جامعة واسط / كلية الزراعة

قسم علوم التربة والموارد المائية

مادة مبادئ التربة/ الجزء النظري

م. د. منتظر حمادي منصور البديري

المرحلة الاولى

م.د. منتظر حمادي البديري

مفردات المنهج النظري

الاسبوع	عنوان المحاضرة	الملاحظات
1	نشوء التربة وتكوينها	
2		
3	الخصائص الفيزيائية للتربة	
4		
5	امتحان الشهر الاول	
6	ماء التربة	
7	الغرويات وخصائص التربة الكيميائية	
8	الملوحة والقلوية في التربة	
9	امتحان الشهر الثاني	
10	الخصائص البايولوجية للتربة	
11		
12	خصوبة التربة وإدارة المغذيات	
13	تصنيف وإدارة الترب	
14	دلائل نوعية وصحة التربة	
15	امتحان الشهر الثالث	

م.د. منتظر حمادي البديري

المصادر

1. **العاني، عبد الله نجم. 1980. مبادئ علم التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد/ كلية الزراعة.**
2. **علي، نور الدين شوقي. 2015. المدخل الى علوم التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة بغداد/ كلية الزراعة.**
3. **سالم، شفيق جلاب ونور الدين شوقي علي. 2017. دليل التحاليل الكيميائية للتربة، والماء، والنبات، والاسمدة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة بغداد.**

ماهي التربة:

التربة طبقة ذات سمك قليل الا انها ثمينة وهي تغطي مكونات جيولوجية في سطح الارض تعرضت الى درجات مختلفة من عمليات التجوية وتكون بشكل طبقة ذات قشور هشة ومواصفات معينه, والتربة ليست صخور او ترسبات جيولوجية ولكنها تحولت خلال عمليات تكوين التربة الى هذا الشكل المسمى تربة.

وبشكل عام فان التربة عبارة عن اجزاء معدنية وعضوية تترابط بشكل متداخل ومعقد تتخلله فراغات او مسامات بينية يشغلها الماء او الهواء وعند ترطيب التربة بالماء يصبح هذا المعقد وسطاً خصباً تنهل منه كل الاحياء على كوكب الارض، وهذه الطبقة الساندة للحياة تسمى Pedosphere وتكون نشطة حيوياً ومسامياً وذات بناء وتكون بكفاءة بتوزيع الماء والتدفقات الكتلية والطاقة وفضلا عن كون التربة ساندة للحياة فهي تعمل على ترشيح الكثير من المخلفات الصناعية والملوثات وبهذا تعمل على تقليل تلوث البيئة.

ومن خلال ما سبق فان التربة هي جسم طبيعي ديناميكي متطور يتكون من مواد معدنية وعضوية عند سطح الارض له ثلاثة ابعاد وفي توازن ديناميكي مع الاجزاء الجيولوجية او غلاف الصخور للقشرة الارضية Lithosphere التي تحتها والمحيط الجوي Atmosphere الذي فوقها وتتداخل مع المحيط المائي Hydrosphere وهي جزء من المحيط الحيوي Biosphere ولها دور مهم في حياة العالم.

اما الارض فهي مفهوم بيئي اداري للتعبير عن تربة واحدة او اكثر فضلا عن المكونات الداخلية للأرض من صخور ومياه وجميع المكونات الخارجية من ماء ونبات والظروف المناخية المحيطة بها.

علم التربة Soil Science

علم متكامل يربط المعرفة للمحيط الجوي بالمحيط الحيوي واليابسة والماء وهو جزء من علوم الارض الذي يتعامل مع التربة على انها مصدر طبيعي قابل للتجدد لكن بشكل بطيء جداً، وعلم التربة يتضمن دراسة نشوء التربة وتصنيفها وخواصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والمعدنية واستخدام التربة وادارتها وهو اساس لعلوم الزراعة والغابات والبيئة والجغرافية الفيزيائية والهندسة المدنية والاثار.

كما يعرف علم التربة بأنه مجموع المعلومات والاسس المنظمة والمتعلقة بالمادة المسماة تربة وهو علم له علاقة بجميع العلوم الطبيعية ولاسيما علوم الفيزياء والكيمياء وعلوم الحياة.

يطلق على علم التربة علم البيدولوجي Pedology وهو العلم الذي يعد الترب المختلفة وحدات طبيعية ويركز على التطور والعلاقات الفيزيائية والكيميائية والحيوية وعلى طبيعتها الديناميكية والحركية او بالأحرى هو علم دراسة التربة بالحقل، يهتم Pedololgy بدراسة التربة كظاهرة طبيعية الوجود والتكوين ويتفرع منه عدد من العلوم ومنها على وجه الخصوص مسح وتصنيف التربة وفيزياء التربة وكيمياء التربة وخصوبة التربة وكيمياء حيوية التربة والاحياء المجهرية فيها.

عمليات تكوين التربة: Processes of Soil Formation

تكونت التربة من تفاعلات طبيعية وكيميائية وحيوية على المادة الام Parent Material وتحولها الى معادن طينية وتربة، وهذه العمليات تحدث بشكل متزامن وتتضمن:-

1. عمليات التحول Transformation

بسبب الرطوبة الحرارة تحدث عمليات تغير وتحول في صخور التربة تسمى التجوية Weathering والتي تشمل التجوية الفيزيائية مثل الانجماد والذوبان والانكماش والتمدد وعمليات التكسر والتفتت للصخور وهذه العمليات تؤدي الى زيادة التفتت والمساحة السطحية التي تساعد في اتمام التجوية الكيميائية، والتجوية الكيميائية مثل الذوبان والتحلل المائي وتكون حامض الكاربونيك وينجم عن هذه العمليات تكون المعادن الطينية والتي تمثل الاجزاء الرئيسية للتربة. هذه العمليات تكون على اشدها في المناطق الرطبة الاستوائية واقلها في المناطق الجافة وشبه الجافة، ولو لم تكن التربة نظاماً مفتوحاً لما تعرضت التربة للتجوية، لذا فهو الادخال والاخراج المستمر للماء المار في التربة والكتلة الحية والطاقة الشمسية، التي تجعل التربة في تغير مع مرور الزمن وهذه التغيرات تنعكس على تطور افاق التربة Soil Horizons، وعلى الشكل المورفولوجي والمحتوى المعدني لجزء الطين في التربة.

ومن هذه التفاعلات والاكثر اهمية ما يطلق عليه التحلل المائي Hydrolysis وعملية اضافة البروتونات، والتي يمكن ان تتضح من خلال تجوية الفلدسبار Albite لتكوين المعدن الطيني الكاؤلنايت Kaolinite:

$$4NaAlSi_3O_8\ (s) + AH^+ + 18H_2O(L) = Si_4Al_4O_{10}(OH)_8(s) + 8Si(OH)_4 + 4Na^+$$

وهنا S تعني صلب و L تعني سائل

2. عمليات الاضافة Addition

الاضافة للمواد العضوية التي تنتج عن وجود النباتات وتتأثر بنوع النبات وطبيعة جذوره، اذ ان نباتات المراعي تكون ذات جذور كثيفة وليفية بينما نباتات الاشجار تكون وتدية وعميقة، هذا فضلا عن كمية الاوراق التي تتساقط من الاشجار وتتحلل لتكون المواد العضوية او الافق O. وعملية الاضافة تكون على اعلاها في المناطق الممطرة الباردة لغزارة نمو النباتات وقلة الفقدان، كما توجد عمليات الاضافة في مناطق الاهوار بسبب انخفاض عمليات الفقد.

3. عمليات نقل المواد وغسلها وفقدانها Transport, Leaching and Losses

نتيجة الظروف المناخية من شدة هطول الامطار تحدث عمليات غسل كبيرة للسليكا ولاسيما في المناطق الاستوائية وتحدث عمليات نقل للأيونات وعمليات تبادل بين الايونات الذائبة والمتحركة مع الماء واسطح التربة ولا سيما معادن الاطيان وهذه العملية تكون على اشدها في المناطق الممطرة.

تحت ظروف معينة ونتيجة سوء الادارة تحدث عمليات فقد للنتروجين اما عن طريق الغسل او الفقدان بشكل غازات والشيء نفسه يمكن ان يحدث للكبريت الذي يكون معرضاً للفقد بشكل غازات، هذا فضلا عن الفقد للعناصر عن طريق التعرية او الجرف السطحي.

4. عمليات الاختزال Reduction

تحدث هذه العملية تحت ظروف معينة وتكون سائدة في المناطق المنخفضة والرطبة التي تتعرض الى الغمر ولعمليات التخمر وتتجمع المواد العضوية فيها لان الاكسدة تكون بطيئة، وتحدث ايضاً في الاراض المبتلة والاهوار والمستنقعات ويتكون الخث peat.

عمليات تكوين التربة في العراق

1. **التملح:** ارتفاع كمية الاملاح في الترب وتجاوزها للحد الذي تنمو في النباتات بشكل جيد، وهذه العملية تحدث في المناطق الوسطى والجنوبية.
2. **ازالة التملح:** وهي عملية تحدث في المناطق الشمالية لوجود الامطار بشكل كاف.
3. **التكلس:** وهي عملية تحدث في معظم مناطق العراق والتي تؤدي الى تراكم معادن الكاربونات (كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) بشكل عام، وسبب هذه الكلسية هو نوع المادة الام والجفاف الذي لا يسمح بغسل هذه التراكمات من الجزء العلوي للتربة.
4. **ازالة التكلس:** تحدث في المناطق الشمالية ولذا فان نسب معادن الكاربونات في التربة تكون اقل.
5. **تطور اللون الداكن:** تحدث في الشمال نتيجة لوجود المواد العضوية.
6. **الاختزال:** تحدث بشكل خاص في مناطق الاهوار وترب المنخفضات في الجنوب.

م. د. منتظر حمادي البديري

عوامل تكوين التربة Soil Forming Factors

يعتمد تكون التربة على التأثير المتداخل والمتكامل لعوامل عدة تدعى عوامل تكوين التربة التي صاغها العالم جيني Jenny 1941 في كتابه الشهير Soil Forming Factors وصاغها في معادلة توضح ببساطة ان التربة ماهي الا دالة لعوامل تكوينها وحسب المعادلة الاتية :

$$S= F(Cl, O, R, PM, T, ...)$$

وهذا يعني ان التربة دالة لكل من المناخ Climate (Cl) والاحياء Organisms (O) والطبوغرافية Relief (R) والمادة الاصل Parent material (PM) والزمن Time (T) واضيف لها الانسان كعامل منفرد او مستقل يؤثر في التربة من خلال العمليات الادارية من اضافة اسمدة ومواد عضوية وقلب للتربة في اثناء الحراثة.

تبدأ التربة بالتشكل حين تعمل القوى الطبيعية المحيطة الممثلة بعوامل المناخ عملها على صخور الاصل والمواد المماثلة على سطح الارض او القريبة منه لتشكل ما يسمى بالواد الام Parent material ومع مرور الزمن ولمدة طويلة تبدأ المواد العضوية بالتراكم بعد نشوء حياة على تلك الصخور كنمو النبات والاحياء البسيطة حتى تتكون طبقة سطحية غامقة تسمى الافق A وهذه التربة يكون لها افقين فقط وتتميز بتراكم المادة العضوية في السطح وتكون سرعة غسل المواد الغروية من الافق A ابطأ من تراكمها، وتكون صفات هذه التربة موروثة من المادة الام وتدعى بالترب الحديثة غير الناضجة (immature Soil)، وعند مرور الزمن تتكون احماض عضوية تسهم في تحطيم بعض المعادن واطلاق بعض العناصر، وعند وجود كفاية من الماء تغسل هذه المواد الى الاسفل لتترسب في افق تحت الافق A (الافق المانح او السليب eluvial) يسمى الافق الكاسب (illuvial) وهو الافق B والترب الحاوية على الافاق الثلاثة A, B, C تسمى بالترب المتطورة او الناضجة Mature Soil.

بشكل عام يمتلك العراق تربةً تختلف الواحدة عن الاخرى نتيجة اختلاف عوامل تكوين التربة، ودرجة تطور الترب في العراق تتناقص من الشمال الى الجنوب ومعظم ترب المناطق الشمالية والجزيرة والتلول السفحية تكون متطورة اما ترب السهل الرسوبي (25% من ترب العراق) تكون غير متطورة ومتأثرة بالأملاح.

اولاً:- المادة الاصل Parent Material

وهي الجزء الذي تتكون منه التربة وهي اما ان تكون صخوراً تحللت في مكانها او مواداً انتقلت بالرياح او الماء وترسبت في مكان اخر، وبشكل عام فأن التربة تتأثر بالمادة الاصل التي تكونت منها ومثال ذلك التربة التي تتكون من مادة اصل خشنة ومن معادن مقاومة للتجوية تظهر نسجه خشنة، والترب الناعمة تطورت من مادة اصل ذات معادن غير ثابتة تحصل لها تجويه بسهولة وهكذا، والتربة ذات المادة الاصل الغنية بالقواعد الذائبة والاملاح تنعكس صفاتها على التربة.

تقسم مادة الاصل حسب تكونها الى:-

1. **مواد اصل عضوية:-** وهي تراكمات للمواد العضوية النباتية والحيوانية بعد تحللها في منخفضات المناطق الباردة وعالية الرطوبة وتكون فيها كميات التراكم اعلى من المفقود بالتأكسد حيوياً.
2. **مواد اصل لا عضوية (معدنية):-** وتقسم الى

أ- المواد الاصل الماكثة Residual :- وهي مادة الاصل التي تنتج عن تجوية الصخور في موضعها وهنا تكون التربة مشابه لمواد اصلها وانها ذات تركيب معدني متماثل الى درجة كبيرة ولا يوجد انقطاع في النسجة.

ب- المترسبات الجليدية:- وتدعى موادها الاصلية Glacial ان التجوية الطبيعية هي العامل الاساس لتكوين المادة الاصل بوساطة الثلاجات نتيجة الضغط الكبير الناجم عن الطبقات الثلجية الذي يسبب احتكاك وتفتيت الصخور.

ت- المواد الاصل المنقولة Transport:- اي ان مواد الاصل نقلت من مكان اخر بعوامل النقل كالماء والهواء والجليد والجذب الارضي وتقسم حسب الناقل:-

- المنقولة بالماء وهي رواسب من المياه الجارية وتدعى بالمترسبات المائية او النهرية elluvial ويحدث الترسيب عندما تفقد المياه سرعتها وقابليتها على نقل المواد العالقة.
- المنقولة بالهواء وتدعى بالمترسبات الهوائية Aeolian وتدعى مواد الاصل المنقولة بهذه الطريقة بالترسبات الريحية Loess من الرمل الناعم والغرين او بشكل كثبان رملية خشنة النسجه.
- المترسبات البحرية والتي تتجمع في بيئة المحيطات وتدعى موادها الاصلية Marine. والمترسبات البحيرية المتكونة من مواد رسبت من مياه البحيرات تدعى موادها الاصلية Lucastrine.
- المترسبات الجذبية:- وتدعى موادها الاصلية Colluviums.

يمكن عد معظم المواد الام المكونة للترب في العراق مواد منقولة حديثاً. معظم هذه المواد هي ترسبات الانهار التي كانت تصب في البحار والبحيرات القديمة التي كانت موجودة في العصور الجليدية اضافة الى السهل الرسوبي التي هي ترسبات نهري دجلة والفرات، وعوامل النقل هي مائية وتضم مياه الفيضانات ومياه الري وهوائية يقصد بها المترسبات الريحية.

ثانياً:- المناخ Climate

الطاقة والسقيط Precipitation (المطر والندى والصقيع والبرد) تؤثر في التفاعلات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث للمادة الاصل هذا فضلاً عن ان المناخ يؤثر في الغطاء النباتي مما يؤثر في تطور التربة، والمطر يؤثر في تطور الافاق نتيجة تأثيره في عمليات غسل ونقل الايونات بين الافاق، ويؤثر المناخ في النمو الخضري الذي يكون متباعداً وضعيفاً ويكون تجمع المواد العضوية قليلاً في المناطق الصحراوية الحارة نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وقلة سقوط الامطار، اما في المناطق الباردة فأن نشاط البكتريا يتحدد وهذا سيحدد تحلل المواد

العضوية وعلى عكس ذلك يزداد النشاط في المناطق الدافئة والرطبة الاستوائية مما يزيد من تحلل المواد العضوية. وهناك نظامان رطوبي وحراري يختصان بالتربة وهما:

1. نظام رطوبة التربة Soil Moisture Regime

- Aquic :- تربة غدقة خالية من الاوكسجين معظم ايام السنة.
- Aridic:- تربة جافة معظم ايام السنة بها مدة الجفاف تتجاوز 90يوماً خلال السنة.
- Udic:- تربة رطبة تكون فيها مدة الجفاف اقل من 90 يوماً.
- Ustic:- حالة بين Udic و Aridic.
- Xeic:- حالة الترب التي يكون فيها الشتاء رطباً معتدلاً تتساقط فيه الامطار وصيف حار جاف، وتطلق على مناخ البحر الابيض المتوسط.

2. نظام حرارة التربة Soil Thermal Regim

- بارد منجمد Cryic or Frigid:- معدل درجات الحرارة السنوية من 0- 8 مْ.
- معتدل Mesic:- معدل درجات الحرارة السنوية من 8- 15 مْ.
- حار Thermic:- معدل درجات الحرارة السنوية من 15- 22مْ.
- حار جداً Hyper Thermic:- معدل درجات الحرارة السنوية اعلى من 22 مْ.

مناخ العراق قاري شبه استوائي يتصف بالجفاف في كل من الخريف والصيف بشكل عام ويقع شرق مناخ البحر الابيض المتوسط ويتأثر به ويتأثر بدرجة اقل بمناخ غرب الخليج العربي شتاءاً. معدلات درجات الحرارة تتراوح بين 10مْ شتاءاً و40مْ صيفاً واحياناً ترتفع او تنخفض عن ذلك، والامطار تزداد بالاتجاه الشمال الشرقي من البلاد ومعدلها السنوي في جنوب السهل الرسوبي ووسطه حوالي 135ملم ويرتفع هذا المعدل الى 375ملم في الجزء الاعلى من السهل الرسوبي ويستمر بالارتفاع الى ان يصل الى 1340ملم في بنجوين.

ثالثاً:- الطبوغرافية Relief (Topography)

تؤثر الطبوغرافية في السيح (الجرف السطحي Runoff) كما يؤثر موقع التربة على الانحدار في المناخ الدقيق (Microclimate) مما يؤثر في النمو الخضري، يؤثر عامل الطبوغرافية في تكون المقد من خلال:-

1. كمية الامطار والثلوج ومن ثم كمية الرطوبة.
2. سرعة انجراف التربة بوساطة المياه من المنحدرات.
3. الترسبات التي تحدث نتيجة انجراف قسم من التربة من المناطق العالية والتجمع من المناطق المخفضة.

- يطلق على مجموعة الترب المتكونة من مادة الاصل نفسها وتحت الظروف نفسها والمتغاير هنا الطبوغرافية فقط Soil Catena.

يقسم العراق جغرافياً الى 5 مناطق فيزوغرافية هي جبلية والمتموجة والصحراوية والجزيرة والسهل الرسوبي.

رابعاً:- الاحياء Organisms

وتشمل احياء كافة الغطاء الخضري والاحياء الكبيرة والصغيرة في التربة والانسان يوضع ضمن العامل الحيوي او يوضع كعامل منفصل، وينحصر تأثير الاحياء على تكوين التربة:-

1. انتاج بعض الاحماض والتي بدورها تؤثر في ذوبانية بعض المعادن.
2. توفير المغذيات للنبات.
3. تكوين المواد العضوية بعد تحلل النباتات والاحياء المختلفة، والمواد العضوية لها دور مهم في تحسين خصائص التربة.

- اما عامل الانسان يمكن ان يكون عامل ايجابي او اصلاحي من خلال استصلاح الاراضي وادارة التربة بشكل سليم او سلبي عند ادارة التربة والري والتسميد غير العقلاني وقطع الاشجار.

ان اعمال الانسان من ري وحراثة وزراعة وتسميد اثرت بشكل كبير في خصائص الترب التي خصصت للزراعة منذ القدم. هذه اضافة الى تأثير كل من النبات والحيوان والتأثير الاكبر يأتي في توزيع النبات الطبيعي كماً ونوعاً اذا يتراوح بين النباتات الصحراوية في الجزء الغربي من العراق الى اعشاب طويله وقصيرة في شمال العراق الى اشجار باتجاه اقصى الشمال والشمال الشرقي. وفي السهل الرسوبي توجد النباتات المائية والنباتات المقاومة للأملاح والنباتات المقاومة للجفاف كالأشواك.

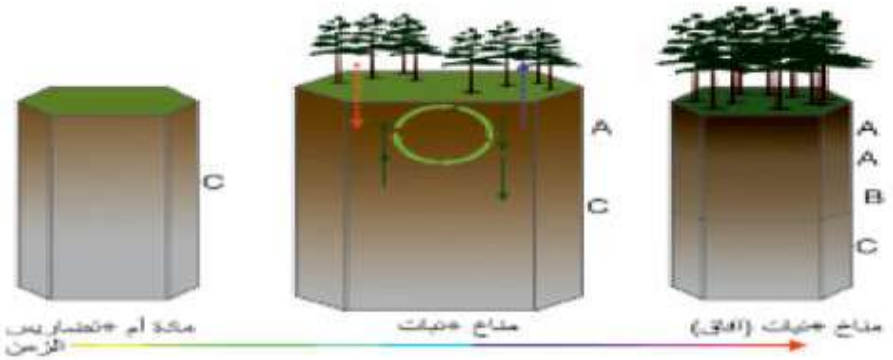
خامساً:- الزمن Time

عامل يؤثر في جميع العوامل الاخرى لان اي عملية لكي تتم لابد تتحاج الى زمن لإتمامها ويمكن ان يؤثر الزمن من خلال:-

1. درجة تطور التربة وعلاقتها بالزمن.
2. الوقت المطلوب لتكوين افاق المقد وسرعة التكوين.
3. علاقة العمر الجيولوجي للمنطقة بالظواهر الطبيعية.

ان ترب العراق حديثة التكوين من الناحية الجيولوجية. وان طبقات التربة او ما يطلق عليها بأفاق التربة Soil Profiles تعكس التأثير المتداخل لعوامل تكوين التربة على مادة الاصل عبر الزمن كما في الشكل ادناه.

م. د. منتظر حمادي البديري

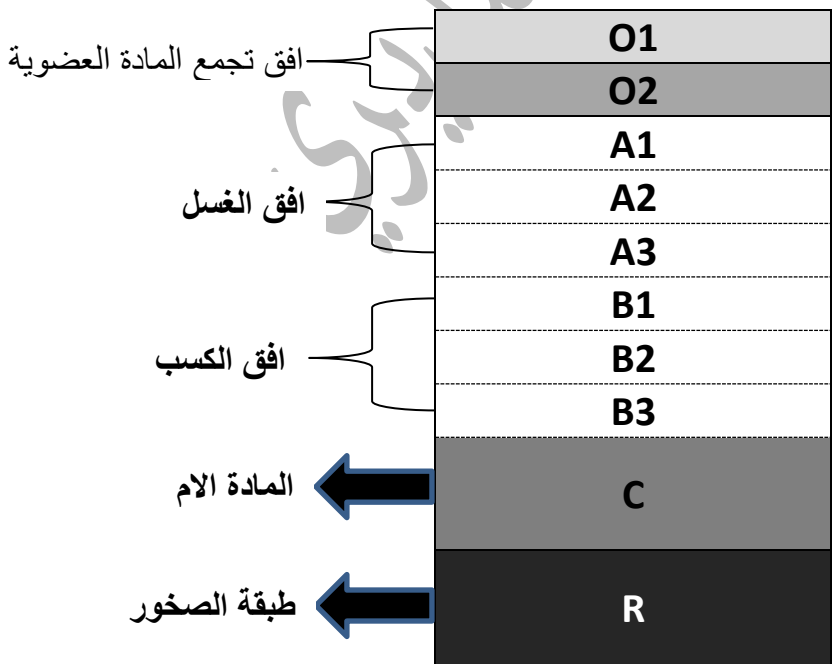


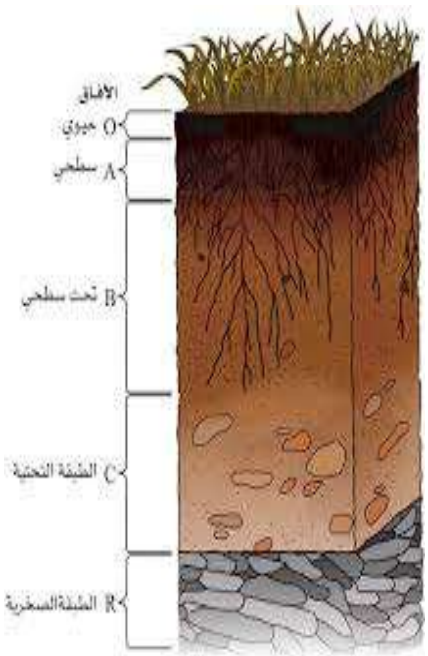
مقد التربة Soil Profile

مقطع عمودي في جسم التربة يتضمن عدداً من الطبقات تسمى افاق Horizons وتكون بسمك يصل الى عشرات السنتمترات تعكس العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية التي حدثت للتربة ويبدأ من سطح التربة ومنتهياً بالمادة الاساسية غير المتحورة التي تكونت منها التربة. تتكون هذه الافاق من تجمعات للجزيئات المعدنية والعضوية بشكل طبيعي تسمى Peds, ولعملية ترتيب هذه التجمعات في التربة اهمية خاصة في سلوك التربة عن طريق توزيع المسامات البينية.

ان الجزء الذي يحوي الجذور ويتأثر بالنشاط الحيوي يسمى Solum وهو الجزء الفعال في التربة ويشمل الافقين A و B في الترب المتطورة او الافق A في الترب غير المتطورة. ويساعد تكوين الافاق في المقد على فهم مراحل وظروف تكوين تلك التربة والظروف المحيطة بها والتي جعلتها تمتلك خواصاً تختلف عن غيرها.

Soil Pedon:- اصغر وحدة حجمية او مقطع حجمي ذو ابعاد ثلاثة (طول وعرض وعمق) تتضمن اوجه التربة لوصف الافاق وله مساحة سطحية تتراوح بين 1-10م^2.





الشكل يوضح مقد انموذجي لتربة تظهر فيها الاقسام الفرعية لكل افق من الافاق

ويمكن وصف الافاق بالترتيب من الاعلى:-

O:- وهي طبقات المادة العضوية التي توجد فوق التربة المعدنية وهي تتكون نتيجة لتراكم الاجزاء النباتية والحيوانية الميتة والمتفسخة، وتوجد هذه الطبقات في مناطق الغابات وتقسم الى O1 و O2 يمكن فيها تمييز هذه الاجزاء.

A:- وهو اول افق في التربة المعدنية ويكون قرب السطح للتربة العضوية ويسمى بأفق الغسل او الفقد Eluvial وينقسم الى:-

A1:- وهو افق يحتوي على مزيج من المادة العضوية المتحللة مع الترب المعدنية ويكون لونه داكناً اكثر من الافاق التي تليه.

A2:- وهو افق توجد فيه اكبر حالة غسل للطين واكاسيد الحديد والالمنيوم عدا المواد المقاومة للغسل مثل الكوارتز، ويكون هذا الافق افتح لوناً من الافق A ويطلق احياناً عليه الافق E.

A3:- وهو افق انتقالي بين الافق A والافق B.

B:- وهو ثاني افق في التربة وهو منطقة التجميع الكبرى للمواد المغسولة من الافق A كأكاسيد الحديد والطين ويكون موقع تجمع لكاربونات وكبريتات الكالسيوم ويطلق عليه بالأفق الكاسب illuval.

B1:- وهو افق انتقالي بين A و B.

B2:- منطقة التجمع الكبرى للطين واكاسيد الحديد والالمنيوم التي تحركت الى الاسفل من الطبقات العليا بفعل الماء.

B3:- افق انتقالي بين B و C.

C:- وهو افق تكون من المواد الصلبة المفتتة والتي توجد تحت طبقة Solum (A+B) وقد تكون هي المادة الاصل المكونة للتربة التي فوقها وقد لا تكون كذلك ولا توجد فيها فعاليات حيوية.

ان المقد الانموذجي الذي تمت الاشارة اليه يمثل تربة ناضجة وهي في توازن مع بيئتها، اي يكون هناك توازن بين المواد المضافة والمفقودة من التربة، وفي حالة استمرار الظروف الملائمة لتكوين الاحماض وتحطيم المعادن واستمرار الغسل والترسيب الى الافق B تزداد الاختلافات بين الافق A و B بدرجة كبيرة وتسمى بالترب العتيقة. اما عند عدم تكون الافق B واحتواء مقد التربة على الافقين A و C تكون التربة غير متطورة او غير ناضجة وتسمى بالترب الفتية.

م. د. منتظر حمادي البديري

تستعمل احياناً بعض الحروف الصغيرة للدلالة على بعض صفات الافاق وكما يلي :-

b:- افق مدفون Berried Horizon.

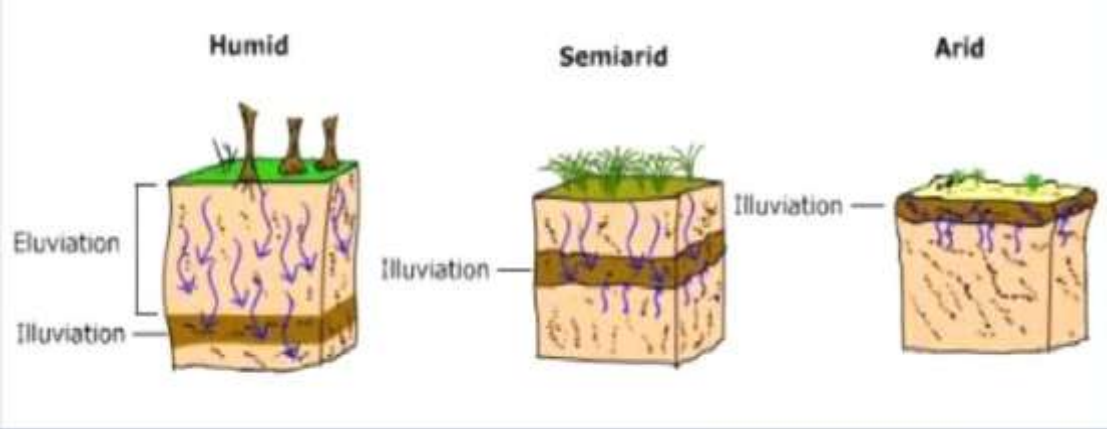
c/k:- افق فيه تراكم للكاربونات ولاسيما كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ او كاربونات المغنيسيوم $MgCO_3$.

Csy:- افق فيه تراكم لكبريتات الكالسيوم والجبسم $CaSO_4.2H_2O$.

F:- افق متجمد.

h:- دبال (Humus) وجود تجمعات للمواد العضوية المتحللة.

P:- (plow) يستعمل مع الافق A ويعني الافق المحروث.

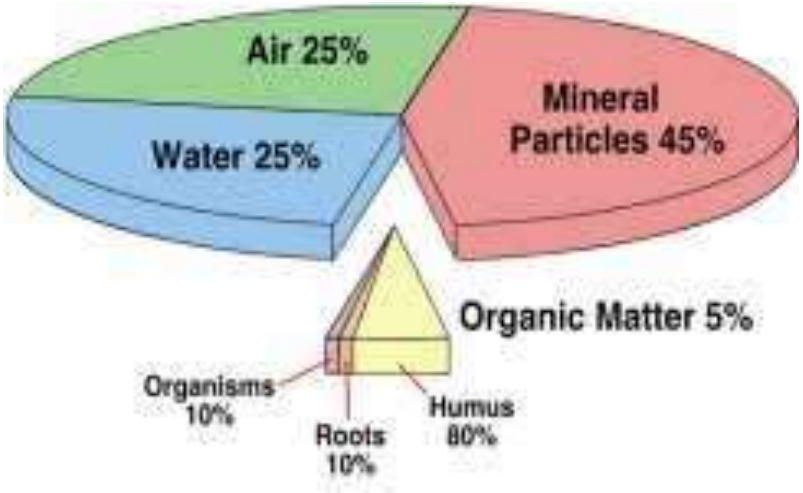


شكل يوضح عمليتي الفقد والكسب تحتت ظروف رطبة وشبه جافة وجافة على التوالي.

المكونات الرئيسة للتربة

التربة عبارة عن مواد مفككة معدنية وعضوية تغطي جزءاً كبيراً من سطح الارض بشكل طبقات تسمى افاق وهي بشكل عام مزيج من الماء والهواء فضلاً عن المواد الصلبة، واعتماداً على نسب مكوناتها الصلبة تقسم التربة الى مجموعتين رئيستين هي الترب المعدنية Mineral Soils والترب العضوية Organic Soils.

تتراوح نسبة المادة العضوية في الترب المعدنية بين 1-5%، اما في الترب العضوية فان النسبة تتراوح بين 15-95% وهذه تحدث في مناطق الاهوار والمستنقعات التي تتراكم فيها النباتات الطبيعية وبسبب الظروف غير الهوائية التي تقلل من تحلل المواد العضوية؟.



شكل يوضح النسب الحجمية لمكونات التربة المثالية

هذه النسب ليست ثابتة بل تتغير وتختلف من تربة لأخرى كما ان نسب الهواء والماء تتغير في التربة نفسها من وقت لأخر تبعاً لإدارة التربة والمياه. اما المواد العضوية تتركز معظمها عند السطح وتقل كلما ابتعدنا عنه وذلك لتركز نشاط الاحياء قرب السطح.

خواص التربة الفيزيائية Soil Physical Properties

لها اهمية كبيرة في الاستعمالات الزراعية والهندسية فهي مهمة في عمليات الفلاحة والعزق والري والبزل وإدارة وصيانة التربة والمياه والتسميد ونمو الجذور وقابلية التربة على تجهيز النبات بالماء والمغذيات وتهوية التربة وقابلية التربة على اسناد الاسس والطرق ومدارج المطارات والعديد من الاستعمالات الاخرى للتربة. ان معرفة خواص التربة الفيزيائية ومدى ملائمتها لنمو النباتات ومدى امكانية تحسينها لجعلها اكثر ملائمة لاستعمالات التربة المختلفة تكون من الامور المهمة الواجبة على المشتغلين والمستثمرين في الزراعة معرفتها. ان التربة معقدة جداً لذا يتم التبسيط لدراسة وفهم اسس فيزياء التربة مثل كون دقائق التربة كروية ومسام التربة متكونة من انابيب شعرية والتربة متجانسة.

توزيع حجوم الدقائق Particle Size Distribution (PSD)

تحت الظروف الاعتيادية تكون دقائق التربة الاولية متجمعة بوحدات بنائية وليس من الضرورة ان تكون بشكل منفصل، وعلى الرغم من ان هناك اختلافاً في الانظمة الخاصة بتقسيم حجوم الدقائق فأنه من المقبول ان تمثل مادة التربة الجزء من العينة الحجمية التي بعد تجفيفها بالهواء والضغط بالأصابع (لفصل التجمعات الممسوكة بشكل ضعيف) ستمر من منخل قطر

م. د. منتظر حمادي البديري

فتحاته 2ملم. تسمى عينات التربة التي يحصل عليها بهذه الطريقة بالتربة والاجزاء المعدنية الاكبر من هذا الحجم تعرف بالحصى والصخور.

وهناك ثلاث مجاميع رئيسة لدقائق التربة وهي الرمل والغرين والطين (تختلف من حيث الحجم والتركيب المعدني)، وتكون اجزاء الرمل والغرين من المعادن الاولية والثانوية المشتقة بشكل مباشر من المادة الام وتكون معادن الكوارتز هي السائدة في جزء الرمل ويتكون جزء الغرين من معادن مثل الفلدسبار والمايكا والمعادن الثانوية اما جزء الطين فيتكون من انواع معدنية حديثة تعرف بمعادن الطين ولها خصائص كيميائية وفيزيائية مميزة.

ان توزيع حجوم الدقائق يعد الصفة الفيزيائية الاكثر اهمية وهي تعرف نسجه التربة Soil Texture، ويتم تقييم نسجه التربة من خلال التحليل الميكانيكي لحجوم الدقائق التي تعتمد على عزل حجوم الدقائق المختلفة او تفريقها ومن ثم قياس مدى وجود او نسبة تمثيل كل حجم. الجوانب المهمة في تحليل حجوم الدقائق هي تحطيم تجمعات التربة Soil Aggregate الى وحدات صغيرة جداً بطرائق كيميائية وميكانيكية، ومن ثم فصل الدقائق حسب الحجوم بالمناخل او الترسيب ودقائق التربة الاصغر من 2 ملم تصنف الى رمل والغرين والطين وهذه المجاميع يطلق عليها مفصولات التربة Soil Separates ويمكن ان تقسم الى مجاميع اصغر.

ان الخطوة الاساس في تحليل حجوم الدقائق وفصلها هي المعاملات الاولية وتقنيات التشتيت، ومن اهم المواد الي يجب ازالتها للحصول على التشتت هي المواد العضوية واكاسيد الحديد ومعادن الكاربونات والاملاح الذائبة التي تعمل سويةً على ربط دقائق التربة. اما التشتت الكيميائي يمكن تحقيقه باستعمال محلول قاعدي الكالكون Na-hexametaphosphate والكمية المضافة منه تختلف حسب نوع التربة وطريقة القياس، والتشتت الفيزيائي يمكن ان ينفذ باستعمال خلاطات كهربائية وهزازات وان دقة عملية الفصل تؤثر في النتائج. وتستعمل مادة بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 في اكسدة المواد العضوية.

بعد ذلك تتم عملية فصل الدقائق بعمل معلق تربة وترك الدقائق المختلفة بالاستقرار تحت تأثير الجاذبية وحسب قانون ستوك Stokes' Law واستعمال طريقة المكثاف او طريقة الماصة الحجمية لتحديد النسبة المئوية لكل مفصول. ويتم قياس حجم الدقيقة من خلال النخل الميكانيكي اذا كانت الحجوم اكبر من 0.05ملم (50 مايكرومتر) وتستعمل طريقة الترسيب باستعمال قانون ستوك، عند الحجوم الاصغر من 0.05ملم وبطريقة المكثاف او الماصة. من المهم معرفة انه صعوبة تقدير حجم منفرد لجزء تربة ولكن الذي يقاس هو جزء التربة ضمن مدى حجوم معينة.

ان عملية الفصل بالمناخل تتم باستعمال مناخل معينة ويستعمل النخل الرطب او الجاف ولكل اسلوب مميزاته وخواصه، ومن العوامل المؤثرة في عملية النخل حجم عينة التربة وشدة التحريك وشكل الدقيقة وحجمها وهندسة الفتحات. ان طريقة المكثاف Hydrometer من الطرائق المستعملة في عملية تقدير نسب المفصولات، وتكون اقل دقة من طريقة الماصة الا انها تتصف بإمكانية تكرار العينة او اخذ نقاط متعددة وطريقة الماصة تحتاج الى خبرة للمشتغل ودقة عالية.

ان قانون ستوك يفترض ان الدقيقة كروية ومن خلال تجميع القوى والحل بالنسبة لسرعة سقوط الدقيقة (V) في معلق التربة وحسب المعادلة الاتية:-

$$V = \frac{2r^2 g (\int p - \int w)}{9\eta}$$

V:- سرعة سقوط الدقيقة (سم.ثا-1).

r:- نصف القطر المكافئ لدقيقة التربة (سم).

g:- التعجيل الارضي.

∫p:- كثافة الدقائق الحقيقية ∫w:- كثافة الماء

η:- لزوجة السائل.

اما طريقة الماصة Pipette Method فأنها تعتمد على ازالة عينة من العالق ويتم تقدير تركيز المواد الصلبة من خلال تجفيف العينة التي اخذت بالماصة.

اصناف نسجه التربة Soil Texture Classes

وهي التوزيع النسبي للإحجام المختلفة لمفصولات التربة والتي هي الرمل والطين والغرين، وتحدد نسجه التربة مدى نعومة وخشونة التربة. لنسجه التربة اهمية كبيرة اذ انه من خلال تحديد احجام واشكال الدقائق يمكن تحديد المساحة السطحية النوعية للتربة التي تعتمد عليها الكثير من الخواص والعمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية في التربة. تبين النسجة سهولة الفلاحة او الحراثة واستعمال التربة، وكان يطلق على الترب ذات المحتوى العالي من الطين بالتربة الثقيلة، والتي تحوي على نسب عالية من الرمل بالترب ألخفيفة، وهي تعابير لها علاقة بسهولة وصعوبة حركة المحاريث والفلاحة. اما التعبير الحديث والدقيق فيعتمد الحجوم ولذا يطلق بالترب الناعمة على الترب الطينية والترب الخشنة على الترب الرملية.

لنسجه التربة اهمية كبيرة وتأثير في حركة المياه في التربة وحركة الجذور وبزوغ البادرات وقابلية التربة على مسك الماء والمغذيات والبزل، ومع هذا فأن هناك تداخلاً في هذا الموضوع بين نسجه التربة وبناء التربة لان المسام في التربة يتحدد من خلال نسجه وبناء التربة.

وهناك عدد من الانظمة لوصف او تحديد حجوم دقائق التربة ومنها جمعية علوم التربة العالمية ونظام وزارة الزراعة الامريكي USDA كما في الجدول الاتي:

م. د. منتظر حمادي البديري

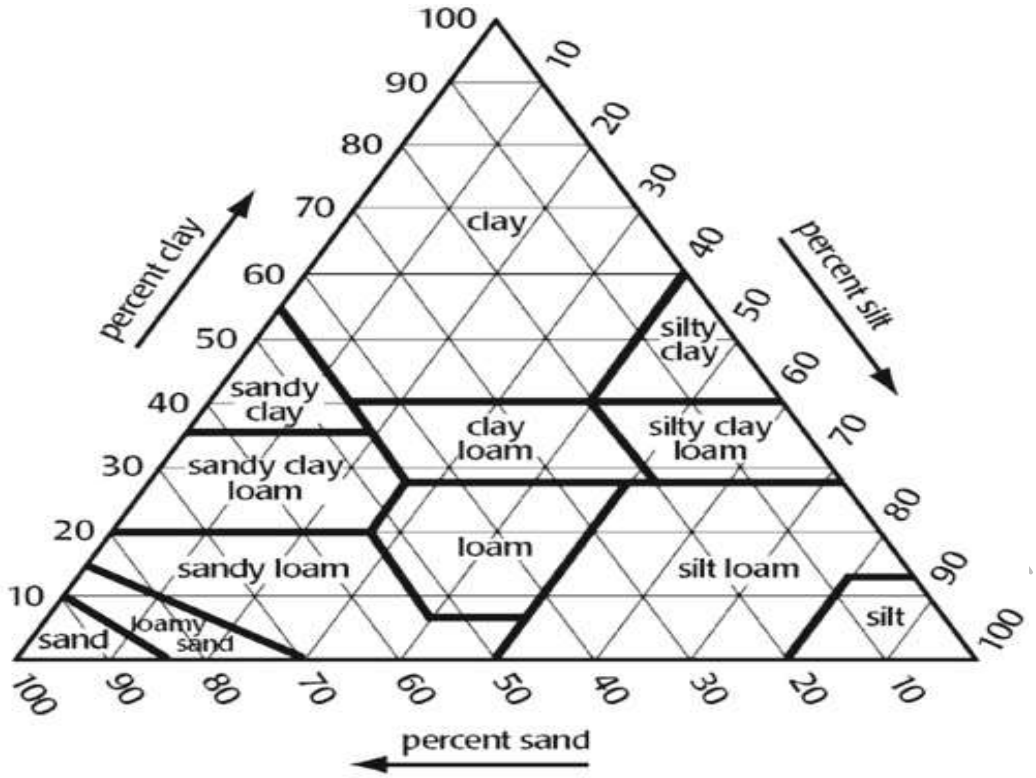
جدول مديات حجوم الدقائق (قطر الدقائق ملم)

الاصناف	ISSS جمعية علوم التربة العالمية	USDA نظام وزارة الزراعة الامريكية
حصى Gravel وهو ليس ضمن التربة	اكبر من 2	اكبر من 2
الرمل الخشن جداً Sand Very Course	-----	2 -1
الرمل الخشن Course Sand	2 – 0.2	1 - 0.5
الرمل المتوسط Medium Sand	-----	0.5 – 0.1
الرمل الناعم Fine Sand	0.2 – 0.02	0.1 – 0.05
الغرين Silt	0.02 – 0.002	0.05 – 0002
الطين Clay	اصغر من 0.002	اصغر من 0.002

يتضح من الجدول اعلاه ان هناك اختلافاً في حدود الرمل والغرين بين النظامين ولكن الحد الاعلى للرمل او للتربة بشكل عام يبلغ 2 ملم والطين اقل من 0.002 ملم.

وهناك اثنا عشر صنفاً للنسجة وضعت في مثلث سمي مثلث النسجة المقترح من قبل نظام USDA، قسمت هذه الاصناف الى ثلاث مجاميع هي مجموعة التربة الخشنة النسجة Coarse والمتوسطة او المزيجة Medium (التي تقسم الى معتدلة الخشونة ومتوسطة النسجة ومعتدلة النعومة) والناعمة Fine وكما في الجدول الاتي:-

صنف النسجة	مجاميع النسجة
رمل Sand	خشنة النسجة Coarse Texture
رملية مزيجة Loamy Sand	
مزيجة رملية Sandy Loam	متوسطة النسجة Medium Texture
مزيجة Loamy	
مزيجة غرينية Silt Loam	
غرين Silt	
مزيجة طينية رملية Sandy Clay Loam	
مزيجة طينية Clay Loam	
مزيجة طينية غرينية Silty Clay Loam	
طينية رملية Sandy Clay	ناعمة النسجة Fine Texture
طينية غرينية Silty Clay	
طينية Clay	



شكل يوضح مثلث النسجة

نسجه التربة وادارة التربة Soil Texture and Management

الترب خشنة النسجة (الرملية والرملية المزيجية):

- تمسك كمية قليلة من الماء والمغذيات ولذا تحتاج الى الري والتسميد بشكل متكرر ويكون الري بالتنقيط Drip irrigation والرش Sprinkler مثالي في هكذا ترب والتسميد يكون من خلال الرسمدة fertigation اي اضافة الاسمدة مع الماء .
- تسمح للماء بالمرور وتعرضها للفقدان بالسيح او الجرف السطحي قليل .
- ولنفاذيتها العالية يمكن ان تكون جيدة للتخلص من النفايات كمكب بشرط ان تكون التربة عميقة .
- من المحتمل انها ترص وتحوي طبقة غير نفاذة.

الترب ناعمة النسجة (الطينية والطينية الرملية والطينية الغرينية):

- لها القابلية على الاحتفاظ بالماء والمغذيات ولكن بقوة ربط عالية .
- مغاض ماء بطيء وفقدان بالجرف السطحي عالي اي ان التعرية عالية .
- غير نفاذة لا تصلح خزانا للنفايات ولعمل البالوعات , مع هذا فأن صفة التبادل الايوني العالية والتثبيت يمكن الاستفادة منها في التخلص من العناصر الثقيلة .

بشكل عام الترب متوسطة النسجة (المزيجية بمختلف انواعها) تكون وسطآ بين الناعمة والخشنة ومن افضل انواع الترب .

م. د. منتظر حمادي البديري

بناء التربة Soil Structure

وهو عملية انتظام دقائق التربة الاولية وتجمعاتها في وحدات قياسية تسمى peds تستعمل لأغراض تصنيف الترب، وتوصف وتقسم هذه الوحدات على اساس الحجم Size والشكل Shape والدرجة Degree الى اصناف وانواع ودرجات بالتتابع.

- **اصناف بناء التربة Soil Structure Classes**

عملية جمع وحدات البناء على اساس الحجم من الناعمة جداً الى الخشنة جداً كما في الجدول الاتي:-

جدول يوضح اصناف بناء التربة

الاختصار	الحجم	
VF	Very Fine	الناعمة جداً
F	Fine	الناعمة
M	Medium	المتوسطة
C	Coarse	الخشنة
VC	Very Coarse	الخشنة جداً

- **درجات بناء التربة Soil Structure Grades**

عملية تقسيم او تصنيف بناء التربة على اساس عملية التلاصق والتماسك بين التجمعات او مدى الاستقرار ضمن المقد كما في الجدول الاتي:-

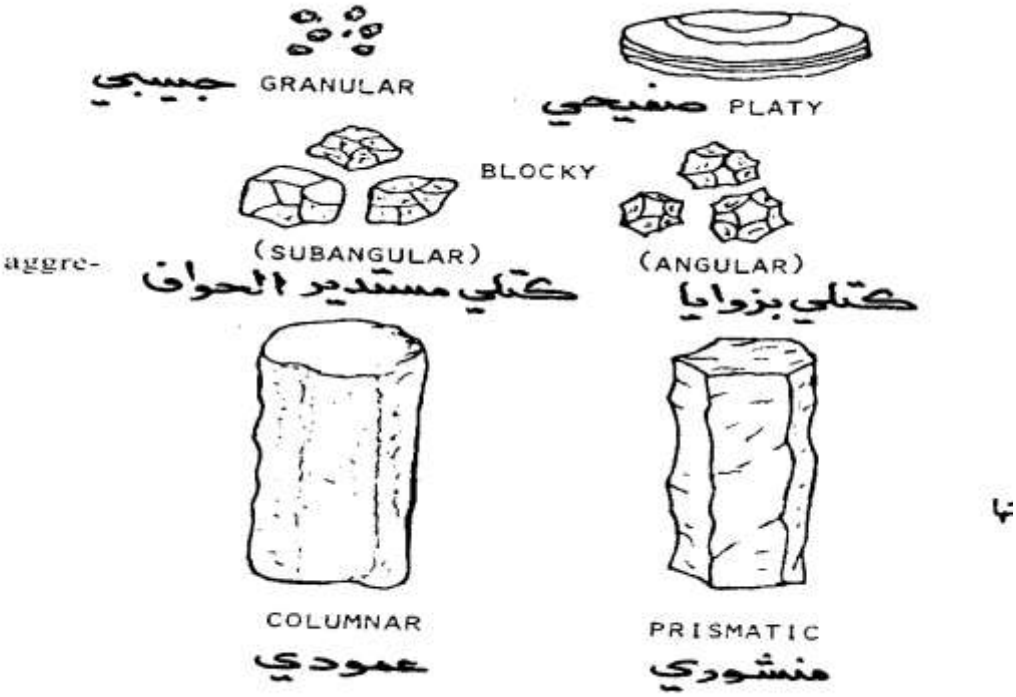
جدول يوضح درجات بناء التربة

الدرجة	الرقم	الوصف
عديم البناء Structure Less	0	لا توجد تجمعات واضحة
ضعيف Weak	1	توجد تجمعات ضعيفة التكوين
متوسط Moderate	2	التجمعات متكونة بشكل جيد ولكنها غير بارزة
قوي Strong	3	التجمعات واضحة التكوين

- **انواع بناء التربة Soil Structure Types**

وهنا يصنف بناء التربة على اساس شكل التجمعات او الكتل وترتيبها في المقد ضمن، وتتضمن الصفائحي Platy والمنشوري Prismatic الذي يكون اما بشكل المنشوري او عمودي columnar والكتلي blocky الذي يشمل الكتلي ذا الزوايا غير الحادة sub angular

blocky وذا الزوايا الحادة angular blocky والكروي Spherical والذي يشمل المحبب granulated والفتاتي crumb.



شكل يوضح بعض انواع بناء التربة

ولكل نوع من الانواع حجوم مختلفة تبين درجات النعومة والخشونة كما في الجدول الاتي:-

جدول يوضح درجات النعومة والخشونة لكل نوع من انواع بناء التربة (ملم)

Prismatic & columnar	Platy	Crumb & granulated	angular blocky & sub angular blocky	الحجم
اصغر من 1	اصغر من 1	اصغر من 1	اصغر من 5	Very Fine
20 - 10	2 - 1	2 – 1	10 - 5	Fine
50 – 20	5 - 2	5 – 2	20 - 10	Medium
100 – 50	10 - 5	10 – 5	50 - 20	Coarse
اكبر من 100	اكبر من 10	اكبر من 10	اكبر من 50	Very Coarse

العوامل التي تسهم في تكوين تجمعات التربة ومدى ثبوتيتها

ترتبط الدقائق مع بعضها بالمواد العضوية التي تحوي على سكريات متعددة تربط بين الدقائق فضلاً عن اكاسيد الحديد التي تعمل كمواد رابطة. ومن اهم العوامل:-

- **العوامل البايلوجية:-** اذ ان الاشنات تعمل على ربط دقائق التربة الاولية مع بعضها ودودة الارض تسهم في تكوين البناء من خلال هضم وافراز مواد التربة التي تتضمن بعض المواد العضوية ومن ثم تكون التجمعات اكثر ثباتيه وجذور النباتات تمتد داخل التربة وبعد موتها وتحللها تتكون تجمعات اكثر ثباتيه ومادة التربة العضوية والمخلفات العضوية النباتية والحيوانية المضافة للتربة لها دور مهم في تكوين تجمعات التربة ولاسيما السكريات المتعددة Polysaccharides التي يبدو انها مسؤولة عن تكوين التجمعات.
- **العوامل الفيزيائية:-** التغيرات المناخية التي تؤثر في كميات المياه وحالاته تؤثر في بناء التربة مثل عمليات الانتفاخ والتمدد والانجماد والذوبان لها تأثيرات كبيرة في البناء. العمليات الفيزيوكيميائية (الانجماد والذوبان والجفاف والترطيب وانتقال الطين وعمليات الاضافة والفقد والتجوية) كلها تؤثر في تكوين بناء التربة خلال المقد.
- **العوامل الكيميائية:-** يعتمد تأثير الايونات في التربة في تكوين التجمعات في التربة وثباتتها على تكافؤ الايونات وانصاف اقطار الايونات المتأدرتة وتركيز الايون، ويكون ترتيب الايونات الموجبة حسب قدرتها على تكوين تجمعات اكثر ثباتيه كما يأتي :-

$$Al^{+3} > Fe^{+3} > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^{+} > Na^{+} > Li^{+}$$

كما ان نسبة الصوديوم المتبادل Exchangeable Sodium Percent العالية ولاسيما عند انخفاض نسبة املاح الكالسيوم والمغنيسيوم هي الاخرى مؤثرة في تكوين بناء تربة متماسك وغير جيد. ولذا يتم استعمال انواع مختلفة من مصلحات التربة Soil Amendments مثل استعمال الجبس او المواد النفطية لتحسين التجمعات من خلال احاطتها وزيادة ثبوتيتها.

تعد مواد التربة الغروية مسؤولة عن التحام الدقائق الاولية الى تجمعات ثابتة، اذ ان تكوينها لا يمكن ان يحدث في الرمل او الغرين بغياب الغرويات التي تشمل معادن الطين واكاسيد الحديد والالمنيوم والغرويات العضوية، الطين والكوارتز تعد من المكونات الاساسية لتجمعات التربة الجيدة التي توجد على السطح.

هناك عمليتان هي التخثر flocculation والتجمع aggregation والتخثر ناتج عن قوى كهرو- ستاتيكية او كهرو – كاينتيكية. اما التجمع فيحتاج الى مادة لمسك المواد او الدقائق الاولية المتخثرة بشدة مع بعضها وعدم انفصالها وبالماء، وهنا التجمع هو تخثر مع زيادة.

- **العوامل الميكانيكية:-** استعمال المكائن الزراعية في التسوية والتعديل والحراثة والعزق والتمريز وانشاء القنوات يمكن ان تؤدي الى رص التربة والتأثير في خصائصها الفيزيائية. الحراثة يمكن ان تكسر الكتل الكبيرة وتزيد من تعرضها لضربات قطرات المطر وان استمرار الحراثة يمكن ان يؤدي الى تكون ما يسمى بطبقة تحت المحراث وهي طبقة مدكوكة تحت المحراث . ومع هذا للحراثة فوائد في تكسير الكتل الكبيرة والصلبة او الصماء وخلط التربة مع المواد والمخلفات العضوية المضافة وتساعد في تسريع عملية التحلل ومن ثم ثباتية افضل لتجمعات التربة. وموضوع الحراثة والفلاحة من المواضيع المهمة التي ركزت بعض البحوث

العلمية عليها والموضوع برمته موضوع ادارة متى نحرث وبأي محراث وعند اي مدى رطوبي وطريقة الري وهناك زراعة من دون حراثة او حراثة عند حدها الادنى او الحراثة الحافظة.

إن اهم العوامل المؤثرة في تكوين البناء هي:

- المواد العضوية الغروية ومخلفات الاحياء الدقيقة والاحياء الأخرى.
- الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل.
- الترطيب، والجفاف، والتمدد والتقلص.
- جذور النباتات وفعاليات حيوانات التربة.
- الانجماد والذوبان.
- العمليات الزراعية.

تأثير بناء التربة في نمو النبات

تأثير البناء يكون في المقاومة الميكانيكية التي تبديها التربة لبزوغ البادرات وتغلغل الجذور، هذا فضلاً عن تأثير البناء في الصفات المائية والهوائية للتربة، اذ أن تغير البناء يؤثر في حجم المسام ولاسيما المسام الكبيرة وفي قابلية التربة على مسك الماء والمغذيات وادارة المياه، وموضوع بزوغ البادرات مهم جداً وهو يتأثر ببناء التربة فالبناء القوي جداً ولاسيما عندما يكون كتليا او صفائحيا ويكون طبقة صلدة يمنع بزوغ البادرات واختراق الجذور.

هنا تتداخل نسجة التربة وبناء التربة مؤثرين في هذه الصفات، فالمسام الصغيرة تكون ضمن التجمع او المجموعة الواحدة بين دقائق الرمل والطين والغرين والمسام الكبيرة بين التجمعات بتعبير آخر فإن المسام الصغيرة تؤثر النسجة فيها والمسام الكبيرة تتأثر بالبناء.

وهنا تكون ادارة التربة مهمة جداً لتحسين خواص الترب باضافة المواد العضوية وتحسين البناء والتهوية وادارة المياه بشكل جيد يتناسب مع طبيعة التربة والدورات الزراعية الحاوية على محاصيل بقولية لاسيما اذا ما قلبت في التربة او ما يعرف بالتسميد الاخضر Green Manuring تؤثر بشكل كبير في تحسين خواص التربة، هذا فضلاً عن ان التقليل من استخدام الآلات الثقيلة التي تؤثر في رص التربة يؤدي الى تحسين البناء، ولذا هناك دول عدة لجأت الى ما يسمى بالزراعة او حراثة الحد الادنى والحراثة الصفرية او الحافظة minimum tillage او zero tillage او reduced tillage لمعالجة موضوع الحراثة او التقليل من الآثار السلبية للحراثة ومع هذا فإن هذا الموضوع وهذا النوع من الادارة يتطلب تربة بظروف خاصة تسمح باستعماله.

ثباتية التجمعات Aggregate Stability :

تعد خاصية مهمة للترب المنتجة، ومع هذا فإن الثباتية لتجمعات التربة تعتمد على نوع المعادن الموجودة في التربة ومعادن معينة تكون تجمعات تربة ثابتة جداً بينما معادن أخرى تكوّن تجمعات ضعيفة تتحطم بسهولة. معادن الطين السليكاتية المجواة والاكاسيد والمواد الفولكانية غير المتبلورة تحاول تكوين التجعات الاكثر استقراراً ووجود المواد العضوية مع هذه المواد يحسن من ثباتية هذه التجمعات. وفي إدارة مغذيات النبات فإن التجمعات الثابتة مهمة جداً لأنها تكون ذات قابلية جيدة على البزل وسهل التعامل مع هكذا ترب، وبالمقابل فإن الاطيان السليكاتية الاقل تجوية مثل المونتمورلنايت تؤدي الى تكوين تجمعات ضعيفة وبعض معادن الاطيان السليكاتية لها قابلية على الانكماش والانتفاخ، مما يؤدي الى تمددها او انتفاخها عندما تكون مبتلة مؤدية الى تربة ملتصقة ذات قابلية رديئة على البزل، وعند الجفاف تنكمش هذه الترب تعمل شقوق Cracks.

كيفية المحافظة على بناء التربة Maintaining Soil Structure :

- تحرث التربة عند رطوبة مناسبة ولا تنفذ عملية الحراثة عندما تكون التربة مبتلة لأن ذلك يجعل التربة بشكل كتلة صلبة وتتحطم تجمعات التربة.
- تضاف كمية مناسبة من السماد العضوي والمعدني (الذي سيشجع نمو النبات ومن ثم تكوين غطاء خضري يحسن البناء وهنا السماد العضوي يكون ذا تأثير افضل).
- زراعة الحشائش والبقوليات ودورة زراعية جيدة سيشجع الاحياء المجهرية ولاسيما الفطريات التي تشجع ثباتية التجمعات.
- زيادة مادة التربة العضوية من خلال زراعة المحاصيل ولاسيما الحشائش التي تقلب في التربة وإضافة المخلفات او الاسمدة العضوية او الدمن.

كثافة التربة Soil Density

تعرف الكثافة بأنها كتلة وحدة الحجوم، وللتربة كثافتان هما: -

اولاً: - الكثافة الحقيقية (كثافة الدقائق) ρp Particle Density

تمثل احدى الصفات الفيزيائية المهمة وتعرف بأنها كتلة وحدة حجم الجزء الصلب من التربة من دون الاخذ بحجم الفراغات ان كانت مشغولة بالماء او الهواء او كليهما، وكما يعبر عنها بأنها كتلة دقائق التربة مقسومة على الحجم المشغول بالمواد الصلبة (باستثناء الماء والهواء). ويعبر عنها بوحدات (ميكا غرام. م$^{-3}$ او غم. سم$^{-3}$)، وتأتي اهمية الكثافة الحقيقية بدخولها في حسابات بعض صفات التربة الفيزيائية كالمسامية والمساحة النوعية.

القيم المثالية لكثافة التربة الحقيقية 2.6- 2.75 ميكا غرام. م$^{-3}$ وان هذه القيمة يمكن ان تكون ممثلة لعدد من الترب، اذ ان كل معدن من معادن التربة له كثافة حقيقية خاصة به، والكوارتز احد المعادن السائدة في التربة له قيمة كثافة حقيقية 2.65 ميكا غرام. م$^{-3}$ ولذا تستعمل هذه القيمة كممثلة لكل الترب، وبشكل عام فالكثافة الحقيقية للتربة تعكس معدل توزيع معادن التربة الموجودة.

ان مادة التربة العضوية لها كثافة حقيقية بالمدى 1.1 – 1.4 ميكا غرام. م$^{-3}$ ومعظم طرائق قياس الكثافة الحقيقية تزيل المادة العضوية عند القياس ولذا فأن الكثافة الحقيقية تمثل الجزء المعدني بشكل خاص وان ادخال المادة العضوية في القياس يعني ان ادارة التربة يمكن ات تؤثر في الكثافة الحقيقية.

والطريقة الاكثر استخداماً لتقدير الكثافة الحقيقية هي استخدام طريقة قنينة الكثافة (البكنوميتر Pycnometer) والتي يمكن من خلالها قياس حجوم الدقائق بشكل جيد.

ثانياً:- الكثافة الظاهرية ∫b bulk Density

كتلة التربة الجافة تحت درجة حرارة 105م° لكل وحدة حجم تربة كلي (حجم المادة الصلبة والمسامات). الحجم الكلي يتم تقديره بعد التجفيف الى وزن ثابت عند 105م°.

تتراوح قيم الكثافة الظاهرية لتربة سطحية ناعمة النسجة بين 1-1.6غم/ سم (1-1.6 ميكا غرام. م$^{-3}$) وللتربة الخشنة النسجة 1.2-1.8 ميكا غرام. م$^{-3}$. اما الكثافة الظاهرية للترب العضوية فتكون اقل مقارنة بالترب المعدنية بسبب انخفاض كتلة الدقائق العضوية مقارنة بالدقائق المعدنية، فضلا عن تطور البناء وزيادة المسامية حجماً في الترب العضوية.

يؤثر نوع المحصول والتسميد العضوي وادارة التربة في الكثافة الظاهرية للتربة ولاسيما للطبقات السطحية، وقد وجد ان اضافة المواد العضوية عملت على خفض الكثافة الظاهرية بشكل مهم. أما استخدام الآلات الثقيلة فله تأثير سلبي على الكثافة الظاهرية ويؤدي الى زيادتها بشكل واضح لاسيما في الطبقة الواقعة تحت طبقة المحراث او افق الحراثة Ap مباشرة. كذلك تتأثر قيم الكثافة الظاهرية برص التربة ومع العمق.

جدول يبين الكثافة الظاهرية التقريبية التي تحدد تغلغل الجذور.

النسجة	الكثافة الظاهرية الحرجة لمقاومة التربة (ميكاغرام. م$^{-3}$)	
	عالية	واطئة
رملية	1.85	1.6
مزيجة خشنة	1.8	1.4
مزيجة ناعمة	1.7	1.4
غرينية	1.6	1.3
طينية	تعتمد على نسبة الطين وبناء التربة	

ومن اهم طرائق قياس الكثافة الظاهرية هي طريقة الاسطوانة المعدنية core method وطريقة الحفرexcavation وطريقة الإشعاع radiation، ولمعظم الترب الزراعية والترب العضوية تكون طريقة الأسطوانة المعدنية طريقة مناسبة وتطبيقية اما الترب ذات النسب العالية من الاجزاء الصخرية وبالنسبة للآفاق الهشة والافاق غير السميكة فتكون طريقة الحفر مناسبة. وهناك طريقة خاصة بالترب الرملية تسمى طريقة المخروط cone اما طريقة الاشعاع فهي من الطرائق التي لا تسبب اي إزعاج للتربة اي يمكن ان تقيس الكثافة الظاهرية في الموقع، والترب العضوية تحتاج الى طريقة معينة لأخذ العينة وقياس الكثافة الظاهرية واحياناً تستعمل طريقة تجمع بين طريقة الاسطوانة والكتلة او استعمال جهاز خاص للحصول على العينة.

اساس طريقة قياس الكثافة الظاهرية هو قياس الكتلة المرجعية بعد التجفيف بالفرن والحجم للدقائق الاصغر من 2 ملم والتي تشمل الاجزاء الصلبة والمسامات، وفي الزراعة حجم التربة يكون لمحتوى الماء عند او قرب السعة الحقلية والتي يتم قياسه بالمختبر عند شد 10 او 33 كيلو باسكال. وبشكل عام فإن التغاير المكاني في الكثافة الظاهرية يكون بحدود 10% والانحراف القياس لعدد كبير من المواقع بحدود 0.13 غم سم$^{-3}$ (0.13 ميكاغرام م$^{-3}$) للأفق A و 0.1 غم سم$^{-3}$ للأفق B و 0.074 غم سم$^{-3}$ للأفق C والتغاير يكون بسبب قياس الحجم.

ومن أهم التطبيقات للكثافة الظاهرية في الزراعة موضوع تغلغل الجذور والتنبؤ بنقل الماء وتعد ادلة لنوعية التربة. التغاير في المحتوى الرطوبي والانكماش والتجفيف يمكن ان يؤثر في الكثافة الظاهرية الا ان التغاير في الترب الرملية قليل او معدوم.

وتتلخص طريقة الاسطوانة بغرس اسطوانة (حادة من احد النهايات وذات حجم معلوم) والغرس يكون بوساطة جهاز خاص يدفع الاسطوانة الى داخل التربة وتزال الاسطوانة بعد امتلائها بالتربة ويفضل ان تكون التربة رطبة كي يسهل دخول الاسطوانة وتزال التربة الزائدة من النهايات وتنظف الاسطوانة من التربة العالقة ومن قياس الوزن الجاف للتربة والحجم يمكن حساب الكثافة الظاهرية .

العلاقة بين نسجة التربة والكثافة الظاهرية

1. إن الدقائق الصغيرة لها القابلية على بناء جسور اكثر من الدقائق الكبيرة مما يؤدي الى تكوين بناء هش وتقليل في الكثافة الظاهرية او بتعبير آخر زيادة حجم المسام الكلي.
2. وجود الدقائق الصغيرة والكبيرة يؤدي الى زيادة الكثافة الظاهرية من خلال دخول الدقائق الصغيرة داخل الفراغات للدقائق الكبيرة وبذا يقل الحجم وتزداد الكثافة الظاهرية.

وبصورة عامة فإن حجوم دقائق الرمل كبيرة وحجم المسام كبير الا ان المجموع الكلي للمسام واطئ ولذا فالكثافة الظاهرية عالية. أما الترب الناعمة (الطينية) ذات المسام الاصغر حجماً فإن المجموع الكلي للمسام او الفراغات يكون اكبر وبذلك تكون الكثافة الظاهرية اقل.

مسامات التربة Soil pores

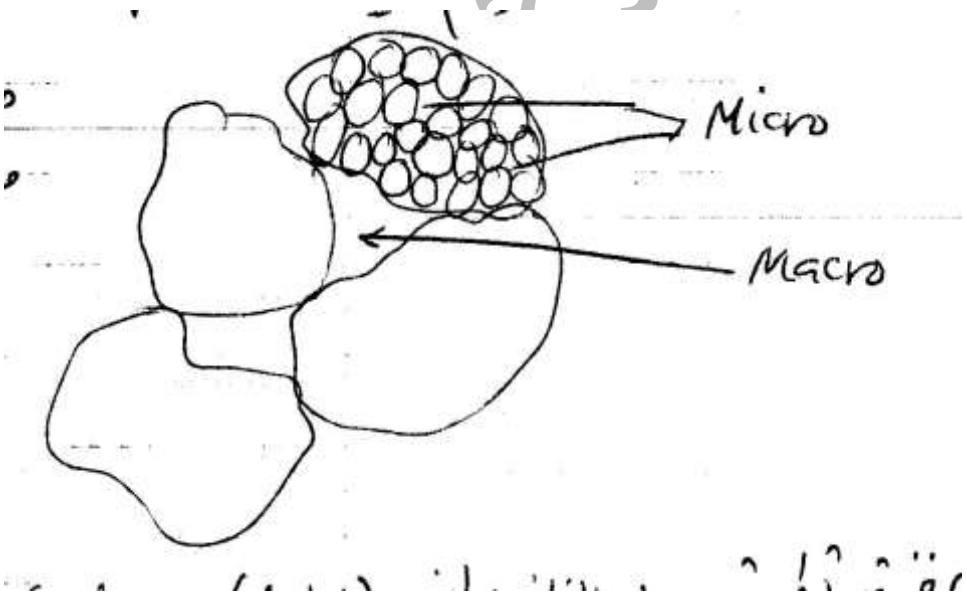
تعبير عن حجم التربة الكلي الذي لا يُشغل بالأجزاء الصلبة وانما مشغول بالماء والهواء، وكمية هذه المسامات محكومة بترتيب الحبيبات الصلبة اذ ان الذي يحدد سلوكية التربة ليس حجم وشكل الدقائق فحسب وانما الطريقة التي ترتبط بها هذه الدقائق مكونة التجمعات والتي تكون بثباتية مختلفة ناجمة عن عوامل عدة ذكرت آنفاً، ان الترتيب والارتباط لهذه التجمعات ينجم عنه مسافات او مسامات ذات احجام مختلفة لها علاقة مباشرة بالموازنة بين الماء والهواء ونمو النبات والاحياء الدقيقة في التربة، ويمكن تقسيم حجوم المسامات الى مديين:

- **المسامات الكبيرة Macro pores**

المسامات الموجودة او الواقعة بين التجمعات Inter-aggregates وهذه المسامات تعد مسارات رئيسة لنفوذ الماء في التربة وبزله منها وتهويتها.

- **المسامات الصغيرة Micro pores**

المسامات الموجودة داخل التجمعات Intra- aggregate وهذه مسؤولة عن مسك الماء والاملاح المذابة في التربة، ومع هذا لا توجد حدود فاصلة بشكل واضح بين هذين المديين.



شكل يوضح انواع المسام

والتربة الرملية بشكل عام لا يوجد فيها بناء واضح وتكون الدقائق بشكل مفرد Single ولذا فإن هناك نوعاً واحداً من المسامات كبيرة الحجم Macro pores وهذا سوف يؤثر في حركة الماء داخل التربة والتبادل الغازي.

وتتوافر قوانين وعلاقات مختلفة يمكن من خلالها حساب النسبة المئوية لمسامات التربة (f) ولاسيما العلاقة بين الكثافة الظاهرية **ʃb** والحقيقية **ʃp** والممثلة بالعلاقة الاتية:

$$f=(1-\frac{\int b}{\int p})\times 100$$

فالتربة الرملية مثلاً لها كثافة ظاهرية 1.5 ميكاغرام.م$^{-3}$ وكثافة حقيقية 2.65 ميكاغرام.م$^{-3}$ وتكون مساميتها 43.4% وتربة مزيجة غرينية ذات كثافة ظاهرية 1.3 وحقيقية 2.65 ميكاغرام.م$^{-3}$ تكون نسبة المسام فيها 50.9%.

والفراغات المسامية الكلية تختلف من تربةٍ لأخرى حسب النسجة فالترب الرملية يكون نسبة المسام فيها من 35 – 50% في الطبقة السطحية بينما الترب المتوسطة الى الناعمة النسجة تكون نسبة المسام فيها 40 – 60% وتكون على الغالب اعلى في الترب ذات المحتوى الاعلى من المواد العضوية، هذا فضلاً عن ان كمية الفراغات تختلف حسب العمق وتكون في الطبقات السطحية اعلى منه بالقياس الى الطبقات تحت السطحية المدكوكة، وعملية الزراعة في الغالب تُحسّن من مسامية التربة نتيجة تحسن المحتوى العضوي وتغلغل الجذور... ولمعالجة مشكلة حجم التربة الكلي المتغير بسبب الرص compaction والتمدد swelling والانكماش shrinking يذهب عدد من الباحثين في مجال فيزياء الترب الى ايجاد صفة اخرى لا تتأثر بالحجم وتسمى النسبة الفراغية void ratio ويرمز لها "e " والتي يمكن حسابها من العلاقة الاتية:-

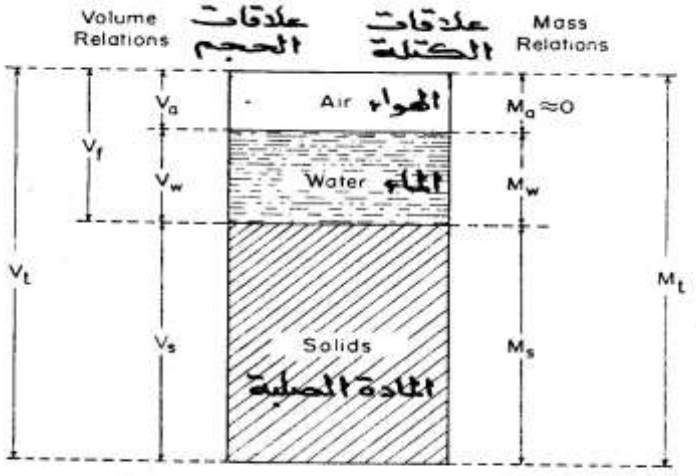
$$e=\frac{Va+Vw}{Vs}=\frac{Vf}{Vs}$$

$$e=\frac{f}{1-f}$$

وهنا e و f مجردة من الوحدات و Va حجم الهواء و Vw حجم الماء وVs حجم الصلب وVf حجم الجزء المسامي (الهواء + الماء).

$$\rho_b = \frac{Ms}{Vt}$$

$$\rho_p = \frac{Ms}{Vs}$$



مخطط توضيحي للتربة كنظام ثلاثي الاطوار.

قوامية التربة Soil consistency

اصطلاح يستعمل لوصف مقاومة التربة للضغط الميكانيكي عند مستويات مختلفة من الرطوبة. وتقاس درجة التماسك بمدى مقاومة التربة للتفتت والانكسار عند الضغط عليها باليد او بأية آلة حراثة مثلاً. ولكون درجة التماسك تعتمد على المحتوى الرطوبي للتربة لذا فإنها تقاس عند ثلاثة مستويات رطوبية وكما يأتي:

- **التربة المبتلة wet soil:** وتتوقف درجة تماسكها على اللدانة plasticity والالتصاق stickiness وتستخدم التعابير الاتية للدلالة عليها:

اللدانة plasticity	الالتصاق او التماسك stickiness
غير لدنة Non plastic	غير ملتصقة Non sticky
قليلة اللدونة slightly plastic	قليلة التلاصق slightly sticky
لدنة plastic	ملتصقة sticky
عالية اللدانة very plastic	عالية الالتصاق very sticky

- **التربة الرطبة moist soil:** وتقاس بمدى مقاومة التربة للمعاملة بين اصبعي السبابة والابهام وتستعمل التعابير مفككة Loose وهشة Friable وهشة جداً V. Friable ومتماسكة Firm ومتماسكة جداً V. firm وشديدة التماسك Extremely firm وبشكل عام تكون الترب الرملية مفككة والطينية متماسكة.
- **التربة الجافة dry soil:** والتعابير هنا تكون مفككة (loose) وناعمة أو حريرية الملمس (Soft) وقليلة الصلابة (slightly hard) وصلبة (hard) وصلبة جداً (V. hard) وشديدة الصلابة (Extremely hard).

ان تقديرات تماسك التربة مهمة في التنبؤ بقابلية التربة على الحرث واحتمالية انجرافها. والمهم هو اخذ الحذر عن القيام بعمليات تحضير التربة لتلافي موضوع رص التربة وصعوبة اختراقها من الجذور.

إختراقية التربة Soil penetrability

القوة المطلوبة لدفع جهاز معين الى داخل التربة وهو مقياس لمدى اختراقها او لقابليتها على الاختراق والجهاز المستعمل في قياس القابلية على الاختراق يدعى بنترومتر penetrometer وفي العلوم الزراعية يستفاد من الجهاز لتقييم رص التربة والربط مع نمو الجذور وانتاجية المحصول. ومن العوامل المؤثرة في قابلية الاختراق المحتوى الرطوبي للتربة والكثافة الظاهرية والقابلية على الانضغاط وبناء التربة ومحتواها من الطين والرمل.

التعرية Erosion

الترب عندما تكون تحت غطائها الطبيعي الاخضر تكون بتوازن مع بيئتها الا انه بإزالة هذا الغطاء وفلاحة التربة يتغير هذا التوازن، وفي اوقات معينة من السنة تتعرض التربة الى الامطار الغزيرة مع عدم وجود هذا الغطاء الاخضر الذي يحمي التربة نتيجة تكسيره او تقليله شدة سقوط المطر أو شدة ضربات قطرات المطر مما يؤدي الى تفتيت تجمعات التربة السطحية الى دقائق مفصولة، والماء المتحرك سيحمل هذه الدقائق مع انحدار التربة ويودعها في اسفل الانحدار كما اشير الى ذلك آنفاً في عمليات تكوين التربة او سيحملها الى الجداول وهذا ما يعرف في علم صيانة التربة بالتعرية المائية. الرياح هي الاخرى لها القابلية على حمل الدقائق في الترب الرملية وهو ما يعرف بالتعرية الريحية، وطاقة التعرية تعتمد على شدة الانحدار وطول الانحدار وطبيعة التربة (نسجة التربة ومعدل الغيض وفلاحة التربة) ونوع الغطاء الخضري. ومدى او سهولة التربة على التعرية ستؤثر في كيفية استعمال التربة.

هواء التربة Soil Air

تعد عملية تهوية التربة soil aeration من العوامل المهمة والمحددة لإنتاجية التربة. ومن المعروف ان جذور النباتات تمتص غاز الاوكسجين وتحرر غاز ثنائي اوكسيد الكاربون في عملية التنفس ومن اجل توفير كمية اوكسجين كافية لتنفس الجذور لابد من توافر تهوية جيدة او عملية تبادل غازي بين هواء التربة والجو بسرعة كافية لتوفير الاوكسجين ومنع تراكم ثنائي اوكسيد الكاربون في منطقة الجذور هذا عن ان الاحياء المجهرية التي توجد بكثرة في منطقة المحيط الجذري تتنفس هي الأخرى وتنافس الجذور على الاوكسجين.

إن تهوية التربة تؤثر بشكل مباشر في نمو الجذور وامتصاص المغذيات، ونقص التهوية الشديد يؤثر في جهد الاختزال والاكسدة Eh او eH او pe مما يؤدي الى زيادة ذوبانية الحديد والمنغنيز الى نسب تصل الى السمية للنبات وفقدان للنترات بشكل غازات النتروجين نتيجة عملية عكس النترجة والجدول يوضح مكونات الهواء الجوي وهواء التربة.

المكونات	الهواء الجوي %	هواء التربة %
N	79	79
O_2	21	15.1 – 20.4
CO_2	0.03	0.2 – 0.45

إن سرعة التبادل الغازي مؤثرة ومهمة جداً وهذه لها علاقة بالمحتوى الرطوبي والصفات الفيزيائية الأخرى كالنسجة والبناء والكثافة والتبادل الغازي يتم من خلال الجريان الكتلي والانتشار. وبشكل عام تتأثر بعض من المحاصيل عندما تقل النسب الحجمية للأوكسجين في التربة عن 10% وتختلف حساسية المحاصيل للأوكسجين فهناك محاصيل حساسة كالقطن والذرة الصفراء وهناك محاصيل تتحمل مثل الذرة البيضاء، اما الصفصاف والبردي فيستطيع العيش في ترب غدقة لأنها تأخذ الهواء عن طريق الاوراق.

م. د. منتظر حمادي البديري

وهناك بعض المفاهيم ذات العلاقة بتهوية التربة كالسعة الهوائية للتربة والتي تمثل حجم الهواء في التربة عندما تكون الرطوبة عند السعة الحقلية (السعة الحقلية: كمية الماء التي تستطيع التربة الاحتفاظ بها بعد تشبعها وتركها لتبزل لمدة يوم او يومين) وهي ذات علاقة بنسجة التربة وتكون بحدود 25% في الترب خشنة النسجة وبحدود 10% في الترب ناعمة النسجة لأن الاخيرة تستطيع الاحتفاظ بالماء بكمية اكبر ومن ثم سعتها الهوائية تكون اقل. ويؤدي بناء التربة دوراً مهماً والترب جيدة البناء وذات ثباتية التجمعات العالية تحوي نسب عالية من المسامات بين التجمعات ومن ثم سعة هوائية جيدة تصل الى 30%. اما عملية رص التربة ودكها نتيجة مرور الساحبات والمكائن الزراعية وسوء ادارة التربة فإنها تؤدي الى انخفاض سعة التربة الهوائية.

المساحة السطحية النوعية للتربة Soil's specific surface area (S) (م^2.غم$^{-1}$)

المساحة السطحية للدقائق المفردة هي عامل مهم في عملية الامتزاز السطحي للمغذيات والمبيدات الحشرية وعملية امتصاص الماء ومقاومة التربة وخصائص النقل في التربة. تعتمد المساحة السطحية على شكل دقائق التربة ومثال ذلك اذا كان الشكل كروي ونصف القطر r والكثافة ∫ فإذا تم عد المساحة السطحية (a) والكتلة (m) فإن المساحة السطحية النوعية تحسب من الخطوات الاتية:

Surface area (a) = $4\pi r^2$

Mass (m) = $\int V = \int [4\pi r^3/3$

Specific surface area (S=a/m): $S = 3/\int r$

والجدول الاتي يبين المساحة السطحية النوعية لدقائق التربة

الدقائق	القطر الفعال (سم)	الكتلة (غم)	المساحة (سم^2)	المساحة السطحية النوعية (م^2. غم$^{-1}$)
الحصى	$10x2^{-1}$	$10x1.13^{-2}$	$10x1.3^{-1}$	11.1
الرمل	$10x5^{-3}$	$10x1.77^{-7}$	$10x7.9^{-5}$	444.4
الغرين	$10x2^{-4}$	$10x1.13^{-11}$	$10x1.3^{-7}$	10^4x11.1
الطين *	$10x2^{-4}$	$10x8.48^{-15}$	$10x6.3^{-8}$	10^6x7.4
• سمك الطين 10^{-7} سم				

ومن اهم طرائق قياس المساحة السطحية النوعية هي الطرائق المباشرة التي تعتمد على الامتزاز السطحي لغاز (وهنا غاز النتروجين والاركون تحت تفريغ عالي) او سائل الاثلين كلايكول وحديثاً تم استعمال الاثلين كلايكول احادي الاثيل الايثر.

Ethylene Glycol Mono Ethyl Ether (EGME)

حرارة التربة Soil Temperature

لها اهمية كبرى لأنها تؤثر في نشاط الاحياء المجهرية وإنبات البذور ونمو النبات، ونشاط الاحياء المجهرية يؤثر في تحلل المواد العضوية ولذا يلاحظ ان المواد العضوية تتجمع في ترب المناطق الباردة وتقل في ترب المناطق الحارة عند توفر الظروف الاخرى. نمو الجذور والنباتات يتأثر بالحرارة ولذلك هناك نباتات تنمو في المناطق الباردة ونباتات تنمو في المناطق الحارة.

تؤثر الحرارة في الاستهلاك المائي التبخر - نتح (ET) وحالياً في الزراعة المغطاة (البيوت البلاستيكية والزجاجية) يمكن السيطرة على درجات الحرارة داخل البيت من خلال التكييف. وان نسب الرطوبة الجيدة في التربة تقلل من التغايرات في حرارة التربة بين الليل والنهار وكذلك الغطاء النباتي يقلل من التغايرات اليومية والفصلية في درجات الحرارة.

الايصالية الحرارية للترب Thermal conductivity of soil

وهي كمية الحرارة التي تنتقل عبر وحدة مساحة في وحدة زمن تحت تأثير وحدة الانحدار الحراري. وتعتمد الايصالية الحرارية على مكونات التربة المعدنية والعضوية بالإضافة الى حجم الماء والهواء ولما كانت الايصالية الحرارية للهواء واطئة واقل بكثير من الايصالية الحرارية للماء والمواد الصلبة فإن المحتوى العالي من الهواء محتوى رطوبي واطئ تقابله ايصالية حرارية واطئة والعكس صحيح. ولكون نسبة الهواء الى الماء في تغاير مستمر حسب كمية الماء المضافة او الري والمدة بين رية واخرى فإن ذلك سينعكس على الايصالية الحرارية التي تكون في تغاير مستمر مع الزمن.

قياس درجة حرارة التربة

هناك انواع خاصة من المحارير والمجسات لقياس درجات حرارة التربة على اعماق مختلفة.

العوامل المؤثرة في درجة حرارة التربة

من اهم العوامل:- لون التربة ونسجة التربة وبناء التربة ومحتوى التربة الرطوبي ومحتواها من المادة العضوية المتدبلة ووجود الغطاء النباتي وانحدار الارض والوضع بالنسبة للشمس. ويعد المحتوى الرطوبي من اهمها لأن الحرارة النوعية للماء خمسة اضعاف الحرارة النوعية لمكونات التربة الصلبة. وتمتص التربة الداكنة اللون قدراً اكبر من الحرارة.

م. د. منتظر حمادي البديري

لون التربة Soil color

يعد من الخصائص التي يمكن ملاحظتها وهي تتعلق بمحتوى التربة من المادة العضوية والمناخ والبزل وتراكم الاملاح هذا فضلا عن انها تعكس التركيب المعدني للتربة. فينتج اللون الابيض من توافر معادن الكاربونات والجبس واللون الاحمر من اكاسيد الحديد غير المتأدرتة (الهمتايت) والأصفر من معادن الحديد المتأدرتة الليمونايت واللون الاسود أو البني من وجود معادن المغنتايت واوكسيد المنغنيزوالمواد العضوية.

لون التربة يؤثر في نمو النبات بصورة غير مباشرة من خلال تأثيره في تغيرات درجات الحرارة وله علاقة بنسبة الرطوبة ومحتوى التربة من المادة العضوية وبشكل عام فإن التربة الغامقة تكون عالية الانتاجية بسبب زيادة المادة العضوية والقدرة على مسك الماء والمغذيات.

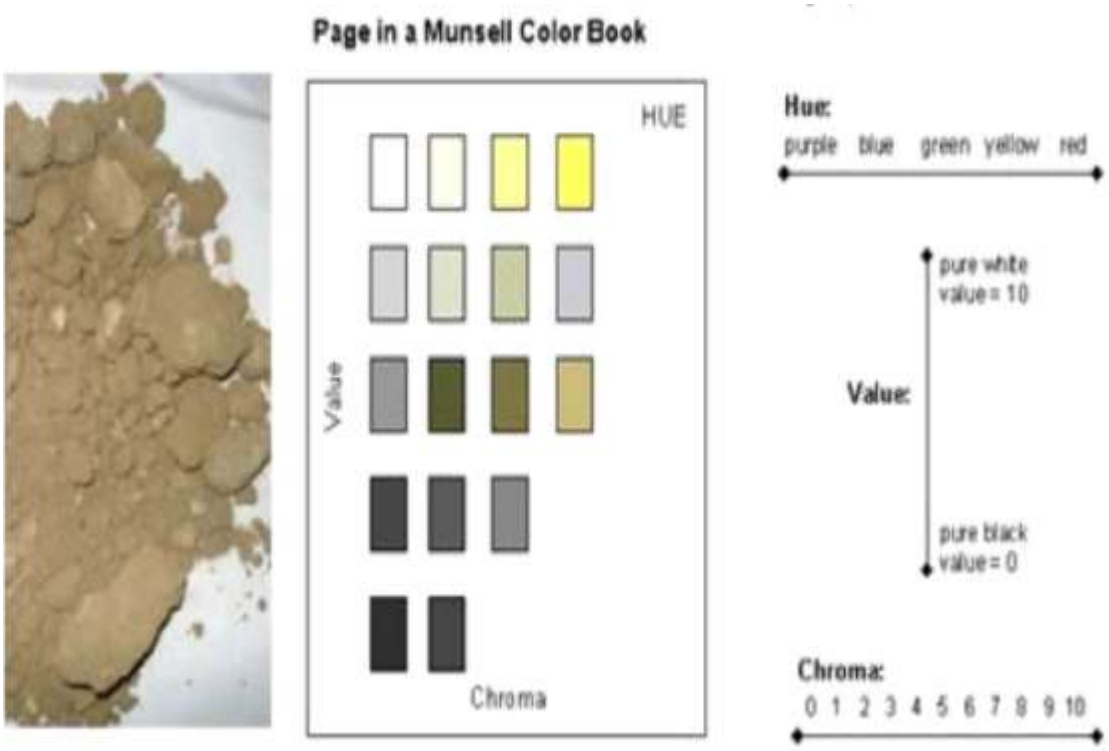
يتأثر لون التربة بالأملاح والاكاسيد التي تحويها التربة. ففي الترب المتأثرة بالأملاح يصبح لون التربة غامقاً لاسيما في الترب الصبخة ويصبح اللون ابيض في ترب الشورى. ان وجود الصوديوم ولاسيما بيكاربونات الصوديوم يعطي لونا غامقاً للتربة نتيجة تكون هيومات الصوديوم في الترب العضوية، ووجود اكاسيد الحديد يعطي لوناً خاصاً يتأثر برطوبة التربة فهو احمر عند الظروف الهوائية وازرق تحت ظروف الاختزال اختلاف لون التربة يمكن ان يكون بسبب اختلاف مادة الأصل، واختلاف درجة تطور التربة، واختلاف المحتوى المعدني للتربة، وتذبذب المستوى الرطوبي للتربة واختلاف المحتوى من المادة العضوية.

ويمكن تعيين لون التربة او قياسه باستعمال كتاب منسل (Munsell colour chart) ويعبر عن اللون بثلاثة متغايرات هي:-

Hue: موقع اللون في الطيف المنظور بالنسبة للألوان الاساسية الاحمر- الاصفر - الاخضر - الأرجواني وهناك رموز فالرمز R يدل على الاحمر والرمز YR على الاصفر المحمر و ل Y الاصفر (طول الموجة الضوئية السائدة).

Value : قيمة اللون ويصف موقع اللون ابتداءاً من الفاتح الى الداكن وتعطى ارقام بين الصفر الذي يرمز الى الاسود النقي والعشرة التي ترمز الى الأبيض النقي (مجموع كمية الضوء من الفاتح الى الغامق).

Chroma: درجة تشبع او نقاوة اللون بين الرمادي المعتاد الذي يعطى صفر واللون الكامل الذي يعطى الرقم 20 وفي الترب غالباً الرقم بحدود 8 (النقاوة النسبية للموجة الضوئية السائدة).



سعة الماء الجاهز Available water capacity

ترتبط بشكل كبير مع نسجة التربة. ولكون الماء والهواء تشغل المسام البيئية بين الاجزاء الصلبة لجسم التربة فإنه كلما كبرت دقيقة التربة مثل الرمل تكبر المسام بينهم. وان عملية البزل تكون اسهل في المسام الكبيرة ولكن هذا سيؤدي الى جفاف التربة بسهولة لأن التربة تحتفظ بكمية قليلة من الماء والري على مدد قصيرة يكون مهماً في هذه الترب. وعندما تكون الدقائق اصغر تصغر المسام وتزداد قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء اي ماء مخزون اعلى للنبات. ولذلك فإن الترب متوسطة النسجة والترب المزيجة والمزيجة الغرينية والمزيجة الطينية لها سعة عالية للماء الجاهز بالمقارنة مع الترب خشنة النسجة. الترب المزيجة الرملية تكون وسطية في هذه الخصائص، أما الترب الناعمة مثل الطينية التي تمتلك مساماً صغيرة ويكون الماء فيها ممسوك بقوة فإن جذور النباتات غير قادرة على الحصول على الكمية الكافية من الماء الجاهز بالقياس الى الترب متوسطة النسجة. ولذا فإن الترب متوسطة النسجة تكون مفضلة للاستعمالات الزراعية لأنها تجهز سعة مائية جاهزة جيدة وتهوية وفي الوقت نفسه يكون من السهولة التعامل معها.

ولحساب الماء الجاهز يؤخذ عمق لمسافة ١ متر او الى العمق الذي يتحدد به نمو الجذور اذا كانت اقل من ذلك والماء الجاهز التجميعي للآفاق سيعطي الماء الجاهز الكلي في المقد ومن المهم معرفة الماء الجاهز للتربة السطحية وتحت السطحية لأن مساهمة الطبقات تحت السطحية تكون مهمة احياناً، وحتى مساهمة الماء الارضي يجب ان يؤخذ في حسابات الموازنة المائية.

نفاذية الماء permeability

تمثل معدل حركة الماء خلال التربة، وهذه الخاصية تتأثر بنسجة التربة وبناءها والكثافة الظاهرية والمسام الكبيرة كما أن بناء التربة يؤثر في معدل حركة الماء من خلال حجم وشكل وتوزيع المسام والبناء الحبيبي يسمح بمرور حركة الماء نحو الاسفل بينما البناء الصفائحي يتحرك به الماء بشكل ابطأ وبطريق اطول، وخاصية النفاذية مفيدة في تصميم المبازل ومراشنة الري وعمليات الصيانة المختلفة.

جدول يبين اصناف النفاذية permeability classes

السرعة سم ساعة$^{-1}$	الصنف Class
اقل من 0.152	بطيء جداً Very Slow
0.152 – 0.51	بطيء Slow
0.51 – 1.524	معتدل البطئ Moderately Slow
1.524 – 5.08	معتدل Moderate
5.08 – 15.24	معتدل السرعة Moderately Rapid
15.24 – 50.8	سريع Rapid
اعلى من 50.8	سريع جداً Very Rapid

الخصائص الفيزيائية لترب العراق

وصفت ترب العراق والتي تقع ضمن ترب المناطق الجافة وشبه الجافة بأنها ترب ضعيفة البناء بسبب انخفاض محتوى الترب من المواد العضوية ووجود الاملاح. كما انها تتصف بوجود قشرة صلبة crust عند الجفاف. القشرة الصلبة هذه يمكن ان يكون لها تأثير كبير ومباشر في الانتاجية من خلال تأثيرها السلبي في وبزوغ البادرات والنفاذية والتبادل الغازي، واثبتت بعض من الدراسات التي نفذت في البلد امكانية تحسين الحالة الفيزيائية لهذه الترب من خلال إضافة المخلفات العضوية او الاسمدة العضوية واستعمال محسنات التربة وبعض المشتقات النفطية واستعمال بعض الاحياء المجهرية مثل فطريات المايكورايزا.

ماء التربة Soil Water

الماء هو اساس استمرار الحياة ونمو جميع الكائنات ألحية قال تعالى ((وجعلنا من الماء كل شيء حي))، وكما ذكرنا سابقاً فأن التربة تتكون من مواد صلبة ومسامات وتكون المسامات مملوءة بالماء والهواء وهناك علاقة عكسية بين نسبة الماء والهواء وتؤدي التربة التي تقع بين الجو وبقية جسم الارض دوراً مهماً في توزيع الماء خلال دورته في الطبيعة حيث تدخل الى التربة كميات كبيرة من ماء التساقط (المطر والندى وإلخ) الذي يتم نزول جزء منه الى الاعماق ويتبخر جزء اخر من السطح، اما الباقي فأما يمتص من قبل النبات او يبقى حول دقائق التربة

كماء غير جاهز وتؤثر كل من كمية الرطوبة والطاقة التي يمسك بها الماء في التربة تأثيراً كبيراً في خواص التربة المختلفة وعلى نمو النبات، ولذا يتوجب على المشتغلين في الزراعة أن يفهموا وبشكل جيد العلاقات المتداخلة بين التربة والماء والنبات لأجل الحصول على اعلى انتاج للمحاصيل.

وبشكل عام فأن الصفات المائية للتربة تعتمد بدرجة كبيرة على صفات التربة الفيزيائية لاسيما النسجة والبناء فضلاً عن المكونات الكيميائية للمعادن والمادة العضوية. ولذا سيتم التطرق الى المحتوى الرطوبي في التربة والمدلولات والمفاهيم المختلفة للمحتوى الرطوبي والقوى التي يمسك بها الماء وكيفية تقسيم الماء من الناحية الفيزيائية والبيولوجية ومن ثم كيفية حساب المحتوى الرطوبي للتربة.

محتوى ماء التربة

الماء في التربة يشغل المسام البينية التي نشأت من الترتيب الفيزيائي لجزيئات الطور الصلب بالتنافس والتداخل مع الطور الغازي وتحتفظ الترب بكميات معتبرة من المياه. وهناك من يشير الى ان هكتاراً من تربةٍ متوسطة النسجة ولعمق متر ولها سعة حقلية بحدود 20% على اساس حجمي يمكن ان يخزن كمية من الماء تصل الى 4000 متر مكعب وتستطيع هذه الكميات من المياه اسناد نمو النبات واحياء التربة المجهرية في المناطق محدودة الامطار. ومع هذا فإن حالة ماء التربة متغايرة بالزمان والمكان ولاسيما بالقرب من سطح التربة ووجود جذور النبات.

تقدير المحتوى الرطوبي

1. على اساس الوزن Pw (الطريقة الوزنية Θm):- وتعد الاساس لكل الطرائق الاخرى وتمثل نسبة كتلة محتوى ماء التربة الى كتلة التربة الجافة بالفرن وحسب العلاقة الاتية:-

$$\% \text{ للرطوبة على اساس الوزن الجاف } (Pw) = \frac{\text{كتلة الماء}}{\textbf{كتلة التربة الجافة بالفرن}} X\ 100$$

ويمكن ان التعبير عنه (كغم كغم$^{-1}$).

2. على اساس الحجم Pv (الطريقة الحجمية Θv):- وتمثل حجم الماء الى الحجم الظاهري للتربة وحسب العلاقات الاتية:-

$$Pv = \frac{\text{حجم الماء}}{\textbf{الحجم الظاهري للتربة}} = \frac{\textbf{كتلة الماء/ كثافة الماء}}{\text{حجم العينة}}$$

او بطريقة اخرى:-

$$(\Theta v)\ Pv = \text{النسبة المئوية للرطوبة الوزنية } (\Theta m) \times \frac{\text{الكثافة الظاهرية للتربة } \int b}{\text{كثافة الماء } \int w}$$

كثافة الماء $\int w$ = 1000كغم م$^{-3}$ عند درجة حرارة 20مْ او 1ميكاغرام م$^{-3}$ او (1غم سم$^{-3}$ في الوحدات القديمة).

3. على اساس العمق d:-

$$d = \frac{D \times Pv}{100}$$

d = عمق الماء (سم)، D = عمق المنطقة الجذرية (سم) او العمق المراد ريه.

4. على اساس التشبع النسبي:- التعبير هنا على اساس درجة التشبع ويمثل حجم المسام المملوءة بالماء الى الحجم الكلي للمسام وقيمة هذا الدليل تكون صفرا في التربة الجافة بشكل كامل وواحد في التربة المشبعة.

حالات الرطوبة الرئيسة في التربة

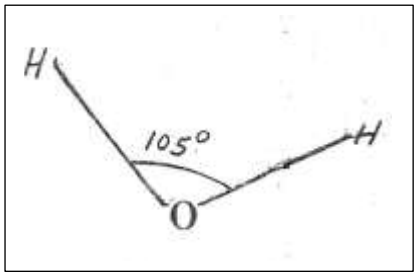
هناك مدلولات ومفاهيم مهمة ولها مدلولاتها التطبيقية في الزراعة وهي:-

- نسبة التشبع (Saturation point) او نقطة التشبع: وهي الرطوبة اللازمة لإيصال المحتوى الرطوبي الى حالة تتشبع بها كل المسامات الكبيرة والصغيرة، بتعبير اخر هنا تكون حالة تغدق وأحيانا تصل اليها التربة بعد الري مباشرة اذا لم تكن كمية المياه المضافة محسوبة بشكل صحيح او بعد هطول امطار غزيرة. ويعبر عن نسبة الرطوبة في هذه التربة بالقابلية العظمى للتربة لمسك الماء Maximum Water Holding Capacity.
- السعة الحقلية (Field capacity): وهي مفهوم حقلي لكمية الماء المتبقي بعد تسبيع التربة بالماء واعطاءها الوقت الكافي لبزل الماء الحر وتوقفه. ويمكن الحصول عليها من خلال اضافة كمية ماء كافية لتشبع مساحة معينة من التربة وتغطيتها بغطاء مناسب لتقليل التبخر وتركها لمدة 2- 3 أيام الى ان يتوقف ماء البزل. وعموماً تقاس السعة الحقلية عند 3/1 بار(33 كيلو باسكال) او عند 0.1 بار(10 كيلو باسكال) حسب نوع ألتربة. وبشكل تقريبي تقترب السعة الحقلية من نصف قيمة ألتشبع في الترب الناعمة وثلث القيمة في الترب الخشنة النسجة. ويعبر عنها مختبرياً بقابلية التربة على مسك الماء (Water holding capacity) (WHC) وهي قابلية التربة على مسك الماء ضد الجذب الأرضي، وهنا تكون المسام الكبيرة عند هذا الحد خالية من الماء والمسام الصغيرة مملوءة بالماء، وعند الري يجب ان لا تتجاوز كمية الماء المضاف لهذا الحد.
- نقطة الذبول الدائم P.W.P (Permanent wilting point): وهو المحتوى الرطوبي الذي لا يستطيع النبات عنده امتصاص الماء من التربة والاستفادة منه لعملياته الحيوية والفسلجية وذلك لانه ممسوك بقوة. هناك طرق عملية وتقريبية لحساب هذه النقطة وعادة تقاس بتسليط

ضغط مقداره 15 بار(1500 كيلو باسكال). وعند وصول النباتات الى نقطة الذبول الدائم لا يستعيد النبات انتفاخه او يموت ما لم يضاف اليه الماء.

- المعامل الهايكروسكوبي Hygroscopic coefficient : يكون الماء بشكل طبقة رقيقة جداً وممسوك بقوة شديدة وحركته على شكل بخار ماء وهنا النبات لا يستطيع الاستفادة منه.

طاقة ماء التربة Soil Water Energy



هناك عاملان يؤثران في مسك الماء في التربة وهما :

- قوة التلاصق adhesion بين جزيئات الماء ودقائق التربة.
- قوة التماسك Cohesion بين جزيئات الماء ذاتها.

يتكون الماء عادة من جزء موجب 2H وجزء سالب $O^{=}$. وبما ان سطوح دقائق التربة مشحونة بشحنة سالبة فيتم انجذاب الجزء الموجب من الماء الى الاسطح. وان جزيئات الماء ترتبط مع بعضها بأواصر هيدروجينية مكونة غشاء حول الدقائق. يُمسك الماء في التربة بطاقة معينة وتختلف هذه الطاقة حسب الموقع او البعد عن سطوح الدقائق الصلبة وكلما اقتربنا من الدقائق تكون قوة الربط اقوى او بطاقة عالية وتقل كلما ابتعدنا حتى نصل الى ان تكون الطاقة صفراً اي لا يوجد مسك وهنا يتحرك الماء بفعل الجاذبية. اي عند اضافة الماء الى تربة جافة تتكون اغلفة الماء حول الدقائق الى ان تمتلئ المسام الدقيقة والتي يكون فيها الربط قوياً بين الماء والتربة وفي المسام الكبيرة يكون الربط قليلاً ويتحرك الماء نحو الاسفل.

اذا افترض ان طاقة الماء عند سطح الماء الحر= صفر، فأن قيمة الطاقة التي يمسك بها الماء في التربة تكون سالبة او تحت الصفر، اي ان الطاقة تكون صفراً في المسام الكبيرة عند التشبع وسالبة في المسام الصغيرة، وان قابلية التربة على خزن المياه تعمل كحساب مصرفي تخزن المضاف لها من المياه ليستفيد منه النبات فيما بعد.

وحدات طاقة الماء في التربة

يمكن قياس طاقة الماء بوحدات:

- الشغل Work : ويمثل القوة × الازاحة
- الطاقة هي القابلية على انجاز شغل ولذا فإن الطاقة = الشغل

$$E = W = F \cdot h = mgh$$

❖ الطاقة = الشغل = القوة × الازاحة (الارتفاع)= الكتلة × التعجيل الارضي × الارتفاع

h = ارتفاع الماء، m = كتلة الماء، g = التعجيل الارضي

م. د. منتظر حمادي البديري

وحدات الطاقة ايرك او الداين. سم

الجهد Potential (Ψ)

كمية الشغل المنجزة على وحدة الكتلة، كما في العلاقة الاتية:

$$\Psi = mgh/m = gh$$

الوحدات ايرك/غم او سم^2/ ثا^2.

الجهد فوق مستوى الماء الحر يكون سالباً وتحت المستوى يكون موجباً، والجهد مهم في حركة الماء من مكان الى اخر من التربة الى الجذور وهكذا.

الضغط Pressure:

اذا كان ضغط الماء اعلى من الضغط الجوي يكون موجباً اما اذا كان تحت مستوى الضغط الجوي فيكون سالبا، والضغط عند سطح الماء الحر يساوي صفراً ومساويا للضغط الجوي.

الضغط = القوة العمودية على وحدة المساحة (داين/سم^2 او غم/سم/ثا^2)

$$P = Vg / A = Ah\, g / A$$

V= حجم عمود الماء، A= مساحة المقطع العرضي لعمود الماء.

طول عمود الماء يكون كافياً لقياس الضغط لان الوحدات او القيم الاخرى ثابتة عند درجة حرارة ثابتة.

وبشكل عام سيتم استعمال طول عمود الماء قياساً للطاقة ويكون الارتفاع موجباً او سالباً اعتماداً على الموقع من سطح الماء الحر، وبما ان الضغط الجوي = 1034 سم ماء والبار Bar = 1021سم ماء، اذا الضغط الجوي ≈ البار، وهناك وحدة عالمية تسمى الباسكال Pascal وإن 1 بار= 100 كيلوباسكال (Bar = 100 Kpa).

والجدول يوضح وحدات طاقة جهد ماء التربة.

الاسم	العلامة	الوحدة	الوحدة العالمية
الجهد الكيميائي	U	الطاقة/ الكتلة	جول كغم$^{-1}$
جهد ماء التربة	Ψ	الطاقة/ الحجم	نيوتن م$^{-2}$ (باسكال)
ارتفاع عمود الماء	H	الطاقة/ الوزن	متر

م.د. منتظر حمادي البديري

العلاقة بين الشد الرطوبي ونسبة الرطوبة

إن الشد الرطوبي (قوة المسك) ينخفض كلما ابتعدنا عن سطح الدقائق الى ان يصل الى الصفر في التربة المشبعة، وعند قياس الشد عند نسب رطوبية مختلفة نحصل على ما يسمى بمنحنى الشد الرطوبي (منحنى الوصف الرطوبي) ويكون لكل تربة منحنى خاص بها، ومن هذا المنحنى نستطيع وصف وتحديد طبيعة العلاقة وحدود السعة الحقلية ونقطة الذبول والماء الجاهز.

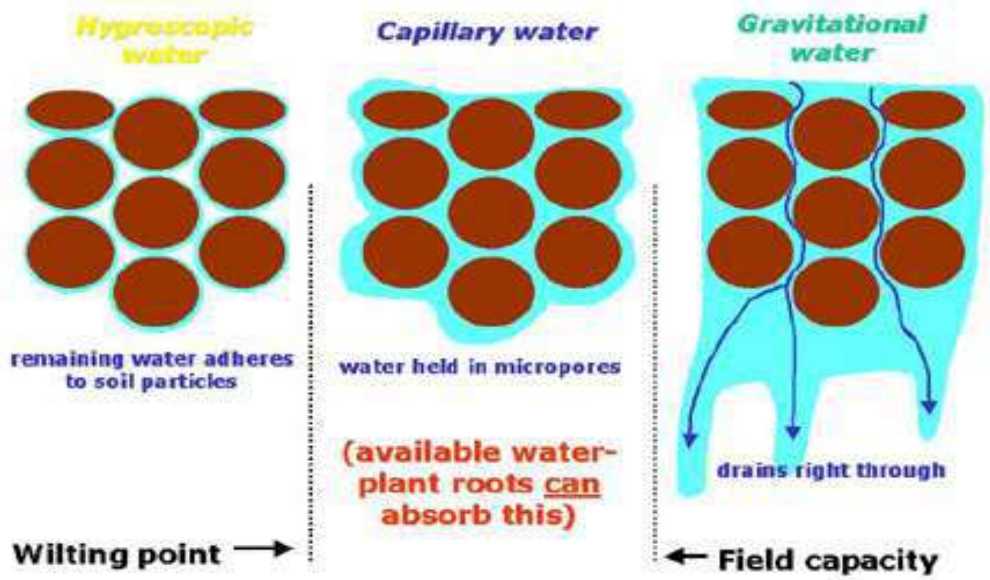
تصنيف ماء التربة

التصنيف الفيزيائي المقترح من Briggs

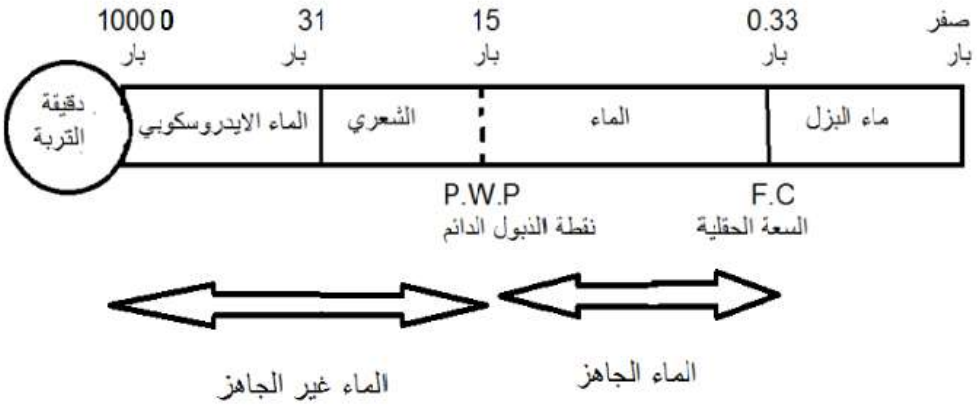
- ماء الاجتذاب Gravitational Water: الماء الحر الممسوك بطاقة اقل من الطاقة الكامنة للسعة الحقلية، يتحرك بطلاقة تحت تأثير الجذب الارضي.
- الماء الشعري Capillary water: الماء الممسوك حول دقائق التربة وبين المسامات وهو ما يسمى بمحلول التربة Soil solution ولا يكون جميعه جاهزاً للنبات.
- الماء الهايكروسكوبي Hygroscopic water: عبارة عن طبقة رقيقة film من الماء ممسوك بشد عالٍ الى سطوح دقائق التربة ويتحرك بشكل بخار ماء وهذا يجعل الماء غير جاهز للنباتات ويمكن ان يتحرر من التربة بالحرارة فقط (وهذا المصطلح قديم ولا يستعمل في مصطلحات علوم التربة الامريكية الحديثة (SSSA الذي صدرت عام 2013)).

التصنيف البيولوجي للماء

- ماء الاجتذاب Gravitational Water: وهو الماء الذي يتحرك بفعل الجاذبية الارضية، ويكون حر الحركة وفي المسام الكبيرة ولا يستطيع النبات الاستفادة منه بشكل جيد لكون وجوده يكون على حساب هواء التربة على الرغم من عدم مسكه بالتربة لسرعة فقدانه ونزوله الى الاسفل.
- الماء الجاهز Available water : وهو الماء الممسوك بين حدي السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم وهذا الماء فيه درجات مختلفة من التيسر للنبات ويفضل اضافة الماء قبل او عند استنزاف 75% من الماء الجاهز او حتى 50% كي لا يتأثر النبات بأي اجهاد رطوبي ونحصل على انتاج عالي.
- الماء غير الجاهز Unavailable water : وهو الماء الممسوك بشد عالٍ لا يستطيع النبات امتصاصه والاستفادة منه.



تصنيف فيزيائي



تصنيف بيولوجي

مخطط يوضح الاغشية المائية حول دقيقة التربة

الجدول الاتي يبين العلاقة بين الماء الجاهز ونسجه التربة ويلاحظ انه على الرغم من ان الترب الطينية تمسك كمية اكبر من الماء من بقية الترب إلا ان نقطة الذبول الدائم فيها عالية لذا فالماء الجاهز في الترب المزيجة يكون اعلى.

جدول يبين العلاقة بين الماء الجاهز ونسجه التربة

الماء الجاهز	نقطة الذبول الدائم	السعة الحقلية	التشبع	الطين	النسجة
%					
4	2	6	40	3	Sand
24	5	29	50	22	Loam
21	20	41	60	47	Clay

ومن اهم العوامل المؤثرة في جاهزية الماء للنبات هي:

- قابلية التربة على مسك الماء.
- عمق المنطقة الجذرية.
- ملوحة التربة:- وتؤثر ملوحة التربة بشكل كبير من خلال تأثيرها في جهد الماء اذ ان جهد الماء Ψw عموماً يتكون من الجهد الهيكلي Ψm (مسك الماء على الاجزاء الصلبة في التربة) والجهد الملحي او الازموزي Ψs الذي يؤثر سلباً في جهد الماء، بتعبير اخر ان زيادة الملوحة تزيد من مسك الماء وتقلل من جاهزيته للامتصاص من قبل النبات.

جهد الماء الكلي Soil Water Potential

كمية الشغل التي تنجزه وحدة كمية واحدة من الماء عندما تتحرك الى منطقة الماء الحر في درجة الحرارة نفسها وعند مستوى القياس نفسه، وبشكل عام فإن الماء يتحرك من منطقة ذات جهد عال الى منطقة ذات جهد واطئ، ويتكون جهد الماء الكلي من الجهد الهيكلي وجهد الجاذبية وجهد الضغط والجهد الملحي وكما في العلاقة الاتية:-

$$\Psi w = \Psi z + \Psi m + \Psi p + \Psi s$$

- Ψw :- جهد الماء الكلي (او يكتب Ψ_T).
- Ψz:- جهد الجاذبية (المسافة العمودية بين نقطة معينة ونقطة القياس اذا كانت النقطة فوق مستوى القياس يكون Ψz موجباً)، واذا كانت النقطة تحت مستوى القياس يكون Ψz سالباً (مستوى القياس هو مستوى مرجعي ويوضع بشكل وهمي).
- Ψm:- الجهد الهيكلي (Metric potential) وهو مهم جداً ويمثل القوة التي ينجذب بها الجزء الصلب للماء، وهي القوة الرئيسة المسؤولة عن جذب المياه الى الاسطح وحركة المياه وتكون صفراً عند التشبع وسالباً عند الجفاف. وهو يمثل التأثير الناتج من التأثير المشترك للقوى الشعرية والامتزاز ضمن جسم التربة وبميكانيكيات عدة منها الإلصاق (Adhesion) للماء على الاسطح الصلبة والخاصية الشعرية وتأثير الغلاف المائي للأيونات وربط الماء في الطبقة المزدوجة المنتشرة (Diffused Double Layer)(DDL). قيم الجهد الهيكلي في المدى صفر عندما تكون التربة مشبعة الى قيم سالبة عند الجفاف ويقاس الجهد الهيكلي بالتنسيومترات Tensiometer والذي يتكون من ثلاثة عناصر هي الجزء المسامي او porous cup وخزان الماء ومقياس. واتزان الطاقة بين التنسيومتر والتربة المحيطة يتم من خلال حركة الماء عبر الجزء المسامي والماء يتحرك باتجاه تناقص الجهد.
- Ψp:- جهد الضغط ويمثل الفرق في الضغط بين الضغط الجوي لنقطة ما في التربة والمحيط الخارجي، وفي الترب غير المشبعة يساوي صفراً الا ان له اهمية في الترب المشبعة.
- Ψs:- جهد المحلول او الجهد الملحي وهو سالب ومهم جداً في الترب الملحية وهو يتحدد بوجود الايونات المذابة بالماء وهذه الايونات تعمل على خفض جهد الماء. ان تأثير الجهد الملحي يكون مهماً عند وجود كميات من الايونات المذابة في الماء وعند وجود غشاء اختياري النفاذية او

حاجز للانتشار الذي يسمح بمرور الماء بدرجة اعلى من الملح، ومن حواجز الانتشار الأكثر اهمية في التربة هي منطقة تداخل التربة مع جذور النبات (غشاء الخلية يكون اختياري النفاذية). وفي المحاليل المخففة يمكن حساب الجهد الملحي او الجهد الازموزي من العلاقة الاتية:

$\Psi s = -RTCs$

$R(\text{Gas constant}) = (8.1314 \times 10^{-3}\ kPa\ m^3\ mol^{-1}k^{-1})$

T (Absolute Temperature)(K)

$Cs(\text{solution concentration}) (\ mol\ m^{-3})$

التقريب المفيد والعملي للحصول على الجهد الازموزي او الملحي مقاساً بالكيلو باسكال من الايصالية الكهربائية لمحلول التربة مقاسة بالدسي سيمنز لكل متر هو من خلال العلاقة الاتية:

$\Psi s = -36\ ECe$

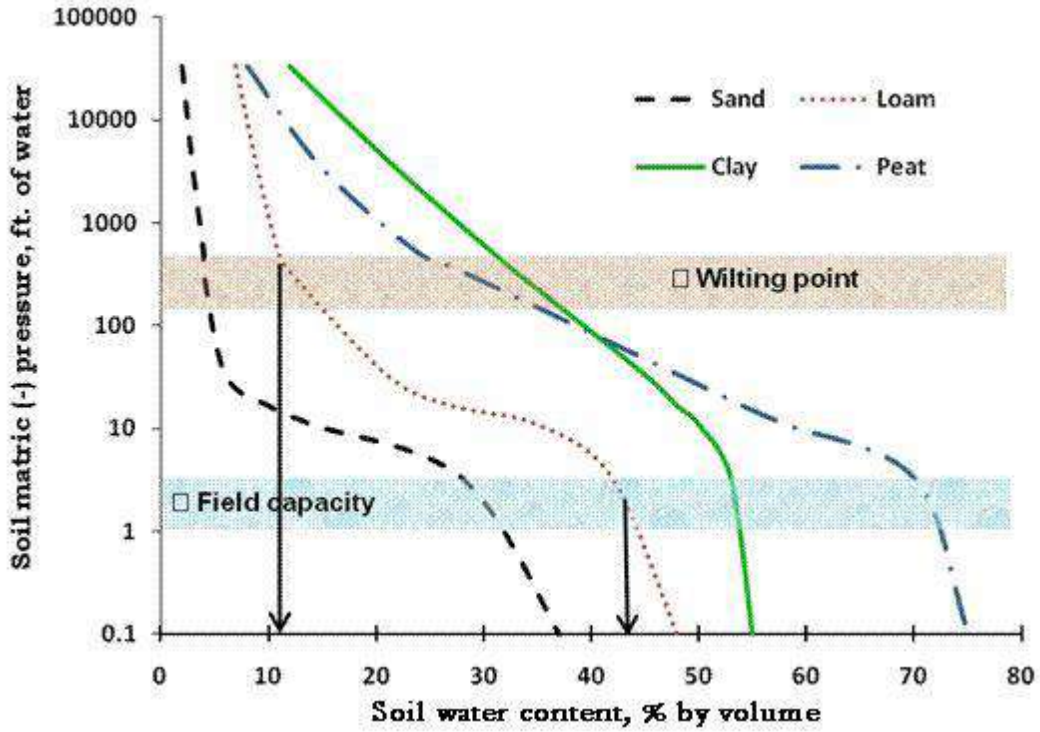
بشكل عام فإن Ψm و Ψs هي الاكثر اهمية والمحركة للمياه من نقطة الى اخرى.

منحنى الاحتفاظ بالماء Water retention curve:

العلاقة بين المحتوى المائي (المحتوى الرطوبي للتربة) Θ، وجهد ماء التربة Ψ، تسمى منحنى الاحتفاظ بالماء. ان هذا المنحنى يكون صفة للأنواع المختلفة من التربة ويدعى ايضاً منحنى الوصف الرطوبي SWCC – Water Characteristic Curve.

يستعمل هذا المنحنى للتنبؤ او الاستشراف بكمية خزن التربة للماء وتجهيز للنبات وثباتيه التجمعات، ومع وجود تأثير هستيريا التربة hysteretic effect الناجم عن عدم تجانس مسام التربة او ما يسمى بعنق الزجاجة يكون منحنى التجفيف مختلفاً عن منحنى الترطيب، فإن الشكل العام لمنحنى وصف رطوبي يمكن ان يلاحظ كما في الشكل التالي والتي رسم فيها المحتوى الحجمي للماء Θ، مقابل الجهد الهيكلي (Ψm) matric potential. عند جهد قريب من الصفر تكون التربة قرب التشبع والماء يكون ممسوكاً في التربة بشكل رئيس بالقوى الشعرية ومع نقصان حجم الماء يصبح ارتباط الماء اقوى وعند جهود صغيرة اكثر سالبية بإتجاه نقطة الذبول (wilting point) يرتبط الماء بشكل قوي في المسام الصغيرة عند نقاط التماس بين الحبيبات وبشكل طبقات رقيقة films مرتبطة بقوى الامتزاز (الادمصاص) حول الدقائق. الترب الرملية Sandy soils ستشترك فقط بالقوى الشعرية ولذا ستحرر معظم الماء عند الجهود العالية بينما الترب الطينية clayey soils التي تحوي قوى تماسك وازموزية ستحرر الماء عند جهود اوطئ (اكثر سالبيه). وعند اي جهد فإن الترب العضوية peaty soils ستبين او تظهر محتويات رطوبية أعلى بكثير من الترب الطينية والتي من

المتوقع ان تمسك ماء اكثر من الترب الرملية، وسعة مسك الماء لأي تربة تعتمد على المسامية وطبيعة الالتصاق في التربة.



شكل يبين منحنى الوصف الرطوبي لترب رملية Sandy soil وغرينية Silty Soil وطينية clayey soil وعضوية peaty soil.

حركة الماء في التربة

حركة الماء من نقطة الى اخرى، ومن التربة الى جذور النباتات يتحكم بها قانون دارسي الذي ينص على ان جريان الماء خلال التربة Q يتناسب طردياً مع انحدار جهد الماء ΔH او انحدار طاقة الماء وعكسياً مع المسافة (L)، وانحدار جهد الماء يتأثر بقوة الجذب الارضي وقوة ضغط الماء.

$Q=KA\ (\Delta H / L)$

Q = كمية الماء او التصريف = (حجم / زمن).

K = معامل التناسب او الايصالية المائية.

A = مساحة المقطع العرضي للعمود.

L = طول العمود.

ΔH= انحدار جهد الماء.

حركة الماء في الترب المنضدة

وجود اكثر من نسجة في التربة يؤثر في حركة الماء، وان الماء يتحرك بشكل بطيء في الترب الناعمة وينتشر جانبياً ورأسياً الى ان يصل الى طبقة رملية لا ينسحب الماء الا بعد التشبع، اما اذا كانت الطبقة الرملية على السطح فيتحرك الماء بسرعة الى ان يصل الى الطبقة الناعمة وتكون حركته بطيئة مما قد يؤدي الى تكوين ماء ارضي.

العلاقة بين محتوى ماء التربة وطور التربة الصلب والطور الغازي

يشترك ماء التربة وهواء التربة بمسام التربة والحجم الكلي للمسام الموجود بين الطور الصلب للتربة يطلق عليه بالمسامية porosity (f) وهي تعبير عن حجم المسام الى حجم التربة الكلي وقيمتها تقع بين 0.3 (30%) في الترب الخشنة النسجة الرملية الى 0.6 (60%) في الترب ناعمة النسجة (الطينية).

بعض الامثلة حول حسابات المحتوى الرطوبي للتربة

مثال 1:- اخذت عينة تربة من حقل وكان وزنها عند اخذ العينة 152غم وجففت بالفرن لمدة 24 ساعة وبعد ان بردت كان الوزن 113غم. احسب النسبة المئوية للرطوبة على اساس الوزن الجاف (Pw)؟ وعلى اساس الحجم (Pv)؟ اذ علمت ان الكثافة الظاهرية للتربة 1.3غم سم$^{-3}$ (1.3ميكاغرام م$^{-3}$)، وعلى اساس العمق اذ كان عمق المنطقة الجذرية 50سم.

الحل:-

Pw= (Mw/ Ms)x 100 = (152 – 113)/ 113= (39/ 113)x 100= 34.5%

Pv= 34.5 x (1.3/1)= 44.85%

d= (44.85 x 50) / 100 = 22.43 cm

مثال 2:- اذا اردنا ان نصل برطوبة التربة الى حد الاشباع وكانت الرطوبة الحجمية الابتدائية 0.1، وان الكثافة الظاهرية = نصف الكثافة الحقيقية لمحصول الذرة الصفراء الذي بعمق 60سم؟

الحل:-

- بما ان الظاهرية = نصف الحقيقية، اذاً النسبة المئوية للمسام او التشبع = 50% (0.5)

$$f=(1-\frac{\int b}{\int p})\times 100$$ (المسامية)

كمية الماء المطلوب لحد الاشباع هي 0.5 – 0.1 = 0.4 (40%) وهذا يعادل Pv لانه على اساس الحجم.

$$d=\frac{Pv \times D}{100} = (40 \times 60) / 100 = 24 \text{ cm}$$

واذا اردنا معرفة حجم الماء يضرب عمق الماء x مساحة الحقل.

الموارد المائية في العراق Water Resources in Iraq

من اهم مصادر الثروة المائية في العراق

- **نهرا دجلة والفرات وروافدهما.**

يبلغ المعدل السنوي للموارد المائية من نهري دجلة والفرات وروافدهما حوالي 77 مليار متر مكعب في السنة الرطبة و 44 مليار متر مكعب في السنة الجافة، و مصادر مياه الفرات جميعها من خارج القطر اما نهر دجلة فتشكل الموارد من خارج القطر بحدود 68%. وتذبذبت تصاريف الانهار لأسباب مختلفة منها اسباب فنية (ملأ الخزانات في تركيا وسوريا) وأسباب سياسية والتأثير اكثر وضوحاً في نهر الفرات لعدم وجود روافد في العراق، وتعد نوعية مياه نهري دجلة والفرات جيدة بشكل عام.

- **مياه الامطار**

يبلغ اجمال الامطار التي تسقط في العراق حوالي 99.8 مليون متر مكعب سنوياً وتقل معدلات سقوط الامطار كلما اتجهنا من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي وتبلغ نسبة حصة المنطقة الشمالية من العراق من الامطار ما لا يقل عن 75% من الكمية الكلية للهطول المطري على العراق. وهناك مناطق مضمونة الامطار تشكل 15% (يزيد فيها الهطول 450ملم سنوياً) والمناطق شبه المضمونة تشكل 23% (350- 450 مم سنوياً) والمناطق غير المضمونة وتشكل 62% (اقل من 350 مم سنوياً)، وتصل الى اقل من 100 - 170 مم سنوياً في وسط وجنوب العراق.

- **المياه الجوفية**

يقصد بها المياه المخزونة تحت سطح الارض ولايزال الاستغلال والتحكم بهذه المياه دون المستوى المطلوب في العراق على الرغم من توافرها ونوعيتها الجيدة.

م. د. منتظر حمادي البديري

الغرويات وخصائص التربة الكيميائية Colloids & Chemical Soil Properties

كما تبين في الفصول السابقة ان لإحجام الدقائق اهمية كبيرة بالنسبة لخواص التربة المختلفة وانه كلما صغر معدل قطر الدقائق الصلبة ازدادت المساحة السطحية النوعية التي تؤثر بدورها في الكثير من خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية ومثال على ذلك فأن المساحة السطحية النوعية لدقائق الطين تزيد اكثر من 1000 مرة على المساحة السطحية النوعية للرمل الخشن.

ان نسبة لا بأس بها من الدقائق الصلبة في التربة يقل حجمها عن 1 مايكروميتر(1 مايكروميتر = 10^{-6} متر) ويسمى معلق الدقائق التي اقطارها المكافئة اقل من 1 مايكروميتر معلقاً او محلولاً غروياً، وقد يستعمل التعبير غروي للدلالة على الدقائق التي اقطارها اكبر من 1 مايكروميتر ايضاً، والدقائق الغروية عبارة عن دقائق معدنية او عضوية. وسنتطرق في هذا الفصل الى صفات كل من الغرويات المعدنية والعضوية التي لها اهمية كبيرة في التأثير في النشاط الكيميائي الذي يؤثر بدوره في الصفات الفيزيائية والخواص البايولوجية (الحيوية) للتربة وفي نمو النبات.

يتكون الجزء الاعظم من دقائق التربة الغروية من المعادن الطينية (الاطيان الجزء المعدني الفعال للترب وبشكل سائد يكون غروياً ومتبلوراً، والطبيعة البلورية للطين عبارة عن ترتيب معين مكرر للذرات التي تتكون من ذرات الاوكسجين مع السليكون والالمنيوم ماسكةً الاوكسجين سويةً بأواصر ايونية) وهناك مجموعتان مختلفتان من المعادن الطينية وهي:

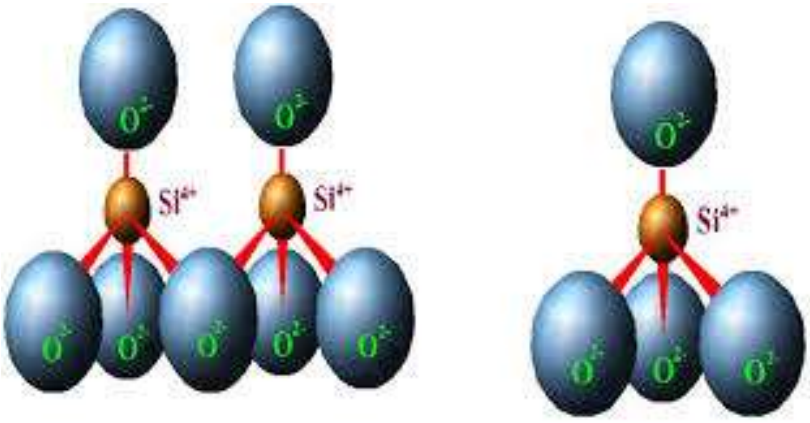
- مجموعة اطيان السليكات (Silicates clays) التي تعد المكون الاساسي في معظم ترب العالم عدا الترب العضوية.
- مجموعة الاكاسيد المتميئة للحديد والألمنيوم التي تكثر في ترب المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية وتسمى مجموعة الاطيان غير السليكاتية Non silicates clays.

في الترب الكلسية التي تسود في المناطق الجافة وشبه الجافة فان معادن الكاربونات ولاسيما معدن الكالسايت والدولمايت قد تشكل نسبة مهمه من المعادن ضمن مفصول الطين، ولأهمية الاطيان السليكاتية وانتشارها في مناخات وترب مختلفة ومنها ترب العراق سيتم التركيز عليها.

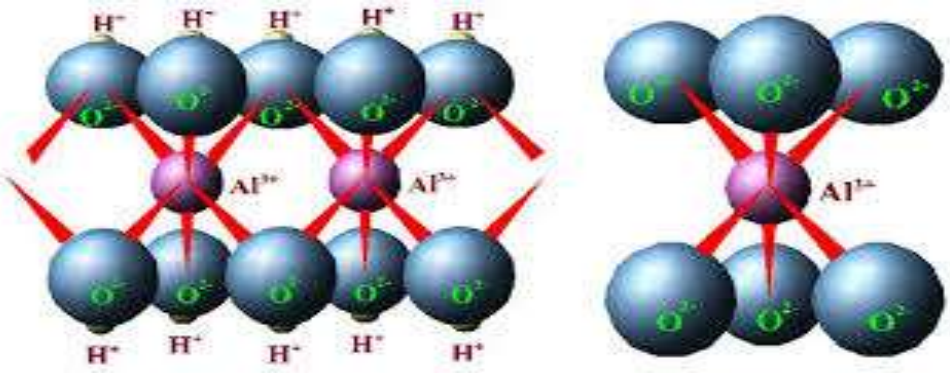
المعادن السليكاتية واطيان السليكات

ان دقائق اطيان السليكات هي دقائق بلورية التركيب على الرغم من صغر حجمها، وتتألف وحدات بناء المعادن الطينية من طبقات من رباعيات السطوح (tetrahedral sheets) متكونة من الاوكسجين والسليكون ترتبط مع بعضها لتكون طبقة السليكاتتراهيدرا والتي تسمى ايضاً بطبقات السليكا (Silica layers) ومن طبقات ثماني السطوح (Octahydra sheets) التي تتركب اساساً من اكاسيد وهيدروكسيدات الالمنيوم، كما تدخل ايونات اخرى في بناء هذه الطبقة ولاسيما المغنيسيوم أو الحديد. وتنتظم طبقات رباعي السطوح وثماني السطوح في معظم المعادن الطينية بطرائق متعددة لتكوين المعادن الطينية المختلفة.

ففي طبقات رباعي السطوح يتم تناسق كل ذرة من ذرات السليكون مع اربع ذرات من الاوكسجين كما في الشكل الاتي:-



اما في طبقات ثماني السطوح فأن ذرات الالمنيوم او المغنيسيوم تتناسق مع ست من ذرات الاوكسجين او مجموعات الهيدروكسيل التي تحيط بذرة الالمنيوم او المغنيسيوم كما في الشكل الاتي:-

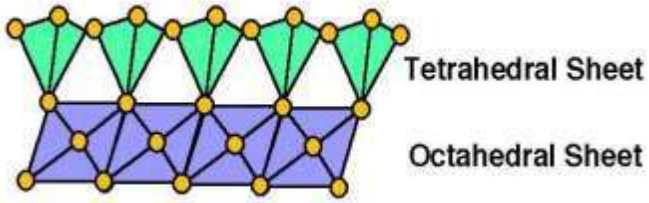


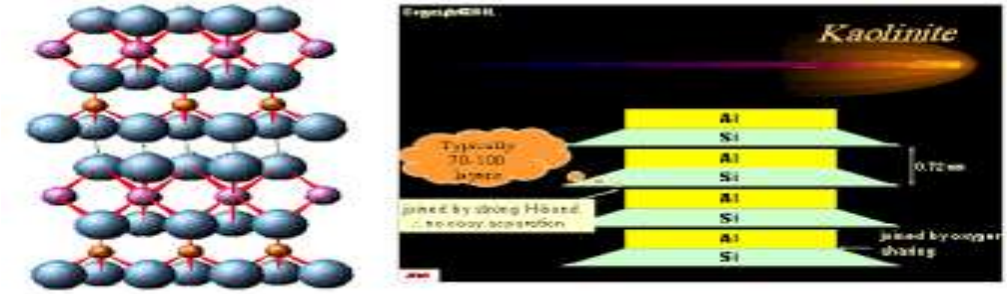
إن اشتراك ثمانيات السطوح المتجاورة بذرة من الاوكسجين يؤدي الى طبقة من ثماني ألسطوح ويتم الربط بين طبقات رباعي وثماني السطوح بالأوكسجين مكونةَ طبقة مشتركة يطلق عليها common layer وتقسم المعادن السليكاتية حسب عدد الطبقات إلى:-

1. مجموعة الكاندايت Kandite group وتسمى مجموعة الكاؤولينايت Kaolinite group

وهي عبارة عن معادن ثنائية الطبقات 1:1 طبقة من السليكا وطبقة من الالومينا ويكون الارتباط بين الطبقات عن طريق الاشتراك بذرات الاوكسجين، وترتبط البلورات ببعضها بشدة مما يؤدي الى تكون دقائق كبيرة الحجم نسبياً ولا يستطيع الماء النفاذ بين وحداتها التركيبية او بين الطبقات المكونة للدقائق لهذا الطين بسبب ثبات المسافة البلورية وصغرها بحيث انها اصغر من قطر جزيئة الماء نتيجةَ لتكون الرابطة الهيدروجينية بين طبقات السليكا والالومينا من الوحدتين البلورتين ألمتجاورتين، لذلك فأن هذا الطين لا يملك قابلية على التمدد والتقلص عند الترطيب والجفاف وبما ان القابلية لهذا المعدن على مسك الماء والمغذيات تعتمد على الاسطح الخارجية فقط، تكون القابلية على المسك منخفضة، ومصدر الشحنات في هكذا نوع من المعادن هو تكسر الحواف الذي يؤدي الى ظهور شحنة سالبة على دقائق الطين واحياناً موجبة.

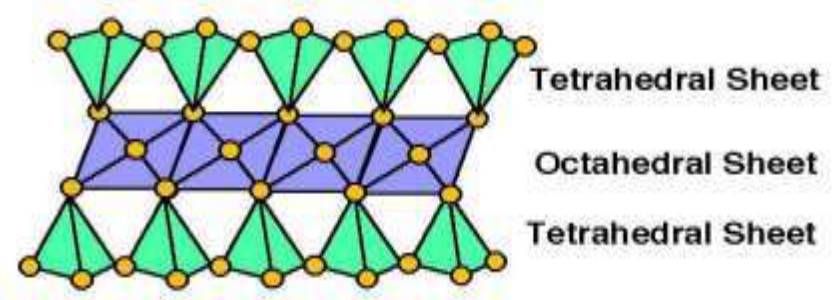
ان طين الكاؤولينايت قد ينتج في الترب الحاوية على طين المونتموريلونايت عندما يزداد غسل الايونات الموجبة بالماء وتطور بيئة عالية الحموضة مما يؤدي الى تحور او تحطم المونتمويلونايت وتكون طين الكاؤولينايت وقد يتطور الكاؤولينايت مباشرة من المعادن الاولية في ترب المناطق الاستوائية الرطبة، وينتشر وجود معدن الكاؤولينايت في مناخات الترب الدافئة الرطبة. والشكل الاتي يوضح معدن الكاؤولينايت:-

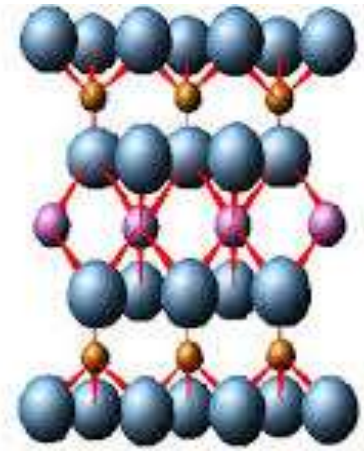




2. مجموعة السمكتايت Smectite group وتسمى مجموعة المونتموريلونايت

وهي معادن طينية ثلاثية الطبقات او معادن 1:2 اي تتكون من طبقتين من السليكا وطبقة من الالومينا ترتبط ببعضها عن طريق الاشتراك بذرات من الاوكسجين، وتكون هذه المعادن اكثر اهمية في الترب معتدلة التجوية ولها فعالية غروية عالية ومساحة سطحية عالية. تشمل هذه المجموعة معادن طينية مختلفة كالبايدلايت beidellite والنترونايت nontronite والسابونايت والمونتموريلونايت الذي يعتبر اهم هذه المجموعة بالنسبة للترب الزراعية، وان طبقات هذا المعدن تتمدد وتتقلص بسهولة عند الترطيب والجفاف مما يؤدي الى ان الترب الحاوية على نسب عالية من هذا المعدن الى ان تتشقق عند الجفاف وتكون واطئة النفاذية عند التشبع بالماء، وتكون السطوح الداخلية والخارجية لهذا النوع من الطين قادرة على امتصاص الماء والعناصر الغذائية. وتتراوح اقطار دقائق المونتموريلونايت عادة بين 0.01 – 1.0 مايكروميتر. والشكل الاتي يوضح معدن المونتموريلونايت.





وعند ابدال جزء من ذرات الالمنيوم بذرات المغنيسيوم بما يسمى بالإحلال المتماثل ينتج عنه ظهور شحنات سالبة فائضة والإحلال المتماثل هو احد المصادر الرئيسة من مصادر الشحنات السالبة لاسيما في معادن 1:2 والمعدن الناتج هنا هو معدن المونتموريلونايت. يتصف معدن المونتموريلونايت بلدانة Plasticity وتماسك Cohesion عاليين وقابلية عالية على التمدد والتقلص وبسهولة التشتت الى دقائق قشرية صغيرة الحجم. وعموماً الترب ذات المحتوى العالي من هذا المعدن قد تعاني من عدة مشاكل ولاسيما المشاكل الفيزيائية اذ انها لا تكون ثابتة البناء مما ينعكس على حركة الماء والهواء ولاسيما في حال تكوينها طبقات صماء، لذا فأنها تحتاج الى عناية فائقة لإدارتها ادارة جيدة.

وخلاصة القول يمكن المقارنة بين معدني الكاؤولينايت والمونتتموريلونايت كما موضح ادناه:

الكاؤولينايت $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$	المونتموريلونايت $Al_4(OH)_4\ Si_8O_{20}.nH_2O$
من نوع 1 : 1 ثنائي الطبقات	من نوع 2 : 1 ثلاثي الطبقات
لا يتمدد بالماء لوجود الاواصر الهيدروجينية بين الوحدات وسمك الطبقة المميزة بالأشعة السينية 0.7 نانوميتر	يتمدد بالماء وسمك الطبقة بين 0.96 – 2.1 نانوميتر
لا يوجد احلال متماثل فيه ولذلك تكون السعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC) منخفضة وتتراوح بين 3- 15 ملي مكافئ لكل 100 غرام تربة ($3-15\ Cmol_+.Kg^{-1}$ soil) ومصدر الشحنات هو تكسر الحواف	السعة التبادلية عالية نتيجة وجود الاحلال المتماثل وتتراوح قيم السعة التبادلية بين 80 – 150 ملي مكافئ / 100 غم تربة ($80-150\ Cmol_+.Kg^{-1}$ soil)
تتصف بوجود اسطح خارجية فقط	تتصف بوجود اسطح خارجية وداخلية
بناء التربة الحاوية عليه ثابت نسبياً	بناء التربة الحاوية عليه يكون غير ثابت

3. مجموعة معادن 1:1:2 وهي مماثلة لحدٍ ما الى معادن 1:2 مع وجود طبقة اضافية يطلق عليها طبقة البروسايت التي تتركب اساساً من المغنيسيوم بدلاً من الالمنيوم في طبقة الاوكتاهيدرا ومثال ذلك معدن الكلورايت الذي يمكن توضيح تركيب طبقاته بالمخطط الاتي:-

Si – tetra hydra
Al – octa hydra
Si – tetra hydra
Mg – octahedral (البروسايت)

4. مجموعة المايكا المتميئة او مجموعة الايلايت Hydrous Mica group او Illite group

مجموعة المايكا منتشرة في الترب وتوجد بشكل معادن اولية ورثت من المادة الاصل، ومن اكثر انواعها في التربة المسكوفايت والبايوثايت وعند استبدال البوتاسيوم بأيونات موجبة اخرى تتحول المايكا الى معادن 1:2 مثل السمكتايت. اما طين الايلايت فهو من نوع الاطيان 1:2 وهو معدن ثانوي اقل تبلوراً ويحوي بوتاسيوم اقل وماء اكثر من مايكا المسكوفايت. وبشكل عام فأن معادن المايكا معادن غير منتفخة، وفي هذه المجموعة يحدث احلال متماثل لما يقارب ربع ايونات السليكون الرباعية الشحنة في طبقة رباعي السطوح بأيونات الالمنيوم الثلاثية الشحنة، فضلاً عن حصول الابدال المماثل في طبقة ثماني السطوح كما في المونتموريلونايت، لذا فانه يتميز بشحنة سالبة عالية نسبياً.

وعند وجود ايون البوتاسيوم خلال عملية التجوية يدخل هذا الايون في الفتحة السداسية في طبقة الاوكسجين السطحية المكونة لرباعي ألسطوح، ويقوم ايون البوتاسيوم هذا بربط سطوح الوحدات التركيبية مع بعضها مكوناً ما يسمى بجسر O-K-O مما يمنع من التمدد البوتاسيوم هذا لا يكون قابلاً للتبادل ولا جاهزاً بشكل مباشر للنبات.

الغرويات العضوية Organic Collides

مادة التربة العضوية SOM (Soil Organic Matter) عبارة عن مزيج من نواتج التحولات الكيموحيوية للبقايا العضوية، اما الدبال Humus هو النتيجة النهائية لتحلل المواد العضوية ويكون غامق اللون بحيث تكون التربة ثابتة البناء نسبياً وهو الجزء المهم في الغرويات العضوية، ويقسم الدبال اعتماداً على مدى الذوبانية في الحوامض والقواعد المركزة الى احماض هيومية Humic Acids واحماض فولفية Fulvic Acids والهيومين Humine. ومع ان مكونات الدبال غير معروفة بشكل كامل، الا ان تركيب الدبال بشكل علم يتكون من مجاميع وظيفية فعالة تتضمن الكاربوكسيل R-COOH والفينول R-OH والكحول والكيتون والايثر والامينات $R\text{-}NH_2$. ويكون الدبال غير متبلور وغروي بشكل عالي ومساحته السطحية وامتزازه للايونات عالية ويملك سعة تبادل ايونات موجبة CEC اعلى بكثير مما تملكه المعادن الطينية السليكاتية الطبقية وان وجود الدبال يشجع تكوين التجمعات لبناء التربة.

م. د. منتظر حمادي البديري

المساحة السطحية للدبال عالية جداً وقابليته على مسك الايونات اعلى بكثير من المعادن الطينية وتكون سعة التبادل للايونات الموجبة بحدود 150– 400 سنتي مول+ كغم$^{-1}$تربة. يتكون الدبال من الكربون C والهيدروجين H والأوكسجين O_2 مع قليل من النتروجين N والفسفور P والكبريت S وعناصر أخرى. ان مصادر الشحنات السالبة على الدبال هي مجموعات الفينول (-OH) والكاربوكسيل (-COOH) اذ تتكون الشحنة السالبة نتيجة انفصال ايون الهيدروجين عن بعض تلك المجاميع وبتأثير pH الوسط كما سيوضح لاحقا.

الصفات الامتزازية (الامدصاصية) لغرويات التربة Adsorption or Sorption Properties

ان التعبير امدصاص او ادمصاص Adsorption يختلف عن امتصاص Absorption لان الادمصاص هو عملية فيزيائية تحدث على السطح، اما الامتصاص فهو عملية كيميائية او نوعية للدخول الى الداخل. ونظراً لصعوبة التمييز بين ادمصاص وامتصاص العناصر على الاسطح الغروية فأن الشائع حالياً هو استخدام امتزاز Sorption والذي غالباً يشمل الكيفية التي يمسك بها الايون على الاسطح الغروية من دون الدخول في التفاصيل.

وتعد التربة من المواد التي لها القابلية على امتزاز المواد من خلال امتلاكها على المواد الغروية التي تتميز بوجود مساحات سطحية كبيرة وبوجود الشحنة الكهربائية على سطوحها الخارجية والداخلية والتي تشكل ما يسمى بمعقد الامتزاز او معقد التبادل للتربة. ان المساحة السطحية النوعية مؤشر اساسي للتمييز بين مكونات التربة ذات القابلية على الامتزاز من عدمها. ان وجود ظاهرة التبادل الايوني والامتزاز تجعل من العناصر الغذائية مخزونة على السطوح الغروية بشكل قابل للإبدال والامتصاص من قبل النبات، بتعبير اخر صفة الامتزاز والتبادل الايوني تعطي التربة القابلية على خزن العناصر الغذائية الضرورية للنبات بشكل قابل للتبادل والامتصاص من قبل جذور النباتات.

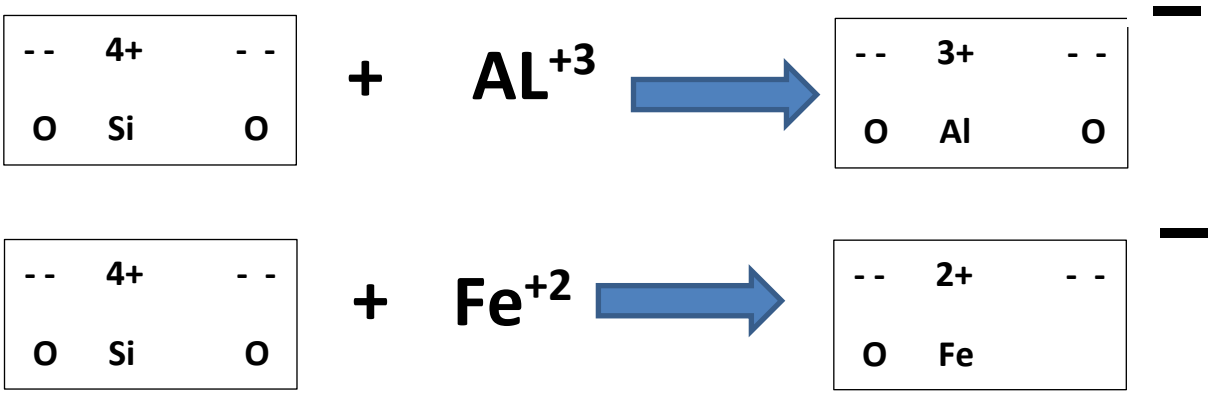
مصادر الشحنات في غرويات التربة

عموماً تكون الشحنة السالبة هي السائدة على اسطح كافة الغرويات السليكاتية مع امكانية وجود الشحنة الموجبة ولاسيما في حافات البناء البلوري للمعدن **والمصادر المكونة للشحنات هي:-**

A. الاستبدال التناظري او التماثل Isomorphous Substitution

يقصد به استبدال ايون موجب في الشبكة البلورية بأيون موجب ما من الوسط المحيط بالبلورة وعادة يكون هذا الايون الموجب مساوياً بالحجم للأيون المستبدل ومختلف عنه بالتكافؤ. هذا النوع يحدث عند عملية التبلور ولا يؤدي الى اي تشويهات في بناء الشبكة البلورية. ومن الامثلة على ذلك:-

احلال Al^{+3} محل Si^{+4} في طبقة الاوكتاهيدرا وينتج عن هذا زيادة في كمية الشحنة السالبة الفائضة بسبب الاختلاف في تكافؤ الايونات المتبادلة.



وهنا الشحنة لا تعتمد على درجة تفاعل الوسط وتسمى بالشحنة الدائمية (Permanent Charrge) هذا النوع من الاستبدال هو المصدر الرئيس للشحنات في معادن 1:2. اما بالنسبة للمعادن 1:1 فهذا النوع من الاستبدال يكون نادر.

B. تكسر الحواف Broken Edges

والتي هي عبارة عن الشحنة غير المشبعة الموجودة على حافات الدقائق الغروية ألمعدنية وهذه الاواصر المكسورة تكون بين الاوكسجين او الاوكسجين والألمنيوم.

C. العيوب البلورية

وهي أيضا عبارة عن شحنة غير مشبعة تظهر على سطح المعدن الذي فيه عيوب بلورية أثناء عملية التبلور للمعدن، هذا النوع ليس ثابتاً لا في كميته ولا في نوعيته وتكون شحناته معتمدة على درجة التفاعل pH، حيث عند انخفاض pH تكون هناك وفرة من ايونات الهيدروجين H^+ وتظهر الشحنة الموجبة على البلورة والعكس عند pH المرتفع، وهذا النوع من الشحنات هو المصدر الرئيس للشحنات في الكاؤولينايت، وتكون هذه الشحنات مرتبطة بوجود مجاميع الهيدروكسيل المرتبطة بايونات الحديد والالمنيوم. وعند ارتفاع درجة التفاعل يحدث فصل لأيون الهيدروجين H^+ من مجاميع الهيدروكسيل OH^- وتنتج الشحنات السالبة كما في المعادلة الاتية:

$$Al\text{-}OH + OH^- \longleftrightarrow Al\text{-}O^- + H_2O$$

D. مصادر الشحنات في الغرويات العضوية

مصدرها هو تحلل المجاميع الوظيفية الموجودة في حوامض الهيوميك Humic acid وحامض الفولفيك Fulvic acid وهذه المجاميع هي الكاربوكسيل COOH والفينول OH اذ يتعرض فيها ايون الهيدروجين H^+ الى التحلل اعتماداً على درجة تفاعل الوسط pH

$$R\text{-}COOH \rightleftharpoons R\text{-}COO^- + H^+$$
$$R\text{-}OH \rightleftharpoons R\text{-}O^- + H^+$$

ولوجود خليط من الدبال والغرويات غير العضوية في الترب فغالباً ما تظهر الشحنات الموجبة والسالبة في الوقت نفسه، وفي معظم ترب المناطق المعتدلة (من حيث المناخ) نجد ان الشحنات السالبة تزيد عن الموجبة، اما في المناطق الاستوائية عالية المحتوى من هيدروكسيدات الحديد والالمنيوم فإنه من الممكن ان يكون صافي الشحنة موجباً ولكن هذا لا يحدث الا في الترب شديدة الحامضية وهي ترب غير زراعية.

م. د. منتظر حمادي البديري

يعتمد التنافس بين الايونات الموجبة على معقد التبادل بصورة رئيسة على

1. القوة التي يمسك بها الايون على معقد التبادل والتي تعتمد على نوع الايون والذي يشمل شحنته وحجمه ودرجة تميئه، هذا فضلا عن نوع السطوح هل هي عضوية او معدنية والتي تؤثر في تركيز الشحنة في وحدة المساحة من السطح.

- فبالنسبة للشحنة يكون التسلسل كالاتي:-

$$Na^{+} < NH_4^{+} = K^{+} < Mg^{+2} = Ca^{+2} < Al^{+3}$$

اما بالنسبة لايون الهيدروجين H^{+} فله خصوصية معينة وقوة المسك له تساوي الكالسيوم احياناً لانه يوجد اما بشكل H^{+} او H_3O كما يعتمد على نوع السطوح.

- درجة التميؤ تعتمد على قوة مسك جزيئات الماء حول الايون، و قوة الإمتزاز السطحي Adsorption تزداد كلما قل سمك الغلاف المائي حول الايون ولهذا يكون ايون الصوديوم الاقل او الاضعف بالتنافس لكبر حجم الغلاف المائي حوله.

2. التركيز الايوني الموجود بحالة ذائبة في التربة.
3. نوع الايونات السالبة في المحلول يؤثر في قابلية الايونات الموجبة على التنافس وكميتها على معقد التبادل، والتأثير هنا له علاقة بإزالة الهيدروجين من المادة العضوية.

مثال: اضافة كاربونات الصوديوم الى مادة دباليه قليلة التأين مما يساعد على ازالة H

$$2R - OH + Na_2CO_3 \longleftrightarrow 2R - ONa + H_2CO_3$$

سعة تبادل الأيونات الموجبة Cation Exchange Capacity (CEC)

وهي كمية الايونات الموجبة الممسوكة في التربة بشكل قابل للتبادل عند درجة تفاعل pH معين. وتقدر هذه الكمية بالملي مكافيء من الايونات الموجبة في كل مائة غرام من التربة او مكوناتها. وحالياً وحسب الوحدات العالمية SI units يعبر عن سعة تبادل الايونات الموجبة بالسنتي مول شحنة لكل كغم من التربة ($cmol_c\ kg^{-1}\ soil$) مساوية للوحدات القديمة وهي ملي مكافيء / ١٠٠ غم تربة (meq/100g soil) الذي اشير اليها آنفاً.

ولتقدير سعة تبادل الايونات الموجبة للتربة فإنه يمكن عمل ذلك اما من خلال حساب تركيز كل الايونات الموجبة على معقد التبادل ثم حساب مجموعها او اضافة محلول من خلات الامونيوم وهنا يحل الامونيوم محل كل الايونات الموجبة ثم بن ذلك يزاح ايون الامونيوم ويحسب التركيز وهذا يمثل سعة التربة على تبادل الأيونات الموجبة.

مثال محلول: لو فرضنا ان الكميات الاتية من الايونات وجدت على معقد التبادل في مائة غرام من التربة فماهي سعة تبادل الايونات الموجبة لهذه التربة؟ علما ان الاوزان الذرية لكل من الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والهايدروجين والالمنيوم والبوتاسيوم هي:- 40، 24، 23، 1، 27، 39 على التوالي.

الحل:- كما في الجدول الاتي

الايون	الوزن غم/ 100غم تربة	الوزن المكافئ للأيون	مليمكافئ/ 100غم تربة * = (سنتي مول+كغم$^{-1}$ تربة)
Ca^{+2}	0.12	20 = 2/40	6
Mg^{+2}	0.012	12 = 2/24	1
Na^{+}	0.046	23 = 1/23	2
H^{+}	0.001	1 = 1/1	1
Al^{+3}	0.009	9 = 3/27	1
K^{+}	0.078	39 = 1/39	2

$$\text{* مليمكافئ/ 100غم تربة} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن المكافئ}} \times 1000$$

العوامل المؤثرة في سعة تبادل الايونات الموجبة في التربة

1. نسبة ونوع المعادن الطينية في التربة.
2. نسبة المادة العضوية المتبلة في التربة.
3. درجة تفاعل التربة أو الاس الهيدروجيني pH.

جدول يوضح CEC لبعض الاطيان والمادة العضوية عند pH معتدل

المادة	CEC (سنتي مول+ كغم$^{-1}$ تربة)
كاؤولينايت	16 – 2
اللايت	40 – 20
مونتموريلونايت	120 – 60
فيرميكيولايت	150 – 100
المادة العضوية المتبلة	400 – 100

مثال:- تربة تحتوي على 15% من طين المونتموريلونايت و 10% كلورايت و 3% مادة عضوية متبله (على افتراض ان بقية مكونات التربة ذات مساهمه واطئة في CEC يمكن تجاهلها) فماهي قابلية التربة على مسك الايونات الموجبة؟ وعلى افتراض ان قابلية كل من طين المونتموريلونايت والكلورايت والمادة العضوية على تبادل الايونات هي 100 و40 و300 سنتي مول+كغم$^{-1}$تربة على التوالي.

الحل:-

CEC = (CEC للطين * نسبته) + (CEC للمادة العضوية * نسبتها)

= 0.15*100 + 0.10*40 + 0.3*300 = 28 سنتي مول+ كغم$^{-1}$ تربة

pH وعلاقتها CEC

ان pH (الاس الهيدروجيني) والذي يمثل جهد الهيدروجين على فعالية ايونات الهيدروجين في المحلول، اذ يعد من اهم الصفات الكيميائية التي تعبر عن حالة التربة وصلاحيتها للإنتاج الزراعي وتمثل درجة الحرارة بالنسبة للإنسان.

$$pH= -\log[\ ]$$

وبما ان تركيز ايونات الهيدروجين واطئاً لذا يستعمل تعبير التركيز [ ] بدلاً من تعبير الفعالية ( ).

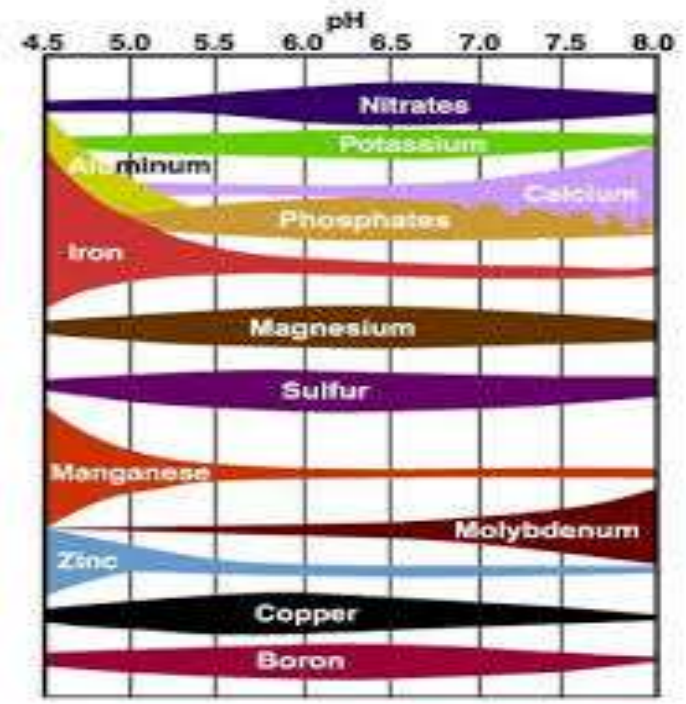
مثال:- ماهو pH لماء نقي اذا علمت ان تركيز ايون الهيدروجين فيه هو 0.0000001 مليمكافئ/ لتر؟

الحل:-

$$pH= -\log[0.0000001]= -\log[\ 1*10^{-7}] = 7$$

فاذا كانت درجة تفاعل التربة = 7 يكون متعادلاً وكلما زادت عن 7 اتجه نحو القاعدية، واقل من 7 نحو الحامضية، ومجموع pH+ pOH= 14.

وبشكل عام تتصف الترب القاعدية بنقصان في جاهزية الفسفور وبعض العناصر المغذية الصغرى والترب الحامضية جداً تتصف بنقص الفسفور ايضا لان الفسفور يكون بشكل راسب في الوسط القاعدي مع الكالسيوم وراسب في الوسط الحامضي مع الالمنيوم والحديد وافضل جاهزية للفسفور هي عند pH 6.2- 6.8. والشكل الاتي يوضح تأثير pH في جاهزية عدد من العناصر المغذية الشائعة في التربة.



والترب الحامضية Acidic تُستصلح بإضافة الكلس $CaCO_3$ اما Alkaline او الكلسية calcareous soils فليس من السهولة استصلاحها او خفض درجة التفاعل pH لها لقابليتها التنظيمية العالية وهنا يجب ان تدار بشكل جيد بزراعة اصناف المحاصيل المناسبة والتسميد بالأسمدة المنتجة للحموضة ولاسيما الحاوية على الكبريت او إضافة الجبس $CaSO_4.2H_20$.ان استعمال الأسمدة المنتجة للحموضة والأسمدة العضوية وافرازات الجذور والتسميد الحيوي يمكن ان يكون له دور في خفض درجة التفاعل في منطقة المحيط الجذري rhizosphere بالمقارنة مع درجة التفاعل في التربة البعيدة bulk soils الا انه ليس من السهولة قياس هذا التغير الا ان عدداً من الدراسات لاحظت تغيرا في امتصاص المغذيات وزيادة نمو النبات بسبب هذا التأثير، والاسمدة النيتروجينية ولاسيما كبريتات الأمونيوم يمكن ان تخفض درجة تفاعل محلول التربة بعد تأكسد الامونيوم وتحوله الى النترات بعملية النترجة والشيء نفسه يمكن ان يحدث عند إضافة المركبات الحاوية على الكبريت او الكبريت بشكل عنصر والتي تنتج حامض الكبريتيك بعد تأكسدها بوجود احياء الثايوباسلس Thiobacillus.

وبشكل عام الشحنة على المادة العضوية المتبدلة هي من النوع المعتمد على pH ونتج هذا النوع من الشحنات من ازالة ايون الهايدروجين من مجاميع الفينول والكاربوكسيل وغيرهما من المجاميع ولذا عند زيادة درجة التفاعل pH تحصل زيادة في الشحنة السالبة الى ان يكون المحيط قاعدياً جداً عندئذ تبدأ المادة العضوية بالذوبان في المحلول.

$$R - OH + KCl \Longleftrightarrow R - OK = HCl$$

البفرية او السعة التنظيمية للتربة (Soil Buffering Capacity)

وهي القابلية على المحافظة على pH معين في التربة. ومن اهم العوامل المؤثرة فيها:-

- نوع معادن الطين
- كمية المادة العضوية المتبدلة
- محتوى التربة من معادن الكاربونات ومن اهمها معدن الكالسايت ($CaCO_3$) فوجود الكلس في التربة يجعلها تحافظ على درجة تفاعلها ولا تتأثر باضافة المواد الحامضية بدرجة كبيرة .

$$CaCO_3 + 2H^+ \Longleftrightarrow Ca^{+2} + H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \Longleftrightarrow H_2O + CO_2$$

النسبة المئوية للتشبع القاعدي Base Saturation percent

تشمل القواعد القابلة للتبادل في التربة من الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم.

نسبة التشبع القاعدي BS% = (ملیمكافىء من القواعد القابلة للتبادل/ CEC) × 100

فإذا كان عدد المليمكافئات / ١٠٠ غم من Ca و Mg و K و Na هي كما في المثال السابق 6، 1، 2، 2 على التوالي وان CEC هي 13، فإن نسبة التشبع القاعدي هي

$$BS = [13/(2+2+1+6)] \times 100 = 84.6\%$$

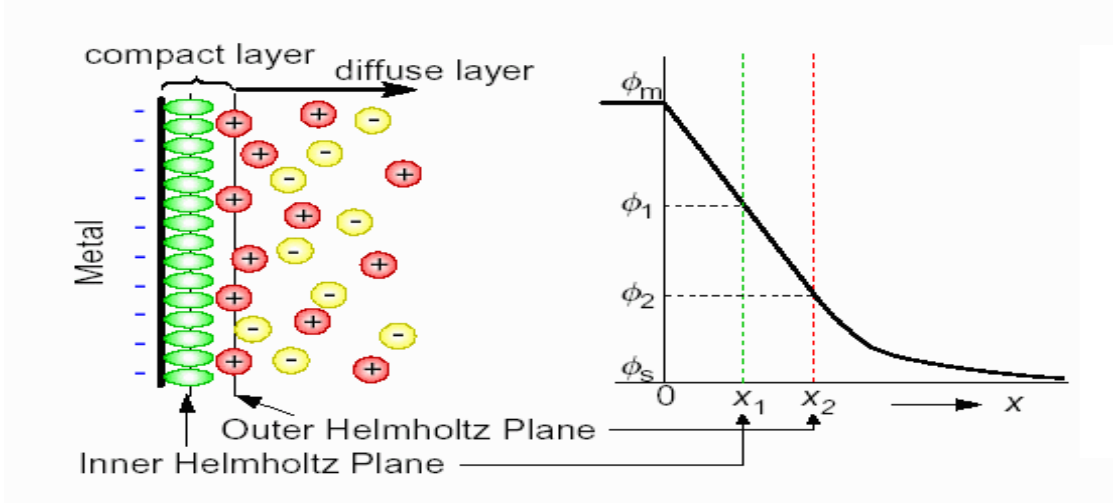
غرويات التربة Soil colloids

النظام الغروي هو نظام مكون من مواد متشتتة متناهية في الصغر منتشرة في وسط التشتت. ان الانظمة الحاوية على الدقائق التي نصف قطرها اقل من 1 مايكرومتر تعد محاليل غروية، ومع هذا هناك من يعتقد من علماء التربة ان النظام الغروي يكون لحد 2 مايكرومتر. اذ ان هناك طبقتين من الايونات حول غرويات التربة وهي:-

- الطبقة الداخلية الملاصقة لسطح النواة ويطلق عليها الايونات المحددة للجهد او الشحنة.
- طبقة من الايونات المعاكسة في الشحنة ويطلق عليها طبقة الايونات المشبعة او الممدصة.

مجموع الطبقتين هو ما يطلق عليه بالطبقة الكهربائية المزدوجة Diffused (DDL Double Layer) وغالباً ما تتكون الطبقة الداخلية من شحنات سالبة والطبقة المشبعة من شحنات موجبة.

ويطلق على مجموع الايونات المشبعة او الممدصة (التي يجب ان تساوي مجموع الايونات المحددة) في وزن معين من التربة بالسعة التبادلية وهي خاصية وصفية عند درجة تفاعل معين لكل تربة من الترب. الطبقة البعيدة او الايونات المنتشرة في الطبقة البعيدة المنتشرة تكون حرة الحركة نوعا ما وتسمى هذه الطبقة بالطبقة المنتشرة (diffused layer) وهنا فإن سمك هذه الطبقة مهم وله دور مهم في تحديد سلوك التربة من الناحية الفيزيائية والكيميائية.



الملوحة وقلوية التربة Soil Salinity & Sodicity

بالنظر لظروف المناطق الجافة وشبه الجافة او القاحلة وشبه القاحلة والتي تتميز بانخفاض مستوى هطول الامطار او التساقط بشكل عام وارتفاع درجات الحرارة مما يؤدي الى تجمع الاملاح في الأفق العلوي للتربة ولاسيما في الزراعة المروية، تعد مشكلة تراكم الاملاح الذائبة من اهم المشاكل التي تواجه الزراعة في هذه المناطق، ولذا تتطلب عمليات ادارة التربة والمحصول الفهم الجيد لدور هذه الاملاح وما تسببه من مضار وسلبيات على التربة والزراعة والانتاجية، وفي الوقت نفسه فإن فهم طبيعة هذه الاملاح وتراكيزها سيساعد في عمليات التخلص منها واستصلاح هذه الاراضي او حتى عند الضرورة التعايش معها اذا لم تتوافر عمليات او إمكانيات الاستصلاح في الوقت المناسب.

وفي البداية لابد من التعرف على اسباب تحديد النمو ومن ثم الانتاج والانتاجية نتيجة لتجمع الاملاح وبشكل مختصر يعود تحديد النمو وقبله الانبات وبزوغ البادرات الى واحد او اكثر من الاسباب الاتية:

1. زيادة الضغط الازموزي (الجهد الملحي Ψs) وعدم مقدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية بسرعة كافية لنموه بصورة طبيعية.
2. تراكم عناصر مثل الصوديوم Na^+ والكلور Cl^- والبورون B بمستويات عالية تصل الى حد السمية. ويطلق على هذا الموضوع بالتأثير النوعي ويعد البورون مهماً في الترب الملحية.
3. اختلال في التوازن بين العناصر الغذائية للنبات ونقص في بعض العناصر المهمة في نمو النبات.
4. تدهور بناء التربة (تركيب التربة) نتيجة لتجمع الصوديوم مما يؤدي الى:

أ - انخفاض حركة الماء والهواء والعناصر الغذائية.

ب - رداءة التهوية

ج - اعاقة تغلغل الجذور وبزوغ البادرات.

وهذه النقاط سيكون لها دورها في تحديد الانتاجية .

مصادر الاملاح في الترب

1. مياه الري السطحية والأرضية التي تكون المصدر الرئيس للتملح في الاراضي المروية ولاسيما تحت ظروف رداءة بناء التربة ووجود الطبقات غير النفاذة (Hard pans)، وطبقات صلدة.
2. احتواء المادة الاصل على نسب عالية من الاملاح، ولاسيما تحت الظروف الجافة وشبه الجافة (القاحلة وشبه القاحلة).
3. املاح منقولة من مياه البحر بالرياح.
4. غسل الاملاح من المناطق المرتفعة الى المناطق المنخفضة.

وهنا اذا زادت كمية الاملاح المضافة عن طريق الري او عن طريق آخر عن كمية الاملاح المزالة (بزل + نبات) فإن ذلك سيؤدي الى تراكم الاملاح ولاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة الذي يكون فيها التبخر- نتح اعلى من التساقط (الامطار .....) هذا فضلاً عن ان

م. د. منتظر حمادي البديري

الماء الارضي يكون قريباً من سطح التربة وبفعل الخاصية الشعرية وحرارة المناخ تتجمع الاملاح على سطح التربة.

مجاميع الاملاح الذائبة في المناطق الجافة وشبه الجافة

1. **املاح الكلوريدات والنترات:** كلوريدات الصوديوم NaCl، والكالسيوم $CaCl_2$ والمغنيسيوم $MgCl_2$ ونترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ والصوديوم $NaNO_3$ والمغنيسيوم $Mg(NO_3)_2$. املاح كلوريدات الكالسيوم والمغنيسيوم تتصف بأنها تمتص الرطوبة الجوية (تتميئ) ومن ثم تعطي التربة لوناً داكناً وتعرف هكذا ترب بالترب السبخة.
2. **املاح الكبريتات:** مثل كبريتات المغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم $MgSO_4$، K_2SO_4 Na_2SO_4 مكونة طبقة بيضاء ويطلق لى هذه الترب المتأثرة بهكذا املاح بترب الشورة.
3. كاربونات و بيكاربونات الصوديوم والبوتاسيوم Na_2CO_3، NaHCO3، K_2CO_3، $KHCO_3$.

اما بالنسبة لكبريتات الكالسيوم ثنائية الماء او ما يطلق عليها بالجبس ($CaSO_4.2H_2O$) فهي ذات ذوبانية واطئة جداً الذوبانية لا تتعدى 26 غم لتر$^{-1}$(لذا لا تعد ضمن الاملاح الذائبة وهكذا الحال بالنسبة لكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ والتي تقل ذوبانيتها بكثير عن ذوبانية الجبس (ذوبان الكلس يتراوح بين 0.013 – 0.13 غم لتر$^{-1}$) اعتماداً على ضغط غاز ثنائي اوكسيد الكاربون في وسط التوازن (فهي لا تعد ملحاً ضمن الاملاح الذائبة) وللمقارنة فإن ذوبان كلوريد الصوديوم مثلاً 317 غم لتر$^{-1}$ ونترات الصوديوم 890 غم لتر$^{-1}$.

تصنيف الترب المتأثرة بالأملاح Classification of salt affected Soils

يوضح الجدول الاتي تصنيفاً للترب اعتماداً على المعايير الاتية:

1. المحتوى الكلي للأملاح الذائبة مقاسة في راشح العجينة المشبعة Saturated paste extract وهو ما يعبر عنه بـ ECe او ECse.
2. النسبة المئوية للصوديوم المتبادل Exchangeable sodium percent (ESP) او نسبة الصوديوم الممتز Sodium Adsorption ratio (SAR).
3. درجة تفاعل او الاس الهيدروجيني pH محلول التربة.

جدول يوضح التصنيف العام للترب المتأثرة بالأملاح

تصنيف التربة	*EC_e (ds m^{-1})	pH	**ESP
ملحية Saline	> 4	< 8.5	**< 15**
الملحية – القلوية Saline – Sodic (Alkali)	> 4	< 8.5	**> 15**
الصودية (القلوية) Sodic (Alkali)	< 4	> 8.5	**> 15**

* وحدة الملوحة (الايصالية الكهربائية لعجينة التربة المشبعة) والتي تقاس بوحدات الديسي سيمنز لكل متر وفق النظام العالمي SI، وكان يعبر عنها سابقاً بوحدات الملي موز/ سم.

**ESP = Exch.Na^+ ($cmol_+kg^{-1}$) / CEC ($cmol_+kg^{-1}$) X 100

اما بالنسبة:-

SAR= Na ($mmol\ l^{-1}$) / $\sqrt{Ca^2 + Mg^2\ (mmol/l)}$

ومن المهم التركيز على ان الوحدات هنا هي ملي مول لتر$^{-1}$. وعموماً قيمة ESP في الجدول تصبح 13 اذا استخدمنا SAR.

ومن اهم صفات هذه الترب

1. **الترب الملحية saline soils**

الاملاح هنا تؤثر بشكل كبير في نمو النبات والمحاصيل يكون نموها ضعيفاً جداً والاوراق لونها داكن (اخضر- مزرق) وحواف الاوراق احياناً محترقة، وهناك تصنيف يضع حد الملوحة عند ٢ دسي سيمنز م$^{-1}$ للمحاصيل الحساسة وتصانيف اخرى تعتمد حد اعلى بكثير وهو 7دسي سيمنز م$^{-1}$ كما في الجزائر و في العراق فبحاجة الى تحديد حد حرج خاص بالترب العراقية.

2. **الترب الصودية sodic soils (Alkali soils)**

تجمع الصوديوم في هذه الترب يؤدي الى تكون بناء رديء يؤثر سلباً في التهوية ونقل الماء وبزوغ البادرات.

ولا توجد مساحات مهمة في العراق تتصف بكونها ترب صودية واحتمالية تطور هذه الترب غير وارد لتوفر ايونات الكالسيوم في محلول الترب في مختلف انحاء الترب في البلد. ان منافسة الكالسيوم والمغنيسيوم للصوديوم تكون عالية ولذا لا يسمح للصوديوم للتبادل على الاسطح وعلى العكس هناك ترب يمكن ان تتصف بصفات الترب الصودية عندما تكون فيها الملوحة واطئة جداً عند توافر ايونات الصوديوم لعدم وجود ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم والترب الصودية لها صفات عدم النفاذية والبناء العمودي ...

طرائق استخلاص المستخلص المائي للتربة

يقصد بها استخلاص مكونات محلول التربة المتأثرة بالأملاح وذلك بإضافة الماء الى عينة تربة ومزجه بشكل جيد حتى الوصول الى حد الاتزان ثم استخلاص المستخلص المائي الحاوي على معظم المكونات الذائبة لمحلول التربة.

وبشكل عام كلما زادت كمية الماء كان الاستخلاص اسهل وكلما كان المحلول المستخلص اقل تمثيلاً لمحلول التربة التي تكون جذور النباتات في تماس معه، وتتوافر عدة طرائق للحصول على المستخلص المائي للترب المتأثرة بالملوحة ومنها:-

1. **مستخلص العجينة المشبعة Saturation paste extract:-** وهو المستخلص الذي يمكن اعتماده وقياس الملوحة فيه لتوصيف الترب المتأثرة بالأملاح وقد اقترحوا بعض المواصفات التي يستعان بها لتحديد نقطة الوصول الى حالة الاشباع، اذ تم تحضير العجينة المشبعة للتربة من خلال الاضافة التدريجية للماء المقطر الى كمية معينة من التربة مع المزج المستمر بسكين خاصة تسمى سباجولة (Spatula) لحين الحصول على عجينة ذات لمعان واضح تعكس الضياء بشكل واضح ويمكن عمل شق فيها بالسكين من دون التصاق العجينة بالسكين ويستحسن ترك العجينة المشبعة لمدة ساعة او اكثر للتأكد من الوصول الى حالة الاشباع والتي يشترط عدم تجمع الماء فوق سطح العجينة، ويتم الاستخلاص للمستخلص بواسطة قمع يسمى قمع بختر ودورق خاص يسمى دورق بختر وبوساطة تأثير التفريغ الهوائي (Suction) يتم الحصول على الراشح، وهناك اتجاهات حديثة في عمل تخافيف عالية تصل الى ١٠٠٠ مرة عند قياس الايصالية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة لتلافي الايونات المزدوجة Ion pairs التي تحدث مع الايونات عالية التكافؤ.
2. **المستخلص المائي عند المستويات الرطوبية الاعلى من العجينة المشبعة:** يقصد به استخلاص مكونات الاملاح من التربة من مزج التربة مع الماء المقطر بنسبة (تربة : ماء) (1:1) او (2:1) او (5:1) وذلك من خلال اضافة حجم معين من الماء المقطر الى كمية معينة من التربة وحسب النسبة المطلوبة. يرج الخليط جيداً باليد او بالرجاج (shaker) ويترك لمدة معينة ثم يستخلص الراشح بطرائق الترشيح الاعتيادية. من المآخذ على هذه الطريقة هي حدوث تخفيف كبير على محلول التربة وخلال هذا التخفيف يمكن ان يحدث تبادل للأملاح وذوبان لبعض الاملاح قليلة الذوبان وغير ذلك من العمليات.

طرائق التعبير عن المحتوى الملحي

أ- التعبير عن الملوحة كنسبة مئوية للأملاح في التربة: ويتم من خلال تبخير حجم معين من مستخلص التربة ويحسب وزن الاملاح الجافة ويعبر عنها كنسبة مئوية او جزء بالمليون ppm او (ملغم كغم$^{-1}$ تربة). وتعد هذه الطريقة مثالية لتقدير محتوى الاملاح في الترب العضوية او الأسمدة العضوية.

ب- استخدام قياس الايصالية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة او اي مستخلص آخر على اعتبار ان هناك علاقة خط مستقيم بين تركيز الاملاح الموجودة في محلول التربة او مستخلصها (باعتبارها محاليل الكتروليتية) مع قيم الايصالية الكهربائية لها والوحدة المستخدمة للقياس هي الملي موز/ سم وحديثاً يطلق على الوحدات بالدسي سيمنز م$^{-1}$ حسب النظام العالمي والتي تقابل الملي موز/ سم.

ت- جمع الايونات الموجبة والسالبة الذائبة في الماء بعد تقديرها بطرائق التقدير المختلفة ويعاب على هذه الطريقة كونها طويلة ومكلفة.

ويمكن اجراء التحويلات من شكل لأخر او التعبير عن المحتوى الملحي بطرائق مختلفة وكما يأتي:

- الضغط الازموزي (OP) بوحدة الاتموسفير = EC (دسي سيمنزم$^{-1}$) x 0.36

- % للأملاح في التربة = EC (دسي سيمنزم$^{-1}$) x 0.064 x (الماء عند الاستخلاص / 100)
- ملغم ملح في لتر من المحلول (جزء بالمليون) = EC (دسي سيمنزم$^{-1}$) x 640
- عدد الملي مكافئات للأيونات الموجبة أو السالبة = EC (دسي سيمنزم$^{-1}$) x 10

وفي حالة قياس الايصالية الكهربائية في مستخلصات مائية ذات مستوى رطوبي اعلى من المستوى الرطوبي لعجينة التربة المشبعة يمكن اجراء التحويل كما يأتي:-

EC = ECe عند اي مستخلص x (% ماء / Sp)

ECe:- الايصالية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة.

Sp:- النسبة المئوية للتشبع.

وبشكل بسيط فأن هناك علاقة خط مستقيم بين قيم الايصالية الكهربائية لمستخلص (1:1) وقيم الايصالية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة ومعامل التحويل بشكل عام هو 2.

استصلاح الترب او الاراضي المتأثرة بالأملاح

1. **غسل الاملاح الذائبة:-** اضافة كمية من المياه والسماح لها بالتغلغل بالتربة ومن ثم ذوبان هذه الاملاح والتخلص منها عن طريق البزل. تصلح هذه الطريقة للترب الملحية ذات النفاذية الجيدة، الا انها تحتاج الى كميات كبيرة من المياه العذبة وشبكات مبازل.
2. **اجراء استصلاح كيميائي**:- من خلال اضافة الجبس لتحسين صفات التربة الفيزيائية لاسيما الترب الصودية التي لا يمكن غسلها الا بعد اجراء الاستصلاح الكيميائي والذي يلحقه اجراء عملية الغسل وازالة الاملاح.

ومن اهم خطوات الاستصلاح

1. خفض الماء الارضي:- الماء الارضي هو مستوى الماء القريب من سطح التربة ويطلق عليه Water table والذي يكون له اثر سلبي لقربه من السطح احياناً وتأثيره في تهوية التربة من جهة فضلاً عن احتواءه على الاملاح والتأثير السلبي للأملاح في نمو النبات. وهذا يتم من خلال شبكة من المبازل المغطاة والمكشوفة.
2. تحسين خواص التربة المائية ولاسيما غيض الماء (دخول الماء الى التربة) وحركة الماء في داخل التربة.
3. غسل الاملاح الذائبة.
4. إدارة مناسبة للتربة وصيانة شبكات المبازل من اجل المحافظة على مستوى الملوحة وعدم عودة الاملاح مرة أخرى.

إن اضافة الجبس والحراثة العميقة او اضافة الكبريت كلها عوامل مهمة لتحسين خواص التربة قبل اجراء عملية الغسل لاسيما في الترب الصودية او الملحية الصودية والترب المستصلحة تحتاج الى ادارة خاصة لأنها مغسولة من العناصر المغذية التي فقدت في اثناء عملية الغسل ولذا يجب استخدام دورات زراعية تحوي على البقوليات واضافة الاسمدة الكيميائية والعضوية وادارة المياه من خلال اضافة متطلبات الغسل كي نحافظ على المستوى الملحي او التوازن الملحي.

م. د. منتظر حمادي البديري

التعايش مع الملوحة

احيانا تكون عمليات الاستصلاح غير متوافرة بالشكل الكامل ولذا هناك حاجة للتعايش مع الملوحة كي نتمكن من الاستمرار بالإنتاج مع وجود الاملاح وذلك من خلال:-

1. **ادارة المياه (ادارة الري)**

من خلال اضافة كمية عالية من المياه وخفض الاملاح قبل الزراعة او تكرار الري بمدد قصيرة كي لا نسمح للأملاح بالارتفاع للأعلى.

2. **الزراعة**

في مناطق يتم فيها تجاوز اماكن تجمع الاملاح مثل الزراعة تحت الخط الملحي.

3. **نقع البذور في محاليل ملحية.**
4. **استعمال الاسمدة او المخصبات الحيوية**

وهي تقنية جديدة في زيادة تحمل النباتات للإجهادات ومنها الاجهادات الملحية وستتم الاشارة الى هذا الموضوع في فصل الاحياء المجهرية.

5. **اختيار محاصيل ملائمة**

وبشكل عام تختلف المحاصيل في قابليتها او حساسيتها او تحملها للأملاح كماً ونوعاً وكما مبين في الجدول الاتي الذي هو دليل عام وذلك لوجود اختلاف بين الاصناف والانواع لنفس المحصول.

جدول يبين بعض المحاصيل ومدى حساسيتها للملوحة

المحاصيل الحساسة للأملاح	المحاصيل المتوسطة الحساسية	المحاصيل المتحملة
الكرفس، الفجل، الجزر، الخس، البرسيم، البقوليات، الكمثرى، التفاح، المشمش، الخوخ.	**حنطة، رز، ذرة بيضاء، رمان، ذرة صفراء، تين، عنب، زيتون، طماطم، لهانة، بطاطا، بصل.**	**نخيل التمر، الجت، البنجر السكري، الشيلم، انواع مختلفة من الحشائش**

نوعية مياه الري

من الامور المهمة في الزراعة هي استعمال مياه ري ذات نوعية جيدة وادارة تربة سليمة من اجل تحقيق الانتاجية المثلى للمحاصيل وباستدامة عالية. ومن اهم المعايير المستعملة لتقييم مدى صلاحية المياه للري هو معيار الملوحة لماء الري ووجود بعض الايونات ذات التأثير السمي على النباتات مثل الكلور والصوديوم والبورون والتأثير في خصائص التربة الفيزيائية والتي يعبر عنها بنسبة امتزاز الصوديوم SAR. بشكل عام يعتمد مدى ملاءمة الصنف المعين لمياه الري على نوعية المحصول والتربة وطريقة الري والمناخ.

م. د. منتظر حمادي البديري

جدول يبين اصناف مياه الري ومدى علاقتها بتحمل المحاصيل.

صنف ماء الري	EC (دسي سيمنز م$^{-1}$)	الملاحظات
ملوحة قليلة	0.4 – 0	يمكن استعمال هذه النوعية لكافة المحاصيل النامية في ترب مختلفة مع احتمالية واطئة لتطوير مشكلة الملوحة. بعض الغسل يكون مطلوب.
ملوحة معتدلة	1.2 – 0.4	يمكن استعمال هذه النوعية اذا استعمل معها غسل معتدل. ويمكن ان تروى بهذه المياه المحاصيل معتدلة التحمل للملوحة مع ادارة جيدة (غسل) للسيطرة على الملوحة وهنا انتاج البطاطا والفاصولياء يجب ان تتم بحذر.
ملوحة عالية	2.25 – 1.2	هذه المياه يجب ان لا تستعمل في الترب محدودة البزل، ويجب اختيار المحاصيل المتحملة للأملاح ويجب استعمال معامل غسل جيد.
ملوحة عالية جداً	5 – 2.25	تصلح للري تحت ظروف محدودة من بزل جيد وغسل عالي ومحاصيل عالية التحمل للأملاح.

وبشكل عام لابد من القول ان ادارة الري الجيدة هي العامل المحدد، ويجب عدم استعمال المياه المالحة للري بالرش لاسيما تحت ظروف المناخات الجافة وشبه الجافة لتجمع الاملاح على الاوراق والتأثير السلبي على المحصول.

الخواص البيولوجية والكيموحيوية للتربة
Soil Biological & Biochemical Properties of Soil

"Soil Microbiology" كان يطلق على موضوع نشاط الاحياء ولاسيما الاحياء المجهرية في التربة بأحياء التربة المجهرية (Soil Microbiology) الا ان الموضوع حالياً اشمل وأعم ويشمل الخواص الحيوية للتربة والفعاليات الكيموحيوية لهذه الاحياء، ويهتم علم احياء التربة المجهرية بدراسة الاحياء في التربة وفعالياتها وكيف تؤثر في خصائص التربة المختلفة. الاحياء المجهرية في التربة مهمة لأنها تؤثر في بناء التربة وخصوبتها، ويمكن ان تصنف احياء التربة المجهرية الى:- البكتريا والفطريات والاكتينومايسيت والطحالب والبروتوزوا. كل من هذه المجاميع لها صفاتها الخاصة التي تعرف الكائن الحي وفعالياته في التربة التي يعيش فيها.

تعتمد الخواص البيولوجية للتربة على الجزء العضوي والنشاط البايولوجي فيها والتي غالباً ما تكون متداخلة مع بعضها. الترب المعدنية وكما تم الحديث عنها آنفاً تحوي على مواد عضوية بنسب تتراوح بين 0.5 – 6% بشكل عام، اما الترب العضوية فالنسب بها مرتفعة

تصل الى اكثر من 80%احياناً. يتكون الجزء العضوي في التربة (Soil organic Matter) من جزأين اساسيين:-

1. **المواد العضوية الميتة:-** وهي عبارة عن بقايا عضوية من اصل نباتي او حيواني وافرازاتها ونواتجها.
2. **الكائنات الحية:-** وتشمل الاحياء المجهرية في التربة كالبكتريا والفطريات والفطريات الشعاعية (actinomycetes) والطحالب والاحياء غير المجهرية كدودة الارض والنيماتودا.

تعرف التربة بيولوجيا بأنها الطبقة العلوية الهشة من القشرة الارضية التي تحتوي على اعداد كبيرة من الكائنات الحية المختلفة. هذه الاحياء لها دور مهم في معظم تحولات العناصر الغذائية (Nutrient cycling) في التربة وتحلل المادة العضوية (Organic matter) decomposition ومن ثم لها اهمية خاصة في خصوبة التربة وتغذية النبات.

جدول اعداد الخلايا في الغرام الواحد من التربة

الكائن الحي	خلية غم$^{-1}$ تربة
Bacteria	3 000 000 – 500 000 000
Actinomycetes	1 000 000 – 20 000 000
Fungi	5 000 – 900 000
Algae	1 000 – 500 000

اهم المجمعات الرئيسة للأحياء في التربة:-

1. الاحياء النباتية Flora
2. الاحياء الحيوانية Fauna
3. الفايروسات Viruses

تقسيم الاحياء المجهرية

1. الاحياء النباتية

1.1. البكتيريات (Bacteria) ومنها بكتريا النترجة Nitrobacter وبكتريا اكسدة الكبريت Thiobacillus وبكتريا العقد الجذرية Rhizobium والبكتريا المحللة للسليلوز Cellulomonas.

1.2. الفطريات (Fungi) ومنها فطر عفن الخبز Rhizopus وفطر عش الغراب Mashrooms والفطريات المسببة للذبول Fusarium و Phythium

1.3. الفطريات الشعاعية Actinomycetes مثل Stroptomyces

1.4. الطحالب (Algea) ومنها الطحالب الخضراء المزرقة السيانوبكتريا(Blue green Algea) والازولا (Azola).

2. الاحياء الحيوانية

2.1. الاحياء الكبيرة:- دودة الارض والنمل مثلاً

2.2. الاحياء الصغيرة:- البروتوزوا مثلاً

3. الفايروسات

3.1. الباكتريوفاج: الفايروسات التي تصيب البكتريا.

3.2. الاكتينوفاج: الفايروسات التي تصيب الفطريات الشعاعية.

وبشكل عام الاحياء في التربة قسم منها مفيد وهو الجزء الاكبر وقسم منها مرضي ويؤثر في الاحياء المجهرية الاخرى وفي النبات.

تصنيف الاحياء المجهرية

1. التصنيف البيئي Ecological classification

1.1. الاحياء المجهرية الاصلية Indigenous:- وهي الاحياء التي تكون نوعا ما ثابتة وقليلة التغير ولا تتأثر بمعاملات التربة وهي التي تستوطن التربة بشكل طبيعي ودائم وتسهم بفعالية كبيرة في النشاطات الكيموحيوية Biochemical reactions للتربة.

1.2. الاحياء المجهرية المتذبذبة الاعداد (Zymogenous):- وهي الاحياء التي تتأثر بمعاملات التربة وهي تستجيب لإضافة الأسمدة العضوية وتزداد اعدادها بشكل يتناسب طردياً مع توافر مصادر الطاقة.

1.3. الاحياء الانتقالية او غير المستقرة Transient:- وهى الاحياء التي تضاف الى التربة لغاية معينة كبكتريا العقد الجذرية (Rhizobia).

2. التصنيف المعتمد على الاوكسجين

2.1. الاحياء المجهرية الهوائية الاجبارية Obligate Aerobic:- الاحياء التي تعيش بوجود الاوكسجين ولا تعيش من دونه وتحتاج الى نسبة اوكسجين تقارب نسبته في المحيط الجوي.

2.2. الاحياء المجهرية اللاهوائية الاجبارية Obligate Anaerobic:- الاحياء المجهرية التي تعيش في ظروف لا هوائية ويكون ضغط الاوكسجين الجزيئي واطناً او معدوماً.

2.3. الاحياء ذات المعيشة غير الهوائية الاختيارية (Facultative anaerobic):- وهي التي تعيش بوجود او عدم وجود الاوكسجين.

3. التصنيف المعتمد على التغذية

3.1. الاحياء ذاتية التغذية Autotrophs:- وهي الاحياء التي تحصل على الكاربون من ثنائي اوكسيد الكاربون وتحصل على الطاقة اما من ضوء الشمس وتسمى photoautotrophs او من اكسدة بعض المركبات كالأمونيوم او الكبريت والحديد وتسمى chemoautotrophs وهي مجموعة مهمة جداً في خصوبة التربة لأنها تحول العناصر الغذائية من شكل الى شكل اخر اكثر تيسرا للامتصاص من النبات.

3.2. الاحياء متعددة التغذية (Heterotrophs):- تستطيع الحصول على الكاربون من المادة العضوية في التربة والعناصر الغذائية من الايونات الذائبة في التربة، وهذه المجموعة مهمة جداً في تحلل المواد العضوية ودورات العناصر الغذائية في التربة، وتشمل هذه المجموعة الفطريات والاكتينومايسيت ومعظم بكتريا التربة.

م. د. منتظر حمادي البديري

4. التصنيف المعتمد على الحرارة

4.1.الاحياء المحبة للحرارة Thermophiles:- الحرارة المثلى بين 55 - 60مْ والمدى بين (40-80 مْ).

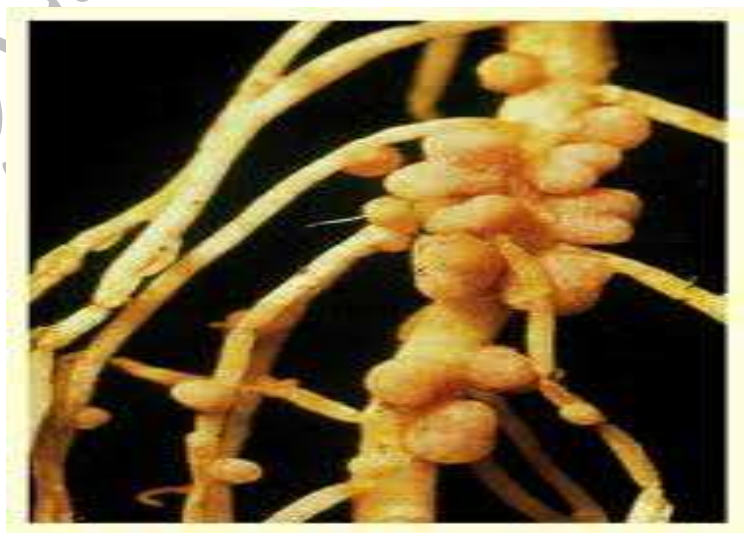
4.2.الاحياء المحبة للحرارة المعتدلة (Measophiles):- الحرارة المثلى بين 25 - 35 مْ والمدى بين (15 - 45 مْ).

4.3.الاحياء المحبة للبرودة Psychrophiles:- الحرارة المثلى بين 10 - 15 مْ والمدى بين (5 - 30 مْ).

فعاليات وادوار احياء التربة المختلفة

❖ البكتريا Bacteria

هي الكائن الحي الاصغر في التربة والكائن المجهري في التربة الذي يكون من نوع (prokaryotic) مجموعة من الاحياء التي تفتقد خلاياها الى النوية التي ترتبط بغشاء الخلية اما بقية الاحياء المجهرية فهي من نوع (eukaryotic) اي تمتلك تركيباً خلوياً متقدماً. البكتريا كائنات وحيدة الخلية والاكثر انتشاراً في التربة وقد تصل اعدادها الى 100 مليون خلية في الغرام الواحد من التربة والبكتريا الشائعة هي العصوية الشكل التي يصل قطرها الى 1 مايكرومتر ويتراوح طولها بين 3- 5 مايكرومتر. وقد تلتصق البكتريا ببعضها مكونة سلسلة وعادةً ما تنمو البكتريا بشكل مستعمرات صغيرة على سطوح حبيبات التربة، والبكتريا هي الاكثر وجوداً في التربة وتقوم بأدوار مهمة تؤثر في نمو المحاصيل وصحة التربة والنبات ومن اهمها تثبيت النتروجين الجوي مثل الرايزوبيا Rhizobium التي تكون العقد الجذرية على جذور النباتات البقولية كما في الشكل ادناه. وبعض مثبتات النتروجين حرة المعيشة وبعضها يعمل تعاون مع جذور النباتات ولكن كلاهما يجهز جزءاً من النتروجين الذي يحتاجه النبات للنمو.



شكل يوضح وجود العقد الجذرية على جذور محصول بقولي

احد اجناس البكتريا يدعى Pseudomonas يستطيع تمثيل مدى واسع من المواد الكيميائية والأسمدة بينما Nitrobacter تستطيع الحصول على طاقتها من تحويل النتريت الى نترات. وهناك Clostridium وهي نوع من البكتريا غير الهوائية اجبارياً والتي تستطيع النمو بغياب الاوكسجين وتتنفس لاهوائياً. وهناك انواع مختلفة من البكتريا مثل Pseudomonas aeruginosa التي تستطيع التنفس هوائياً ولاهوائياً باستعمال النترات كمستقبل للإلكترونات. قسم من البكتريا يعمل تعاون مع هايفات المايكورايزا وتأخذ تعزيز تغذوي من افرازات مع الهايفات وتعمل كفريق. بعض البكتريا يطلق عليها الرايزوبكتريا المشجعة لنمو النبات plant growth - promoting rhizobacteria (PGPR) لأنه من خلال وجودها يتشجع نمو النبات. معظم ان لم تكن كل البكتريا المشجعة للنمو لما تأثير تضادي مع بعض الاحياء الممرضة في التربة Soil borne pathogen وهذا التضاد يشجع النمو ايضاً.

كما ان للبكتريا دوراً مهماً في تثبيت تجمعات التربة وجعل بناء التربة جيداً ومثالياً من خلال المساعدة في تثبيت تجمعات التربة وجعل بناء التربة افضل. ومع هذا هناك بعض البكتريا التي تكون مرضية وتصيب جذور النباتات الا ان الاخيرة تشكل اعداداً قليلة جداً.

❖ الفطريات Fungi

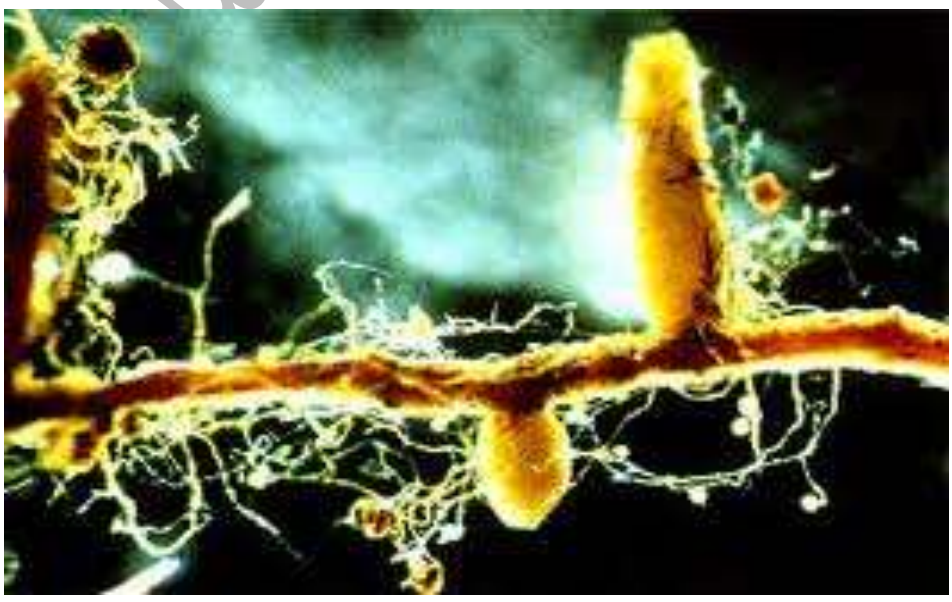
معظم الفطريات تشبه كتلة من الخيوط (هيفات) تتشابك مع بعضها مكونةً ما يعرف بالمايسيليم (الغصين الفطري Mycelium) تنتج اجساماً ثمرية تحتوي على سبورات. وقد لا يعد الفطر كائناً مجهرياً إذ ان بعضه ينمو ليصبح بحجم كبير مثل الفطر (عش الغراب Mushroom) وبعض انواع هذا الفطر يأكلها الانسان، وعدد من الفطريات يمكن فحصها تحت الميكروسكوب وقد تصل اعدادها الى 450 الف فطر في ملعقة شاي من التربة.

والفطريات من الاحياء متباينة التغذية و لها دور مهم في تحلل المواد العضوية مع البكتريا فإن الفطريات موجودة في التربة بأعداد كبيرة وهي مهمة في التربة كمصدر غذائي للأحياء الأخرى والاحياء الكبيرة والاحياء الممرضة ولها علاقة تعايشية مفيدة مع النباتات او الاحياء الاخرى وتساعد في تحليل بقايا المحاصيل وتعمل على تصنيع المغذيات كيموحيوياً لتحسين التربة التي تعيش فيها كما انها تستطيع ان تكون متضادة مع الاحياء الممرضة، وتفيد في دورات العناصر المغذية وقسم منها ممرضة. ان الفطريات مثل التراكوديرما Trichoderma معروفة بأنها تقلل وتسيطر على اصابات الجذور التي تسببها الفطريات الممرضة لذلك فإن هناك قسم يسمي التراكوديرما بأنها مبيد وفي العراق انتج مبيد اسمه التحدي من هذه الفطريات، وهناك من يشير الى ان الترايكوديرما سماد حيوي لأنها توفر محيطاً جذرياً صحياً ينعكس ايجاباً على قابلية الجذر في الامتصاص للمغذيات والماء.

الفطريات يمكن ان تقسم الى انواع مختلفة تعتمد اساساً على الحجم والشكل واللون لسبوراتها والتي تستعمل للتكاثر . معظم العوامل البيئة التي تؤثر في البكتريا والاكتينومايسيت هي الاخرى تؤثر في الفطريات وتؤثر نوعية وكمية المادة العضوية في التربة بشكل مباشر بالفطريات وهناك ارتباط مباشر بين المادة العضوية والفطريات لأن معظم الفطريات تستهلك المادة العضوية للتغذية.

الفطريات تزدهر في الوسط الحامضي بينما البكتريا والاكتينومايسيت لا تستطيع العيش في الوسط الحامضي مما يؤدي الى تعاظم اعداد الفطريات في الوسط الحامضي هذا فضلاً عن ان الفطريات تنمو جيداً في الترب الجافة القاحلة لأن الفطريات هوائية او تعتمد على الاوكسجين.

فطريات المايكورايزا Mycorrhizal fungi:- جذور معظم النباتات ترتبط تعاونيا مع فطريات تربة متخصصة تكون مايسمى Mycorrhizae والذي يعني حرفيا فطر- جذر (وهى التسمية المفضلة من بعض المختصين) كما في الشكل ادناه، وهذه الفطريات الجذرية تعمل تعاونا مع معظم جذور النباتات في الكثير من الاراضي ممثل بالوجود ضمن لحاء الجذر لتراكيب من الفطر بشكل وجه متداخل بين الفطر ومحتويات خلايا النبات، ومن اهم انواع المايكورايزا هي المايكورايزا الخارجية ectomycorrhizae التي ترتبط مع اشجار الصنوبر والبلوط واليوكالبتوس وتكون طبقات بشكل غطاء مخاطي حول الجذر من دون ان تخترق الخلايا الحية للجذور و ericoidmycorrhizae مع نباتات الازاليا والبلوبري و arbuscular mycorrhizae (AM) والتي تعمل تعاوناً مع معظم النباتات. ان الفطريات الداخلية Endotrophic mycorrhizea الذي تخترق طبقة القشرة للجذر وتستوطن داخله مكونة غزول او خيوط فطرية داخل وخارج الجذر تعمل على تبادل المواد الغذائية بين الفطر والعائل اما الجزء الخارجي من الهايفات فتعمل كشبكة تزيد من مساحة الشعيرات الجذرية تنقل العناصر المغذية الى النبات وتحسن الحالة المائية والتغذوية للنبات العائل فضلاً عن امكانيتها في إذابة فسفور التربة المترسب او الموجود في التربة بحالة غير جاهزة بشكل مباشر. وتفيد المايكورايزا في التقليل من التلوث من خلال قابليتها في تجميع وتراكم بعض العناصر الثقيلة في التربة ولذا تستخدم في الاستصلاح الحيوي phyto remediation. هذا فضلاً عن الدور الكبير للمايكورايزا في زيادة ثباتيه تجمعات التربة والحفاظ على بناء جيد من ناحية التهوية والاحتفاظ بالماء و زيادة تحمل النبات للإجهادات المختلفة ولاسيما الاجهادات الملحية ومقاومة الامراض.



شكل يوضح المايكورايزا (الفطر- جذر) Mycorrhizae

بعض الفطريات لها دور سلبي ومرضي ومنها الفيوزاريوم fusarium او الرايزوكتونيا rhizoctonia التي تصيب جذور النباتات وتسبب ذبول النباتات.

❖ الاكتينومايسيت الفطريات الشعاعية (Actinomycetes)

وهي نوع من البكتريا الا انها تشبه البكتريا والفطريات وتمتلك صفات تربطها بكلاهما. وغالباً هناك اعتقاد ان الاكتينومايسيت الحلقة التطورية بين البكتريا والطحالب إلا ان لها خصائص اكثر مع البكتريا منها الى الفطريات، وهي تشبه البكتريا كونها prokaryotic وحساسة للمضادات البكتيرية وتتأثر بشكل يشبه البكتريا وفي المراحل الاولى ليس من السهل التمييز بينها وبين البكتريا مثل الحجم والشكل وصفات الصبغات gram-staining فهي موجبة وسالبة لصبغة كرام، وهي تشبه الفطريات من خلال الشكل والتفرعات وتكوين السبورات، ومن اهم خصائص الاكتينومايسيت هو قابليتها على انتاج المضـــــادات الحيوية (antibiotics) مثل الستربتومايسين والنيومايسين والارثرومايسين والتتراسايكلين. الستربتومايسين يستعمل لعلاج السل والاصابة الناتجة من بكتريا معينة والنيومايسين يستعمل لتقليل الخطر من الاصابة البكتيرية في اثناء العمليات والارثرومايسين يستعمل لمعالجة بعض الاصابات في القصبات الهوائية والسعال الديكي وذات الرئة واصابات الجلد والمجاري البولية والرئة والاذن. هذه القابلية على انتاج هذه المواد المضادة الحيوية هي الاساس للصناعات الصيدلانية وادت الى حماية الارواح البشرية. ولها دور مهم في تحلل المواد العضوية ولاسيما اكوام السماد الحيواني لتحملها للحرارة العالية. هناك قسم منها مضرة للحاصل مثل الفطريات الخاصة بجرب البطاطا التي تنشط في pH اعلى من 5.5.

❖ الطحالب Algae

الطحالب تستطيع عمل غذائها بعملية تسمى التركيب الضوئي (العملية التي تتحول فيها طاقة الشمس الى طاقة كيميائية يمكن ان تخزن كمغذيات). ولكي تنمو الطحالب فإنه يجب ان تتعرض للضوء لكي تتعرض عملية التركيب الضوئي ولذا تتوزع بشكل جيد مع ضوء الشمس والرطوبة المتوسطة، ومع هذا ليس من الضرورة وجود الطحالب على سطح التربة او معرضة بشكل مباشر لضوء الشمس، وتستطيع الطحالب تثبيت النتروجين الجوي. **وتقسم الطحالب الى ثلاث مجاميع:-**

- **الطحالب الخضراء المزرقة Blue-green algae (Cyanophycease):-** تحوي الكلوروفيل الذي يمتص ضوء الشمس ويستعمل الطاقة لعمل الكاربوهيدرات من ثنائي اوكسيد الكاربون والماء والصبغات التي تجعل لونها ازرق مخضر الى البنفسجي. وهي الطحالب المسؤولة عن تثبيت النتروجين وكمية النتروجين المثبتة تعتمد على عوامل فسيولوجية وبيئية بدلاً من قابلية الاحياء نفسها، ومن هذه العوامل شدة الضوء وتركيز النتروجين العضوي والمعدني والحرارة واستقراريه المناخ.
- **Chlorophycease:-** تحوي كلوروفيل فقط مما يجعلها خضراء.
- **Bacillariacease:-** تحوي كلوروفيل وصبغات ولذا يكون لونها بنياً.

❖ البروتوزوا Protozoa

احياء من نوع eukaryotic والتي هي من اوائل الاحياء المجهرية التي طورت وسائل للإنتاج الجنسي والتي هي خطوة تطورية من مضاعفة السبورات التي تعتمد عليها معظم الاحياء في تكاثرها ويمكن ان تقسم البروتوزوا الى ثلاث مجاميع هي:-

- **Flagellates:-** العضو الاصغر في البروتوزوا وتقسم الى مجاميع اخرى اعتماداً على قابليتها في المساهمة في عملية التركيب الضوئي. والتي تستطيع القيام بالتركيب الضوئي وتوجد في البيئات المائية والانواع الاخرى في التربة .وهي تتحرك بتركيب يدعى فلاجيلا.
- **Amoebae:-** اكبر من الفلاجليت وتتحرك بطريقة مختلفة.
- **Ciliates:-** الاكبر في الحجم ولها قابلية جيدة على الحركة.

وبشكل عام فإن لكافة الاحياء دوراً مهماً في المادة الحيوية والمادة العضوية للتربة بعد تحللها. ومن الامثلة المهمة على دور الاحياء المجهرية في التربة وعلاقتها بخصوبة التربة وتغذية النبات هي دورة النتروجين ودورة الفسفور ودورة الكبريت وللتوضيح سيتم عرض دورة النتروجين.

دورة النتروجين Nitrogen Cycle

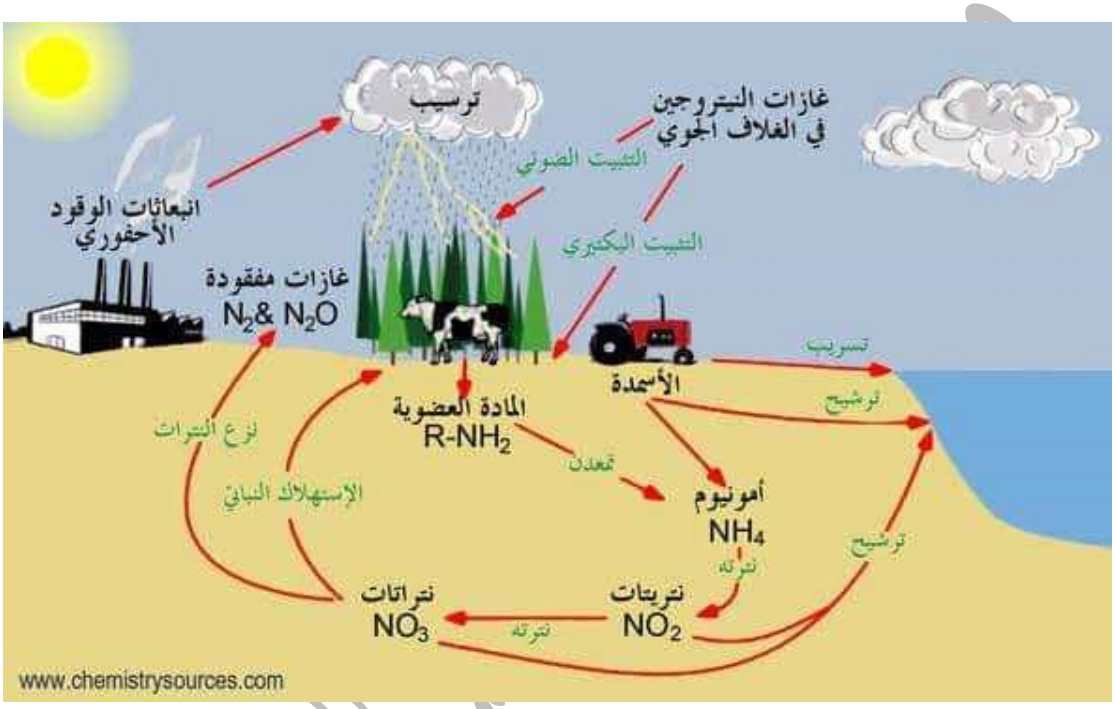
يطلق عليها دورة كيموحيوية لأنها عبارة عن تحولات كيميائية للنتروجين من صورة الى صورة اخرى بوساطة الاحياء المجهرية المختلفة في التربة. فالنتروجين بالتربة يتكون من جزأين عضوي ومعدني والجزء العضوي يشكل النسبة الكبرى التي تتجاوز 90% من النتروجين الكلي. النبات لا يستطيع الاستفادة من النتروجين العضوي الا بعد تحوله الى نتروجين معدني بعملية المعدنة Mineralization والتي تعني تحول النتروجين العضوي الى نتروجين معدني وهذه العملية تتم بمساعدة الاحياء المجهرية في التربة.

الجزء المعدني للنتروجين يكون على عدد من الصور منها الامونيوم NH_4^{+1} والنترات NO_3^- والنتريت NO_2^- والتحول من الامونيوم الى النترات يتم بعملية اكسدة والاحياء المسؤولة عن العملية هي النايتروزوموناس والنيتروباكتر وهي احياء هوائية اجبارية تقوم بأكسدة الامونيوم الى النترات بعملية تسمى عملية النترجة Nitrification وهي جزء من عملية المعدنة.

كما ان النتروجين في التربة يتعرض الى عمليات فقدان مختلفة اهمها عمليات الفقدان بالغسل والتطاير وعكس النترجة. ان عملية عكس النترجة عملية تحول NO_3^- الى غازات N_2 وN_2O وNO وهي عملية تقوم بها احياء هوائية الاصل الا انها يمكن ان تنمو لاهوائياً عند توافر اكاسيد النتروجين اي انها تنمو هوائياً في غياب النترات ولاهوائيا بوجودها ولذا يطلق على العملية تنفس النترات، وتحدث هذه العملية في الظروف اللاهوائية في التربة مؤدية الى خسارة النترات والى تلوث البيئة لأن غازات النتروجين المنبعثة الى المحيط الجوي لاسيما ثنائي اوكسيد النتروز N_2O تؤثر في طبقة الاوزون المهمة في منع الاشعة فوق البنفسجية من

الوصول الى البشر والتأثير على جلودهم بشكل سلبي، ولذا تعد عملية فقدان النترات الى الجو بشكل غازات من العمليات المهمة في التلوث البيئي والإحتباس الحراري Global warming وهناك من يعدها اهم من تأثير ثنائي اوكسيد الكاربون، ولذا تعد عمليات إدارة الاسمدة النتروجينية من الامور المهمة بيئياً واقتصادياً.

يضاف الى ما تقدم فان النتروجين الجوي والذي نسبته في الهواء الجوي بحدود 79% لا تستطيع النباتات الاستفادة منه الا بعد تثبيته من البكتريا التي تعيش اما بشكل تعايشي مع جذور البقوليات الرايزوبيا او بشكل غير تعايشي مثل الطحالب. وبذلك يتضح دور الاحياء المجهرية في دورة النتروجين.



شكل يوضح دورة النتروجين في الطبيعة.

المادة العضوية في التربة (SOM) Soil Organic Matter

تؤدي دوراً مهماً في العمليات البيدوجينية وتستطيع بشكل كبير تحوير الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة (البناء، اللدانة، الاحتفاظ بالماء، CEC وAEC). هناك عدم اتفاق حول التعريف الدقيق لمادة التربة العضوية وعن اجزاءها المختلفة. ان هذه المشكلة ناتجة عن عدم التجانس في المادة العضوية الموجودة في التربة من حيث المصدر والتركيب الفيزيائي والكيميائي والفعاليات المختلفة والتغير المستمر في هذا الجزء المهم من التربة، ومع هذا فمصطلح مادة التربة العضوية (SOM) عبارة عن المجموع الكلي للمواد الطبيعية والمشتقة حيوياً التي توجد بالتربة او على سطحها بغض النظر عن مصدرها او فيما اذا كانت حية او ميته بعد استبعاد الجزء الحي من النبات فوق سطح التربة، وهناك من يستبعد الانسجة المتحللة جزئياً والكتلة الحية. اما الكتلة المايكروبية الحية microbial biomass فإنها تمثل

المواد العضوية المرتبطة مع خلايا احياء التربة المجهرية الحية والدبال (Humus) يمثل المادة العضوية الباقية بالتربة بعد ازالة المواد العضوية الذائبة بالماء والاجزاء العضوية الكبيرة (الاكبر من الحد الادنى لجزء الرمل) الموجودة مع نسيج التربة المعدنية والتي تزال عند التقدير بالنخل. ان للمادة العضوية مكونين رئيسين هما:-

- **المواد غير الدبالية:-** بقايا المواد المتحللة التي يمكن تمييز صفاتها الفيزيائية والكيميائية وتشمل الكربوهيدرات والبروتينات والاحماض الامينية والدهون والصبغات والاحماض العضوية وغيرها من المواد ذات الاوزان الجزيئية المنخفضة.
- **المواد الدبالية:-** تشمل على خليط من المواد غير المتجانسة وغير المتبلورة والتي ليست لها صفات محددة من المواد ذات الوزن الجزيئي المرتفع وتقسم هذه المواد حسب وزنها الجزيئي وخواصها ودرجة ذوبانها في القواعد والحوامض الى حامض الفولفك وحامض الهيومك والهيومين.

وظائف مادة التربة العضوية

الجزء العضوي للترب غالباً يشكل جزءاً بسيطاً ومتغايراً من كتلة التربة الكلية وتراكيز الكاربون العضوي في المدى اقل من 5غم كاربون كغم$^{-1}$تربة (0.5%) للتربة المزيجة الصحراوية الى اعلى من 130 غم كاربون عضوي كغم$^{-1}$تربة (13%) للترب الدبالية. ومع هذا فإن لهذا الجزء دوراً مهماً في التأثير في عدد من خصائص التربة ولاسيما الحيوية والكيميائية والفيزيائية والتداخل الكبير في التأثير بين هذه الخصائص، مما ينعكس على فعاليات النظام البيئي بشكل كبير.

جدول يبين خصائص وفعاليات مادة التربة العضوية

الخاصية	الدور
الخصائص الحيوية	
خزان للطاقة الحيوية للبناء	المادة العضوية تجهز الطاقة الحيوية للبناء التي تحتاجها الفعاليات الحيوية
مصدر للمغذيات الكبرى	معدنة المادة العضوية يمكن ان تؤثر وبشكل معنوي (ايجابي او سلبي) في حجم مغذيات النبات الجاهزة ولاسيما خزانات النتروجين والفسفور والكبريت
إعادة النظام البيئي الى طبيعته	تجمع المواد العضوية والمغذيات المرتبطة معها يمكن ان تعيد النظام البيئي الى طبيعته بعد تأثره بفعل طبيعي او بتأثير البشر
تحفيز وتثبيط فعاليات الإنزيمات ونمو النبات والاحياء المجهرية	يمكن ان تحفّز او تثبط بوجود مواد التربة الدبالية soil humic materials
الخصائص الفيزيائية	
تثبيت وجعل بناء التربة اكثر استقراراً	من خلال تكوين الأواصر مع الاسطح الفعالة لأسطح دقائق التربة المعدنية فإن مادة التربة العضوية قادرة على ربط الدقائق المفردة وزيادة ثباتية التجمعات بالماء.
الاحتفاظ بالماء	مادة التربة لها القابلية على امتصاص كميات من المياه تصل الى 20 مرة كتلتها فضلاً عن تأثيرها في بناء التربة وترتيب

	وهندسة المسام مما يسهم في زيادة قابلية التربة على خزن الماء والاحتفاظ به، هذا فضلاً عن دور المخلفات العضوية التي تضاف كغطاء على سطح التربة والتي تقلل من معدلات التبخر وتزيد من غيض الماء
اللون	اللون الغامق الناتج من مادة التربة العضوية يمكن ان يؤثر في خصائص التربة الحرارية خصائص الشحنة العالية لمادة التربة العضوية
الخصائص الكيميائية	
سعة تبادل الايونات الموجبة CEC	خصائص الشحنة العالية لمادة التربة العضوية تشجع الاحتفاظ بالأيونات الموجبة.
القابلية التنظيمية للترب BC ودرجة التفاعل pH	تعمل المادة العضوية على المحافظة على ظروف درجة تفاعل مقبول
خلب الايونات المعدنية الموجبة Metal cations chelation	عملية الخلب للأيونات المغذية الموجبة الشحنة تقلل من طاقة الفقد والسمية في الوقت نفسه وتشجع من جاهزية الفسفور. هذا فضلاً عن دور مادة التربة العضوية في زيادة جاهزية الفسفور من خلال التعقيد مع الكالسيوم في الترب الكلسية والتنافس على مواقع الامتزاز وازاحة الفسفور الممتز وتحرير المغذيات الاخرى من خلال المساهمة في تجوية المعادن. كما تقوم مادة التربة العضوية بزيادة جاهزية المغذيات الصغرى والحد من التأثير السلبي لبعض الايونات السمية مثل الالمنيوم والكادميوم والرصاص في الترب الحامضية من خلال عمل المعقدات المختلفة.
التداخل مع المبيدات	المواد العضوية يمكن ان تؤثر في فعاليات المبيدات الكيميائية في الترب

محتوى الترب العراقية من المادة العضوية وخصوبة التربة

يعد تقدير المادة العضوية من المعايير المهمة في تقييم وتقويم نوعية التربة ومدى ملاءمتها للإنتاج الزراعي. وبشكل مثالي تحوي الترب المعدنية نسبة مادة عضوية بحدود 5% وتزداد هذه النسبة وتقل اعتماداً على نوع التربة والظروف البيئية المحيطة وإدارة التربة (من فلاحة وري واستغلال زراعي وتسميد اخضر وتسميد عضوي...) وهي بشكل عام تزداد في الترب التي يكون فيها التساقط(الامطار والندى و....) اعلى من التبخر- نتح والظروف الباردة ومن ثم غطاءاً اخضر اكثر كثافةً وفقدان للمادة العضوية اقل. اما في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة فإن النسب تكون واطئة وتصل الى نسب قليلة جداً ولاسيما في الترب الرملية الصحراوية، وبسبب الظروف المناخية السائدة في العراق وشحة الغطاء النباتي الطبيعي فإن محتوى الترب العراقية من المادة العضوية يكون قليلاً (0.2 – 2%) والتي تقابل (2- 20 غم كغم$^{-1}$ تربة) وتصل احياناً الى حدود 3% في بعض الترب في شمال العراق او حتى اعلى من هذا الرقم في ترب الغابات. وبشكل عام يكون محتوى الترب في المناطق الديمية المطرية من

المادة العضوية اعلى من محتواها في الترب المروية. هذا فضلاً عن تعرض المادة العضوية الى سرعة التحلل بسبب الظروف المناخية ولاسيما في اشهر فصل الصيف.

العمليات التي تحدث على المواد العضوية هي المعدنة mineralization والتدبل humification والنشدرة ammonification والنترجة nitrification والتطاير volatilization. العمليات هذه تقوم بها وتسرعها وجود الاحياء المجهرية biotic اي هذه العمليات هي كيموحيوية وتتأثر بعوامل:-

1) المناخ (الحرارة و الرطوبة) وتأثيرات هذا العامل في العامل الحيوي.
2) نوع الغطاء النباتي والاوراق المتساقطة.
3) طبيعة المادة الام (النسجة والتركيب المعدني و pH).
4) الوقت:- عمر التربة وحالة الاتزان.
5) بالنسبة للأراضي المزروعة نوع الحراثة والري والدمن والاسمدة.
6) نوع المحصول:- الكميات المزالة او المضافة الى التربة كبقايا المحاصيل.

سرعة تحلل المواد العضوية

إن سرعة تحلل المواد العضوية في التربة تعتمد على الظروف البيئية المؤثرة في فعالية احياء التربة المجهرية من الرطوبة و درجة الحرارة ودرجة تفاعل التربة (pH) فضلاً عن التركيب الكيميائي للمادة العضوية ولاسيما نسبة الكاربون الى النتروجين والذي يطلق عليها C/N Ratio. وان نسبة الكاربون الى النتروجين مهمة جداً لان الاحياء المجهرية التي تقوم بتحلل المواد العضوية تحتاج الى عناصر غذائية ومنها النتروجين فاذا كانت نسبته في المادة العضوية جيدة اي نسبة C/N واطئة يحدث التحلل من دون التأثير على نتروجين التربة الاصلي، اما اذا كانت عالية اي نتروجين قليل وكاربون عالي فتقوم الاحياء بأخذ النتروجين من التربة ويحدث نقص وقتي للنتروجين نتيجة تثبيته في داخل اجسام الاحياء ويعود هذا النتروجين للتربة بعد تحلل هذه الاحياء وتحلل المادة العضوية. وبشكل عام فإن نسبة C/N بحدود 20 تكون جيدة ويحدث التحلل من دون نقص اما اذا كانت اكثر او اعلى من 30 فيحدث نقص وقتي للنتروجين في التربة، ولذا يفضل اضافة النتروجين والفسفور مع السماد الحيواني او السماد العضوي لتشجيع الاحياء المجهرية للقيام بعملها ودورها في تحلل المواد العضوية وهناك طرائق حسابية لحساب كمية النتروجين المطلوب اضافته، والشيء نفسه يحدث عند عمل البتموس peatmoss او الدمان والتي تتطلب توفير ظروف بيئية وتغذوية للأحياء للقيام بعملها في تحلل المواد العضوية.

م. د. منتظر حمادي البديري

التقدير الكمي لمحتوى مادة التربة العضوية

ليس من السهولة قياس محتوى التربة من المادة العضوية بشكل مباشر ومعظم طرائق التحليل المتوافرة تقيس محتوى الكاربون العضوي ومن ثم يستعمل معامل تحويل في المدى 1.72- 2 للحصول على محتوى المادة العضوية. عامل التحويل له علاقة بمحتوى المادة العضوية من الكاربون العضوي والذي يكون في المدى50- 58%. وهناك بعض الدراسات التي تؤكد ان النسبة غير ثابتة لذا ليس من السهولة استعمال معامل واحد لترب مختلفة.

معظم طرائق التحليل المستعملة تشمل الحرق الجاف (بإستعمال المرمدة Muffle furnace) او الحرق الرطب (باستعمال بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2) للكاربون الكلي والأكسدة الرطبة للكاربون العضوي بالدايكرومات. الاساس هو التحول الكامل للكاربون العضوي الى ثنائي اوكسيد الكاربون (CO_2) والتقدير الكمي لثنائي اوكسيد الكاربون المنبعث بطرائق مختلفة. وهناك تصحيح معين يجب مراعاته في الترب الكلسية عند استعمال طريقة الدايكرومات لـ Walkely وBlack (1934) لتداخل معادن الكاربونات مع الكاربون العضوي. الدايكرومات غير المستعملة تسحح مع كبريتات الحديدوز الامونياكية $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ لتقدير كمية الدايكرومات المتفاعلة مع الكاربون العضوي وهناك عامل آخر يستعمل لتلافي تأثير درجة الحرارة. وهناك اتجاهات حديثة في قياس الجزء القابل للتغير او الجزء الجاهز من الكاربون العضوي وتفاصيل كيفية التقدير سيتم عرضها في فصل نوعية التربة وصحتها.

م.د. منتظر حمادي البديري

خصوبة التربة وادارة المغذيات
Soil Fertility and nutrient Management

خصوبة التربة soil fertility بأنها قابلية التربة على إمداد النبات بالعناصر الغذائية الضرورية أو الأساسية بكميات متوازنة وكافية توفر حاجة النبات.

إنتاجية التربة soil productivity فيقصد بها قابلية التربة على إنتاج محصول معين أو تتابع محاصيل مختلفة في الظروف البيئية المعينة وتحت إدارة معينة. ومع هذا هناك تداخل في استخدام المفهومين.

وللحصول على طاقة الإنتاج القصوى للمحصول المعين فإنه يتطلب توافر ظروف الإنتاج المختلفة الوراثية والبيئية وعوامل التربة، وبتعبير آخر عند توافر ظروف الإنتاج بشكل مثالي، أن وجود أي عامل في حالة أو كمية أقل من الحالة المثالية يؤدي إلى نقص في طاقة الإنتاج، وهذا العامل هنا يسمى بالعامل المحدد The limiting factor.

وبشكل عام هناك عوامل يمكن السيطرة عليها ومنها خصوبة التربة من خلال إضافة المخصبات العضوية والمعدنية وتحسين الظروف الفيزيائية والكيميائية في التربة التي تزيد من جاهزية هذه العناصر وامتصاصها من قبل جذور النباتات. وفي السنوات الأخيرة وللاهتمام الكبير في موضوع تلوث البيئة أصبح من الضروري التركيز على استخدام المخصبات والمغذيات التي تعطي إنتاجاً أقصى مربح اقتصادياً أو ذا جدوى اقتصادية وبأقل تأثير سلبي في البيئة، أي تحسين الإنتاجية مع الحفاظ على بيئة سليمة. ولذا هنالك حالياً وعلى المستوى العالمي اتجاه في تحسين الانتاجية من خلال استنباط الأصناف عالية الإنتاجية واستخدام الأسمدة الحيوية والعضوية واستخدام الدورات الزراعية التي تحوي على البقوليات وإدارة مثلى للتربة والمياه والمحصول، من اجل الحصول على أقصى إنتاج وبأقل ضرر بيئي.

العناصر الغذائية المهمة في التربة وعلاقتها بنمو النبات

العناصر الضرورية والاساسية Essential Nutrients:- توجد في التربة اعداد كبيرة من العناصر الا ان الذي اثبت بأنه ضروري للنباتات الراقية ولا تستطيع هذه النباتات اكمال دورة حياتها او النمو بشكل جيد الا بوجود هذه العناصر والتي لا يمكن ان تعوض بعناصر اخرى. وهذه العناصر هي 16 عنصرا واضيف لها عنصر في الثمانينيات من القرن العشرين واصبح العدد 17 عنصر. تقسم هذه العناصر بناءً على تراكيزها في المادة الجافة للنبات كما في الجدول الاتي او الكمية التي تضاف فيها الى التربة او رشاً على النبات:-

العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients:- وهي

C, H, O, N, P, K, Mg, Ca, S

العناصر الغذائية الصغرى Micronutrients:- وهي

Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B, Cl, Ni

وهنالك عناصر مفيدة لبعض النباتات مثل Na و Si و Co.

ومعظم العناصر المذكورة مصدرها من التربة اضافة الى C و H و O و N التي تتوفر غي المياه والهواء الجوي وغي هواء التربة وذائبة بالماء.

جدول يبين تقسيم العناصر الغذائية بناءً على تراكيزها في المادة الجافة للنبات

العنصر المغذي	صورة الامتصاص	التركيز
الاوكسجين O	O_2, H_2O	45%
الكاربون C	CO_2	45%
الهيدروجين H	H_2O	6%
النتروجين N	NH_4^+, NO_3^-	3 – 1.5%
الفسفور P	$HPO_4^=$, $H_2PO_4^-$	0.5 – 0.1 %
البوتاسيوم K	K^+	3 – 1.2%
المغنيسيوم Mg	Mg^{++}	0.5 – 0.2 %
الكالسيوم Ca	Ca^{++}	1 – 0.5%
الكبريت S	$SO_4^=$	0.2 – 0.1%
الحديد Fe	Fe^{++}	100 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة
المنغنيز Mn	Mn^{++}	50 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة
البورون B	$BO_3^=$	20 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة
الزنك Zn	Zn^{++}	20 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة
الكلور Cl	Cl^-	100 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة
المولبدينم Mo	$MoO_4^=$	0.1 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة
النحاس Cu	Cu^{++}	6 ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة
ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة = جزء بالمليون ppm **ppm = 10000 * %**		

وجود العناصر الغذائية في التربة

توجد العناصر الغذائية في التربة على عدة اشكال وصور قسم منها جاهز للامتصاص من النبات وقسم منها غير جاهز او يحتاج الى عمليات معينة لكي يتحول من شكل الى شكل اخر.

وهناك عدد من الميكانيكيات التي بواسطتها يتحرك الأيون من مكان إلى آخر في التربة ومن التربة إلى اسطح الجذور وهي

- **الجريان الكتلي Mass flow:-** وهي حركة الأيونات مع جريان الماء وهذا يشمل حركة الأيونات المتحركة في التربة مثل النتروجين ولا سيما النترات وجزء من البوتاسيوم.
- **الانتشار Diffusion:-** ويشمل حركة الأيونات من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز الأقل، وهذا بالنسبة للبوتاسيوم والفوسفور أو العناصر ذات الحركة الأقل أو غير المتحركة مثل الفسفور.
- **اعتراض الجذور Root intersection:-** ويتم هذا بنمو الجذور واعتراضها لأجزاء التربة وأخذ الأيونات مباشرة من اسطح التبادل ومن محلول التربة.

ومن الملاحظ أن الماء يكون عاملاً مهماً جداً وضرورياً أن يتوفر بشكل مثالي لإتمام هذه العمليات ليقوم بتسهيل ذوبان العناصر وإيصالها أمام الجذور لتتم عملية الامتصاص، فأن ادارة المياه مهمه جداً.

أما امتصاص الأيونات من خارج الجذور إلى داخل الجذور ومن ثم إلى الأجزاء العليا فيتم من خلال

- **التبادل التماسي Contact exchange:-** التبادل بين أيونات معينة على الجذور ومع الأيونات التبادلية أو الذائبة في التربة.
- **الامتصاص الحر أو السلبي أو اللاطاقي free absorption:-** ويتم مع انحدار التركيز ولا يحتاج إلى طاقة ويحدث بشكل رئيسي في الفراغ الحر.
- **الامتصاص الطاقي أو النشط Active absorption:-** وهذا يحدث ضد انحدار التركيز ويحتاج إلى طاقة ويحدث بوجود نواقل معينة ويستخدم ATP كمصدر للطاقة.

م. د. منتظر حمادي البديري

دور العناصر الغذائية وأهميتها للنبات

سيتم هنا فقط الإشارة إلى بعض الأمور الأساسية والبسيطة ويمكن الرجوع إلى كتب خصوبة التربة وتقانات الأسمدة وتغذية النبات لغرض التوسع في الموضوع. وبشكل عام، يكون دور العناصر الغذائية إما من خلال:

1. كونها جزء من تركيب النبات:- أي تدخل في بناء وتركيب النبات مثل عنصر النيتروجين والكبريت والحديد التي تدخل في الأحماض الأمينية أو هي الأساس للأحماض الأمينية الوحدات الأساسية للبروتين، والمغنيسيوم الذي يدخل في الكلوروفيل، وهكذا.

2. تدخل في أجزاء الطاقة:- كما هو الحال بالنسبة للفوسفور ودخوله في ATP.

3. في موازنة الضغط الأزموزي وعمليات الأكسدة والاختزال وتنظيم درجة الحموضة.

4. دور مهم في تنشيط الإنزيمات كما هو الحال بالنسبة للبوتاسيوم.

مثال على ذلك:-

❖ النيتروجين (N) (Nitrogen)

يدخل في تكوين الأحماض الأمينية ومن ثم بناء البروتين، ويدخل أيضاً في تكوين الكلوروفيل. نقصه يظهر بشكل شحوب واصفرار وتحرقات في المراحل المتقدمة. يجب أن تكون نسبة النيتروجين متوازنة مع العناصر الأخرى للحصول على نتائج أفضل بدون زيادة.

❖ الفوسفور Phosphorus (P)

يشترك في عملية نقل الطاقة في عمليته التنفس والبناء الضوء ويشترك في بناء الأحماض النووية والدهون الفوسفاتية (الفوسفولبيدات) والأنزيمات وله دور في استطارة الجدول ونضج البذور والثمار، ونقصه يؤدي لظهور لون أرجواني على بعض المحاصيل.

❖ البوتاسيوم (Potassium - K)

يوجد البوتاسيوم كملح غير عضوي في النبات يدخل في نشاط الإنزيمات وهناك ما لا يقل عن 80 إنزيمًا لا تعمل إلا بوجود البوتاسيوم. يُضاف إلى دوره في نقل العناصر إلى الأعلى ونقل المواد المصنعة إلى الأسفل. كما أنه يساهم في تنظيم المياه وامتصاصها وفتح وغلق الثغور، مما يزيد من كفاءة استهلاك المياه ويعزز مقاومة المحاصيل للظروف البيئية القاسية.

م. د. منتظر حمادي البديري

❖ الكبريت Sulfur S

يدخل في تركيب البروتين والفيتامينات ويشجع تكوين العقد الجدرية في البقوليات ويساعد على إنتاج البذور ونقصه يشابه نقص النيتروجين.

❖ المغنيسيوم Magnesium Mg

يدخل في تركيب جزيئة الكلوروفيل والذي نقصه يكون بشكل شحوب وينشط الإنزيمات وحامل الفسفور في تكوين البذور.

❖ الكاليسيوم Calcium Ca

يدخل في تركيب الأغشية الخلوية والجدران وله اهمية في الاختيارية في امتصاص العناصر الغذائية وفي الحماية من بعض الأمراض الفيسيولوجية (عدم انتظام له علاقة بنقص الكاليسيوم Calcium Related Disorders).

❖ العناصر المغذية الصغرى (Micronutrients)

لها ادوار مختلفة من خلال تأثيرها في نشاط الانزيمات ومنظمات النمو وتكوين الكلوروفيل وتثبيت النتروجين الجوي حيوياً. هذه العناصر تلعب دوراً حيوياً في صحة النبات ونموه.

- الحديد: ضروري لتكوين الكلوروفيل.
- الزنك: يساهم في تخليق الأوكسينات اومنظمات النمو مثل الإندول حامض الخليك Indol Acetic Acid (IAA)، المسؤول عن الاستطالة ونقصه يؤدي إلى تقزم النباتات.
- البورون: له دور مهم في تكوين حبوب اللقاح والتكاثر.
- الموليبدينوم: مهم في تركيب إنزيم النايتريت ريدكتز، الذي يختزل النترات داخل النبات ويحولها إلى أمينات ثم إلى بروتين.

التوازن بين العناصر الغذائية

العناصر المغذية في منطقة المحيط الجذري (Rhizosphere) يعتبر أمر حيوي لنمو النباتات والأحياء المجهرية الموجودة فيها. يجب أن تكون العناصر المغذية متوازنة لضمان استيفاء النبات لاحتياجاته بشكل جيد. فالتوازن في المغذيات أكثر أهمية من تركيزها في محلول التربة، حيث أن التوازن يعكس بشكل كبير على نمو النبات ومحتواه من المغذيات. والتغذية المتوازنة في التربة يمكن تحقيقها من خلال اختبار التربة وتحليلها ومعرفة محتواها من العناصر المغذية، ومن ثم وضع برنامج تسميدي مناسب للتربة المعينة والمحصول المزروع،

وهو ما يُطلق عليه بالاحتياجات السمادية. وموضوع تقييم خصوبة التربة، ومن ثم تقييمها يُعد من الأمور المهمة في إدارة التربة والمحصول، كي يتم الحصول على إنتاجية زراعية مستدامة وبيئة آمنة. ومن أهم وسائل تقييم الخصوبة فحص التربة وتحليل النباتات لمعرفة مدى الحاجة من المغذيات.

علاقة المغذيات مع بعضها تكون كما يأتي

• التضاد (Antagonism): وهذه الحالة تشير إلى أن زيادة عنصر ما يقلل من عنصر آخر بالنبات عن طريق المنافسة على مواقع التبادل والامتصاص، مثل البوتاسيوم والأمونيوم.

• التشجيع (Synergetic): وهنا وجود عنصر ما أو امتصاصه يشجع عنصر آخر، مثل امتصاص النترات يشجع امتصاص البوتاسيوم.

• التداخل (Interaction): حالات تشجيع وحالات تضاد مثل التداخل بين الفسفور والزنك (P-Zn).

مفهوم جاهزية العناصر الغذائية

يكون العنصر جاهز للنبات من الناحية الكيميائية إذا توفر بشكل يمكن لجذور النبات من امتصاصه. بتعبير آخر إذا وجد بشكل ذائب أو متبادل. أما من حيث الموقع فيكون جاهزاً إذا كان بمسافة تستطيع جذور النباتات الحصول عليه، إما الجاهز الحيوي (Bioavailable) أو Phytoavailable فهو توفر العناصر بشكل جاهز كيمياوياً ومتوفر بكميات وبسرعة تنسجم مع نمو النبات ويستطيع النبات اخذه باستمرار، وتوجد العناصر المغذية في التربة بحالات مختلفة قسم منها جاهز للامتصاص من قبل جذور النباتات والقسم الاخر بطيء الجاهزية او صعب الجاهزية، وهنا من المهم معرفة سلوك العنصر المغذي بالتربة. وكنبذه بسيطة يمكن الاشارة الى سلوك بعض العناصر المغذية في التربة:-

النتروجين Nitrogen (N)

يوجد النتروجين في التربة بصورة رئيسة على شكل نتروجين عضوي(90-95%) والمتبقي يكون على شكل غير عضوي (معدني) والنبات لا يستفيد من النتروجين العضوي الا بعد تحوله الى المعدني بعملية تسمى المعدنة Mineralization. جزء بسيط من النتروجين العضوي تتم معدنته سنوياً وبنسبة 1-5 % من النتروجين العضوي الموجود ومعدنة النتروجين عبارة عن تحول النتروجين من الشكل العضوي الى الاشكال المعدنية او بتعبير اخر الى الاشكال الجاهزة للامتصاص من جذور النبات وتشترك في هذه العمليات عدد كبير من الأحياء المجهرية الموجودة في التربة والتي تتطلب ظروفاً جيدة (رطوبة ودرجة تفاعل ودرجة حرارة مناسبة) ومغذيات للقيام بعملها. الامونيوم الناتج من هذه العملية يمكن ان يتحول الى النتريت NO_2^- والنترات NO_3^- بعملية تسمى النترجة Nitrification (اكسدة الامونيوم الى النتريت

والنترات) او يمتص بشكل مباشر من النبات Uptake او يثبت في أجسام الأحياء المتعددة التغذية بعملية تسمى التثبيت Immobilization او يثبت داخل طبقات معادن الطين بعملية تسمى تثبيت الامونيوم Fixation او يتحول الامونيوم إلى أمونيا بعملية تسمى التطاير Volatilization او يمتز على سطوح الطين والمادة العضوية بعملية الامتزاز Sorption. والنترات الناتجة يمكن ان تمتص من النبات او تفقد اما بالغسل Leaching او تفقد بشكل غازات بعملية تدعى عكس النترجة Denitrification، وبشكل عام تحولات النتروجين في التربة تتأثر بالمحتوى الرطوبي والحرارة للتربة وعدد من العوامل الأخرى لأنها عمليات كيموحيوية Biochemical تتم بوساطة الأحياء المجهرية.

ومن اهم مصادر النتروجين السمادية هي: العضوية Organic fertilizers (مخلفات الاغنام والخيول والابقار والمجازر ومصانع الاغذية وبقايا النباتات في الحقل والاسمدة الخضراء) والاسمدة النتروجينية الطبيعية Natural (املاح نترات الصوديوم والكالسيوم والغنيسيوم) والاسمدة الصناعية Chemical fertilizers (الاسمدة المعدنية المصنعة بشكل عام مثل اليوريا وكبريتات الأمونيوم ونترات الامونيوم).

الفسفور Phosphorus (P):

يطلق على الفسفور مفتاح الحياة لدوره المباشر في معظم العمليات الحيوية التي تجري داخل النبات والتي لا تتم من دونه ومحتوى التربة من الفسفور يختلف حسب نوع التربة ودرجة الحرارة والمحتوى الرطوبي، الترب العضوية ذات محتوى فسفور أعلى من الترب غير العضوية والترب الناعمة الطينية) اعلى من الخشنة (الرملية) تحت الظروف البيئية المتشابهة. أي نقص في فسفور محلول التربة والذي يمثل الجزء الجاهز (المتيسر) للإمتصاص من النبات $HPO_4^=$ و $H_2PO_4^-$ يتم تعويضه من الجزء المعدني والعضوي في التربة وبشكل بسيط هناك ثلاثة اجزاء مهمة للفسفور في التربة و لها علاقة بجاهزية الفسفور ولذلك فان اقسام فسفور التربة من حيث الجاهزية للنباتات هي:

- الفسفور الذائب Water soluble P: وهو جاهز بشكل مباشر الا ان تركيزه قليل جداً (0.3-3 ppm او ملغم لتر). والفسفور في هذا الجزء يكون على هيئة الاورثوفوسفات الاحادية والثنائية ($HPO_4^=$ و $H_2PO_4^-$). النبات يمتص $H_2PO_4^-$ بسرعة تقدر بعشرة اضعاف امتصاص ($HPO_4^=$) النسبة بين ($HPO_4^=$ و $H_2PO_4^-$) تعتمد على درجة التفاعل pH وتتساوى عند الرقم (7.22).
- الفسفور القابل للتجهيز (الفسفور القابل للتغير) (Labile-P): وهو الفسفور الممتز على الاسطح المختلفة للتربة ويمكن ان يتحرر الى المحلول.
- الفسفور بطئ الجاهزية الفسفور (غير القابل للتغير) (Non Lable): ويكون قليل الذوبانية الى قليل جداً ولاسيما عند تحوله الى صخر الابتايت.

الفسفور المضاف الذي لا يمتصه النبات او الفائض عن الامتصاص يتعرض الى عمليات الامتزاز Sorption والترسيب Pricipitation او التي يطلق عليها بعمليات الاحتفاظ للتربة

بالفسفور P-retention. وعملية الترسيب هذه تعتمد بشكل رئيس على درجة تفاعل التربة، اذ ان الترسيب في الترب الحامضية يكون على هيئة فوسفات الحديد والالمنيوم، اما في الترب القاعدية فيكون على شكل فوسفات الكالسيوم.

ان هذه التفاعلات يصعب السيطرة عليها، ولذا فإن كمية الفسفور المسترد او الممتص من النبات من السماد المضاف او مايسمى بكفاءة استعمال السماد FUE تكون واطئة باستمرار لاتتجاوز في الغالب ٣٠٪ من الفسفور المضاف. اما الفسفور العضوي في التربة فهو جزء من المادة العضوية في التربة، ويشكل حوالي 1-3 % منها، ويوجد في الطبقات السطحية للتربة، ويجب ان يتمعدن قبل ان يستطيع النبات الاستفادة منه. وبشكل عام فإن العوامل المؤثرة في نشاط الأحياء من pH و حرارة و رطوبة و عناصر مغذية تؤثر في عملية المعدنة.

الاسمدة الفوسفاتية المعدنية شائعة الاستعمال تُصنّع من الصخور الفوسفاتية RP بعد معاملة هذه الصخور بالحوامض والحرارة لزيادة تركيز الفسفور الذائب بالماء. ومن امثلة الاسمدة الفوسفاتية سماد السوبر فوسفات الثلاثي TSP واليوريا فوسفيت UP وسماد فوسفات ثنائي الامونيوم DAP.

البوتاسيوم (k) Potassium

يعد البوتاسيوم أكثر الايونات الغذائية الكبرى توفراً في التربة، إذ تتراوح كمية وجوده 3000- 100000 كغم هكتار$^{-1}$ في العمق 20 سم من الطبقة السطحية للتربة من هذه الكمية 98 % مرتبط بالمعادن و 2% فقط في الجزء الذائب (في محلول التربة) والمتبادل على الاسطح. وتشمل صور البوتاسيوم البوتاسيوم الذائب والمتبادل والمثبت والتركيبي.

مجموع الذائب والمتبادل يمثل البوتاسيوم الجاهز في التربة وبشكل عام تتدرج الجاهزية لصور البوتاسيوم المختلفة كما يأتي الذائب في محلول التربة يكون سريع الجاهزية يليه المتبادل على الاسطح والذي يكون قابل للتجهيز بشكل جيد ثم البوتاسيوم المثبت بين طبقات معادن الطين وهو بطئ الجاهزية وأخيرا البوتاسيوم التركيبي او المعدني الموجود في المعادن الأولية ويعد ضمن البوتاسيوم صعب الجاهزية، ومن اهم اسمدة البوتاسيوم شائعة الاستعمال سمادي كبريتات البوتاسيوم وكلوريد البوتاسيوم.

الأسمدة Fertilizers

مواد طبيعية (عضوية أو غير عضوية) او مصنعة تضاف الى التربة (Soil application) او مباشرة الى النبات (رش على الاوراق والاجزاء فوق سطح التربة Foliar application) او تضاف مع مياه الري لاسيما الري بالتنقيط وتسمى عملية إضافة السماد هنا بالرسمدة او الري التسميدي (fertigation) من اجل تجهيز النبات بعنصر واحد أو أكثر من العناصر المغذية الضرورية لنموه.

م. د. منتظر حمادي البديري

إن فلسفة الإضافة تختلف، فالإضافة إما لزيادة خصوبة التربة او لتعويض نقص العناصر المغذية الجاهزة للإمتصاص بوساطة جذور النباتات او للمحافظة على المستوى الموجود أصلا أو لكي يكون هناك توازن جيد بين العناصر المغذية المختلفة ولاسيما الكبرى منها، هناك الاسمدة الصرفة التي تجهز عنصر مغذي واحد والاسمدة المركبة التي تجهز عنصرين او اكثر من المغذيات الكبرى NPK والاسمدة التي تحوي على العناصر المغذية الكبرى والصغرى مثل NPK + micronutrients وهناك تسميات تجارية مختلفة كالأسمدة الكاملة والمتوازنة.

مسح وتصنيف الترب Soil Survey and Classification

لابد من الإشارة الى ان هذا الموضوع يتداخل بشكل كبير مع المحاضرة الاولى ولاسيما موضوع اصل وتكوين التربة وعوامل وعمليات تكوين التربة ولذا ستكون المعلومات هنا مختصرة ولكن لأهمية التصنيف تم وضع هذا الموضوع في فصل منفصل.

الحاجة الى التصنيف

بسبب تغاير الترب ولاسيما التغاير المكاني اذ ان الترب تختلف من موقع الى اخر كما يؤكد علماء البيدولوجي (علماء التربة) وهذا التغاير ناجم عن الاختلاف في عوامل وعمليات تكوين التربة، كان من الواجب تصنيفها من اجل اخذ القرارات السليمة غي التخطيط على مستوى القطر وفي التخطيط الحضري والاقليمي وفي الاستغلال الزراعي. وبشكل عام يهدف تصنيف الترب الى:-

- تنظيم كافة انواع الترب في نظام معين وتحديد موقع كل تربة في هذا النظام.
- اعداد خرائط تربة مختلفة وبمستويات مختلفة من التفصيل اعتماداً على الغرض المطلوب من اعداد هذه الخرائط.

وبالاستعانة بالعلوم المختلفة ابتداءً من علم المورفولوجي Morphology (علم الشكل او المظهر الخارجي للتربة) الذي يصف التربة حقلياً والتصنيف Classification الذي يضبط موقع التربة في النظام التصنيفي والمسح Survey الذي يحدد مواقع ومساحات هذه الاصناف يتم تصنيف الاراضي Land classification الذي يعتمد على تصنيف الترب الى اصناف ادارية حسب قدرات هذه الاراضي في الانتاجية او مستلزمات حل مشاكلها.

وسيتم العرض في هذا الفصل الى تصنيف الترب في العراق بشكل مبسط تاركين التفاصيل الى موضوع مسح وادارة الترب في الصف الرابع بعون الله

تصنيف الترب Soil classification

من المحاولات الاولى لتصنيف الترب في العراق تلك التي بدأت في الخمسينات من القرن الماضي عندما عُهِدَ للعالم الهولندي بيورنك Buringh (١٩٥٨) القيام بهذه المهمة واعتمد هذا العالم في التصنيف على العامل الوراثي الذي يقوم على اساس ملاحظة اثار وتأثيرات كل من عوامل وعمليات تكوين التربة ولهذا النظام مستويات تصنيفية مختلفة تبدأ بالرتبة Order ومجاميع الترب العظمى Great soil groups والعائلة Family والسلسلة Series وتنتهي بالنوع Type. وشخص بيورنك ١٨ مجموعة تربة عظمى وعلى كل الاحوال فالتصنيف كان تصنيف استكشافي مع انه يستعمل مرجع اساسي الى يومنا هذا.

وفي عام ١٩٧١ صدر عن المديرية العامة للتربة واستصلاح الاراضي خارطة تدعى خارطة ترب العراق ولكنها لم تختلف كثيراً عن خارطة بيورنك بل هي تؤكدها. وكان هناك مقترح لتصنيف الترب قدم من قسم علوم التربة في كلية الزراعة - جامعة بغداد اعتمد السلسلة اساساً له وتم تنفيذ عدد من رسائل الماجستير واطاريح الدكتوراه حول هذا الموضوع الا ان الخارطة النهائية لترب العراق لاتزال قيد الاعداد ولاتزال الجهود حثيثة وقائمة والتعاون مع وزارتي الموارد المائية والزراعة لإتمام هذه المهمة لاتزال قائمة وقطعت شوطاً كبيراً في التنفيذ .

على المستوى العالمي هناك نظامان لتصنيف الترب اكتسبت اعتراف وسمعة على شكل عالمي وهي Soil Taxonomy (USDA، ١٩٧٥، ١٩٨٢) وخارطة التربة للعالم Soil map of the world (FAO-UNISCO ، ١٩٧٤). وهناك الافاق التشخيصية المعرفة في مفاتيح الى تصنيف الترب المعد من قبل ملاك مسح التربة Soil Survey Staff (١٩٩٨) وسيتم العرض هنا لملخص بسيط لبعض هذه الافاق التشخيصية:-

- Diagnostic Epipedons:- افاق تكون قرب او عند سطح التربة وهناك ثمانية افاق تشخيصية من هذا النوع وهي تشمل الافاق التي لها علاقة بالإنسان او الاستعمال المستمر للإنسان.
- Folistic:- افق تشخيص عضوي له علاقة بالاوراق وكمية المادة العضوية تحت بيئة الغابات.
- Histic:- افق تراكم المادة العضوية ويكون مشبع بالماء.
- Melanic:- وهو ذو تركيز عالي بالمادة العضوية ويكون لونه اسود.
- Molic:- وهو افق دبالي يحوي على ايونات موجبة ثنائية على سطح التبادل.

وهناك افاق تشخيصية تحت سطحية مثل:-

- Agric horizon:- وهو افق رسوبي ويملك كميات مهمة من الدبال والغرين والطين وهو افق مانح Illuvial.
- Albic:- افق فقد.
- Argillic :- افق طيني.
- Calcic :- افق فيه تجمع كاربونات الكالسيوم الى مدى مهم.

م.د. منتظر حمادي البديري

- Duripan :- افق صلب يمنع حركة المه والمغذيات.
- Fragipan :- افق يمنع دخول الماء والجذور الى التربة.
- Gypsic : افق يتجمع فيه الجبس بشكل مهم.
- Natric :- تجمع عالي للصوديوم مع الطين.
- Salic :- تجمع للأملاح.

وللإشارة فقط فإن الترب التي توجد في العراق على وفق التصنيف الكمي، الحديث (العكيدي ، ١٩٨٠) هي

- Entisols: :- هي ترب حديثة التكوين والتي لم يمر عليها وقت كاف لتطور الافق B وهو الافق الارجيلي Argillic.
- Vertisols :- الترب المتشققة.
- Aridsols ترب تمثل مساحة واسعة من مساحة العراق الكلية وتضم الترب الصحراوية والبنية والبنية الحمراء والكستنائية كما انها قد تضم ترب ملحية متطورة ذات افق B خارج السهل الرسوبي فضلاً عن ترب رسوبية متأثرة بالملوحة.

تصنيف الاراضي Land classification

بعد اعداد خرائط مسح التربة ومعرفة الخصائص الكيميائية والفيزيائية والمورفولوجية والبيئية لكل سلسلة محددة من الخارطة تبدأ مرحلة تحديد مدى صلاحية كل وحدة خريطة مشخصة للإنتاج الزراعي. ومن اشهر انظمة تصنيف الاراضي والمطبقة في العراق هو نظام تصنيف قابلية الاراضي الامريكي ١٩٦٠ اذ قسم الاراضي الى ثمانية اصناف وهي:-

A. الصنف الاول :- يصلح لزراعة كافة المحاصيل الحقلية والخضر والبساتين وهو يخلو من اي مشاكل محددة.
B. الصنف الثاني :- تصلح لكافة المحاصيل الحقلية الا انها بكثافة اقل من الصنف الاول لوجود بعض المحددات كالملوحة أو درجة الانحدار.
C. الصنف الثالث :- متوسطة الانتاج لوجود بعض المحددات مثل رداءة البزل.
D. الصنف الرابع :- تزرع فيه محاصيل بدرجة محدودة لوجود محددات تربة ومناخ.
E. الصنف الخامس:- تصلح للمراعي والغابات ولاتصلح لزراعة المحاصيل الحقلية لوجود تعرض للفيضانات وظروف جوية قاسية.
F. الصنف السادس:- محددات اكثر من الصنف الخامس ويصلح للمراعي بدرجة اقل.
G. الصنف السابع:- سلبيات اكبر وزراعة محدودة جداً.
H. الصنف الثامن:- لاتصلح للزراعة وتستخدم كمحميات.

م. د. منتظر حمادي البديري