سلوك العناصر الصغرى والسامة في التربة Trace And Toxic Elements In Soil

تمد التربة الخصبة النباتات بجميع احتياجاتها في العناصر الدقيقة الضرورية لنموها وتشمل الحديد **Fe** والمنغنيز **Mn** والزنك **Zn** والبورون **B** والنحاس **Cu** والكلوريد **Cl**.

ويطلق على هذه العناصر السبعة اسم العناصر الصغرى **Micronitriens** وهو تعبير يعني ان النباتات تحتاج هذه العناصر بكميات صغيرة ولا يعني بالضرورة وجود هذه العناصر في التربة بتركيزات قليلة. ونقص هذه العناصر في البيانات قد يحدث نتيجة لأن تركيزات هذه العناصر بالتربة التي ينمو فيها النبات يكون قليلاً وان هذه العناصر تكون موجودة في التربة في صورة غير صالحة للأمتصاص بواسطة النباتات (صورة غير ذائبة).

ومن ناحية أخرى يمكن لهذه العناصر أن تتواجد في التربة بتركيزات عالية قد تكون سامة للنبات والكائنات الحية الدقيقة.

وهناك عناصر قد تتواجد بتركيزات سامة للنبات مثل الزئبق **Hg** والرصاص **Pb** والكادميوم **Cd** والنحاس **Cu** والنيكل **Ni** والكوبلت **Co**.

والعناصر الثلاث الأولى تكون سامة للحيوانات على وجه الخصوص بينما تكون عناصر النحاس **Cu** والنيكل **Ni** والكوبلت **Co** سامة للنبات بدرجة أكبر من الحيوان ويطلق عليها **Phytotoxic**.

ومن وجهة نظر صحة الانسان نجد أن العناصر التي قد تؤثر على صحة الانسان في المدى الطويل اذا ما تواجدت بتركيزات عالية تشمل ما يلي:-

الزرنيخ **As**	الكروم **Cr**	النيكل **Ni**	الزنك **Zn**
بيريليوم **Be**	النحاس **Cu**	السلينيوم **Se**	
انتيمون **Sb**	الرصاص **Pb**	الفضة **Ag**	
الكادميوم **Cd**	الزئبق **Hg**	التيتانيوم **Ti**	

ومحتوى التربة من العناصر يعكس:-

1. درجة التجوية التي تعرضت لها هذه التربة.
2. تركيب مادة الأصل التي نشأت منها التربة

ان زيادة تركيز عنصر ما في التربة عن الحدود المتوقعة قد يكون دلالة على التلوث الحادث نتيجة لنشاط الأنسان أو نتيجة للعمليات البيوجيوكيميائية.

ان اختبارات التربة (تحليل) التربة كيميائيا صممت اساساً لمعرفة كمية العنصر في التربة والتي ترتبط احصائيا معنوياً بكمية العنصر الممتصة بواسطة النبات.

لذلك فان اختبارات التربة تعتبر اختبارات حقيقية وتطبيقية تفيد في التنبؤ بحدوث السمية او النقص في تلك التربة ولكنها لا تعطي معلومات عن الميكانيكية التي تكم في صلاحية العنصر

في التربة ولكن أستخلاص العناصر المختلفة يعتمد على حقائق هذه العناصر مثل مقدرة هذه العناصر يعتمد على خصائص هذه العناصر مثل مقدرة هذه العناصر على:-

1. عمل معقدات مع المادة العضوية.
2. الامدصاص على معادن التربة.
3. الترسيب على صورة كربونات، فوسفات، كبريتات أو أكاسيد.
4. الترسيب مع المعادن الأخرى **CO-Precipitation**.

العمليات الديناميكية التي تحكم في ذائبية وصلاحية وحركة العناصر في التربة

1. **ذائبية وتحرر العنصر Desorption Or Dissolution**

وهذه الخطوة قد تكون سريعة أو بطيئة ويتوقف ذلك على العنصر نفسه اذا ما كان انطلاق وتحرر العنصر في الصورة الصلبة ضعيفاً أو درجة ذوبان من الصورة الصلبة ضعيفاً.

2. **الانتشار Diffusion**

وهذه الخطوة تكون بطيئة جداً للعناصر الصغرى وذلك لانخفاض تركيز هذه العناصر في المحلول الأرضي ينتج عنه صغر كمية الأيونات التي تتحرك بواسطة الانتشار.

3. **الامتصاص بواسطة الجذور Absorption by Roots**

يتوقف امتصاص العناصر بواسطة الجذور على تركيز هذه العناصر في المحلول الأرضي بالقرب من الجذور حيث ينشأ ما يسمى (تأثير منطقة الجذور) **Rhizosphere Effects** ويتم ذلك عن طريق تغير خواص التربة في هذه المنطقة مثل درجة الحموضة **pH** وجهد الأختزال **Redox Potential**.

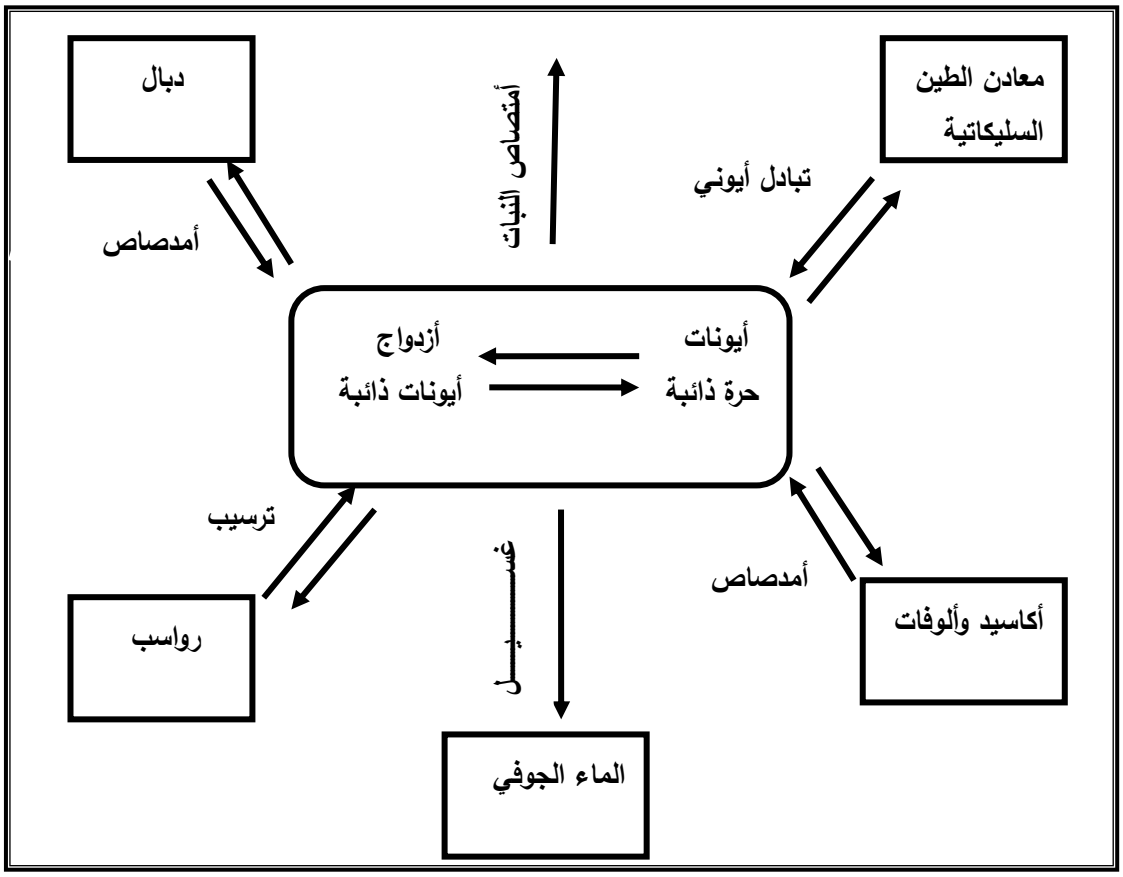
وتأثير منطقة الجذور يكون هاماً جداً بالنسبة للنباتات حيث يمكن لهذا التأثير أن يقلل من جاهزية بعض العناصر السامة أو يزيد من جاهزية بعض العناصر التي يعاني النبات نقص فيها.

4. **انتقال العنصر داخل النبات Transmission In Plant**

انتقال العناصر من الجذور الى قمة النبات يعتبر الخطوة الأخيرة في صلاحية العناصر وهي عملية بيولوجية تخرج عن نطاق كيمياء التربة.

وعدد من العناصر الصغرى وبالذات العناصر التي تتواجد في التربة بصورة كاتيونات لا تنتقل الى قمة النبات بسهولة لذلك نلاحظ بعض العناصر مثل النحاس، الرصاص، الكادميوم، تتجمع في او على جذور النباتات والثلاث الخطوات الأولى مجتمعة تصف حركة العنصر في التربة وبالتالي تؤثر بصورة مباشرة على جاهزية هذه العناصر للنبات.

شكل يوضح العمليات الميكانيكية التي تتحكم في ذائبية وجاهزية وحركة العناصر في التربة



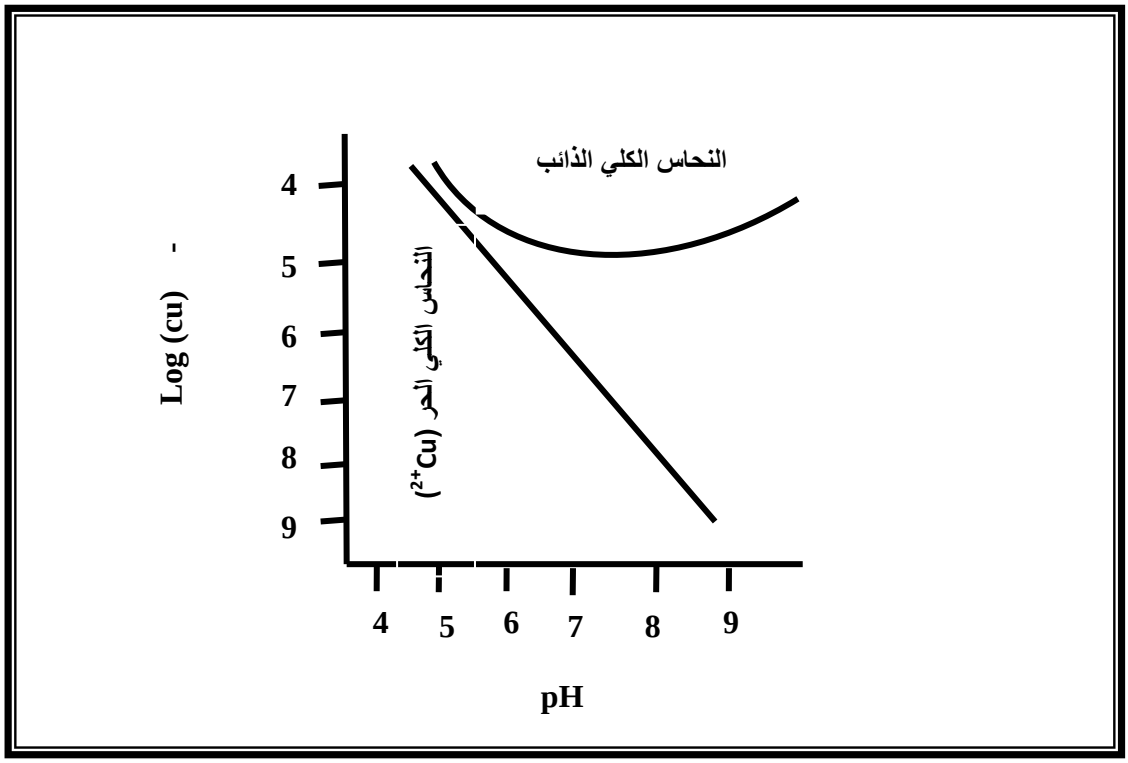
تأثير صور العنصر على جاهزيتها للنبات Speciation an Availability

تتواجد العناصر الفلزية واللافلزية في اكثر من صورة وكذلك تتواجد على شكل معقدات ذائبة عضوية وغير عضوية وان كل عنصر يميل الى تكوين صور معينة. وتتواجد العناصر في المحلول الأرضي في أكثر من صورة نظراً لأحتواء المحلول الأرضي على الكثير من المركبات العضوية وبيكاربونات CO_3 وهيدروكسيل **OH** وأيونات قادرة على تكوين مركبات ذائبة مع الكاتيونات الفلزية. وتكوين المعقدات الذائبة في المحلول الأرضي يؤدي الى زيادة حركة العنصر وبالتالي امتصاصه من قبل النبات.

يزداد تركيز كل من الهيدروكسيل **OH** و HCO_3 و CO_3 والمادة العضوية بزيادة درجة حموضة التربة **(pH)** وفي نفس الوقت نجد أن أمدصاص الكاتيونات الفلزية على سطوح المعادن والمادة العضوية يزداد بزيادة **pH** التربة ونتيجة لذلك فأن الذائبية الكلية لفلز تمر بمرحلتين:-

المرحلة الأولى وفيها يقل تركيز العنصر في المحلول حتى **pH= 6.7** ثم يزداد التركيز ثانية نتيجة تكوين معقدات ذائبة عند **pH** اعلى.

والشكل التالي يظهر سلوك النحاس **(Cu)** الذي يعتبر مثالاً للكاتيونات الفلزية التي لها القدرة على تكوين معقدات ذائبة مع الـ**OH** و**CO** و حامض الفولفيك.



تقدير صور العناصر في التربة على امتصاصه من قبل النبات

ومثال ذلك وجود علاقة ارتباط قوية بين الكمية الممتصة من **Cu** و**Cd** بواسطة جذور النباتات وتركيز الكاتيونات الحرة في المحلول الأرضي. وعند اضافة المادة العضوية الى التربة يزداد امتصاص Cu^{+2} بواسطة النباتات بغض النظر عن تركيز النحاس الحر Cu^{+2} في محلول التربة ونستنتج بالنسبة أن المادة العضوية الذائبة عملت كحامل للكاتيونات (**Cation Carrier**) مما يسهل عملية الانتشار من جينات التربة الى الجذور. وهذا يفسر وجود تركيزات عالية من المعقدات العضوية مع النحاس بالمقارنة مع تركيز النحاس الحر.

ويتضح مما سبق أن كلاً من عامل الشدة **Intensity Factor** (يمثل تركيز العنصر في المحلول) وعامل السعة **Capacity Factor** (ممثلاً بالتركيز الكلي للعنصر) يعتبران غاية في الأهمية للنظام البيولوجي.

وبالنسبة للكاتيونات الفلزية في التربة فأن القاعدة العامة التالية توضح العلاقة بين صلاحية العنصر للنبات وصورة هذه العناصر.

تتوقف سمية النباتات والكائنات الحية الدقيقة على تركيز الكاتيون الحر في المحلول وذلك في المدى القصير أما في المدى الطويل فأن امتصاص النبات للعنصر يتوقف الى حد كبير على التركيز الكلي للعنصر في المحلول وكذلك على قدرة التربة على الاحتفاظ بهذا التركيز.

حركة العناصر في التربة Mobility Of elements In Soil

العوامل المؤثرة على حركة العناصر في التربة **Foctor Controlling Mobility Elementary**

تتأثر حركة العناصر في التربة بأهم العوامل التالية:-

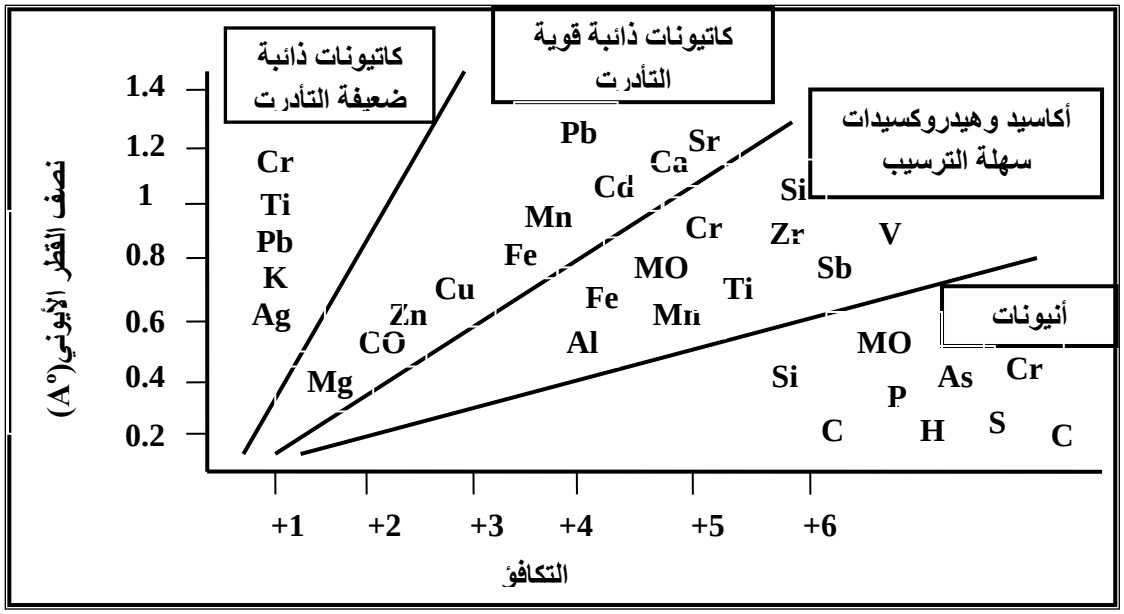
1. الشكل الكيميائي وطبيعة العنصر **The Chemical Form Nature of The Element**

وتتميز أغلب العناصر الكاتيونية الصغرى بضعف الحركة **Low Mobility** في التربة وذلك لأنها تدمص بقوة على المعادن والمادة العضوية أو لأنها تترسب على صورة أكاسيد وكاربونات وكبريتات. وبعض العناصر توجد بصورة أيونية مثل **B** تكون متحركة نسبياً بينما بعض العناصر الأخرى مثل الفسفور **P** تعتبر غير متحركة لأنها تترسب بصورة غير ذائبة وترتبط بقوة.

2. سطوح المعادن:

والشكل التالي يوضح تقسيم العناصر الهامة في التربة على أساس نصف القطر والتكافؤ وتقسم العناصر الى المجاميع التالية:-

- مجموعة 1: كاتيونات ذائبة ضعيفة التأدرت
- مجموعة 2: كاتيونات ذائبة قوية التأدرت
- مجموعة3 : هيدروكسيدات سهلة الترسيب
- مجموعة4 : أنيونات ذائبة



وتتحدد درجة التأدرت للعناصر في هذه المجاميع تبعاً للجهد الأيوني (التكافؤ/ نصف القطر). وعموماً فان حركة عناصر المجاميع الأربعة في التربة يمكن تقسيمها كما يلي:-

- مجموعة 1: ممسوكة بقوة على معادن الطين والهيومس.
- مجموعة 2: متبادلة ومتحركة نوعاً ما باستثناء الكاتيونات التي تدمص بقوة مثل Pb^{+2} و Cu^{+2}
- مجموعة 3: غير متحركة مثل الأكاسيد غير الذائبة.
- مجموعة 4: متحركة باستثناء الأنيونات التي تمدص بقوة مثل الفوسفات.

التركيب الكيميائي والمعدني للتربة **Chemical an Mineralogical Nature of Soil**

تصبح العناصر أقل حركة في التربة التي تحتوي على كمية كبيرة من مواقع الامدصاص وكذلك التربة التي خصائصها الكيميائية تشجع على ترسيب هذه العناصر فأكاسيد الحديد والالمنيوم والمنغنيز تحتوي على مواقع أمدصاص للعناصر سواء أكانت أنيونية أو كاتيونية.

- معادن الأطيان السليكاتية تحتوي على مواقع تبادل للكاتيونات وبعض مواقع أمدصاص على حواف المعادن لكلاً من الكاتيونات والأنيونات.
- الألومينوسليكات غير المتبلورة (الألوفان) تمتلك كميات كبيرة من مواقع الأمدصاص لكلاً من الكاتيونات والأنيونات.
- المادة العضوية تدخل أيضاً في تفاعلات الأمدصاص.
- وبصورة عامة فان التربة الغنية بالأطيان والأكاسيد والهيومس لها قدرة عالية على مسك العناصر الدقيقة بقوة.
- وكذلك فان الصفات الكيميائية للتربة تؤثر على أمدصاص العناصر فالفلزات الكاتيونية تمدص بدرجة اكبر وتترسب على صورة اكاسيد وهيدروكسيدات وكاربونات في درجات الـ**pH** العالية بينما الصور الأيونية مثل المولبيدات والسليت تمدص وتترسب عند **pH** المنخفض.
- قلوية التربة غالباً ما تكون مصحوبة بزيادة حركة الأنيونات وذلك لارتفاع مستوى الـ**Na** والـ**K** بالنسبة للـ **Ca** و **Mg** لأن كثير من الأنيونات يكون مركبات ذائبة مع **Na** والـ**K** بدرجة أكبر من **Ca** و **Mg** ولذلك يحصل سهولة لغسل **Mo** والـ**B** من التربة القلوية من المناطق الجافة.

أيضاً قلوية التربة قد تساعد على حركة كاتيونات الفلزات مثل **Ca** لأن الظروف القلوية تساعد على تكوين معقدات الفلزات مع المادة العضوي والهيدروكسيل.

- ملوحة التربة تؤدي الى زيادة أيونات الهاليدات وخاصة الكلوريدات التي لها القدرة على تسهيل حركة بعض العناصر الثقيلة **(Cd ، Pb ، Hg)**.
- جهد الأكسدة والاختزال يؤثر بدرجة كبيرة على حركة العناصر فبعض العناصر تكون أكثر ذائبية وحركة في الحالة المؤكسدة أكثر من المختزلة والعكس صحيح ومثال على ذلك **(Cr ،Mn ، Se)**.
- في ظروف الأختزال تقل حركة كل من **(Hg ،Cu ،Pb ،Cd ،Zn ،As ،Se)** لأنها تكون معادن الكبريتيدات غير الذائبة.

الخواص الفيزياوية والبيولوجية للتربة

The Physical and Biological Environment of The Soil

كثير من العناصر توجد بكميات كبيرة في التربة وتلوثها نتيجة للنشاط الصناعي والزراعي وأيضاً نتيجة لضعف حركة العناصر مثال على ذلك عنصري **Cu** و **Pb**.

فمثلا الترب التي تستخدم كبريتات النحاس وزرنيخات الرصاص كمبيدات فأنها تحتوي على كميات كبيرة من هذين العنصرين في التربة حتى في المناطق الرطبة التي يكون فيها الغسيل شبه مستمر فأن ازالة مثل هذه العناصر في التربة قد يأخذ الاف السنين.

وبصورة عامة يمكن القول:

1. تحتوي الأتربة الغنية بالطبقة السليكاتية والأكاسيد على تراكيز عالية من العناصر الصغرى بالمقارنة مع الأتربة خشنة القوام مثل التربة الرملية والحصوية.
2. الأتربة الغنية بالهيومس تحتوي على كميات كبيرة من العناصر الصغرى.
3. التربة ذات **pH** العالي تحتوي على تركيات أعلى لمعظم العناصر الصغرى من التربة التي تأثرت بالمطر الحامضي.