الفصل الخامس

الغرويات العضوية بالتربة

Organic Soil Colloids

المادة العضوية في التربة

إن الطور الصلب للتربة يضم الجزء المعدني والجزء العضوي ولهذا فإن مادة التربة العضوية هي الجزء العضوي المتمم للطور الصلب للتربة.

تلعب هذه المادة دورا هاما في التربة وذلك بتأثيرها على الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة.

ويمكن تعريف المادة العضوية بأنها عبارة عن خليط من المواد المتبقية من الكائنات الحية نباتية كانت أم حيوانية والكائنات الحية الدقيقة الأخرى التي نتجت خلال عمليات تحلل Decomposition أخذت فترة طويلة من الزمن.

وتتركب المادة العضوية من عدد من العناصر الغذائية أهمها الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والكبريت والفسفور وغيرها من العناصر المعدنية.

من فوائد تحلل المادة العضوية هو انطلاق العناصر المعدنية السابقة الذكر لتكون مصدرا غذائنا للنبات النامي وأحياء التربة.

الدبال في التربة:

قد لا يكون من الضروري التمييز بين البقايا غير المتحللة نسبيا أو البقايا التي في مراحل متقدمة من التحلل إلا أن اصطلاح الدبال Humus عادة ما يطلق على الحالة الأخيرة.

ويعرف الدبال بأنه الجزء من المادة العضوية الذي بلغ درجة كبيرة من التحلل ووصل إلى حالة اتزان تقريبا مع البيئة المحيطة.

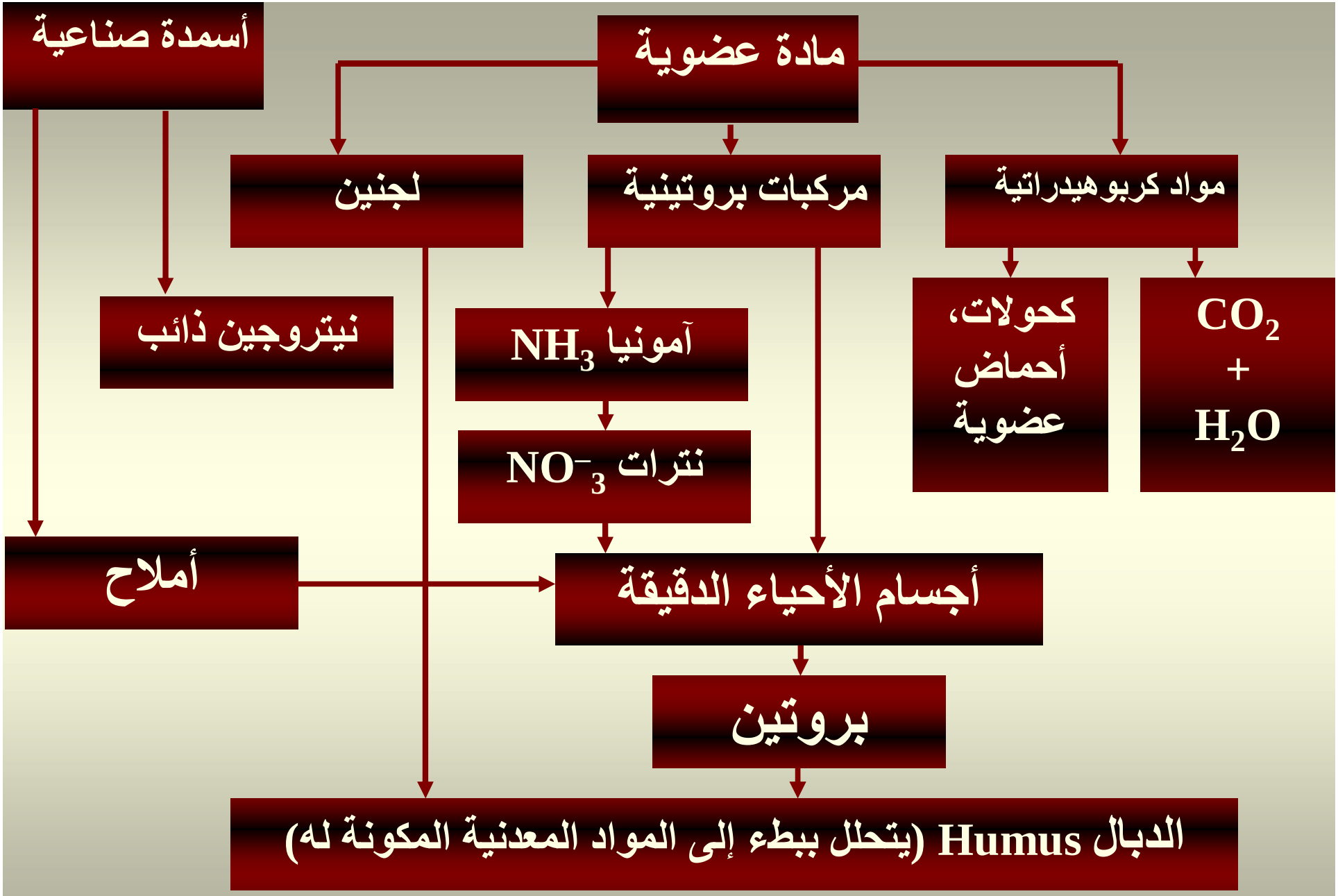
يمثل الجزء الغروي العضوي في التربة وهو أكثر صور المادة العضوية أهمية حيث أنه يؤثر تأثيرا مباشرا على خواص الأراضي الطبيعية والكيماوية والحيوية. فالدبال يزيد من قدرة الأرض على الاحتفاظ بالماء، ويشجع تكوين البناء الأرضي، ويكسب الأرض لونا داكنا مما يرفع من حرارتها، كما أن الدبال يعتبر مخزنا للعناصر الغذائية التي يحتاجها النبات.

تختلف التربة في محتوياتها من المواد العضوية. فالتربة المعروفة باسم Peat هي التربة التي تحتوي على ٥٠–٩٠٪ مواد عضوية بينما لا يتجاوز محتوى المادة العضوية في مصر عن ٣,٥٪.

تكوين الدبال

عند إضافة المواد العضوية إلى التربة تبدأ عملية التحلل بواسطة الأحياء الدقيقة وتقوم هذه الأحياء بالتالي:

- أكسدة وتكسير المركبات البسيطة التركيب الكيماوي أولا كالسكريات والأحماض العضوية.
- تحليل المركبات الأكثر تعقيدا كالنشا والسليولوز
- المركبات مثل اللجنين والبروتينات المعقدة التركيب لا تتحلل بسهولة ولذلك تميل إلى التجمع في التربة.



رسم تخطيطي يبين مراحل تكوين الدبال بعد تحلل مكونات المادة العضوية.

العوامل المؤثرة على نوع الدبال وكميته

يختلف نوع الدبال وكميته على:

١. إختلاف التركيب الكيماوي والطبيعي للمواد المتحللة
٢. نوع التربة وأنواع الأحياء الدقيقة التي توجد فيها
٣. بعض العوامل الأخرى مثل الحرارة والرطوبة والتهوية والحموضة والقلوية.

فالتربة الغدقة حيث الظروف اللاهوائية سائدة نسبيا يستمر الدبال في التراكم حيث لا يوجد فرصة للأحياء الدقيقة الهوائية كي تحلل هذه المواد وتؤكسدها.
بعض النباتات قد تتحلل سريعا في التربة الزراعية تاركة قليلا جدا من الدبال بينما البعض الآخر يتحلل مكونا كمية كبيرة منه حيث يتوقف ذلك على نوع النبات وعمره.
يلعب المناخ دورا هاما أيضا في تحلل المادة العضوية وبالتالي في كمية الدبال المتراكم في التربة. حيث لوحظ وجود الدبال كثرة في الأراضي الحامضية في المناطق الباردة والتي تسمي بالتربة الدبالية Peaty soil. أما في المناطق الحارة فتتحلل المواد العضوية بسرعة لذا لا يتراكم فيها الدبال.
وتختلف نسبة الدبال في الأراضي الزراعية فقد تقل عن ١٪ وقد تزيد لتصل إلى ٣٠٪ في الأراضي الدبالية. و تعتبر الأرض فقيرة في الدبال إذا إحتوت على أقل من ١٪ في الأراضي الرملية و ٣٪ في الأراضي الطينية.

طبيعة وصفات الدبال

يتصف الدبال بعدة صفات أهمها:

١. هو مادة غروية غير بللورية

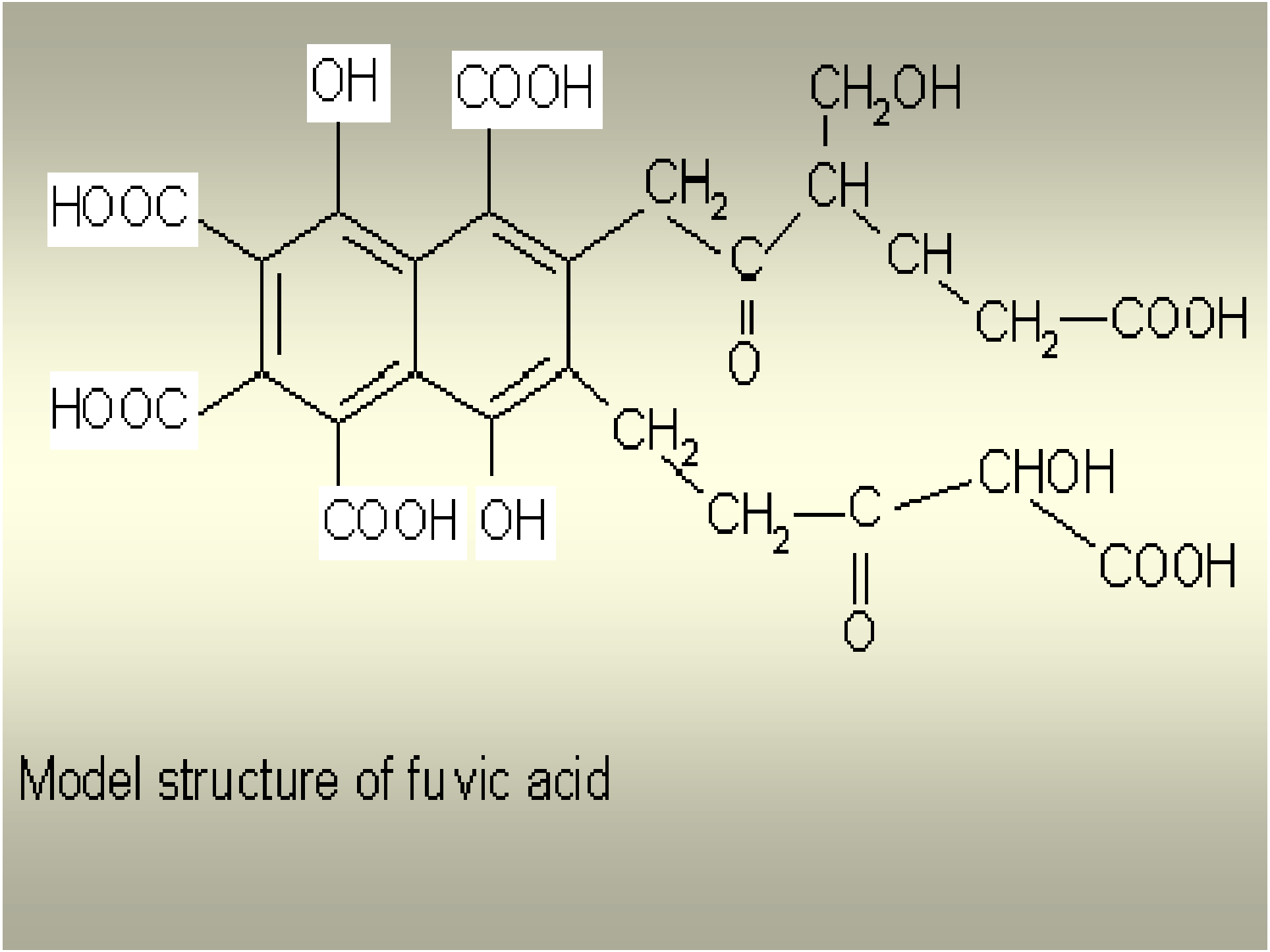
٢. السعة الادمصاصية أكبر من السعة الادمصاصية لمعادن الطين وتقدر السعة التبادلية الكاتيونية للدبال ما بين ١٥٠–٣٠٠ملليمكافئ لكل ١٠٠جم دبال أما السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن الطين فهي بين ٨–١٥٠ملليمكافئ لكل ١٠٠جم تربة.

٣. يدمص الدبال كميات من الماء تقارب ٨٠–٩٠٪ من وزنه في حين يمتص الطين ما بين ١٥–٣٠٪ من وزنه.

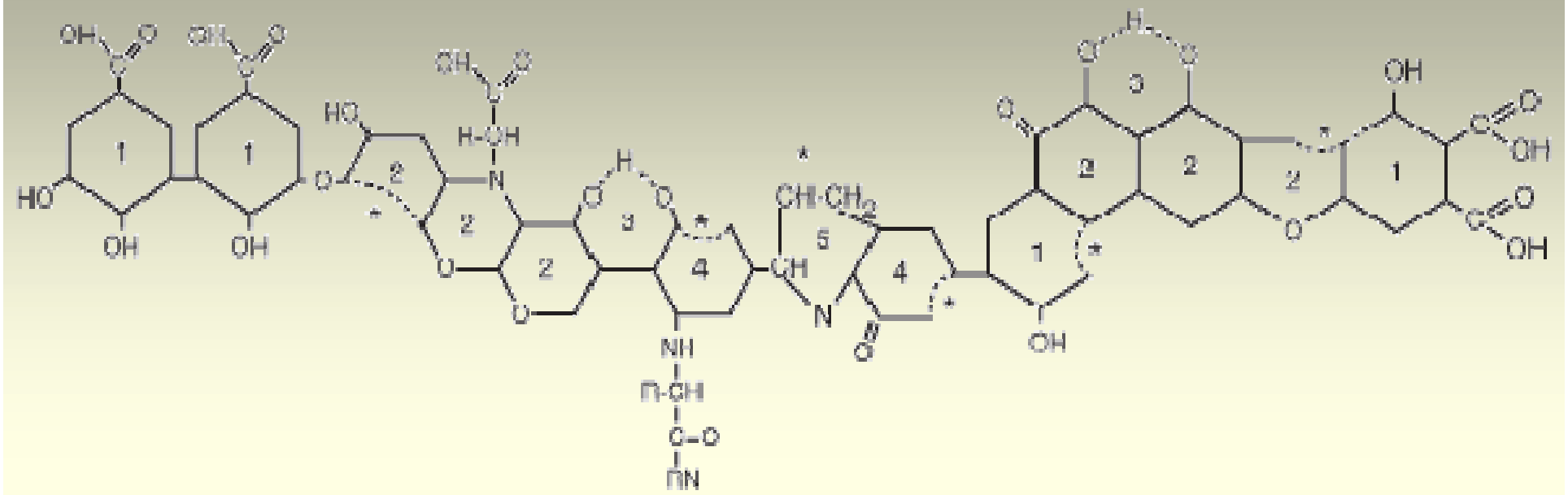
٤. مطاطية الدبال ودرجة التحامه وليونته قليلة إذا ما قورن بمعادن الطين.
٥. وحدات وصفائح الدبال تشابه إلى حد ما وحدات وصفائح الطين في توزيعها وتنظيمها. ويحتوي على سطوح شحنات سالبة ولكن لا يتكون من سليكون وألومنيوم وأكسجين وحديد بل يتكون من الكربون والهيدروجين والأكسجين مع كميات قليلة من النيتروجين و الكبريت والفوسفور.

٦. بالنسبة لذوبان الدبال في الحامض والقاعدة فيمكن أن نستنتج أن الدبال يتكون من ثلاثة مكونات وهي:

- حامض الفولفيك Fulvic acid: ذا لون براق يذوب في الحامض والقاعدة.
- حامض الهيوميك Humic acid: ذا لون متوسط بين براق وداكن يذوب في القاعدة ولا يذوب في الحامض.
- الهيومين Humin: ذا لون داكن غير براق لا يذوب في كل من القاعدة والحامض.

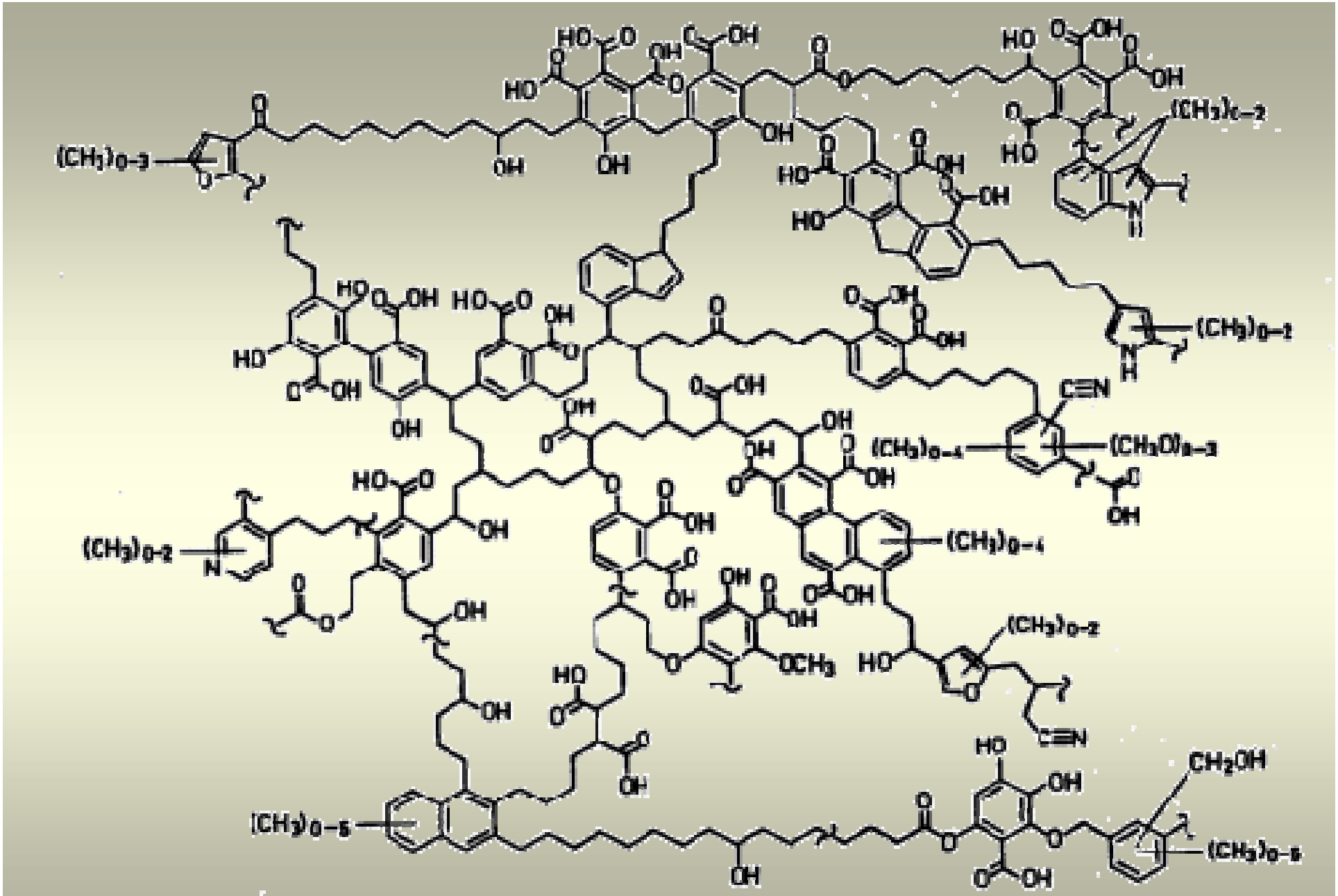


Model structure of fuvic acid



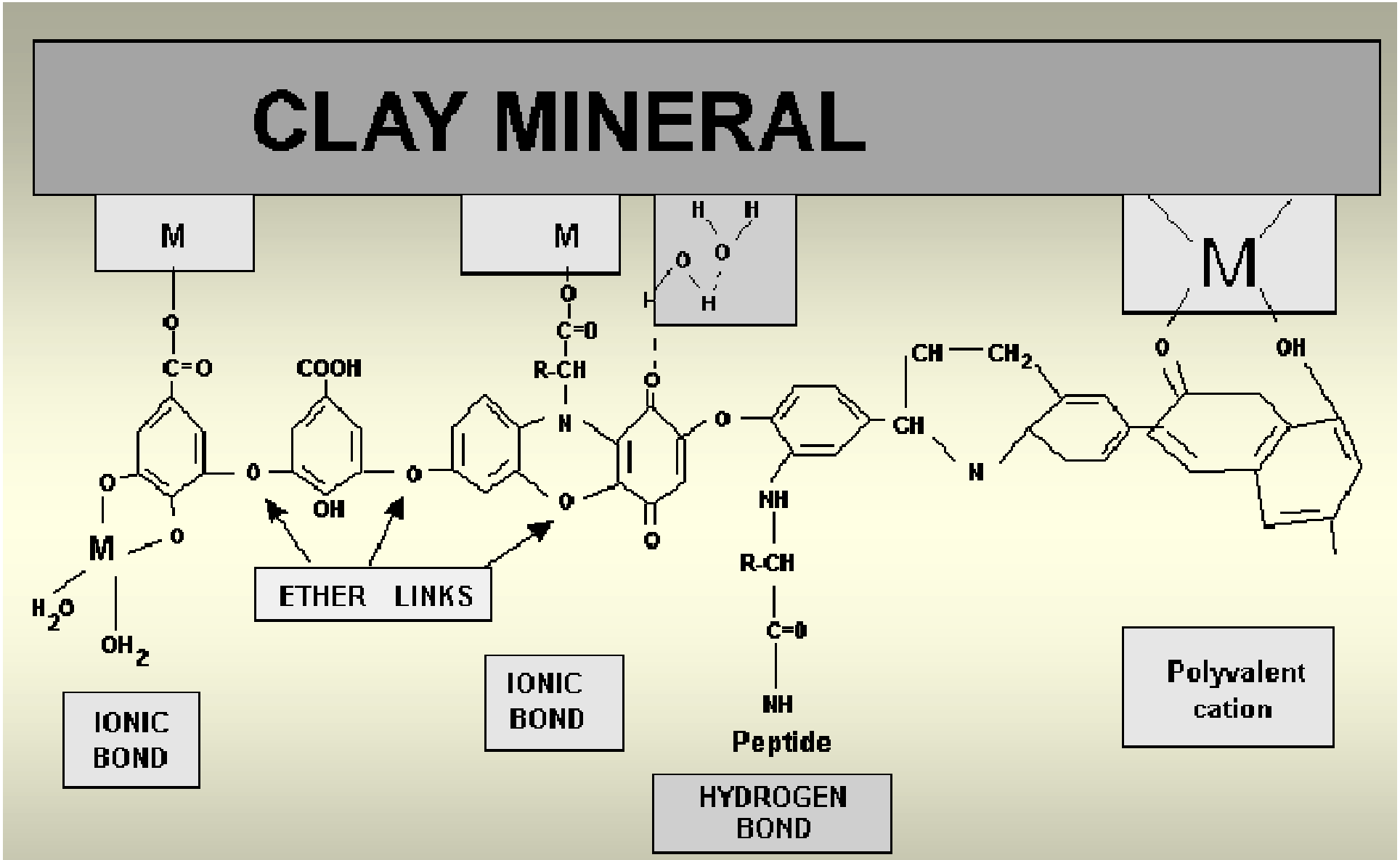
Model structure of humic acid

شكل توضيحي يبين التركيب البنائي المبسط لكل من حمض الفالفيك وحمض الهيوميك



نموذج آخر للتركيب البنائي لحامض الفالفيك

٧. من الناحية الكيميائية فإن هذه المكونات الثلاثة للدبال تكون متشابهه من حيث السعة الإدمصاصية وتحرير العناصر الغذائية.
٨. التداخل بين الغرويات المعدنية والغرويات العضوية في التربة
٩. غالبا ما يتواجد جزءا ضئيلا فقط من الغرويات العضوية بدن ترابط مع الغرويات المعدنية في التربة.



شكل توضيحي يبين التداخلات الممكن حدوثها بين الغرويات المعدنية والعضوية بالتربة

الإتحاد مع الأيونات المتبادلة على سطوح معادن الطين أو الذائبة في محلول التربة

حيث تتفاعل أحماض الهيوميك والفولفيك مع العناصر المعدنية الذائبة والمتبادلة مكونة هيومات Humate وفولفات Fulvate تلك العناصر. والمعروف أن هيومات العناصر القاعدية الأحادية التكافؤ فقط مثل الصوديوم والبوتاسيوم والآمونيوم تكون ذائبة. وتنتشر هذه المكونات عند توفر رطوبة كافية إلى الطبقات السفلى من التربة.

أما فيما يتعلق بمركبات حوامض الفولفيك فإنها مع جميع الأيونات الموجبة تكون مركبات عالية الذوبان ومتحركة في ظروف التفاعل الحامضي والمتعادل والقاعدي الضعيف في التربة.

الارتباط مع الأكاسيد الثلاثية الذائبة في الماء والغروية

مثل Fe_2O_3 و Al_2O_3 التي بها نسبة الأكسجين للحديد أو الألومنيوم ٣/٣ وتحدث عملية الارتباط من خلال التفاعلات التبادلية بين أشكال R_2O_3 غير السليكاتية وهيدروجين المجاميع الفعالة. ويطلق على هذا التفاعل بتفاعلات التبادل الأنيوني Anion Exchange reaction أي أن الأيون السالب (الجزء العضوي) ينجذب إلى سطح الأكسيد الموجب الشحنة. وتشترك الجزيئات العضوية في إحاطة أيون الأكاسيد المركزي مكونا معقدات Complexes أو مركبات مغلبية Chelates.

ومن أجل المقارنة نذكر أن تفاعل التبادل الأيوني:

التفاعل الأول: عبارة عن تفاعل تكثيف Condensation Reaction بين المجاميع الفعالة وسطح أكسيد الألمنيوم. وقد يكون مثل هذا التفاعل سائدا في جميع الأراضي إلا أن كميته ودرجة تشبع المواد الدبالية بالأكاسيد المذكورة وكذلك حركة المعقدات الدبالية مع الحديد والألومنيوم متباينة.

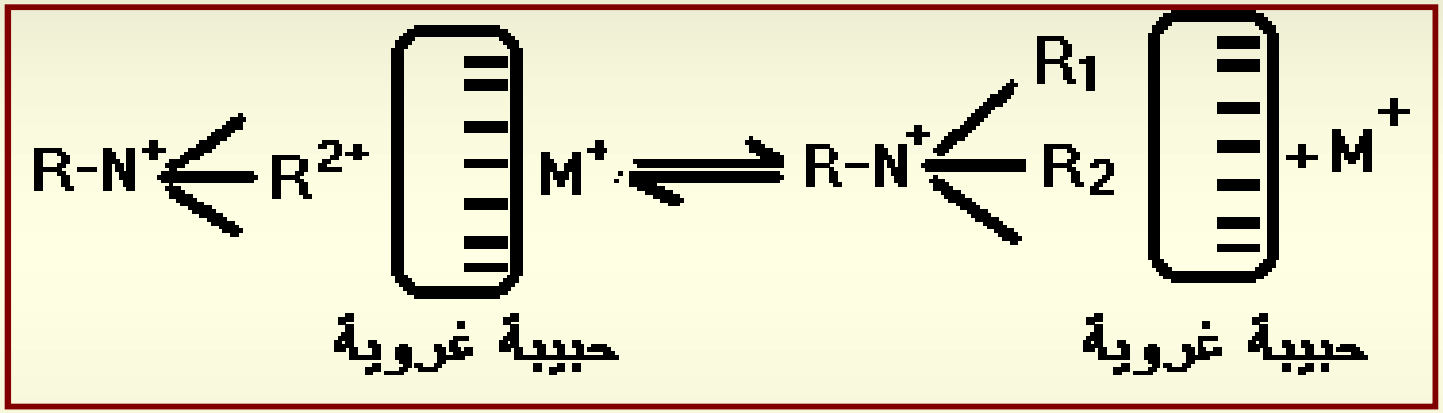
التفاعل الثاني: عبارة عن تفاعل تجاذب الكتروستاتيكي نتج بسبب اختلاف الشحنات. ويجدر الإشارة هنا إلى أن الأحياء الدقيقة تلعب دورا كبيرا في تحلل معقدات المواد الدبالية مع هذه الأكاسيد.

الاتحاد والتفاعل مع معادن الطين

يتحد الدبال والجزيئات العضوية مع حبيبات الطين في صورة أغشية حول وبين الحبيبات المعدنية وبذلك يؤثر كل منها على الآخر. أن طبيعة الارتباط بين هذين المكونين ذو أهمية كبيرة في تكوين بناء التربة. وحسب طبيعة الارتباط المتكونة يتحدد الشكل والحجم والصفات الثابتة (أي مقاومة التأثير التحطيمي للماء) للمجاميع (الحبيبة المركبة) التي تتكون من إتحاد الحبيبات الأولية مع بعضها تحت تأثير وجود الجزء العضوي. وأهم أشكال الروابط للمواد الدبالية مع معادن الطين هي:

التبادل الكاتيوني Cation Exchange

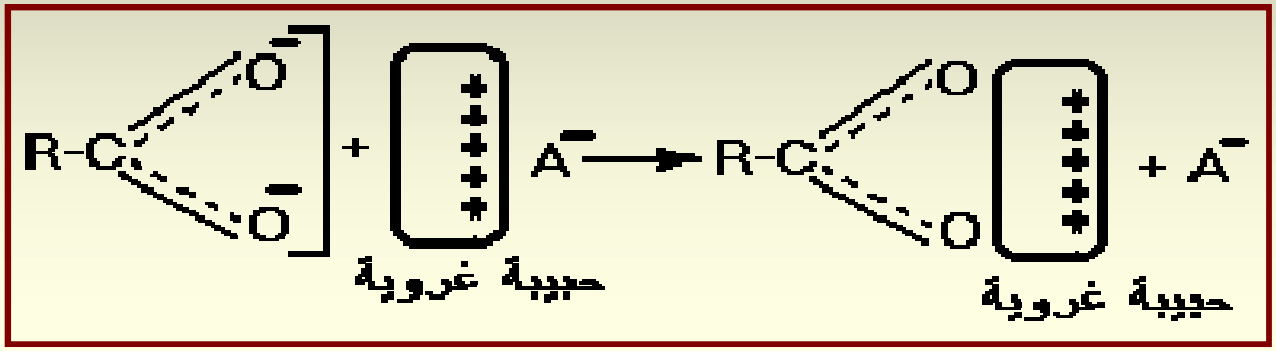
يحصل مثل هذا التفاعل بين غرويات التربة السالبة الشحنة وبين المجاميع العضوية الحاوية على ذرات النيتروجين ومجاميع حلقية أو اليفاتيكية. ويمكن وصف التفاعل كالآتي:



حيث R تمثل سلسلة هيدروكربونية Hydrocarbon Chain، R2, R1 عبارة عن ذرات هيدروجين أو مجاميع هيدروكربونية Hydrocarbon Group، M الأيون الموجب المدمص على سطح الغروي الذي طرد إلى المحلول الخارجي. وقد تكون هذه الروابط قوية جدا في معظم الحالات.

التبادل الأنيوني Anion Exchange

إن إنحلال المجاميع الكربوكسيلية المرتبطة في الجزيئات العضوية تحت ظروف pH مناسبة تساهم في عملية الترابط وفقا لما يلي:



حيث -A- يمثل الأنيون المتبادل على سطح غروي موجب الشحنة، ولا بد هنا من الإشارة إلى عدم وفرة الأبحاث لإثبات صحة مثل هذا التفاعل بالتربة.

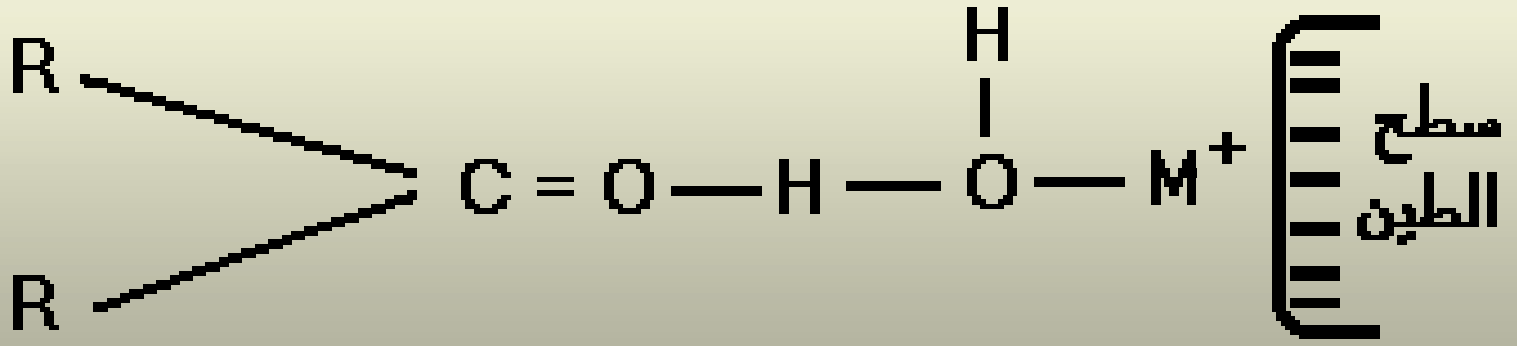
ويرجع سبب ذلك إلى غياب الغرويات الحاملة للشحنة الموجبة في ظروف pH ملائم لتأين المجاميع الكربوكسيلية. فالغرويات الحاملة للشحنة الموجبة تكون سائدة في الوسط الحامضي الذي يمتاز بعدم ملائمته لتأين المجاميع الكربوكسيلية.

الرابطة الهيدروجينية Hydrogen bond

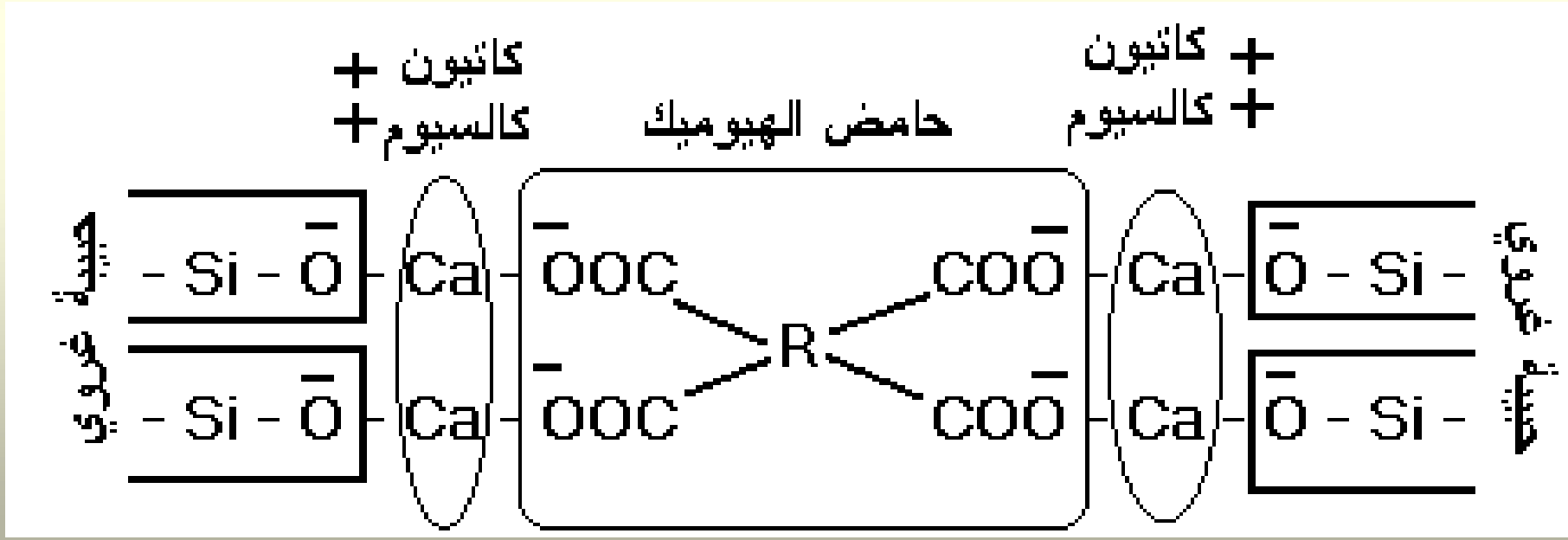
تمثل الرابطة الهيدروجينية قوة إلكتروستاتيكية بين ذرة الهيدروجين من جهة وذرة سالبة الشحنة (مثل الأكسجين) وذرة أخرى سالبة الشحنة أو مجموعة من الذرات المختلفة من جهة أخرى. حيث تكون ذرة الهيدروجين جسرا بين الذرات. وقد تأخذ الشكل التالى OH---O ، OH---N ، NH---O أو NH---N وأن المواد الدبالية تحتوي على الكثير من المجاميع الفعالة التي تحتوي بدورها على (H+) وهذه تساهم في عملية ربط حبيبات التربة مع المركبات العضوية. ويجدر الإشارة هنا إلى أن المجاميع الفعالة للمواد الدبالية تعمل كواهبة أو مكتسبة للرابطة الهيدروجينية في نفس الوقت.

معقدات جسر الماء
Water Bridge Complexes
والجسور الكاتيونية:

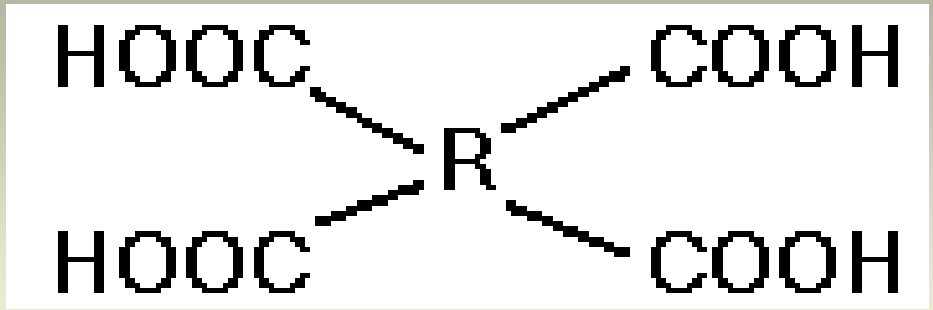
المعقدات التي تحتوي على رابطة بين الجزيئات العضوية والأيونات الموجبة المدمصة على سطح المعادن من خلال جزيئات الماء. ويمكن تمثيل هذه الرابطة بما يلي:



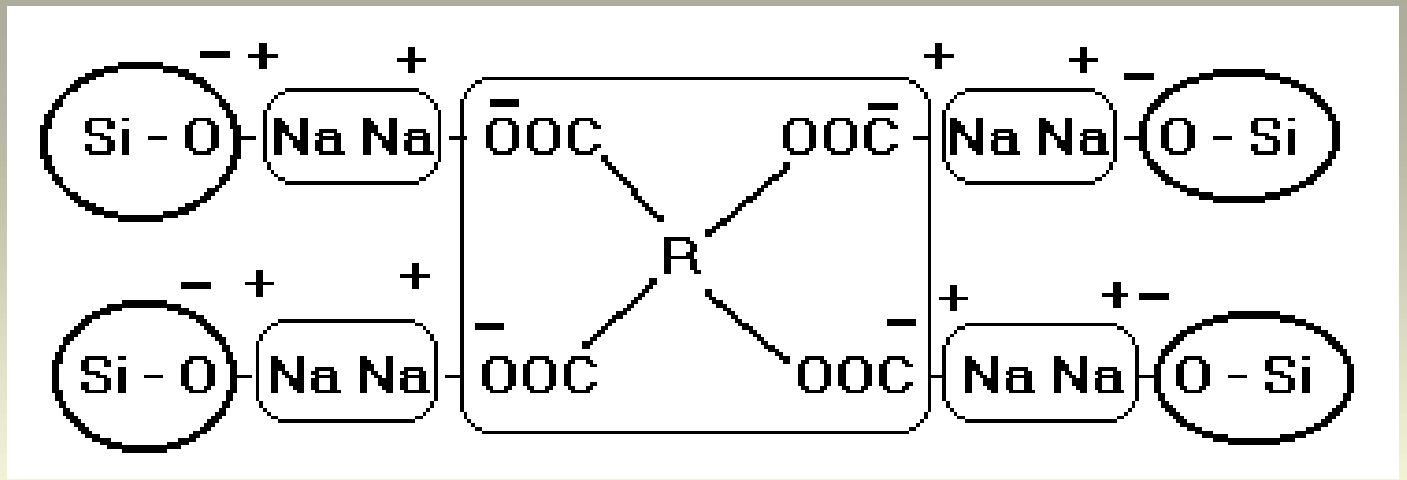
حيث M يمثل الأيون الموجب، وغالبا ما يعتقد أن هذه الرابطة غير ثابتة. أي أنه يمكن أن ترتبط المجاميع الكربوكسيلية مباشرة مع الأيون الموجب المدمص وهذه الحالة هي السائدة عند الجفاف. والشكل التالي يوضح طبيعة التفاعل.



ويتمثل حامض الهيوميك بالشكل التالي:



وأن R هنا عبارة عن النواة المعقدة لحامض الهيوميك والتي ترتبط بأربعة مجاميع كاربوكسيلية وأما السليكون (Si) هنا فيمثل سليكون الطبقة السطحية لطبقة التتراهيدرا في المعدن الطيني. أما الكالسيوم فيعتبر بمثابة جسر يربط من جهة بحامض الهيوميك ومن الجهة الأخرى مع الحبيبات المعدنية. وعند غسل التربة بأملاح الكاتيونات القلوية الأحادية يجري هنا إحلال هذه الكاتيونات محل الكاتيونات الثنائية الشحنة وأن مثل هذا الإحلال يؤدي إلى تحطيم الروابط بين حامض الهيوميك والمعادن السليكاتية. ويمكن تصور الشكل التالي عند التشبيع بالصوديوم.

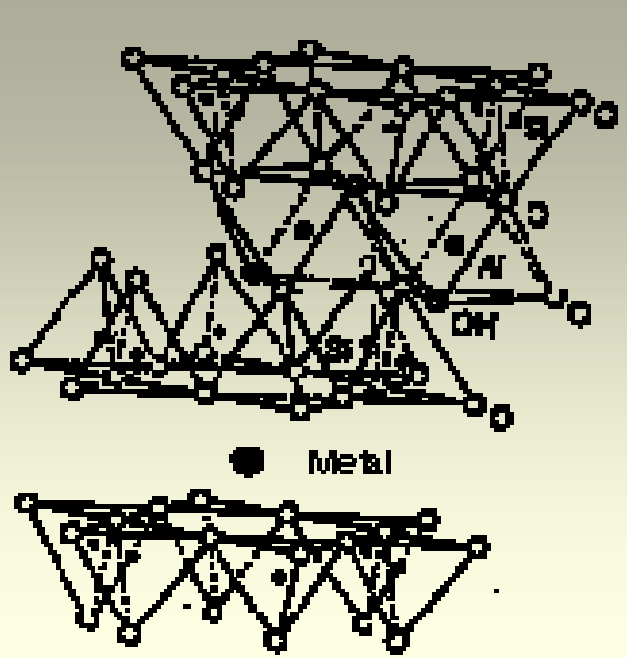


ونتيجة ذلك يحدث انتشارها لحامض الهيوميك وبذلك تتحطم المجاميع. أن في كلا الحالتين – وجود أو عدم وجود جزيئات الماء حول الايون المدمص – يشترك بها الأيونات الموجبة الثنائية والثلاثية المتبادلة. وأن إضافة مزيد من الماء يؤدي إلى هدم هذه الرابطة المتكونة. وقد يكون هنالك تسابق بين جزيئات الماء والجزيئات العضوية للإحاطة بالأيون المدمص لبعض الجزيئات العضوية مثل كحول الإيثانول Ethanol أو كحول إثيلين جليكول Ethylene Glycol القابلة على إزاحة جزيئات الماء بالأيون المدمص وبذلك يكون الاتصال مباشر بين الجزء العضوي والأيون المدمص وفقا لما يلي:

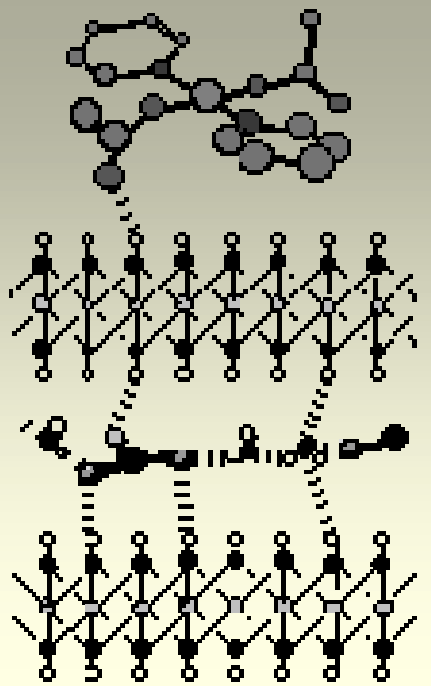
قوي فانديرفالس Van der Waals forces

تلعب قوي فانديرفالس دورا كبيرا في تغطية سطح الحبيبات المعدنية بالجزيئات العضوية، حيث تعمل على جذب الجزيئات المعدنية والعضوية لبعضها ويعتقد أن أساس هذه الرابطة الضعيفة هو الاستقطاب، أي أنه ذات طبيعة إليكتروستاتيكية.

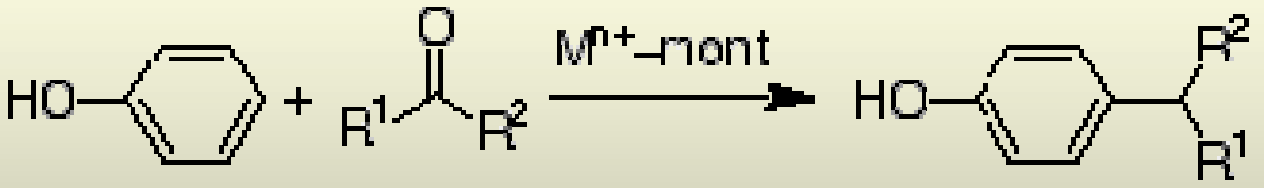
وأن الحبيبات المركبة من الطين والمادة العضوية هي حبيبات ثابتة ضد تأثير الماء وغير متفرقة وتساعد على ثبات بناء التربة. وهذا التأثير مفيد جدا لحفظ التربة في حالة مناسبة من الوجهة الزراعية. مثل هذه الأرض تكون سهلة الخدمة ويكون معدل سريان الماء فيها سريع ويقل فيها تكون القشرة السطحية Crust ولا تميل إلى تكوين الكتل الصلبة عند جفافها.

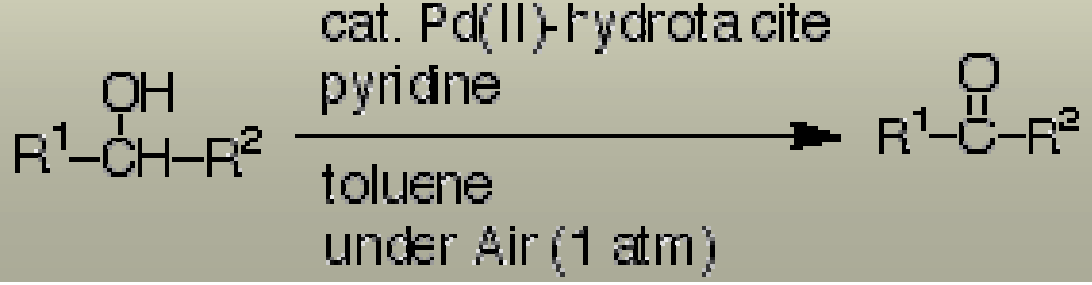


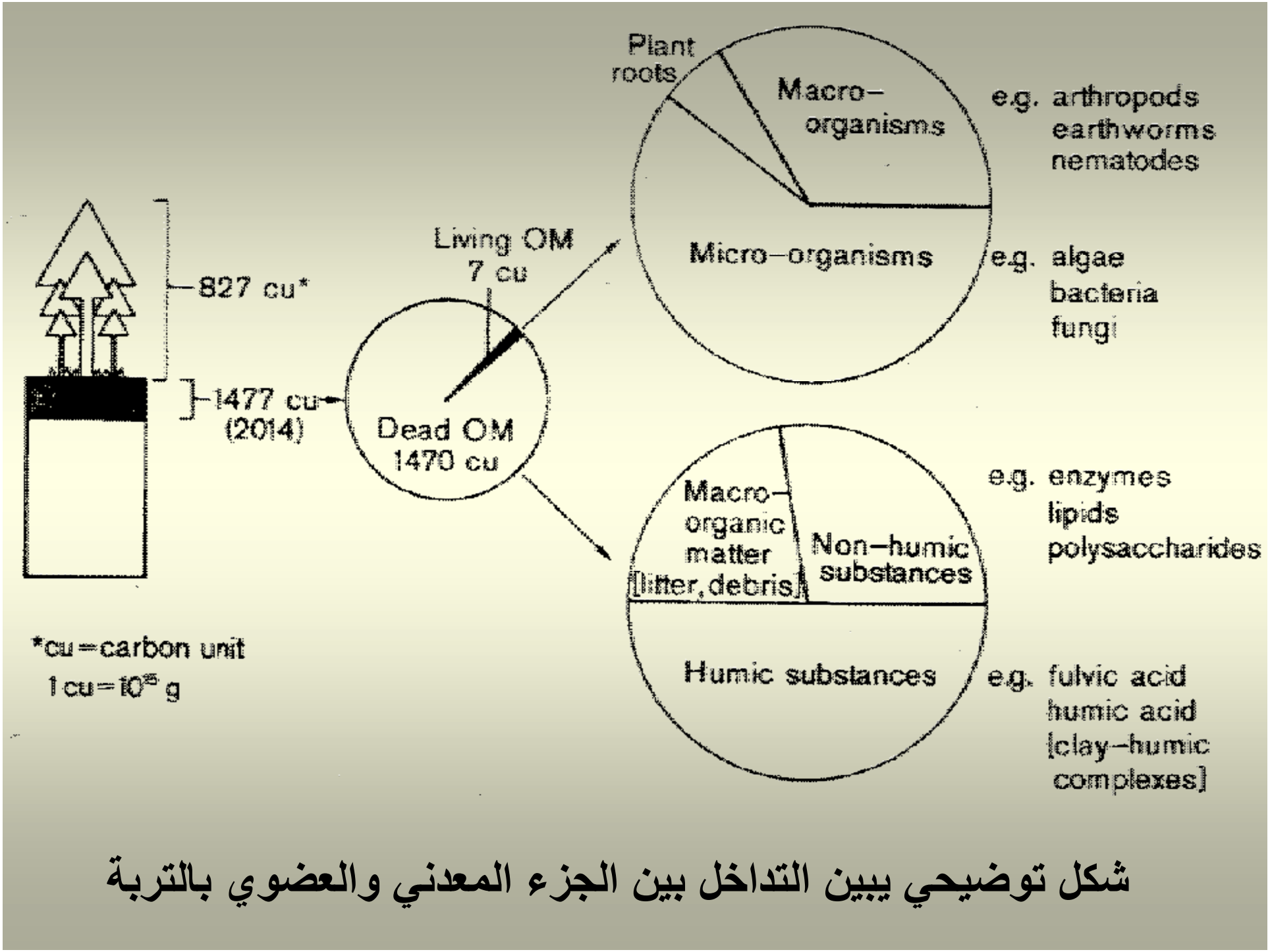
M^{n+}–montmorillonite



Pd(II)-hydrotalcite







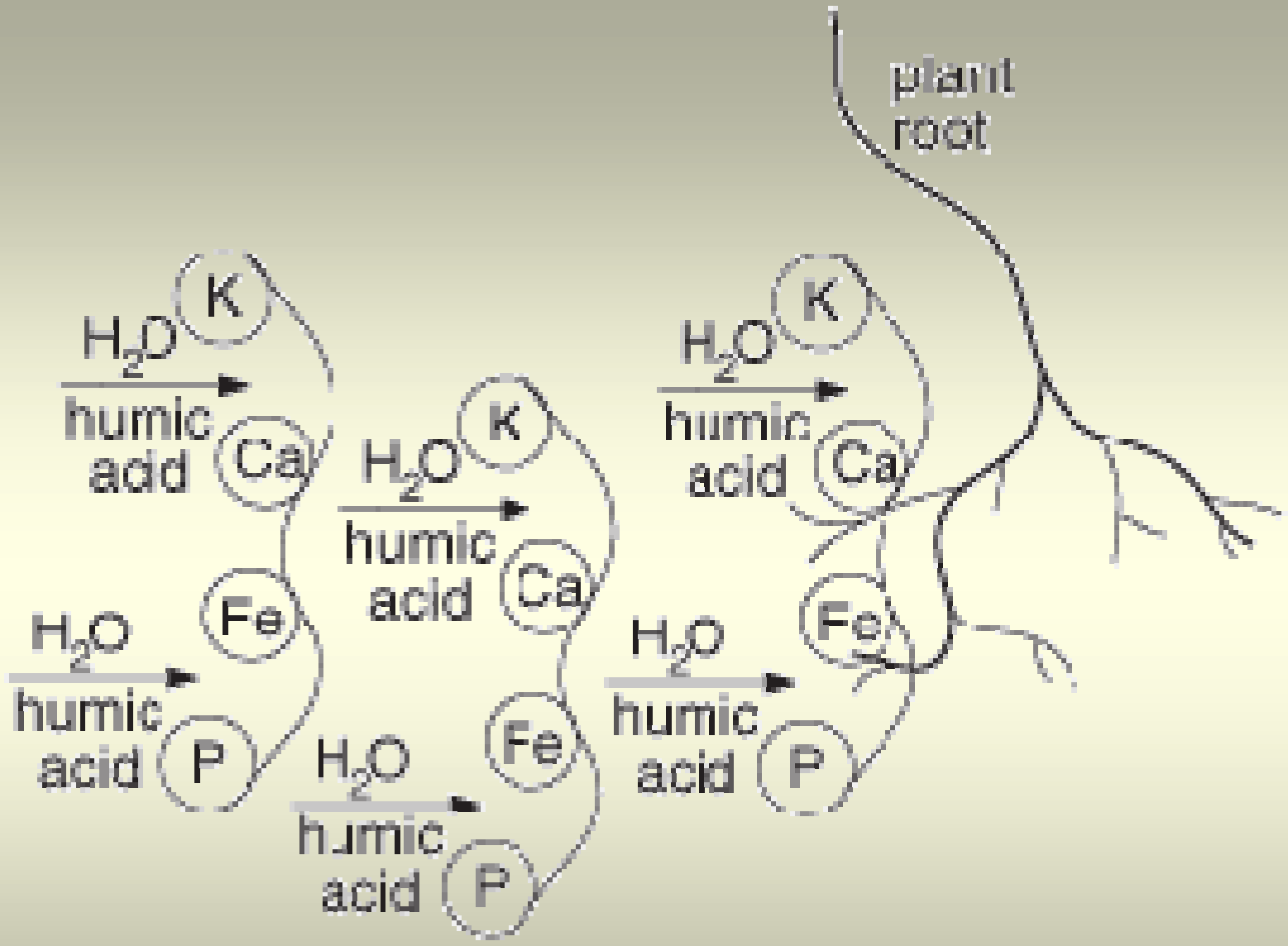
شكل توضيحي يبين التداخل بين الجزء المعدني والعضوي بالتربة

أهمية المادة العضوية للتربة والنبات

للمادة العضوية أهمية في زيادة خصوبة التربة حيث تؤثر على التربة والنبات وتأثيرها يكون عن طريق العديد من العمليات ومنها:

الدور المباشر الذي تقوم به المادة العضوية

حيث أنها مصدرا للعناصر الغذائية الميسرة للنبات عند تحولها من الصورة العضوية إلى الصورة المعدنية Mineralization.



شكل يوضح دور المادة العضوية في تيسير الماء والعناصر الغذائية لجذور النبات

وتعتبر المادة العضوية مخزن لكثير من العناصر الغذائية اللازمة للنبات. وخاصة عناصر الكربون والنيتروجين إلى درجة كبيرة والفسفور والحديد والكبريت بدرجة أقل.
كما وأن المادة العضوية في تحللها تكون الأحماض العضوية وثاني أكسيد الكربون التي تؤثر في إذابة المعادن وتجعل عناصرها أكثر صلاحية للنبات مثل الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم.

الدور الغير مباشر الذي تقوم به المادة العضوية

يتمثل في تحسين البناء الأرضي الذي يعمل على إستفادة النبات من الماء والعناصر الغذائية. والتغير في المادة العضوية من أهم العوامل التي تهدف إلى إيجاد البناء الأرضي المرغوب فيه.

تأثير المادة العضوية على خواص الأرض الكيميائية

حيث تؤثر المادة العضوية على التبادل الأيوني Aion Exchange والقدرة التنظيمية للتربة Soil Buffering Capacity وهذا بدوره يؤثر بدرجة كبيرة على امتصاص العناصر عن طريق النبات أو احتجازها في الأرض.

تأثير المادة العضوية على خواص الأرض الطبيعية

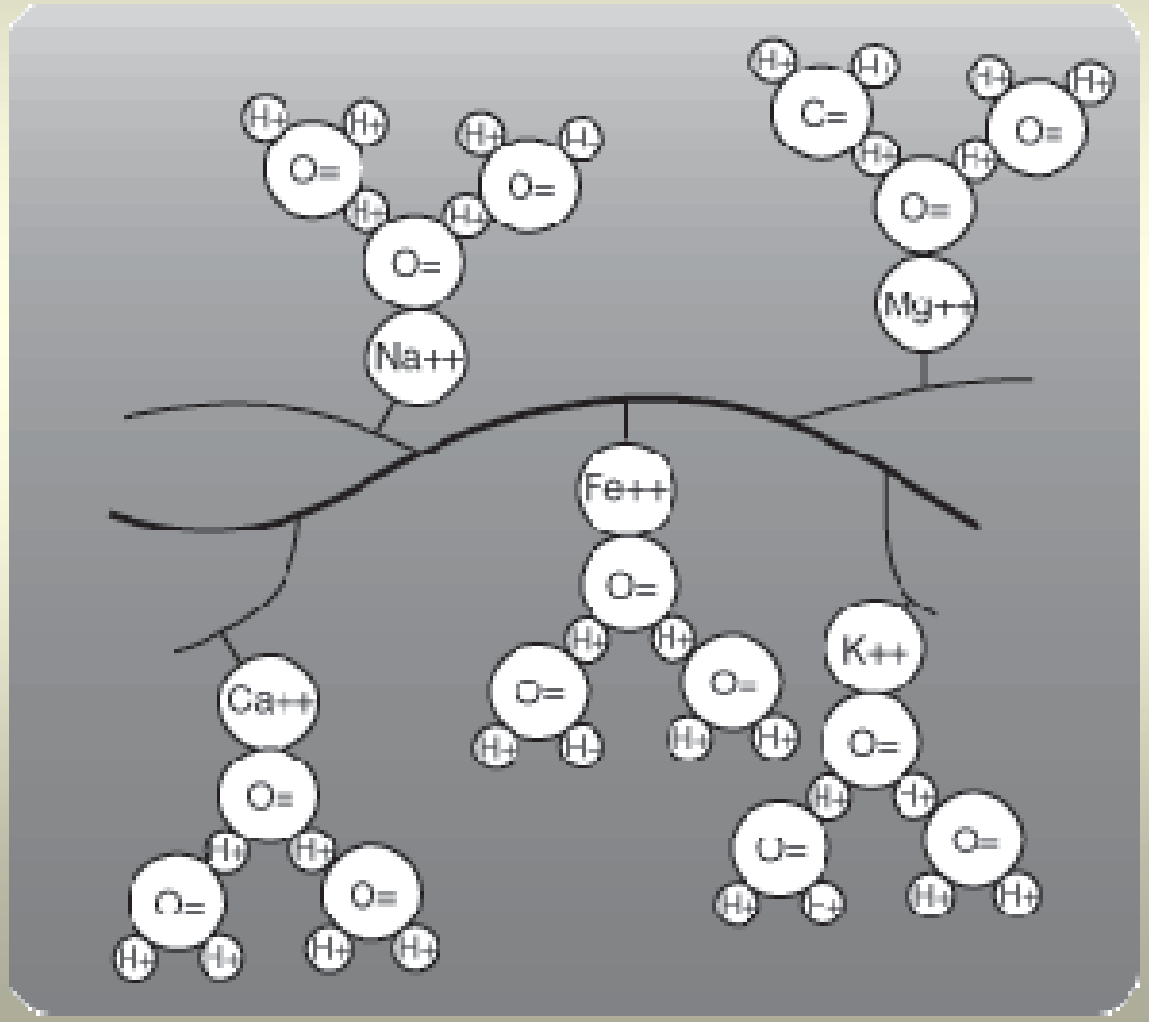
حيث تؤثر المادة العضوية على الخواص الطبيعية للأرض والتي نذكر منها:

تقلل المادة العضوية من التعرية المائية وجرف الماء وللتربة. وتحافظ بقايا النباتات على سطح التربة من تأثير سقوط الأمطار وإرتطامها بحبيبات التربة. وتحافظ على التربة من التعرية الهوائية بواسطة الرياح.

بقايا النباتات تقلل من درجة حرارة التربة خلال فصل الصيف وتبقى التربة دافئة خلال فصل الشتاء.

تزيد المادة العضوية من تهوية التربة بزيادة المسامات الهوائية خاصة في التربة الطينية وذلك عند تحللها حيث تعمل على تجمع حبيبات التربة.

تقليل الماء الذي يفقد بالتبخر من التربة وزيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء وبالتالي زيادة الماء الميسر في التربة الرملية.



شكل يوضح دور المادة العضوية في تقليل فقط التربة للماء وزيادة تيسرها في الأراضي الخشنة

تأثير المادة العضوية على النشاط الحيوي بالتربة

تعد المادة العضوية مصدرا للطاقة وتزيد من الكائنات الحية الدقيقة وخاصة المثبتة للنيتروجين حيث تمدها بالكربون.

التأثير المباشر للمادة العضوية على النبات.

للمادة العضوية تأثير مباشر على النبات حيث توجد كميات بسيطة من بعض المكونات العضوية كحامض البنزويك والفانيلين تكون سامة للنبات في الزراعات الرملية.

في حين توجد مكونات عضوية معينة كالأحماض الدبالية وبعض المكونات العطرية والأحماض العضوية لها تأثير على زيادة نمو النبات.

ويرجع التأثير النافع لهذه المكونات بأن الدبال يحتوي على مكونات معينة من نوع الأكسينات Auxins لها تأثير مماثل للفيتامينات في الحيوان الحي وقد علل هذا إلى تأثير الأحماض الدبالية ومشتقاتها على زيادة نفاذية أغشية النبات وتشجيع امتصاص العناصر الغذائية. كما يعزي البعض هذا التأثير إلى وجود الحديد الميسر. والظاهر أن التأثير المؤكد للمواد المنشطة للنمو في المادة العضوية يرجع إلى تأثيرها على الخواص الكيميائية الغروية للبروتوبلازم كالنفاذية مثلا وعلى زيادة امتصاص الماء والعناصر الغذائية في أجزاء النبات الغنية بهذه المواد المنشطة للنمو، وهو معروف حاليا بالنسبة لاستعمال منشطات النمو في الزراعة. ومعظم هذه المنشطات عبارة عن مكونات عطرية مشتقات لأحماض عضوية كحامض الخليك والبيوتريك والبروبيونيك ويعزى تأثيرها النافع إلى التركيزات المنخفضة منها.

كما لوحظ أن:

المركبات العضوية النيتروجينية يمكن أن يمتصها النبات مباشرة ومن هذه المركبات الأحماض الأمينية مثل Glcine , Alanine.

امتصاص النبات لبعض المركبات العضوية الموجودة في المادة العضوية مثل Phenol Carboxylic acid , Vanillic acid.

أسئلة على الفصل الخامس

١. عرف كل من المادة العضوية – الدبال؟
٢. وضح برسم تخطيطي مراحل تكون الدبال مع تحلل المادة العضوية؟ مع ذكر مكونات الدبال؟
٣. ما هي العوامل المؤثرة على كمية الدبال بالتربة؟ مع التوضيح بأمثلة؟
٤. أذكر أهم الصفات التي يتصف بها الدبال؟
٥. ما هو وجة الشبه والاختلاف بين مكونات الدبال؟
٦. كيف يتم التداخل بين الغرويات المعدنية والعضوية بالتربة؟
٧. فرق بين تفاعل أحماض الهيوميك والفولفيك بالعناصر المعدنية الذائبة والمتبادلة بالتربة؟
٨. ما هي أهمية إتحاد الدبال والجزيئات العضوية بحبيبات الطين؟
٩. أذكر أهم أشكال الروابط التي تربط المواد الدبالية مع معادن الطين؟
١٠. وضح أهمية المادة العضوية للتربة والنبات؟
١١. وضح العلاقة بين المادة العضوية و صلاحية العناصر للامتصاص بواسطة النبات؟
١٢. بما ذا تفسر التأثير السام والتأثير النافع للمادة العضوية على النبات؟