تلوث التربة Soil Pollution

مقدمة

يعتمد نمو وتقدم البشرية على التربة وبالتالي فان التربة الجيدة وطريقة استخدامها تتوقف على البشر الذين يعيشون عليها.

فالتربة عبارة عن أجسام طبيعية تنمو فيها النباتات وتعتبر نقطة البداية لأي زراعة ناجحة. وتعني التربة أشياء كثيرة للبشرية فهي تعتبر أساس المباني المقامة عليها كالمنازل والمصانع وغيرها وتتحدد صلاحية التربة كأساسيات للمباني المقامة عليها تبعا لنوع التربة.

- أيضا تستخدم التربة لعمل الطرق ويتحدد عمر الطريق تبعاً لنوع التربة المستخدمة.
- كما تعتبر التربة كفلز طبيعي للامتصاص مخلفات الصرف الصحي والصناعي ولسوء الحظ فان سوء استخدام التربة وعدم الحفاظ عليها قد يؤدي الى مثل هذه التربة وترسيبها في مجاري الأنهار مما يعيق استخدام هذه الأنهار بالإضافة الى ما يترتب على ذلك من تدهور في صفات الماء.

وبشكل عام فان المدن نشأت قديماً حول الأنهار مثل نهر الفرات والنيل بشكل مكثف على جودة التربة الخصبة والمقدرة العالية لهذه التربة على إنتاج الغذاء لذلك فقد ساعد فيضان الأنهار على الحفاظ على خصوبة وجودة التربة لما يحمله النهر من الطمي في الحفاظ على خصوبة تلك التربة في إنتاج الغذاء وما ترتب على ذلك من بقاء وبناء مجتمعات منظمة حول الأنهار.

لذلك فان مدى تقدم وتطور ونمو هذه المجتمعات يعتمدون على خصوبة هذه التربة على المدى الطويل فكثيراً منهم يجهلون أهمية التربة وما تعنيه لجيل اليوم والأجيال القادمة.

المفهوم الحديث للتربة **Modern Concept of Soil**

نشأ المفهوم الحديث للتربة نتيجة للدراسات العلمية المكثفة على مدى عقدين من الزمان ويمكن النظر الى التربة بمنظورين:-

المنظور الأول: يعامل التربة على أساس أنها جسم طبيعي نشأ **Naturally** نتيجة لعوامل التجوية الفيزيائية والبيوكيميائية.

المنظور الثاني: يعامل التربة على أنها بيئة طبيعية لنمو النبات وهذين المنظورين يوضحان ان التربة يمكن دراستها من وجهة النظر البيدولوجية **Pedology** وأيضاً من وجهة النظر الأيدافولوجية **Edaphology**.

Pedology: وهي كلمة مشتقة في اللفظ اليوناني **Pedon** ويعني التربة **Soil** وتعرف بأنها دراسة التربة كجسم طبيعي ومن هذا المنظور لا يتم التركيز على الأستخدام العلمي للتربة وإنما يتم دراسة نشأة التربة وتقسيمها ووصفها في الحالة الطبيعية وهذه الدراسات ذات أهمية للمزارع وايضاً مهندسي الطرق والانشاءات.

Edaphology وهي كلمة مشتقة من اللفظ اليوناني **Edaphos** ويعني ايضاً التربة **Soil** وتعني دراسة التربة كبيئة لنمو النبات وفيها يتم التركيز على دراسة أسباب ومعوقات إنتاجية التربة والبحث عن الوسائل اللازمة للحفاظ على التربة وتنظيم انتاجها أي ان الهدف الرئيسي في هذه الدراسة هو إنتاج الغذاء والألياف في التربة.

قطاع التربة والطبقات المكونة له **Soil Profile Its Layers (Horizons)**

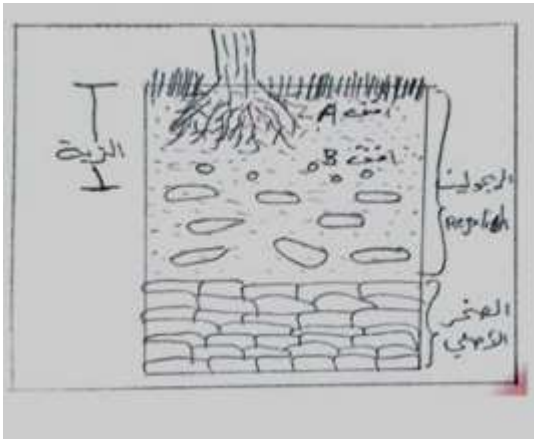
التربة هي الطبقة السطحية في القشرة الأرضية الناتجة من تفتت الصخور وانحلالها أو انحلال بقايا المادة العضوية أو كليهما معاً.

وتعتبر التربة هي الطبقة الصالحة من الوجهة الحيوية والكيمياوية والطبيعية لأن تكون مهداً ملائما لنمو النبات، وبفحص قطاع راسي في التربة يلاحظ وجود طبقات مميزة مختلفة الخواص ويطبق على القطاع الراسي اسم **Profile** أما الطبقات الموازية لسطح التربة والمكونة للقطاع فيطلق عليها أفق **(Horizons)**.

وتتميز التربة ذات التطور الجيد باحتوائها على آفاق مميزة وتختلف طبيعة وصفات هذه الآفاق تبعاً لكيفية تطور التربة.

ولذلك نجد ان كل تربة لها أفاق مميزة خاصة بها ويمكن استخدام هذه الأفاق المميزة لتقسيم وحصر التربة كما يمكن استخدامها في تحديد الأستخدام الأمثل لهذه التربة.

وفيما يلي رسم يوضح التربة، الصخور أو طبقة الريجوليث**Regolith**.



يطلق على الطبقة السطحية اسم أفق **(A)** ويتميز هذا الأفق بارتفاع المادة العضوية فيه كما ان لون التربة فيه يكون داكنا وبدرجة اكبر من الأفاق تحت السطحية، بعض مكونات أفق**(A)** مثل الطين الناعم يمكن ان تتحرك للأسفل من خلال حركة الماء خلال القطاع.

أما الأفق تحت السطحي فيسمى أفق **(B)** ويتميز بتجمع الطين.

ان اختلاف صفات الطبقات في القطاع من تربة لأخرى جعل من الممكن عمل نظام تقسيمي للتربة.

وفيما يلي شكل يوضح قطاع راسي للتربة والطبقات المكونة للقطاع.

تتميز الأفاق السطحية في قطاع التربة باللون الداكن نتيجة لتجمع المواد العضوية الناشئة من تحلل جذور النباتات وبقايا النباتات الموجودة على السطح كما ان تجوية الأفاق السطحية تكون أعلى منها في الافاق تحت السطحية وغالباً ما يحدث انتقال لنواتج التجوية من الافاق السطحية الى الافاق تحت السطحية.

تحتوي الافاق تحت السطحية على محتوى اقل من المادة العضوية بالمقارنة مع الافاق السطحية وتتميز الافاق تحت السطحية بتجمع كميات مختلفة من المواد مثل معادن الطين السليكاتيه واكاسيد الحديد والألمنيوم والجبس وكاربونات الكالسيوم وهذه المواد تنتقل من الطبقات السطحية الى الأسفل بواسطة الماء أو قد تتكون في مكانها بفعل عمليات التجوية.

ويطلق على الأفق تحت السطحي اسم أفق **(B)**.

وتتكون أفاق**A** و**B** بفعل عوامل وعمليات التربة وتتمثل عمليات الانحلال البيوكيميائي والتجوية والتخليق وتعتبر هذه الأفاق دليل واضح على نشأة وتطور التربة من مادة الأصل التي تكونت منها.

يطلق على الجزء العلوي من القطاع (أفق**A** وافق **B**) اسم طبقة الاستزراع (**Solum**) وتختلف سمك هذه الطبقة من تربة لأخرى تبعاً لدرجة التجوية فتكون حوالي 1–2 م من أراضي المناطق الباردة وأكثر عمقاً من ذلك في التربة للمناطق الاستوائية (تجوية شديدة).

سطح التربة وتحت سطح التربة**Topsoil and Subsoil**

ينتج عن حرث التربة وزراعتها تبديل للحالة الطبيعية للجزء العلوي (12– 18)**cm** من الطبقة السطحية للتربة ويطلق على هذا الجزء المعدل اسم سطح التربة (**Topsoil**) أو قد يطلق عليه (**Furrow Slice**) في حالة حرث وزراعة التربة على خطوط.

ويعتبر سطح التربة هو المنطقة الأساسية لتطور جذور النباتات المزروعة بها، فهي تحتوي على العديد من العناصر الغذائية الصالحة لنمو النبات كما انها ايضاً تمد النبات بالماء اللازم لنموه ويمكن للعمليات الزراعية من خدمة للحفاظ على سطح التربة بصورة مفككة تسمح لمرور الهواء والماء اللازمين لنمو النبات كما يمكن اضافة الأسمدة الكيميائية الى سطح التربة وذلك لتحسين خصوبتها وبالتالي تحسين مقدرتها على انتاج المحاصيل المختلفة.

وتحت التربة (**Subsoil**) يتكون من الطبقات التي تقع أسفل سطح التربة (**Topsoil**) وهي بالطبع لا تتأثر بعمليات الحرث وتؤثر طبقة سطح التربة على انتاجية المحاصيل نتيجة لأختراق جذور النباتات لهذه الطبقة وايضاً لما تحويه هذه الطبقة من ماء وعناصر غذائية.

وفي بعض الأحيان قد يعيق عدم نفاذية تحت السطح حركة ماء الصرف الى اسفل، وبالتالي فان نمو النبات يتأثر سلباً نتيجة لذلك.

وهذه الملاحظة ذات قيمة كبيرة لأن تحديد كيفية استزراع واستخدام التربة يتوقف الى حد كبير على صفات الطبقات تحت السطحية.

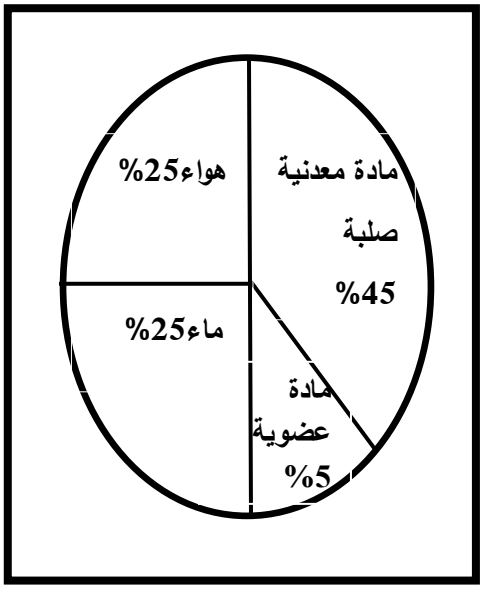
المكونات الأساسية للتربة **Components of Soil**

تتكون التربة من أربع مكونات أساسية هي مواد معدنية (غير عضوية)، عضوية، ماء وهواء. ان النسب الحجمية لهذه المكونات الأربعة لتربة سطحية مثالية تحت ظروف جيدة لنمو النبات ويلاحظ ان هذه المكونات تحتوي على (50%) من حجمها مواد صلبة و (50%) فراغات بينية مملوءة بالماء والهواء.

عند الظروف المثلى للرطوبة الأرضية يكون حوالي (25%) من الفراغات البينية مملوءة بالماء وحالي (25%) من الفراغات البينية مملوءة بالهواء.

علماً بان هذه النسب عرضة للتغيير السريع تبعاً لحالة الرطوبة الأرضية والجدير بالذكر ان المكونات الأساسية في التربة تتواجد في صورة مختلفة حيث ان هذا الاختلاف يسمح بتفاعل هذه المكونات مع بعضها مما ينتج عنه اختلافات كبيرة في البيئة اللازمة لنمو النبات.

ويختلف التركيب الحجمي لتحت سطح التربة عن مثيله في سطح التربة فنجد ان تحت سطح التربة يحتوي على نسب أقل من المادة العضوية والفراغات البينية، وتكون الفراغات البينية المملوءة بالماء أكبر من نسبة الفراغات البينية المملوءة بالهواء والشكل التالي يوضح التركيب الحجمي لتربة سطحية تحت ظروف مثالية من المواد المعدنية والعضوية والماء والهواء.



ومما يتقدم يمكن تقسيم الأتربة الى قسمين أساسيين هما:-

1- التربة المعدنية (غير العضوية): **Mineral (in Organic) Soils**

يعتبر القطاع الأرضي الذي تم وصفه سابقاً ممثلا للقطاع الأرضي الخاص بالتربة ذات التركيب المعدني أو غير العضوي. وعموماً فان الطبقات السطحية للتربة المعدنية تحتوي على نسبة منخفضة من المادة العضوية تتراوح ما بين (1 – 6%) وعلى النقيض من ذلك فان التربة التي تسود فيها المادة العضوية تسمى التربة العضوية.

2- التربة العضوية: **Organic Soil**

تعرف التربة العضوية بأنها التربة التي تحتوي على الأقل (20%) مادة عضوية على أساس الوزن الجاف وذلك اذا كانت التربة لا تحتوي على طين.

أما اذا كانت التربة تحتوي على (60%) طين فان التربة العضوية يجب ان تحتوي على الأقل (30%) مادة عضوية على أساس الوزن الجاف.

وتعتبر العضوية من الترب عالية الإنتاجية وذلك عند تحسين حالة الصرف وهي غالباً ما تستخدم لزراعة المحاصيل التي تدر عائداً نقدياً عالياً مثل الخضراوات.

وتتواجد التربة العضوية في المناطق الغدقة وبمساحات كبيرة في أمريكيا والعائد الاقتصادي للتربة العضوية يكون كبيراً حيث يمكن حفر الترسبات العضوية ونقلها واستخدامها كأسمدة عضوية في حدائق المنازل وكمادة مالئة لزراعة الأصص.

وحيث أن مساحة التربة المعدنية تمثل القابلية العظمى من مساحة الترب في العالم وخصوصاً في المناطق الحارة والتي يقل فيها معدل سقوط الأمطار وفي الترب رديئة الصرف الصحي.

علماً بان الترب العراقية فقيرة بالمادة العضوية وذلك بسبب قلة الغطاء النباتي وارتفاع درجات الحرارة وقلة سقوط الأمطار وهذا حال كثير من الأتربة في العالم العربي.

مادة الترب العضوية **Soli Organic Mater**

تتكون مادة التربة العضوية من بقايا النباتات والحيوانات المتحللة جزئياً وبعض المركبات العضوية المخلقة بواسطة ميكروبات التربة.

وتكون هذه المواد العضوية في حالة تغير مستمر من التحلل والتخليق بواسطة الأحياء الموجودة في التربة وبذلك فان مادة التربة العضوية تعتبر مكون انتقائي في التربة قد ينتهي في فترة تتراوح بين ساعات الى مئات السنين.

ولذلك فان الحفاظ على مادة التربة العضوية يستلزم الإضافة المستمرة لبقايا النباتات والحيوانات الى التربة.

ومحتوى التربة من المادة العضوية يعتبر صغيراً فهو يتراوح ما بين (1-6%) بالوزن من سطح التربة ويكون أقل من ذلك في تحت سطح التربة.

وبالرغم من صغر هذه النسبة فأن تأثير المادة العضوية على خواص التربة وبالتالي على نمو النبات يكون هاماً للغاية.

- حيث تعمل مادة التربة العضوية على ربط وتجميع حبيبات التربة المعدنية ببعضها وبالتالي فهي المسؤولة عن خلق الظروف الملائمة لنمو النبات.
- أيضا وجود المادة العضوية يعمل على زيادة مقدرة التربة في الاحتفاظ بالماء.
- تعتبرا لمادة العضوية هي المسؤولة عن تجهيز التربة بعناصر الفسفور والنتروجين والكبريت **(N،P،S)** كما ان المصدر الرئيسي للطاقة اللازمة لميكروبات التربة.

وعندما تتحلل المادة العضوية بواسطة ميكروبات التربة المختلفة تتكون مادة يطلق عليها اسم الدبال **(Humus)** وهذه المادة تتميز بصغر حجمها وتكون ذات لون داكن ويعمل الدبال على مسك الماء والعناصر الغذائية تفوق ذلك مقدرة الطين ولذلك فان وجود كميات صغيرة من الدبال يؤدي الى زيادة قدرة التربة كبيئة لنمو النبات.

محلول التربة **Soil Solution**

يحتوي المحلول الأرضي على كميات معنوية من الاملاح غير العضوية والعضوية الذائبة وتشمل العناصر الضرورية لنمو النبات.

فالجزء الصلب من التربة (العضوي وغير العضوي) يقوم بإطلاق العناصر الى محلول التربة ليمتصها بعد ذلك.

والخاصية الكيميائية الأخرى الهامة لمحلول التربة هو قلوية أو حموضة هذا المحلول حيث ان كثير من التفاعلات الكيميائية والبيولوجية التي تحدث في التربة تتوقف على تركيز ايونات الهيدروجين **(H)** أو الهيدروكسيل **(OH)** في التربة وبالتالي فأن درجة الحموضة للتربة لها تأثير كبير على ذائبية العناصر الضرورية للنبات مثل الحديد والمنغنيز والفسفور والزنك والموليبدونيوم وبالتالي على صلاحية هذه العناصر بالنسبة للنبات. والجدول التالي يوضح العناصر الغذائية الضرورية للنبات ومصادرها:-

عناصر يحتاجها النبات بكميات صغيرة	عناصر يحتاجها النبات بكميات كبيرة	
من الجزء الصلب في التربة	من الجزء الصلب في التربة	من الهواء والماء
الحديد (**Fe**) كوبلت (**Co**)	نيتروجين (**N**)	كربون (**C**)
المنغنيز (**Mn**) كلور (**Cl**)	فوسفور (**P**)	هيدروجين (**H**)
بورون (**B**)	بوتاسيوم (**k**)	اوكسجين (**O**)
مولبيديوم (**Mo**)	كالسيوم (**Ca**)	
نحاس (**Cu**)	مغنسيوم (**Mg**)	
زنك (**Zn**)	كبريت (**S**)	

هواء التربة **Aril Soil**

يختلف هواء التربة عن الهواء في خواص عديدة منها:-

1. يتغير هواء التربة بدرجة كبيرة من مكان لآخر في التربة الواحدة. ففي بعض الأحيان يتم استهلاك الغازات بواسطة جذور النباتات وميكروبات التربة.
2. المحتوى الرطوبي لهواء التربة بوجه عام أعلى من المحتوى الرطوبي للهواء الجوي فالرطوبة النسبية لهواء التربة قد تصل الى 100%.
3. نسبة CO_2 في هواء التربة أعلى مئات المرات من النسبة الموجودة في الهواء الجوي (0.03%) وبالتالي فان نسبة O_2 في الهواء الجوي تكون حوالي 30%.

يتحدد نسبة ومحتوى وتركيب هواء التربة تبعاً لمحتوى التربة من الماء لأن الهواء يحتل مسام التربة غير مملوءة بالماء فبعد الري أو سقوط الأمطار فأن المسام الكبيرة تفقد الماء الموجود فيها ويحل محلها الهواء، يلي ذلك فقد الماء في المسام متوسطة الحجم وفي النهاية المسام الصغيرة الحجم التي تفقد الماء الموجود فيها نتيجة للتبخر وامتصاص النبات للماء.

وهذا الترتيب المتعاقب للصرف يوضح السبب في ان الأتربة التي تحتوي على نسبة كبيرة في المسام صغيرة الحجم تكون رديئة التهوية لان الماء في هذه الحالة يكون هو السائد ويصبح محتوى التربة من الهواء قليلاً وبالتالي فان معدل انتشار الهواء من والى التربة للوصول الى حالة الاتزان مع الهواء الجوي يكون بطيئاً والنتيجة النهائية هو مستوى عالي من CO_2 في التربة ومستوى منخفض من O_2 في التربة وهذه الظروف تعتبر ظروفاً غير مثالية لنمو النبات ولبعض ميكروبات التربة وهذا يوضح العلاقة بين الخواص الفيزيائية للتربة وتركيب هواء التربة.

التربة والكائنات الحية The Soil and Living Organisms

تحتوي التربة على أنواع عديدة من الكائنات الحية تشمل النباتات والحيوانات وتتراوح أحجام الكائنات الحية من أحجام كبيرة مثل جذور الأشجار والديدان الأرضية والحشرات الى أحجام صغيرة جداً مثل البكتريا.

ويختلف عدد ووزن الكائنات الحية من تربة الى أخرى فمثلاً غرام واحد من التربة قد يحتوي من بضعة مئات الآلاف الى عدة ملايين من البكتريا في تربة أخرى تبعاً للظروف السائدة وفي جميع الأحوال فأن كمية الأحياء بما في ذلك جذور النباتات تكون كافية للتأثير عن الخواص الفيزياوية والكيميائية والبيولوجية للتربة.

وتختلف أنشطة الكائنات الحية في التربة اختلافاً كبيراً فبعض الحشرات والديدان الأرضية لها القدرة على تفتيت بقايا النباتات ميكانيكياً فقط بينما الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتريا والفطريات تكون لها القدرة على تحليل بقايا النباتات تحليلاً كاملاً بالإضافة الى ذلك فأن تكوين الدبال **(Humus)** والذي يعتبر أنشط المركبات الموجودة في التربة كيميائياً وفيزيائياً يعتبر ناتج نشاط الكائنات الحية الدقيقة.

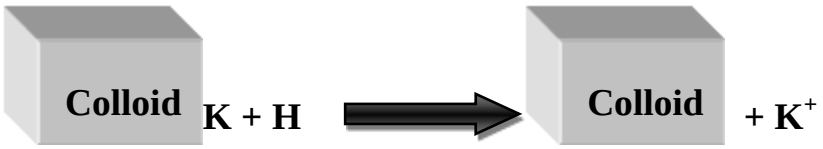
ونتيجة لعمليات التحلل بفعل الكائنات الحية تنطلق العناصر الغذائية الأساسية لنمو النبات مثل الفسفور والنتروجين والكبريت كما ان بعض الكائنات الحية الدقيقة لها القدرة على تغير حالة الأكسدة والاختزال التي تتواجد عليها العناصر الغذائية بصفة عامة وما يتبع ذلك من تأثير على نمو النبات وايضاً على صفات التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

الطين والدبال(مركزي النشاط في التربة)**Clay and Humus The Seat of Soil Activity**

يتميز كلاً من الطين والدبال بنشاط ديناميكي كبير نظراً لصغر أحجامهما وبالتالي كبر السطح النوعي لكل وحدة وزن وايضاً نتيجة أمتلاك الطين والدبال شحنات سطحية قادرة على جذب الأيونات الموجبة والسالبة الشحنة وامدصاص الأيونات مثل **Ca** و**Mg** و**K** على سطوح غرويات الطين والدبال جعل من الممكن لهذه الأيونات ان تتبادل **Exchange** مع الأيونات المجاورة لها والموجودة في محلول التربة **Soil Solution**.

فمثلاً أيونات H^+ الذي يتحرر من جذور النبات في محلول التربة يمكن ان يحل محل (تبادل) أيون البوتاسيوم K^+ المدمص على سطوح غرويات التربة وبالتالي يصبح K^+ صالح للامتصاص بواسطة جذور النبات.

والمعادلة التالية تمثل التبادل الكاتيوني السابق ذكره ونوضح أهمية التبادل لنمو النبات:-



Adsorbed (Soil Solution) Adsorbed (Soil Solution)

أيضاً يؤثر الطين والدبال على الخواص الفيزياوية للتربة بدرجة كبيرة حيث تعمل السطوح المشحونة كرابط **(Bridge)** بربط حبيبات التربة وبالتالي يساعد على تكوين وثبات تجمعات التربة **(Aggregates)** وايضاً المسامية.

السعة التبادلية والقدرة على مسك الماء في الدبال تعتبر اكبر من مثيلاتها في الطين ولكن كبر كمية الطين في التربة بالمقارنة مع الدبال تجعل مساهمة الطين وتأثيره على الخواص الكيميائية والفيزيائية للتربة أكبر في الدبال لذلك فأن التربة جيدة الإنتاج يجب أن تحتوي على كميات متوازنة من الطين والدبال.

العناصر الغذائية الاساسية **Essential Element Availability**

يمتص النبات العناصر الغذائية الضرورية وكذلك الماء من محلول التربة **Soil Solution** ومع ذلك فان كمية العناصر الغذائية في محلول التربة تعتبر غير كافية لإنتاج المحصول وبالتالي فان محلول التربة يجب امداده بصورة مستمرة بالعناصر الغذائية؛ وذلك لتعويض ما يمتصه النبات ويتم هذا الامداد عن طريق الجزء المعدني والجزء العضوي من التربة أو يتم عن طريق اضافة الأسمدة الى التربة.

ان كميات كبيرة من العناصر تكون مصاحبة للجزء المعدني والعضوي وعن طريقه العمليات الكيميائية والبيو كيميائية في التربة يتم امداد محلول التربة بالعناصر الغذائية لتعويض كمية العناصر الغذائية التي امتصت بواسطة النبات.

فمثلاً يحدث انطلاق لعنصري **Ca** و**K** من سطوح غرويات الطين والدبال الى محلول التربة من خلال عمليات التبادل الأيوني.

كما أن كثير من أيونات العناصر الغذائية تتحرر عن طريق تحلل البقايا العضوية بفعل ميكروبات التربة وبالتالي فان جذور النباتات تستطيع ان تمتص العناصر الغذائية اللازمة لها من محلول التربة.

ويتواجد الجزء الأكبر من العناصر الغذائية في التركيب المعدني لمعادن الطين الأولية والثانوية والمادة العضوية وبمرور الزمن يحدث انطلاق وتحرر هذه العناصر وبالتالي فأن التركيب البنائي للجزء الصلب من التربة يعتبر مصدراً هاماً للعناصر الغذائية بالنسبة للنبات.