب ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون دورا هاما فى التحكم فى رقم pH الأراضى  
الجيرية " وضح ذلك .
- ١٠- اكتب المعادلات الكيميائية التى تعبر عن ترسيب الفوسفات الذائبة فى الاراضى  
الجيرية ، وكيفية التغلب عليها .
- ١١- كيف تعمل كربونات الكالسيوم على ترسيب مركبات الحديد فى الأراضى الجيرية ،  
اشرح ذلك مستعينا بالمعادلات ؟
- ١٢- يعتبر فقد الأمونيا من أهم مشكلات الأراضى الجيرية ، اشرح أسباب ذلك مستعينا  
بالمعادلات الكيميائية .

١٣- عرف الكربونات النشطة ومصدرها فى الأرض الجيرية ، وما يترتب على زيادتها من مشاكل . وما هى المناطق التى تزداد بها فى مصر ؟

١٤- ما هى العمليات الكيميائية التى تساهم فى تكوين القشرة السطحية فى الأراضى الجيرية ؟ وما هى الطرق الكيميائية للتغلب عليها ؟ مستعينا كلما أمكن بالمعادلات.

١٥- عرف الطفلة ، ثم اذكر أهم صفاتها ، وكيف يمكن استغلالها زراعيا .

١٦- علل لما يأتى :-

أ - ارتفاع رقم ال pH فى الأراضى الرملية غير الملحية .

ب - فقر الأراضى الصحراوية فى العناصر الغذائية .

ج - تواجد بعض الطبقات الصماء فى مقطع الأراضى الجيرية .

د - ارتفاع رقم حموضة الأراضى الجيرية المغنيسية عن الكلسية تحت نفس الظروف .

هـ - قلة استفادة النبات من التسميد الفوسفاتى للأراضى الجيرية .

و - التسميد بصخر الفوسفات فى بعض الأراضى رغم قلة ذوبانه .

ز - تطاير النشادر من الأراضى الجيرية عند تسميدها بسلفات النشادر .

ح - حدوث ظاهرة الاصفرار فى الأراضى الجيرية .

ط - استخدام التسميد الورقى فى الأراضى الصحراوية .

## القسم السادس

ويشمل :

الباب الثامن : - مهيات التربة

الباب التاسع :- مخلفات الصرف الصحى والمادة المستخدمة فى زراعة  
الاراضى الصحراوية





## الباب الثامن

## مهيشات التربة

## Soil Conditioners

## الأهداف :

- بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :
- ١- يعرف المفاهيم العلمية الواردة بهذا الباب بدون أخطاء .
  - ٢- يعبر بالمعادلات الكيميائية عن التفاعلات الكيميائية الواردة بهذا الباب بدون أخطاء .
  - ٣- يذكر أهمية مهيشات التربة فى تعديل صفات الأراضى الصحراوية .
  - ٤- يحدد المواصفات الواجب توافرها فى المهيشات حتى تؤدى وظيفتها فى تحسين الأراضى الصحراوية بكفاءة .
  - ٥- يذكر أنواع المهيشات الكيميائية المخلفة والمتداولة فى السوق .
  - ٦- يكتب أسماء أهم المهيشات الصناعية للتربة ورموزها الكيميائية والنباتية .
  - ٧- يفرق بين قوى ارتباط المهيشات فى التربة .
  - ٨- يصنف الأنواع المختلفة لمهيشات التربة من الوجهة الكيميائية .
  - ٩- يذكر الميكانيكيات المختلفة لعمل المهيشات المتعادلة والكاتيونية والأيونية .
  - ١٠- يشرح ميكانيكية ارتباط مادتين إحداهما من نوع Polycations والأخرى من نوع Polyanions مع أسطح حبيبات التربة .
  - ١١- يحدد العوامل المؤثرة على كفاءة مهيشات التربة .
  - ١٢- يقارن بين كمية مادة المهيئ التى يمكن أن تدمص فى أرضين بسود إحداهما المونتوريلليت والأخرى بسودها الكاؤولينيت .
  - ١٣- يفسر الخصائص والظواهر المختلفة المتعلقة بحريشات التربة التى وردت بهذا الباب .
  - ١٤- يحدد أنواع المهيشات المناسبة لكل نوع من أنواع الأراضى .

## العناصر :

- ١- مقدمة .
- ٢- مواصفات مهينات التربة وصيغها الكيميائية .
- ٣- قوى ارتباط المهينات فى التربة .
- ٤- ميكانيكية عمل المهينات .
- ٥- العوامل المؤثرة على كفاءة مهينات التربة .
- ٦- تأثير المهينات على خواص التربة وانعكاسه على نمو النباتات .
- ٧- ملخص الباب الثامن .
- ٨- أسئلة الباب الثامن .

## الباب الثامن

### مهيئات التربة

### Soil Conditioners

#### ٨ - ١ مقدمة :

تعتمد معظم التفاعلات التى تتم فى التربة، أساسا، على السطوح النشطة لمكونات التربة، ويمكن تعديل نظام توزيع هذه السطوح فى التربة عن طريق استخدام مواد تشجع التهام الحبيبات المنفردة فى التربة الرملية مكونة تجمعات ثابتة تعمل على تحسين كثير من الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة، وهذه المواد إما أن تكون مواد طبيعية Natural مثل المادة العضوية فى مراحل تحللها المختلفة (وقد سبق استعراضها فى الباب الثالث)، وإما مواد مخلقة Synthetic ويطلق عليها جميعها مهيئات التربة.

#### تعريف

مهيئات التربة Soil conditioners هي مواد طبيعية عضوية أو كيميائية مخلقة، تضاف إلى الأرض لتعديل صفاتها وتشجيع على تكوين التجمعات الأرضية الثابتة، عن طريق تفاعلها مع سطوح حبيبات التربة وربطها مع بعضها البعض.

وتظهر أهمية استخدام مهيئات التربة فى عملية التكتيف الزراعى والتوسع الأفقى للاعتبارات التالية:

١- التناقص الواضح فى المخلفات العضوية الحيوانية (الأسمدة العضوية) Animal manures ، وكذلك النقص فى البقايا النباتية الملائمة لتحضير كومات السماد Composts.

٢- المهيئات المخلقة لها تأثير مماثل للمركبات العضوية الطبيعية فى عملية تكوين وثبات تجمعات التربة ، بل قد تزداد كفاءتها عند توافر الظروف المناسبة لتفاعلها مع سطوح حبيبات التربة.

٣- معظم المهيئات المخلقة كيميائيا لها مقاومة نسبية للتحلل الميكروبي إذا ما فورنت بالمادة العضوية الطازجة ، مما يؤدي إلى ثبات التجمعات الأرضية الناشئة عنها.

٤- ظهور العديد من المهيئات المخلفة كيميائيا في الأسواق وسهولة الحصول عليها نتيجة التطور في الصناعات البتروكيميائية.

ونظرا لأن مصر تقوم حاليا بعملية واسعة لغزو الصحراء، والتي تشتمل في الأساس على أراضي رملية وجيرية، فإن أهمية العمل على تشجيع تكوين التجمعات الأرضية Aggregates في أراضي التوسع تبدو أساسية، ويعتقد أن استخدام المهيئات المخلفة للتربة هو أحد الطرق لتحقيق هذا الغرض، وذلك عندما تصل تكلفتها إلى الحد الإقتصادي.

### ٨-٢ مواصفات مهيئات التربة وصيغها الكيميائية :

يجب أن تكون مهيئات التربة ذات مواصفات خاصة، يمكن إيجازها فيما يلي:-

١- مواد لها فعل لاجم مماثل للسكريات العديدة، والصبوغ العديدة السيورونيدات، ذات النشأة الطبيعية.

٢- مواد متجانسة وقابلة للذوبان في الماء، أو تكون مستحلبات ثابتة نسبيا ليسهل إضافتها للأرض وتوزيعها بطريقة منتظمة.

٣- مواد تنتج تجمعات ثابتة في الماء، وهذا يتطلب عدم ذوبانها في الماء، بعد تفاعلها مع حبيبات التربة.

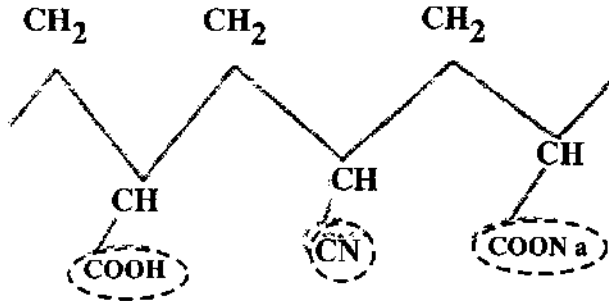
٤- مواد ذات مقاومة مناسبة للانحلال الميكروبي، أو ذات معدل انحلال بطيء، جدا يضمن لها الاستمرارية المناسبة في التربة، وهذا يتطلب أن تكون ذات وزن جزيئي كبير جدا

٥- مواد غير سامة سواء للنبات أو الحيوان، وكذلك تكون نواتج تحللها غير سامة أيضا.

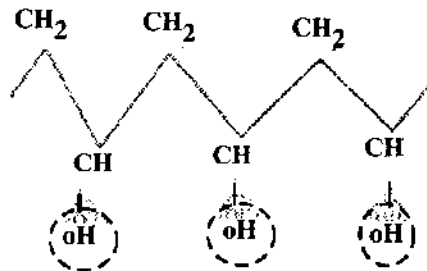
٦- مواد لا تؤثر في توازن أعداد ميكروبات التربة، أو تؤخر نمو البكتيريا المثبتة للنيتروجين، أو تثبط من عملية النترية Nitrification process، بل على العكس من ذلك، يجب أن تنشط هاتان العمليتان عن طريق تحسين تهوية التربة.

٧- مواد لا يكون لها أي تأثيرات عكسية على العناصر الغذائية، سواء الكبرى أو الصغرى منها، الهامة أو الضرورية لنمو النباتات، بل يجب أن تزيد من احتفاظ التربة بها في صور ميسرة.

ومن المهيئات الكيميائية المخلفة والمتداولة فى الأسواق ، نسردها منها ما يلى :  
 أجروسون - ياساميد محبب - إيروسيل - فلوتال - يوريسول - رابح ، والأخير ما زال تحت الاختبار على نطاق التطبيق العملى فى مصر .  
 وإذا نظرنا إلى التركيب الكيميائى لمعظم مهيئات التربة المعروفة تجاريا ، نجد أنها عبارة عن مواد يعتمد تركيبها على صيغ (HPAN) Hydrolysed polyacrylonitrile .

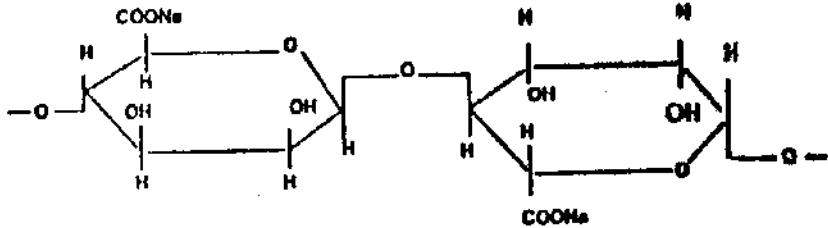


وهى سلسلة هيدروكربونية تحتوى على العديد من المجموعات الفعالة من نوع الكربوكسيل ، والنيتريل ، والتي عن طريقها يتم التفاعل مع أسطح مكونات التربة .  
 وتحتوى أيضا على العديد من المهيئات المعروفة تجاريا على مركب كحول البولى فينيل (PVA) Polyvinyl alcohol



حيث يتم التفاعل مع أسطح حبيبات التربة عن طريق مجموعات الهيدروكسيل النشطة ، ويصل الوزن الجزيئى له إلى ٥٠ ألفا ويمكن الوصول إلى أضعافه عن طريق التكميف .

وهناك أيضا مركب ألجينات الصوديوم (Sodium alginate (ALG) وهو يتكون من وحدات رمزها التركيبي كالتالى:-



وهو جزىء يصل وزنه الجزيئى الى ٢٠٠ ألف ، ويحتوى على مجموعات الكريوكسيل والفينول ، ويمكن تلخيص الصيغ الكيميائية لأهم مهيئات التربة والمخلقة فى الجدول رقم (٢٤).

جدول رقم (٢٤) : الأسماء والرموز الكيميائية والبنائية

لأهم المهيئات الصناعية للتربة

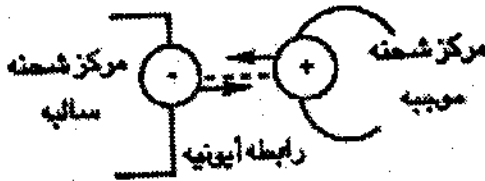
الرمز البنائى	الرمز التجارى	الاسم
	PVA	كحول البولى فينيل
	PVAc	خلقة البولى فينيل
	PEG	البولىين جليكول متعدد
	PAM	بولى الكريونيد
	PAA	مستحلب بولى الكريونيد
	HPAN	بولى الكريونيد بولىين مستحلب صابونى

## ٨-٣ قوى ارتباط المهيئات فى التربة

عند إضافة المهيئات إلى التربة تحدث تفاعلات مع سطوح حبيبات التربة تسمى تفاعلات سطحية Surface reactions ، وتكون نتيجة لذلك روابط بين جزيء المهيء وسطح الحبيبة، وتختلف هذه الروابط فى طبيعتها ونوعها ويمكن ذكر أهم تلك الروابط فيما يلى:-

## ١- رابطة أيونية Ionic bond

وتنتج من تجاذب مركز شحنة سالبة مع آخر موجب الشحنة ، وتسمى أيضا قوى كولومب ، وتناسب قوة الرابطة مع مربع المسافة بين مركزى الشحنتين فى كل من سطح الحبيبة وجزيء المهيء ، ويتضح ذلك من التخطيط التالى:-



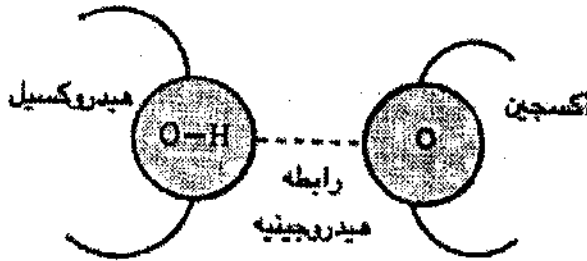
## ٢- رابطة تساهمية Co-ordinate bond

وفيهما يتم التكامل بين إلكترونات المدار الأخير لذرتين إحداهما مانحة للإلكترونات Donor والأخرى مستقبلة لها Acceptor ، وتكون كل رابطة من زوج من الإلكترونات ومثال ذلك رابطة جزيء الأوكسجين كما يلى:



## ٣- رابطة هيدروجينية Hydrogen bond

وهى رابطة تتكون عند مجاور مجموعة هيدروكسيل مع ذرة أكسجين كما فى التخطيط التالى:-



#### ٤- رابطة فان ديرفال Van der Waals bond

وهى رابطة فيزيائية، ينتج عنها التصاق جزيئات المادة الواحدة Cohesion أو جزيئات المواد المختلفة Adhesion ، وتزداد أهميتها فى الجزيئات كبيرة الحجم ذات الوزن الجزيئى الكبير ، حتى وإن كانت متعادلة الشحنات ، وتختلف شدة الرابطة Bond strength باختلاف نوعها ، فأقوى الروابط هى الرابطة الأيونية وأضعفها هى الرابطة الهيدروجينية ، وذلك عند المقارنة على أساس شدة الرابطة فى المول الواحد، ويظهر ذلك جليا فى الجدول رقم (٢٥) .

جدول رقم (٢٥) : شدة الروابط الكيميائية (كيلو كالورى / مول)

شدة الرابطة (كيلو كالورى / مول)	مثال	نوع الرابطة
٢٣٩	Li ...F	أيونية
٨٧ ١١٠	C - H O - H	أيونية جزئيا
٥٩ ١٠٣	C - C H - H	تساهمية
٧.٦ ٤.٥	F - H ... F O - H ... O	هيدروجينية
حوالى ١ كيلو كالورى لكل رابطة واحدة		فان ديرفال



## ٨-٤ ميكانيكية عمل المهيئات Mechanisms of conditioning

عند استعراض الأنواع المختلفة لمهيئات التربة نجد أنها ، من الوجهة الكيميائية يمكن تقسيمها إلى المجموعات التالية:-

أ- مركبات ذات جزيئات متعادلة كهربائيا وذات وزن جزيئى كبير ولا تنقسم فى الماء وتظهر جزيئاتها الخواص القطبية Polar molecules ، أى تتركز التأثيرات الموجبة فى أحد جوانب الجزيء ، بينما تتركز التأثيرات السالبة فى الجانب الآخر من نفس الجزيء .

ب- مركبات اليكتروليتية متعددة Polyelectrolytes: وهى مركبات تحتوى على مجموعات فعالة يمكن أن تتأين فى محاليلها منتجة نوعين من المركبات هى:-

١- مركبات عديدة الكاتيونات polycations: وفيها تشتمل السلسلة الهيدروكربونية على مواقع موجبة الشحنة تعمل كمواقع كاتيونية، كما يحدث فى مجموعة الأمين  $R-NH_2$  حين تجتذب بروتونا وتتحول إلى مجموعة موجبة  $R-NH_3^+$

٢- مركبات عديدة الأنيونات polyanions: وفيها تشتمل السلسلة الهيدروكربونية على مجموعات فعالة تعطى مواقع سالبة الشحنة عند انقسامها، كما يحدث فى مجموعة الكربوكسيل  $R-COOH$  التى تنفصل منها ذرة الهيدروجين لتصبح  $R-COO^-$  التى تعمل كمواقع أنيونية.

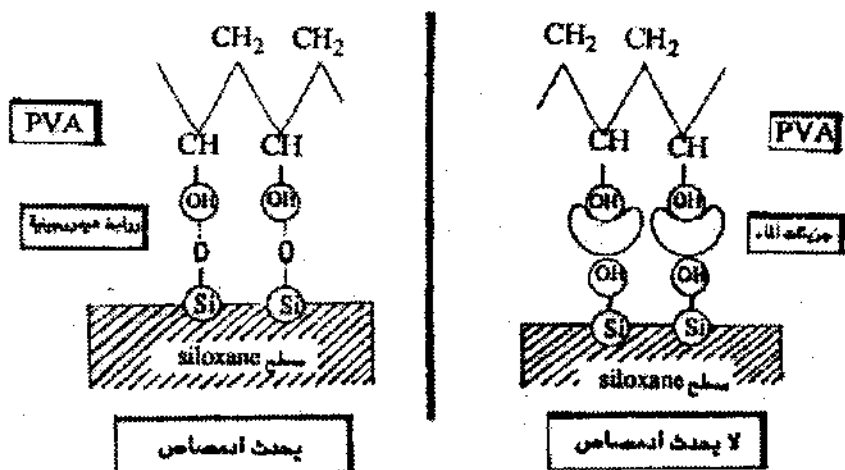
وتختلف ميكانيكية عمل المهيئات المخلقة تبعا لاختلاف نوعية مركباتها وما إذا كانت ذات جزيئات متعادلة أم أنها اليكتروليتات متعددة ، وفيما يلى نستعرض اهم هذه الميكانيكيات :-

### أولا:- ادمصاص الجزيئات المتعادلة:

تدمص المركبات ذات الجزيئات المتعادلة على سطوح حبيبات التربة بواسطة الروابط الهيدروجينية وقوى فان ديرفال .

ولقد وجد أن طبيعة السطوح القائمة بالادمصاص لها تأثير كبير على درجة ادمصاصها للمهيس ، حيث إن كحول البوليڤينيل (PVA) يدمص بشدة على الأسطح السليكاتية غير المتأدرة والتي بها مجموعات Si - O أو Siloxane group ، بينما

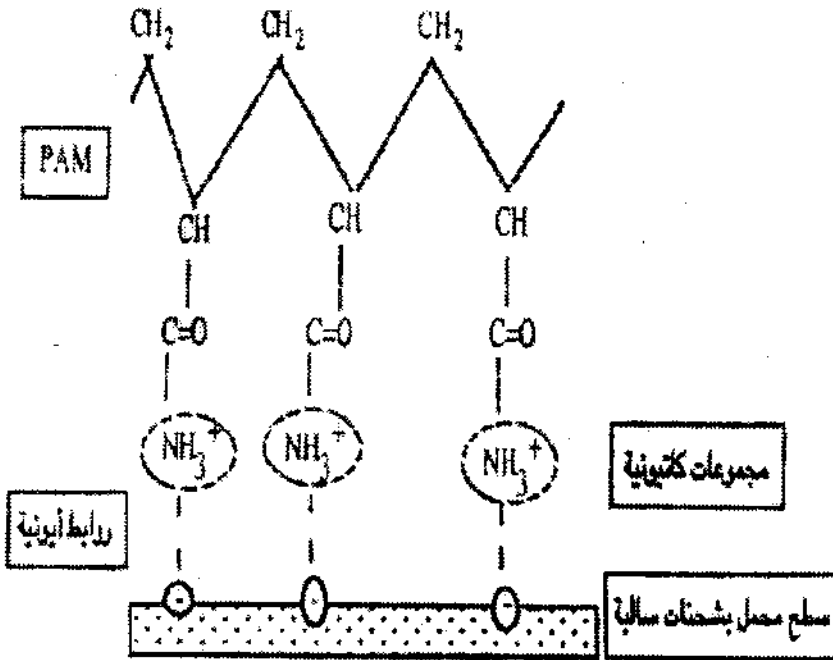
لا يدمص نفس المركب على الأسطح السليكاتية المتأدرة ذات مجموعات Si-OH أو Silanole group، ويرجع ذلك إلى سهولة تكون الرابطة الهيدروجينية فى الحالة الأولى وعدم تكونها فى الحالة الثانية لوجود جزيئات ماء تأدرت مدمصة بشدة تمنع من تكون رابطة هيدروجينية مباشرة مع PVA كما فى المخطط التالى:-



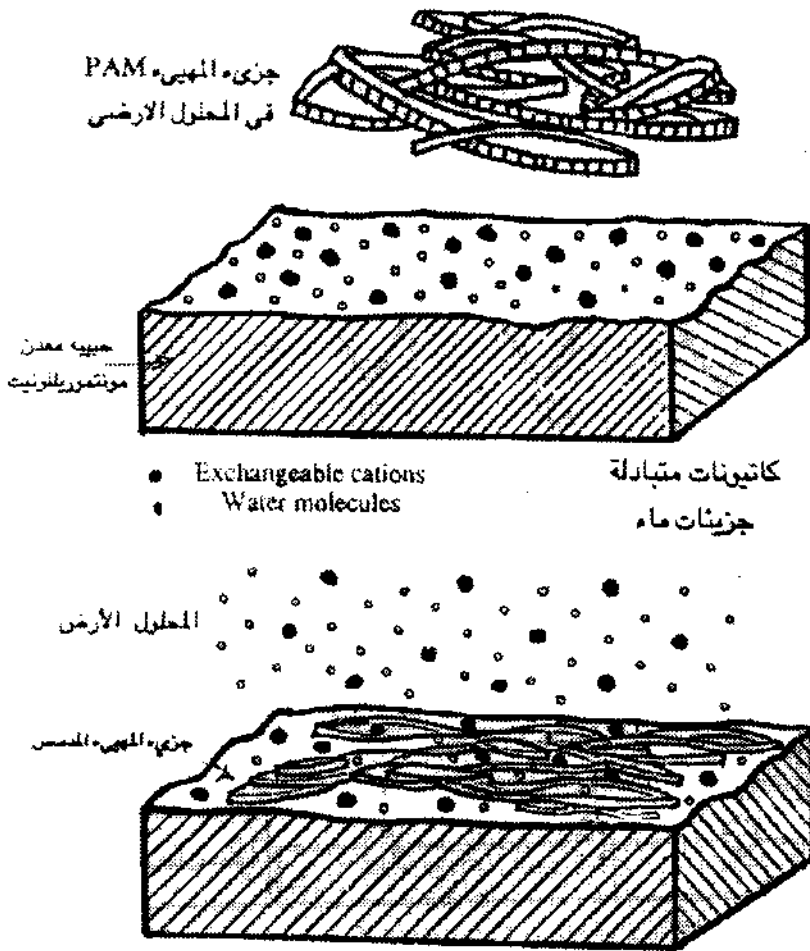
كما لا يدمص PVA على السطوح الهيدروكسيلية الأخرى مثل AL أو Fe-OH أو Mg-OH لنفس السبب، وهو ما يفسر قلة ادمصاص كحول البولي فينيل على سطوح معادن طين الكاؤولينيت ذات الطبيعة الهيدروكسيلية (راجع الباب الثانى).

### ثانياً:- ادمصاص المركبات عديدة الكاتيونات:

تدمص المركبات الكاتيونية المتعددة Polycations على أسطح معادن التربة ذات الشحنة السالبة بواسطة تفاعلات التبادل الكاتيوني، حيث تحمل هذه المركبات محل الكاتيونات المتبادلة وتتكون روابط أيونية أو إلكتروستاتيكية بين مراكز الشحنات المتضادة، ومن أمثلة ذلك ادمصاص مركب البولى إكربلاميد PAM على أسطح معدن المونتموريلونيت المحمل بالشحنة السالبة نتيجة للإحلال المتماثل فى شبكته البللورية كما يظهر فى التخطيط التالى:-



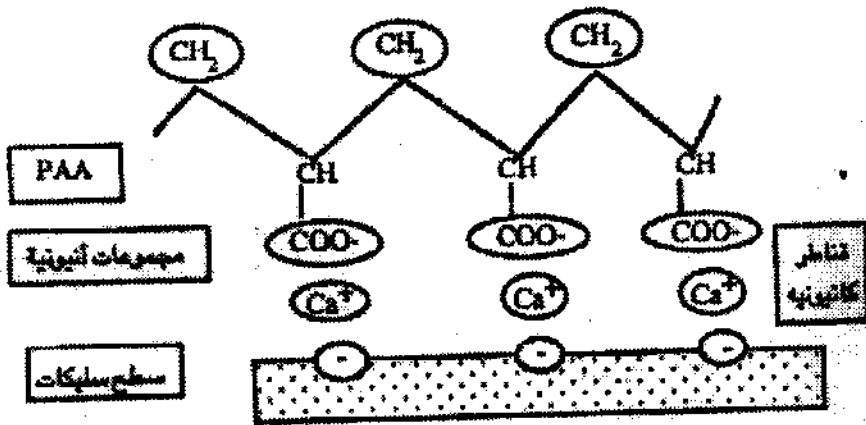
ويلاحظ أنه عند ادمصاص PAM على أسطح معدن المونتموريللونيت يحدث انطلاق للكاتيونات التي كانت متبادلة على سطح المعدن ويتضح ذلك من الشكل رقم



شكل رقم (٤٥): شكل تخطيطى يبين انطلاق الكاتيونات المتبادلة وجزيئات الماء المدمصة على سطح معدن طين المونتوريللونيت عند ادمصاص جزئىء المهيىء PAM.

## ثالثاً:- ادمصاص المركبات عديدة الأنيونات :

لا يحدث ادمصاص مباشر للمركبات الأنيونية المتعددة polyanions على أسطح معادن السليكات سالبة الشحنة، ويرجع ذلك إلى التنافر الحادث بين الشحنات السالبة المتشابهة فى كل من المركبات الأنيونية والسطوح السالبة، ولكى يحدث ادمصاص للأنيونات العديدة فلا بد من تواجد كاتيونات عديدة مدمصة على الأسطح السالبة والتي تعمل كجبارٍ أو قناطر كاتيونية Cationic bridges تصل بين المهيىء وسطح معدن الطين. ويطلق عليها فى هذه الحالة Cross- linkers ، ومثال ذلك ادمصاص حمض بولى أكرليك PAA على أسطح المونتموريللونيت المشبع بالكالسيوم كما بالمخطط التالى:

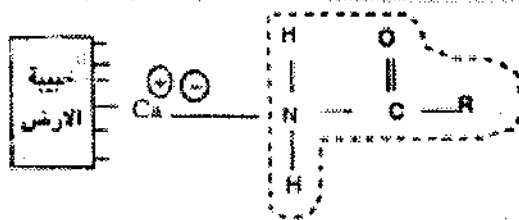


وقد يحدث ادمصاص محدود للأنيونات المتعددة بصورة مباشرة على المواقع الموجبة، التي قد توجد على الأحرف الرأسية لجزيئات المعادن، كما يحدث ادمصاص المباشر لها فى الأراضى الغنية بأكاسيد الحديد والألمونيوم ، والتي تتميز جزيئاتها بالشحنات الموجبة وارتفاع التبادل الأنيوني لها (راجع الباب السادس).

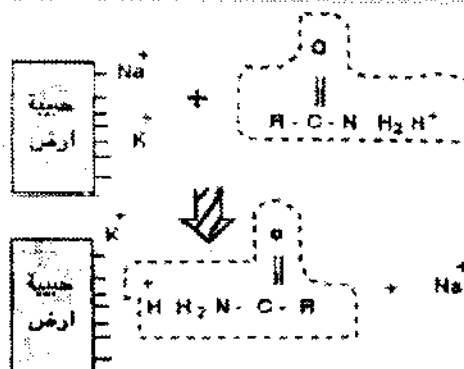
## سؤال محلول :-

سؤال - ما هي ميكانيكية ارتباط مادتين إحداهما من نوع Polycations ، والآخرى من نوع Polyanions مع أسطح حبيبات التربة ؟

الإجابة - تختلف ميكانيكية الارتباط بين المهيىء وبين أسطح حبيبات التربة على حسب نوع المهيىء ، نفسه ، فالمركبات من نوع Polyanions مثل PAA ترتبط عن طريق قناطر من الكاتيونات عديدة التكافؤ كما فى التخطيط التالى :-



أما المهيىءات من نوع Polycations مثل PAM فيتم ارتباطها مع الأسطح السالبة لحبيبات التربة عن طريق التبادل الكاتيوتى كما يلى :-



## ٨-٥ العوامل المؤثرة على كفاءة مهيئات التربة:

## ١- نوع التربة وتركيبها المعدنى:

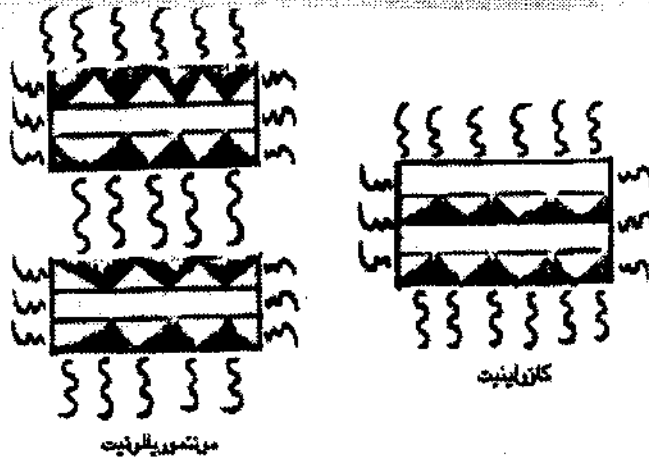
تختلف كفاءة المهيىء ونوعه حسب اختلاف التربة المراد تعديل خواصها، فالأراضى الرملية تحتاج إلى مهيىء من النوع المحب للماء ويكون أيضاً عديد الكاتيونات Polycations حتى يعمل على تعديل الصفات المائية والاحتفاظ بالعناصر الغذائية، أما الأراضى الجيرية وأيضاً تلك المحتوية على نسب ملحوظة من الأكاسيد السداسية فيناسبها مهيىء عديد الأنيونات Polyanions حتى يمكنه الارتباط بقوة مناسبة تؤدى إلى تكوين تجمعات ثابتة فى هذه الأراضى.

كما يؤثر التركيب المعدنى على كمية المهيىء المدمصة، فالأراضى المحتوية على الكاؤولينيت تدمص كميات قليلة من المهيىء إذا ما قورنت بتلك التى يسودها معدن المونت موريللونيت (شكل رقم ٤٦) .

سؤال محلول :-

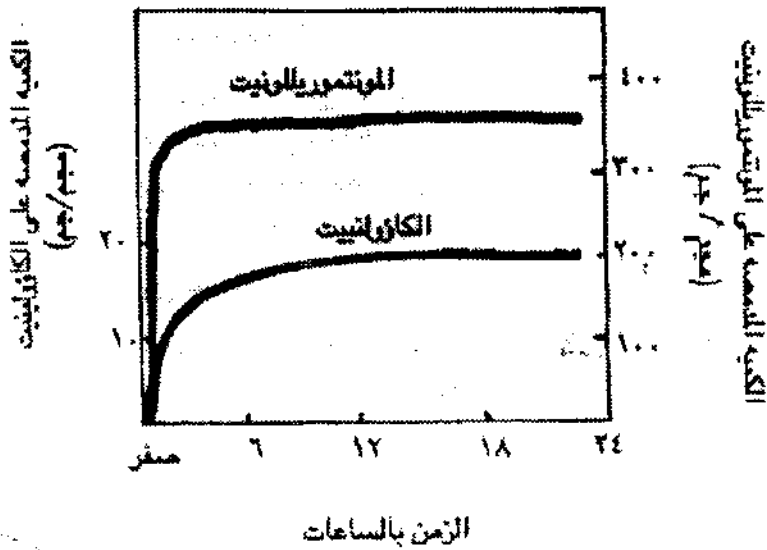
سؤال - قارن بين كمية مادة المهيىء التى يمكن ان تدمص فى ارضين بسود احدهما المونتوريلونيت والاخرى بسودها الكاؤولينيت .

الإجابة - تزداد كمية المادة المدمصة من مهيئات التربة بزيادة السطح النوعى (مساحة سطوح الجيببات فى الجرام الواحد من الأرض) وعلى ذلك ، فإن الأرض التى بسودها معدن المونتوريلونيت ذات سطح نوعى كبير نتيجة لحدوث الادمصاص على الاسطح البين طبقية فى المعدن وتقدمه بدرجات مختلفة ، هذا بالإضافة إلى الادمصاص على السطوح الخارجية ، بينما الادمصاص فى الأراضى الكاؤولينيتية فيتم على الأسطح الخارجية فقط ، وبالتالي تدمص كميات قليلة جدا مقارنة بالأراضى المونتوريلونيتية، كما يتضح من الشكل التخطيطى التالى :-

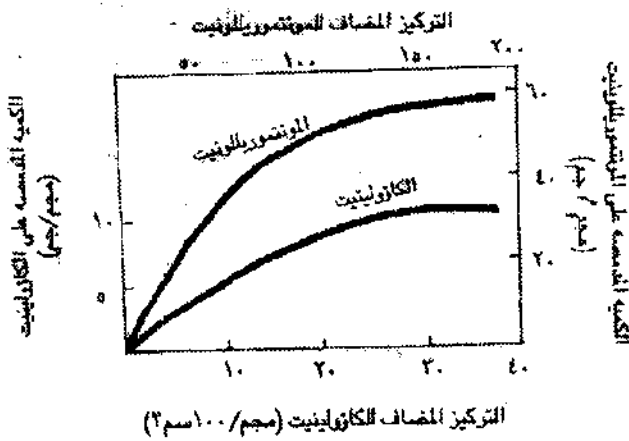


ادمصاص الهيدروكسيدات الموضوية على اسطح معدن الطين





شكل رقم (٤٦): أثر معدن الطين على الكمية المدمصة من البولى أكريلاميد PAM



شكل رقم (٤٧): أثر التركيز المضاف من PAM على الكمية المدمصة بواسطة معادن الطين

## ٢- تركيز المهييء المستخدم :

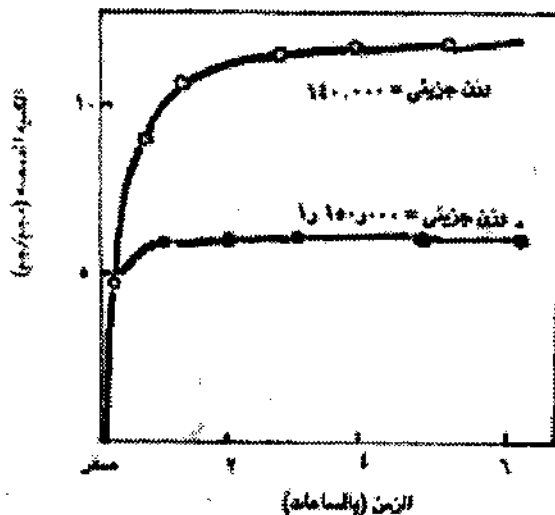
تزداد كفاءة المهييء في تكوين التجمعات بزيادة التركيزات المضافة منه إلى الأرض، حيث إنه بزيادة تلك التركيزات تزداد الكميات المدمصة منها تبعاً لقوانين الادمصاص (انظر شكل رقم ٤٧) ، ولكن من الناحية العملية فإن تركيز المهييء الذي يضاف للتربة يتراوح بين ٠.٥ - ٠.٥٠٪ وقد تستخدم نسب تصل إلى ١٪ في بعض الحالات المحدودة .

## ٣- الوزن الجزيئي للمركب :

وجد أنه بزيادة الوزن الجزيئي للمهييء القابل للذوبان في الماء، تزداد كفاءته في لصق حبيبات التربة مع بعضها البعض، ولقد وجد أن المركب ذي الوزن الجزيئي الذي يتراوح بين ١٠ ، ٤٠ ألف لا يحدث ربطاً لحبيبات التربة بصورة ثابتة ضد الماء ، ولكن بحدوث تكثيف لجزيئات هذا المركب أي حدوث بلمرة Polymerization بحيث يزداد الوزن الجزيئي إلى أكثر من ١٠<sup>٦</sup> فإن فعاليته في لصق حبيبات التربة تصبح كبيرة .

## تعريف:

البلمرة Polymerization : هي عملية اتحاد الجزيئات البسيطة مع بعضها البعض عن طريق مجموعاتها الفعالة فيما يطلق عليه أيضاً التكتيف . ويتم إنتاج ما يسمى بالبوليمرات Polymers ذات الوزن الجزيئي الكبير.



شكل رقم (٤٨): أثر الوزن الجزيئي على الكمية المدمصة من PAM على معادن الكازولينيت.

?

## سؤال محلول :

سؤال - لماذا نحتاج إلى جزيئات ذات وزن جزيئى كبير؟ هل ليزداد حجمها وترتبط عددا أكبر من حبيبات التربة مع بعضها أم ماذا؟

الإجابة - ليس هو السبب الأساسى، حيث إن حبيبة التربة التى لها قطر يساوى واحد ميكرون ووزنها يعادل مليون مرة قدر جزيء وزنه الجزيئى حوالى ٦٠، وعلى ذلك فهذا الجزيء يعتبر ضعيفا جدا بالمقياس إلى حبيبة التربة، وفى الحقيقة فإن السبب الأساسى فى استخدام البوليمرات كمهينات للتربة هو زيادة قطبية جزيئاتها فى الأوزان الجزيئية الكبيرة وزيادة قابليتها لتكوين روابط هيدروجينية وروابط فان ديرفال، والتى بزيادة عددها فإنها تقوى بعضها البعض ويكون فعلها اللاصق كبيرا، على الرغم من أن كبر الوزن الجزيئى قد يؤدي إلى قلة الكمية المدمصة منه نتيجة كبر أحجام جزيئات البوليمر كما يظهر من الشكل رقم (٤٨).

كما أن كبر الوزن الجزيئى يؤدي إلى تنافر بين الشحنات المتشابهة للمجموعات الفعالة Functional groups المحمولة على السلسلة الهيدروكربونية، وهذا يعمل على جعل هذه السلسلة مفرودة على هيئة خيطية، وبالتالي، تحتل مسافة أكبر من الجزيئات الكروية وتزداد فعاليتها فى تكوين التجمعات.

## ٤- حجم حبيبات المهيى :

أثبتت التجارب انه بزيادة حجم حبيبات المهيى، تزداد كفاءته فى تكوين التجمعات الأرضية الثابتة أكثر من الذى يحدث من زيادة الوزن الجزيئى للمركب، كما يتضح من الجدول رقم (٢٦).

جدول رقم (٢٦): أثر حجم حبيبات بولى ميثايل أكريلات PMA

على قوى اللصق لحبيبات التربة

قطر الحبيبات ( ميكرون )	الوزن الجزيئى	قوى اللصق ( كجم / سم <sup>٢</sup> )
٠,٠٩	٩٦٥,٠٠٠	٠,٢٠
٠,٢٥	١,٢٠٠,٠٠٠	٠,٥٣
١,٠٠	٣٣٥,٠٠٠	٢,٧٧
١,٤٠	٧٩٤,٠٠٠	٣,٥٣

وعموما ، يمكن القول: إنه لا يمكن استخدام مادة مهيئة واحدة لكل أنواع الأراضى، كما أنه من الممكن ألا تصلح إحدى المهيئات لقوام معين من الأراضى، ولكنها قد تصلح لنفس القوام لتربة أخرى مختلفة فى تركيبها المعدنى والكيميائى، ولهذا فإنه من الضرورى إجراء بعض الاختبارات الأولية لتحديد صلاحية مهيئ، معين لظروف الأرض المراد تعديل خصائصها الطبيعية والكيميائية.

### ٦-٨ تأثير المهيئات على خواص التربة وانعكاسه على نمو النباتات:

للمهيئات تأثيرات مباشرة متمثلة فى تحسين البناء الأراضى عن طريق تكوين تجمعات ثابتة، وهذا بدوره يعمل على تعديل الخواص المائية وخاصة نسبة الماء الميسر وتسهيل حركة الماء فى التربة الذى يساعد على غسيل الأملاح ، ويصاحب ذلك حدوث تأثيرات غير مباشرة نتيجة تنشيط العمليات الحيوية فى الأرض وزيادة التهوية فى القطاع الأراضى مما يؤثر - بالطبع - على الخواص الكيميائية للأرض متمثلة فى زيادة صلاحية معظم العناصر وانفرادها على حالة ذائبة ميسرة لامتصاص النبات ، ومحصلة ذلك هو زيادة انتشار جذور النباتات فى التربة وارتفاع نسبة المادة العضوية فيها مما يعمل على زيادة السعة التبادلية الكاتيونية للتربة، كما يساهم فى زيادة خصوبتها ، ولقد أثبتت التجارب العديدة زيادة إنتاجية الأراضى المعاملة بالمهيئات وخاصة فى حالة الأراضى الرملية ، إلا ان الظروف الحارة الشديدة قد تؤدى إلى عدم استمرارية هذا التأثير

لعدة مواسم زراعية، وهذا يرجع إلى الانحلال الميكروبي مما يستلزم معه تجديد إضافة المهيىء على فترات يمكن تحديدها بناء على القياسات الحقلية، ولذا قد يكون من المفيد إضافة بعض المحسنات الأخرى بجانب المهيئات الصناعية مثل إضافة سماد قمامة المدن، مخلفات الصرف الصحى أو رواسب الطفلة، والتي تعمل مجتمعة على استمرارية تأثير تلك المهيئات للفترات التي تصبح معها اقتصادية للإنتاج الزراعى.

## ٨ - ٧ ملخص الباب الثامن



\* مهينات التربة مواد عضوية، طبيعية أو كيميائية مخلقة، تضاف إلى الأرض لتعديل صفاتها وتشجيع تكوين التجمعات الأرضية الثابتة في الماء، عن طريق تفاعلها على سطوح حبيبات التربة وربطها مع بعضها البعض.

\* ترجع أهمية استخدام مهينات التربة في الأراضى الرملية إلى النقص الشديد في المخلفات العضوية النباتية والحيوانية في هذه المناطق وارتفاع تكاليف نقلها، مع توفر العديد من هذه المهينات تجارياً.

\* يجب أن تتوافر بعض الشروط في أى مادة، تستخدم كمهية للتربة، مثل قابليتها للذوبان في الماء، ومقاومتها للتحلل الميكروبي، وأن تكون عديمة السمية للنبات أو الكائنات الحية الدقيقة، ولها فعل لاصق لحبيبات التربة، بالإضافة إلى احتفاظها بالماء والعناصر الغذائية في صورة ميسره للنبات.

\* تحتوى معظم مهينات التربة على مركبات بولى أكريلونتريل أو البولى أكريلاميد PAM أو كحول البولى فينيل PVA والأسماء التجارية للأشواك المتوافرة في الأسواق المصرية هي أجروسوك - فلوتال - بوريبول.

\* يحدث ارتباط بين جزىء المهية و سطوح حبيبات التربة بعدة أنواع من الروابط أهمها: الرابطة الأيونية الكاملة أو الجزئية، الرابطة التساهمية، الرابطة الهيدروجينية، وروابط فان دير فال، ويمكن ترتيبها على أساس قوة الرابطة كالتالى:

الرابطة الأيونية كليا < أيونية جزئياً < تساهمية < هيدروجينية

\* تقسم المهينات إلى مركبات ذات جزيئات متعادلة كهربائياً، ومركبات إليكتروليتية متعددة والتي منها عديدة الكاتيونات وعديدة الأنيونات.

\* تختلف ميكانيكية عمل المهية تبعاً لنوعه، فالجزيئات المتعادلة ترتبط بروابط هيدروجينية وفان دير فال، بينما الجزيئات متعددة الكاتيونات فترتبط مباشرة بالأسطح السالبة لحبيبات التربة بالروابط الأيونية عن طريق التبادل الكاتيوني، أما الجزيئات عديدة الأنيونات فيلزم لها وجود كاتيونات تعمل كقناطر أو كبارٍ بين الجزىء السالب للمهية والأسطح السالبة الشحنة (حبيبات التربة).

- \* هناك عدة عوامل تؤثر على كفاءة مهيثات التربة منها : نوع التربة وتركيبها المعدنى ، وتركيز المهيث المستخدم ، والوزن الجزئى للمركب ، وحجم جزيئات المهيث .
- \* لا يمكن استخدام مادة مهيثة واحدة لجميع أنواع الأراضى ، ومن الضرورى إجراء بعض الاختبارات لتحديد نوع المهيث المناسب لكل أرض على حدة .
- \* أثبتت التجارب حدوث زيادة فى إنتاجية الأراضى المعالجة بالمهيثات ، نتيجة تعديل الخواص المائية للتربة فى صالح الماء المسر للنبات ، وزيادة قدرة الأرض على إمداد النبات بالعناصر الغذائية المسرة .

## ٨ - ٨ أسئلة الباب الثامن



- ١- عرف مهيئات التربة، ثم اذكر أهمية استخدامها فى الأراضى الرملية.
- ٢- ما هى الشروط الواجب توافرها فى المادة التى تستخدم كمهيبىء للتربة؟
- ٣- اذكر أهم المهيئات الكيميائية المتداولة فى مصر.
- ٤- اكتب الرموز البنائية للمهيئات التالية:-  
PAV , PAM , PAA , HPAN
- ٥- ما هى انواع الروابط التى تحدث بين المهيبىء و سطح حبيبات التربة ؟ وضح إجابتك بالأمثلة.
- ٦- ما هى الأقسام الكيميائية لأنواع جزئيات مهيئات التربة ؟
- ٧- ما هى ميكانيكية ارتباط الجزئيات المتعادلة بأسطح حبيبات التربة ؟ استعن بمثال لأحد المهيئات.
- ٨- ما هى ميكانيكية عمل المهيئات من نوع Polycations فى الأرض ؟ استعن بمثال.
- ٩- ما هى ميكانيكية عمل المهيئات من نوع Polyanions فى الأرض ؟ مستعينا بمثال.
- ١٠- كيف تؤثر خواص التربة على فعالية المهيئات المضافة إليها ؟ استعن بالأمثلة.
- ١١- الشكل الخيطى لجزىء مهيبىء التربة يؤهله إلى أداء دوره بفاعلية أكبر ، اشرح ذلك.
- ١٢- ما هو الغرض من إضافة مواد كاثيونية يطلق عليها مجاريا Cross-linkers عند معالجة التربة ببعض أنواع المهيئات ؟
- ١٣- علل لما يأتى:-  
أ- ضرورة أن يكون الوزن الجزيئى لمركب المهيئات كبيرا جدا.  
ب- ضرورة توافر كاثيونات عديدة التكافؤ فى التربة عند استخدام مهيئات من نوع Polyanions.



- ج- اختلاف الكميات المدمصة من المهيىء فى الأراضى الغنية فى الكاؤولبىت  
عن تلك المحتوية على المونتموريللونيت.
- د- قلة ادمصاص جزئىات المهيىء بزيادة الوزن الجزئى لها.
- هـ- زيادة إنتاجية الأراضى المعالجة بالمهينات.



## الباب التاسع

### مخلفات الصرف الصحى وإعادة استخدامها

#### فى زراعة الأراضى الصحراوية

#### Reuse of Sewage Wastes in

#### Desert Agriculture

#### الأهداف :

- بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون كل دارس قادراً على أن :
- ١ - يُعرّف المفاهيم العلمية الواردة بهذا الباب بدون أخطاء .
  - ٢ - يُعبّر بالمعادلات الكيميائية عن التفاعلات المختلفة بدون أخطاء .
  - ٣ - يستنتج ضرورة استخدام مياه الصرف الصحى فى استصلاح الأراضى الرملية والجبسية .
  - ٤ - يحدد حجم ومواقع الصرف الصحى على مستوى مصر .
  - ٥ - يذكر كيفية التخلص من مخلفات الصرف الصحى فى الوقت الحالى، ويذكر الأضرار الناتجة عن ذلك .
  - ٦ - يحدد استخدام البودريت .
  - ٧ - يتعرف على التركيب الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى .
  - ٨ - يحدد تراكيزات العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى لبعض المحطات فى مصر، ويذكر أسباب اختلافها من منطقة إلى أخرى .
  - ٩ - يذكر بالترتيب أكثر العناصر الثقيلة تركيزاً فى مخلفات الصرف الصحى فى مصر .
  - ١٠ - يحدد المعيار الرئيسى لاستخدام مخلفات الصرف الصحى فى استزراع الأراضى الصحراوية .

- ١١- بحسب تكافؤ الزنك ويذكر حدوده فى المخلفات المستخدمة فى الزراعة .
- ١٢- يحدد الضوابط التى يجب مراعاتها عند تداول مخلفات الصرف الصحى فى مجال استصلاح الأراضى .
- ١٣- يقارن بين المعايير الكيميائية للاستخدام الزراعى لمخلفات الصرف الصحى فى كل من هولندا والمجلىترا ومصر.
- ١٤- يذكر أهم التغيرات الكيميائية التى تحدث فى الأراضى الرملية التى تروى بمخلفات الصرف الصحى .

### العناصر :

- ١- مقدمة .
- ٢- حجم مواقع توزيع مخلفات الصرف الصحى على مستوى مصر .
- ٣- التركيب الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى .
- ٤- معايير استخدام مخلفات الصرف الصحى فى زراعة الأراضى الصحراوية .
- ٥- النقاط التى يجب مراعاتها عند تداول المخلفات فى مجال اصلاح الأراضى .
- ٦- نتائج بعض الدراسات فى المزارع التى استخدمت فيها مياه الصرف الصحى للزراعة .
- ٧- ملخص الباب التاسع .
- ٨- أسئلة الباب التاسع .

## الباب التاسع

## مخلفات الصرف الصحى وإعادة استخدامها

## فى زراعة الأراضى الصحراوية

## Reuse of Sewage Wastes in

## Desert Agriculture

٩-١ مقدمة:

## تعريف:-

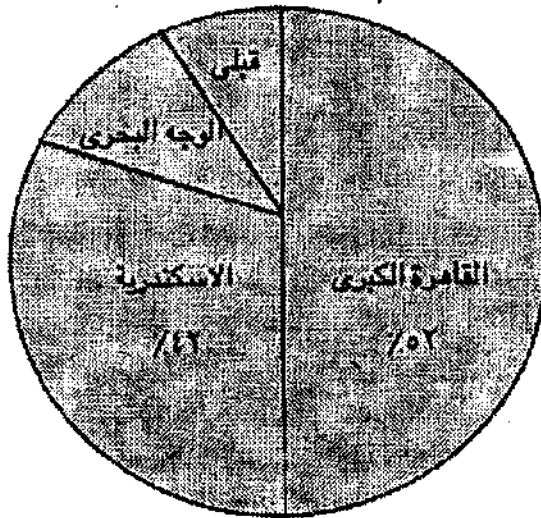
تعرف مخلفات الصرف الصحى بأنها كل ما يصرف من مخلفات سائلة ناتجة عن استعمالات الإنسان للمياه فى الحياة الخاصة والعامة ، مما يجعل لها أثرا ضارا على الصحة عند ملامستها أو العيش بالقرب منها . وستلزم ذلك سرعة التخلص منها بعيدا عن البيئة التى يعش فيها ، وكثيرا ما يحتاج الأمر إلى معالجتها بدرجات متفاوتة تبعا للطريقة والغرض النهائى للتخلص أو الاستفادة منها فى استصلاح وتحسين خواص الأراضى الصحراوية الرملية والجيرية .

إن سياسة الدولة ، والقوانين الصادرة حديثا الخاصة بالبيئة والحفاظ عليها من خطر التلوث- فضلا عن القوانين الدولية - تمنع إلقاء مخلفات الصرف فى المسطحات المائية، كما أنها تهدف ، أيضا ، إلى زيادة الإنتاج الزراعى من خلال ترشيد استخدام مياه الرى وزيادة الموارد المائية من أجل زيادة الرقعة الزراعية .

وعليه ، فلابد من البحث عن مصادر لمياه الرى ، ومن هنا فإعادة استخدام مياه الصرف الصحى أصبحت ضرورة ملحة ، حيث إن إلقاءها فى البحر يترتب عليه إهدار للموارد المائية التى تعتبر العامل المحدد لاستصلاح واستزراع اراضٍ جديدة فى مصر ولهذا فلا مفر أمام الدولة من توسيع الرقعة الزراعية للخروج من الوادى الضيق وزيادة الإنتاج وتحقيق الأمن الغذائى ، مع عدم إغفال القيمة التسميدية لمكونات مياه الصرف الصحى بالنسبة للأراضى الصحراوية بنوعيتها؛ الجيرية والرملية ، إضافة إلى القيمة التسميدية التى تتواجد كذلك فى الحمأة المترسبة (البودريت) .

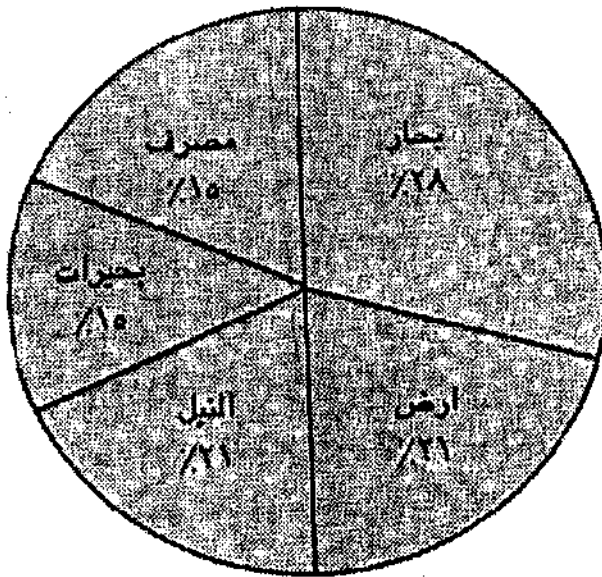
## ٩-٢ حجم ومواقع توزيع مخلفات الصرف الصحي على مستوى مصر:

تقوم الأجهزة المسئولة بجمهورية مصر العربية بمحاولات جادة لإعادة استخدام المخلفات السائلة المعالجة ، مما يساعد فى النهاية على حماية البيئة من التلوث . وبإلقاء الضوء حول حجم هذه المخلفات نجد أنه فى القاهرة ، تقدر كمية مياه الصرف الصحي التى سيجرى معالجتها حتى عام ٢٠٠٠ بأربعة ملايين متر مكعب يوميا حيث يجرى إعادة استخدامها بعد التنقية الكاملة والتعقيم فى رى واستصلاح حوالى ١٥٠ ألف فدان فى المنطقة الصحراوية بطريق القاهرة الإسماعيلية الصحراوى ، وفى أبو رواش وحلوان . كما تقدر كمية مياه الصرف الصحي التى ستجرى معالجتها بمدينة الإسكندرية بحوالى مليون متر مكعب يوميا عام ٢٠٠٠ ، يمكن استخدامها فى رى واستصلاح أكثر من ٣٥ ألف فدان . أما باقى كميات مياه الصرف الصحي التى يمكن استخدامها بعد تعميم شبكات الصرف الصحي وعمليات التنقية فى باقى المناطق الحضرية والريفية عام ٢٠٠٠ ، فتقدر بحوالى ٧.٥ مليون متر مكعب يوميا وهذه الكمية تكفى لرى واستزراع حوالى ٣٠٠ ألف فدان أخرى فى المناطق الصحراوية المتاخمة للمناطق التى سيجرى تنفيذ مشروعات الصرف الصحي بها ، أى أن جملة مياه الصرف الصحي المتوقعة حتى عام ٢٠٠٠ تقدر بحوالى ١٢ مليون متر مكعب / يوم . والشكل (٤٩) يوضح المساهمة النسبية لمناطق الجمهورية فى مخلفات الصرف الصحي .



شكل رقم (٤٩) : المساهمة النسبية لمناطق الجمهورية فى الصرف الصحي

ويتم حالياً التخلص من مخلفات الصرف الصحى بتحويلها إلى المصارف الزراعية، وبعض هذه المصارف تصب بالتالى فى نهايات بعض الترع أو فروع النيل، أما تحويل الصرف الصناعى إلى محطات الصرف الصحى فلن يساهم فى حل مشكلة التلوث الصناعى ، وكل ما سوف يحدث هو ترحيل موقع التلوث من مكان إلى آخر ، وبكلمات أوضح ينتقل التلوث من موقع التخلص المباشر الحالى للمصانع إلى مواقع محطات الصرف الصحى ومواقع التقاء المصارف بالترع أو فروع النيل ، مما لا يساهم فى تخفيف حدة التلوث بالعناصر الثقيلة طالما تنتهى شبكات الصرف الصحى بالمجارى المائية، والشكل (٥٠) يوضح طرق التخلص من مخلفات الصرف الصحى فى مصر.



شكل رقم (٥٠): طرق التخلص من مخلفات الصرف الصحى بجمهورية مصر العربية

ومن الضروري مراجعة هذه الخطة بصفة عاجلة ، بحيث تعامل مياه الصرف الصناعى للتخلص من العناصر الثقيلة قبل إطلاقها إلى المصارف أو الترع أو لإعادة استخدامها فى نفس المصنع ، مما يساهم فى تخفيف الضغط على محطات الصرف الصحى . كما يجب دراسة تحويل مياه الصرف الصحى وحتى الصرف الزراعى شرقا وغربا على جانبي الوادى والدلتا ويستفاد بها مباشرة فى الري بدلا من إطلاقها فى المجارى المائية .

كما أن إقامة محطات الصرف والرفع فى أسيوط والمنيا ووسط أو جنوب الدلتا وتحويل المياه إلى مواقع استغلال زراعى قريبة ، تساهم فى الحد من التلوث إلى درجة كبيرة ويرفع من كفاءة استخدام المياه ، ويقلل الضغط على المصارف فى شمال الدلتا ، ويمكن أن يخفض بالتالى مستوى الماء الأرضى . ومن دراسة هذه الحالات يتبين أهمية معالجة مظاهر التلوث الصناعى والصرف الصحى .

وحاليا وبعد صدور قانون حماية البيئة رقم (٤) لسنة ١٩٩٤ أصبح لزاماً على جميع المشروعات الجديدة التعامل مع مخلفاتها الصحية والصناعية بحيث تصبح مطابقة للمعايير المنصوص عليها فى القانون، وكذلك تجريم صرف المخلفات مباشرة فى النيل وفروعه دون معالجتها لإزالة جميع الملوثات .

### ٩-٣ التركيب الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى :

تحتوى مخلفات الصرف الصحى السائلة والصلبة على العديد من العناصر الغذائية ، وذلك لغناها فى المادة العضوية ، كما يتضح من الجدول رقم (٢٨) .

يتضح من هذا الجدول ، أن المخلفات الصلبة (الحماة المجففة أو البودريت) غنية جدا فى المادة العضوية ، وهى تستخدم كسماد فى بعض المناطق المنزرعة بأشجار الفاكهة، كما أنها غنية فى العناصر السمادية الأساسية NPK ، حيث تبلغ نسبة النيتروجين بها ٥-٩٪ ، نسبة البوتاسيوم ٢-٤٪ ، ونفس النسبة من الفوسفور .

جدول رقم (٢٨): التركيب الكيميائي لمخلفات الصرف الصحي الصلبة والسائلة

مخلفات سائلة من القاهرة	مخلفات صلبة من الاسكندرية	مخلفات صلبة من القاهرة			المكون
		متوسط	حد أدنى	حد أعلى	
-	٤٩	٤٥	٢٧	٩٤	المادة العضوية %
٧.٢	٧.١	٦.٥	٥.١	٧.٦	رقم ال pH فى الماء
-	-	٦.٧	٦.١	٧.٤	رقم ال pH فى محلول KCL
-	-	٣٢٢	٤٤	٨٢٥	الكلوريد ppm
١.٤٣	٢.٨	٢.٠٠	٠.٤٩	٣.٩٨	التوصيل الكهربى (ديسى سينز / متر)
٩١٥	١٧٩٠	١٢٨٠	٣١٥	٢٥٥٠	الاملاح الكلية (جزء فى المليون)
١٢٤٥	-	-	-	-	المادة المعلقة (مجم / متر)
٣٤.٦	-	-	-	-	نسبة المادة العضوية فى المادة المعلقة

ومن ناحية أخرى، فإن مخلفات الصرف الصحي عادة ما تحتوى على كميات عالية من الأملاح ، ويؤدى تكرار إضافتها للتربة الثقيلة القوام إلى تجميع هذه الأملاح وتحويل الأرض إلى تربة ملحية ، لذلك فإنها تحتاج لعلاج قبل الحصول على عائد اقتصادى مريح منها ، حيث يتضح من الجدول أن متوسط تركيز الأملاح يصل إلى حوالى ١٠٠٠ ملليجرام/لتر من مياه الصرف الصحي ، وهذا يعنى إضافة حوالى ١٠ أطنان من الاملاح لكل فدان سنويا ، على اعتبار أن الفدان يروى بكميه تقدر بحوالى ١٠ آلاف متر مكعب سنويا من هذه المياه ، بما ينبه الى ضرورة اتباع نظم خاصة لمنع تراكم الاملاح فى الأرض.

ولقد ظهرت، فى الآونة الأخيرة ، بعض المضاعفات فى مزرعة الجبل الأصفر من جراء استخدام الحماة المجففة كسماد ، وذلك لما تحتويه من تركيزات عالية من العناصر الصغرى والثقيلة. فعند إضافة جرعات عالية من هذا السماد للتربة فإن مثل هذه العناصر تتجمع فى الطبقة السطحية بتركيزات أعلى من حاجة النباتات وتؤدى إلى تسممها وأيضاً تسمم الحيوانات التى تتغذى عليها ، ولقد أدى ذلك إلى استبعاد بعض المحاصيل من الدورة الزراعية ، وخاصة التى تؤكل أوراقها طازجة . كما يختلف تركيز العناصر الثقيلة فى



مخلفات الصرف الصحى السائلة والصلبة اختلافا كبيرا من منطقة إلى أخرى ، ويتوقف ذلك على عدة عوامل أهمها : الكثافة السكانية ، والعادات الغذائية للسكان ، والنشاط الصناعى . والجدول رقم (٢٩) يقدم التحليل الكيمائى لمخلفات الصرف الصحى الخام والمعالجة ، وكذلك الحمأة المجففة ، لبعض المحطات فى مصر ، مع التركيز على محتواها من العناصر الثقيلة ، على أساس أنها من العوامل المحددة للاستفادة من هذه المخلفات .

### جدول رقم (٢٩) : تركيزات العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى

#### لبعض المحطات فى مصر (جزء فى المليون)

الموقع	رصاص	نحاس	منجنيز	زنك	كوبالت	كروميوم	كاديوم	نيكل	حديد
أبو رواش ( خام )	٠.٢٣	١.٦	١.٦	١.٧	٠.١٦	١.٥	-	-	-
أبو رواش (بعد الترسيب)	٠.١٥	٠.٨	١.٠	٠.٤	٠.٠٨	٠.٦	-	-	-
الجيل الأصفر (مرسب)	٠.٤٠	٠.١٨	٠.٨	١.٢٤	-	٠.٢٢	٠.٢٧	٠.٠٤	-
مدينة القاهرة (مرسب)	٠.١٤	٠.٠٧	-	٠.١٦	٠.٠٣	٠.١٠	٠.١١	-	-
شرق الأسكندرية (مرسب)	٠.٠١	١٠.٦	٤.٦	٩.٢	٠.٠١	-	٠.٠١	٠.٠١	٥
شرق الأسكندرية (خام)	٣٢٥	٢٤٠	١٥٥	٦٣١	٥.٢	-	٢.٣٠	١٧.١	٩٥٠٠

ويتضح من ذلك ، أن تركيز العناصر الثقيلة فى المخلفات الخام عال جدا ، مقارنة بتلك المرسبة ، أى المعالجة بعد الترسيب ، ويرجع ذلك إلى أن تركيز هذه العناصر فى المخلفات الصلبة أكبر كثيرا من تلك فى المخلفات السائلة ، نتيجة ادمصاص وترسيب هذه العناصر فى الرواسب الصلبة مع تركيزات ضئيلة ذائبة فى حالة اتزان مع الجزء المترسب أو المدمص . ومن ناحية أخرى ، فإن تركيزات العناصر الثقيلة فى المخلفات المعالجة والخام للصرف الصحى ، بشرق الإسكندرية ، تكون مرتفعة جدا ويرجع ذلك إلى زيادة كفاءة النشاط الصناعى بهذه المنطقة ، وقيام معظم هذه الصناعات بصرف مخلفاتها الغنية بالعناصر الثقيلة فى شبكة الصرف الصحى (انظر الشكل رقم ٥١) مما يجعل من الواجب الحذر الشديد عند استخدام هذه المخلفات فى الأغراض الزراعية ، حيث إن إضافة تلك المخلفات للأرض يسبب زيادة تركيز العناصر الثقيلة فى تلك الأراضى وفى النباتات النامية عليها وقد يزداد التركيز إلى درجة سامة تؤثر على نموها وإنتاجها .

?

سؤال محلول :-

سؤال - ما هو سبب زيادة تركيز العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى الخام عن تلك المعالجة ابتدائياً ؟

الإجابة - محتوى مخلفات الصرف الصحى الخام على مواد صلبة معلقة بها نسبة كبيرة من المواد العضويه تصل إلى ٨٪ من المواد الصلبة المعلقة ، وهى مواد عضويه فى أطوار مختلفة من التحلل ، وتوجد معظم العناصر الثقيلة مدمصة على أسطح هذه الحبيبات العضويه ، مما يؤدي إلى زيادة تركيزها فى هذه المخلفات الخام عن تلك المعالجة ابتدائياً ، والتي يتم فيها ترسيب جزء كبير من هذه المواد الصلبة ، ويكون تركيز العناصر الثقيلة الذائبة فيها أقل كثيراً.

وقد وجد من الدراسات التى أجريت على بعض الأراضى المصرية ، زيادة فى محتوى الأراضى الرملية من النحاس ، والحديد ، والمنجنيز ، والزنك ، والرصاص ، واليورون باستخدام مخلفات المجارى السائلة . كما وجد كذلك زيادة فى محتوى الأراضى الرملية فى المنجنيز والحديد والزنك والنحاس باستخدام مخلفات الصرف الصحى لشرق الإسكندرية ، كما قد حدثت زيادة فى تركيز عناصر الزنك ، والنحاس ، والحديد ، والمنجنيز فى تلك الأراضى زيادة واضحة نتيجة استخدام مياه المجارى.

ويوضح الشكل رقم (٥٢) التوزيع النسبى لكميات العناصر الثقيلة الناتجة من مخلفات الصرف الصحى على مستوى الجمهورية.

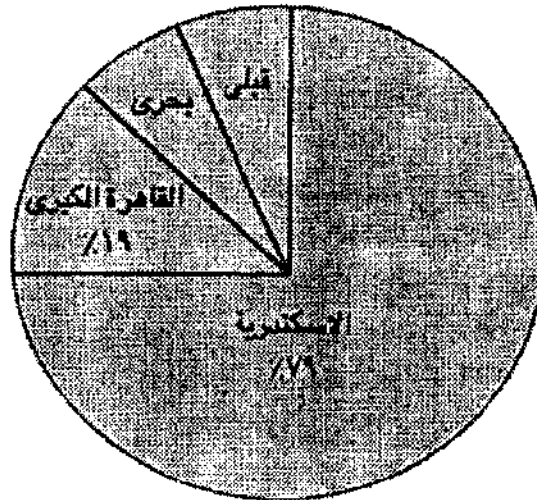
?

سؤال محلول :-

سؤال - ما هى أكثر العناصر الثقيلة تركيزاً فى مخلفات الصرف الصحى ؟ ثم رتب هذه العناصر على حسب تركيزاتها الشائعة .

الإجابة - أكثر العناصر الثقيلة تركيزاً فى مخلفات الصرف الصحى فى مصر هى عناصر النحاس والزنك ، ويمكن ترتيب العناصر الثقيلة على حسب تركيزاتها الشائعة كالتالى :

نحاس > زنك > حديد > منجنيز > كروميوم > رصاص > نيكيل > كوبالت > كاديوم  
(استعمل بشكل رقم ٥٢)



شكل رقم (٥١): النسبة المئوية لكميات العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى لمختلف مناطق الجمهورية



شكل رقم (٥٢): التوزيع النسبى لكميات العناصر الثقيلة الناتجة من مخلفات الصرف الصحى على مستوى الجمهورية

## ٩-٤ معايير استخدام مخلفات الصرف الصحى فى مجال إصلاح الأراضى الصحراوية لتجنب حدوث التلوث:

إن المعيار الرئيسى فى استخدام مخلفات الصرف الصحى فى استزراع الأراضى الصحراوية ، هو عدم الوصول بتركيزات العناصر الثقيلة فى الأرض إلى المستوى الذى يصبح فيه ساما للنبات ، ويختلف التركيز السام من العناصر الثقيلة ، نتيجة إضافة المخلفات من عنصر لآخر ، فسمية النحاس ضعف سمية الزنك بينما سمية النيكل ثمانية أضعاف الزنك ، ولذلك اقترح بعض العلماء ما يسمى بمكافىء الزنك للتعبير عن مدى احتواء المخلفات على هذه المواد السامة. ويمكن التعبير عن هذا المكافىء بالمعادلة التالية:

$$\text{مكافىء الزنك} = (\text{تركيز الزنك}) + 2(\text{تركيز النحاس}) + 8(\text{تركيز النيكل})$$

$$\text{Zn - equivalent} = (\text{Zn}) + 2(\text{Cu}) + 8(\text{Ni})$$

ويجب ألا يزيد ، هذا المكافىء ، عن ٢٥٠ جزء فى المليون عند pH ٦.٥ ، كما أن مكافىء الزنك يجب ألا يزيد عن ١٠٪ من السعة التبادلية الكاتيونية .

وقد بين كثير من الباحثين حدود التركيزات المسموح بها فى المخلفات ، حتى يمكن استخدامها بحيث إذا زادت عن تلك الحدود تعتبر ملوثة وغير مرغوبة (جدول رقم ٣٠). كما وجد أنه لا يمكن للمزارعين فى هولندا إضافة مخلفات المجارى كأسمدة للأراضى إلا إذا احتوت على أقل من التركيزات التالية من العناصر :

زنك	كروم	نحاس	رصاص	نيكل	كادميوم	زئبق
٢٠٠٠	٥٠٠	٥٠	٥٠	٥٠	١٠	١٠
طن / فدان فقط لأراضى المراعى .	طن / فدان فقط لأراضى المنزرعة،	طن / فدان	طن / فدان	طن / فدان	طن / فدان	طن / فدان

أما فى إنجلترا ، فقد وضعت حدود إرشادية لاستخدام مخلفات المجارى ، وطبقا لهذه الحدود ، فقد وجد أن أقصى أمان لإضافة العناصر الثقيلة للأراضى من مخلفات المجارى على مدى ٣٠ سنة ، يجب أن يكون كما يلى (كجم / فدان) :

الكادميوم الكروم النحاس الزئبق الموليدنيوم النيكل الرصاص الزنك

٢٢٤ ٤٠٠ ٢٨ ٠.٨ ٠.٨ ٨٠ ٤٠٠ ٢٠٠

ومن الدراسات التى أجريت فى مصر على النسب المسموح بها فى مياه الري من هذه العناصر ، فإن الجدولين رقمى (٣٠ ، ٣١) يوضحان ذلك.

وفى دراسة لتأثير الري بمياه المجارى لمدة ٤٧ عاما ، وجدت زيادة كبيرة فى محتوى أوراق الموالح فى منطقة الجبل الأصفر من عنصر الكادميوم .

جدول رقم (٣٠): الحدود المسموح بها من تركيزات العناصر الثقيلة فى المخلفات (جزء فى المليون)

العنصر	Chaney 1973	Melstead 1969	مركز النيل للإعلام
الزنك	٢٠٠٠	٣٠٠	١٥٠٠ - ٣٠٠٠
النحاس	٨٠٠	١٥٠	٧٥٠ - ١٣٠٠
النيكل	١٠٠	٣	١٥ - ٥٠
الكادميوم	٠.٥	٣	-
الزئبق	١٥	-	١٠ - ٣٥٠
الرصاص	-	-	٥٥٠ - ١٢٠٠
البورون	١٠٠	-	-
المنجنيز	-	٣٠٠	-
الكروميوم	-	٢	٥٠٠ - ١٢٠٠
الكادميوم - زنك	-	١	-

جدول رقم (٣١): النسب التي ينصح بعدم تجاوزها من العناصر الثقيلة  
فى مياه المجارى عند الري المستمر والرى المتقطع

العنصر	النسب التي لا يتجاوزها العنصر ( جزء فى المليون )		
	رى مستمر	رى متقطع ١م / سنة	رى متقطع ٢.٥ م / سنة *
ألومنيوم	٥	٢٠	٨
زرنىخ	٠.١	٢	٨
بورون	٠.٧٣	١ - ١٠	٢
كاديوم	٠.٠١	٠.٥	٠.٢
كروم	٠.١	١	٠.٤
كوبالت	٠.٥	٥	٢
نحاس	٠.٢	٥	٢
فلور	١.٠	١٥	٦
حديد	٥	٢٠	٨
رصاص	٠.٥	١٠	٤
منجنيز	٠.٢	١٠	٤
موليبدينم	٠.٠١	٠.٥	٠.٠٢
نيكل	٠.٢	٤٠	٠.٨
سليسيوم	٠.٢	٠.٢	٠.٢
زنك	٢	١٠	٤

\* عمق مياه الري = ١ متر/سنة = ٣م<sup>٢</sup>/٣م<sup>٢</sup> فدان/سنة ، ٢.٥ متر/سنة = ١٠.٠٠٠ م<sup>٢</sup>/٣م<sup>٢</sup> فدان/سنة .

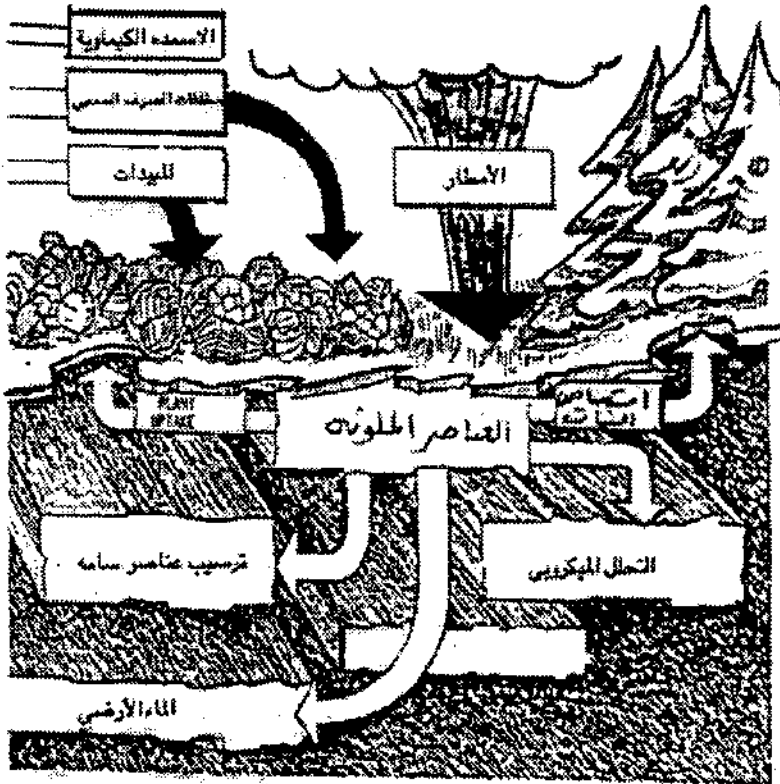
## ٩-٥ النقاط التي يجب مراعاتها عند تداول المخلفات في مجال إصلاح الأراضي :

نجد أن النفايات السائلة لمعظم الأنشطة الصناعية تلقى - وبشكل عام - في شبكات الصرف الصحي ، مما يزيد المشكلة تعقيدا وتكلفة اقتصادية عند عمليات المعالجة لما تضيفه هذه الأنشطة الصناعية من أملاح ذائبة وعناصر ضارة بالأرض وسامة للنبات وذات آثار سيئة على المياه الجوفية (أنظر شكل ٥٣) .

ويجب ، في حالة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في رى الأراضي الصحراوية ، ضرورة تجنب أى أضرار صحية سواء على القائمين باستخدام مياه الصرف الصحي أو على المحاصيل التي يجرى تداولها أو على الخزان الجوفى ، واختيار النوعية المناسبة من المحاصيل التي يؤدي استزراعها إلى تحقيق عائد اقتصادى ، واختيار نظم الرى ، بما يضمن الحد من انتشار الأوبئة حتى ولو كانت المياه معالجة علاجا ثانويا ومعقمة ، وعليه ، يجب التنويه على الآتى:-

**أولا :-** نظرا لاختلاط نفايات الصرف الصناعى بالصرف الصحي، كما هو موضع -مثلا فى الإسكندرية حيث بلغت تركيزات الأملاح الذائبة بها ٢٠٠٠ جزء فى المليون - فإنه عند استخدام هذه النوعية من المياه فى الرى يجب توفير مصدر مياه رى ذات نوعية جيدة لإجراء عملية غسيل فى نهاية كل موسم زراعى ، وذلك لمنع تراكم هذه الأملاح فى التربة .

**ثانيا :-** تتطلب الزراعة الاقتصادية أن يكون هناك عائد نتيجة استخدام هذه النوعية من المياه، لذلك لا بد من اختيار المحاصيل ذات العائد الاستثمارى العالى، وهذه غير متوفرة محليا إلا فى المحاصيل التى تؤكل طازجة ، سواء كانت خضراوات أم فاكهة ، وتلك ممنوعة قانونا فى مشاريع المجارى . أما زراعة المحاصيل القابلة للطبخ أو التخزين فتداولها يعتبر أقل خطورة فى تلويثه للإنسان. ويقترح كذلك زراعة الأشجار الخشبية، وإلى حد ما، الطيبة والعطرية. أما عن المشاريع القائمة الآن ، فقد حظرت وزارة الصحة المصرية تداول منتجات مزرعة الجبل الأصفر لما يتسبب عن ذلك من تلوث ، نظرا لأن مخلفات الصرف الصحي التى تستخدمها هذه المزرعة ذات الأرض الرملية غير معالجة بكفاءة ، ومن هنا تكمن الخطورة. ويجب البحث عن النباتات والمحاصيل ذات العائد الاقتصادى والتى يمكنها مقاومة هذه الكيماويات والسموم.



شكل (٥٣) : تلوث التربة عن طريق الأسمدة الكيماوية ومخلفات الصرف الصحي والمبيدات



ثالثاً :- مراعاة عدم تلوث المياه الجوفية كيماريا ، حيث إن طبقات التربة الرملية لا تحجز إلا المواد العالقة والبكتريا بينما تجذ الملوثات الكيماوية طريقها إلى المياه الجوفية.

رابعاً :- يجب على القائمين على تداول هذه النوعية من المياه فى الري اتباع التعليمات الخاصة بها.

وللتغلب على تلك المحاذير يلزم توفير مطلبين :-

أولهما :- معالجة النفايات الصناعية فى مراحلها الأولى ، وقبل إلقتها فى شبكات الصرف الصحى ، تنفيذاً للقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ والقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٦ ، بما ينقيها من السموم وتركيزات الملوثات العالية مع إجراء معالجة مخلفات الصرف الصحى بيولوجيا وكيماريا ، وبهذه الطريقة تصيح المياه ذات نوعية تسمح باستخدامها فى الري بشكل آمن.

وثانيهما :- إعداد شبكة جيدة لنقل هذه المياه إلى مناطق الاستخدام المختلفة فى الصحراء المصرية ، وذلك لاستخدامها فى رى أراضى التوسع الجديدة سواء الرملية منها أو الجيرية .

### ٩-٦ نتائج بعض الدراسات فى المزارع التى استخدمت فيها مياه الصرف الصحى للرى :

تعتبر مزرعة الجبل الأصفر بشرق القاهرة من أقدم المزارع الرملية التى استخدمت فيها مياه الصرف الصحى المعالجة وغير المعالجة فى أغراض الري لمختلف المحصولات والأشجار منذ حوالى ٥٠ عاماً . ولقد أجريت دراسات عديدة لتتبع التغيرات المصاحبة للرى بمثل هذه المياه ، وكذا إضافة المخلفات الصلبة للصرف الصحى ، فى كل من الأرض والنبات والمياه الجوفية.

ولقد أظهرت النتائج حدوث زيادة كبيرة فى محتوى الأرض الرملية من المادة العضوية والطين بالإضافة إلى زيادة السعة التبادلية الكاتيونية ، وذلك بزيادة مدة الري بمياه الصرف الصحى ، وعموماً ، فقد تضاعفت نسبة المادة العضوية ١٧ مرة ، ونسبة الطين ٨ مرات، وال CEC ٦ مرات ، عن تلك المقدرة للأرض الرملية، وذلك نتيجة الري بمياه الصرف الصحى لمدة أكثر من ٥٠ عاماً. كما كانت الزيادة أقل حدوثاً فى الطبقات

تحت السطحية.

أما محتوى التربة من العناصر الغذائية الميسرة ، مثل النيتروجين والفوسفور والبيوتاسيوم ، فقد ارتفع بدرجة كبيرة كما يتضح من الجدول رقم (٣٢) . حيث تضاعف النيتروجين الميسر ٩ مرات، والفوسفور ١٩ مرة ، والبيوتاسيوم ٦ مرات وذلك بعد الري بمياه الصرف الصحى لمدة ٦٠ عاماً، ويعتبر هذا دليلاً على حدوث زيادة فى خصوبة التربة وقدرتها على إنتاج المحاصيل، إلا أنه لوحظ تراكم للعناصر الصغرى فى التربة ، بحيث إن تركيز الزنك الكلى تضاعف ١٦ مرة ، والنحاس والمنجنيز والنيكل ٩ مرات ، والكادميوم والكوبالت ٥ مرات ، ولقد انعكس ذلك على تركيز هذه العناصر الثقيلة فى حبوب الذرة المنتجة من هذه المزرعة، حيث بلغ تركيز الكوبالت ٩٠ ضعفاً، والكادميوم ١٦ ضعفاً ، والنيكل ٩ أضعاف تركيزها فى حبوب الذرة المنتجة من أرض خصبة غير ملوثة، لذلك فإننا نلفت النظر الى ضرورة توخى الحذر عند أستعمال مثل هذه المخلفات فى الزراعة والتوقف عن إضافتها قبل الوصول إلى الحد الذى يسبب التلوث.

جدول رقم (٣٢) : أثر الري بمياه الصرف الصحى على العناصر الميسرة

فى التربة على فترات مختلفة ، فى مزرعة الجبل الأصفر

(الطبقة السطحية صفر-٣٠سم)

٦٠ سنة	٣٠ سنة	٨ سنوات	أرض بكر	سنوات الاستزراع العنصر (جزء فى المليون)
١٣٥	٨٨	٣٨	١٦	نيتروجين
١١٤	٨٠	٥٢	٦	فوسفور
٢٣٤	٧٨	٥٤	٣٩	بيوتاسيوم
٣٢٣	٣٢٠	١١٨	٢٦	حديد
١٤٨٠	٦٧	٢٩	١٠	منجنيز
٤١	٢٧	١١	٠,٤٠	نحاس
٣٢٣	١٢٠	٣٤	٠,١٠	زنك
٦٨	٠,٢٧	٠,١٥	٠,٠٥	كالمسيوم
٤٢,٢٠	٩,٧٠	٨,٢٠	٠,٧٠	رصاص
٤,١٠	٢,٥٠	٠,٩٠	٠,١٢	نيكل
٠,٧٥	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,١٧	كوبالت

وتعتبر مزرعة أبو رواش التى تستخدم فيها مياه الصرف الصحى المنتجة من المحطة الرئيسية بالمنطقة ، ثانى أهم موقع بعد مزرعة الجبل الأصفر. ويبين الجدول رقم (٣٣) التحليل الكيمىائى للمياه الخام وتلك بعد الترسيب الابتدائى على مدى ثلاث سنوات متتالية.

جدول رقم (٣٣) : مستوى الفلزات الثقيلة فى مياه الصرف الصحى بأبو رواش.

العنصر	العام الأول		العام الثانى		العام الثالث	
	المياه الخام	المياه بعد الترسيب الابتدائى	المياه الخام	المياه بعد الترسيب الإبتدائى	المياه الخام	المياه بعد الترسيب الإبتدائى
الكادميوم	٠,٠٦	٠,٠٢	٠,١١	٠,٠٠٨	٠,٠٢	٠,٠١
الكروم	٥,٩٠	١,٩٥	١,٩٠	٠,٣٣	٣,٦٢	٠,٨٩
الكوبالت	٠,٥١	٠,٢٠	٠,١٣	٠,١٢	٠,٣٠	٠,١٦
البرصاص	٢,٣٧	١,٤٨	٠,٣٦	٠,١٨	١,٠٨	٠,٦٧
المنجنيز	١,٠٠	١,٠٠	٠,٤٠	٠,٣٣	٠,٧٠	٠,٦٧
النيكل	٠,٣٥	٠,٢٦	٠,١٧	٠,١٧	٠,٢٥	٠,٢٢
الزنك	٢,٣٠	٠,٦٧	٠,٣٥	٠,٢٨	١,٤٠	٠,٤٨
الحديد	٣٠,٠٠	٢٥,٠٠	٥,٦٢	١,٥	١٥,٣٠	١٠,٧
النحاس	٠,٦١	٠,٣٥	٠,١١	٠,٠٧	٠,٤٠	٠,٢٢

وعلى مدى ثلاث سنوات استخدم فيها الرى بالغمر تمت زراعة المحاصيل الصيفية مثل، فول الصويا والسمسم والذرة الشامية، كما تم زراعة أشجار وشجيرات الكافور والكازورينا والأكاسيا والمحاصيل البستانية مثل الموالح بأنواعها والرمان والزيتون بالإضافة إلى الخروع، كانت هذه الزراعات ناجحة ، بالرغم من عدم إضافة أى نوع من الأسمدة ، حيث اكتفى بما تحويه مياه الصرف الصحى من عناصر سمادية مثل النيتروجين والفوسفور ، وبعض العناصر الصخرى مثل الزنك والبورون ، بالإضافة إلى غناها فى المواد العضوية. إلا أن مخلفات الصرف الصحى - كما يتضح من الجدول السابق - تضيف إلى الأرض عناصر ثقيلة بمستويات غير مرغوب فيها.

والجدول التالى (رقم ٣٤) يبين مستوى العناصر الثقيلة لثربة رملية، بمزرعة أبو رواش ، رويت بمياه الصرف الصحى لمدة ثلاثة مواسم زراعية ، والتي تعطى بعض المؤشرات الهامة فى هذا الصدد.

جدول رقم : (٣٤) العناصر النادرة والثقيلة فى أرض  
أبو رواش كجزء فى المليون .

العناصر	العمق سم	كاديوم	كوبالت	كروميوم	نحاس	حديد	منجنيز	نيكل	رصاص	زنك
أرض بكر	٢٠-٠	٠.٥	١.٦٧	٠.٥	١.١٤	١٢.٥	١.٣٠	٠.٥٠	١.٨٨	٢.٦٥
	٦٠-٣٠	٠.٥	٠	٠.٥	١.٣٤	١٢.٢		٠.٥٠	٦.٥٠	١٥.٣
موسم زراعى واحد	٢٠-٠	٠.٥	١.٦٧	٠.٥	١.٥٥	١١.٤	١٥.٦٠	٠.٧٤	١.٢٥	٤.٨٥
موسم زراعى واحد	٦٠-٣٠	٠.٥	١.٦٧	٠.٥	٠.٤١	٩.٠١		٠.٢٥	٦.٦٣	١.٩٧
موسمين زراعيين	٢٠-٠	٠.٥	١.٦٧	٠.٥	٣.٨٣	٢٩.٧		٠.٥٠	٣.٧٥	١٢.٩
موسمين زراعيين	٦٠-٣٠	٠.٥	١.٦٧	٠.٥	٠.٥٢	١٥.٢	٢٠.٠٠	٠.٢٥	٦.٦٣	٤.٤٧
ثلاث مواسم زراعية	٢٠-٠	٠.٥	١.٦٧	٠.٥	٧.٥٥	٤٦.٤٣		٠.٩٩	٦.٢٥	٢٢.٢٩
ثلاث مواسم زراعية	٦٠-٣٠	٠.٥	١.٦٧	٠.٥	٠.٦٣	٢٠.٣٢		٠.٥٠	٦.٦٣	٧.٠٨
مياه المجارى المعالجة		٠.٠٢	١.٥٢	٠.٠٣	١.٩٤			٠.٢٠	٠.٤٤	١.١٢

يتضح من هذا الجدول ، أن تركيزات عناصر مثل الزنك ، النحاس ، الحديد ، المنجنيز ، قد زادت زيادة واضحة فى الأرض حيث زاد تركيز الزنك من ٣ر٦٥ إلى ٢٢ر٣٩ جزء فى المليون ، والنحاس من ١ر١٤ إلى ٧ر٥٥ جزء فى المليون فى الطبقة السطحية ، وذلك بعد استخدام الأرض لمدة ثلاث سنوات زراعة ، وبالنسبة للحديد فقد زاد من ١٢ر٥٦ إلى ٤٦ر٤٣ جزء فى المليون فى نفس الطبقة السطحية أما المنجنيز فقد ازداد تركيزه من ١ر٣ إلى ٢٠ جزء فى المليون ، ويعتبر هذا دليلاً على تراكم هذه العناصر فى الأرض نتيجة استخدام مياه المجارى فى الري المستمر ، أما بالنسبة لباقي العناصر بالجدول رقم (٣٤) فلم يطرأ على الكوبالت ، الكروميوم ، النيكل ، الكاديوم أى تغيير ملحوظ . لذا يجب دراسة سلوك العناصر النادرة (زنك ، حديد ، منجنيز ، نحاس) فى هذه الأراضي وتأثيرها على المحاصيل المنزرعة بها ، وكذا دراسة كمياتها وحدود سميتها فى هذه الأراضي.

العناصر الثقيلة Heavy metals : هي العناصر التي لها كاشفة أكبر من ٥جم/سم<sup>٣</sup> ، وهي فى حالتها الفلزية ، وينتمى إليها حوالي ٣٨ عنصراً ، ولكن يهمن منها اثنا عشر عنصراً هم الكاديوم Cd ، الكوبالت Co ، النحاس Cu ، الحديد Fe ، الزئبق Hg ، المنجنيز Mn ، الموليبدنيوم Mo ، النيكل Ni ، الرصاص Pb ، القصدير Sn ، والزنك Zn .

وكما هو معروف ، فإنه ليس بالضرورة أن يؤدي تراكم هذه العناصر داخل التربة إلى دخولها فى السلسلة الغذائية للإنسان عن طريق النباتات التى تستزرع فى هذه الأراضى ، حيث إن نسبة امتصاص هذه العناصر من التربة تختلف باختلاف الرقم الهيدروجينى (pH) ونسبة المواد العضوية التى قد تدخل معها فى مركبات معقدة ويصعب معه امتصاصها . كما يعتمد على السعة التبادلية للتربة CEC ، وكذا على نوعية النبات الذى يجرى استزراعه Genotype ، كما أنه إذا تم امتصاصها فإن نسبة تراكمها داخل أنسجة النبات تزيد فى الجذور عنها فى الأوراق والتى تزيد هى الأخرى عن الثمار ، وعلى ذلك فإن استمرار تحليل أنسجة النباتات التى تؤكل غاية فى الأهمية .

ومن المشاهدات والدراسات التى أجريت خلال هذه الفترة اتضح أن استخدام مياه المجارى يؤدي إلى ترسيب المواد العالقة على سطح التربة ، ويزداد هذا الترسيب من موسم زراعى لآخر . وتحليل تلك المترسبات وجد أنها مشابهة فى تركيبها لطمى النيل من حيث نسبة الرمل الخشن والناعم ، وكذلك نسبة السلت والطين ، وكربونات الكالسيوم ، ولكن تزيد بها نسبة المادة العضوية عشرين مرة بمقارنتها بطمى النيل . ولذا فإن استخدام مياه المجارى فى عمليات الري يزيد نسبة الحبيبات الناعمة والمادة العضوية بالتربة .

وكنتييجة لحرث هذه الطبقة المترسبة بمنطقة انتشار الجذور أثناء عمليات الخدمة الزراعية وتوالى عمليات الزراعة من موسم لآخر ، فإنها تعمل على تحسين خواص التربة الهيدروفيزيائية والكيميائية حيث تكون معقد امتصاص بالتربة يسهل للنباتات امتصاص العناصر ، كما أن نسبة الأملاح بها متوسطة ولا يخشى منها على المحاصيل المنزرعة ، ولكن توالى عمليات الري قد تسبب ترسب للأملاح ، ولذا يستلزم الأمر عمل شبكة صرف جيدة وعملية غسيل منتظمة للأملاح ولو مرة كل موسم للمحافظة على النظام الملحي بهذه الأرض ، خاصة وأنها رملية ذات مسام واسعة ، ومن السهل غسيل الأملاح التى تتجمع بها ما لم يكن هناك عائق لنفاذ المياه كوجود طبقات صماء (طبقات غير منفذة) تؤدي لتراكم الأملاح على السطح .

وقد أدى استخدام مياه المجارى إلى زيادة السعة التبادلية الكاتيونية ، نظرا لاحتوائها على المواد العالقة (الغروية والعضوية) . أما بالنسبة لطبيعة الكاتيونات المتبادلة فكانت هناك زيادة ملحوظة للكالسيوم مع طول فترة الاستخدام ..

## ٧-٩ ملخص الباب التاسع

\* مخلفات الصرف الصحى هو كل ما يتخلف عن نشاط الانسان فى استخدام المياه فى الأغراض المختلفة ، وتبلغ جملتها المتوقعة عام ٢٠٠٠ بحوالى ١٢ مليون متر مكعب يوميا يمكن استخدامها فى زراعة حوالى نصف مليون فدان فى المناطق الصحراوية.

\* يتم فى الوقت الحالى التخلص من مخلفات الصرف الصحى بإلقائها فى البحار (بنسبة ٢٨٪ من الكمية الكلية) وحوالى ٢١٪ من الكمية تلقى فى النيل ، وتلقى مثل هذه الكمية فى الأرض ، وحوالى ٣٠٪ فى البحيرات والمصارف الزراعية. ويعتبر ذلك اهداراً لمصدر هام يجب إعادة استخدامه فى الزراعة.

\* يجب معالجة مخلفات الصرف الصحى السائلة لتقليل مقدار التلوث الميكروبيولوجى ، وكذلك خفض محتواها من العناصر الثقيلة والسامة ، وذلك قبل استخدامها فى الزراعة.

\* يمكن زراعة المحصولات ، التى لا تؤكل ، فى الأراضى التى تروى بمخلفات الصرف الصحى مثل ، الأشجار الخشبية ، والأزهار ، ونباتات الزينة ، ونباتات الألياف.

\* تسود العناصر الثقيلة السامة فى التركيب الكيميائى للمخلفات ، وخاصة فى المخلفات الخام غير المعالجة . كما تحتوى مخلفات شرق الإسكندرية على أعلى التركيزات من العناصر الثقيلة نتيجة صرف مخلفات النشاط الصناعى بشبكة الصرف الصحى.

\* يختلف تأثير التركيز السام للعناصر الثقيلة من عنصر لآخر ، فسمية النحاس ضعف سمية الزنك بينما سمية النيكل ثمانية أضعاف الزنك ويعبر عنها بما يسمى "مكافئ الزنك".

\* لا يجب أن يتعدى مكافئ الزنك للمخلفات المستخدمة فى الزراعة عن ٢٥ جزءا فى المليون عند رقم حموضة (pH) ٦.٥ ، أو لا يزيد عن ١٠٪ من السعة التبادلية الكاتيونية للأرض.

\* يجب اتباع الحدود المسموح بها ، من تركيبات العناصر الثقيلة فى مياه المجارى المستخدمة فى الري ، حتى لا يحدث تراكم لهذه العناصر فى التربة والنبات ، كما ظهر من الدراسات العديدة التى أجريت فى مزرعتى الجبل الأصفر وأبو رواش بمصر .

## ٨-٩ أسئلة الباب التاسع

?

- ١- عرف مخلفات الصرف الصحي ، وما هي التقديرات المتوقعة منها في مصر عام ٢٠٠٠ ؟
- ٢- ما هي الخصائص الكيميائية الإيجابية والسلبية لمخلفات الصرف الصحي من وجهة النظر الزراعية ؟
- ٣- ما هو البودريت؟ وفي أي غرض يستخدم ؟
- ٤- كيف يتم التخلص من مخلفات الصرف الصحي في الوقت الحالي؟ وما هي الأضرار الناتجة عن ذلك ؟
- ٥- ما هي النقاط التي يجب مراعاتها عند تداول مخلفات الصرف الصحي في مجال إصلاح الأراضى الرملية؟
- ٦- "يختلف التركيب الكيميائي لمخلفات الصرف الصحي اختلافاً كبيراً من منطقة إلى أخرى في مصر" وضع ذلك مستعينا بالأمثلة .
- ٧- ما هو مكافئ الزنك؟ وما هي حدوده في المخلفات المستخدمة في الزراعة ؟
- ٨- قارن بين المعايير الكيميائية للاستخدام الزراعي لمخلفات الصرف الصحي في كل من هولندا وانجلترا ومصر.
- ٩- عرف العناصر الثقيلة ، وما هو عددها ؟ اذكر أهم العناصر الثقيلة الأكثر تواجداً في البيئة الزراعية.
- ١٠- اذكر أهم السمغرات الكيميائية التي تحدث في الأراضى الرملية التي تروى بمخلفات الصرف الصحي .

## المراجع

- ١- أحمد فؤاد الشريف وآخرون (١٩٨٢). "تقرير عن استخدامات الطفلة المصرية فى مجال استصلاح واستزراع الأراضى الرملية". أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.
- ٢ - أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا (١٩٨١). تقرير مشروع أثر معالجة مياه المجارى على الخواص الطبيعية والكىماوية والقدرة الإنتاجية للأراضى الزراعية .
- ٣ - جمال حمدان (١٩٨٠). "شخصية مصر" الجزء الأول (عالم الكتب) .
- ٤ - حسن حملى وآخرون (١٩٨٠). "تقرير عن العناصر الصغرى والتركيب المعدنى للأراضى المصرية". أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.
- ٥ - شفيق إبراهيم عبد العال (١٩٨٧). أساسيات الأراضى (الجزء الأول) مذكرات لطلبة كليات الزراعة جامعة القاهرة.
- ٦ - شفيق إبراهيم عبد العال ، أمين أحمد الراوى (١٩٨١). "استصلاح وتحسين التربة ... (كتاب) جامعة السليمانية ، العراق .
- ٧ - شفيق إبراهيم عبد العال ، رضا رجب شاهين (١٩٨٤). تقرير مرحلى عن مشروع استخدام وخدمة الأراضى الجيرية بدرجاتها المختلفة : الصفات المورفولوجية والتركيب المعدنى للأراضى الجيرية وعلاقته بخواص التربة. أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.
- ٨ - شفيق إبراهيم عبد العال ، رضا رجب شاهين (١٩٨٦). طرق التحليل المينرالوجى - مذكرات للدراسات العليا - كلية الزراعة - جامعة القاهرة.
- ٩ - شفيق إبراهيم عبد العال ، رضا رجب شاهين (١٩٨٨). طرق التعرف على المعادن - مذكرات لشعبة الأراضى - كلية الزراعة - جامعة القاهرة.
- ١٠ - شفيق إبراهيم عبد العال، رضا رجب شاهين (١٩٩٠) مينرالوجيا الأراضى - مذكرات لشعبة الأراضى - كلية الزراعة - جامعة القاهرة .
- ١١ - عبد المنعم بليغ (١٩٨٠). "استصلاح وتحسين الأراضى" دار المطبوعات الجديدة.
- ١٢ - عبد المنعم بليغ (١٩٨٠). "خصوبة الأراضى والتسميد" دار المطبوعات الجديدة.



- ١٣- فوز بوتسكايا ، ترجمة :- أحمد حيدر الزبيدى (١٩٧٧). "كيمياء التربة" دار الحرية للطباعة - بغداد ، العراق .
- ١٤- محمد ضيف (١٩٨٧) . أساسيات علم الأراضى (الجزء الثالث) مذكرات لطلبة كلية الزراعة - جامعة القاهرة.
- ١٥- محمد ضيف (١٩٩٠). كيمياء أراضى (١) [ كيمياء المركبات العضوية فى الأراضى] مذكرات لشعبة الأراضى - كلية الزراعة - جامعة القاهرة.
- ١٦- محمد ضيف (١٩٩٠) . كيمياء أراضى (٢) [الكيمياء المعدنية للأراضى] : مذكرات لشعبة الأراضى - كلية الزراعة - جامعة القاهرة .
- ١٧- محمد ضيف (١٩٩٠). الكيمياء التحليلية للأراضى والمياه : مذكرات لطلاب الدراسات العليا - كلية الزراعة - جامعة القاهرة.
- ١٨- مركز النيل للإعلام والتدريب (١٩٨٢) . "ندوة تلوث البيئة" القاهرة من ١١/٢٠ - ١٩٨٢/١١/٢٥ .
- ١٩- مصطفى هلال ، شفيق إبراهيم عبد العال وآخرون (١٩٨٦) . "تقييم التدهور فى إنتاجية الأراضى المروية المرتبط بعوامل تلوث البيئة" تقرير مقدم إلى أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.
- ٢٠- هارى بكمان ، نيل برادى (١٩٦٠). " طبيعة الأرض وخواصها" ترجمة : أمين عبد البر ، أحمد جمال عبد السميع ، عبد الحليم الدماطى - الناشر مكتبة الأنجلو المصرية .
- 21-Abdel - Aal, Sh. I., M.E. Shawky and R. R. Shahin , (1986). Mechanisms of Aggregate Formation by sesquioxides in Sandy Calcareous materials. Egypt. J. Soil Sci. 26 - 107 - 116.
- 22-Adamson, A.W. (1960) ."Physical Chemistry of Surfaces" Intersciences, N.Y.
- 23-Alexander, M. (1977). "Introduction to Soil microbiology". 2 nd ed. John Wiley & Sons, N. Y.
- 24-Baker, D.E. and Dowdy, R.H.( 1985) ."Chemistry in the Soil Environment"Published by ASA,SSSA, Madison, U.S.A.

- 25-Bear, F. (1964).** "Chemistry of the Soil" 2 nd . ed. International Student Editions.
- 26-Buckman, H.O. and Brady, N. (1967).**"The Nature and Properties of Soils"Eurasia Publishing House (PVT) LTD.
- 27-Daif, M.A. (1970).** Studies on Soil Conditioners and their effect on Soil properties.M.Sc. Thesis, Soils Dept., Fac. of Agric. Cairo University;Giza , Egypt.
- 28-Daif, M.A.,( 1973).** Studies on Soil and Fertilizers Nitrogen. Ph.D. Thesis, Soils Dept., Fac. of Agric., Cairo University, Giza, Egypt.
- 29-DeBoodt, M. (1972).** Symposium on the Fundamentals of Soil Conditioning"Gent. Belgium.
- 30-Dexter, A.W. (ed).** "Modification of Soil Structure" Wiley, N.Y.
- 31-Dixon, J.B (Ed.). (1977).** "Minerals in Soil Environments"Published by ASA,SSSA, Madison USA.
- 32-Donahue, R.L.; Miller, R.W. and Shickluna, J.C. (1983).**"An Introduction to Soils and Plant growth".Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs. N.J.
- 33-Goldschmidt, V.M. (1958) .** "Geochemistry" Oxford Univ. Press, London.
- 34-Greenland, D.J. and Hayes,M.H. (1978).**"The chemistry of Soil Constituents"John Wiley & Sons.
- 35-Greenland, D.J. and Hayes, M.H. (1981).**"The Chemistry of Soil Processes". John Wiley & Sons.
- 36-Hago M . Abdel Magid, Raafat K. Rabie,Ragaa E.A. Sabrah and Shafik I. Abdel-Aal (1996).** The interrelationship between microbial numbers, application rate and biodegradation products of two organic manures in a sandy soil.Arab Gulf J. Scient. Res., 14(3): 641- 657.
- 37-Hago M. Abdel Magid, Shafik I. Abdel - Aal, raafat K. Rabie & Ragaa E.A. Sabrah (1995) .** Chicken manure as a biofertilizer for wheat in the sandy soils of Saudi Arabia. Journal of Arid Environments , 29 : 413-420 .

- 38-Johnson, L.J. (1979). "Introductory Soil Science" MacMillan, N.Y.
- 39-Leeper, G.W. (1978). "Managing the Heavy Metals on the Land".Marcel Dekker, N.Y.
- 40-Mclaren, A.D. and Peterson, G.H. (eds).( 1967)."Soil Biochemistry" vol.1.Edward Arnold,London and Marcel Dekker,N.Y.
- 41-Morcom, R.E.( 1971). "Inorganic Chemistry".The English Univ. Press Ltd - London.
- 42-Mortvedt, J. J. ; Giordano, P.M. and Lindsay, W.L. (1972). "Micronutrients in Agriculture" Published by ASA & SSSA, Madison, USA.
- 43-Newman, A.C.( 1987). "Chemistry of Clays and Clay Minerals"Longman, N.Y.
- 44-Poljakoff- Mayber, A. and Gale, J.( 1975) ."Plants in Saline Environments"Springer - Verlag Pub.
- 45-Sabrah , R.E.A.; El - Nabi, A.H., Abdel Aal, Sh.I.; Rabie, R.K. and Abdel Magid , H.M. (1993) . Aggregate Characteristics in a sandy soil as Influenced by Organic Manures Application under wheat cultivation. Egypt .G. Appl .- sci ., 8 (2) : 153-170
- 46-Salinity Laboratory Staff, U.S. (1954). "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils"Agricultural Handbook No.60.
- 47-Shahin, R.R. (1975). The release of cations from clay minerals as affected by microorganisms.M.Sc. Thesis, Soils Dept., Fac. of Agric. Cairo University,Giza,Egypt .
- 48-Shahin, R.R. (1980) . Mechanisms involved in aggregate formation in calcareous Soils of Egypt. Ph.D. Thesis, Soils Dept., Fac. of Agric., Cairo University. Giza, Egypt ,
- 49-Shahin, R.R. and Taha, S.A. (1986).Effect of Long - term irrigation with sewage effluents on the status of some heavy metals in Al- Gabal Al - Asfar sewage farm (Egypt). J.Agric. Sci. Mansoura Univ. 11 (3) : 1298-1304.

50-Russell,E.W.( 1978). "Soil Conditions and Plant Growth" 10 th. Edition, Longman.

51-Thompson, L.M. and Troeh, F.R. (1982)."Soils and Soil Fertility"McGraw - Hill Publishing Company LTD.

تم بحمد الله وتوفيقه

المؤلفون