



المحاضرات النظرية

الفصل الأول

تعريف ومفاهيم عامة:

أن علم التربة هو مجموعة المعلومات والأسس المنظمة والمتعلقة بالمادة المسماة التربة. وهناك خمسة فروع أساسية لعلم التربة هي: فيزياء التربة وكيمياء التربة وأحياء التربة ومسح وخصوبة التربة.

التربة هي المادة التي تغطي سطح الأرض وتجهز الغذاء والكساء للإنسان والحيوان وتتمو فيها النباتات التي تجمل البيئة وتلطف الجو ، وتعتبر التربة احد الموارد الطبيعية الرئيسة التي كانت سبب في تطور معظم الحضارات القديمة وان تدهور موارد التربة وسؤ إدارتها وعدم صيانتها أدى إلى تدهور بعض الحضارات كحضارة وادي الرافدين و وادي النيل.

المكونات الرئيسة للتربة:

تعرف التربة من وجهة نظر المهتمين بها كوسط لنمو النبات (Soil Edaphologists): هي جسم طبيعي يتكون من مزيج من المواد المعدنية والعضوية تغطي سطح الأرض بشكل طبقات تثبت النباتات المزروعة وتجهزها باحتياجات النمو عند احتوائها على الماء والهواء. أن التربة المثالية تتكون من:

- ١ - مواد معدنية بنسبة ٤٥%
- ٢ - مواد عضوية بنسبة ٥%
- ٣ - ماء بنسبة ٢٥%
- ٤ - هواء بنسبة ٢٥%

المواد المعدنية والعضوية تكون الجزء الصلب الذي يكون ٥٠% من حجم التربة أما الماء والهواء فتشغل المسامات بين الجزء الصلب وتكون ٥٠% من حجم التربة وكما يلي:

هذه النسب تختلف من تربة إلى أخرى ومن وقت لآخر وهناك علاقة عكسية بين نسب الماء والهواء.

* **الترب المعدنية والترب العضوية** : أن نسبة المادة العضوية في الطبقات السطحية لمعظم الترب عادة ما تتراوح بين ١ - ٦% إلا أنه في مناطق الاهوار والمستنقعات والغابات حيث تكثر فيها النباتات وبسبب بطء تفسخ المادة العضوية عند أضافتها تتراكم وعندما تكون نسبتها الوزنية في ٣٠ سم العليا من التربة بين ٢٠ - ٣٠% تسمى التربة عضوية (قد تصل النسبة في بعض الأحيان ٩٥%) وعموماً فإن مساحات الترب العضوية قليلة مقارنة بالترب المعدنية.

التربة كجسم طبيعي:

تعرف التربة من وجهة نظر علماء التربة (Soil Pedologists) : جسم طبيعي ديناميكي متطور على سطح الأرض له ثلاث أبعاد (طول وعرض وعمق) تكونت صفاته من تأثير الطقس والمادة الحية النباتية والحيوانية على المادة الأم وتحت تأثير الانحدار لفترات طويلة من الزمن.

المادة الأم Parent material : هي مخلفات غير راسخة ناتجة عن تجوية الصخور في باطن الأرض تعمل على تطور ما يسمى مقد التربة.

مقد التربة Soil profile : مقطع عمودي في جسم التربة يشمل جميع الطبقات التي حصل لها تغيرات بيولوجية خلال عمليات تكون التربة.

أن الترب يمكن تقسيمها إلى ترب ناضجة وترب غير ناضجة:

١- الترب غير الناضجة Immature Soils :

تتعرض المادة الأم في مكانها أو بعد نقلها إلى أماكن أخرى (بواسطة المياه أو الثلوج أو الرياح أو التدحرج) إلى ظروف جوية تؤدي إلى انطلاق العناصر الغذائية التي تساعد على نمو النبات والتي بموتها تكون مواد عضوية أخرى تساعد على نمو نباتات أكثر وبالتالي تراكم مواد عضوية تساعد على نمو الأحياء الدقيقة المحللة للمواد العضوية وتستمر الحالة حتى تتكون طبقة سطحية غامقة تسمى الأفق A هذه الترب يكون لها أفقين فقط وتتميز بتراكم المادة العضوية في السطح وسرعة غسل المواد الغروية من أفق A أبطء من تراكمها وتكون صفات هذه الترب موروثية من المادة الأم كما في الشكل التالي:

يؤدي انحلال المادة العضوية في أفق A عند ملائمة الظروف إلى تكون حوامض عضوية تساعد على تحطم بعض المعادن وإطلاق بعض العناصر. وعند وجود ماء كاف تغسل هذه المواد إلى أسفل لتترسب تحت السطح وبذلك تتكون طبقة تحت الأفق A تحتوي على نسب من المواد الغروية والعناصر تزيد عن أفق A وتسمى هذه الطبقة بالأفق B ويسمى بالأفق الكاسب illuvial أما الأفق A فيسمى بالأفق السليب elluvial وتسمى الترب الحاوية على أفق A و B و C بالترب الناضجة كما في الشكل:

استغلال التربة والتطور الحضاري:

لقد كان استغلال الأراضي الزراعية بدائيا غير كفؤ يعتمد على تبوير نصف الأرض سنويا لأسباب عديدة منها ما يتعلق بملكية الأرض وخصوبة التربة ومستوى الماء الأرضي حيث أن ري الأرض باستمرار وبدون أسس مدروسة وعدم توفر مبالز يؤدي الى ارتفاع مستوى الماء الأرضي إلى السطح وبتبخر الماء يتراكم الملح على السطح. لذلك بدا الاهتمام بتهيئة الظروف الملائمة للزراعة الكثيفة بشق المبالز وتقنين استهلاك الماء والدورات الزراعية وتهيئة الأسمدة فضلا على إنتاج المحاصيل الزراعية باستخدام البيوت الزجاجية والبلاستيكية.

الفصل الثاني

نشوء وتطور الترب

تكون التربة Soil formation:

وهي عملية تحول المادة الأم إلى تربة بفعل عمليات تكوين التربة. أن عمليات تكوين التربة عديدة كالتجوية وتكوين المعادن الطينية وتراكم الدبال وحركة الايونات وترسيب الأملاح ويمكن وضعها في أربع مجاميع هي:

أ - الإضافة أو التراكم

ب - التحول

ج - النقل

د - الفقد

فمثلا تتميز الآفاق السطحية بتراكم المادة العضوية أما تحت السطحية فتتميز بتراكم المعادن الغروية كأطيان السيليكات واكاسيد الحديد والألمنيوم. وكمثال على التحول هو تحول النتروجين العضوي إلى معدني أو فقد الكربون من سطح التربة على هيئة CO_2 وقد تفقد العناصر الغذائية المعدنية من سطح التربة بغسلها إلى الطبقات السفلية. مما سبق سنتكون العديد من الآفاق تختلف مع العمق في اللون والنسجة وغيرها من الصفات.

آفاق التربة Soil horizons:

لقد ذكر سابقا بالإمكان تمييز ثلاث آفاق هي A و B و C

- **الأفق A** : هو الأقرب إلى السطح ويتميز بأعلى تراكم للمادة العضوية وأعلى تجوية وفقد للمعادن. وعندما يكون تراكم المادة العضوية أعلى من التجوية وفقد للمعادن يسمى أفق A_1 وعندما يكون تراكم المادة العضوية أقل من التجوية وفقد المعادن يسمى A_2 .

ملاحظة: في تربة الغابات تتراكم طبقة من المواد العضوية فوق سطح التربة تسمى أفق O.

- **الأفق B** : ويقع تحت الأفق A ويتصف بأقصى تراكم لأطيان السيلكا ويسمى أفقي A و B بالسولوم Solum ويعني التربة الحقيقية.
- **الأفق C** : ويقع تحت الأفق B ويتميز بأنه الأفق الذي يحصل فيه اقل التغيرات (في الترب الفتية غير الناضجة يقع أفق C مباشرة تحت أفق A) وفيما يلي

وصف مفصل لكل أفق من الآفاق الوراثة:

- O_1 : أفق عضوي يوجد على السطح يمكن تمييز الأجزاء النباتية الداخلة في تكوينه.
- O_2 : أفق عضوي يوجد تحت O_1 لا يمكن تمييز الأجزاء النباتية الداخلة في تكوينه.
- A_1 : أفق معدني يوجد على أو قرب سطح التربة تغلب عليه صفة تراكم المواد العضوية.
- A_2 : أفق معدني يوجد على أو قرب سطح التربة يتصف بفقد الطين أو الدبال أو كلاهما ويكون ذات لون فاتح ومحتوى قليل من الطين.
- A_3 : أفق معدني انتقالي له صفات الأفق A_2 و صفات الأفق B.
- B_1 : أفق معدني انتقالي له صفات الأفق B_2 تحته وافق A الواقع فوقه.
- B_2 : أفق معدني يتميز بتراكم المواد الدبالية وأطيان السيليكات واكاسيد الحديد والألمنيوم ويتميز

- هذا الأفق بوجود اختلاف في اللون والتركيب مقارنة بالآفاق المحيطة به.
- B₃** : أفق معدني انتقالي يحمل صفات الأفق **B₂** فوقه وصفات الأفق **C** تحته.
- C** : أفق معدني لا يشمل الصخور الأساسية مكافئاً للمادة الأم التي تكونت منها التربة يتأثر بدرجة قليلة بعوامل تكوين التربة.
- R** : الصخور الأساسية وهي الصخور الصلبة التي تكون أو لا تكون مصدراً للمادة الأم.

عوامل تكوين التربة:

أن عوامل تكوين التربة يمكن تمثيلها بالمعادلة التي اشتغل عليها وطورها العالم يني (Jenny) منذ عام ١٩٤١ وهي:

$$S = f (Cl, O, r, P, t)$$

فالتربة Soil هي دالة f (function) لكل من :

Cl (Climate): المناخ
O (Organisms): الأحياء
r (relief): الطبوغرافية
P (Parent material): المادة الأم
t (time): الزمن

أي أن التربة تتكون نتيجة لتأثيرات المناخ والأحياء والطبوغرافية على المادة الأم لفترة من الزمن. وفيما يلي وصف مختصر لعوامل تكوين التربة:

أولاً: الزمن (t) time

التربة هي نظام ديناميكي مستمر التغير وهذه التغيرات تكون بطيئة لا يمكن ملاحظتها بسهولة. وتتوقف الفترة الزمنية اللازمة لتطور عمق معين من التربة على المادة الأم والظروف الجوية والطبوغرافية والغطاء النباتي وفعاليات الأحياء الأخرى. بعض خواص التربة تتغير بفترات قصيرة نسبياً مثل تراكم المواد الذائبة وتبادل الأيونات أما تراكم الدبال فيستغرق عدة سنوات أما سلب أو كسب أطيان السليكات فيكون أكثر بظناً.

ثانياً: المادة الأم (P) Parent material

المادة الأم : هي المادة التي تتطور منها التربة وهي أنقاض معدنية أو مواد عضوية غير راسخة ناتجة عن عمليات التجوية الكيميائية للمواد العضوية والمعدنية.

ويمكن تصنيف المادة الأم إلى ثلاث مجاميع:

١- المادة الأم الماكثة : تنتج عن تجوية الصخور في موقعها وخواصها تعتمد على خواص الصخور التي تجوت منها. أن سرعة تكون المادة الأم الماكثة بطيئة وغالبا ما تكون المادة الأم والتربة المتكونة عليها قليلة السمك.

٢- المادة الأم المنقولة : ويمكن تصنيفها اعتماداً على واسطة نقلها إلى :

- أ- الترسبات من المياه الجارية
- ب- الترسبات البحرية
- ج- الترسبات الجليدية

د - الترسيبات الريحية

٣ - المادة الأم (الترسيبات) العضوية : تتراكم معظم المواد الأم العضوية في مياه المستنقعات والاهوار حيث النمو الكثيف للنباتات وتحلل بطيء للمادة العضوية وقد تحوي على نسبة من المادة المعدنية.

من صفات المادة الأم الأكثر تأثيرا في تطور التربة هي:

١- النسجة ٢- درجة التفتيد ٣- التكوين المعدني ٤- المسامية

أ- تأثير نسجة المادة الأم على غسل $CaCO_3$:

عندما تكون مادة الأم ناعمة النسجة فان سرعة غسل $CaCO_3$ منها تكون أبطء من

الخشنة النسجة بسبب سرعة الغسل للمواد الغذائية في النسجة الخشنة.

ب- تأثير نسجة المادة الأم على نسبة النتروجين والمادة العضوية:

حيث وجد أن نسبة النتروجين والمادة العضوية تزداد مع زيادة نعومة التربة بدورها تعتمد على نسجة المادة الأم والسبب أن نعومة النسجة تزيد من مسك الماء وتجهيز العناصر وبالتالي زيادة نمو النبات إضافة إلى قلة تحلل المادة العضوية لرداءة التهوية.

وعموما فان زيادة نعومة مادة الأم يقلل من غسل المواد في مقد التربة مما يؤدي إلى إن يكون السولوم (أفقي A و B) قليل العمق بينما يكون السولوم في مادة الأم الخشنة النسجة أكثر سمكا.

ثالثا: المناخ Climate

للمناخ تأثير مباشر في تطور التربة من خلال درجات الحرارة والأمطار وغير مباشر بتأثيره على الغطاء النباتي وفيما يلي بعض هذه التأثيرات:

أ- تأثير المناخ على الصفات الكيميائية:

في المناطق الرطبة (كثيرة الأمطار) يتم غسل نواتج التجوية من التربة السطحية بينما تتراكم هذه النواتج في الآفاق السطحية في المناطق القاحلة وبالتالي تكون التربة السطحية فيها غنية بالمواد القابلة للذوبان. أن العناصر المعدنية المتحررة من التجوية في المناطق القاحلة تتراكم في الطبقات السطحية حيث تكون ممسوكة على معقد التبادل الذي يصبح مشبعا بالعناصر القاعدية (الكالسيوم و المغنيسيوم و). أما المناطق الرطبة فيتم غسل هذه العناصر وبالتالي يصبح تفاعل هذه الترب حامضي بسبب حلول ايونات الهيدروجين محل هذه الايونات في معقد التبادل.

ب- تأثير المناخ على محتوى المادة العضوية والطين:

أن ارتفاع درجة حرارة الجو تؤدي إلى انخفاض نسبة المادة العضوية مع انخفاض محتوى التربة من النتروجين عند ثبوت كمية الأمطار. وعلى العكس من ذلك فان زيادة الأمطار مع ثبوت الحرارة تؤدي إلى زيادة النتروجين والمادة العضوية كما أن زيادة الحرارة تؤدي إلى زيادة التجوية وتكوين الطين وكذلك فان زيادة الرطوبة يزيد من التجوية وتكون الطين.

رابعاً: الأحياء Organisms:

- النباتات هي أهم الأحياء في تطور التربة من خلال:
- 1- حفظ التربة من وقع قطرات المطر التي تؤدي إلى تفتيت الكتل الترابية.
 - 2- تقلل من جريان الماء على السطح فتقلل التعرية.
 - 3- تزيد من الماء الغائض والماء خلال التربة.
 - 4- مصدر للمواد العضوية التي تساعد على عمليتي سلب وكسب الأطيان.
 - 5- حركة العناصر الغذائية بين أفقي A و B.

وبصورة عامة هناك نوعان من النباتات هما الأشجار والحشائش وهاتان المجموعتان تؤثران بصورة مختلفة على تطور التربة من خلال اختلاف كمية المادة العضوية المضافة واختلاف توزيع تلك المواد في المقعد. فقد وجد أن تربة الحشائش تحوي في مقدها ضعف المادة العضوية التي تحويها تربة الغابات عند تساوي الظروف الأخرى. وان تدرج المادة العضوية مع العمق كما في الشكل التالي حيث يظهر أن توزيع المادة العضوية يكون أكثر تدرجاً في تربة الحشائش والسبب أن المادة العضوية في تربة الغابات تأتي من تساقط الأوراق على السطح أما تربة الحشائش فإن المادة العضوية تأتي من جذور النباتات المتوزعة في المقعد.

خامساً: الطبوغرافية

- يؤثر شكل سطح الأرض على تطور التربة من خلال:
- 1- تأثيره على كمية الماء الغائضة أو الجارية على السطح.
 - 2- تأثيره على مقدار التعرية للتربة.
 - 3- تأثيره على كمية المادة المنقولة من منطقة إلى أخرى.

أن زيادة ميلان سطح الأرض يؤدي إلى سرعة إزالة التربة السطحية وبذلك يقل سمك السولوم كذلك فإن الطبوغرافية تؤثر بصورة غير مباشرة على تطور المقعد من خلال تأثيرها على نمو النبات الذي يتأثر بكمية الماء الجاهز وظروف البزل.

تسمى مجموعة الترب المتطورة من المادة الأم وتحت نفس الظروف مع اختلاف في الطبوغرافية فقط بالكاتينا Soil Catena.

الفصل الثالث

الخواص الفيزيائية للتربة

مقدمة:

للخواص الفيزيائية للتربة أهمية 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 إسناد الأسس والطرق ومدارج المطارات والعديد من الاستعمالات الأخرى.

أن معرفة خواص التربة الفيزيائية ومدى ملامتها لنمو النباتات ومدى إمكانية تحسينها لجعلها أكثر ملائمة لاستعمالات التربة المختلفة تكون من الأمور الواجبة على المشتغلين والمستثمرين في الزراعة معرفتها.

وسيتم التطرق في هذا الفصل إلى توزيع حجم الدقائق المختلفة في التربة أو ما يطلق عليه بنسجه التربة والى بناء التربة وكثافتها الظاهرية والحقيقية والى هواء وحرارة التربة ولون التربة. وتتداخل هذه الصفات مع ماء التربة الذي سيفرد له فصل خاص لأهميته.

نسجه التربة Soil Texture :

تعرف نسجه التربة بأنها التوزيع النسبي للأحجام المختلفة لمفصولات التربة والتي تشمل الرمل والطين والغرين. وتحدد نسجه التربة مدى نعومة وخشونة التربة. لنسجه التربة أهمية كبيرة حيث أنها تحدد المساحة السطحية النوعية للتربة التي تعتمد عليها الكثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة. يتم تحديد نسجه التربة أما عن طريق اللمس في الحقل أو عن طريق قياس نسب المفصولات في المختبر.

تحديد نسب مفصولات التربة:

أن نسجه التربة من الصفات الثابتة نسبيا لفترات طويلة من الزمن عند عدم حدوث تغييرات غير طبيعية (مثل التعرية أو نقل تربة جديدة). تسمى عملية فصل دقائق التربة عن بعضها في المختبر لغرض تقدير نسبتها بعملية تحليل حجوم الدقائق Particle size analysis.

هناك ثلاث أحجام لمفصولات التربة هي الرمل Sand والغرين Silt و الطين Clay وهناك عدة تصنيفات لأحجام هذه المفصولات منها النظام الأمريكي (نظام قسم الزراعة الأمريكي USDA) والنظام العالمي International System وكما مبين في الجدول الآتي:

قطر الدقائق (mm)

المفصولات	النظام العالمي International	النظام الأمريكي USDA
حصى	$2,000 <$	$2,000 <$
رمل الخشن جدا	-	$2,000 - 1,000$
رمل خشن	$2,000 - 0,2$	$1,000 - 0,500$
رمل متوسط	-	$0,500 - 0,100$
رمل ناعم	$0,200 - 0,02$	$0,100 - 0,05$
غرين	$0,02 - 0,002$	$0,05 - 0,002$
طين	$< 0,002$	$< 0,002$

يلاحظ من الجدول أعلاه أن هناك اختلافا في حدود الرمل والغرين بين النظامين ولكن الحد الأعلى للرمل أو للتربة بشكل عام يبلغ 2 ملم والطين اقل من 0,002 ملم.

أصناف نسجه التربة: هناك ثلاث مجاميع رئيسية تضم بمجموعها 12 صنف نسجه هي:

1 - مجموعة الترب الخشنة النسجة: وهي الترب الحاوية على 70% أو أكثر من وزنها رمل وتضم:

1 - رملية Sand

2 - رملية مزيجه Loamy sand

2 - مجموعة الترب المتوسطة النسجة: وتضم 7 أصناف وهي وسط بين الخشنة والناعمة النسجة وتضم:

1 - مزيجه رملية Sandy loam

2 - مزيجه Loamy

3 - مزيجه غرينية Silty loam

4 - غرينية Silty

5 - مزيجه طينية رملية Sandy clay loam

6 - مزيجه طينية Clay loam

7 - مزيجه طينية غرينية Silty clay loam

٣ - مجموعة الترب الناعمة النسجة: وهي الترب الحاوية على ٤٠% أو أكثر من وزنها طين وتضم ثلاث أصناف هي:

١ - طينية رملية Sandy clay

٢ - طينية غرينية Silty clay

٣ - طينية Clay

أهمية صنف النسجة في تحديد خواص الترب:

صنف النسجة يحدد العديد من الخواص مثل المساحة السطحية للتربة التي يتوقف عليها الكثير من الصفات مثل : ١- قابلية التربة على مسك الماء ٢- نفاذية الماء والهواء ٣- تبادل الايونات والخصوبة والإنتاجية. ويجب الإشارة إلى أن نوع الطين يؤثر على الصفات المذكورة بسبب الاختلاف في التكوين الكيميائي والخواص الفيزيائية والمساحة السطحية بين الأطيان. فمثلاً أن طين المونتمولونايت يؤثر بدرجة أكبر على صفات التربة من طين الكاؤلينايت أو المايكا.

مقد النسجة: يتكون هذا المقد عن طريق غسل بعض الأطيان من الآفاق السطحية وترسيبها في الطبقات السفلى (الأفق B) فعندما يزيد الطين في الأفق B عن ٢٠% يسمى أفق طيني (Argillic horizon) وهذا الأفق له تأثير سلبي على تغلغل الجذور والتهوية.

بناء التربة (تركيب التربة) Soil structure:

يعرف بناء التربة بأنه : انتظام دقائق التربة الأولية ومجاميعها في نظام معين. أن انتظام هذه الدقائق والمجاميع سيؤدي إلى اختلاف في أحجام وأشكال وانتظام المسامات البينية وهذه بدورها تؤثر على قابلية التربة في مسك الماء وحركة الماء والهواء والكثافة الظاهرية وحرارة التربة وفعالية الأحياء الدقيقة وتغلغل الجذور وخصوبة التربة.

تصنيف بناء التربة:

هناك عدد من التصنيفات التي تعتمد على شكل التجمعات وحجمها ووضوحها أو ثباتها والتصنيف الأمريكي هو الأكثر اعتماداً والذي يأخذ بنظر الاعتبار النقاط الثلاث التالية:

١ - نوع البناء (type) الذي يعتمد على شكل وانتظام التجمعات أو الكتل التركيبية مثل:

٢ - صنف البناء (Class) يعتمد على حجم الكتل التركيبية وهي:

أ - ناعم جداً اقل من ١ ملم very fine

ب - ناعم ١ - ٢ ملم fine

- ج - متوسط ٢ - ٥ ملم moderate
د - خشن ٥ - ١٠ ملم coarse
هـ - خشن جدا أكثر من ١٠ ملم very coarse

٣ - درجة البناء (Grade) يعتمد على متانة الكتل التركيبية ومقاومتها للتكسر مثل:

- أ - عديم التركيب Structure less
ب - ضعيف Weak
ج - متوسط Moderate
د - قوي Strong

تكوين مجاميع التربة: أن تكوين مجاميع التربة تعتمد على عمليتين هما التخرن والتجمع ومن الضروري معرفة الفرق بينهما فالتخرن ناتج عن قوى كهرو - كايونتيكية أو قوى كهرو - ستاتيكية. أما التجمع فيحتاج إلى مادة لمسك الدقائق الأولية المتخرنة بشدة مع بعضها وعدم انفصالها في الماء.

العوامل المؤثرة على تكوين بناء التربة (مجاميع التربة): هناك عدة عوامل تؤثر في تكوين مجاميع التربة Soil aggregate بصورة مباشرة أو غير مباشرة ومن هذه العوامل هي :

أ - المواد العضوية ومخلفات الأحياء الدقيقة: فزيادة المادة العضوية تحسن بناء التربة وتزيد من ثباتية المجاميع كما أن للطين الغروي تأثير ايجابي في تكوين مجاميع التربة. كما تؤثر الأحياء الدقيقة من خلال تحللها للمواد العضوية حيث ينتج عن ذلك سكريات متعددة وأحماض دبالية واصماغ وشموع ودهون هذه المركبات تزيد من ثباتية مجاميع التربة في الماء.

ب - الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل: أن ايونات الكالسيوم و بدرجة اقل المغنيسيوم و البوتاسيوم على معقد التبادل يؤدي إلى تخرن معلقات الطين في الماء. أما الصوديوم فإنه يعمل على تشتت معلقات الطين.

ج - العوامل الميكانيكية المؤثرة على التجمع: ومن هذه العوامل هي:

١ - الترطيب والجفاف والتمدد والتقلص.

٢ - جذور النباتات وفعاليات حيوانات التربة.

٣ - الانجماد والذوبان.

٤ - العمليات الزراعية.

تؤثر هذه العوامل من خلال تسليط نوع من الضغط على التربة يؤدي الى تقارب الدقائق مع بعضها البعض وعند وجود عامل ربط مثل المادة العضوية فأن ذلك سيؤدي الى تكوين مجاميع التربة.

تأثير بناء التربة في نمو النبات :

يؤثر بناء التربة في نمو النبات وانتشار الجذور داخل التربة أما بصورة مباشرة أو بصورة

غير مباشرة:

- ١- التأثير المباشر : يكون من خلال المقاومة الميكانيكية التي تبديها التربة لبزوغ البادرات وتغلغل الجذور فعندما تكون قشرة سطحية متماسكة فلاشك أنها تؤثر على بزوغ البارات كما كلما كانت التربة مدكوكة أي ذات كثافة ظاهرية عالية أدت إلى قلة تغلغل الجذور.
- ٢- التأثير غير المباشر: ويكون من خلال تغيير المسامية الكلية للتربة وهذا التغيير يؤثر على علاقات الماء والهواء في التربة وهذا يؤثر بدوره على جاهزية الماء للنبات وعلى تهوية التربة ونمو النبات. وقد لوحظ بان دك التربة يؤثر بالدرجة الرئيسية على المسامات الكبيرة ومن ثم المسامات الصغيرة.

أهمية التربة وأهميتها في تحسين بناء التربة:

أن الغرض الرئيسي من تحسين بناء التربة هو تهيئة الظروف الملائمة لنمو الجذور وامتصاصها للعناصر الغذائية والماء. ويتم ذلك من خلال إدارة التربة لتحسين خواص التربة بإضافة المادة العضوية وتحسين البناء والتهوية وإدارة المياه بشكل جيد يتناسب مع طبيعة التربة. إضافة إلى استعمال الدورات الزراعية الحاوية على محاصيل بقولية التي تساهم بشكل كبير في تحسين خواص التربة. والتقليل من استعمال الآلات الثقيلة التي تؤثر في دك التربة.

كثافة التربة Soil density

الكثافة الحقيقية للتربة Particle density (ρ_p):

تعرف على أنها كتلة وحدة الحجم لدقائق التربة الصلبة. تتراوح قيمتها في الترب المعدنية ٢,٥٥ - ٢,٧٥ غم/سم^٣ ويلاحظ أن معظم الترب المعدنية متقاربة في كثافتها الحقيقية ويعود السبب في ذلك إلى أن معادن الكوارتز والفلدسبار ومعادن السيليكات المكونة للجزء الأكبر من الترب المعدنية تكون متقاربة بالكثافة إلى المدى المذكور أعلاه. من العوامل المؤثرة على قيمة الكثافة الحقيقية هي:

- أ - زيادة نسبة بعض المعادن الثقيلة في التربة فان الكثافة الحقيقية قد تزيد على ٢,٧٥ غم/سم^٣
 - ب - زيادة المادة العضوية تقلل من الكثافة الحقيقية بسبب قلة وزن المادة العضوية.
- لذا فان قيمة الكثافة الحقيقية للترب السطحية تكون عموما اقل من الطبقات السفلى وذلك لزيادة نسبة المادة العضوية في السطح.

الكثافة الظاهرية للتربة Bulk density (ρ_b):

هي كتلة وحدة الحجم للتربة الجافة والحجم هنا يشمل كل من المادة الصلبة والمسامات. تتراوح قيمتها في معظم الترب بين ٠,٨ - ١,٩ غم/سم^٣. ومن العوامل المؤثرة في قيمة الكثافة الظاهرية:

- أ - نسجه التربة : في الترب الناعمة النسجة تكون الكثافة الظاهرية اقل من الترب الخشنة النسجة وذلك إلى تطور أفضل لبناء التربة مقارنة بالتربة الخشنة النسجة.

ب - المادة العضوية : تكون الكثافة الظاهرية للترب العضوية منخفضة جدا مقارنة بالترب المعدنية وسبب ذلك هو انخفاض كتلة الدقائق العضوية مقارنة بالدقائق المعدنية فضلا عن تطور البناء وزيادة المسامية في الترب العضوية.

ج - زراعة التربة باستمرار بدون حرارتها واستعمال الآلات الثقيلة يؤدي إلى ذلك التربة وزيادة الكثافة الظاهرية.

المسامية وتوزيع حجوم الدقائق:

المسامية تعني ذلك الجزء من حجم التربة المملوء بالماء والهواء. وتعتمد المسامية على طريقة انتظام دقائق التربة ومجاميعها مع بعضها فكلما اقتربت الدقائق مع بعضها كما في الترب الرملية أو الترب المدكوكة فان المسامية ستكون منخفضة. ويمكن حسابها من القانون التالي:

الكثافة الظاهرية

$$\text{المسامية (E)} = [1 - \text{-----}] \times 100$$

الكثافة الحقيقية

ولما كانت الكثافة الحقيقية للتربة ثابتة تقريبا لذا فان المسامية تتناسب عكسيا مع الكثافة الظاهرية.

عندما تكون حجوم المسامات صغيرة (كما في الترب الطينية) فان ذلك يؤدي إلى انخفاض في قابلية التربة على التهوية وتوصيل الماء وعندما تكون حجوم المسامات كبيرة (كما في الترب الرملية) فان ذلك يؤدي إلى سرعة حركة الماء إلى الأسفل وقلة قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء على الرغم من أن مجموع المسامات في الأولى اكبر من الثانية.

العلاقة بين نسجه التربة والكثافة الظاهرية:

في الترب الخشنة (الرملية) يكون حجم المسام فيها كبيرة لكون حجوم الدقائق الرمل كبيرة أيا أن المجموع الكلي للمسام واطئ لذا تكون الكثافة الظاهرية عالية أما الترب الناعمة (الطينية) تكون المسام فيه صغيرة الحجم لكن المجموع الكلي للمسام يكون اكبر لذا تكون الكثافة الظاهرية تكون اقل.

هواء التربة Soil air:

تعرف تهوية التربة بأنها تبادل غاز ثاني اوكسيد الكربون وغاز الأوكسجين بين هواء التربة والهواء الجوي. إذ انه نتيجة لفاعليات أحياء التربة وتنفس جذور النباتات يستهلك الأوكسجين في هواء التربة ويتحرر ثاني اوكسيد الكربون مما يسبب انخفاض نسبة الأوكسجين وارتفاع نسبة ثاني اوكسيد الكربون في هواء التربة مقارنة بنسبهما في الهواء الجوي وتهوية التربة تعني أحلال الأوكسجين من الهواء الجوي محل ثاني اوكسيد الكربون في هواء التربة.

أن نقص تهوية التربة (قلة الأوكسجين) يؤدي إلى خفض نمو الجذور وامتصاص الماء والمغذيات وبالتالي خفض النمو والإنتاجية وكذلك يؤثر على فعالية الأحياء الدقيقة فتقل سرعة تحلل المادة العضوية وكذلك يؤدي نقص الأوكسجين إلى اختزال بعض العناصر مثل الحديد والمنغنيز مما يؤدي إلى زيادة ذوبانيتها إلى نسب تصل إلى السمية للنبات.

مكونات هواء التربة: يتكون هواء التربة من:

الأوكسجين: ضروري لتنفس الجذور وفعالية أحياء التربة المجهرية.
ثاني اوكسيد الكربون: يساعد على إذابة بعض مركبات التربة من خلال تكوين حامض الكربونيك وتجهيز العناصر الغذائية.
النتروجين : يثبت في التربة بواسطة أحياء التربة التعايشية واللاتعايشية.
بخار الماء: المحافظة على جذور النباتات وأحياء التربة من الجفاف.
أن نسبة النتروجين في هواء التربة هو ٧٩% وهو مساوي لنسبته في الهواء الجوي أما محتوى O_2 و CO_2 فهو في تغير مستمر وزيادة احدهما يكون على حساب الآخر. وإذا كانت التهوية طبيعية فان نسبتهما تكون ٢١% للأوكسجين و ٠,٠٣% لثاني اوكسيد الكربون وهي مساوية لنسبتهما في الهواء الجوي.

أن تغير نسبة الأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون في هواء التربة يعتمد على :

- ١- سرعة استهلاك الأوكسجين وتحرر ثاني اوكسيد الكربون.
- ٢- سرعة التبادل الغازي بين هواء التربة والهواء الجوي والذي يعتمد على مسامية التربة.
- ٣- سرعة ذوبان هذين الغازين في محلول التربة.

التبادل الغازي في التربة:

في أعماق التربة تكون نسبة CO_2 مرتفعة مقارنة بالآفاق السطحية مما يدل على أن تبادل الغازات بين الجزء السطحي من التربة والهواء تجري بسرعة اكبر.
يتم تبادل الغازات بين هواء التربة والهواء الجوي من خلال :
١- الانتشار : وهو الانتقال من التركيز العالي إلى التركيز الواطئ.
٢- التدفق الكتلي: يحصل بسبب تغيرات في الضغط الجوي ودرجة الحرارة أو تأثير الرياح.
والتهوية المتسببة عن التدفق الكتلي قليلة مقارنة بالانتشار.

أن من أهم العوامل المؤثرة على محتوى التربة من الهواء هي:

- ١- نسجه التربة: فكلما زاد نسبة الطين قلت نسبة الهواء في التربة.
- ٢- بناء التربة: بزيادة الكثافة الظاهرية تقل نسبة الهواء في التربة.
- ٣- المحتوى الرطوبي: زيادة المحتوى الرطوبي تقل نسبة الهواء في التربة.

تأثير تهوية التربة على نمو النبات:

لأجل تنفس جذور النباتات لابد من وجود تجهيز مستمر للأوكسجين وتزداد الحاجة للأوكسجين مع زيادة عدد الجذور والأوكسجين يساعد الجذور على امتصاص الماء والعناصر الغذائية فالنبات يتعرض للذبول عند نقص الأوكسجين لفترة طويلة. وعموما تختلف النباتات في احتياجها للأوكسجين ووجد أن الكثير من المحاصيل تتأثر عندما تقل النسبة الحجمية للأوكسجين في التربة عن ١٠%.

مشاكل التهوية: أن مشاكل تهوية التربة تنشأ بسبب:

- ١ - الموقع الفيزيوجرافي: فعندما يقع حقل ما في منطقة منخفضة مجاورة لمصدر ماء (مثل ترب الأحواض) فإن التربة تكون غدقة بصفة مستمرة والمسامات مشغولة بالماء.
- ٢ - ارتفاع قابلية التربة على مسك الماء: فالترب الحاوية على نسبة عالية من الطين لاسيما طين المونتموريللوناييت فإن ذلك يزيد من قابلية التربة على مسك الماء مما يزيد من مشاكل التهوية أما في الترب الخشنة النسجة فلا توجد فيها مشاكل للتهوية.
- ٣ - عمق التربة: عموماً تهوية التربة تكون جيدة في السطح مقارنة بالأعماق وهناك علاقة عكسية بين العمق والتهوية وعندما يكون مقد التربة متجانساً من حيث النسجة والتركيب فإن العلاقة بين محتوى الأوكسجين في هواء التربة والعمق تكون علاقة عكسية خطية.

حرارة التربة Soil temperature

تؤثر حرارة التربة في نمو النباتات والأحياء الدقيقة وارتفاع درجة حرارة التربة يزيد فعالية الأحياء الدقيقة ويزداد تحلل المادة العضوية وبالعكس إذا انخفضت الحرارة تتراكم المواد العضوية. تؤثر حرارة التربة على إنبات البذور ونمو جنور النبات وهناك حرارة مثلى لإنبات ونمو كل نبات. ويكون الإنبات أبطئ في الترب الباردة كذلك فإن نمو الجذور يتأثر بالحرارة فكلما ابتعدت درجة الحرارة عن الحرارة المثلى قل امتصاص الماء والعناصر من قبل الجذور.

أن معظم النباتات يبدأ نموها عند درجة ٤ م^٠ وعند زيادة الحرارة يزداد النمو إلى أن تصل ٢٠ - ٣٥ م^٠ ثم ينخفض الإنتاج بعدها. أن درجة حرارة التربة تتأثر بعدد من العوامل هي:

- ١ - كثافة التربة الظاهرية ٢ - مسامية التربة ٣ - لون التربة ٤ - قابلية التربة على مسك الماء ٥ - درجة حرارة الجو وسطوع الشمس وسرعة الرياح والأمطار ٦ - وجود الغطاء النباتي.

أن بالإمكان تغيير حرارة التربة من خلال تحديد كمية الأشعة الواصلة من خلال الغطاء النباتي أو وضع مغطيات كذلك من خلال تغيير نسبة الرطوبة والمادة العضوية وكثافة التربة.

تغيرات درجة حرارة التربة : تتغير حرارة التربة من خلال:

١ - التغيرات اليومية: وتكون هذه التغيرات في حرارة التربة بين الليل والنهار وان نسبة الرطوبة الجيدة والغطاء النباتي تقلل من هذه التغيرات.

٢ - التغيرات الفصلية : وتكون هذه التغيرات خلال الفصول الأربعة وتصل إلى أعماق كبيرة وتزداد هذه التغيرات في المناخ القاري ويعمل الغطاء النباتي على تقليل هذه التغيرات.

السعة الحرارية للتربة : تعتمد السعة الحرارية للتربة على الحرارة النوعية والتي تعتمد على المكونات العضوية والمعدنية ونسبة الرطوبة والمسامية. وتعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء من ١٥ إلى ١٦ م^٠. تبلغ السعة الحرارية للماء ١ سعره/غرام وان السعة الحرارية لمعظم المواد تكون اقل من السعة الحرارية للماء.

لون التربة Soil Color

تكون التربة ذات ألوان مختلفة فمنها الأبيض والأحمر والأصفر والأسود. وعموماً فإن التربة الغامقة اللون غالباً ما تكون عالية الإنتاج بسبب زيادة المادة العضوية وقابلية مسك الماء والعكس من ذلك التربة الفاتحة اللون تكون منخفضة الإنتاجية بسبب انخفاض المادة العضوية وغسل العناصر الغذائية.

العوامل المؤثرة على لون التربة: يتأثر لون التربة بما يأتي:

١- نوع المعادن

٢- حالة التأكسد والاختزال لتلك المعادن

٣- محتوى التربة من المادة العضوية

٤- نسبة الرطوبة في التربة

فمثلاً: المعادن الموجودة بكميات عالية في التربة تعطي التربة لون فاتح.

زيادة المادة العضوية في التربة يكون لون التربة بنياً لو رمادي داكن.

زيادة معادن الحديد يصبح لون التربة محمراً.

وجود الأملاح غير المتميئة في التربة ذات لون فاتح.

وجود الأملاح المتميئة (مثل $MgCl_2$) تصبح ذات لون غامق.

وجود كربونات الصوديوم تظهر التربة بلون اسود.

تعيين لون التربة: يوصف لون التربة بخواص الضوء الثلاثة الأساسية التالية:

١ - hue : يمثل طول الموجة الضوئية السائدة.

٢ - Value : يمثل مجموع كمية الضوء حيث يزداد هذه الكمية من اللون الغامق إلى

الفاتح.

٣ - Chroma : يمثل النقاوة النسبية للموجة الضوئية السائدة.

وقد وضع العالم منسل Munsell كتاب لغرض وصف لون التربة يعبر عن اللون بالأرقام والأحرف.

الفصل الرابع

ماء التربة

كما ذكر سابقا فان التربة تتكون من مواد صلبة ومسامات وتكون المسامات مملوءة بالماء والهواء. وزيادة نسبة احدهما يكون على حساب الآخر فعندما تكون التربة مشبعة بالماء تكون كل المسامات مشغولة بالماء.

وبشكل عام فان الصفات المائية للتربة تعتمد بدرجة كبيرة على صفات التربة الفيزيائية لاسيما النسجة والبناء فضلا عن المكونات الكيميائية للمعادن والمادة المتدبلة (العضوية) ولذا سيتم التطرق إلى المحتوى الرطوبي في التربة والمدلولات والمفاهيم المختلفة للمحتوى الرطوبي والقوى التي تمسك بها الماء وكيفية تقسيم الماء من الناحية الفيزيائية والبايولوجية ومن ثم كيفية حساب المحتوى الرطوبي للتربة.

يمكن أن تمر الرطوبة في التربة بالحالات الرطوبة الرئيسية التالية:

١ - القابلية العظمى على مسك الماء Maximum retentive capacity

عند الاستمرار بإضافة الماء إلى التربة بالسقي أو هطول الأمطار فان الماء سوف يتغلغل بين دقائق التربة طاردا الهواء إلى أن تمتلئ جميع المسامات بالماء عندئذ تصبح التربة مشبعة وماسكة لأكبر كمية من الماء (نسبة التشبع).

٢ - السعة الحقلية Field capacity

عند إيقاف إضافة الماء للتربة بعد التشبع وتغطية السطح فان جزء من الماء ينزل إلى الأسفل سريعا في البداية بفعل الجذب الأرضي وبعد يوم أو يومين تنخفض سرعة نزول الماء وتكون الرطوبة في التربة عندئذ عند السعة الحقلية. وفيها تكون معظم المسامات الكبيرة مشغولة بالهواء ومعظم المسامات الصغيرة مشغولة بالماء.

٣ - نقطة الذبول الدائم Permanent wilting point

عند وجود نباتات نامية في التربة فان النباتات تمتص الماء ويفقد معظمه عن طريق النتح إضافة إلى فقد قسم من الماء بالتبخر من السطح. ومع استمرار نقص الماء من التربة يصبح معدل التبخر من النبات يزيد على معدل امتصاص الماء من التربة عندئذ يذبل النبات وهنا الذبول يكون في البداية خلال ساعات النهار الحارة حيث يستعيد النبات نشاطه خلال الليل. ولكن مع استمرار النقص سيبقى النبات في حالة ذبول دائم ليلا ونهارا ويموت ما لم يضاف الماء. حالة الرطوبة هذه تسمى نقطة الذبول الدائم ويكون الماء فيها في المسامات الدقيقة جدا وحول دقائق التربة.

٤ - المعامل الهايكروسكوبي Hygroscopic coefficient

مع استمرار فقد الماء بالتبخر سيبقى فقط بعض الماء المحيط بالدقائق الغروية الصغيرة ويكون ممسوك بقوة شد عالية وحركته بشكل بخار ماء.

طاقة ماء التربة:

هناك عاملان يؤثران على مسك الماء في التربة وحركته داخل المسامات وهما:

١ - قوة التلاصق **Adhesion** بين جزيئات الماء ودقائق التربة.

أن الشحنة السالبة لدقائق التربة (لأسيما الطين) تجذب جزيئات الماء المستقطبة (بالتحديد الجزء الموجب في جزيئات الماء).

٢ - قوة التماسك **Cohesion** بين جزيئات الماء ذاتها. حيث ترتبط جزيئات الماء مع بعضها بأواصر هيدروجينية.

الماء في التربة يمسك بطاقة معينة وتختلف هذه الطاقة حسب الموقع أو البعد عن سطوح الدقائق الصلبة وكلما اقتربنا من الدقائق تكون قوة الربط أقوى أو بطاقة عالية وتقل كلما ابتعدنا حتى نصل إلى أن تكون الطاقة صفرا وهنا يتحرك الماء بفعل الجاذبية. وحدات قياس طاقة ماء التربة: يمكن قياس طاقة ماء التربة بوحدات :

١ - الشغل **Work** :

يستخرج الشغل (**W**) من حاصل ضرب القوة (**F**) في الإزاحة (**h**). أما الطاقة (**E**) فهي القابلية على القيام بشغل أي

$$E = W = F * h$$

$$E = W = mgh$$

حيث أن **m**: هي كتلة الماء و **g**: التعجيل الأرضي
لذا فان وحدات الطاقة هي أرك أو داين سم.

٢ - الجهد **Potential**

الجهد هو كمية الشغل المنجزة على وحدة الكتلة. ويقسمه طاقة الماء في التربة في نقطة معينة على كتلة الماء نحصل على جهد الماء (ψ) في تلك النقطة ويكون الجهد سالبا فوق مستوى الماء الأرضي وموجب تحت مستوى الماء الأرضي ووحداته سم^٢/ثا^٢

$$mgh$$

$$\psi = - \frac{mgh}{m} = - gh$$

٣ - الضغط **Pressure**

يمكن الاستدلال على طاقة ماء التربة في نقطة ما من معرفة مقدار الضغط الذي يسلمه الماء على تلك النقطة. وقد يكون ضغط الماء اكبر من الضغط الجوي فيكون موجب أو تحت مستوى الضغط الجوي فيكون سالب. وبما أن الضغط هو القوة على وحدة المساحة لذا فان ضغط الماء : (**P**)

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{V\rho g}{A} = \frac{Ah\rho g}{A} = \rho gh$$

حيث أن V : حجم عمود الماء

A : مساحة مقطع عمود الماء

ويُقاس الضغط P بالداين /سم²

٤ - ارتفاع عمود ماء التربة

يمكن الاستدلال على قيمة طاقة ماء التربة عن طريق قياس طول عمود الماء في تلك النقطة. وعندما يكون مستوى الماء الحر أعلى من النقطة التي يراد قياس طاقة الماء فيها فإن h تكون موجبة وإذا مستوى الماء تحت النقطة فإن قيمة h تكون سالبة.

٥ - الضغط الجوي والبار

بما أن الضغط الجوي يكافئ ١٠٣٤ سم عمود ماء والبار Bar يكافئ ١٠٢١ سم عمود ماء فالضغط الجوي يساوي تقريبا البار. ولما كان بالإمكان قياس طاقة الماء بوحدات طول عمود من الماء لذا بالإمكان استعمال الضغط الجوي أو البار كوحدة قياس طاقة ماء التربة.

العلاقة بين الشد الرطوبي ونسبة الرطوبة:

يلاحظ أن الشد الرطوبي (قوة المسك) تنخفض كلما ابتعدنا عن سطح الدقائق إلى أن يصل إلى صفر في التربة المشبعة. وعند قياس الشد عند نسب رطوبة مختلفة نحصل على ما يسمى بمنحنى الشد الرطوبي (منحنى الوصف لـ رطوبي) ويكون لكل تربة منحنى خاص بها ومن هذا المنحنى نستطيع وصف وتحديد طبيعة العلاقة وحدود السعة الحقلية ونقطة الذبول والماء الجاهز. وفيما يلي منحنيات شد رطوبي لترب مختلفة النسجه.

حيث يظهر من الشكل أدناه أن نسجه التربة تؤثر على مقدار الرطوبة الممسوكة فالتربة الناعمة النسجه (طينية غرينية) تمسك رطوبة أعلى مقارنة بالتربة الخشنة النسجه (المزيجية الرملية) عند نفس الشد الرطوبي والسبب هو:

- أ - لاحتواء التربة الناعمة النسجه على نسبة أعلى من الطين ذات المساحة السطحية العالية.
- ب - لاحتواء التربة الناعمة على نسبة أعلى من المسامات البينية.

تصنيف ماء التربة: هناك تصنيفان لماء التربة هما:

- ١ - التصنيف الفيزيائي لماء التربة : ويصنف ماء التربة إلى ثلاثة أصناف هي:
 - أ - ماء الاجتذاب : ويسمى الماء الحر أو ماء البزل ويتحرك تحت تأثير الجذب الأرضي إلى المبازل ويتواجد في مسامات التربة الكبيرة.

ب - الماء الشعري : وهو الماء الممسوك بواسطة قوى الشد السطحي بشكل أغشية مائية حول الدقائق في المسامات الصغيرة ويتراوح الشد الرطوبي الممسوك به بين السعة الحقلية والمعامل الهايكروسكوبي ويسمى محلول التربة.

ج - الماء الهايكروسكوبي : وهو الماء الممسوك بشد عالي إلى سطوح دقائق التربة ويتحرك بشكل بخار ماء.

٢ - التصنيف البايولوجي لماء التربة: ويصنف ماء التربة إلى ثلاث أصناف هي :

أ - ماء الاجتذاب : وهو الماء الزائد الذي ينزل تحت ظروف البزل الطبيعية ولا يستفيد منه النبات بدرجة كبيرة.

ب - الماء الجاهز : وهو الماء الممسوك بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ويسمى محلول التربة ويعتمد عليه النبات في نموه. كمية الماء الجاهز تعتمد على نسجه وتركيب التربة ويفضل إضافة الماء عند استنزاف ٧٥% من الماء الجاهز.

ج - الماء غير الجاهز : ويشمل جميع الماء الممسوك بشد اكبر من نقطة الذبول ولا يستطيع النبات امتصاصه والاستفادة منه.

وفيما يلي مخطط يمثل تصنيف ماء التربة بايولوجيا:

ماء الجذب الأرضي	الماء الجاهز	الماء غير الجاهز
------------------	--------------	------------------

العوامل المؤثرة في جاهزية الماء للنبات : أن من أهم العوامل المؤثرة في جاهزية الماء هي:

أ - قابلية التربة على مسك الماء: ويعتمد ذلك على:

١- نسبة الطين ٢- نسبة المادة العضوية ٣- نسبة المسامات البينية ٤- توزيع أحجام المسامات ٥- نوع المعادن الطينية

ب- عمق المنطق الجذرية: مع زيادة العمق تزداد كمية الماء الجاهز للنبات وبالعكس مع التربة الضحلة ويظهر التأثير واضحا مع النباتات ذات النظام الجذري المتعمق. كما أن وجود طبقات مختلفة النسجه أو التركيب في مقد التربة يؤثر في حركة الماء إلى الأسفل وإلى الجذور إضافة إلى تأثير تغلغل جذور النباتات بوجود طبقات صلدة عالية الكثافة.

ج- ملوحة التربة : للأملاح تأثير على جاهزية الماء بسبب تأثيرها على زيادة الشد الرطوبي ويسمى ذلك بالشد الازموزي فيقل الماء الجاهز بزيادة الملوحة.

حركة الماء في التربة : أن حركة الماء في التربة تتأثر بقوى عدة أهمها:

١ - الجذب الأرضي وفيها يتحرك الماء إلى الأسفل بفعل الجذب الأرضي.

٢ - ضغط ماء التربة: وفيها يتحرك الماء بسبب الاختلاف في ضغط الماء بين نقطة وأخرى. أحيانا يكون ضغط الماء أعلى من الضغط الجوي وتكون قيمته موجبة أو يكون أوطأ من الضغط

الجوي وبالتالي فان قيمته سالبة. هذه الحركة قد تكون في كل الاتجاهات (أعلى أو أسفل أو الجانب).

كيف يتحرك الماء في التربة:

يتحرك الماء في التربة بسبب الاختلاف في طاقة الماء بين نقطتين ويستعمل قانون دارسي لتحديد كمية الماء المتحركة خلال وحدة المساحة في وحدة الزمن وهو:

$$Q = -k \frac{dO}{dx}$$

حيث أن : q = جريان الماء x = المسافة بين النقطتين

O = الجهد k = قابلية التوصيل المائي

أن العلاقة أعلاه سالبة لان حركة الماء من الجهد العالي إلى الواطئ.

عندما تكون التربة مشبعة بالماء فان قيمة k تكون ثابتة أما عندما تكون التربة غير مشبعة وبسبب وجود الهواء في بعض مساماتها الذي يعيق توصيل الماء فان قيمة k تكون اقل من قيمتها للترب المشبعة.

تقدير المحتوى الرطوبي في التربة: يتم تمثيل الرطوبة بعدة أشكال هي:

١ - على أساس الوزن الجاف للتربة (P_w)

وزن الماء

$$\% \text{ للرطوبة على أساس الوزن الجاف } (P_w) = \frac{\text{وزن الماء}}{\text{وزن التربة الجافة بالفرن}} \times 100$$

وزن التربة الجافة بالفرن

٢ - على أساس الوزن الرطب للتربة (P_{ww})

وزن الماء

$$\% \text{ للرطوبة على أساس الوزن الرطب للتربة } (P_{ww}) = \frac{\text{وزن الماء}}{\text{وزن التربة الجافة بالفرن} + \text{وزن الماء}} \times 100$$

وزن التربة الجافة بالفرن + وزن الماء

ويمكن تحويل P_w إلى P_{ww} وبالعكس من القانون التالي:

P_{ww}

$$P_w = \frac{P_{ww}}{100 - P_{ww}} \times 100$$

$100 - P_{ww}$

٣ - على أساس الحجم (P_v):

حجم الماء

$$\frac{\text{حجم الماء}}{\text{الحجم الكلي للتربة}} = P_v$$

الحجم الكلي للتربة

أو بطريقة أخرى:

الكثافة الظاهرية للتربة

$$P_v = \text{نسبة الرطوبة على أساس الوزن الجاف } X \frac{\text{الكثافة الظاهرية للتربة}}{\text{الكثافة الحقيقية للماء}}$$

كثافة الماء

من نسبة الرطوبة الحجمية (Pv) يمكن حساب عمق الماء (d) الموجود في عمق معين من التربة (D) من القانون التالي:

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

حيث أن d = عمق الماء = D = عمق التربة

مثال: احسب عمق الماء الموجود في تربة لعمق ٩٠ سم إذا كانت قيمة Pv تساوي ٤٨,٣%.

$$d = \frac{Pv \times D}{100} = \frac{(48.3 \times 90)}{100} = 43.4 \text{ cm.}$$

الفصل الخامس

الغرويات وخواص التربة الكيميائية

مقدمة:

أن لأحجام الدقائق أهمية كبيرة 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. فالمساحة السطحية النوعية لدقائق الطين تزيد أكثر من ١٠٠٠ مرة على المساحة السطحية النوعية للرمال الخشن. ويستعمل تعبير غروي للدلالة على الدقائق التي تكون أقطارها اقل من ١ مايكرون (١ مايكرون = ١٠^{-٤} سم). تنقسم الغرويات إلى معدنية وعضوية.

الغرويات المعدنية:

يتكون الجزء الأعظم من دقائق التربة الغروية من المعادن الطينية وهناك مجموعتان مختلفتان من المعادن الطينية وهي:

١ - مجموعة أطيان السيليكات التي تتواجد في ترب المناطق المعتدلة والمهمة زراعيًا في أنحاء العالم.

٢ - مجموعة الاكاسيد المتميئة للحديد والألمنيوم التي تكثر في ترب المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية وتسمى مجموعة الأطيان غير السليكاتية.

ولأهمية الأطيان السليكاتية وانتشارها في مناخات وترب مختلفة ومنها ترب العراق سيتم التركيز عليها:

المعادن السليكاتية وأطيان السيليكات:

أطيان السليكات هي دقائق بلورية التركيب برغم صغر حجمها وتتألف وحدات بناء المعادن الطينية من طبقات من ربايعات السطوح (Tetrahedral sheets) متكونة من الأوكسجين والسليكون والتي تسمى أيضا بطبقات السليكا ومن طبقات ثماني السطوح (Octahedral sheets) لاكاسيد وهيدروكسيدات الألمنيوم والمغنيسيوم. وتتظم طبقات ربايع السطوح وثمانى السطوح فى معظم المعادن الطينية بطرائق متعددة لتكوين المعادن الطينية. فى طبقات ربايع السطوح يتم تناسق كل ذرة من ذرات السليكون مع أربع ذرات من الأوكسجين أما فى طبقات ثماني السطوح فان ذرات الألمنيوم أو المغنيسيوم تتناسق مع ست من ذرات الأوكسجين أو مجموعات الهيدروكسيل التي تحيط بذرة الألمنيوم أو المغنيسيوم. أن اشتراك

ثمانيات السطوح المتجاورة بذرة من الأوكسجين يؤدي إلى طبقة من ثماني السطوح. ويتم الربط بين طبقات ربايع وثمانى السطوح بالأوكسجين.

وتقسم المعادن السليكاتية حسب عدد الطبقات إلى ثنائية الطبقات أو معادن ١ : ١ والتي تحوي على طبقة من السليكا وطبقة من الالومينا كما فى معادن الكاؤولينايت والمعادن الثلاثية الطبقات أو معادن ٢ : ١ والتي تتكون من طبقتين من السليكا وطبقة من الوسط من الالومينا كما هو الحال فى معادن المونتوريلونايت. وهناك تقسيمات مختلفة منها:

١ - مجموعة السمكتايت Smectite group: وتسمى غالبا مجموعة المونتوريلونايت

وتشمل معادن طينية كالمونتوريلونايت والبايدلايت والنترونايت والسوبونايت. وأهمها وأكثرها تواجدا هو المونتورولونايت وهو ثلاثى الطبقات أي طبقتين من السليكا وطبقة من الالومينا ترتبط مع بعضها عن طريق الاشتراك بذرات الأوكسجين ويطلق عليه معدن ٢ : ١ ويتميز هذا المعدن الطيني بأنه: ١ - من السهولة أن يتكسر هذا الطين إلى أحجام دقيقة جدا. ٢ - طبقات هذا الطين تتمدد وتنقلص بسهولة عند الترطيب والجفاف مما يؤدي إلى تشقق التربة الحاوية عليه عند الجفاف. ٣ - تكون السطوح الداخلية والخارجية لهذا النوع من الطين قادرة على امتصاص الماء والعناصر الغذائية. ٤ - تتراوح أقطار دقائق هذا الطين بين ٠,٠١ - ١,٠ ميكرون.

خلال تكوين هذا الطين وبوجود المغنيسيوم فى البيئة فسوف يحصل ما يسمى بالإحلال المتماثل Isomorphous substitution وذلك بإبدال ذرات الألمنيوم فى طبقة الالومينا بذرات المغنيسيوم ولما كان الألمنيوم له ثلاث شحنات موجبة والمغنيسيوم شحنتان لذا ستبقى شحنة سالبة فى الطين لذا فالطين سيكون مشحون بشحنة سالبة وهذه تجذب الايونات الموجبة والتي يمكن للنبات أن يمتصها (٥ - الإحلال المتماثل هو احد المصادر الرئيسية للشحنات السالبة التي يمتلكها هذا الطين). ٦ - أن الطين يتميز بمساحة سطحية عالية فانه يمسك ايونات موجبة بمقدار عال (يتراوح بين ٦٠ - ١٠٠ ملي مكافئ / ١٠٠ غم تربة). ٧ - أن الترب الحاوية على هذا المعدن لا تكون ثابتة

التركيب ألا بوجود مواد لاصقة مثل المادة العضوية وتحتاج هذه التربة إلى عناية فائقة في أدارتها.

٢- مجموعة الكاندايت **Kandite group** : وتسمى مجموعة الكاؤولينايت أيضا وهي

معادن ثنائية الطبقات ١ : ١ طبقة من السليكا وطبقة من الالومنيا ويكون الارتباط بين الطبقات عن طريق الاشتراك بذرات الأوكسجين. ترتبط البلورات التركيبية لهذا المعدن ببعضها بشدة مما يؤدي إلى تكون دقائق كبيرة الحجم نسبيا تصل إلى ٢ مايكرون وتتصف التربة الحاوية عليه بما يلي:

أ. ذات نفاذية عالية للماء

ب. لا يمكن للماء النفاذ بين الوحدات التركيبية أو بين الطبقات.

ج. لا يملك هذا الطين قابلية على التمدد والتقلص عند الترطيب والتجفيف.

د. قابليته في مسك الماء والعناصر الغذائية منخفضة لأنها تعتمد على السطوح الخارجية فقط.

هـ. عدم وجود إحلال متماثل في هذا الطين ومصدر الشحنت السالبة هو تكسر

حواف الطين لذا تكون السعة التبادلية للايونات الموجبة منخفضة تتراوح بين ٣

- ١٥ ملي مكافئ / ١٠٠ غم تربة.

و. التربة الحاوية عليه تكون ذات تركيب ثابت نسبيا بسبب قلة قابليته على التمدد والتقلص.

٣- مجموعة المايكا المتميئة **Hydrous mica** : هذه المجموعة من نوع ٢ : ١ (

طبقتين من السليكا وطبقة من الالومنيا). وأهم طين في هذه المجموعة هو طين الالينايت **Illite** وفيه يحصل إحلال متماثل لما يقارب ربع ايونات السليكون الرباعية الشحنة في طبقة السليكا بايونات الألمنيوم الثلاثية الشحنة مما يؤدي الى تكون شحنة سالبة واحدة كما يحصل إحلال متماثل في طبقة الالومنيا كما هو الحال في طين المونتمولونايت (إحلال المغنيسيوم محل الألمنيوم) مكونا شحنة سالبة.

وعند وجود ايون البوتاسيوم فان هذا الايون يدخل في الفتحة السداسية في طبقة الأوكسجين السطحية المكونة لرباعي السطوح. ويقوم ايون البوتاسيوم هذا بربط سطوح الوحدات التركيبية مع بعضها مكونا ما يسمى بجسر $O - K - O$ مما يمنع من التمدد كما أن البوتاسيوم هذا لا يكون جاهزا للنبات.

* ملاحظة : قد تنتج مواقع للتبادل في كل الأطيان (شحنت سالبة) من انفصال بعض ايونات الهيدروجين من مجموعة الهيدروكسيل كذلك فان بعض ذرات الأوكسجين في طبقة السليكا قد تكون فيها شحنة غير متعادلة حيث تكون مصدر لتبادل الايونات الموجبة. هذين المصدرين يشكلان جميع قابلية طين الكؤلينايت في التبادل الأيوني بينما يشكلان ٢٠% من قابلية طين المونتمولونايت و ٨٠% الباقية فتكون من الإحلال المتماثل .

الغرويات العضوية:

أن تحلل المواد العضوية من قبل الأحياء في التربة يؤدي إلى ظهور مواد غامقة تسمى الدبال Humus وهو مزيج من مواد عضوية بطيئة التحلل أو شبه ثابتة مثل اللكتين والدهون والاصماغ والشموع إضافة إلى المواد الناتجة من مخلفات الأحياء المجهرية مثل السكريات المتعددة الجزئيات. يتميز الدبال بمساحة سطحية عالية جدا وقابليته على مسك الايونات أعلى بكثير من المعادن الطينية فمثلا أن قابلية الأطيان تتراوح من ٠ - ١٥٠ ملي مكافئ/ ١٠٠ غم تربة أما الدبال فيتراوح من ١٠٠ - ٣٠٠ ملي مكافئ/ ١٠٠ غم تربة.

أن مصادر الشحنة السالبة في الدبال هي مجموعات الفينول (-OH) والكاربوكسيل (-COOH) إذ تتكون الشحنة السالبة نتيجة انفصال ايون الهيدروجين عن تلك المجاميع.

امدصاص وتبادل الايونات في التربة:

نظرا لكون كل من الطين والدبال يملكان مساحة سطحية عالية وشحنات سالبة (بسبب تكسر حواف الدقائق والإحلال المتماثل في الطين وانفصال ايونات الهيدروجين في الدبال) لذا فأنها سوف تمدص الماء والايونات الموجبة على أسطح الغرويات المعدنية والعضوية بشكل قابل للتبادل والامتصاص من قبل النبات وقد يحصل أبدال لهذه الايونات الممدصة بايونات موجبة أخرى في محلول التربة وهذا الإبدال يعتمد على :

١ - شحنة السطوح للغرويات

٢ - شحنة الايونات الموجبة الممدصة والمتبادلة معها

٣ - درجة الحموضة pH

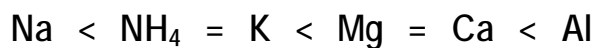
٤ - الحرارة والرطوبة

يعتمد التنافس بين الايونات الموجبة على معقد التبادل بصورة رئيسية على:

١ - القوة التي يمسك بها الايون على معقد التبادل.

٢ - التركيز الأيوني الموجود بحالة ذائبة في التربة.

وتعتبر شحنة الايون الذي يمسك على معقد التبادل أساسية في تحديد قوة المسك فكلما كانت شحنة الايون عالية كلما زادت قوة مسكه وفيما يلي تسلسل الايونات الموجبة في قوة مسكها على أسطح غرويات التربة:



يظهر مما سبق أن الألمنيوم الثلاثي الشحنة يمسك بأكبر قوة تليه الايونات الثنائية الشحنة ثم الأحادية (يشذ عن ذلك ايون الهيدروجين إذ أن قوة امدصاصه مقاربة للكالسيوم).

التبادل الأيوني:

لو أضيفت ايونات الكالسيوم إلى تربة مشبعة بالهيدروجين فان التفاعل سيكون كالآتي:

يلاحظ ما يلي:

- ١ - جزء من الكالسيوم حل محل الهيدروجين.
- ٢ - أن التبادل كان متكافئ أي شحنة بشحنة إذ حل ايون ثنائي واحد من Ca^{++} محل أيونين H^+ .
- ٣ - كلما زاد تركيز Ca^{++} المضاف كلما زادت كميته المتبادلة مع H^+ .

سعة تبادل الايونات الموجبة (CEC) (Cation Exchange Capacity):

ويقصد بها كمية الايونات الموجبة الممسوكة في التربة بشكل قابل للتبادل عند رقم حموضة معين. وتقدر بالملي مكافئ/ ١٠٠ غم تربة. ويمكن إيجاد السعة التبادلية للايونات الموجبة من خلال جمع الملي مكافئات لتلك الايونات الممدصة وكما في المثال التالي:

مثال: لو فرضنا أن الكميات التالية من الايونات على معقد التبادل في ١٠٠ غم تربة فما هي سعة تبادل الايونات الموجبة لهذه التربة؟

الايون	الوزن (غم/١٠٠ غم تربة)	الوزن المكافئ للايون	ملي مكافئ/ ١٠٠ غم تربة
Ca^{+2}	٠,١٢٠	$40/2 = 20.0$	٦
Mg^{+2}	٠,٠١٢	$24/2 = 12.0$	١
Na^+	٠,٠٤٦	$23/1 = 23.0$	٢
H^+	٠,٠٠١	$1/1 = 1.0$	١
Al^{+3}	٠,٠٠٩	$27/3 = 9.0$	١
K^+	٠,٠٧٨	$39/1 = 39.0$	٢

الوزن

$$* \text{ ملي مكافئ / ١٠٠ غم تربة} = \frac{\text{الوزن المكافئ}}{1000} \times \text{الوزن}$$

فمثلا للكالسيوم : 0.120

$$\text{ملي مكافئ / ١٠٠ غم تربة} = \frac{1000}{20} \times 6 = 30$$

فالسعة التبادلية للايونات الموجبة لهذه التربة = $6 + 1 + 1 + 2 + 1 + 6 = 13$ ملي مكافئ / ١٠٠ غم تربة.

العوامل المؤثرة في سعة تبادل الايونات الموجبة:

١ - كمية ونوعية المعادن الطينية.

٢ - نسبة المادة العضوية.

٣ - رقم حموضة التربة (pH)

ويمكن توضيح ذلك بشكل مختصر:

١ - كمية ونوعية المعادن الطينية: أن زيادة نسبة الطين في التربة تزداد قيمة السعة التبادلية

للايونات الموجبة كما وان نوع الطين يؤثر في قيمتها حيث تكون السعة التبادلية

للأطيان من نوع ٢ : ١ اكبر من اطيان ١ : ١ .

٢ - نسبة المادة العضوية: أن تأثير المادة العضوية في زيادة قيم السعة التبادلية للايونات

الموجبة اكبر من تأثير الطين فكلما زادت نسبة المادة العضوية في التربة زادة السعة

التبادلية لها.

٣ - رقم حموضة التربة: أن pH هو اللوغاريتم السالب لتركيز ايونات الهيدروجين في

المحلول بالمول/لتر فمثلا إذا كان تركيز الهيدروجين في المحلول ٠,٠٠١ مول/لتر

فان :

$$\text{pH} = - \text{Log} (0.001)$$

$$= - \text{Log} 10^{-3} = 3$$

يعتبر pH التربة من الصفات الكيميائية الهامة والمؤثرة على العديد من الخواص الكيميائية

والفيزيائية والبايولوجية وتغذية النبات. إذا كانت قيمة pH التربة اقل من ٧ فان التربة حامضية

أما القريب من ٧ فالترربة متعادلة أما الترب القاعدية فان قيمة pH لها اكبر من ٧.

وعموما الشحنة على المادة العضوية تعتمد على pH ففي الحموضة العالية (عند انخفاض pH)

تكون ايونات الهيدروجين ممسوكة بقوة عالية ومن الصعوبة إبدالها بايونات أخرى لذا تقل

الشحنات السالبة على المادة العضوية وعند ارتفاع pH تحصل زيادة في الشحنات السالبة بسبب

إزالة ايونات الهيدروجين من مجاميع الفينول والكاربوكسيل وتبدأ المادة العضوية بالذوبان في

محلول التربة.

البفر أو ثبات Buffer pH : يعرف البفر بأنه قابلية نظام معين على مقاومة التغيرات في رقم

حموضته عند معاملته بحامض أو قاعدة. تختلف الترب في هذه الصفة اعتمادا على:

١ - كمية ونوعية الطين.

٢ - كمية المادة العضوية.

٣ - كمية بعض الأملاح المترسبة مثل الكلس.

فوجود الكلس بنسبة عالية يمنع خفض pH عند معاملة التربة بالحامض.

نسبة التشبع القاعدي في التربة: تشمل القواعد القابلة للتبادل في التربة مثل الكالسيوم

والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وتحسب كما يلي:

ملي مكافئ القواعد القابلة للتبادل

نسبة التشبع القاعدي (%) = $100 \times \frac{\text{السعة التبادلية للأيونات الموجبة}}{\text{مجموع الأيونات الموجبة}}$

السعة التبادلية للأيونات الموجبة

فإذا كان عدد الملي مكافئات / 100 غم من الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم في المثال السابق هي (6 و 1 و 2 و 2) على التوالي فإن نسبة التشبع القاعدي هي:

$$\text{نسبة التشبع القاعدي (\%)} = 100 \times \frac{2 + 2 + 1 + 6}{13} = 84,6\%$$

ويمكن إيجاد نسبة الإشباع بالكالسيوم أو أي من الأيونات الأخرى كما يلي:

$$\text{نسبة التشبع القاعدي للكالسيوم (\%)} = 100 \times \frac{6}{13} = 46,1\%$$

الفصل السادس

الملوحة والقلوية في التربة

مشاكل تراكم الأملاح في الترب:

يعد تراكم الأملاح من أهم مشاكل المناطق الجافة وشبه الجافة فيزيادتها يتأثر إنبات البذور ويزوغ البادرات ونمو النبات وبالتالي خفض الإنتاج ويعود السبب في ذلك إلى:

- 1- زيادة الشد الازموزي في محلول التربة وعدم قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر.

2- زيادة بعض العناصر بمستويات تكون سامة للنبات مثل الكلور والصوديوم والبورون.

3- زيادة بعض العناصر على حساب أخرى يؤدي إلى إخلال التوازن الغذائي.

4- بعض العناصر كالصوديوم زيادتها تؤدي إلى تدهور بناء التربة.

مصادر الأملاح في التربة:

1- احتواء المادة الأم على نسبة عالية من الأملاح لاسيما في الظروف الجافة وشبه الجافة.

2- تراكم الأملاح من مياه البحر المنقولة بواسطة الرياح.

3- غسل الأملاح من المرتفعة إلى المناطق المنخفضة.

عموما في المناطق الاروائية التي لا تحوي نظام بزل فان مستوى الماء الأرضي يرتفع قريب من السطح ومن ثم بالخاصية الشعرية يرتفع إلى السطح وبتبخر الماء يتراكم الملح على السطح وتعتمد سرعة التملح في هذه الحالة على:

١- سرعة ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية.

٢- ملوحة الماء الأرضي.

٣- سرعة التبخر من السطح (حرارة الجو).

الأملاح الذائبة في التربة تتكون عموما من المجاميع التالية:

أ- كلوريدات ونترات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم.

ب- كبريتات الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم.

ج- كاربونات وبيكاربونات الصوديوم والبوتاسيوم.

تتصف كلوريدات ونترات الكالسيوم والمغنيسيوم بقابلية عالية على التميؤ لذا فان الترب الحاوية على هذه الأملاح تكون ذات سطح رطب وغامق اللون ويطلق عليه بالسبخ أو ترب سبخة. أما أملاح كلوريدات وكبريتات الصوديوم والبوتاسيوم ليس لها صفة التميؤ ويكون مظهرها على السطح كقشرة بيضاء ويطلق عليها بالشورة.

تحتوي الترب العراقية على كميات عالية من الكلس $CaCO_3$ قد تصل إلى ٤٠% وفي بعض المناطق على نسب عالية من الجبس $CaSO_4.2H_2O$ ألا أن هذين الملحين لايشكلان أهمية بالنسبة لملوحة التربة وذلك بسبب قلة ذوبانها في محلول التربة.

تصنيف الترب المتأثرة بالأملاح: يتم تصنيف الترب الملحية اعتمادا على:

١- المحتوى الكلي للأملاح الذائبة في مستخلص العجينة المشبعة.

٢- نسبة ايونات الصوديوم على معقد التبادل.

٣- درجة تفاعل pH لمحلول التربة.

وبموجب ذلك تم تصنيف الترب المتأثرة بالأملاح إلى:

أ- الترب الملحية: وفيها يكون التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة (EC) أكثر من ٤ ديسيمنز/م عند درجة حرارة ٢٥ م ونسبة الصوديوم المتبادل اقل من ١٥% وقيمة pH لهذه الترب يتراوح بين ٧,١ - ٨,٥ وتتميز بقشرة ملحية على السطح والنباتات المزروعة فيها تكون ضعيفة وذات أوراق خضراء مزرققة وحواف محروقة.

ب- الترب القلوية: وفيها يكون EC اقل من ٤ ديسيمنز/م وتزيد نسب الصوديوم المتبادل عن ١٥% وقيمة pH هذه الترب يتراوح من ٨,٥ - ١٠ واهم ما يميز هذه الترب تشتت التربة وتكون ذات تركيب ضعيف او معدوم مما يعيق حركة الماء والهواء فيها وصعوبة إنبات البذور ويزوغ البادرات وتغلغل الجذور.

ج- الترب الملحية-القلوية: وهي الترب الحاوية على كميات عالية من الأملاح EC أكثر

من ٤ ديسيمنز/م ونسبة الصوديوم المتبادل أكثر من ١٥% و pH التربة يكون

أكثر من ٨,٥ وهذه الترب غير ملائمة لنمو النبات.

تعيين ملوحة التربة: هناك ثلاث طرق لتعين ملوحة التربة:

- ١- القياس المباشر لوزن الأملاح الذائبة: وتتم بمزج كمية معلومة من التربة مع الماء ثم ترشيح المحلول وتبخير الراشح وتجفيفه بالفرن ووزن الملح المتبقي وحساب الملح كنسبة مئوية بالنسبة لوزن التربة.
- ٢- جمع الايونات الموجبة والسالبة الذائبة بالماء في التربة: وذلك بتقدير ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلور والكبريتات والنترات والكاربونات والبيكاربونات بطرق التقدير المختلفة ثم جمع الملي مكافئات لهذه الايونات للحصول على مجموع الأملاح الذائبة ويعاب على هذه الطريقة كونها طويلة ومكلفة.
- ٣- قياس التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة: وهي الطريقة الأكثر استخداما في الوقت الحاضر وذلك بقياس التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة ويتم ذلك باستعمال جهاز (EC) وهناك علاقة خطية موجبة بين التوصيل الكهربائي والتركيز الملحي.

اثر الملوحة على الإنتاج الزراعي: أن تأثير الملوحة في نمو النبات يكون من خلال:

- ١- التأثير المباشر : ويكون من خلال :
 - أ- الشد الازموزي ب- جاهزية الماء للنبات ج- التوازن الغذائي د- سمية بعض العناصر
- يؤدي وجود الأملاح إلى انخفاض جهد الماء أي زيادة القوة التي يمسك بها الماء وهذا الشد الإضافي على ماء التربة المتسبب من الأملاح يسمى بالشد الازموزي وسبب ذلك هو أن ايونات الأملاح تمسك كمية من الماء بشكل أغلفة وبذلك تقل جاهزية الماء للنبات. كما أن زيادة عدد من العناصر سيؤدي إلى إخلال التوازن الغذائي مما يؤثر على امتصاص عناصر أخرى فمثلا زيادة الكالسيوم يؤدي إلى انخفاض امتصاص البوتاسيوم. هذا بالإضافة إلى أن بعض العناصر لها تأثير سمي عند زيادة تركيزهما فقد يحصل تسمم بالصوديوم لبعض أشجار الفاكهة كما أن زيادة البورون يكون ساما للنبات.

- ٢- التأثير غير المباشر: أن زيادة نسبة الصوديوم يؤدي إلى تثبت مجاميع التربة وانتشار دقائقها مما يؤدي إلى تهديم بناء التربة وتصبح قليلة التوصيل للماء والهواء إضافة إلى تكون قشرة صلبة على السطح تعيق إنبات البذور. إضافة إلى أن زيادة الصوديوم قد يرفع pH التربة إلى ١٠ وبالتالي خفض جاهزية العديد من العناصر الغذائية.

استصلاح الأراضي المتأثرة بالأملاح: هناك أربعة خطوات يجب إتباعها عند استصلاح الأراضي المتأثرة بالملوحة:

١ - خفض مستوى الماء الأرضي: وهي أولى الخطوات الواجب إجراؤها خاصة عندما يكون مستوى الماء الأرضي قريب من السطح وهي ضرورية لتسهيل إجراء الخطوات اللاحقة ويكون ذلك بفتح ميازل حقلية وميازل مجمعة وضخ الماء أو إيصاله بالجريان السطحي الطبيعي إلى مناطق بعيدة وعموما يقتضي خفض مستوى الماء الأرضي إلى أعماق تصل إلى ١٥٠ سم أو أكثر تحت سطح التربة.

٢ - تحسين مغاض الماء وحركة الأملاح الذائبة: ان مغاض الماء يعتمد على نسجه وبناء التربة وبما أن نسجه التربة ثابتة لذا يجب تحسين بناء التربة من خلال إجراء الحراثة العميقة وإضافة المواد العضوية وإضافة المصلحات الكيميائية كالجبس والكبريت للترب القلوية قبل عملية الغسل.

٣ - غسل الأملاح الزائدة : كي تتم عملية الغسل بصورة جيدة يجب تعديل الأرض وتسويتها لكي نتمكن من غمر سطح التربة بالماء بصورة متجانسة.

٤ - إضافة المصلحات الكيميائية : ويتم من خلال إضافة الجبس إلى الترب الصودية لتحسين صفات التربة الفيزيائية التي لا يمكن غسلها إلا بعد إضافة المصلحات لها فالجبس يقوم بتجهيز الكالسيوم الذي يقوم بإزاحة الصوديوم من مواقع التبادل ويغسل مع ماء الغسل.

إدارة الترب المستصلحة: من الضروري إتباع إدارة جيدة للترب المستصلحة منها تحسين بناء التربة لتسهيل مغاض الماء والتهوية فضلا عن إضافة الأسمدة العضوية والمعدنية وكذلك استعمال ماء الري بما يتلائم مع متطلبات المحصول المزروع وعدم إضافة كميات كبيرة تؤدي إلى رفع مستوى الماء الأرضي وإتباع الدورات الزراعية.

التعايش مع الملوحة: أحيانا تكون عمليات الاستصلاح غير متوافرة ولذا نضطر للتعايش مع الملوحة كي نتمكن من الاستمرار بالإنتاج مع وجود الأملاح وذلك من خلال:

١ - اختيار محاصيل المتحملة للملوحة: ويكون ذلك من خلال اختيار محصول عالي التحمل للملوحة وأكثر اقتصاديا في الأراضي الملحية من المحصول الأقل تحملا للملوحة.

٢ - استعمال طرق إرواء ملائمة: من خلال إضافة كميات قليلة من المياه وبأوقات متقاربة أو إضافة كميات كبيرة من المياه وخفض الأملاح قبل الزراعة.

٣ - استعمال طرق الفلاحة الملائمة: من خلال الزراعة على مروز بتعبير المرز بالماء ثم الزراعة قرب مستوى الماء في المرز وذلك لغرض غسل الأملاح.

٤ - معاملات التربة: في الترب القلوية يمكن زراعة المحاصيل المقاومة المعمرة فضلا عن إضافة المحسنات الكيميائية كالجبس سيكون ذا أهمية في تحسين الظروف الفيزيائية وإضافة الأسمدة العضوية.

الفصل السابع

الخواص البايولوجية للتربة

يتكون الجزء العضوي في التربة من جزئين أساسيين هما:

- ١- المواد العضوية الميتة: وهي بقايا النباتات وخلايا الأحياء الميتة وإفرازاتها.
- ٢- الكائنات الحية: وتشمل الأحياء المجهرية في التربة كالبكتريا والفطريات والفطريات الشعاعية والأحياء غير المجهرية كدودة الأرض والحشرات وغيرها.

يمكن وضع أحياء التربة في ثلاث مجموعات رئيسية هي:

أ- الأحياء النباتية Flora

ب- الأحياء الحيوانية Funa

ج- الفيروسات Viruses

أ- الأحياء النباتية: وتشمل:

١- البكتريا Bacteria ومنها:

بكتريا النتجة Nitrobacter

بكتريا أكسدة الكبريت Thiobacillus

بكتريا العقد الجذرية Rhizobium

البكتريا المحللة للسليولوز Cellulomonas

٢- الفطريات Fungi

فطر عفن الخبز Rhizopus

فطر عش الغراب Mashrooms

الفطريات المسببة للذبول Fusarium

٣- الفطريات الشعاعية Actinomycetes

Actinomyces و Streptomyces

٤- الطحالب Algae مثل الطحالب الخضراء المزرقمة

ب- الأحياء الحيوانية:

الأحياء الكبيرة: دودة الأرض والنمل غيرها

الأحياء الصغيرة: البريتوزوا

ج- الفيروسات:

الباكتريوفاج: الفيروسات التي تصيب البكتريا

الاكتينوفاج: الفيروسات التي تصيب الاكتينومايسيت

وبشكل عام الأحياء في التربة قسم منها مفيد وهو الجزء الأكبر وقسم منها مرضي ويؤثر في الأحياء المجهرية الأخرى وكذلك النبات.

تقسيم الأحياء المجهرية: يمكن تقسيم أحياء التربة المجهرية اعتمادا على بعض الصفات والخواص العامة لها:

١ - التقسيم البيئي Ecological classification ويشمل:

أ- الأحياء المجهرية الأصلية Indigenus: وهي الأحياء التي تبقى إعداها ثابتة ولا تتأثر كثيرا بمعاملات التربة.

ب- الأحياء المجهرية المتذبذبة الأعداد Zymogenous: وهي الأحياء التي تتأثر أعدادها بوجود أو عدم وجود بعض مصادر الطاقة والغذاء.

ج- الأحياء الانتقالية أو غير المستقرة Transient: وهي الأحياء التي تضاف إلى التربة لغاية معينة كبكتريا العقد الجذرية (الرايزوبيوم).

٢ - التقسيم المعتمد على الأوكسجين:

أ- الأحياء المجهرية الهوائية الإيجابية Aerobic: الأحياء التي تعيش بوجود الأوكسجين وتحتاج إلى نسبة أوكسجين تقارب نسبهه في الهواء الجوي.

ب- الأحياء المجهرية اللاهوائية الإيجابية Anaerobic: الأحياء المجهرية التي تنمو في ظروف لاهوائية أو غياب الأوكسجين.

ج- الأحياء المجهرية اللاهوائية الاختيارية: وهي الأحياء التي تنمو بوجود أو عدم وجود الأوكسجين.

٣ - التقسيم المعتمد على متطلبات الطاقة والغذاء: وتنقسم إلى :

أ- أحياء متباينة التغذية Heterotrophs: وهي التي تحصل على الطاقة والكربون من المواد العضوية ولها أهمية كبيرة في تحلل المواد العضوية في التربة.

ب- أحياء ذاتية التغذية Autotrophs : وهي التي تحصل على الكربون من ثاني اوكسيد الكربون والطاقة من ضوء الشمس وتسمى في هذه الحالة ذاتية التغذية ضوئية Photoautotrophs أو من أكسدة الامونيوم والكبريت والحديد وتسمى ذاتية التغذية كيميائية Chemoautotrophs مثل بكتريا النتريجة Nitrobacter وبكتريا الكبريت Thiobacillus وهي مهمة في خصوبة التربة.

٤ - التقسيم المعتمد على الحرارة:

أ- الأحياء المحبة للحرارة العالية Thermophiles : الحرارة المثلى بين ٥٥ - ٦٠ م.

ب- الأحياء المحبة للحرارة المعتدلة Mesophiles : الحرارة المثلى بين ٢٥ - ٣٥ م.

ج- الأحياء المحبة للبرودة Psychrophiles : الحرارة المثلى بين ١٠ - ١٥ م.

الفعاليات والأورار التي تقوم بها أحياء التربة المجهرية المختلفة:

* **بكتريا التربة:** تختلف أعدادها في التربة اعتمادا على نوع النبات المزروع والظروف البيئية وتوفر مصادر الغذاء والطاقة والرطوبة والتهوية والحرارة و pH وعموما يقل عدد البكتريا كلما ابتعدنا عن سطح التربة بسبب انخفاض محتوى المادة العضوية ورداءة التهوية وتقوم بكتريا التربة بما يلي:

- لها دور مهم في تحولات العناصر الغذائية وتحلل المواد العضوية مثل بكتريا النتريجة وأكسدة الكبريت وتثبيت النتروجين.

- لها دور مهم في تثبيت مجاميع التربة وتكوين بناء جيد للتربة.

- بعض البكتريا تكون مرضية وتصيب جذور النباتات.

* **فطريات التربة:** تفضل معظم فطريات التربة التفاعل الحامضي (حوالي 6) والحرارة المعتدلة لذا فان أعدادها قد تزيد على أعداد البكتريا في ترب الغابات وتأتي أهميتها من خلال:

- لها دور في تحلل المواد العضوية.

- لها دور مهم في امتصاص العناصر الغذائية مثل المايكورايزا Mycorrhizae التي تقوم بعلاقة تكافلية مع جذور النباتات وتمتص الفسفور وتزيد جاهزيته للنبات.

- بعض الفطريات لها دور سلبي ومرضي كالفطريات التي تصيب جذور النبات وتسبب ذبول للنبات.

* **الفطريات الشعاعية:** وتأتي بالدرجة الثالثة في أهميتها بعد البكتريا والفطريات ومن خلال:

- لها دور مهم في تحلل المواد العضوية وخاصة في المراحل النهائية من التحلل ولها أهمية في تحلل أكوام السماد لتحملها درجات الحرارة العالية التي تصلها مثل هذه المواد عند تحللها.

- لها دور مهم في استخلاص المضادات الحيوية من البعض منها.

- قسم منها مضر بالنبات.

* **الطحالب:** تساهم الطحالب في زيادة المادة العضوية في التربة وبعض أجناسها تقوم في تثبيت النتروجين الجوي لا تكافليا مثل الطحالب الخضراء المزرققة.

وبشكل عام لكافة الأحياء دور مهم في المادة العضوية للتربة بعد تحللها ومن الأمثلة المهمة على دور الأحياء المجهرية في التربة وعلاقتها بخصوبة التربة وتغذية النبات هي دورة النتروجين ودورة الفسفور ودورة الكبريت.

المادة العضوية في التربة:

تعتمد سرعة تحلل المادة العضوية في التربة على : ١- الرطوبة ٢- درجة الحرارة ٣- pH التربة ٤- نسبة الكربون إلى النتروجين في المادة العضوية C/N . أن نسبة الكربون إلى النتروجين تعد من العوامل المهمة جدا في سرعة تحلل المواد العضوية لان الأحياء المجهرية التي تقوم بتحلل المواد العضوية تحتاج إلى عناصر غذائية ومنها النتروجين فإذا كانت نسبته في المادة العضوية جيدة (أي نسبة C/N واطئة) يحدث التحلل دون التأثير على نتروجين التربة

الأصلي أما إذا كانت النسبة عالية أي النتروجين قليل والكاربون عالي فتقوم الأحياء المجهرية بأخذ النتروجين من التربة ويحدث نقص وقتي للنتروجين نتيجة تثبيته في داخل أجسام الأحياء ويعود هذا النتروجين للتربة بعد تحلل هذه الأحياء وتحلل المادة العضوية. وعموماً أن نسبة C/N بحدود ٢٠ في المادة العضوية تكون جيدة ويحدث التحلل من دون نقص أما إذا كانت أكثر أو أعلى من ٣٠ فيحدث نقص وقتي للنتروجين في التربة. لذا يفضل إضافة النتروجين والفسفور مع السماد الحيواني أو السماد العضوي بشكل عام لتشجيع الأحياء المجهرية للقيام بعملها ودورها في تحلل المواد العضوية. لذا فإن استخدام المخلفات النباتية أو الحيوانية لتحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية يجب أن يسبقه عملية تسمى الكمر (Composting) : وهي عبارة عن خزن المواد العضوية بشكل كومة مع المحافظة على نسب ملائمة من الرطوبة والتهوية ودرجة الحرارة وقد تضاف نسبة لبعض المواد السكرية كمصدر للطاقة للأحياء القائمة بالتحلل. عند عدم إجراء هذه العملية فيجب إضافة كمية مناسبة من النتروجين بشكل سماد كيميائي مع المواد العضوية لسد النقص وعموماً فإن إضافة الأسمدة العضوية يجب أن يسبق عملية الزراعة بثلاث أسابيع في المواسم الدافئة وخمسة أسابيع في المواسم المعتدلة وذلك لتلافي ما يلي:

- ١- تعرض المحاصيل لغاز ثاني اوكسيد الكربون الضار لنمو الجذور.
 - ٢- حرق جذور النباتات بسبب الطاقة الحرارية الناتجة عن الأكسدة للمواد العضوية.
 - ٣- تمثيل النتروجين الجاهز في التربة من قبل الأحياء.
- ويمكن حساب كمية النتروجين المطلوب إضافته مع المواد العضوية (ذات المحتوى الواطئ من النتروجين) لتجنب ظهور أعراض نقص النتروجين على النبات.
- معدنة النتروجين العضوي:**

النباتات لا تستفيد من النتروجين العضوي الموجود في المواد العضوية النتروجينية إلا بعد تحوله إلى الصورة المعدنية (NO_3 , NH_4) ويطلق على عملية تحول النتروجين العضوي إلى المعدني بمعدنة النتروجين وتتم العملية بمرحلتين الأولى تحرر غاز الامونيا (NH_3) وتسمى عملية النشدة **Ammonification** وتحدث هذه العملية من قبل العديد من الأحياء المجهرية أما المرحلة الثانية فهي تحول الامونيوم إلى نترات وتسمى عملية النترجة **Nitrification** التي تتم بفعل عدد من الأحياء المجهرية المتخصصة وتكون بخطوتين الأولى يتم فيها تحول الامونيوم إلى نترت NO_2 بفعل بكتريا **Nitrosomonas** والخطوة الثانية يتم فيها تحول النترت إلى نترات NO_3 بفعل بكتريا **Nitrobacter**.

كما أن النتروجين في التربة يتعرض إلى عمليات فقد مختلفة أهمها عمليات الفقد بالغسل والتطاير وعكس النترجة. أن عملية عكس النترجة **Denitrification** هي عملية تحول النترات NO_3 إلى غازات N_2 و N_2O و NO تحت الظروف اللاهوائية بفعل أحياء لاهوائية إجبارية.

تثبيت النتروجين الجوي:

تعد عملية تثبيت النتروجين الجوي بواسطة بعض أحياء التربة المجهرية من العمليات المهمة التي تساعد في زيادة نتروجين التربة ، أن النتروجين الجوي لا تستطيع النباتات الاستفادة منه إلا بعد تثبيته من قبل بعض الأحياء في التربة وتنقسم هذه الأحياء مجموعتين هما:

١- الأحياء المثبتة للنتروجين الجوي بصورة تكافلية (تعيشية) مثل بكتريا العقد الجذرية التابعة لجنس الرايزوبيوم *Rhizobium* التي تعيش تكافليا مع النباتات البقولية.

٢- الأحياء المثبتة للنتروجين الجوي بصورة حرة أو غير تكافلية وتشمل الطحالب الخضراء المزرققة وبعض البكتريا مثل *Bacillus* و *Azotobacter*.

الفصل الثامن

العناصر الغذائية وعلاقتها بنمو النبات

تعرف خصوبة التربة: بأنها قابلية التربة على إمداد النبات بالعناصر الغذائية الضرورية بكميات كافية و متوازنة تلبى احتياجات النبات. أما إنتاجية التربة فتعرف: بقابليتها على إنتاج محصول معين أو إنتاج تتابع من المحاصيل في الظروف البيئية وتحت نظام إدارة معين.

يعتمد الإنتاج على جميع عوامل نمو النبات وهي العوامل الوراثية والعوامل البيئية وعوامل التربة. كذلك فإن الإنتاج يتأثر بالأمراض والحشرات.

العناصر الغذائية في التربة وعلاقتها بنمو النبات:

لقد ثبت أهمية ١٦ عنصرا غذائيا ضروريا لنمو النبات قسمت هذه العناصر حسب الكمية التي يحتاجها النبات إلى مجموعتين هما:

العناصر الغذائية الكبرى *Macronutrients* وتشمل : *S, Mg, Ca, K, P, N, O, H, C*

العناصر الغذائية الصغرى *Micronutrients* وتشمل : *Cl, B, Mo, Mn, Zn, Cu, Fe*

وهناك بعض العناصر تسمى بالعناصر المفيدة وذلك لكونها ضرورية لبعض النباتات مثل الصوديوم والكوبالت والسليكون.

وجود العناصر الغذائية في التربة :

توجد العناصر الغذائية في التربة على عدة صور فقسم منها جاهز للامتصاص من قبل النبات وقسم منها غير جاهز وعموما فان الجزء الذائب بالماء والمتبادل يكون جاهزا للامتصاص

من قبل النبات. أن محلول التربة هو المصدر المباشر للعناصر الغذائية التي يمتصها النبات وهو عادة يكون مخفف جدا غير أن هناك إمداد مستمر له من الجزء الصلب بالعناصر الغذائية. أن إطلاق العناصر من الجزء الصلب إلى محلول التربة يتم عن طريق:

- ١- ذوبان معادن التربة وبعض المواد العضوية.
- ٢- ذوبان بعض الأملاح القليلة الذوبان.
- ٣- تبادل الايونات خاصة الايونات الموجبة بين معقد التبادل ومحلول التربة.

حصول النباتات على العناصر الغذائية:

تكون عناصر C و H و O ما يزيد على ٩٠% من المادة الجافة للنبات حيث يحصل النبات على الكربون وجزء من الأوكسجين من الهواء ويحصل على الهيدروجين من الماء وبواسطة عملية التركيب الضوئي تتحول إلى مركبات عضوية داخل النبات. أما العناصر الثلاثة عشر الباقية فيحصل عليها النبات من التربة وبالصورة الأيونية وكما موضح في الجدول التالي:

المغذيات الكبرى		المغذيات الصغرى	
العنصر	الصورة الأيونية	العنصر	الصورة الأيونية
N	النتروجين	Fe	الحديد
Fe ⁺⁺	NH ₄ , NO ₃	Mn	المنغنيز
P	الفسفور	Zn	الزنك
HPO ₄ , H ₂ PO ₄		Cu	النحاس
K	البوتاسيوم	B	البورون
K ⁺		Mo	المولبيدوم
Ca	الكالسيوم	Cl	الكلور
Ca ⁺⁺			
Mg	المغنيسيوم		
Mg ⁺⁺			
S	الكبريت		
SO ₄			

مفهوم جاهزية العناصر الغذائية:

تعتمد جاهزية العناصر الغذائية على كل من ١- الصيغة الكيميائية ٢- موقع العنصر بالنسبة للجذور ، ويعتبر العنصر جاهزا من الناحية الكيميائية عند وجوده أما بصورة ذائبة في محلول التربة أو بصورة قابلة للتبادل على غرويات التربة. إما من حيث الموقع فيجب أن يكون العنصر على اتصال مباشر بالجذور ، وعموما تكون العناصر الغذائية جاهزة عندما تكون ذائبة أو قابلة للتبادل بغض النظر عن موقعها بالنسبة للجذور.

انتقال وامتصاص العناصر الغذائية من قبل جذور النبات:

يتم انتقال ايونات العناصر الغذائية في التربة إلى سطوح الجذور و من ثم الى داخل النبات من خلال نوعين الانتقال هي:

أ- الانتقال (الامتصاص) غير الحيوي (السلبى): ويتم فيه انتقال الايونات من المحيط

الخارجي إلى الحيز الحر للأنسجة الجذرية ويتم من خلال:

* الانتشار : ويشمل حركة الايونات من منطقة التركيز العالي الى منطقة التركيز الواطئ.

* التبادل بالتماس (التبادل التماسي): ويحصل تبادل الايونات بين الايونات المتبادلة على

سطوح الغرويات أو الذائبة في محلول التربة وبين سطوح الجذور.

ويتصف هذا الانتقال أو الامتصاص الحيوي بما يلي:

١- لا يحتاج إلى صرف طاقة من قبل النبات.

٢- لا يكون انتقائيا

٣- يكون عكسيا

ب- الانتقال (الامتصاص) الفعال (الحيوي): وهو عملية انتقال الايونات خلال الغشاء

البلازمي ويتصف بما يليك

أ- يحتاج إلى صرف طاقة من قبل النبات.

ب- يكون انتقائيا

ج- تكون عملية الانتقال غير عكسية

وهناك عدة نظريات لتفسير الانتقال الحيوي لايونات العناصر الغذائية وأهمها نظرية الحامل

Carrier theory والتي تفترض أن الايونات تتحد مع حامل متخصص لكي تمر خلال

الغشاء البلازمي لإيصالها إلى الداخل حيث يتم انفصال الايون عن الحامل ليعاود الحالة

مرة أخرى ولوحظ أن هناك حامل أو حوامل معينة لكل عنصر ومن هنا جاء الانتقاء في

امتصاص العناصر.

العناصر الغذائية وأهميتها في نمو النبات: أن العناصر الغذائية تساهم بواحد أو أكثر من

الوظائف التالية:

١- الدخول في انسجه النبات.

٢- القيام بدور العامل المساعد في بعض العمليات الحيوية.

٣- القيام بعملية الأكسدة والاختزال.

٤- المساعدة في تنظيم درجة حموضة النبات.

٥- تنظيم الضغط الازموزي للنبات.

٦- التأثير على امتصاص العناصر الغذائية من قبل النبات.

٧- تهيئة بيئة أكثر ملائمة لنمو الجذور.

وفيما يلي صورة موجزة عن دور العناصر الغذائية في نمو النبات:

الكاربون والهيدروجين والأكسجين : تدخل في تكوين الكربوهيدرات والبروتينات والدهون وتكون

معظم جسم النبات حيث تكون ٩٠% من وزن النبات.

النيتروجين : يدخل في تركيب الأحماض الامينية والبروتينات والكلوروفيل ونقصه يكون بشكل

شحوب واصفرار وتحرقات في المراحل المتقدمة وزيادته تسبب زيادة النمو الخضري

ويسبب الاضطجاع للنبات وتأخر النضج وانخفاض الحاصل.

الفسفور : مصدر للطاقة وله دور مهم في البذور ونمو الجذور ونقصه يؤدي ظهور اللون الأرجواني على بعض المحاصيل مثل أوراق الذرة الصفراء.

البوتاسيوم : يدخل في نشاط الإنزيمات وهناك ما لا يقل عن ٦٠ إنزيم لا تعمل إلا بوجود البوتاسيوم فضلا عن نقله العناصر إلى الأعلى ونقل المواد المصنعة إلى الأسفل ودوره في تنظيم المياه وامتصاصها وفتح وغلق الثغور لذا فهو يزيد من كفاءة استهلاك الماء.

الكبريت : يدخل في تركيب البروتين ونقصه يشابه نقص النتروجين.

المغنيسيوم : يدخل في تركيب الكلوروفيل ولذا نقصه يكون بشكل شحوب واصفرار.

الكالسيوم : يدخل في تركيب الأغشية الخلوية والجدران وله أهمية في الاختيارية لامتناس

العناصر الغذائية وفي الحماية من بعض الأمراض الفسيولوجية.

العناصر الغذائية الصغرى لها دور في تركيب ونشاط الإنزيمات ومنظمات النمو وتثبيت النتروجين الجوي وبناء الكلوروفيل.

نقص العناصر الغذائية: يحصل نقص العناصر الغذائية في النبات عند ١ - نقصها في التربة ٢ - وجودها بصورة غير جاهزة ٣ - أو بسبب زيادة تركيز عنصر آخر يؤثر على امتناس العنصر المعني.

تتأثر العديد من العمليات الحيوية في النبات عند نقص احد العناصر الغذائية دون ظهور اراض نقص ذلك العنصر على النبات ولكن ذلك يؤدي إلى انخفاض الإنتاج وعند زيادة النقص يؤدي إلى ظهور علامات النقص على أجزاء النبات.

عموما تستعمل طريقة تحليل الانسجه النباتية للكشف عن نقص العناصر قبل ظهور أعراض النقص ومقارنة ذلك بالمستوى أو التركيز الحرج Critical concentration : وهو تركيز العنصر الغذائي في النسيج النباتي الذي يقع مباشرة تحت التركيز الذي يعطي الإنتاج الأمثل. كما في الشكل التالي:

يلاحظ من الشكل أن هناك ثلاثة مناطق لاستجابة نمو النبات للعنصر هي منطقة نقص العنصر حيث يزداد النمو بشدة مع إضافة العنصر الغذائي والمنطقة الانتقالية التي يزداد فيها النمو بدرجة قليلة مع زيادة العنصر الغذائي ومنطقة الاكتفاء التي لا يتأثر فيها النمو مع زيادة العنصر الغذائي المضاف.

أعراض نقص العناصر الغذائية: تكون أعراض نقص بعض العناصر الغذائية مميزة وكما يلي:
النتروجين : أوراق خضراء باهتة أو مائلة للاصفرار يزداد الاصفرار مع زيادة النقص ويظهر النقص أولاً على الأوراق القديمة.

الفسفور : يرافق نقص الفسفور ظهور اللون الأرجواني على الأوراق القديمة.

البوتاسيوم : يرافق نقصه ظهور بقع صفراء ميتة على حواف الأوراق القديمة.

الكبريت : يشبه نقص النتروجين إلا أن النقص يظهر على الأوراق الحديثة.

الكالسيوم : نقصه يؤدي إلى موت النهايات النامية للنبات.

المغنيسيوم : اصفرار الأوراق القديمة مع بقاء العروق بين الأوراق خضراء اللون.

النحاس : التلف حواف الأوراق الحديثة وقد تفرز بعض الأصماغ من تشقق اللحاء.

الزنك : صغر مساحة الأوراق الحديثة وتجدها.

الفصل التاسع

مسح وتصنيف الترب

الحاجة إلى التصنيف:

بسبب تباين الترب ولاسيما التباين المكاني حيث أن هذا الاختلاف في التربة بين موقع وآخر ناتج عن الاختلاف في عوامل وعمليات تكوين التربة فالخواص المورفولوجية (اللون و النسجة والبناء وتطور الآفاق) والصفات ذات العلاقة بنمو النبات وتعامل الإنسان مع التربة من تغيرات وإضافة ولهذا وبسبب الاختلافات في الترب ونوعياتها وقابليتها الإنتاجية كان من

الواجب تصنيفها من اجل اتخاذ القرارات السليمة في التخطيط الحضري والإقليمي وفي الاستغلال الزراعي. وبشكل عام يهدف تصنيف الترب إلى:

- ١ - تنظيم كافة أنواع الترب في نظام معين وتحديد موقع كل تربة في هذا النظام.
- ٢ - إعداد خرائط تربة مختلفة وبمستويات مختلفة من التفصيل اعتمادا على الغرض المطلوب من إعداد هذه الخرائط.

وبالاستعانة بالعلوم المختلفة ابتداء من علم المورفولوجي (علم الشكل أو المظهر الخارجي للتربة) الذي يصف التربة حقليا والتصنيف الذي يضبط موقع التربة في النظام التصنيفي والمسح الذي يحدد مواقع ومساحات هذه الأصناف وبالتالي تصنيف الأراضي الذي يعتمد على تصنيف الترب إلى أصناف إدارية حسب قدرات هذه الأراضي في الإنتاجية أو مستلزمات حل مشاكلها. و سيتم التطرق في هذا الفصل إلى عوامل وعمليات تكوين التربة في العراق والإشارة بشكل بسيط إلى تصنيف الترب في العراق.

عوامل تكوين التربة في العراق:

أولاً - المادة الأم: يمكن اعتبار معظم المواد المكونة للترب في العراق مواد منقولة حديثا بالمفهوم الجيولوجي. ومعظم هذه المواد ترسبات الأنهار التي كانت تصب في البحار والبحيرات القديمة التي كانت موجودة فضلا عن السهل الرسوبي التي هي ترسبات نهري دجلة والفرات وعوامل النقل وهي مائية وتضم مياه الفيضانات ومياه الري وترسبات هوائية ويقصد بها المترسبات الريحية.

ثانياً - العامل البيولوجي: أن أعمال الإنسان من ري وحرثة وزراعة وتسميد أثرت بشكل كبير في خصائص التربة هذا فضلا عن تأثير كل من النبات والحيوان ، والتأثير الأكبر يأتي من توزيع النبات الطبيعي كما ونوعا الذي يتراوح بين النباتات الصحراوية في الجزء الغربي من العراق إلى أعشاب طويلة وقصيرة في شمال العراق إلى أشجار باتجاه الشمال والشمال الشرقي. وفي السهل الرسوبي هناك النباتات المائية والنباتات المقاومة للأملاح والنباتات المقاومة للجفاف كالأشواك.

ثالثاً - الطبوغرافية : يقسم العراق جغرافيا إلى خمس مناطق فيزيوغرافية هي الجبلية والمتوجة والصحراوية والجزيرة والسهل الرسوبي وحدود هذه التقسيمات ذات دلالات واضحة في كل من الأحوال المناخية والنبات الطبيعي وأنواع المادة الأم.

رابعا - المناخ: مناخ العراق قاري شبه استوائي يتصف بالجفاف.

خامسا - الزمن: ترب العراق حديثة التكوين من الناحية الجيولوجية.

عمليات تكوين التربة في العراق: ومن أهم هذه العمليات:

١ - التملح : ارتفاع كمية الأملاح في الترب وتجاوزها للحد الذي تنمو النباتات بشكل جيد.

وهذه العملية تحدث في المناطق الوسطى والجنوبية.

- ٢- التكلس أو الكلسية: وهي عملية تحدث في معظم مناطق العراق وهي عملية تؤدي إلى تراكم معادن الكربونات (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) بشكل عام. وسبب هذه الكلسية هو نوع المادة الأم والجفاف.
- ٣- الاختزال: وتحدث هذه العملية في الترب الغدقة في مناطق الاهوار وترب المنخفضات في جنوب العراق.

تصنيف الترب: تعود أولى المحاولات لتصنيف الترب في العراق إلى أوائل الخمسينات من القرن الماضي إلى عهد العالم الهولندي بيورنك **Buringh (1958)** للقيام بهذه المهمة والذي اعتمد التصنيف الوراثي الذي يقوم على أساس ملاحظة آثار وتأثيرات كل عوامل وعمليات تكوين التربة ولهذا النظام مستويات تصنيفية مختلفة هي: الرتبة - تحت الرتبة - مجموعة الترب العظمى - العائلة - السلسلة - النوع والطور. وشخص بيورنك ١٨ مجموعة تربة عظمى وفي كل الأحوال فالتصنيف كان تصنيفا استكشافيا.

وفي عام ١٩٧١ صدر عن المديرية العامة للتربة واستصلاح الأراضي خارطة تدعى خارطة ترب العراق ولكنها لم تختلف كثيرا عن خارطة بيورنك.

أما النظام الأمريكي الحديث فهو يضم المستويات التصنيفية التالية: الرتبة - تحت الرتبة - المجموعة العظمى - تحت المجموعة العظمى - العائلة - السلسلة. ومن السهل جدا تحديد الموقع التصنيفي لأي تربة معروفة المواصفات عند المستويات العليا وقد بقيت الأهمية والخصائص للسلاسل واحدة في كلا النظامين القديم والحديث. وقد شخصت ١٦ مجموعة تربة عظمى على خارطة ترب العراق وفق النظام الأمريكي الحديث لتصنيف الترب.

تصنيف الأراضي: بعد إعداد 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 أشهر أنظمة تصنيف الأراضي والمطبقة في العراق هو نظام تصنيف قابلية الأراضي الأمريكي ١٩٦٠ إذ قسم الأراضي إلى ثمانية أصناف وهي:

الصنف الأول: يصلح لزراعة كافة المحاصيل الحقلية والخضر والبساتين وهو يخلو من أي مشاكل محددة.

الصنف الثاني: يصلح لكافة المحاصيل الحقلية إلا أنه بكثافة أقل من الصنف الأول لوجود بعض المحددات كالملوحة أو درجة الانحدار.

الصنف الثالث: هذا الصنف متوسط الإنتاج لوجود بعض المحددات مثل رداءة البزل.

الصنف الرابع: يزرع بمحاصيل بدرجة محدودة لوجود محددات تربة ومناخ.

الصنف الخامس: يصلح للمراعي والغابات ولا يصلح لزراعة المحاصيل الحقلية لوجود تعرية شديدة ويتعرض للفيضانات وظروف جوية قاسية.

الصنف السادس: محددات أكثر من الصنف الخامس ويصلح للمراعي بدرجة أقل.

الصنف السابع: سلبيات أكبر يصلح للمراعي والغابات ولكن بصورة محدودة جدا.

الصنف الثامن : لا يصلح للزراعة ويستخدم كمحميات.