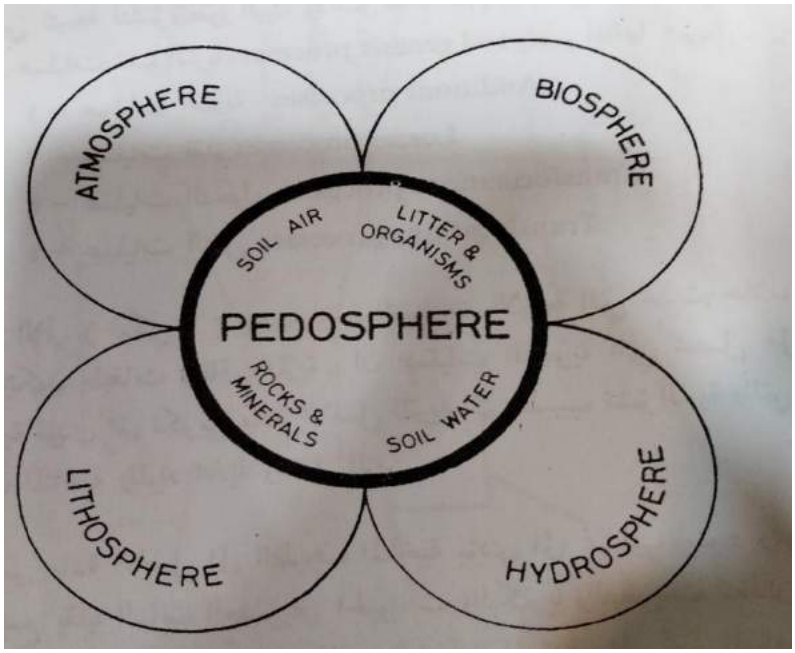
بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

علاقة التربة بالماء والنبات النظري

المحاضرة الاولى

تكوين التربة وطبيعتها

التربة pedosphere تتكون من الهواء والماء والمواد المعدنية والمواد العضوية والكائنات الحية ,ويمكن ان تعد التربة مزيج للجزء اليابس من الارض lithosphere والمحيط الحيوي biosphere للكائنات الحية والمحيط المائي للارض hydrosphere والغلاف الجوي atmosphere .

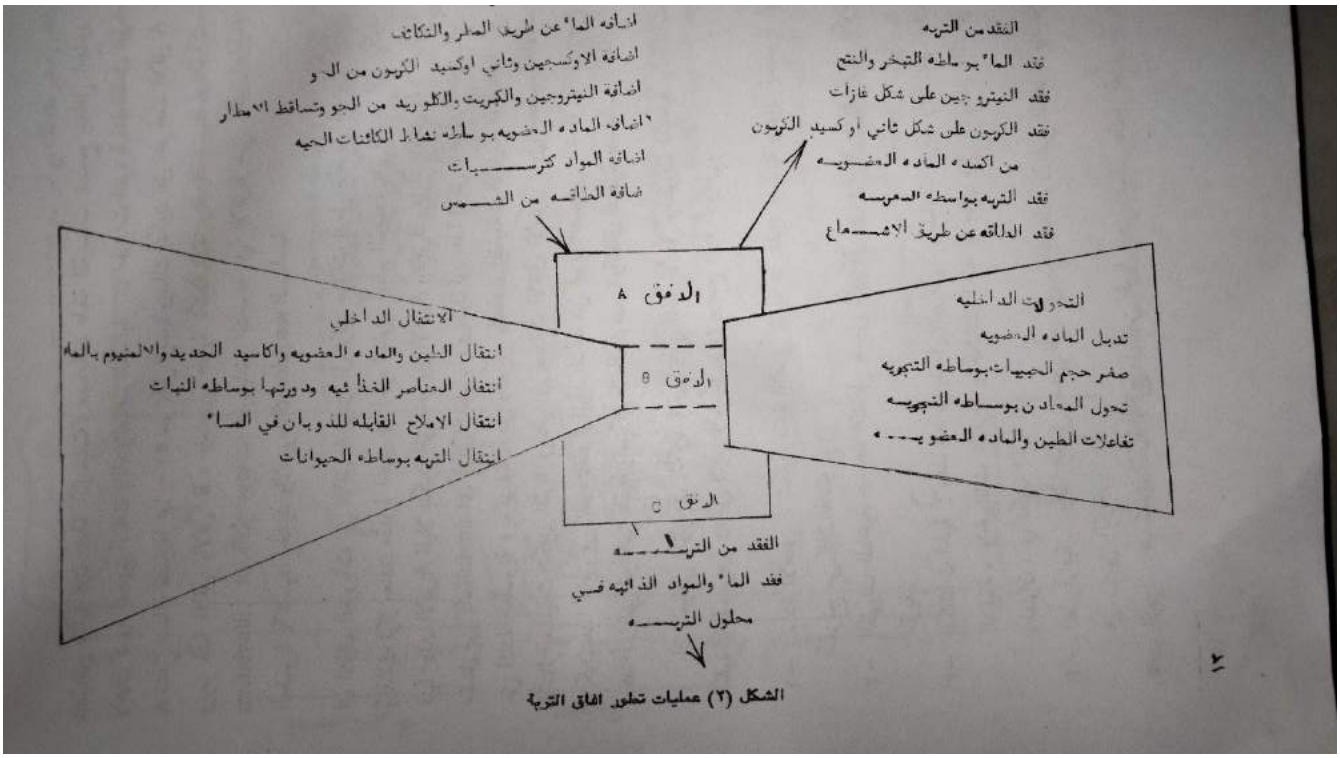


ان مكونات التربة هذه تختلف من منطقة الى اخرى وذلك من حيث الكمية والنوعية مما يؤدي الى تكوين انواع مختلفة من الترب والتي تخلق بدورها صعوبة في عملية التصنيف , ويلاحظ الان ان هناك اكثر من نظام متخصص في تصنيف التربة .

التربة هي نتيجة لنشوء وتطور البيئة وذات نظام يتكون من طبقات او افاق متطورة – عمليات نشوء التربة هي:

1- عمليات اضافة 2- عمليات فقد 3- عمليات تحول 4- عمليات نقل

والشكل (2) يوضح العمليات الاربعة التي تحدث خلال عملية نشوء طبقات وافاق التربة .



الشكل (٢) عمليات تطور افاق التربة

العوامل المؤثرة في تكون التربة :

1- مادة الاصل : وهذه تتكون من المواد المعدنية اوالمواد العضوية او مزيج من كلا المادتين .
2- الظروف المناخية : وتشمل تاثير الحرارة والرطوبة في تكون التربة .
3- الكائنات الحية : تاثير النباتات الراقية والكائنات الدقيقة والحيوانات الفقرية والديدان ووالفئران وغيرها .
4- الطوبوغرافية : تاثير الجبال والاراضي المتموجة واالمستوية .
5- الزمن : تكون التربة يحتاج الى زمن وهي عملية بطيئة جدا .

تتكون التربة من مواد غير متجانسة مكونة الاطوار الثلاثة للتربة وهي الطور الصلب والسائل والغازي .

1- الطور الصلب : ويتكون من جزئين هما الجزء المعدني والجزء العضوي , وهما المخزن الرئسي للعناصر الغذائية التي يحتاجها النبات .
أ- الجزء المعدني : ويصنف الى :

1- المعادن الاولية : تكونت نتيجة ارتفاع درجات الحرارة في داخل الارض وتعرض كل من الصخور النارية والصخور المتحولة لعوامل التجوية من حرارة عالية وضغط عال , اهم المعادن الاولية في معظم الترب هي : السليكا , الفلدسبار ,هورنبلند ,الاوليفين , الابتايت , الكارنيت وغيرها .

2- المعادن الثانوية : تتكون نتيجة لعمليات التجوية والتعرية للمعادن الاولية للتربة وتعد المجهز الرئيسي للنبات بالعناصر الغذائية , اهم المعادن الثانوية المتواجدة في التربة :

أ-الكاربونات : مثل كاربونات الكالسيوم (الكالسايت) $CaCO_3$ - Calcite والدولومايت $CaCO_3.Mgco_3$.

ب- الجبس : $CaSO_4.2H_2O$

ج- المعادن ذات الطبقات السليكاتية : وهذه لها تاثير كبير في الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة ومن اهم هذه المعادن :

معدن الاليت (المايكا المائية) Illite , الفورمكيوليت Vermiculite , المونتمورلونيت Montmorillonite , الكلورايت Chlorrite , الكاولينايتKaolinite .

ب- الجزء العضوي : وهو مادة التربة العضوية التي تلعب دور مهما مباشر وغير مباشر في نمو النبات وذلك عن طريق تاثيرها في الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة .

الطور السائل : يعرف ايضا بمحلول التربة الحاوي على الماء ومحاليل العناصر الغذائية .

الطور الغازي : ويعرف ايضا بهواء التربة

الجدول (١) صفات معادن الطين الرئيسة

المعدن	النوع	حالة الطبقات البينية	السعة التبادلية الكاتيونية ملمكافئ/١٠٠ غم تربة
الكولنيت	١ : ١ غير قابل للتمدد	الرابطة قوية	٣ – ١٥
الاليت	٢ : ١ غير قابل للتمدد	هناك فقد جزئي للبوتاسيوم الرابطة قوية	١٠ – ٤٠
الفورميكيوليت	٢ : ١ غير قابل للتمدد	هناك فقد كلي للبوتاسيوم الرابطة متوسطة القوى	١٠٠ – ١٥٠
المونتمورولنيت	٢ : ١ قابل للتمدد	التمدد كبير جدا حيث الرابطة ضعيفة جداً	٨٠ – ١٥٠
الكلوريت	٢ : ١ غير قابل للتمدد او تمدده جزئي	الرابطة قوية	١٠ – ٤٠

المصدر: Foth ١٩٨٤

الخواص الفيزيائية للتربة وعلاقتها بالماء والنبات

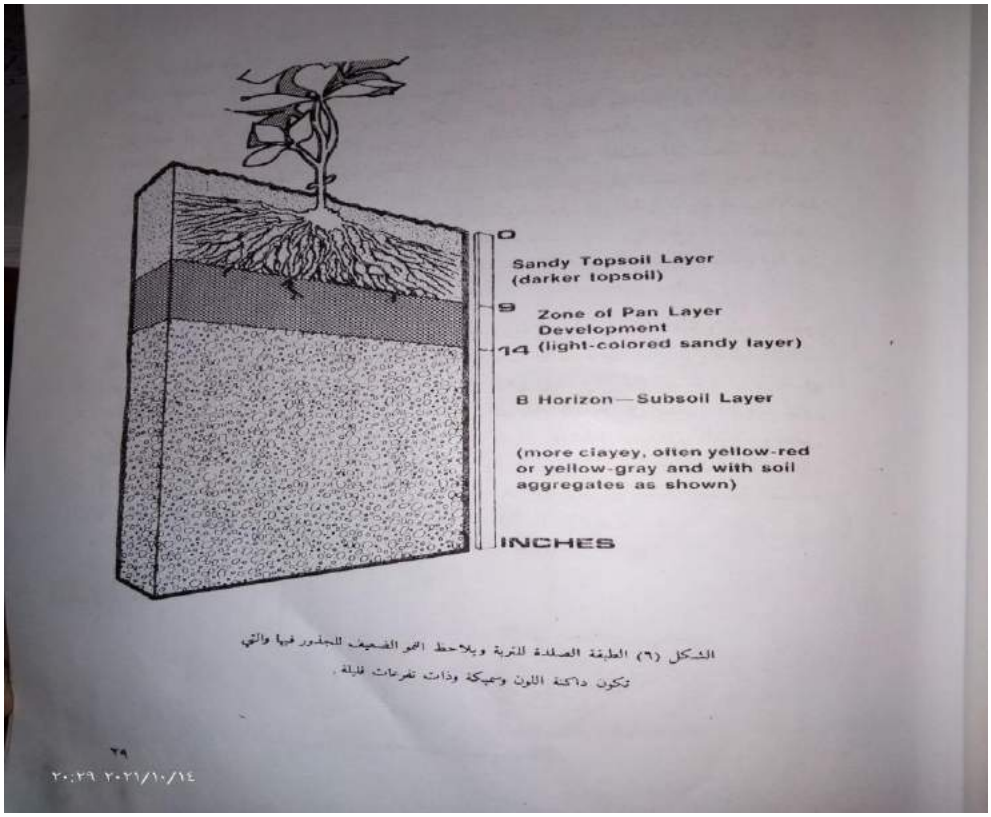
عمق التربة

الترب العميقة هي الترب ذات الافاق النموذجية السميكة والتي تكون محورا جذريا ملائما لنمو الجذور وتعمقها وكذلك تكون قابليتها على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية اكبربكثير من الترب الغيرعميقة التي تكون افاقها غير سميكة وغير متكاملة النضج وبهذا تكون الترب العميقة ذات قابلية انتاجية اعلى من الترب الضحلة .

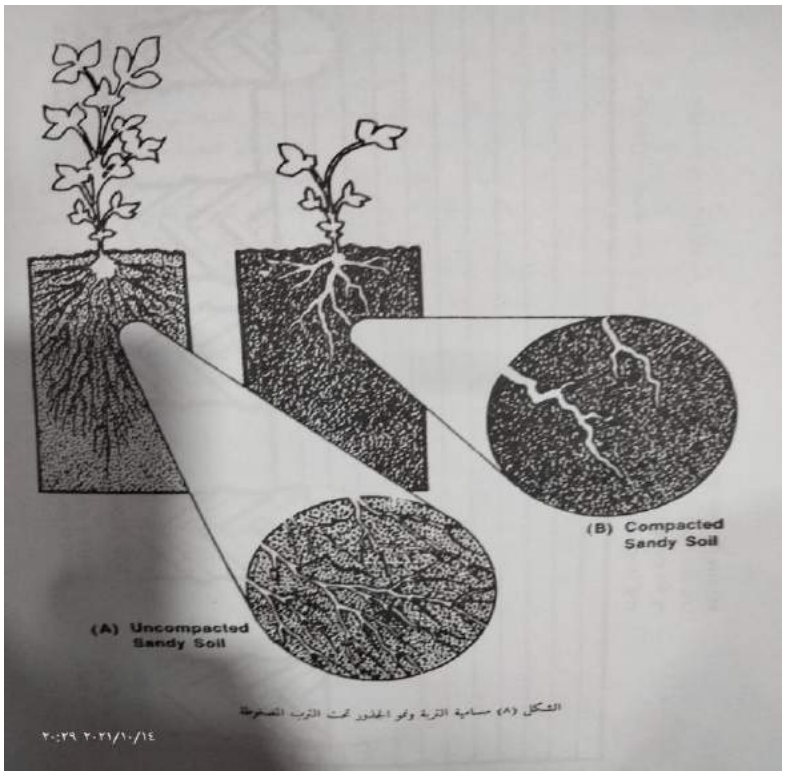
سمك الافاق هو مؤشر لعمق التربة , والافق A هو اكثر الافاق ملائمة لنمو النبات كما ان الافق A الاكثر سمكا هو الذي يعطي نمو اوفر واغزر , يجب التمييز بين العمق الحقيقي للتربة والعمق الفسيولوجي وهو انه يمكن ان تكون التربة عميقة ولكن وجود طبقة صلدة غير منفذة للماء ولتغلغل الجذور Hardpan اويكون الماء الجوفي فيها مرتفعا فانها تعتبر ترب ضحلة فسيولوجيا لوجود مثل هذه الظواهر المضرة بنمو النبات , ترب المستنقعات هي ترب ضحلة فسيولوجيا بسبب ارتفاع الماء الجوفي فيها الذي يعيق او يوقف نمو الجذور .

في الترب ذات الصفات الرملية قد يتكون طبقة صلدة تحت الطبقة السطحية للتربة ويكون سمك هذه الطبقة الصلدة 5 - 20 سم وتسمى هذه الحالة panlayer او hardpan او tillagepan

وهذه الطبقة تكون ذات تاثير ضار في نمو النبات حيث ان نمو الجذور وتطورها يكون معدوما اوضعيفا في الطبقة الصلدة اوتحتها . والشكل (6)يوضح هذه الحالة في الترب الرملية

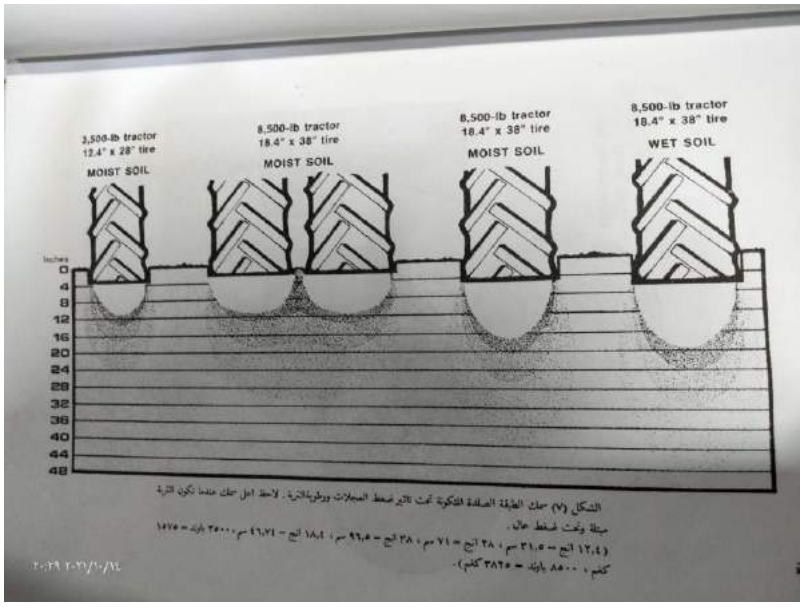


الشكل (٦) الطبقة الصلدة للتربة ويلاحظ الجذر الضعيف للجذور فيها والتي تكون داكنة اللون وعميكة وذات تفرعات قليلة .

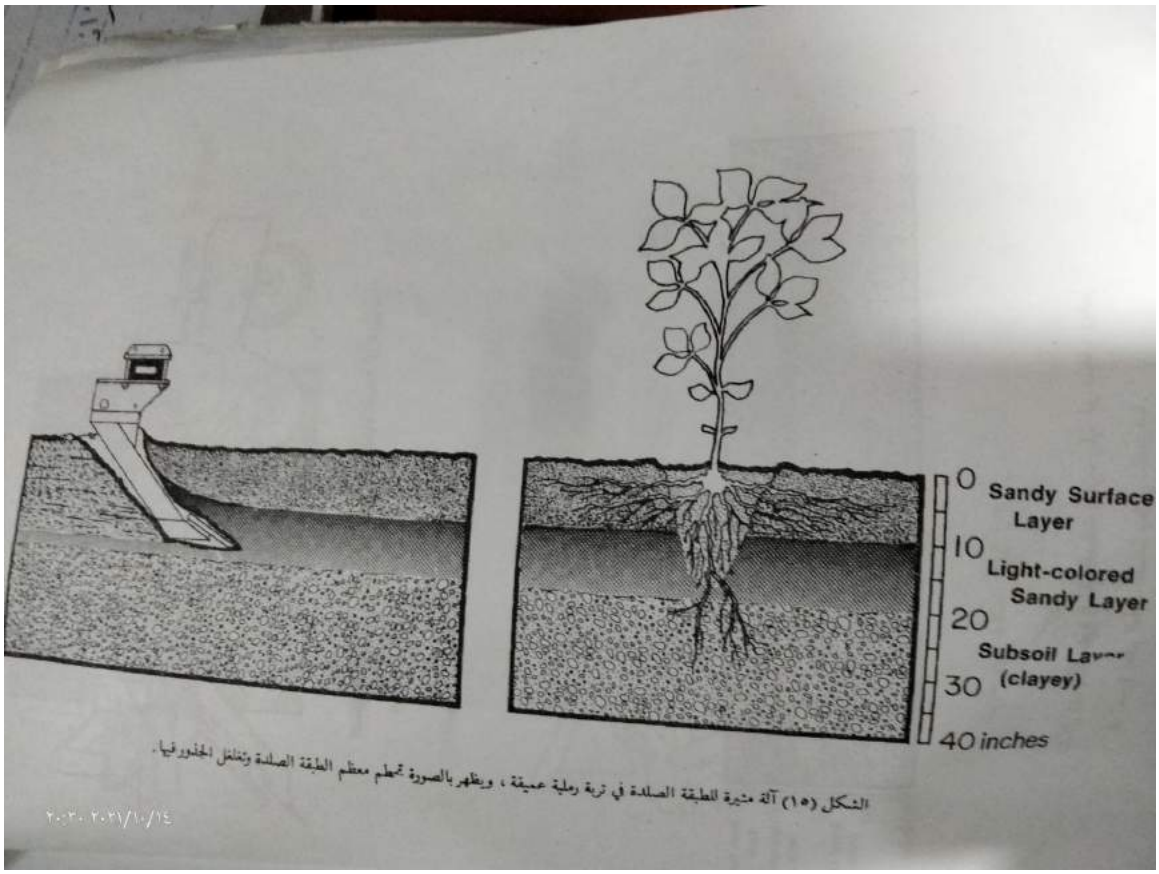


الشكل (٨) مسامية التربة وغو الجذور تحت الترب المضغوطة

سمك هذه الطبقة يزداد بزيادة الضغط المسلط على التربة نتيجة استعمال الالات الزراعية الثقيلة ذات العجلات وتحت الظروف الجوية الرطبة وخاصة في الترب ذات الافاق السطحية الرملية السميكة كما يتاثر سمك هذه الطبقة بصفات التربة وفعالية الات الحراثة ووزن الطبقة السطحية للتربة , وفي الزراعة الحديثة يجب الاخذ بنظر الاعتبار نوعية الالات الزراعية المستعملة وايضا يجب المحافظة على الغطاء النباتي واستعمال عمليات الحراثة السطحية الاعتيادية من اجل التقليل من مضار انضغاط التربة .



انضغاط التربة يقلل من مسامية التربة الضرورية للهواء وحركة الماء وتطور الجذور كما ان انخفاض معدل نمو الجذور وتعمقها تحت ظروف الانضغاط يقلل من قابلية النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية , هذه الظاهرة يمكن ان يقل تاثيرها في بعض الترب بمرور الزمن نتيجة لتعاقب عمليات ترطيب وتجفيف التربة ونشاط ديدان التربة وبعض الكائنات الاخرى الصغيرة ولكن هذه المعالجات الطبيعية قد لاتؤثر بشكل كبير في الترب الرملية وقد تحتاج الى زمن طويل ولذلك فانه من الضروري معالجة الطبقة الصلدة والتخلص منها عن طريق الحراثة العميقة باستعمال الات خاصة بذلك تسمى subsoilers (rippers) اي محاريث تحت التربة , وهذه المحاريث قادرة على حرث التربة بعمق وخلط الطبقة السطحية بالطبقة تحت السطحية .



الشكل (١٥) آلة مثيرة الطبقة الصلدة في تربة رملية عميقة ، ويظهر بالصورة تحطم معظم الطبقة الصلدة وتغلغل الجذور فيها.

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

علاقة التربة بالماء والنبات النظري

المحاضرة الثانية

نسجة التربة وعلاقتها بنمو النبات

هي التوزيع النسبى لمجاميع الاحجام المختلفة لدقائق التربة المعدنية وهي الرمل والغرين والطين .
اوهي حجم مجاميع دقائق التربة التي هي اصغر من الحصى (قطرها اقل من 2ملم).
اوهي الدليل لمدى خشونة او نعومة التربة .

يمكن تعريف مجاميع نسجة التربة من حيث محتواها النسبي من الرمل والغرين والطين كما يلي :

التربة الرملية : تحتوي على 85% رمل او اكثر وان نسبة الغرين مضافا اليها مرة ونصف من نسبة الطين يجب ان لاتزيد عن 15%.
التربة الرملية المزيجية : تحتوي ليس اقل من 70 – 85% رمل وان نسبة الغرين مضاف اليها ضعف نسبة الطين لاتزيد عن 30% .
التربة المزيجية الرملية : اقل من 7% طين واقل من 50% غرين ونسبة الرمل تكون بين 43-52% .
التربة المزيجية : تحتوي على 7- 27% طين , 28- 50% غرين , واقل من 52% رمل .

التربة المزيجية الغرينية : تحتوي على 50 % او اكثرغرين , 12- 27% طين , او50- 80% غرين واقل من 12% طين .

التربة الغرينية : تحتوي على 80% او اكثر غرين واقل من 12% طين .

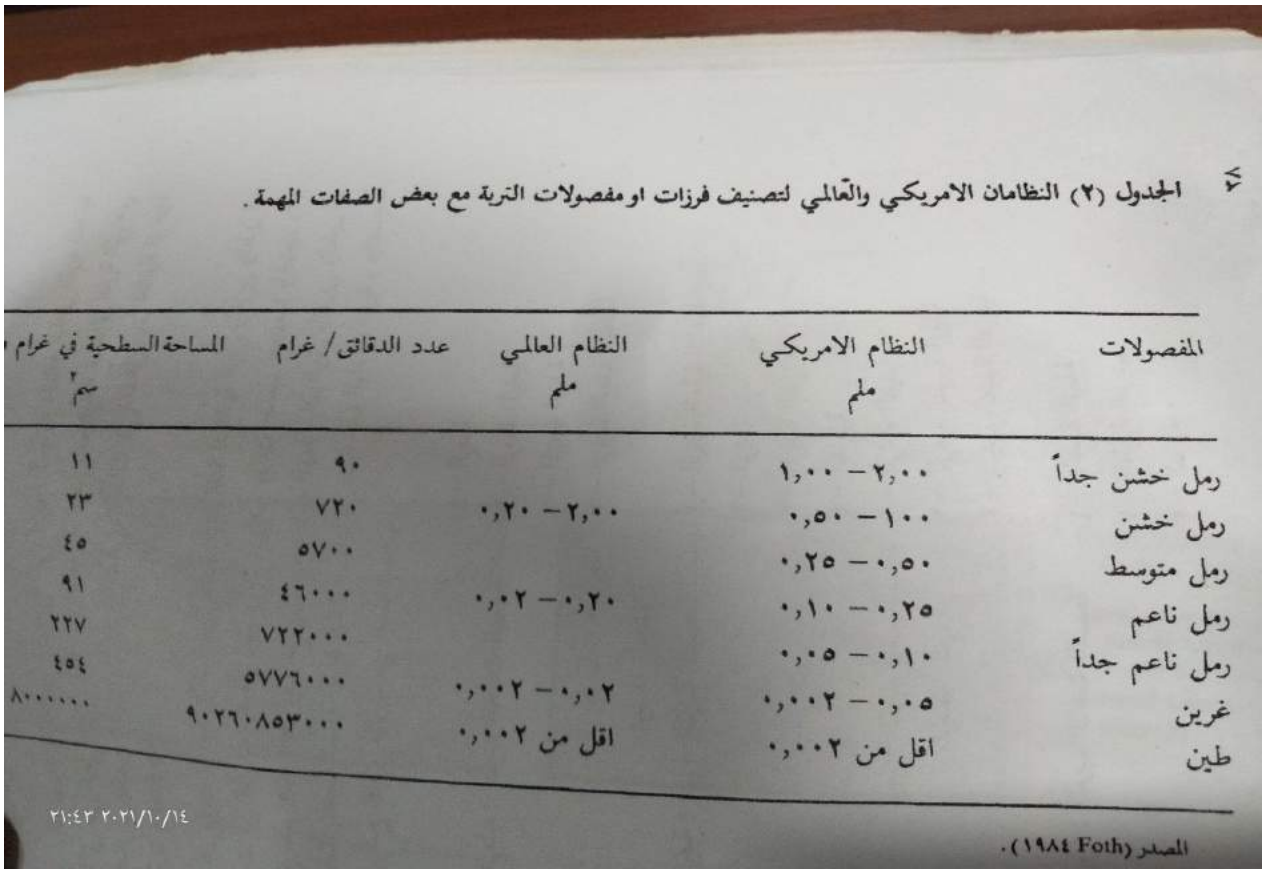
التربة المزيجية الطينية الرملية : تحتوي على 20- 35%طين , واقل من 28% غرين و45% او اكثر رمل .

التربة المزيجية الطينية : تحتوي على 27 - 40% طين و 20- 45% رمل .

التربة المزيجية الطينية الغرينية : تحتوي على 27 - 40% طين , وأقل من 20% رمل .

التربة الطينية الرملية : تحتوي على 35% اواكثر طين , و45% اواكثر رمل .

التربة الطينية الغرينية : تحتوي على 40% اواكثر طين و40% او اكثر رمل .
التربة الطينية : تحتوي على 40% اواكثر طين واقل من 45% رمل , واقل من 40% غرين .



الجدول (٢) النظامان الامريكي والعالمي لتصنيف فرزات او مفصولات التربة مع بعض الصفات المهمة.

المفصولات	النظام الامريكي ملم	النظام العالمي ملم	عدد الدقائق/ غرام	المساحة السطحية في غرام / سم٢
رمل خشن جداً	٢,٠٠ – ١,٠٠		٩٠	١١
رمل خشن	١٠٠ – ٠,٥٠	٢,٠٠ – ٠,٢٠	٧٢٠	٢٣
رمل متوسط	٠,٥٠ – ٠,٢٥		٥٧٠٠	٤٥
رمل ناعم	٠,٢٥ – ٠,١٠	٠,٢٠ – ٠,٠٢	٤٦٠٠٠	٩١
رمل ناعم جداً	٠,١٠ – ٠,٠٥		٧٢٢٠٠٠	٢٢٧
غرين	٠,٠٥ – ٠,٠٠٢	٠,٠٢ – ٠,٠٠٢	٥٧٧٦٠٠٠	٤٥٤
طين	اقل من ٠,٠٠٢	اقل من ٠,٠٠٢	٩٠٢٦٠٨٥٣٠٠٠	٨٠٠٠٠٠٠

المصدر (Foth ١٩٨٤).

٢٠٢١/١٠/١٤ ٢١:٤٣

اهمية نسجة التربة لنمو النبات

من خلال معرفة نسجة التربة يمكن فهم الكثير من خواص التربة الحيوية والكيميائية فضلا عن صفات اخرى كثيرة مثل التهوية والمسامية ونفاذية الماء في التربة ومقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وسهولة اوصعوبة اجراء العمليات الزراعية .

والجدول (3) يوضح اهم الصفات للتربة الرملية والتربة المزيجية والتربة المزيجية الغرينية والترب الطينية .

الجدول (٣) بعض الصفات للترب مختلفة النسجة

الصفة	التربة الرملية	التربة المزيجية	التربة المزيجية الغرينية	التربة الطينية
البزل الداخلي	عال	جيد	معتدل	معتدل الى ضعيف
الماء المتيسر للنبات	واطئ	متوسط	عال	عال
الحراثة	سهلة	سهلة	متوسطة	صعبة
جهد الانجراف	واطئ	واطئ – متوسط	عال	متوسط – عال
تحرير الماء	عال	متوسط	متوسط	واطئ
نقل الماء	واطئ	متوسط	عال	عال
التعرية الريحية	عالية	متوسطة	واطئة	واطئة

نسجة التربة وغيض الماء

غيض الماء هو العملية التي يدخل بها الماء الى التربة من خلال السطح ، ان سقوط الامطار على الترب ذات النسجة الخشنة (الترب ذات المحتوى الواطئ من الطين) يؤدي الى نفوذ الماء الساقط فيها مباشرة وبالتالي قلة الماء المفقود بالجريان السطحي ، وبالعكس فان معدل الغيض في الترب ذات النسجة الناعمة (الترب ذات المحتوى العالي من الطين) يكون منخفضا وبالتالي زيادة الجريان السطحي وهذا يعرضها للتعرية وتكوين الاخاديد ، كمية الماء المتوفرة لجذور النبات تقل بزيادة الجريان السطحي للماء .

ان زيادة سرعة الغيض تؤدي الى زيادة معدل نقل الحبيبات الدقيقة للتربة وتجميعها داخل مقد التربة مما يؤدي الى تكوين افق قليل النفاذية .

نسجة التربة والاحتفاظ بالماء

التربة تحتفظ بالماء على شكل اغشية مائية (water films) تغلف سطح دقائقها متداخلا في زوايا بين دقائق التربة .

الترب ذات النسجة الناعمة تحتوي على مسام سطحية وزوايا اكثر لمسك الماء والاحتفاظ به من الترب ذات النسجة الخشنة ، ان انخفاض مقدرة التربة على الاحتفاظ

بالماء تحت ظروف الشد الرطوبي العالي والمنخفظ يجعلها ترب عطشى حيث تفقد جزءا كبيرا من رطوبتها عند شد رطوبي اقل من واحد ضغط جو وذلك لانخفاض نسبة الطين ولكبر حجم المسامات فيها .

نسجة التربة ومعدل حركة الماء

حركة الماء تكون منخفضة في الترب الناعمة النسجة وذلك بسبب صغر المسامات البينية بين الحبيبات التي تسلط مقاومة كبيرة على حركة الماء اما في الترب الرملية فتكون حركة الماء سريعة نحو الاسفل الى الحالة التي يصبح فيها خارج حدود استفادة النبات ذات الجذورالسطحية .

نسجة التربة والتهوية

الترب ذات النسجة الخشنة تحتوي نسبة عالية من الهواء على حساب الرطوبة ويقل محتوى التربة من الهواء بزيادة درجة نعومة حبيباتها لانخفاض درجة مساميتها .

النسجة ودرجة خصوبة التربة

كلما كانت التربة ذات نسجة ناعمة كلما كانت اكثر خصوبة وذلك بحكم احتوائها على الحبيبات الدقيقة وهي الطين والمادة العضوية القادرة على خزن العناصر الغذائية عن طريق ادمصاصها على سطوح هذه المواد الغروية وامدادها للنبات عند الحاجة .

نسجة التربة ونمو النبات وامتصاص العناصر الغذائية

تؤثر نسجة التربة في نمو النبات بصورة مباشرة عن طريق تاثيرها في تعمق ونموالجذور وبصورة غير مباشرة عن طريق تاثيرها على جاهزية الماء والعناصر الغذائية.

ان نمو الجذور وتعمقها يختلف اختلافا كبيرا باختلاف نسجة التربة ،ان نمو وتعمق الجذور وتغلغلها في الترب المزيجية الرملية والترب المزيجية اعلى مما هو عليه في الترب الطينية والطينية الغرينية وذلك لان رص التربة (soil compaction) وغياب الاوكسجين في الترب ناعمة النسجة يلعب دور كبير في ضعف نمو الجذور وتعمقها .

لنسجة التربة دور كبيرفي جاهزية العناصر الغذائية ، وجد ان زيادة نسبة الطين في التربة تؤدي الى انخفاض جاهزية الفسفور وتحويله الى صورة غير جاهزة للنبات وذلك لان زيادة نسبة الطين تعني زيادة مساحة سطوح الطين التي تؤدي الى زيادة درجة الاتصال والارتباط بفسفور محلول التربة وهذا يؤدي الى زيادة الكمية المحتفظ بها من الفسفوروالترب ذات المحتوى العالي من معادن الطين 1:1 تحتفظ بكمية اكبر من الفسفورمقارنة بالترب التي يسود فيها معادن الطين 1:2وهذا يعود الى زيادة نسبة

اكاسيد الحديد والالمنيوم وكذلك زيادة الاكاسيد المائية للحديد والالمنيوم في معادن طين 1:1, ان امتصاص الفسفور في الترب الرملية اعلى من امتصاصه في الترب الثقيلة وذلك لان تركيزالفوسفات الذائبة يكون اعلى في الترب الرملية بسبب درجة الاحتفاظ المنخفضة للترب الرملية للفسفور .
بالنسبة لعنصر النتروجين تزداد جاهزيته كلما تزداد نعومة التربة ، اما البوتاسيوم فقد وجد ان زيادة كمية الطين في التربة تؤدي الى زيادة قدرتها على تثبيت الوتاسيوم ويتحول البوتاسيوم من صورته الجاهزة الى صورة البوتاسيوم البطئ الجاهزية للنبات ، ان الترب الغنية بمادن الطين 1:2 (وخاصة معدن الفورمكيولايت) ذات قدرة اكبر على تثبيت البوتاسوم من الترب الغنية بمعادن الطين 1:1 والسبب في ذلك يعود الى كون عملية التمدد والانفراج وكثافة الشحنات في معادن 1:2 اكثر من معادن 1:1 .
ان الترب الناعمة النسجة ذات محتوى اعلى من الكالسيوم والمغنيسيوم مقارنة بالترب الخشنة النسجة وهذا يعود الى اختلاف مادة الاصل ومحتواها من هذين العنصرين وكذلك مقدرة هذه الترب على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية اي سعتها التبادليةالكاتيونية.

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

علاقة التربة بالماء والنبات النظري

المحاضرة الثالثة

تركيب التربة وعلاقته بنمو النبات

تركيب التربة

تركيب التربة : هوترتيب دقائق التربة الاولية (الطين والغرين والرمل) في حبيبات particles ومجاميع units او كتل طبيبيعية peds ثانوية .

او يعرف بانه تنظيم او ترتيب لمسامات التربة الصغيرة والمتوسطة والكبيرة في نمط تركيبي .

تركيب التربة الردئ ربما يكون عاملا غير مباشر في الحد من نمو النبات بينما التركيب الجيد للتربة يسمح لعوامل النمو بتادية وظائفها بصورة جيدة وكفاءة عالية .

الوصف الحقلي لتركيب التربة يضم :

1- نوع التركيب structure type
هناك سبعة انواع لتركيب التربة :
كروي ، فتاتي، صفائحي، كتلي،كتلي غير حاد الزاوية ، منشوري ،عمودي .
2- صنف التركيب structure class
ويقسم الى : ناعم جدا ، ناعم ،متوسط ، خشن، خشن جدا .
3- درجة التركيب structure grade
وهي درجة التجمع اوتطور التركيب باختلاف المحتوى الرطوبي للتربة ، ويشمل :
عديم التركيب ، ضعيف التركيب، متوسط التركيب، قوي التركيب .

العوامل المؤثرة في تركيب التربة :

1- الطين والكاتيونات المتبادلة : يساعد الطين في تكوين مجاميع التربة عن طريق عمله كعامل لاحم اومادة اسمنتية وكذلك قدرته على التشرب والتقلص بتغير المحتوى الرطوبي للتربة , الكالسيوم ويليه المغنيسيوم والبوتاسيوم ذات تاثير تجميعي في الطين بينما الهيدروجين والصوديوم وخاصة الصوديوم ذات تاثير تفريقي في معلقات الطين
2- المواد اللاحمة غير العضوية

اكاسيد الحديد والالمنيوم تكون غرويات ثابتة او بطيئة التغير وهذا يساعد في تكوين تجمعات لحبيبات التربة ثابتة في الماء .

3- النباتات ومخلفاتها

تقوم النباتات بفرز مواد عضوية جيلاتينية من جذورها تعمل كمواد رابطة للمواد غير العضوية في التربة ، كذلك ضغط الجذور وثاني اوكسيد الكاربون الناتج من عملية التنفس وكذلك المواد المعدنية المفروزة ربما تكون ذات اهمية كبيرة في تجميع حبيبات التربة ، الشعيرات الجذرية تعمل على ربط حبيبات التربة مع بعضها .

4- المواد العضوية :تعمل المادة العضوية على ربط حبيبات التربة بعضها بالبعض الاخر.

5- كائنات التربة الحية : فضلا عن الدور الذي تلعبه الكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والفطريات والبكتريا في تجميع حبيبات التربة فان الكائنات الحية الاخرى مثل الحشرات والنيماتودا والعناكب والفئران وديدان الارض تؤثر في تركيب التربة ، كلما كانت اعداد ديدان الارض كبيرة كلما كان تجمع حبيبات التربة افضل .

6- الماء : يؤثر الماء في تركيب التربة بعدة طرق منها :

ا- التشرب والتقلص لغرويات التربة الناتجة عن عمليات الترطيب والتجفيف تعمل على تكوين نوع من الضغط والشد في جسم التربة مما يخلق سطوح ضعيفة تؤثر في تركيب التربة .

ب- الشد السطحي الناتج من وجود السطوح المائية والهوائية يبقي الحبيبات بعضها مع البعض الاخر وينظمها .

ت- تكون الثلج في تركيب التربة يعتمد على محتوى التربة من الماء والتوزيع الحجمي للمسامات وكذلك على سرعة الانجماد ، الضغط الذي يتولد من البلورات الثلجية الكبيرة يزيد من حجم المسامات مما يولد ضغطا على الحبيبات ويقرب بعضها من البعض الاخر

ث- الماء ضروري لنمو الكائنات الحية والنباتات الراقية حيث ان وجود الكمية الملائمة من الرطوبة في التربة يزيد من نشاط الاحياء وهذه تلعب دور كبير في نشوء تركيب التربة .

ج- الماء عامل من عوامل المناخ حيث ان المناخ يلعب دور مهم في تكوين التربة .

7- الحرارة : تاثير الحرارة في تركيب التربة هو تاثير غير مباشر ، فيزيائيا الحرارة تؤثر في حركة بخار الماء وكيميائيا تؤثر الحرارة في سرعة التفاعلات وتحلل المادة العضوية وعمليات التجوية ، وبايولوجيا تؤثر الحرارة في نشاط الكائنات الحية والنباتات .

8- الهواء : فيزيائيا يلعب الهواء دور كبيرفي تركيب التربة لكونه جزءا مهما في توليد الشد السطحي وانفجارات الهواء بسبب ترطيب كتلة التربة ، كيميائيا يساعد الهواء في ترسيب غرويات الحديد والالمنيوم ،بايولوجيا الهواء مهم في تنفس الجذور والكائنات الحية ولاهمية الهواء في تركيب التربة فان انغما ر التربة بالماء يضر بتركيب التربة، والظروف غير الهوائية تؤدي الى عدم تكون المركبات العضوية اللاحمة لحبيبات التربة .

9- الضغط: ضغط التربة يكون بعدة طرق منها عمليات الترطيب والتجفيف ،الانجماد و ضغط الجذور، ضغط التربة كوزن ايضا .

اهمية تركيب التربة وعلاقته بنموالنبات

التركيب الجيد للتربة وتوفر عوامل النمو الاخرى يؤدي الى نمو جيد للنبات كما ونوعا , نوعية تركيب التربة يلاحظ من خلال الصفات التالية :

1- الوزن الحجمي للتربة : وهو النسبة بين الوزن الجاف لحجم معين من التربة المنتظمة ووزن نفس الحجم من الماء ،وهذا يتاثر بعدد من العوامل :

أ- تركيب التربة : التربة المضغوطة او المتراصة ذات الحجم المسامي المنخفض لها وزن حجمي عالي وعلى عكس ذلك فالترب ذات المسامية العالية يكون وزنها الحجمي منخفضا .

ب- المادة العضوية : الترب ذات المحتوى العالي من المادة العضوية يكون وزنها الحجمي اقل من الترب ذات المحتوى المنخفض من المادة العضوية .

ت- نسجة التربة : الترب ذات النسجة الناعمة يكون وزنها الحجمي اعلى من الترب ذات النسجة الخشنة .

2- الحجم المسامي للتربة :

المسامية porosity :هي النسبة المئوية للمسامات البينية في التربة .

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم الفراغات البينية (سم}^3\text{)}}{\text{حجم التربة (سم}^3\text{)}} \times 100$$

المسامات الكبيرة للتربة تخدم تهوية التربة وعملية دخول الماء الى التربة او الغيض
المسامات المتوسطة تخدم توصيل ونقل الماء
المسامات الصغيرة تخدم في خزن الماء الجاهز
الماء المقيد Hygroscopic water يحمل على سطوح حبيبات التربة وداخل تمددات الطين
والجدول (6) يوضح الحجم المسامي والدور الذي يلعبه في التربة

جدول (٦) الحجم المسامي ودوره الوظيفي

قطر المسامات ملم	وظيفة المسامات
٠,٠٠٠٠٣ – ٠,٠٠٠٢	سطوح الماء المقيد
٠,٠٠٠٢ – ٠,٠٠٩	خزن الماء الجاهز للنبات
٠,٠٠٩ – ٠,٠٦	التوصيل أو النقل الشعري للماء
٠,٠٦ – ٠,٣	المسامات الهوائية
٠,٣ – ١,٠	التصريف السريع

تقسم المسامات في التربة الى قسمين :

أ- المسامات الشعرية : المسامات الشعرية صغيرة وتحمل الماء بالخاصية الشعرية وهي مسؤولة عن مقدرة التربة للاحتفاظ بالماء ضد قوى الجاذبية .

ب- المسامات غير الشعرية : المسامات غير الشعرية كبيرة ولاتحمل الماء بالخاصية الشعرية وهي اعتياديا مملوءة بالهواءوتلعب دورا مهما في تهوية التربة والبزل الداخلي للتربة .

تاثير الحجم المسامي للتربة في نمو النبات : ان الحجم المسامي الكلي للتربة يبين المساحة الجاهزة في التربة للهواء والماء وطبيعة المسامات من حيث كونها شعرية اوغير شعرية فانها تعد مؤشر للسعة الحقلية للتربة وتهوية التربة وكذلك التصريف الداخلي لماء التربة ,الترب الرملية هي اعتياديا ذات تهوية جيدة ولكنها ذات سعة حقلية منخفضة وذلك لكون جزء قليل من الحجم المسامي لهذه التربة بصورة حجم مسامي شعرى، الترب الطينية اعتياديا تكون ذات سعة حقلية عالية ولكنها ربما تكون ذات تهوية رديئة وذلك لكون نسبة الحجوم المسامية غير الشعرية واطئة ، والظروف الجيدة لنمو النبات تكون في الترب التي تحتوي على حجم مسامي عال ومتساو من حيث الحجم المسامي الشعري وغير الشعري .

3- السعة الهوائية للتربة :

هي حجم الهواء في تربة ما ذات محتوى رطوبي مساو لسعتها الحقلية او هي حجم الهواء في تربة رطبة بعد ان اخرج منها الماء المجتذب gravitational water .

السعة الهوائية تتاثر بنسجة التربة ، فهي عاليه في الترب الرملية الخشنة ومنخفضة في الترب الطينية, ان زيادة السعة الهوائية للتربة لايعني يالضرورة كونه مرتبطا بانتاجية عالية ولاسيما في الترب الخشنة النسجة حيث يكون فيها الحجم السامي الكلي على شكل مسامات غير شعرية ولهذا فانها بسبب انخفاض محتواها من المسامات الشعرية تكون ذات سعة حقلية منخفضة وتميل للجفاف .

التاثير المباشر لتركيب التربة في نمو النبات

أ- تقشر التربة عند الجفاف

تكون القشرة الجافة عند سطح التربة عند تعرضها للجفاف يؤثر تاثيرا مباشرا في بزوغ البادرات في التربة بسبب المقاومة الميكانيكية للقشرة الصلبة نتيجة الجفاف ،اضافة المصلحات العضوية يؤدي الى تحسين تركيب التربة وزيادة بزوغ البادرات وبالتالي زيادة الانتاج .

ب- تطور الجذور : الترب ذات الطبقة السطحية الصلبة تحد من تطور الجذور ونموها .

ت- تعمق الجذور وتغلغلها في التربة : تعمق الجذور وتغلغلها داخل التربة ينعدم في حالة وجود طبقة صلبة متراصة من التربة .

التاثير غير المباشر لتركيب التربة في نمو النبات

1- تهوية التربة : كل الظروف التي تؤثر في تهوية التربة وذات العلاقة بتركيب التربة تؤثر في نمو النبات مثل الوزن الحجمي للتربة والحجم المسامي للتربة وعلاقة ذلك بالكثافة الحقيقية والظاهرية فكلما كانت الكثافة الظاهرية للتربة عالية كانت التربة اكثر تراصا وانضغاطا وبذلك يكون تركيب التربة رديء اوتكون المسامات البينية صغيرة وهذا يعيق نمو النبات لرداءة التهوية .

2- طبيعة ماء التربة وحركته ومحتوى التربة من الماء وعلاقة ذلك بجاهزية العناصر الغذائية وامتصاصها من قبل النيات .

علاقة التربة بالماء والنبات النظري
المحاضرة الرابعة
هواء التربة وعلاقته بالماء والنبات

تعتمد الاجزاء العليا للنباتات النامية فوق سطح التربة على الهواء الجوي في سد احتياجاتها من الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون بينما الاجزاء السفلى او الجذور وكذلك الكائنات الحية للتربة فانها تعتمد بصورة عامة على هواء التربة , ان تركيب هواء التربة الذي يملا المسافات البينية الخالية من الماء يختلف عن تركيب الهواء الجوي حيث ان محتوى هواء التربة من ثاني اوكسيد الكاربون وبخار الماء هو اعلى مماهو عليه في الهواء الجوي بينما نسبة الاوكسجين في هواء التربة هي اقل من نسبته في الهواء الجوي , اما من حيث النتروجين فان محتوى كل من هواء التربة والهواء الجوي متساويا تقريبا .
ان تنفس الجذور والكائنات الاخرى الموجودة في التربة يؤدي الى استهلاك الاوكسجين وتحرير ثاني اوكسيد الكربون وهذا هو السبب الذي يؤدي الى زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكربون في هواء التربة وكذلك الى الانخفاض القليل في نسبة الاوكسجين في هواء التربة عما هوعليه في الهواء الجوي , ان هذا الاختلاف يؤدي الى تكوين اختلاف في ضغط هذين الغازين في كل من التربة والجو وهذا يؤدي الى انتشار غاز الاوكسجين من الجو الى داخل التربة وانتشار ثاني اوكسيد الكربون من التربة الى الهواء الجوي , وهذا الانتشار يمنع حصول نقص في تركيز الاوكسجين وكذلك زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكربون لحد السمية .

العوامل المؤثرة في تركيب هواء التربة

1- فصول السنة
محتوى هواء التربة من ثاني اوكسيد الكربون يكون اعلى في فصل الصيف مماهو عليه في فصل الشتاء والسبب يعود الى زيادة نشاط كل من الجذور والكائنات الحية في فصل الصيف مما يؤدي الى زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكربون نتيجة عملية التنفس .
2- الغطاء النباتي
محتوى هواء التربة من ثاني اوكسيد الكربون في الترب ذات الغطاء النباتي الجيد يكون اعلى من الترب التي لاتحتوي على غطاء نباتي , والسبب يعود الى زيادة نشاط الجذور والكائنات الحية في الترب ذات الغطاء الجيد , وتاخذ نسبة الاوكسجين في هذه الترب مسارا معاكسا لنسبة ثاني اوكسيد الكربون .
3- اضافة الاسمدة
اضافة الاسمدة العضوية والكيميائية الى التربة تؤدي الى زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكربون والسبب يعود الى زيادة نشاط الجذور والكائنات الحية في الترب المسمدة مقارنة بالترب غير المسمدة , وتاخذ نسبة الاوكسجين في هذه الترب مسارا معاكسا لنسبة ثاني اوكسيد الكربون .
4- جفاف التربة
يزداد تركيز ثاني اوكسيد الكربون في الترب الرطبة مقارنة بالترب الجافة بسبب اعاقة عملية الانتشار .
5- نسجة التربة

محتوى هواء التربة من ثاني اوكسيد الكربون في الترب الناعمة النسجة يكون اعلى من الترب ذات النسجة الخشنة والسبب يعود الى اعاقة وانخفاض معدل عملية الانتشار .

6- تركيب التربة

محتوى هواء التربة من ثاني اوكسيد الكربون في الترب ذات التجمع الحبيبي الردئ اوالترب ذات صفة التعجن puddle اعلى مماهو عليه في الترب ذات التركيب الفتاتي وتاخذ نسبة الاوكسجين في هذه الترب مسارا معاكسا لنسبة ثاني اوكسيد الكربون والسبب يعود الى الاختلاف في معدل عملية الانتشارلهذه الغازات .

7- عمق التربة

يكون تركيز ثاني اوكسيد الكربون اعلى في طبقة التربة تحت السطحية وينخفض تركيز الاوكسجين بزيادة العمق والسبب في ذلك يعود الى كون الطبقة السطحية يحدث الانتشار فيها مباشرة الى الهواء الجوي بينما في الطبقة تحت السطحية يحدث فيها الانتشار الى سطح التربة .

نموالنبات وتهوية التربة

تؤثر تهوية التربة في نمو وتطور النبات تاثيرا كبيرا وذلك عن طريق تاثيرها على :

1- نمو الجذور 2- امتصاص الماء والعناصر الغذائية

اولا : تهوية التربة ونمو الجذور

ان توفر كميات كافية من الاوكسجين في هواء التربة تكون ضرورية لعملية التنفس التي تقوم بها الجذور , وتختلف كمية الاوكسجين التي تحتاجها النباتات باختلاف نوعية النبات حيث قسمت النباتات الى :

1- نباتات تحتاج معدل عال من الاوكسجين مثل الطماطة والبطاطة والبزاليا .
2- نباتات تحتاج الى معدل متوسط من الاوكسجين مثل الذرة الصفراءوفول الصويا والحنطة .
3- نباتات تحتاج الى معدل واطئ من الاوكسجين مثل الرز والحشائش .

ان معظم النباتات تنمو بصورة جيدة عندما يكون تركيز الاوكسجين اقل من 21% ولكن يتضرر النمو عندما ينخفض التركيز الى اقل من 10% , ان معدل انتشار الاوكسجين او سرعة حركته في التربة هي من اهم المقاييس لحالة التهوية في التربة , وان معدل انتشار الاوكسجين يجب ان يكون على الاقل 30×10^{-8} غرام/ سم^2- دقيقة ان معدل انتشار الاوكسجين يقل مع العمق للتربة وهذا يؤثر بشكل واضح على تعمق الجذور حيث يقل تعمق الجذور بقلة معدل انتشار الاوكسجين .

ان لدرجة حرارة التربة تاثيرا في ظروف التهوية للتربة ومن ثم يؤثر ذلك في نمو الجذور حيث لوحظ ان ارتفاع درجة الحرارة الى 30 درجة مئوية يؤدي الى انخفاض نمو الجذور والسبب يعود الى زيادة الطلب على الاوكسجين بزيادة عملية التنفس عند ارتفاع درجة الحرارة , يتاثر نمو الجذور بتركيز بثاني اوكسيد الكربون فضلا عن تاثره بتركيز اوكسجين التربة , عندما تكون تهوية التربة رديئة فان ثاني اوكسيد الكربون يتجمع في منطقة الجذور ويؤدي ذلك الى قلة الاوكسجين وانخفاض معدل الانتشار للغازات الاخرى وهذه الظروف تؤدي الى قلة دخول الاوكسجين للتربة ومنع الغازات الاخرى من الخروج منها وغاز ثاني اوكسيد الكربون هو احد هذه الغازات والذي يؤثر في نمو النبات وكيمياء التربة .

تحت الظروف الطبيعية وجد ان التوازن بين الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون في التربة ذو اهمية كبيرة في نمو الجذور .

النباتات يمكن ان تتاقلم لرداءة التهوية وهذا يكون عن طريق :

1- تكوين فراغات هوائية داخلية في الجذور من اجل التبادل الغازي بين الجذور والمحيط الخارجي ومثال على ذلك نبات الرز وبعض النباتات المائية .
2- تكوين نظام جذري كثيف في الطبقة السطحية من التربة حيث ظروف التهوية افضل وعدم تكوين نظام جذري متعمق .

نمو الجذور تحت الظروف الهوائية الجيدة يتصف بما ياتي :
ا- يكون تعمق للجذور وهذا يزيد من طولها .
ب- يكون لون الجذور طبيعيا وبذلك يكون فاتحا .
ت- يكون معدل نمو الشعيرات الجذرية جيدا ويزداد عددها .

نمو الجذور تحت ظروف التهوية الرديئة يتصف بما ياتي :
ا- يعاق تعمق الجذور وبذلك تكون الجذور قصيرة وسميكة .
ب- يكون لون الجذور غير طبيعي وبذلك يكون غامقا .
ت- يكون معدل نمو الشعيرات الجذرية منخفضا في وحدة المساحة وبذلك يقل عددها .

3- التنفس اللاهوائي ومثال على ذلك النباتات المائية عن طريق الرايزومات وغيرها من التحورات التشريحية للنبات .

ثانيا : تهوية التربة وامتصاص الماء العناصر الغذائية

ان رداءة التهوية في التربة تؤدي الى انخفاض معدل امتصاص الماء من قبل جذور النبات , وقد عزي ذلك الى :

1- ان زيادة ثاني اوكسيد الكربون وانخفاض الاوكسجين في الترب رديئة التهوية يؤدي الى انخفاض درجة نفاذية خلايا الجذور .
2- المواد السامة الناتجة من عملية التنفس اللاهوائي وتراكمها يؤدي الى انخفاض معدل امتصاص الماء من قبل الجذور, ومن المواد التي تفرزها الجذور تحت الظروف اللاهوائية هي حامض الفورميك .والخليك والاوكزاليك وحوامض اخرى سامة .

اهم العناصر الغذائية المتاثرة بهواء التربة :

النتروجين

أ- تثبيت النتروجين بايولوجيا : تحتاج بكتريا العقد الجذرية الى تركيز مناسب من الاوكسجين في التربة لكي تقوم بعملية تحويل النتروجين الجزيئي الموجود في الجو الى نتروجين عضوي , كذلك بكتريا الازوتوبكتر ذات المعيشة الحرة في التربة تحتاج الى ظروف تهوية جيدة في التربة لكي تقوم بتثبيت النتروجين .
ب- بصورة عامة عملية تحويل النتروجين العضوي الى نتروجين معدني (المعدنة) سهل الامتصاص من قبل النبات يحتاج الى تهوية جيدة للتربة لان معدل تحلل المادة العضوية يكون اسرع تحت الظروف الهوائية منه تحت الظروف غير الهوائية .

من العمليات الرئيسية للنتروجين والتي تتاثر بتهوية التربة :
عملية التازت : هي عملية تحول الامونيوم المتكون من النتروجين العضوي الى نترات وهي عملية اكسدة ولهذا تزداد هذه العملية في الترب ذات التهوية الجيدة حيث يزداد نشاط البكتريا المسؤولة

عن هذه العملية لكونها من الكائنات الحية الدقيقة التي تحتاج الى مصدر مستمر من الاوكسجين لادامة نشاطها وتكاثرها .

$$\text{Organic N} \xrightarrow{\text{بكتريا ناتروسوموناز}} NH_4$$

$$2NH_4+3O_2 \xrightarrow{\text{بكتريا نايترو بكتر}} 2HNO_2+2H_2O+2H^+$$

$$2HNO_2 \longrightarrow 2H^+ +2NO_3$$

عملية فقد النتروجين على شكل غازات

هي عملية فقدان النتروجين من التربة على شكل غازات وهي عملية اختزال حيث تتحول النترات الى اوكسيد النتروز اوغاز النتروجين وذلك تحت الظروف اللاهوائية , البكتريا اللاهوائية التي تقوم بهذه العملية قادرة على استغلال النترات بدل من الاوكسجين وذلك كمستقبل للهيدروجين اي ان هذه البكتريا قادرة على التنفس بالنترات nitrate respiration باستغلال اوكسجين النترات :

$$C_6H_{12}O_6+4NO_3 \longrightarrow 6CO_2+6H_2O+2N_2$$

في الترب الغدقة ذات الصرف الردئ يقل تركيز الاوكسجين وبذلك يزداد معدل حصول هذه العملية.

الفسفور

لهواء التربة دور كبير في زيادة جاهزية عنصر الفسفور في التربة وهذا يكون عن طريق :

أ- في ترب المناطق الجافة وشبة الجافة تزداد الترب الكلسية وسوء التهوية لفترة زمنية معينة يؤدي الى زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكربون الذي يتفاعل مع الماء مكونا حامض الكربونيك الذي يتفاعل بدوره مع فوسفات الكالسيوم الثلاثية غير المتيسرة للنبات لصعوبة ذوبانها ويحولها الى فسفور ذائب مثل فوسفات الكالسيوم الاحادية .

ب- تؤدي ظروف الاختزال نتيجة ظروف سوء التهوية ولاسيما في الترب الحامضية الى تحويل فوسفات الحديد غير الجاهزة للامتصاص الى فوسفات الحديدوز سهلة الامتصاص لقابليتها على الذوبان في الماء .

على الرغم من ان سوء التهوية قد ادى الى زيادة جاهزية الفسفور فان سوء التهوية له مردود سلبي على نمو النبات .

الكالسيوم

معدن الكالسايت $CaCO_3$(calcite) من المعادن قليلة الذوبان , في الترب سيئة التهوية يزداد تركيز ثاني اوكسيد الكربون فتتحول كاربونات الكالسيوم غير الذائبة الى بيكاربونات الكالسيوم الذائبة :

$$CaCO_3 +CO_2 +H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

الكبريت

عملية الاكسدة هي المسؤولة عن تحويل الكبريت العضوي الى كبريتات جاهزة للامتصاص من قبل النبات وتتم هذه العملية عن طريق بكتريا من نوع Thiobacillus وهي بكتريا هوائية تحتاج الى الاوكسجين , لذلك فان عملية تعدين الكبريت العضوي تزداد بوجود الاوكسجين بتراكيز مناسبة :

$$\text{Organic S} \longrightarrow H_2S$$

$$2H_2S + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2S$$

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4$$

العناصر الصغرى

الحديد

في الترب ذات التهوية الرديئة يؤدي نقص الاوكسجين الى زيادة ذوبان الحديد في التربة وذلك بسبب ان ظروف الاختزال تساعد على اختزال الحديديك Fe^{+3} الى حديدوز Fe^{+2}الاكثر ذوبانا ، في الترب الغدقة مثل حقول الرز يصل تركيز الحديد الذائب الى حد السمية نتيجة لزيادة معدل عملية الاختزال .

المنغنيز

تعد صورة المنغنيز Mn^{+2} اكثر الصور جاهزية للامتصاص من قبل النبات ، ويزداد تركيز هذه الصورة تحت ظروف الاختزال في محيط التربة ورداءة التهوية تحت الظروف الغدقة ، مثل حقول الرز حيث تكون عمليات الاختزال هي السائدة ويكون محتوى هذه الترب من المنغنيز الجاهز للامتصاص عاليا وقد يصل الى حد السمية نتيجة لزيادة معدل عملية الاختزال .

ان امتصاص العناصر الغذائية من قبل الجذور وانتقالها داخل النبات يعتمد اعتمادا كبيرا على تجهيز الجذور بالاوكسجين، وجد ان سوء التهوية يؤدي الى نقص امتصاص العناصر الغذائية وان اشد العناصر تاثرا هو البوتاسيوم واقلها تاثرا هو الفسفور، وقد رتبت العناصر الغذائية حسب تاثرها بسوء التهوية كالاتي :

بوتاسيوم > كالسيوم >مغنيسيوم > نتروجين > فسفور .

علاقة التربة بالماء والنبات
المحاضرة الخامسة
حرارة التربة وعلاقتها بالماء والنبات

تعد درجة حرارة التربة من عوامل النمو المهمة حيث تؤثر بصورة مباشرة في نمو النبات , وبصورة غير مباشرة وذلك عن طريق تاثيرها على الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة والتي تؤثر بدورها في نمو النبات . تعد التربة بمكوناتها مخزنا رئيسيا للحرارة حيث تعمل كمستقبل للحرارة خلال النهار وكمصدر للحرارة الى سطح التربة خلال الليل . وبنظرة فصلية فان التربة تخزن الحرارة خلال الفصول الدافئة وتحررها للهواء الجوي خلال الفصول الباردة من السنة . ان المدى الحراري للتربة خلال الصيف والشتاء ينخفض بزيادة العمق وذلك في كل من الترب ذات الغطاء النباتي والترب العارية من الغطاء النباتي .

العوامل المؤثرة في درجة حرارة التربة

العوامل الخارجية : وتشمل

أ- اشعة الشمس : كمية الحرارة التي مصدرها الشمس والتي تصل الى التربة تعتمد على عدة عوامل منها :

1- زاوية تقابل التربة مع الشمس ، كلما تزداد الزاوية فان كمية الاشعة التي تستلم بوحدة المساحة تنخفض
2- خط العرض – البعد والقرب عن خط الاستواء
3- الارتفاع عن مستوى سطح البحر – كلما زاد الارتفاع كلما انخفضت درجة حرارة التربة
4- فصول السنة , وخلال الليل والنهار لليوم الواحد .
5- تقل كمية اشعة الشمس التي تصل الى التربة كلما كان هناك عوامل عازلة مثل الهواء وبخار الماء والغيوم والغبار والدخان والثلج والغطاء النباتي .

ب- التوصيل الحراري

ت- الماء : يؤثر الماء من خلال عمليات التكاثف والتبخر ودرجة حرارة ماء المطر .

ث- تغطية التربة وعزلها عن حرارة الجو : يكون العزل عن طريق :
الغطاء النباتي , الاغطية الاخرى بانواعها mulch, الثلج , الغيوم , الضباب .

هـ- الحراثة : تؤثر الحراثة على درجة حرارة التربة وذلك عن طريق :

1- تقليل تاثير المواد العازلة التي كانت موجودة على سطح التربة كالغطاء النباتي .
2- التعجيل في جفاف سطح التربة مما يسمح بدخول الحرارة والبرودة الى طبقات التربة .
3- تفكيك تركيب التربة وهذا يؤدي الى زيادة المسامية وبذلك تكون الطبقة المحروثة متاثرة بحرارة الهواء .
4- ان حراثة الارض وتركها بدون زراعة لموسم زراعي واحد من اجل خزن الرطوبة يؤدي الى زيادة درجة حرارة التربة وزيادة نشاط الكائنات الحية .
5- الاسراع في تحلل المادة العضوية وكذلك تتغير الكثير من صفات التربة الفيزيائية والكيميائية .

و- الزراعة : المحاصيل الزراعية تعترض اشعة الشمس وتشتت حرارتها للتقليل من تاثيرها في رفع درجة حرارة التربة .

ان طريقة واتجاه الزراعة لها تاثير في درجة حرارة التربة , مثال ذلك نبات الذرة لو زرع على خطوط اتجاهها من الشمال الى الجنوب فان ذلك يسمح لاشعة الشمس اكثر بالوصول الى سطح التربة مما لو كانت الزراعة من الشرق الى الغرب , ان زراعة بذور الحنطة بطريقة تغطي الحقل وليس على شكل خطوط ينتج عنها درجة حرارة تربة اقل مما لو زرعت البذور على خطوط .
ان نتح النبات للماء وعكسه لاشعة الشمس واستهلاكه للطاقة خلال عملية التركيب الضوئي يؤدي الى خفض درجة حرارة الجو المحيط بالنبات وبصورة غير مباشرة يؤدي ذلك الى خفض درجة حرارة التربة .

ي- اغطية التربة mulching
يقصد بالمصطلح mulching هو اضافة او استحداث اي غطاء للتربة والذي يعمل كعازل لنقل الحرارة او البخار ,ولقد استعمل في الزراعة العديد من الاغطية منها :
الغبار , الادغال , بقايا النبات بعد الحصاد stubble(الجذامة) , التبن .
هناك العديد من الاغطية المصنعة للحفاظ على رطوبة التربة وحرارتها مثل :
الورق بنسجته والوانه المختلفة , رقائق الالمنيوم ,احجار ناعمة ,اغطية النايلون ذات الالوان المختلفة .

ز- الري :
تاثير درجة حرارة ماء الري في درجة حرارة التربة يعتمد على درجة حرارة كل من الماء والتربة , ان تاثير درجة حرارة ماء الري على درجة حرارة التربة صغير ولفترة قصيرة ايضا .

العوامل الداخلية :وتشمل :

1- السعة الحرارية : وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة الحرارة في وحدة حجم اوكتلة من التربة درجة واحدة (سعرة /سم^3 – درجة مئوية) او (سعرة /غم – درجة مئوية).

من الناحية البيئية تعد قيم السعة الحرارية التي تعتمد الحجم ذات تاثير معنوي اكبر من القيم المعتمدة على الوزن , ومن هذا يكون حجم التربة وليس وزنها المتاثر بالحرارة هو المهم , المادة الدبالية استنادا الى الوزن ذات سعة حرارية اكبر من الترب المعدنية والعكس صحيح .
السعة الحرارية للتربة تتاثر برطوبة التربة , حيث ان زيادة المحتوى الرطوبي للتربة يؤدي الى زيادة كمية الحرارة المطلوبة لرفع درجة الحرارة درجة مئوية (السعة الحرارية للماء عالية) , وبما ان الترب العضوية تحتوي على نسبة عالية من المسامات فانها تكون ذات سعة حرارية عالية عندما تكون مشبعة بالماء .

2- معامل التوصيل الحراري : ان معامل التوصيل الحراري للترب المعدنية الجافة يختلف من تربة الى اخرى ولكن بشكل طفيف, والعوامل المؤثرة في معامل التوصيل الحراري :

1- المادة العضوية : زيادة المادة العضوية تشير الى معامل توصيل حراري واطئ ومعامل التوصيل الحراري لمادة التربة العضوية هو نصف معامل التوصيل الحراري للمكونات المعدنية , ولهذا فان الترب المعدنية لها معامل توصيل حراري اعلى من الترب العضوية .
2- نسجة وتركيب التربة : الترب ذات النسجة الرملية لها معامل توصيل حراري اعلى من الترب الطينية , وعندما يزداد الوزن الحجمي وتقل المسامية فان انتقال الحرارة يزداد وهنا يمكن

القول ان التوصيل الحراري يزداد بزيادة الكثافة الظاهرية للتربة , والترب المضغوطة لها توصيل حراري اعلى مما لو كانت نفس التربة رخوة وهذا يعود الى كون الدقائق المعدنية للتربة توصل الحرارة اكثر من الهواء . التربة التي يكون تركيبها صفائحي وكتلي لها معامل توصيل حراري اكبر من التركيب الحبيبي .

3- رطوبة التربة : ان معامل التوصيل الحراري للتربة الجافة يزداد باضافة الماء والسبب :

أ- الاتصال الحراري يتحسن عندما يكون الارتباط بين حبيبات التربة قويا بواسطة الشد السطحي .

ب- على الرغم من ان الماء غير جيد كموصل حراري مثل حبيبات التربة لكنه افضل في ارسال الحرارة من الهواء , والحرارة يمكن ان تنتقل من خلال الماء عن طريق التوصيل اسرع من انتقالهاعن طريق الحمل بواسطة الهواء .

ان الترب الرطبة ذات معامل توصيل حراري عال نسبيا والترب الجافة ذات معامل توصيل حراري واطئ نسبيا .

3-لون التربة : ان الترب ذات الالوان الداكنة هي افضل في امتصاص الحرارة وبعثها من الترب الفاتحة وبذلك تكون درجة حرارة الترب الداكنة اعلى من درجة حرارة الترب الفاتحة , والترب الفاتحة اللون تعكس الاشعاع الشمسي اكثر من الترب داكنة اللون .

4- النشاط الحيوي : النشاط الحيوي داخل التربةيطلق حرارة وكلما كان هذا النشاط مرتفعا ازدادت درجة حرارة التربة , والترب التي يكون محتواها من المادة العضوية والعناصر الغذائية والهواء والماء جيدا تكون حرارتها اعلى ببضع درجات من الترب التي يكون نشاطها الحيوي منخفضا .

حرارة التربة ونمو النبات

اولا: درجة حرارة التربة والانبات

النباتات لها درجات حرارة منخفضة ومثلى وعليا من اجل انبات بذورها , ولهذا السبب فانه من المهم من الناحية التطبيقية ان تبذر البذور عندما تكون درجة حرارة التربة عند حدها الامثل من اجل الاسراع بالانبات وخلاف ذلك فان البذور ربما تتعرض للفطريات وربما تنخفض سرعة الانبات الى الدرجة التي عندها تقوم الادغال بمنافسة المحصول الاقتصادي .

ثانيا : درجة حرارة التربة ونمو الجذور

لدرجة حرارة التربة تاثيرا كبيرا في نمو الجذور وتختلف النباتات من حيث درجة هذا التاثير , لنمو الجذور درجة حرارة صغرى تنمو عندها الجذور ببطأ ويزداد النمو برفع درجة الحرارة الى الحرارة المثلى ثم يقل النمو بعد ذلك برفع درجة الحرارة , تؤثر درجة الحرارة في شكل وتوزيع الجذور وانه عند الدرجة المثلى يزداد انقسام خلايا الجذر , وتكون مواصفات الجذور عند

درجة الحرارة الواطئة بانها اكثر بياضا ويزداد سمك قطرها وتكون اقل تفرعا مما هو عليه عند درجات الحرارة الدافئة .

ثالثا : درجة حرارة التربة وامتصاص الماء
ان انخفاض درجة حرارة التربة يؤدي الى انخفاض معدل امتصاص الماء من قبل جذور النبات , وهذا ربما يعود الى الاسباب التالية :

1- لزوجة الماء : ان انخفاض درجة حرارة التربة يؤدي الى زيادة لزوجة ماء التربة مما يؤثر على حركة الماء .
2- لزوجة بروتوبلازم خلايا الجذر تنخفض بانخفاض درجة الحرارة .
3- ذوبانية الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون في الماء داخل الخلية النباتية تزداد مما يؤدي الى انخفاض درجة تفاعل الخلية وهذا يؤثر على النشاط الانزيمي والذي بدوره يؤثر في امتصاص الماء من قبل خلايا الجذر .
4- ان العامل الازموزي للخلية يزداد بانخفاض درجة الحرارة وهذا يقلل من نفاذية الاغشية الخلوية .

رابعا : درجة حرارة التربة وامتصاص العناصر الغذائية
درجات الحرارة المنخفضة للتربة تؤدي الى انخفاض جاهزية العناصر الغذائية وخاصة التي تعتمد جاهزيتها على نشاط الكائنات الحية الدقيقة بسبب انخفاض معدل نشاط الجذور في عملية الامتصاص وانخفاض معدل تنفس النبات وانخفاض معدل نفاذية الاغشية الخلوية .

خامسا : درجة حرارة التربة وانتقال نواتج التركيب الضوئي
درجة حرارة الجذور المنخفضة تبطئ من معدل العمليات الحيوية للجذور وتقلل من معدل استقباله للكربوهيدرات , ان انخفاض حاصل النبات تحت درجات الحرارة المنخفضة لايعزى فقط الى انخفاض معدل امتصاص الماء والعناصر الغذائية وانما يعزى ايضا الى انخفاض معدل انتقال المواد المصنعة من الاجزاء العليا للنبات وتداخلها واعتراضها للعمليات الحيوية , كذلك فان تجمع الكربوهيدرات في الاوراق يؤدي الى انخفاض معدل عملية التركيب الضوئي وبالتالي قلة الحاصل .

سادسا : درجة الحرارة وتمثيل النتروجين
يمتص النتروجين بشكل كبير من قبل جذور النبات على شكل نترات او امونيوم وتمثيل هذه الايونات يتاثر بدرجة حرارة التربة . ان وجود درجة حرارة جذرية غير مناسبة للنمو يؤدي الى تجمع النترات في النبات وذلك بسبب انخفاض معدل نشاط انزيم Nitrate reductase المسؤول عن اختزال النترات داخل النبات.

علاقة التربة بالماء و النبات

المحاضرة السادسة

الخواص الكيميائية للتربة وعلاقتها بالماء والنبات

السعة التبادلية الكاتيونية وعلاقتها بنمو النبات

الكاتيون هو احد انواع الايونات التي هي جزيئات مشحونة كهربائيا تتكون عندما تفقد الذرة المتعادلة (اومجموعة من الذرات) اوتكتسب واحدا او اكثر من الالكترونات, وفقدان الالكترون من الذرة يجعلها ذات شحنة موجبة وبذلك تسمى بالكاتيون ولكنها عندما تكتسب الكترون فانها تصبح ذات شحنة سالبة وبذلك تسمى بالانيون , اما التبادل فتعريفه هو ابدل ايون بايون اخر وفي حالة التبادل الكاتيوني فتكون الحالة ابدال كاتيون بكاتيون اخر وذلك من الطين المشحون كهربائيا او من جزيئات الدبال الى محلول التربة .

الترب تختلف فيما بينها من حيث حمل الكاتيونات فهناك ترب ذات قدرة اكبر على حمل الكاتيونات من ترب اخرى , وبذلك فان كميةالكاتيونات التي تكون التربة قادرة على حملها تسمى بالسعة التبادلية الكاتيونية (CEC) ووحدةقياسها هي الملمكافئ لكل 100غرام تربة $meq100g^{-1}$ او سنتيمول شحنة كغم $^{1-}$.

ان معادن الطين والمادة العضوية للتربة تقوم بامتصاص الكاتيونات بسبب شحناتها السالبة , وهذا الامتصاص للكاتيونات يؤثر في الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة وذلك اعتمادا على نوعية الكاتيون ونسبته من السعة التبادلية الكاتيونية , ومثال على ذلك الترب ذات المحتوى العالي من الصوديوم المتبادل او المغنيسيوم المتبادل تكون ذات صفات فيزيائية غير جيدة وغير ملائمة لنمو النبات وذلك لعدم مقدرة المعدن الطيني لهذه الترب على التجمع بشك حبيبي يعطي التربة تركيبا جيدا وايضا اذا كانت نسبة البوتاسيوم المتبادل في التربة اقل من 1% من المجموع الكلي للكاتيونات المتبادلة فان مثل هذه الترب تعد ترب فقيرة بعنصر البوتاسيو,م وتفتقد للموازنة الايونية وبذلك فانها ربما تحتاج الى اضافة البوتاسيوم على شكل اسمدة كيميائية , كذلك اذا كانت نسبة الكالسيوم الى المغنيسيوم في المعقد التبادلي عالية جدا فان هذا يدل على افتقار التربة لعنصر المغنيسيوم وربما يؤدي ذلك الى ظهور اعراض نقص المغنيسيوم على النباتات النامية في مثل هذه الترب , اما من ناحية النسبة بين المغنيسيوم الى البوتاسيوم فان زيادة البوتاسيوم وقلة المغنيسيوم يؤدي الى قلة محتوى معظم النباتات العلفية (خاصة في الترب الرملية ذات السعة التبادلية الكاتيونية المنخفضة)من عنصر المغنيسيوم مما يؤدي الى حصول مرض الكزاز grass tetany في الحيوانات التي تتغذى على هذه النباتات العلفية , ولهذا فانه عند اجراء التحليلات للتربة لمعرفة نقص المغنيسيوم فانه يجب ان ناخذ بنظر الاعتبار تواجد عنصري الكالسيوم والبوتاسيوم في التربة لعلاقة المغنيسيوم بهما .

التبادل الكاتيوني وعلاقته بالتربة والنبات

يؤثر التبادل الكاتيوني في عدد من الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة والتي بدورها تؤثر في نمو النبات والكائنات الحية الاخرى في التربة , ومن هذه التاثيرات :

1- نوعية التربة : ان نوعية الكاتيون المتبادل يؤثر بشكل كبير في نوعية التربة , يمكن تقسيم الترب الى ثلاث انواع اعتمادا على الكاتيون السائد على معقد التبادل :

اولا: الترب المتعادلة وذات القاعدية الخفيفة : في مثل هذه الترب يوجد عنصر الكالسيوم بكميات كبيرة مقارنة ببقية الكاتيونات الرئيسة والتي هي المغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم .

ثانيا : الترب الحامضية : في مثل هذه الترب يكون ايون الهيدروجين هو السائد ويحل محل الكاتيونات القاعدية على سطوح التبادل . هذه الترب تحتوي على قليل من المعدن الطيني المونتمورولنيت ويزداد فيها الكاولنيت الذي له سعة تبادلية كاتيونية منخفضة وبذلك تكون السعة التبادلية الكاتيونية للترب الحامضية منخفضة ايضا مقارنة بالترب القاعدية وهذا يؤثر بشكل كبير على خزين هذه الترب من العناصر الغذائية بشكلها المتبادل .

ثالثا : الترب القلوية : في مثل هذه الترب يزداد المحتوى من الصوديوم المتبادل وتكون درجة تفاعل التربة مرتفعة جدا.

2- يؤثر التبادل الكاتيوني للتربة في الصفات الفيزيائية حيث ان الترب التي تكون مشبعة بعنصر الكالسيوم تكون ذات تركيب حبيبي جيد يساعد على حركة الماء في التربة ونفوذه في مقدها وهذا يؤدي الى جعل عملية اعداد وحراثة مثل هذه الترب سهل وبشكل ملائم لنمو النبات . اما الترب التي يسود فيها عنصر الصوديوم فان هذا سوف يؤدي الى تكوين تركيب ردئ للتربة بحيث تكون دقائق هذا التركيب مشتته ومتفرقة مما قد يؤدي الى تكوين طبقات صلدة غير نفاذة للماء .
ان تركيب حبيبات التربة بشكل مجاميع بوجود الكالسيوم يعرف بعملية الـ Floccculation والتي تربط فيها الكاتيونات بسطوح الطين اي بالشحنات السالبة الموجودة على سطوحه بقوة كبيرة بسبب قرب المسافة بين كاتيونات الكالسيوم والطين , بينما الكاتيونات ذات القابلية العالية للتميوه مثل الصوديوم (more hydrated) تكون قوة ارتباطها بالطين واطئة بسبب بعد المسافة بينها وبين سطوح الطين مما يؤدي الى ترك شحنات سالبة على سطوح الطين غير متعادلة بشحنات موجبة وبذلك تكون الحصيلة تنافر جزيئات الطين وخاصة اذا كانت هذه الجزيئات في معلق مائي فانها تتباعد وتتفتت وتكون تركيبا رديئا للتربة وهذه العملية تسمى بالـ Dispersion .
يمكن ان نسلسل القواعد الرئيسية من حيث تنشيطها لعملية التجمع الحبيبي لجزيئات الطين :

Ca > Mg > K > Na

ان هذا التسلسل يشابه التسلسل الكاتيوني من حيث القدرة الامتزازية على سطوح الطين ,وبذلك يمكن القول ان الكاتيونات الاكثر قدرة على الامتزاز هي الاكثر قدرة على تجميع حبيبات التربة واعطائها تركيبا جيدا ملائما للعمليات الزراعية .

3- تؤثر السعة التبادلية الكاتيونية غير المتزنة من حيث محتواها الكاتيوني في نشاط الاحياء الدقيقة لكون التربة الوسط لنشاط ونمو الكائنات الحية , قلة الكالسيوم وزيادة تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة وسطوح التبادل يؤثر في نمو البكتريا ، حيث ان بكتريا الازوتوبكتر قد لاتتواجد بصورة جيدة في الترب التي لاتحتوي على الكالسيوم , وفي الترب اليي تقل فيها كمية الكاتيونات القاعدية ويزداد فيها نشاط الكاتيونات الحامضية يقل نشاط البكتريا المسؤولة عن عملية التازت , ان

تكوين العقد الجذرية ببكتريا الرايزوبيا يتاثر بتركيز الكالسيوم وان نقص الكاسيوم يؤثر في معدل اختزال النتروجين في العقد الجذرية .

4- تعد السعة التبادلية الكاتيونية للتربة الوسيلة التي بواسطتها تستطيع التربة خزن عدد من الكاتيونات منها البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم التي يمكن ان تتحرر من سطوح التبادل الغروية الى محلول التربة وبذلك تكون ذائبة وميسرة للنبات والترب ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية تعد مخزنا كبيرا للكاتيونات الجاهزة للامتصاص من قبل النبات
(الكمية الجاهزة من العنصر الغذائي تشمل الجزء المتبادل + الجزء الذائب من العنصر)

5- السعة التبادلية الكاتيونية للتربة تقوم بايقاف او التقليل من فقدان كاتيونات التربة الجاهزة للاستغلال من قبل النبات عن طريق عمليات الغسل وخاصة في ترب المناطق الرطبة .

علاقة التربة بالماء والنبات
المحاضرة السابعة
درجة تفاعل التربة وعلاقتها بنمو النبات

درجة تفاعل التربة هي اللوغارتم السالب لنشاط ايونات الهيدروجين ويرمز لها كميا (pH) . الترب ذات درجة تفاعل اعلى من 7 هي ترب قاعدية يسود في محلولها ايونات الهيدروكسيل (OH) بدرجة اعلى من ايونات الهيدروجين وتركيز هذين الايونين ذو اهمية كبيرة لكونه يسيطر اويعود اليه درجة ذوبانية عدد من العناصر الغذائية وكذلك تؤثر في نشاط الكائنات الحية الدقيقة , اما الترب الحامضية فهي التي تحتوي على تراكيز عالية من ايونات الهيدروجين مع / او ايونات الالمنيوم مقارنة بتراكيز الكالسيوم والمغنيسيوم وقيمة درجة التفاعل لهذه الترب هي اقل من 7, وهي ايضا تؤثر بدورها في جاهزية العناصر الغذائية ونشاط الكائنات الدقيقة التي تؤثر بدورها في نمو النبات . ان معظم النباتات تنمو بشكل جيد بين درجة تفاعل 6 و7 .

يمكن تلخيص تاثيرات درجة تفاعل التربة في نمو النبات كما ياتي :

1- التاثر الضار للتراكيز العالية من ايونات الهيدروجين والالمنيوم في الترب الحامضية وايونات الكالسيوم والمغنيسيوم في الترب القاعدية في نمو النبات .
2- تاثير درجة تفاعل التربة في جاهزية العناصر الغذائية والتي تؤثر بدورها في نمو النبات .
3- تاثير درجة تفاعل التربة في نشاط الكائنات الحية الدقيقة ودور ذلك في نمو النبات .

اولا : درجة تفاعل التربة والتاثير الايوني السام

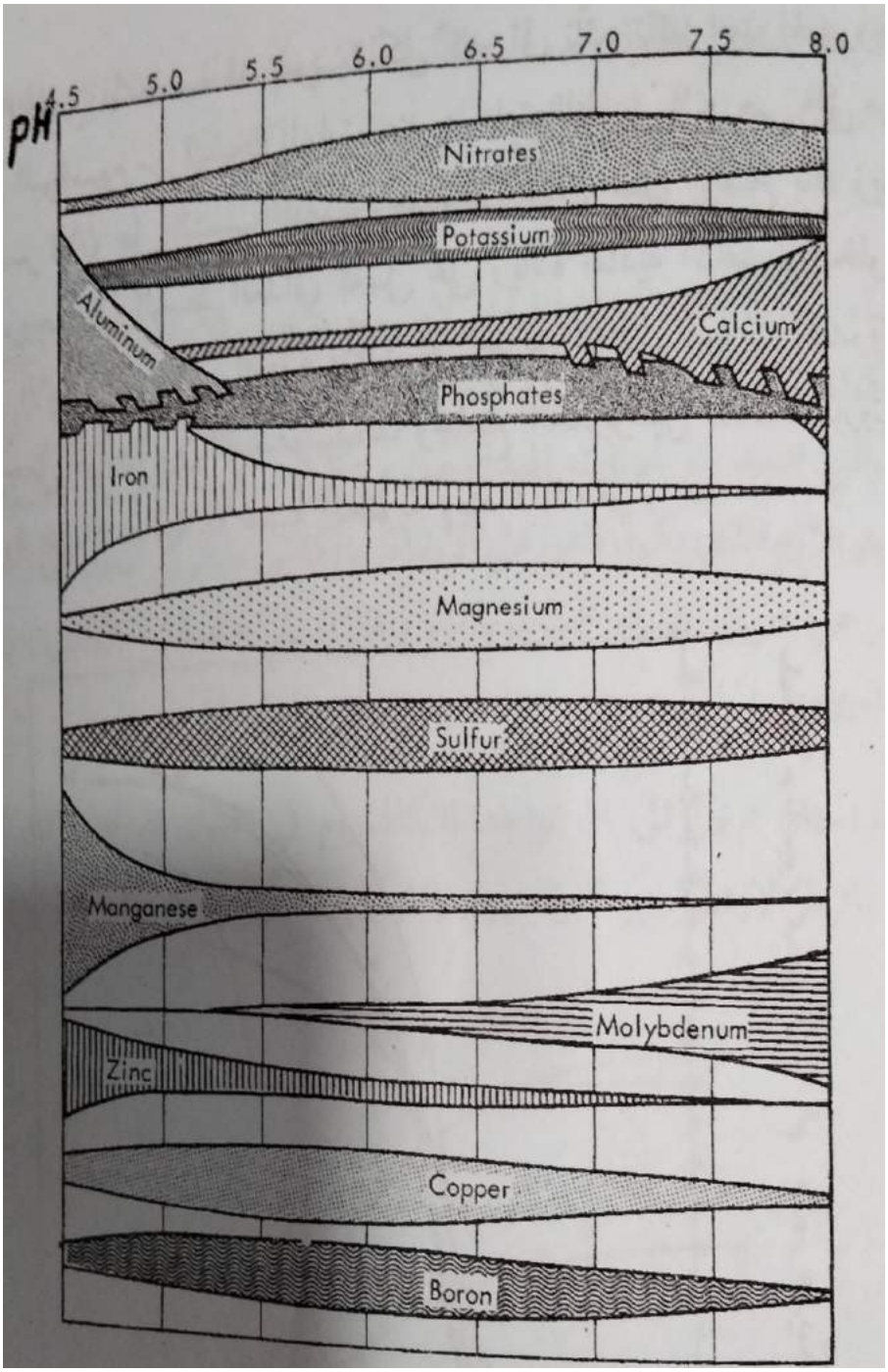
سمية الالمنيوم من العوامل المهمة التي تقلل من درجة خصوبة التربة والتي تؤثر بدورها في نمو النبات , وتعد السمية مشكلة كبيرة في الترب شديدة الحامضية وخاصة في طبقات التربة تحت السطحية التي من الصعوبة اضافة الكلس لها , وتقل مشكلة السمية كلما ازدادت درجة تفاعل التربة وهي غير متواجدة في الترب التي درجة تفاعلها اكثر من 5.5 , وتعد هيدروكسيدات الالمنيوم هي العامل المسيطر على تركيز الالمنيوم في محلول الترب الحامضية استنادا الى درجة ذوبانية $Al(OH)_3$ في المحلول , ان درجة تفاعل التربة هي المسؤولة عن نشاط ايونات الالمنيوم في التربة .

ان اضافة الاسمدة الفوسفاتية يقلل من خطورة التراكيز العالية للالمنيوم وذلك عن طريق تفاعل الفسفور مع الالمنيوم وتكوين فوسفات الالمنيوم غير القابلة للذوبان .

ان زيادة تركيز الالمنيوم في محلول التربة وظهور اعراض سميته يعيق من امتصاص عنصري الفسفور والكالسيوم وغيرها من الايونات فضلا عن تاثيره الفسيولوجي الضار في النشاط الانزيمي وبوتوبلازم الخلية النباتية .

ثانيا: درجة تفاعل التربة والامتصاص الايوني

لكل عنصر غذائي ضروري حدود عليا ودنيا من حيث جاهزيته في محلول التربة تحت تاثير درجة تفاعل التربة , والشكل يوضح العلاقة بين درجة تفاعل التربة وجاهزية العناصر الغذائي في التربة بشكل عام



لوحظ ان امتصاص البوتاسيوم من قبل جذور نبات الشعير من المحلول المغذي 0.001KCl قد انخفض بشكل سريع عند درجة تفاعل المحلول التي هي اقل من 6, وعند درجة تفاعل 4.25فان معدل الامتصاص كان سالبا اي ان النبات بدأ يفقد البوتاسيوم , ان انخفاض امتصاص البوتاسيوم في درجات التفاعل المنخفضة قد يعود بشكل كبير الى تاثير تركيز ايون الهيدروجين , اما عملية فقدان البوتاسيوم من انسجة النبات عند درجات التفاعل التي اقل من 4.25يمكن ان تفسر على اساس تاثير viets الذي يوضح بان زيادة تركيز ايونات الهيدروجين في الوسط الغذائي تعمل على زيادة نفاذية الاغشية الخلوية وخلق حالة التدفق الايوني الى خارج الخلية وذلك عن طريق احلال ايونات الهيدروجين محل الكالسيوم وجعل الرابطة بين الفوسفوليبيدات ومجاميع الكاربوكسيل العائدة للبروتينات غير قوية مكسورة فتزداد نفاذية الاغشية الخلوية ويزداد التدفق .

وجد ان انخفاض درجة تفاعل المحلول عن 5 قد ادى الى انخفاض معدل امتصاص المغنيسيوم وان درجات التفاعل المنخفضة جدا قد تسبب فقدان خلايا جذور نبات الشعير لعنصر المغنيسيوم عن طريق التدفق .

وجد ان زيادة تركيز الصوديوم والبوتاسيوم في المحلول يؤدى الى انخفاض معدل امتصاص نبات الذرة الصفراء لعنصر الكالسيوم وذلك بسبب التزاحم الايوني على جهات الامتصاص كذلك فان امتصاص الكالسيوم قد توقف عند درجة تفاعل 3 بسبب زيادة تركيز ايونات الهيدروجين وهنا تاثير ايونات الهيدروجين هو احداث ضرر ميكانيكي بالجذور مما يؤثر في عملية الامتصاص ,اما تاثير الهيدروجين بارتفاع درجة التفاعل (اي وجود الكالسيوم بتراكيز اعلى من تراكيز الهيدروجين) فهو تاثير تزاحمي وليس تاثيرا جارحا للجذور.

وجد ان انخفاض درجة تفاعل التربةيؤدي الى زيادة جاهزية عنصر الالمنيوم , كما ان اضافة المادة العضوية الى التربة يؤدي الى خفض تركيز الالمنيوم في محلول التربة وذلك بسبب تكوين مركبات معقدة من المادة العضوية والالمنيوم .

ان الترب الحامضية ذات محتوى من المنغنيز الجاهز اعلى من الترب غير الحامضية .

ان امتصاص الانيونات يتاثر بشكل قليل بايونات الهيدروجين ولكن امتصاصها يتاثر بشكل كبير بزيادة تركيز OH في المحلول , فقد وجد ان ايون الهيدروكسيل (OH^-)يزاحم ويوقف امتصاص كل من $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{-2} وذلك عند درجة تفاعل 7 , اما من حيث تاثير درجة تفاعل الوسط الغذائي في صور امتصاص الفسفور فلقد وجد انه عند درجات التفاعل العالية يزداد امتصاص الفسفور على صورة HPO_4^{-2} ويقل امتصاص الفسفور على صورة $H_2PO_4^-$. اما عند درجات التفاعل المنخفضة فيزداد امتصاص الفسفور على صورة$H_2PO_4^-$ ويقل امتصاص الفسفور على صورة HPO_4^{-2} .

ان زيادة تركيز OH يقلل من امتصاص الكلوريد كما ان زيادة درجة تفاعل التربة تؤدي الى زيادة الكمية الممتصة من الامونيوم وتقلل الكمية الممتصة من عنصر الفسفور .

ثالثا : درجة تفاعل التربة و نشاط الكائنات الحية الدقيقة

نشاط البكتريا والاكتينومايسيت يقل وقد يتوقف لبعض الانواع عند انخفاض درجة تفاعل التربة عن 5.5 بينما لاتتاثر الفطريات بهذه الدرجة من حموضة التربة . البكتريا

المسؤولة عن عملية التازت تكون حساسة للحموضة , اما البكتريا المسؤولة عن عن تثبيت النتروجين مثل الازوتوبكتر فلا تعمل بشكل جيد في حالة انخفاض درجة التفاعل عن 6 اما البكتريا التعايشية مع المحاصيل البقولية فتتاثر بشكل واضح عند درجة التفاعل الحامضية المعتدلة والحامضية الشديدة بينما هناك انواع من بكتريا العقد الجذرية مثل بكتريا فستق الحقل قادرة على تحمل الظروف الحامضية الشديدة , اما البكتريا المسؤولة عن اكسدة الكبريت فانها بكتريا اختيارية تعمل تحت الظروف الحامضية الشديدة والظروف المعتدلة او القاعدية .

ان سعة التربة التبادلية الكاتيونية يمكن ان تتغير بتغير صفات التربة الكيميائية ومثال على ذلك درجة تفاعل التربة حيث ان زيادة درجة تفاعل التربة تؤدي الى زيادة سعتها التبادلية الكاتيونية وهذا يعود الى سببين :

1- زيادة انفصال الهيدروجين من المركبات العضوية بارتفاع درجة التفاعل , مما يؤدي الى اضافة جهات ذات شحنات سالبة قادرة على عملية التبادل .
2- الشحنات الموجبة لمركبات الحديد والالمنيوم الهيدروكسيلية تقل بارتفاع درجة تفاعل التربة وبذلك تزداد محصلةالشحنات السالبة لسطوح معادن الطين , ومن هذا يمكن القول ان الترب ذات المحتوى العالي من المادة العضوية او مركبات الحديد والالمنيوم الهيدروكسيلية تكون سعتها التبادلية الكاتيونية معتمدة بشكل كبير على درجة تفاعل التربة .

علاقة التربة بالماء والنبات
المحاضرة الثامنة
الترب الكلسية

ان كثيرا من الترب المنتجة في المناطق الجافة وشبة الجافة هي ترب كلسية غنية بكاربونات الكالسيوم الحرة (الجير) في مقداتها وهي ترب غير ملحية حيث ان درج توصيلها الكهربائي اقل من 4 دسي سيمنز م$^{-1}$وذات درجة تفاعل من 7.5- 8.2 كحد اعلى ونسبة الصوديوم المتبادل ESP اقل من 10 ، الجير في هذه الترب يوجد اعتياديا في التربة السطحية ولكن عندما تكون هناك امطارا كثيرة فان تجمع الجير يكون بمواقع عميقة من مقدات هذه الترب، والترب الكلسية اعتياديا لاتظهر مشاكل كبيرة في ادارتهاولكن يمكن ان يكون هناك عدم توازن ايوني بسبب ان بعض العناصر الضرورية تكون غير ذائبة وغير جاهزة للامتصاص مثل العناصر الصغرى والفسفور فضلا عن مزاحمة الكالسيوم للقواعد في عملية الامتصاص.

ان كاربونات الكالسيوم هي ملح ذو حامض خفيف (حامض الكربونيك H_2CO_3) وقاعدة قوية $Ca(OH)_2$ وعندما تذوب كاربونات الكالسيوم بالماء فانها تسيطر على تحلل الماء بواسطة القاعدة القوية وذلك بانتاج ايون OH والمحصلة تكون رفع درجة تفاعل التربة .

معالجة الترب الكلسية

قبل التطرق الى طرق معالجة الترب الكلسية وخفض درجة تفاعلها لغرض زيادة الانتاجية فانه من المفضل التطرق الى اهم مصادر الحموضة للتربةلغرض الاستفادة منها عند خفض درجة تفاعل الترب الكلسية :

1- مادة الاصل الحامضية والتي من ضمنها الصخور الحامضية مثل granites ,sandstones, shales تعد مصدرا لحموضة التربة .
2- فرز الجذور في عملياتها الحيوية الهيدروجين وثاني اوكسيد الكربون ولاسيما عند امتصاصها الايونات الموجبة

$$CO_2 + H_2O \text{---------} \rightarrow H_2CO_3$$

3- عملية امتصاص القواعد من قبل المحاصيل مثل الكالسيوم والمغنيسيوم .
4- عملية غسل القواعد من المحور الجذري .
5- عملية التعرية المائية والريحية وتاثيرها في ازالة القواعد .
6- ترسب الحوامض مثل الكبريتيك والنتريك

$$SO_2 + H_2O + 1l2O_2 \text{--------} \rightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

$$NO_2 + H_2O + 1l2O_2 \text{--------} \rightarrow 2H^+ + NO_3^-$$

7- اضافة الاسمدة المولدة للحموضة الكبريتية والامونية .
8- هناك عدد من التفاعلات التي تجري في التربة تشارك في خفض درجة تفاعل التربة :
أ- تحرر الالمنيوم والهيدروجين من السطوح الغروية للتربة .
ب- تكون حامض الكربونيك من التنفس البايولوجي داخل التربة :

$$CO_2 + H_2O \text{ <--------} \rightarrow H_2CO_3 \text{ <--------} \rightarrow H^+ + HCO_3^-$$

ت- عملية التازت للاسمدة النتروجينية الحاوية على الامونيوم حيث ان كل جزيئة امونيوم تحرر جزيئتين من الهيدروجين :

$$2NH_4^{++} + 3O_2 \text{ --------} \rightarrow 4H^+ + 2NO_3^- + 2H_2O$$

ث- اكسدة الكبريت في التربة ذات التهوية الجيدة

$$2S^{++} + 3O_2 + 2H_2O \text{ --------} \rightarrow H_2SO_4 \text{ --------} \rightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

ج- تفاعلات الالمنيوم مع الماء في التربة.

ح- تحلل المادة العضوية في التربة

1- اكسدة المادة العضوية بشكل عام

2- اكسدة العناصر الغذائية عند تحررها من المادة العضوية

$$C \xrightarrow{O_2} CO_2 + H_2O \text{ <--------> } H^+ + HCO_3^-$$

الكربون العضوي

$$HCO_3^- \text{ <--------> } 2H^+ + CO_3^{-2}$$

$$N \text{-----} \rightarrow NH_3 + 2O_2 \text{----} \rightarrow H^+ + H_2O + NO_3^-$$

النتروجين العضوي

$$S \text{-----} \rightarrow H_2S + 2O_2 \text{----} \rightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

الكبريت العضوي

من الطرق المهمة في معالجة الترب الكلسية :

1- زيادة مقدرة الترب الكلسية على الاحتفاظ بالماء وذلك باستخدام مصلحات التربة كالمادة العضوية او زيادة كثافة الغطاء النباتي من اجل بناء عضوي جيد .
2- معالجة وجود الطبقات الصلبة السطحية وتحت السطحية وذلك عن طريق الحراثة واستخدام المادة العضوية .
3- الحد من انخفاض جاهزية العناصر الصغرى (عدا المولبيدينيوم) والفسفور نتيجة لارتفاع درجة تفاعل التربة وذلك عن طريق اضافة الاسمدة الكيميائية او عن طريق خفض درجة تفاعل التربة باضافة الاسمدة المولدة للحموضة الحاوية على الكبريت او الامونيوم .
4- استخدام الري واختيار الطرق المثلى القادرة على توزيع الرطوبة بشكل جيد في مقد التربة
5- اختيار المحصول المناسب لطبيعة وظروف الترب الكلسية .

تاثير درجة تفاعل التربة في نمو الجذور

لوحظ من خلال التجارب ان نمو جذور نباتات الخس والطماطة وحشيش برمودا (بعد نموها في محلول غذائي ذات درجات تفاعل بين 3 الى 9) لم يحصل ولم يظهر اي جذور عند درجة التفاعل 3 , وكان النمو ضعيفا عند درجة التفاعل 4 ويزداد النمو بارتفاع درجة التفاعل حتى 5 وبعد ذلك بدا النمو بالانخفاض وكان هناك اخفاض كبير بالنمو عند درجة التفاعل 9 وهذا ربما يعود الى انخفاض جاهزية بعض العناصر الصغرى , النمو العالي عند درجة التفاعل 4و5 يعود الى زيادة الكمية المضافة من عنصر الكالسيوم التي تقلل من سمية ايون الهيدروجين . ان امتصاص

الانيونات بكمية اكبر من الكاتيونات عند اضافة الكالسيوم وزيادة درجة تفاعل الوسط القريب من الجذور ربما هو السبب بزيادة نمو الجذور .
وجد ان اضافة الاسمدة النتروجينية على شكل نترات الامونيوم يؤدي الى خفض درجة تفاعل التربة من 6.2 الى 5.4 بسبب عملية التازت للامونيوم المضاف وكذلك الامونيوم التابع لمادة التربة العضوية .

المحاصيل الزراعية ودرجة مقاومتها لدرجة تفاعل التربة

ان مقاومة المحاصيل الزراعية لحموضة التربة وقاعديتها تختلف باختلاف نوعية المحصول وكذلك اختلاف اصناف هذه المحاصيل , وذلك لاختلاف هذه الانواع والاصناف في مقاومتها للتراكيز العالية من العناصر السائدة في الترب الحامضية والقاعدية .

تقسم النباتات الى عدة مجاميع حسب تاثرها بدرجة تفاعل التربة :

اولا : النباتات الكثيرة الحساسية للحموضة مثل القطن والجت والبنجر السكري والقصب واللهانة , هذه النباتات تنمو بشكل جيد فقط في الترب المتعادلة اوضعيفة القاعدية (pH 8-7) وتستجيب بقوة لاضافة الجير .

ثانيا : النباتات الحساسة للحموضة مثل الحنطة والشعير والذرة وفول الصويا , هذه النباتات تنمو بشكل افضل في الترب ضعيفة الحامضية اوالمتعادلة (pH6-7) وتستجيب بشكل جيد لاضافة الجير .

ثالثا : النباتات التي تنمو في الترب الحامضية والقاعدية الضعيفة (pH 4.5-7.5) مثل الشوفان والدخن والطماطة وتستجيب بشكل ايجابي لاضافة الجير .

رابعا : النباتات التي تنمو بشكل جيد عند درجة تفاعل بين (pH5.5-6.0)مثل الكتان والبطاطا وتستجيب بشكل جيد لاضافة الجير ولكن الاضافات العالية تؤدي الى خفض تركيز البورون الجاهز وكذلك زيادة الكالسيوم تقلل من امتصاص البوتاسيوم والمغنيسيوم .

خامسا : : النباتات التي تنمو بشكل جيد في الترب الحامضية (pH 4.5-5.0) مثل الشاي ويكون نموها رديئا في الترب القاعدية وحتى في الترب المتعادلة ونباتات هذه المجموعة تكون حساسة جدا للكالسيوم .

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

علاقة التربة بالماء والنبات النظري
المحاضرة التاسعة
محلول التربة وعلاقته بنمو النبات

ان الوظيفة الكيميائية للتربة في نمو النبات هي تجهيزه بالعناصر الغذائية الضرورية لنموه بشكلها الايوني من محلول التربة , محلول التربة هو ماء التربة الذي يحتوي على مختلف الانيونات والكاتيونات بشكل ذائب , العناصر الغذائية تجهز محلول التربة بثلاث طرق هي :

1- تحلل المادة العضوية للتربة .
2- انحلال وذوبان الاملاح اوالمعادن .
3- تفاعلات التبادل الكاتيوني والانيوني التي عن طريقها تتحرر العناصر الغذائية الى محلول التربة .

تركيب محلول التربة يكون تحت سيطرة عدد من العوامل :

1- تفاعلات التبادل الكاتيوني.
2- تفاعلات التبادل الانيوني .
3- تفاعلات الاسمدة الكيميائية والعضوية المضافة الى التربة .
4- تثبيت العناصر الغذائية في التربة او الاحتفاظ بها خاصة عناصر البوتاسيوم والنتروجين والفسفور .
5- معدنة العناصر الغذائية في مادة التربة العضوية .
6- امتصاص العناصر الغذائية من قبل النبات .
7- يتاثر تركيز العناصر الغذائية في محلول التربة بمحتوى التربة الرطوبي.

علاقة الملوحة بالتربة والماء والنبات

الملوحة والتربة

تعد ملوحة التربة من المشاكل الرئيسية التي تجابه الزراعة في عدد من مناطق العالم ، في هذه المناطق التي تكون كمية الامطار الساقطة فيها غير كافية قد تتجمع كميات زائدة من الاملاح الذائبة في التربة . والترب الملحية توجد بشكل كبيرفي المناطق الجافة وشبة الجافة ، وتزداد عملية التملح نتيجة الري وسوء التصريف للتربة ، الاملاح الذائبة في التربة تؤثر في نمو النبات وهذا التاثير ربما يكون تاثيرا ازموزيا اوغذائيا او تاثيرا ايونيا متخصصا .

الترب المتاثرة بالملاح : هي تلك الترب التي تحتوي على تراكيز عالية من الاملاح الذائبة (مع – او) تراكيز عالية من الصوديوم المتبادل ، والاملاح الذائبة ينتج عنها تاثير ضار للنبات بسبب زيادة كميتها في محلول التربة وتشبع معقدات التبادل بالصوديوم واعتمادا على هذين السببين فان مختبلر الملوحة الامريكي صنف الترب المتاثرة بالاملاح الى ثلاث انواع :

نوع التربة	الايصالية الكهربائية (دسي سيمنز م $^{-1}$)	نسبة الصوديوم المتبادل (%)	درجة تفاعل التربة
الملحية غيرالصودية	اكثر من 4	اقل من15	اقل من 8.5
الملحية الصودية	اكثر من 4	اكثر من15	اقل من 8.5
الصودية غيرالملحية	اقل من 4	اكثر من15	اكثر من 8.5

مصادر الاملاح الذائبة في التربة :

1- تجوية المعادن الاولية في صخور القشرة الارضية عند عملية تكوين ونشوء التربة .

2- الماء الجوفي ذي المحتوى العالي من الاملاح الذائبة عندما يكون قريبا من سطح التربة ، حيث تتجمع الاملاح في التربة عندما يفقد الماء عن طريق التبخر من سطح التربة او النتح من قبل النبات .

3- الاملاح الذائبة ربما تضاف عن طريق ماء الري خاصة عندما تكون نفاذية التربة منخفضة جدا ، حيث ان حركة الماء نحو الاسفل تكون متوقفة .

4- املاح ماء البحر التي ربما تصل الى التربة من خلال عملية الغمر ، الامواج المدية او تداخل المياة المالحة مع مياة اخرى

5- انتقال الاملاح بوساطة الرياح او الاعاصير من المناطق المالحة خاصة سواحل البحار الى مناطق اخرى .

الاملاح الذائبة في الترب الملحية تتكون بشكل كبير من الكاتيونات التي هي الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم ، والانيونات التي هي الكلوريدات والكبريتات والبيكاربونات وفي بعض الاحيان الكاربونات .

الترب الملحية سميت قديما بالترب القلوية السوداء او القلوية البيضاء وسبب التسمية بالقلوية السوداء هو انه عندما تجف التربة تترك قشرة سوداء او قهوائية على السطح نتيجة تحلل المادة العضوية التي يعاد ترسيبها على السطح بسبب تبخر الماء ، ولكن هذا لايحصل عندما تكون التربة الجافة ذات محتوى واطئ من المادة العضوية . اليوم نعرف ان الترب القلوية السوداء هي التي تحتوي على نسبة عالية من الصوديوم الممتص على سطوح معادن الطين ، اما سبب التسمية بالقلوية البيضاء فيعود الى تجمع الاملاح على سطح التربة ويسود في هذه الترب املاح الكالسيوم والمغنيسيوم وكمية قليلة من املاح الصوديوم والمادة العضوية.

تأثير الملوحة في صفات التربة

1- تركيب التربة : عندما تكون السعة التبادلية الكاتيونية للتربة ذات نسبة عالية من الصوديوم ، يكون تركيب التربة غير جيد حيث تكون جزيئات التربة متفتتة ومتباعدة غير متجمعة فيما بينها وبذلك لايتكون التركيب الحبيبي للتربة .

2- تهوية التربة ونفاذيتها للماء : ان نفاذية التربة ذات علاقة بمسامات التربة ، فعندما تعمل ملوح التربة وخاصة املاح الصوديوم على تقليل حجم المسامات الهوائية الكبيرة فان ذلك يعد ذا تاثير سئ وضار على نفاذية التربة . تشرب حبيبات الطين swelling التي تعمل على التقليل من حجم المسامات الهوائية الكبيرة وكذلك فان تشتت حبيبات التربة dispersion بوساطة الملوحة يؤدي الى تحركها وسد المسامات الهوائية للتربة وبذلك تقل نفاذية التربة .

3- جاهزية العناصر الغذائية : في الترب التي يزداد فيها تركيز ايون الصوديوم في محلول التربة او على سطوح التبادل يؤدي الى تقليل جاهزية عدد من العناصر الغذائية وخاصة الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم حيث يقلل من تركيزها على سطوح التبادل ويعيق امتصاصها من قبل النبات و كذلك فان الترب الغنية بعنصر الصوديوم يكون محتواها من الاوكسجين منخفضا وهذا عامل اخر يقلل من جاهزية العناصر الغذائية في التربة .

4- جاهزية الماء للنبات : زيادة تركيز الاملاح في التربة يؤدي الى انخفاض الجهد الازموزي لمحلول التربة والذي بدوره يقيد حركة الماء في التربة ،وعند درجات الملوحة العالية للتربة يتوقف امتصاص الماء من قبل النبات .

تاثير الملوحة في امتصاص العناصر الغذائية

يعد عنصر الصوديوم الكاتيون السائد في محلول الترب المالحة ولهذا فانه من الممكن ان يؤدي تجمع هذا العنصر داخل انسجة النباتات الى انخفاض في نمو النبات وهذا ربما يعود الى ان المستويات العالية من الصوديوم في التربة قد تحدد من تجمع الكاتيونات الاخرى وتجعلها اقل من المستويات المطلوبة للنمو الجيد للنبات او ربما يعمل الصوديوم الى احداث حالة عدم التوازن الكاتيوني وهذا يعرف بالتسمم بالصوديوم . ان محتوى النبات من الصوديوم يزداد بزيادة محتوى التربة من الصوديوم كذائب في محلول التربة اومتبادل على سطوح التبادل ، بينما ينخفض محتوى النبات من الكالسيوم والمغنيسيوم ، ان نقص الكالسيوم بسبب زيادة الصوديوم قد يعود الى ان الصوديوم يمنع الكالسيوم من دخوله الى الجذر وذلك لمنافسته على جهات الامتصاص .

ان الصوديوم العالي يقلل من تركيز البوتاسيوم في النبات ، ولكن هناك دراسات اخرى تؤكد عدم وجود تاثير واضح للصوديوم في البوتاسيوم حيث لاحظو ان الصوديوم قد قلل من امتصاص البوتاسيوم من قبل نبات فول الصويا وزاد من امتصاصه من قبل الذرة الصفراء والذرة البيضاء . من هذه الاختلافات لتاثير الصوديوم في امتصاص البوتاسوم من الممكن ان نستنتج وجود حاملين مختلفين للبوتاسيوم باختلاف النباتات وان الصوديوم ينافس البوتاسيوم على جهات الامتصاص لاحد هذين الحاملين ولايؤثر في امتصاص البوتاسيوم بالحامل الاخر .

ان الاملاح تقلل من امتصاص الفسفور من قبل النبات والسبب يعود الى ان الفسفور ذو حركة محدودة في التربة وان امتصاصه من قبل النبات يعتمد على مساحة الجذور ونموها ولما كانت الملوحة تقلل من نمو الجذور فانها بذلك تقلل من امتصاص الفسفور ،كذلك فان الترب المتاثرة بالاملاح يكون محتواها من ثاني اوكسيد الكربون قليل وهذا يقلل من جاهزية عنصر الفسفور .
زيادة مسويات كلوريد الصوديوم في التربة تقلل من محتوى النبات من النتروجين وهذا ربما يعود الى ان الصوديوم يقلل من امتصاص النترات .

املاح الكلوريد شديدة الذوبان في الماء لهذا فان عمليات الغسل يمكن ان تؤدي الى ازالة الكلوريد من منطقة المحور الجذري للنبات ولهذا فان محتوى الترب الجافة وشبة الجافة من هذا العنصر هو اعتياديا اعلى من محتوى ترب المناطق الرطبة وذلك بسبب قلة عمليات الغسل ، واملاح الكلوريد توجد بتراكيز عالية في الترب الملحية ولهذا فان الكلوريد يشارك بشكل مباشر اوغير مباشر في التاثير الضار للاملاح في الترب الملحية . التركيز العالي من الكلوريد ربما يؤدي الى حصول حالة السمية للنبات .

ان اختلاف محتوى التربة من الكلوريد يؤدي الى حصول تغيرات في محتوى النبات من هذا العنصر فضلا عن تاثيره في عملية امتصاص العديد من الانيونات الاخرى ، ان امتصاص الكلوريد من قبل النبات يزداد بازدياد تركيزه في التربة , عندما تكون هناك زيادة في معدل امتصاص الكلوريد تظهر اعراض نقص الفسفور على النبات كذلك يلاحظ ان هناك نقص في محتوى هذا النبات من الكبريتات. هناك علاقة موجبة بين الكلوريد والمنغنيز الممتص من قبل النبات .

زيادة تركيز الكالسيوم في الترب الملحية يؤدي الى حدوث نسبة غير مرغوبة فيها بين الكالسيوم الى البوتاسيوم تعمل على خفض معدل نمو النبات ، كذلك يعمل الكالسيوم على الاخلال بموازنة العناصر الغذائية عند زيادة تركيزه في الترب المتاثرة بالاملاح .

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

علاقة التربة بالماء والنبات النظري

المحاضرة العاشرة

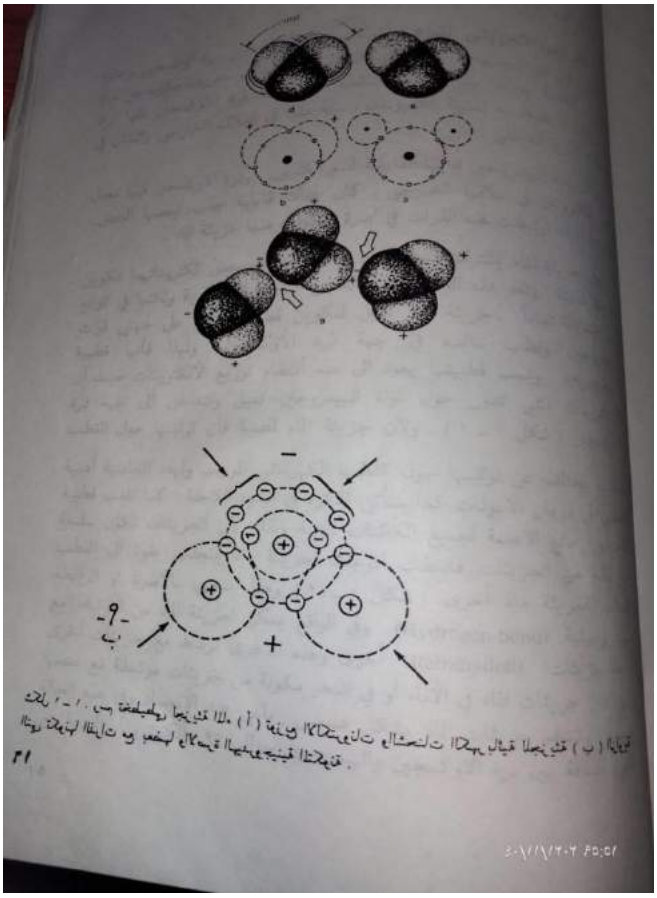
تركيب الماء وخواصه

1- خواص الماء الكيميائية

أ- التركيب الجزيئي للماء

تتركب جزيئة الماء من ذرة اوكسجين واحدة (O) وذرتين من الهيدروجين (H) . ذرة الهيدروجين مكونة من نواة موجبة الشحنة يحيط بها الكترون سالب الشحنة ، اما ذرة الاوكسجين فلها نواة (بروتون) يحيط بها ثمانية الكترونات ، ستة منها في الغلاف الخارجي واثنتان في الغلاف الذري الداخلي .

ولان ذرة الهيدروجين لديها القابلية لضم الكترون وذرة الاوكسجين فيها مجال لضم الكترونين في غلافها الخارجي ،كان هناك قابلية جذب لبعضها البعض ونتيجة لذلك ارتبطت هذه الذرات في اصرة وتكونت منها جزيئة الماء ، وتعد هذه الجزيئة متعادلة من الناحية الكيميائية ولكنها في الواقع غير متعادلة تماما . جزيئة الماء تميل لتكوين قطب موجب على جهتي ذرات الهيدروجين وقطب سالب في جهة ذرة الاوكسجين ، ولهذا السبب فانها قطبية (dipoles) وسبب قطبيتها يعود الى عدم انتظام توزيع الالكترونات حيث ان الالكترونات التي تدور حول نواة الهيدروجين تميل وتتداخل الى جهة ذرة الاوكسجين (الشكل التالي) ولان جزيئة الماء قطبية فان ترتيبها حول القطب السالب يختلف عن ترتيبها حول القطب الموجب ولهذه الخاصية اهمية عظمى في ذوبان الايونات كما تلعب قطبية الماء دورا بالغ الاهمية لجميع الكائنات الحية وذلك لان الجزيئات تكون سلسلة مترابطة من الجزيئات فالقطب الموجب لجزيئة ماء ينجذب بقوة الى القطب السالب لجزيئة ماء اخرى وهذا يسمى بالاصرة الهيدروجينية ، ويمكن لجزيئة الماء من الارتباط مع اربع جزيئات اخرى ولهذا فان جزيئات الماء في الاناء او في البحر مكونة من جزيئات مرتبطة مع بعضها جميعا . عند الانجماد تنتظم جزيئات الماء بشكل هندسي رباعي وفي هذه الحالة تكون المسافة بين ذرة الاوكسجين والهيدروجين حوالي 0.96 انكستوم والمسافة بين ذرة اوكسجين واخرى حوالي 2.75 انكستروم . تبتعد عند الذوبان لتصل الى 2.9 انكسترون وعندها تقل الرابطة بين جزيئات الماء فيصبح سائلا .



ب-تاين الماء :

تتاين بعض جزيئات الماء مكونة ايونات الهيدرونيوم وايونات الهيدروكسيل ولكن نسبة التاين في الطبيعة قليلة جدا

$$2H_2O \text{ ---------} \rightarrow H_3O^+ + OH^-$$

في الماء النقي وفي درجة حرارة 25مئوي يكون تركيز ايونات الهيدروكسيل والهيدروجين ثابتا وقيمتهما 10^{-14}غم ايون / لتر من الماء . ولما كانت ايونات الهيدروكسيل والهيدروجين متساويين في العدد كان تركيز كل منهما 10^{-7} غم ايون / لتر ولهذا فان معامل الحموضة (pH) للماء النقي يساوي 7 ولكن في الطبيعة يندر وجود مثل هذا الماء لوجود املاح مذابة وكذلك ذوبان ثاني اوكسيد الكربون الجوي فيه .

ت- الماء كمذيب :

تذوب في الماء العديد من المواد اكثر من ذوبانها في اي سائل اخر وهذا يعود الى قابلية الماء العالية في احاطة الجسيمات المشحونة وفصلها عن بعضها البعض فيتكون حول الايونات طبقة من الماء تمنع انجذابها الى بعضها البعض . عند اذابة المواد القابلة للتاين فان هذه المواد تكون ايونات سالبة واخرى موجبة الشحنة وتحاط الايونات بغلاف من جزيئات الماء . وفي هذا الغلاف تتشكل جزيئات الماء بحيث تنجذب الجهة السالبة من جزيئة الماء نحو

الايونات الموجبة وتنجذب الحهة الاموجبة لجزيئات الماء نحو الايونات السالبة فتكون ايونات المواد محاطة بسياج من جزيئات الماء فيصعب على هذه الايونات الالتحام والترسيب .

تذوب العديد من المواد غير المتاينة في الماء وهذا يعود الى ان جزيئات المادة المذابة تحطم الاصرة الهيدروجينية لبعض جزيئات الماء ونتيجة لذلك تشكل جزيئات الماء غلافا متماسكا بشدة حول جسيمات المواد المذابة وتمنعها من الترسب .

ان خواص الماء هذه لايمكن الاستعاضة عنها بالنسبة للنبات باي سائل اخر في الطبيعة ، ففي الماء تذوب السكريات البسيطة ومركبات نتروجينية مختلفة والعديد من الغازات واهمها الاوكسجين . اما في التربة فيكون الماء مذيبا للعناصر الغذائية ويحملها من الاماكن البعيدة عن الجذور الى مناطق الامتصاص ،كما يقوم الماء في داخل النبات بنقل هذه العناصر الى بقية الاجزاء ،كما تلعب هذه الخاصية دورا هاما في حركة المواد المهمة من خلية الى اخرى ومن جزء الى اخر .

2- خواص الماء الفيزيائية

للماء خواص فيزيائية فريدة ونتيجة لهذه الخواص اختير له دورا شبيها لدور الدم في اجسام الحيوانات ، ومن اهم هذه الخواص :

أ - سائل في درجات حرارة مختلفة

للمادة ثلاث حالات هي الغازية والسائلة والصلبة ، وهذه الحالات تتحدد بعاملين هما درجة الحرارة والوزن الجزيئي . عند ثبات درجة الحرارة فان المادة ذات الوزن الجزيئي العالي تكون عادة بحالة سائلة اوصلبة وبعكسه فان الوزن الجزيئي الواطئ يعني ان المادة تكون بحالة السيولة اوالغازية .

الماء ينفرد في كونه سائلا في معظم درجات الحرارة التي يمكن ان تكون فيها حياة ، الجدول التالي يوضح درجة الذوبان والغليان لبعض المواد المختلفة في اوزانها الجزيئية ومن مقارنة الماء مع هذه المواد يظهر ان الماء رغم صغر وزنه الجزيئي قياسا بكبريتيد الهيدروجين وفلوريد الهيدروجين فان درجة انجماده مرتفعة كما ان درجة غليانه مرتفعة عن هذه المركبات .

المادة	التركيب الكيميائي	الوزن الجزيئي	درجة الانجماد م°	درجة الغليان م°
الميثان	CH_4	16	-184	-161
الامونيا	NH_3	17	-78	-33
الماء	H_2O	18	صفر	100
فلوريد الهيدروجين	HF	20	-92	19
كبريتيد الهيدروجين	H_2S	34	-86	-61
مركب هيدروكربوني	$C_{13}H_{28}$	--------	------	250

من مقارنة الماء مع بقية المواد يتبين ان للماء درجة ذوبان اعلى مما يتوقع من وزنه الجزيئي وهذا يعود الى ترابط جزيئات الماء بعضها مع البعض باصرة هيدروجينية بالاضافة الى صفاته الفيزياوية الاخرى . درجة الغليان المرتفعة تعني ان طاقة كبيرة يجب صرفها لكسر الاصرة الهيدروجينية ،كما ان للماء حرارة نوعية (وهي عدد السعرات الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة حرارية واحدة) اعلى من اي مادة عدا الامونيا ، كما ان للماء حرارة كامنة (وهي عدد السعرات الحرارية اللازمة لتحويل غرام واحد من الماء من حالة الصلابة الى حالة السيولة) وحرارة تبخر عاليتان بصورة غير عادية . وتساعد هاتان الخاصيتان في بقاء الماء بصورته السائلة

في درجات حرارة مختلفة وفي بقاء النباتات بصورة طبيعية دون ان تجمد ودون ان تتاثر كثيرا بدرجات الحرارة العالية نسبيا . حيث تعني الحرارة الكامنة فقدان الماء لسعرات حرارية كثيرة قبل انجماده اما حرارة التبخر فتعني ان الماء يحتاج لتبخره الى سعرات كثيرة وهذه يمتصها من النبات ويساعد على تبريده .

ب- كثافة الماء وشفافيته :

معظم المواد تصل اعلى كثافة لها في درجة الانجماد ولكن الماء يشذ عن هذه القاعدة حيث ان له اعلى كثافة في درجة 4°م وهذه الخاصية ذات اهمية بالغة للنباتات المائية والاحياءالبحرية الاخرى حيث يطفو الماء على السطح عند الانجماد وبذلك يعمل عازلا لما تحته ويمنع الماء الاعمق من الانجماد .

الماء شفاف وقابل النفاذية لموجات الضوء المنظور وبذلك يسمح لدخول الضوء الى اعماق كبيرة في البحار وتتمكن النباتات البحرية من القيام بعملية التركيب الضوئي ،كما ان لهذه الخاصية اهمية كبيرة بالنسبة للنباتات البرية فالماء يمثل جزءا كبيرا من الورقة وعدم نفاذيته للضوء تعني عدم دخول الضوء الى خلايا النسيج المتوسط او مايسمى الميسوفيل Mesophyll .

ت- الشد السطحي :

للماء خاصية لولاها لما تمكنت النباتات من امتصاصه وهذه الخاصية هي الشد السطحي (الشد الذي تحمله جزيئات الماء في الانابيب الشعرية دون انفصالها) فالماء له شد سطحي اعلى من كل السوائل (عدا الزئبق)كما ان قوة الشد بين جزيئات الماء تزداد بدقة قطر الانابيب الشعرية .

يرتفع الماء في الانبوب الشعري الذي قطره 0.3ملم الى حوالي 120 سم وهذا ناتج من قوة التجاذب الكبيرة بين جزيئات الماء (Cohesion) التي ترجع الى وجود الاصرة الهيدروجينية والى قوة التلاصق (Adhesion) الكبيرة بين جزيئات الماء ومادة الانبوب ويعزى ذلك الى ان جزيئات الماء قطبية الاتجاه وهذا السبب يمكنه من تكوين قوة تلاصق كبيرة بين جزيئات النشا وخيوط السللوز والبروتين وحبيبات الطين . ينجذب الماء بقوة كبيرة الى المواد التي تكون فيها بعض ذرات الاوكسجين موجودة على السطح حيث يكون اصرة هيدروجينية وبالعكس ، فالماء لايبلل البرافين وكثير من الهيدروكاربونات لعدم امكانية حدوث الاصرة بينها وبين الماء الا ان الماء يبلل خيوط القطن بشدة لتكوينه اصرة هيدروجينية مع ذرات الاوكسجين السطحية ولكنه لايبلل خيوط النايلون للسبب المذكور سابقا.

بعض الصفات الفيزيائية للماء النقي

1	الحرارة النوعية (سعرة غم $^{-1}$)	1	
2	الحرارة الكامنة للذوبان (سعرة غم $^{-1}$)	80	
3	حرارة التبخر (سعرة غم $^{-1}$)	588.9	(15م °)
4	ضغط بخار الماء عند الاشباع (ملم زئبق)	12.78	(15م °)
5	الكثافة (غم سم ^{3})	0.99	(15م °)
6	درجة الانجماد	صفر	
7	الشد السطحي (داين سم$^{-1}$)	73.4	(15م °)
8	درجة الانسياب Viscosity (غم / سم/ ثانية)	1.14×10^{-2}	(15م °)
9	التوصيل الحراري (سعرة /سم/ ثانية /م°)	1.42×10^{-3}	
10	الجهد الكيميائي (بار)	صفر	

علاقة التربة بالماء والنبات
المحاضرة الحادي عشر
الماء وعلاقاته في التربة

اصناف ماء التربة

يصنف ماء التربة فيزيائيا الى :

1- الماء المقيد Hygroscopic water
هو الماء المدمص على سطوح حبيبات التربة نتيجة للقوى الماسكة اوالساحبة

2- الماء الشعري capillary water
هو الماء المقيد او الممسوك بواسطة قوى الشد السطحي Surface tension forces كغلاف مائي مستمر غير متقطع حول حبيبة التربة وفي الحيز الشعري وكذلك يعرف بالماء المحمول بالمسامات الشعرية للتربة .

3- ماء الجذب Gravitational water
هو الماء الذي لايقيد بالتربة بل يصرف منها بفعل الجاذبية الارضية وتكون درجة استعماله من قبل النبات محدودة على الرغم من توفره بكثرة في التربة .

يصنف ماء التربة بايولوجيا (حسب جاهزيته وتيسره للامتصاص من قبل النبات) الى :

1- الماء الجاهز او المتيسر للامتصاص من قبل النبات Available water
هو الماء الممسوك بين السعة الحقلية للتربة ونقطة الذبول الدائم لها ، وهذا الجزء من الماء هو الذي يعتمد عليه في انتاجية المحاصيل .
السعة الحقلية : هي مقدار الماء المحتفظ به من قبل التربة ضد تاثير الجاذبية الارضية – يحتفظ بالماء يومين اوثلاثة ايام بعد سقوط الامطار ، او عند شد 3/1 بار .
نقطة الذبول Wilting point: تمثل الشد المائي الذي لايستطيع النبات عنده ان يستمر بسحب الماء او امتصاصه من التربة ، او عند شد 15 بار .
يقسم الماء المتيسر الى قسمين :

أ- الماء بطئ الجاهزية : هو الجزء الموجود قريبا من نقطة الذبول الدائم .

ب- الماء سريع الجاهزية : هو الجزء الموجود في التربة في حالتها البعيدة عن نقطة الذبول الدائم والذي يمكن استخلاصه من قبل النبات بسهولة ، وتقدر نسبته 75% من الماء الجاهز .

2- الماء غيرالجاهز اوغير المتيسر للامتصاص من قبل النبات Unavailable water
هو الماء الممسوك بشد اعلى مماهو عليه عند نقطة الذبول الدائم ، وبذلك لايستطيع النبات امتصاصه او الاستفادة منه بفعالياته الحيوية .

3- ماء الجذب .

السعة العظمى لحجز الماء Maximum retentive capacity : هي مقدار الماء الموجود في التربة عند حالة التشبع .
حالة التشبع: هي امتلاء مسامات التربة باجمعها بالماء وعندها يكون الجهد الرطوبي مساويا للصفر.

احتفاظ التربة بالماء

في الترب الرطبة لايكون الماء ممسوكا بقوة ولهذا فليس هناك حاجة الى جهد كبير لاستخلاص الماء من التربة ، اما في الترب الجافة فيكون الماء ممسوكا او مقيدا بقوة ولهذا فهناك حاجة الى جهد كبير لاستخلاص الماء من التربة وهذا الجهد يسمى الجهد المائي للتربة soil water potential الذي يوضح طاقة الماء وحالتها .

لاي مادة في الكون طاقة كامنة في جزيئاتها ، هذه الطاقة في اقصى حد لها عندما تكون المادة نقية ويطلق على هذه الطاقة بالطاقة الحرة للمادة free energy ويطلق على الطاقة الحرة احيانا بالجهد الكيميائي والجهد الكيميائي لاي مادة هو قابليتها لاداء شغل .

اطلق على الجهد الكيميائي للماء بالجهد المائي والجهد الكيميائي او المائي يتاثر بالمواد الذائبة والضغط المسلط علية ودرجة الحرارة ، فالجهد المائي هو اذن المحصلة النهائية لاكثر من قوة واحدة وهذه المحصلة هي التي تحدد اتجاه حركة الماء سواء بين خلية واخرى او بين التربة والجذور او الجذور والاوراق ويتحرك الماء نتيجة الفرق بين المنطقة ذات الجهد المرتفع والمنطقة ذات الجهد المنخفض ، ويرمز لجهد الماء بالرمز (ψ)بساي (psi)باللاتينية . ولقد اعتبر اعلى جهد للماء (عندما يكون نقيا) يساوي صفر ويقل جهده (يقل عن الصفر) بزيادة تركيز المادة المذابة فيه اذا كان الضغط ثابتا. فمثلا اذا اذيب ملح في الماء ينتج عنه محلول جهده المائي يساوي الجهد الازموزي اذا كان المحلول محضر تحت الضغط الجوي الاعتيادي ، اما اذا تسلط ضغط من مصدر خارجي على المحلول فان الجهد المائي لايساوي الجهد الازموزي بل محصلتهما كما يلي :

$$\Psi = \Psi_{\pi} + \psi_p$$

حيث ان :

ψ : الجهد المائي

Ψ_{π} : الجهد الازموزي

ψ_p : الضغط

والضغط الجوي الاعتيادي يعتبر صفر لهذا فان الجهد المائي ψ يساوي الجهد الازموزي وكلاهما صفر في الماء النقي ويقلان عن الصفر اي تصبح قيمتها سالبة في المحاليل ، وكلما زادت نسبة جزيئات المذاب زادت القيمة السالبة .

تحاط الخلية الحية بغشاء بلازمي cell membrane يتحكم في دخول وخروج المواد المذابة ولكنه يسمح بمرور الماء بحرية . ونتيجة لوجود مواد مذابة في سايتوبلازم الخلية وفجواتها فان جهدها المائي سالب . اذا وضعت الخلية في ماء نقي فان الماء يدخل اليها نتيجة فرق الجهد ويؤدي ذلك الى اتساع حجم الخلية ويتمدد الغشاء البلازمي الى الخارج فيضغط على جار الخلية ويسمى الضغط الداخلي الناتج من انتفاخ الخلية بالضغط الانتفاخي Turgor pressure ونتيجة لهذا الضغط يتوقف دخول الماء الى الخلية وتشير هذه الحالة الى ان حركة الماء من الخارج الى الداخل تاثرت بقوتين هما الجهد الازموزي الناتج من وجود الغرويات والايونات في الخلية والضغط الانتفاخي الذي تكون نتيجة دخول الماء وهاتان القوتان

متعاكستان في الاتجاه، احدهما جذبت الماء والاخرى اوقفت دخوله وهاتان القوتان تتساويان في القيمة عند حصول التوازن (في حالة التوازن تكون حركة الماء بالاتجاهين مستمرة ولكن بصورة متوازنة)

الشد الحبيبي : Matric potential

حبيبات الطين او النشا او المواد العضوية لها قابلية امتصاص الماء اذا كان سطحها جافا و وقوة الجذب هذه ناتجة عن صغر كتلها قياسا الى حجمها هذا بالاضافة الى قوة تلاصق الماء نتيجة تكون اصرة هيدروجينية بينها وبين الماء ، وبعد ان تحاط حبيبات هذه المواد بالماء يقل سحبها للماء تدريجيا ثم يتوقف . وفي الترب التي تحتوي على نسبة قليلة من الماء قد يتوقف النبات عن امتصاص الماء رغم وجود بعض الماء في التربة ، فلو كان الماء طليقا (جهده الازموزي صفر) لكان من الممكن امتصاصه بسهولة من قبل النبات ولكن الماء يكون مشدودا الى حبيبات التربة بقوة، وهذه القوة لم تتكون نتيجة الاملاح او وجود الضغط بل هي قوة ناتجة عن جذب الحبيبات للماء ولقد اطلق على هذه القوى بالجهد الحبيبي Ψ_m (Matric potential) والحهد الحبيبي للمواد قيمته سالبة .

فالجهد المائي في التربة تؤثر فيه قوة ثالثة مضافة الى الجهد الازموزي الناتج عن وجود الاملاح الذائبة في محلو ل التربة وكذلك الضغط . محصلة الجهد المائي للتربة اذن يساوي :

$$\Psi = \Psi_\pi + \psi_p + \Psi_m$$

وحدة قياس الحهد المائي

الجهد المائي : هو الفرق بالجهد الكيميائي بوحدة الحجم بين النموذج المائي والماء النقي الحر تحت درجة حرارة واحدة . ويمكن توضيح هذا التعريف بالمعادلة :

$$\psi = \frac{\mu_w - \mu_w^\circ}{V_w}$$

حيث ان :

ψ : الجهد المائي (وحدة القياس جول / مول)

μ_w :الجهد الكيميائي للنموذج المائي تحت الدراسة (وحدة القياس جول / مول)

μ_w°: الجهد الكيميائي للماءالحر النقي تحت نفس درجة الحرارة للنموذج المائي

V_w : الحجم المولاري (الكتلي) الجزئي للماء في النظام (وحدة القياس م^3 / مول)

لهذا فان المعادلة يمكن ان تكون بوحداتها كالاتي :

$$\text{الشد المائي} = \frac{\text{جول / مول}}{\text{م}^3\text{ / مول}} = \frac{\text{جول}}{\text{م}^3}$$

والطاقة (جول = j) = القوة (نيوتن N) × المسافة (متر M)

وبالتعويض عن j في المعادلة فيصبح الجهد المائي :

الجهد المائي = القوة (نيوتن N) × المسافة (متر M) / $م^3$ = القوة (N) / $م^2$

وبهذا فان الجهد المائي يمثل القوة بوحدة المساحة وهذا بنفس الوقت تعريف الضغط الذي وحدته المتعارف عليها عالميا بالباسكال (pascal= pa)

الباسكال = القوة N / المسافة $م^2$

وهناك وحدة اخرى للجهد المائي والتي كثيرا ماتستعمل وهي البار bar والعلاقة بين البار والباسكال هي ان :

واحد بار = 100000 باسكال
= 100 كيلو باسكال
واحد بار = 0.987 جو

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

علاقة التربة بالماء والنبات النظري
المحاضرة الثاني عشر
الماء وعلاقاته في النبات

الدور الفسيولوجي للماء في النبات

الدور الفسيولوجي للماء في النبات يمكن توضيحه بالنقاط التالية :

1- ان اهمية الماء تبرز من صفاته الفيزياوية والكيمياوية التي تم التطرق لها سابقا .
2- يعد الماء اكثر الجزيئات غزارة في الكائنات الحية .
3- معظم التفاعلات تحصل في المحلول المائي ويعد الماء مذيبا جيدا .
4- يعمل الماء على تكوين بنية الجزيئات الكبيرة للبروتوبلازم (الانزيمات والاحماض النووية والنشا والبكتين)وذلك عن طريق ارتباط الماء مع هذه الجزيئات بواسطة مجاميع الاواصر الهيدروجينية.
5- جزيئة الماء تشترك بشكل مباشر في العمليات الحيوية مثل التركيب الضوئي والتحلل الضوئي photolysis .
6- يعمل الماء كدعامة او سند للنبات وذلك عن طريق الضغط الانتفاخي للنبات , والعديد من العمليات الحيوية تستند الى هذه الصفة مثل ميكانيكية فتح وغلق الثغور التي تعتمد بشكل رئيسي على التغير في الضغط الهيدروليكي وانتفاخ النبات.
زيادة النتح تؤدي الى قلة الضغط الانتفاخي للنبات وبذلك يعمد النبات الى امتصاص الماء من التربة لاعادة التوازن لمحتوى الانسجة النباتية من الماء , ولكن في حالة زيادة الكمية المفقودة من الماء بطريق النتح عن الكمية المكتسبة من قبل النبات عن طريق الامتصاص من التربة يؤدى الى حصول ظاهرة الذبول , وعندما يعمد النبات الى مقاومة ذلك عن طريق غلق الثغور يقل بذلك معدل عملية التركيب الضوئي , واستمرار حالة الذبول تؤدي الى الضرر ببروتوبلازم الخلية النباتية .
7- يعد الماء نظاما ناقلا حيث ان معظم نواتج عملية التركيب الضوئي تنتقل من مواقع الانتاج الى مواقع الاستهلاك وهذا يحصل في اللحاء وكذلك فان العناصر الغذائية والماء تتوزع من التربة الى اجزاء النبات بوساطة الماء في الخشب .
8- الماء منظم لدرجة حرارة النبات من خلال عملية النتح.
9- الماء شفاف للاشعة المرئية وغير نفاذ للاشعة ذات الموجات العالية وكثافته تكون في حدها الاعلى عند درجة 4مئوي الجليد ذو تركيب شبكي ذي مساحات بينية مفتوحة , وعند ذوبانه فان بعض هذه المساحات تمتلئ بجزيئات الماء الحرة وبهذا تزداد كثافة الماء .
10- للماء شد سطحي عال مع لزوجة مرتفعة بسبب قوى التماسك بين جزيئات الماء اوبسبب قوى الاواصر الهيدروجينية بين الجزيئات , اما قوى الالتصاق فموجودة مع سطوح الاجسام الاخرى .

الماء احد مكونات النبات

ان محتوى النبات من الماء بصورة عامة اكثر من 80% كوزن للماء في النبات الطري , ويختلف كل جزء من اجزاء النبات وكذلك اجزاء الخلية والانسجة النباتية من حيث محتواها من الماء نتيجة للاختلافات التشريحية والوظيفية لكل جزء من هذه الاجزاء فضلا عن اختلاف القوى المؤثرة في حمل الماء في الاجزاء المختلفة للخلية النباتية.
الماء في اجزاء الخلية الواحدة وبين خلية واخرى وبين نسيج ونسيج يكون في حالة متصلة وليس بحالة متقطعة , اي هناك عمود متصل من الماء من امتصاصه من التربة بوساطة الجذور الى ان ينتح من النبات الى الجو .
محتوى اجزاء الخلية من الماء يمكن توضيحه كالاتي:

أ- الماء في جدار الخلية : يصل محتوى جدار الخلية من الماء الى مايقرب من 50% من القاعدة الحجمية للجدار .
ب- الماء في البروتوبلازم : يصل محتوى البروتوبلازم من الماء الى 95%.
ت- الماء في فجوة الخلية : يصل محتوى فجوة الخلية من الماء الى مايقرب من 98% اواكثر .
ث- الماء في الانظمة الوعائية: ويقصد بها كل من الخشب واللحاء , ان نسبة الماء في الخشب تبلغ حوالي 50- 250%من الوزن الجاف ويصل الجهد الازموزي للماء هذا الى حوالي 2 بار وعندما يكون النتح مستمرا فيصل الشد المسلط على الماء الى -10 بار في نباتات المحاصيل , اما الماء في اللحاء فانه ينقل بخلايا حية وقد يصل الضغط في اوعية اللحاء الى 30 بار .

حركة الماء من التربة الى النبات والى الجو

ان حركة الماء بين اي نقطتين تعتمد بشكل كبير على اختلاف الشد المائي لتلك النقطتين وعلى مدى قوى المقاومة لتلك الحركة , وهذه القاعدة سميت بنظرية الكاتنري catenary hypothesis التي اشار اليها Newman,1974 عند دراسته للعلاقة بين الجذر وماء التربة , والتي مفادها بان الماء يتحرك بصورة متصلة غير متقطعة من التربة الى الجو مرورا بالنبات , وماتم ذكره يمكن وضعه بالمعادلات التالية :

$$F = (\psi 1 - \psi 2)/ R$$

حبث ان :
F : معدل حركة الماء بين النقطتين
$\psi 1 - \psi 2$: الجهد المائي للنقطة الاولى والثانية
R : قوى المقاومة ضد حركة الماء

وعند تطبيق نظرية الكاتنري لحركة الماء بين التربة والنبات والجو تكون المعادلة كالتالي :

$$F = (\psi_s - \psi_r)/ R_s = (\psi_r - \psi_e)/ R_p = (\psi_e - \psi_a)/ R_a$$

حيث ان :
F : معدل حركة الماء بين النقطتين
ψ_s: الجهد المائي للتربة

ψ_r : الجهد المائي للجذور
ψ_e : الجهد المائي لسطوح الورقة
ψ_a : الجهد المائي للهواء
R_s : مقاومة التربة لحركة الماء
R_p : مقاومة النبات لحركة الماء
R_a : مقاومة حركة بخار الماء

لتوضيح حركة العمود المتصل للماء من التربة الى الجو مرورا بالنبات اعتمادا على التدرج او الانحدار في الجهد المائي يلاحظ من الشكل ان حركة الماء كانت تتبع التدرج الاتي في الجهد المائي تحت الظروف المناخية المختلفة :

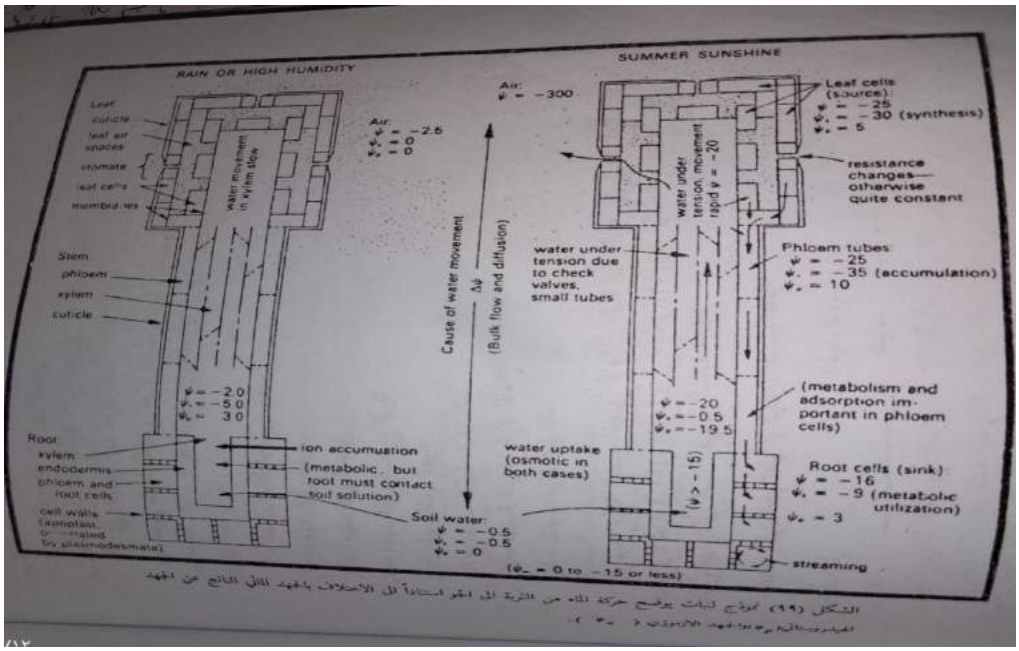
أ- عندما يكون الجو ممطرا او الرطوبة النسبية عالية

الجهد المائي للتربة ----← الجهد المائي للنبات ----← الجهد المائي للجو
-0.5 بار - 2.0 بار - 2.5 بار

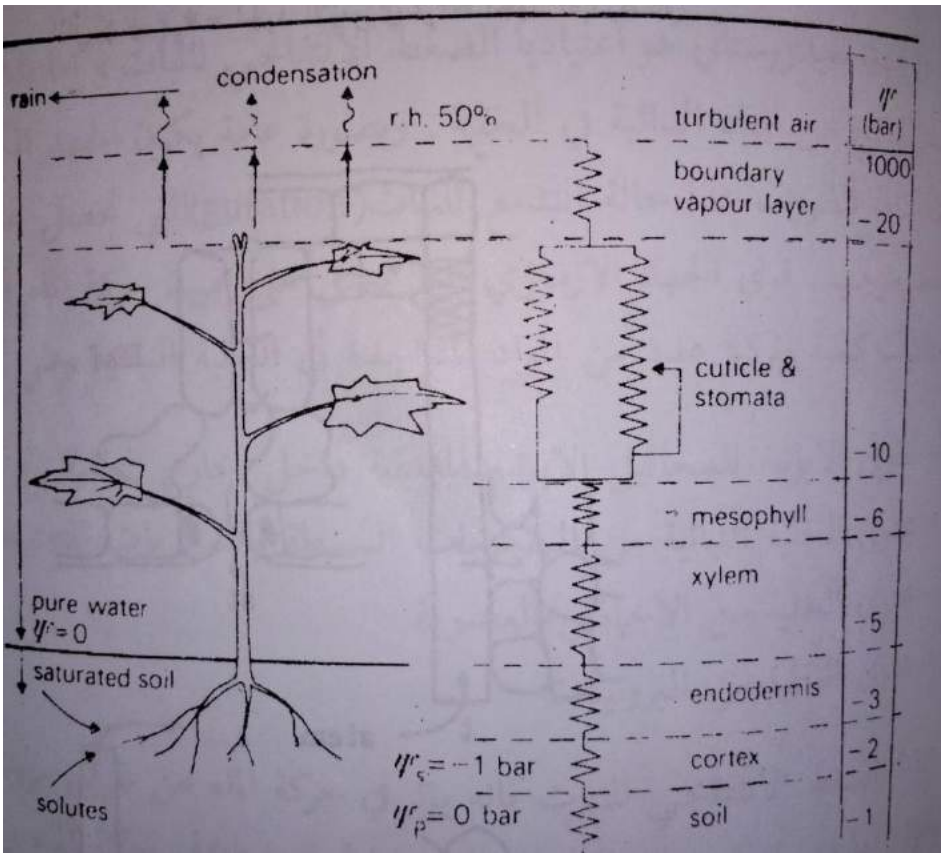
ب- عندما يكون الجو مشمسا

الجهد المائي للتربة ← الجهد المائي لخلايا الجذر ← الجهد المائي للساق ←
-0.5 بار - 15.0 بار - 20.0 بار

الجهد المائي للورقة ← الجهد المائي للجو
-25.0 بار - 300.0 بار



وللزيادة في التوضيح , الشكل التالي يوضح ايضا حركة الماء من التربة مرورا باجزاء النبات الى الجو استنادا الى الاختلافات في الجهد المائي , ويلاحظ بان الماء ينتقل من المنطقة ذات المحتوى العالي من الماء (قوى التقييد لحركة الماء قليلة) اي من التربة ذات الجهد المائي -1 بار الى النقطة الاقل من حيث محتواها من الماء والاكثر تقييدا لحركة الماء اي الى قشرة الجذر ذات الشد المائي -2.0 بار ومن ثم الى خلايا الاندوديرم ومن ثم الى انسجة الخشب ذات الشد المائي – 5.0 بار وبعد ذلك الى خلايا النسيج الاوسط ذات الجهد المائي- 6.0 بار وبعدها الى فتحات الثغور في الورقة – 10.0 بار وبعدها الى الهواء الجوي – 20.0 بار . التدرج بالجهد المائي لايكون بين اجزاء النبات الرئيسية فقط بل يكون ايضا بين خلايا هذه الاجزاء .



حركة الماء من التربة الى النبات

لتفسير حركة الماء من التربة الى الجذر يجب توضيح المكونات الرئيسية للجهد المائي للخلية النباتية , وهذه المكونات يمكن توضيحها بالمعادلة التالية :

$$\psi = \psi_p - \psi_s$$

ψ : الجهد المائي الكلي للنبات

ψ_p : الجهد الهيدروستاتي

ψ_s : الجهد الازموزي

الجهد الهيدروستاتي هو اعتياديا الضغط الانتفاخي للنبات , اما الشد الازموزي فهو الشد الناتج عن المواد الذائبة في الخلية . وبصورة عامة يكون الجهد الكلي للنبات سالبا تحت كافة الظروف عدا حالة التدمع للنبات (gutation) التي تحصل عندما يكون هناك ضغط موجب , قوى الجذب الازموزي التي تعمل على

تقييد حركة الماء في النبات تختلف باختلاف كمية وتركيز عدد من المواد المتواجدة في الخلية النباتية وهي :

1- القوى الايونية للمحاليل الايونية المعدنية داخل وخارج الخلية .
2- محتوى الخلية النباتية من السكريات البسيطة والسكريات المتعددة .
3- محتوى الخلية من الاحماض العضوية .
4- محتوى الخلية من البروتينات .

اما الضغط الانتفاخي للنبات فيؤثرفي حركة الماء عن طريق مرونة ومطاطية جدار الخلية . اما من حيث عدم ذكر تاثير الجهد الحبيبي (ψ_m) في حركة الماء في النبات فان هذا التاثير يكون قليل جدا ويكون تاثيره واضحا عندما تكون الانسجة النباتية قد استنفذت اكثر من 50% من محتواها المائي الاعتيادي ولهذا فانه يهمل في اكثر الاحيان في النظام النباتي .

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

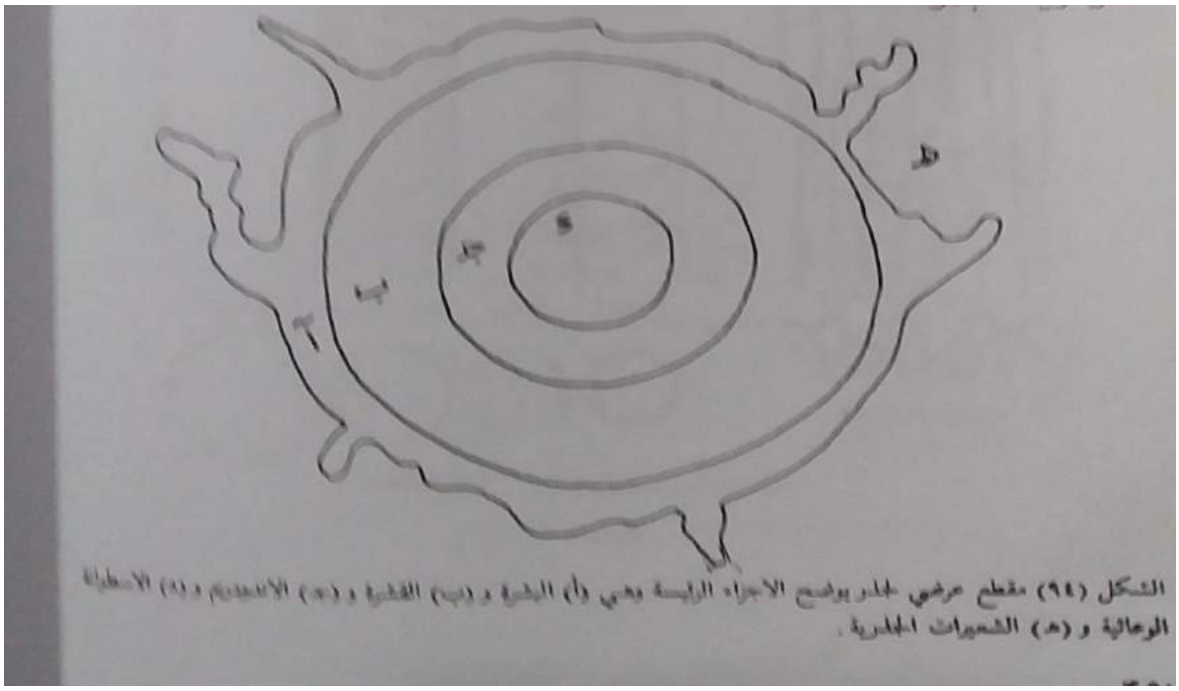
علاقة التربة بالماء والنبات النظري

المحاضرة الثامنة

الجذر وامتصاص الماء

الجذر وامتصاص الماء

ان الجذرالنموذجي الحديث التكوين يتكون من ثلاث مناطق مركزية هي البشرة والقشرة والاسطوانة الوعائية الموجودة في مركز المقطع العرضي والشكل يوضح هذه المناطق :



الشكل (٩٤) مقطع عرضي لجذر يوضح الاجزاء الرئيسة وهي (أ) البشرة و(ب) القشرة و(ج) الاندودرم و(د) الاسطوانة الوعائية و (هـ) الشعيرات الجذرية .

1- البشرة :

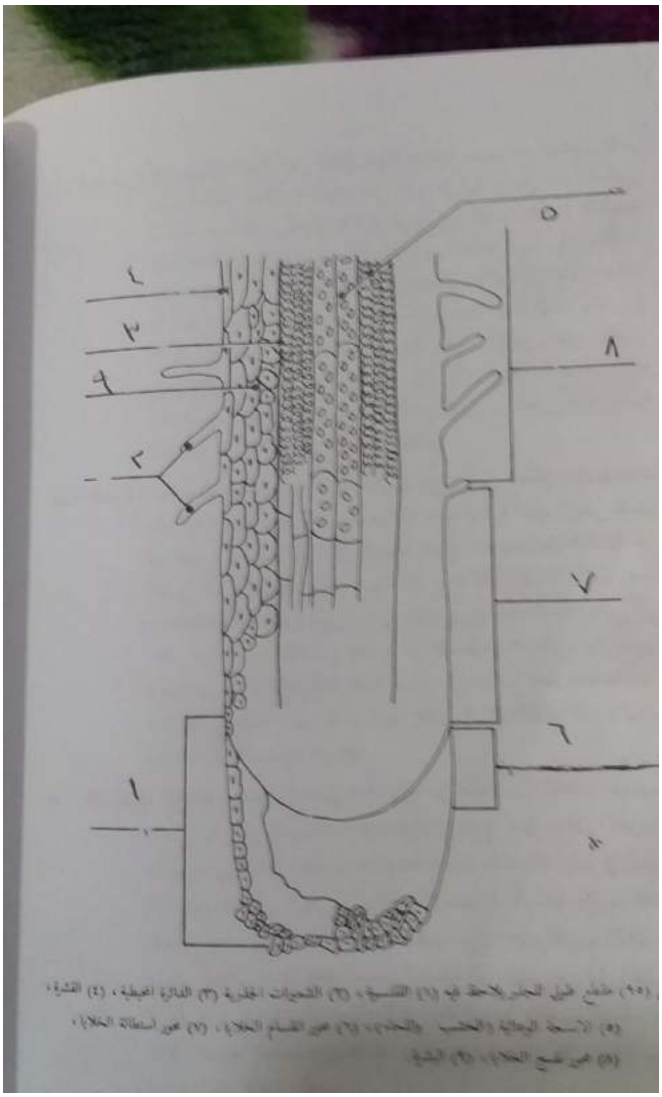
تتكون من خلايا طولية متراصة بعضها مع البعض الاخر وهي الطبقة الخارجية للجذر التي عن طريقها يدخل الماء والعناصر الغذائية الى الجذر واصل البشرة هو اما من القشرة او القلنسوة ، والبشرة الناضجة حديثة التكوين تقوم بتكوين الشعيرات الجذرية root hair التي تشارك في عملية امتصاص الماء والعناصر الغذائية . ان تقدم الجذر بالعمر يؤدي الى جعل خلايا البشرة الخارجية اقل نفاذية للماء والعناصر الغذائية .

2- القشرة :

تتكون من الخلايا البرانكيمية التي تتراص بشكل يترك فراغات بينية كبيرة مجهزة الجذر بفراغات هوائية . وتعد القشرة المخزن الرئيسي للجذر في خزن النشا وكذلك تعمل كوسيط لنقل الماء والعناصر الغذائية من البشرة الى الانسجة الوعائية ، كذلك وجد ان الطبقة الاكثر عمقا في القشرة والتي تسمى الاندوديرم endodermis هي التي تنظم حركة الماد المارة من القشرة الى الاسطوانة الوعائية والاندوديرم تتكون من خلايا ذات جدر رقيقة تحتوي على اشرطة كاسبر casparian strips الغير نفاذة وبهذا فانها تؤثر في انتقال الماء والعناصر الغذائية الى الاسطوانة الوعائية .

3- الاسطوانه الوعائية :

تحتوي الاسطوانه الوعائية على طبقة من الخلايا المرستيمية تدعى بالدائرة المحيطية والتي ينتج عنها معظم التفرعات الجذرية اي الجذور الجانبية Lateral roots ، وداخل الاسطوانة الوعائية وقرب الدائرة المحيطية توجد انابيب اللحاء ويوجد قرب مركز الجذر انابيب الخشب . انابيب الخشب تنقل الماء والعناصر الغذائية التي تمتص من قبل الجذر الى الساق ومن ثم توزع الى جزاء النبات الاخرى ، وانابيب اللحاء تعمل كناقل للمواد المصنعة وموزعة لها داخل النبات والشكل يوضح اجزاء المقطع الطولي للجذر.

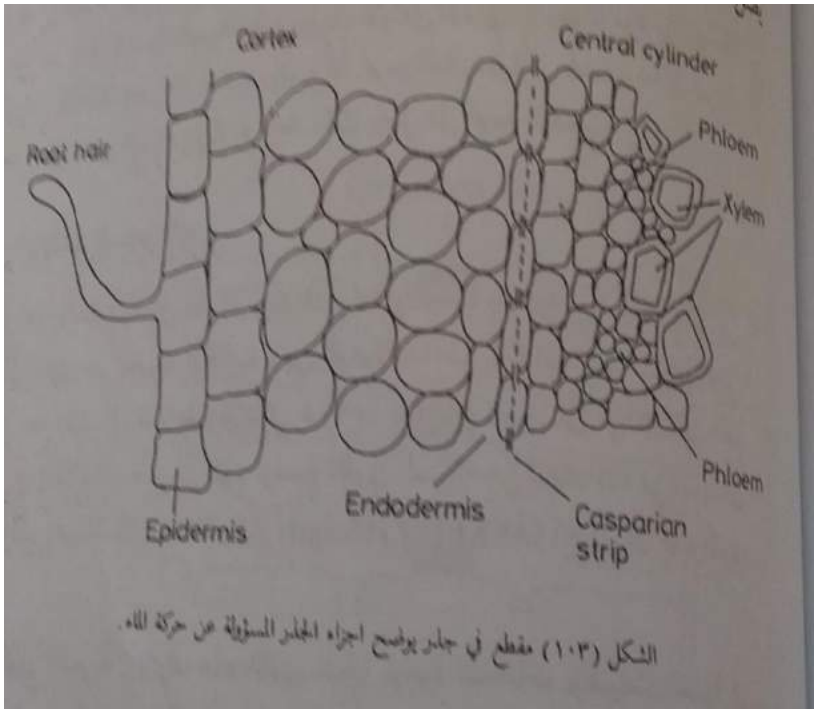


ان حركة الماء من التربة الى الجذر تحصل بواسطة القوى الناتجة عن الاختلافات الحاصلة في الجهد المائي بين التربة والجذر . ومن اجل ان يدخل الماء الى الجذر فان الاخير يجب ان يكون بحالة اتصال بالتربة وان يكون جهده المائي اقل من الجهد المائي للتربة , وعلى الجذر المحافظة على هذا لاختلاف بالجهد من اجل استمرار امتصاص الماء من قبل الجذر .

ان الجذر يعمل كنظام ازموزي , حيث ان الاملاح تتجمع في عصير اللحاء بحيث ان الجهد الازموزي لهذا العصير يزيد على الجهد الازموزي للمحيط الخارجي وبذلك ينتقل الماء الى اوعية الخشب , ومن هذا يتضح ان تدفق الماء الى اوعية الخشب يعتمد على الاختلافات في الجهد الازموزي وكذلك على نفاذية الجذور للماء . الماء الذي يدخل الى الجذر يجب ان يمر عبر البشرة والقشرة الخارجية والاندوديرم (القشرة الداخلية) ومن ثم الدائرة المحيطة قبل ان يصل الى الخشب , وهناك ثلاث مسالك يسلكها الماء عبر هذه الانسجة ليصل الى الخشب وهي :

أ- الانتقال الفجوي

ويشمل هذا المسلك دخول الماء الى فجوة خلية البشرة بعد ان يقوم بعبور البلازما وغلاف فجوة الخلية (tonoplast) وبعد ذلك يدخل الى فجوة خلية القشرة مرورا باغشية خلوية وهكذا يكون الانتقال من فجوة الى اخرى الى ان يصل الى الدائرة المحيطة وبعدها الى اوعية الخشب .



الشكل (١٠٣) مقطع في جذر يوضح اجزاء الجذر المسؤولة عن حركة الماء.

ب- الفراغ الحرFree- space pathway

ويشمل هذا المسلك مرورالماء من خلايا جدار البشرة وجدار القشرة وعندما يصل الى القشرة الداخلية التي تفصل القشرة الخارجية عن الاسطوانة المركزية تكون الجدران الخلوية الداخلية التماسية او العرضية للقشرة الداخلية غنية بمادة اللكنين والدهون مولدة شريط كاسبر Casparian strip الذي يولد مقاومة كبيرة ضد انتقال الماء لكونها قد عدت غير نفاذة للماء والعناصر الغذائية وبذلك لاينتقل الماء الى الاسطوانة المركزية عبر هذا الطريق , ولذلك يغير الماء مسارة ويجب ان يمر عبر البلازملما التي تحاذي خلايا شريط كاسبر حتى يصل الى البروتوبلازم وبعد ذلك يصل الى اوعية الخشب .

ت- الانتقال بالسايتوبلازم

في هذا المسلك يدخل الماء الى بروتوبلازم خلايا البشرة والقشرة وبعد ذلك ينتقل من خلية الى اخرى عبر الخيوط البلازمية ,وفي القشرة الداخلية يترك الماء الممر السايتوبلازمي ويصل بعد ذلك الى الاوعية .

القوى المسؤولة عن انتقال الماء من التربة الى اجزاء الجذر وعبر المسالك الثلاثة السابقة هي :

1- القوى الشعرية :وتتولد هذه القوى نتيجة لوجود المسامات والقنوات الضيقة في مادة جدار الخلية , ويكون جزء من الماء في الفراغ الحر مقيدا بقوى الشد الحبيبي .
2- قوى التنافذ : يمكن ان ينتقل الماء من الفراغ الحر الى السايتوبلازم عن طربق التنافذ لان الاغشية الحيوية التي تفصل الفراغ الحر عن السايتوبلازم تكون شبه نفاذة مما يؤدي الى توليد قوى التنافذ والتي تسمح بنفوذ الماء عبر هذه الاغشية .
3- قوى الازموزية : نتيجة لوجود المواد الذائبة في الخلية مثل الاحماض العضوية والسكريات والعناصر المعدنية تؤثر في انتقال الماء من خلية الى اخرى نتيجة لتولد جهد ازموزي مختلف بين خلية واخرى اوبين التربة وخلايا الجذر.

اما اي الطرق اهم في انتقال الماء فقد توصل عديد من الباحثين الى ان طريق الانتقال بالسايتوبلازم هو الطريق المهم لانتقال الماء والايونات المعدنية عبر نسيج القشرة للجذر وذلك لاسباب متعددة منها عدم وجود شريط كاسبر في طريق الانتقال السايتوبلازمي والموجود في طريق الفراغ الحرفضلا عن ذلك فان القوى المتولدة في هذا المسلك ضد حركة الماء وكذلك نفاذية الاغشية الخلوية لاتعيق بشكل كبير انتقال الماء , ولكن هذا يجب ان لايولد اهمالا لمسلك الماء في الفراغ الحر وفجوة الخلية .

ان الخشب في الساق يعد الخط الرئيس لانتقال الماء في النبات , والخلايا الرئيسية للخشب المسؤولة عن انتقال الماء هي الخلايا الوعائية والخلايا الرغامية والخلايا الليفية .

حركة الماء في الساق تعتمد على القوى الناتجة من تبخر الماء من على سطح الخلايا البرنكيمية للورقة ,وهذا التبخر يؤدي الى خفض الجهد المائي لهذه الخلايا مسببا حركة الماء من الخشب الى هذه الخلايا السطحية . وبمعنى اخر هذا التبخر يؤدي الى خفض الجهد المائي لقمة الخشب حيث ينخفض الى اقل من الصفر مما يؤدي الى سحب الماء الى اعلى الساق .

ان استمرار الماء بالحركة في الساق الى الورقة يحتاج الى عمود متصل من الماء , وهذا العمود المتصل من الماء ينقطع وذلك اما عن طريق ذوبان الغازات في الماء داخل العمود مكونا فقاعات بواسطة الرياح التي تولد فراغات , وكذلك قد يحصل تكون للفقاعات عند تعاقب حالة الانجماد والسيولة للماء داخل الاوعية الناقلة .

حركة الماء في الاوراق

ان الحزم الوعائية في الورقة والتي تضم الخشب واللحاء تنقسم الى عدة تفرعات تسمى بالعروق تنتظم حول العرق الرئيسي في وسط الورقة , في نباتات ذوات الفلقة الواحدة تنتظم هذه العروق بشكل متوازي , اما في نباتات ذوات الفلقتين تنتظم هذه العروق على شكل شبكة في الورقة . العروق الرئيسة تتفرع الى عروق ثانوية وهذه بدورها تتفرع الى عروق صغيرة اخرى تتصل بخلايا الورقة .

هناك طريقتان لانتقال الماء في الاوراق هما العمودي (vertical) والجانبي (lateral) الحركة العمودية تكون من نهاية الحزم الوعائية الى البشرة , بينما الحركة الجانبية تكون في داخل خلايا النسيج الاوسط الى خلايا الجدار الخاصة بالتبخر المتاخمة للثغور . ويمكن ان يتداخل هذان الطريقان لنقل الماء في الورقة وفقدانه من الثغور . والسؤال الذي يطرح هل ان انتقال الماء الجانبي هو :

1- حركة انتشار من فجوة خلية الى فجوة خلية اخرى عبر خلايا الاغشية والجدر والقوة المسؤولة عن هذه الحركة هي التدرج في الجهد المائي , ام هو :
2- جريان كتلي حول الخلايا دون المرور بالفجوة والقوة المسؤولة ايضا التدرج بالجهد المائي .

واكد عدد من الباحثين امثال (1956-Levitt)ان حركة الماء حول الخلايا وليس الانتشار (معدل انتشار الماء قليل جدا بحيث انه لايدعم انتشار الماء من الثغور) هو السؤول عن حركة الماء .

ويؤكد(Levitt) ايضا ان حركة الماء تكون بشكل رئيس من خلال جدر الخلية ويدعم ذلك كون مقاومة الجريان في البروتوبلازم هي 50 ضعف لمقاومة الجريان خلال جدار الخلية .

حركة الماء في الاوراق تعتمد المعادلة الاتية :

$$J_p = L_p (\Delta t)$$

حيث ان :

J_p : حجم التدفق او الجريان للماء

L_p : الايصالية المائية

Δt : التغير بالجهد

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

علاقة التربة بالماء والنبات النظري

المحاضرة الرابعة عشر

استهلاك النبات للماء والعوامل المؤثرة فيه

ان كفاءة استهلاك الماء من قبل النبات يمكن ان توضح بمستويين هما مستوى ورقة النبات ومستوى النبات ككل :

اولا : ورقة النبات وكفاءة الاستهلاك المائي

ان كفاءة استهلاك النبات للماء على مستوى الورقة يمكن تعريفها على انها النسبة بين الكاربون الممثل الى كمية الماء المفقودة بوساطة عملية النتح ، والعوامل التي تؤثر فيها كثيرة منها :

أ- الرطوبة النسبية للهواء الجوي

ان زيادة انخفاض ضغط البخار الجوي حول الاوراق يؤدي الى زيادة عملية النتح دون حصول زيادة مكافئة في عملية التركيب الضوئي وهذا يؤدي الى انخفاض كفاءة عملية النتح .

ب-حرارة الهواء الجوي

ارتفاع درجة حرارة الهواء الجوي تقلل من كفاءة عملية النتح .

أ- الضوء

زيادة شدة الضوء تؤدي الى زيادة معدل عملية النتح وفقدان الماء من النبات وذلك عن طريق زيادة درجة حرارة الاوراق وكذلك فتح الثغور التي عن طريقها يفقد الماء ، وبذلك فان زيادة شدة الضوء تقلل من كفاءة عملية النتح .

ب-فتح وغلق الثغور

زيادة معدل فتح الثغور يقلل من كفاءة عملية النتح بينما غلق الثغور يزيد من كفاءة عملية النتح .

ت-طريقة استهلاك الكربون من قبل النبات

نباتات الـ CAM (Crassulacean acid metabolism) والتي تشمل معظم العصاريات تقوم بفتح الثغور خلال الليل وغلقها خلال النهار لتقليل فقد الماء بعملية النتح من اجل مقاومة ظروف الجفاف في المناطق الجافة وشبة الجافة . ونباتات C_4 مثل الذرة الصفراء والبيضاء تكون كفاءة عملية النتح فيها هي ضعف كفاءة عملية النتح في نباتات C_3 مثل فول الصويا .

ثانيا : النبات وكفاءة الاستهلاك المائي

وهذه تعتمد على فقدان الماء من التربة وعلى مقدار الحاصل بوحدة الماء المستهلكة والتي تعتمد على عدد من العوامل ذات العلاقة بالمحصول والتربة ومن هذه العوامل : موعد الزراعة والنمو المبكر للنبات واستعمال الاسمدة الكيميائية والعضوية والامراض والحشرات التي تصيب النبات والادغال والمحتوى الرطوبي للتربة , وبشكل عام فان الكفاءة المنخفضة لعملية النتح تعود الى التغذية الرديئة والسيطرة الضعيفة على الامراض والحشرات والادغال واري الجيد وكذلك الوقت غير الصحيح في عملية البذار .

ادارة التربة لزيادة كفاءة استهلاك الماء من قبل النبات

ان ادارة التربة لغرض زيادة كفاءة استهلاك الماء من قبل النبات تتم من خلال زيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء عن طريق تقليل معدل سيح ماء المطر او مياه الري واعطاء فرصة كبيرة لغيض الماء ، كذلك زيادة خصوبة التربة لغرض الاستغلال الامثل للماء من قبل النبات .

اولا: احتفاظ التربة السطحية بالماء

زيادة مقدرة التربة السطحية على الاحتفاظ بالماء يكون عن طريق :

أ- عمليات الحراثة :تؤدي حراثة التربة الى التقليل من سيح الماء فوق سطح التربة وذلك عن طريق :

1- تؤدي الحراثة الخفيفة وغير الخفيفة الى زيادة خشونة سطح التربة مما يؤدي الى زيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وتقليل سيح الماء .

2- حراثة التربة تؤدي الى زيادة المسامية التي تقلل من سرعة سيح الماء وخاصة في طبقة التربة المحروثة .

3- حراثة التربة المنحدرة وزراعتها عن طريق المصاطب يؤدي الى تقليل سيح الماء وتعرية التربة وزيادة مقدرتها على الاحتفاظ بالماء .

ب-المحافظة على الغطاء النباتي للتربة يقلل من سيح الماء وتعرية التربة وزيادة كمية الماء التي تحتفظ بها التربة ولمدة زمنية اطول .

ت-العمليات الهندسية التي تجرى على الاراضي الزراعية من تسوية وقطع وتعديل وعمل مساطب في المناطق المنحدرة تؤدي الى زيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء عن طريق تقليل معدل سيح الماء .

ثانيا: غيض الماء في التربة

وهذا يكون عن طريق :

أ- تحسين صفة تجمع حبيبات التربة وذلك عن طريق استعمال مصلحات التربة من اجل زيادة مسامية التربة .
ب-الحراثة العميقة لتفتيت الطبقات الصلدة تحت السطحية للتربة التي تعيق من عملية دخول الماء الى اعماق التربة .
ت-الدورة الزراعية تؤدي الى زيادة مادة التربة العضوية وزيادة معدل تجمع حبيبات التربة وهذا بدوره يؤدي الى زيادة معدل غيض الماء .
ث-ترك بقايا ومخلفات النبات في الحقل للمحافظة على حبيبات التربة السطحية من التفتت نتيجة لسقوط الامطار او من خلال عملية الري .

ثالثا – الاحتفاظ بالماء في مقد التربة

ان زيادة مقدرة مقد التربة بافاقه السطحية على الاحتفاظ بالماء يكون عن طريق :

أ- زيادة حجم التربة للاحتفاظ بالماء وذلك عن طريق التخلص من طبقات التربة الصلدة المقيدة لحركة الماء الى داخل مقد التربة .
ب-الترب الرملية تكون مقدرتها على الاحتفاظ بالماء قليلة ، وزيادة مقدرتها يكون عن طريق القيام بعدد من العمليات منها اضافة المواد العضوية اوخلط التربة الرملية الموجودة على السطح بترب ناعمة متوفرة في العمق او اضافتها الى التربة من مصدر خارجي .
ت-السيطرة على عملية تبخر الماء من التربة والتقليل منها عن طريق استخدام المواد العازلة مثل ترك بقايا النباتات بعد الحصاد والمحافظة على الغطاء النباتي وكذلك استخدام المواد البتروكيمياوية التي توضع على سطح التربة للتقليل من فقد الماء بالتبخر .

ث-البزل الجيد يتيح الفرصة لزيادة احتفاظ مقد التربة بالماء .

رابعا : خصوبة التربة

زيادة جاهزية العناصر الغذائية في التربة تؤدي الى زيادة كفاءة استهلاك الماء من قبل النبات واستغلاله بشكل افضل في العمليات الحيوية التي بدورها تؤدي الى زيادة الانتاجية . النبات الذي يعيش في تربة غنية بالعناصر الغذائية الجاهزة له القدرة الاكبر على امتصاص الماء من حجم اكبر من التربة مقارنة بالنبات الذي يعاني من نقص العناصر الغذائية .

الجذور وكفاءة استهلاك الماء من النبات

زيادة معدل امتصاص الماء من قبل الجذور يكون عن طريق :

1- زيادة حجم التربة التي تشغلها الجذور وهذا يكون عن طريق تحويرمقد التربة من اجل زيادة معدل تعمق الجذور وانتشارها ويكون ذلك عن طريق الحراثة او انتخاب اوتربية اصناف اكثر مقاومة لظروف التربة السائدة والتي تحدد من نمو الجذور .
2- زيادة كثافة الجذور في الطبقة السطحية للتربة لزيادة استغلال الماء منها وتقليل الكمية المفقودة منه عن طريق التبخر .
3- زيادة عملية تجهيز النبات بالعناصر الغذائية وذلك عن طريق زيادة المساحة السطحية للجذور ومعدل تعمقها ، وكذلك عن طريق زيادة تركيز العناصر الغذائية قريبا من سطح الجذور .
4- اختيار الاصناف ذات النمو الجذري الجيد من اجل زيادة كفاءة استهلاك الماء من قبل النبات ، وبشكل عام يجب تربية نباتات ذات مواصفات فسيولوجية ومورفولوجية تساعدها على زيادة كفاءة استهلاك الماء .