المحاضرة الخامسة

هواء التربة والتهوية soil air and aeration

تعد تهوية التربة soil aeration إحدى العوامل المهمة والمحددة لإنتاجية التربة ومن المعروف إن جذور النباتات تمتص غاز الأوكسجين وتحرر ثنائي | وكسيد الكربون في عملية التنفس وفي معظم النباتات فان النقل الداخلي من الأوراق والسيقان إلى تلك الجذور لا يكفي لتجهيز متطلبات الأوكسجين للجذور . ويتم طلب تنفس الجذور المناسب تهوية التربة . إن التبادل الغازي بين هواء التربة والجو عملية مهمة تمنع نقص الأوكسجين وزيادة ثنائي اوكسيد الكربون في منطقة الجذور .

تتحرك الغازات إما في الطور الغازي (خلال المسامات المبزولة من الماء) أو على شكل ذائب في الماء لذا فان تهوية التربة تعتمد بدرجة كبيرة على جزء من حجم التربة المملوء بالهواء . إن عرقلة التهوية الناتجة عن البزل الرديء والتغدق أو نتيجة الرص compaction تؤثر بدرجة كبيرة على نمو النبات . ان سوء التهوية يحدد نمو النظم الجذرية ويقلل امتصاص الماء وقد يؤدي إلى ذبول مبكر إن الظروف اللاهوائية في التربة تولد سلسلة من تفاعلات الاختزال ومن ضمنها عملية عكس النترجة (تحول النترات إلى نتريت ومن ثم إلى أوكسيد النتروجين وأخيرا إلى النتروجين المعدني :

$$NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

كذلك اختزال المنغنيز والحديد من حديديك إلى أوكسيد الحديدوز واختزال الكبريتات إلى كبريتيد الهيدروجين إن غالبية نواتج الاختزال هي نواتج سامة للنباتات.

حجم الهواء في التربة Volume fraction of soil air

تتغير النسبة المئوية لمكونات التربة الثلاثة وهي الاطوار الصلبة والغازية والسائلة في معظم الترب الطبيعية بصورة مستمرة عندما تمر الثرية بدورات الترطيب والتجفيف والانتفاخ والانكماش والتجمع

والتشتت والحراثة أو الرص ونظرا لأن الماء والهواء يتنافسان على نفس الحيز المسامي فانهما مرتبطان بعضهما بالآخر اذ ان زيادة احدهما يكون على حساب الآخر وحسب المعادلة التالية :

$$fa=f-o$$

حيث ان:-

fa: حجم الهواء في التربة

f: المسامية الكلية

O:الرطوبة أو حجم المشغول بالماء

لقد اعتمدت السعة الهوائية للتربة field air capacity كدليل للتعبير عن تهوية التربة وتعرف بانها الجزء من حجم الهواء في التربة عندما تكون رطوبة التربة عند السعة الحقلية وهي صفة تعتمد بدرجة رئيسية على نسجة التربة ففي الترب الرملية تصل قيمتها الى 25% أو أكثر وفي الترب المزيجة تتراوح بين 15 و 20% وفي الترب الطينية فهي عادة تقل عن 10% من حجم التربة الكلي . اما في الترب المرصوصة ذات البناء الرديء نتيجة تكسر المجاميع عن طريق القوى الميكانيكية فأنها قد تصل الى اقل من 5%. ولقد وجد الباحثون أن قيمة السعة الهوائية التي تصبح عاملا محددا لتنفس الجذور ونمو النبات فكانت بمعدل 10% .

مكونات هواء التربة

في الترب جيدة البزل يكون تركيب هواء التربة مشابها للهواء الجوي حيث يعوض الأوكسجين المستهلك من قبل النبات من الهواء الجوي ولا تطبق هذه الحالة على الترب الرديئة التهوية ان تحليل هواء التربة يشير إلى وجود اختلافات كبيرة عن الهواء الجوي اعتمادا على بعض العوامل منها :

1. موسم الزراعة أو الوقت من السنة (مرحلة نمو النبات).
2. درجة حرارة التربة والجو.

3. رطوبة التربة.
4. عمق التربة تحت السطح.
5. نمو الجذور.
6. الفعاليات الحيوية.
7. درجة تفاعل التربة.
8. معدل تبادل الغازات عبر سطح التربة

ان الاختلاف الكبير في تركيب الهواء هو تركيز ثنائي أوكسيد الكاربون الناتج من فعاليات التنفس من قبل جذور النباتات والأحياء المجهرية وغير المجهرية في التربة . أن تركيز CO_2 في الجو هو 0.03% بينما يصل تركيزه في التربة إلى أكثر من ذلك حيث يصل 10 – 100 ضعف تركيزه في الجو. ان زيادة تركيز CO_2 في التربة نتيجة التنفس واكسدة المادة العضوية قد يرافقه نقص في تركيز الاوكسجين (تركيز الأوكسجين في الجو يصل الى 20 %) وفي الحالات المتطرفة من نقص التهوية قد يهبط الى الصفر وينتج عنه حالة لاهوائية لفترة طويلة مما يولد ظرفا للاختزال تظهر فيه بعض الصيغ السامة كما تظهر بعض الغازات مثل كبريتيد الهيدروجين H_2S والميثان CH_4 والاثيلين.

وبالإضافة إلى اختلاف تراكيز مكونات الهواء بين الجو وهواء التربة فان هنالك اختلاف آخر بين هواء التربة والجو وهو ان هواء التربة يتميز برطوبة نسبية عالية قد تصل الى 100% عدا عن سطح التربة في فترات الجفاف الطويلة (الرطوبة هنا ضرورية لبقاء الجذور بحالة طرية وغير جافة) .

جريان هواء التربة flow of soil air

يمكن أن يحصل تبادل الهواء بين التربة والمحيط الخارجي بطريقتين مختلفتين هما :

1. الجريان الحملي Convective
2. الانتشار Diffusion

وكلتا العمليتين يمكن التعبير عنها بقانون المعدل الخطي Linear rate flow في أن التدفق يتناسب مع القوة المحركة في حالة الجريان الحملي والذي يسمى الجريان الكتلي أو التدفق الكتلي mass flow والذي ينتج عنه ان كتلة الهواء ككل تنساب من مناطق الضغط العالي الى مناطق الضغط الجزئي بينما في حالة الجريان بالانتشار فان القوة المحركة هي الانحدار في الضغط الجزئي أو التركيز .

هنالك عدد من الظواهر التي تسبب الاختلاف في الضغط بين التربة والجو مما يؤدي الى جريان الهواء الكتلي من والى التربة ومن هذه العوامل :

1. تبدل الضغط الجوي.
2. الانحدار في درجات الحرارة.
3. العاصفة الهوائية الملامسة لسطح الأرض .
4. دخول الماء إلى التربة عن طريق الامطار أو الري او خروج الماء من التربة عن طريق البزل.
5. التغير في مستوى الماء الأرضي الضحل دافعا الهواء إلى الأعلى أو الاسفل .

وقد كان لدرجة مساهما التغيرات في ضغط الهواء والجريان الكتلي الناتج عن تبادل الغازات بين التربة والجو وثار جدل بين فيزيائي التربة وإن حركة الهواء الكتلية تشابه حركة الماء في بعض الوجوه لكون كلتا العمليتين مسيطر عليها وتتناسبان مع التدرج في الضغط ويختلف جريان الهواء عن الماء يكون الماء غير قابل للانضغاط مقارنة بالهواء حيث أن كثافة ولزوجة الهواء تعتمد على الضغط ودرجة الحرارة ففي نظام التربة الكامل فان الماء والهواء يحتلان اجزاء مختلفة من المسامات البينية لها اشكال مختلفة وعليه تظهر التربة استجابات مختلفة لتوصيل الماء والهواء التي لها علاقة بالقطر الفعال والتواء المسامات .

فيزياء التربة النظري

المرحلة الثانية/قسم تقانات البيئة مدرس المادة:د.عبد الستار جبير زبن

متطلبات التهوية والتنفس في التربة soil

respiration and aeration requirements

ان المعدل العام للتنفس نتيجة الفعاليات الحيوية في التربة يحدد متطلبات التهوية للتربة ومن المهم أن تحصل على معلومات كلية المتطلبات التهوية المحاصيل وترب مختلفة في حالات متغيرة اذا كنا نصمم وسائل تؤمن توفير هذه المتطلبات ومع هذا من الصعوبة الحصول على المعلومات المطلوبة بسبب اعتماد معدل التوزيع الموضعي لتنفس التربة على عوامل كثيرة منها الحرارة ودرجة الرطوبة والمادة العضوية وفعاليات الكائنات الحية .

يحصل العجز في الأوكسجين في التربة كلما كان معدل تجهيز الأوكسجين اقل من الطلب وتحصل هذه الحالة بسبب كون مخزون الأوكسجين في التربة منخفض مقارنة بالكمية المطلوبة لتنفس التربة . التوضيح ذلك نأخذ بالاعتبار تربة مع عمق منطقة جذرية فعال 65 سم والمسامية للمحلول بالهواء 15% تحتوي على 90 لتر من الهواء تحت كل متر مربع من سطح التربة . مع التركيز الأول للأوكسجين 20% في الطور الغازي يمكن حساب مخزون الأوكسجين ليكون 18 لتر والذي يكافئ 25 غم (ان الغاز المثالي تحت الحرارة والضغط القياسي يحتل 22.4 لتر/ مول . كتلة مول من الأوكسجين (الوزن الذري = 16) يساوي 32 غم . ان الكتلة الموجودة في 18 لتر على هذا الاساس تساوي 22.4 /(32.18) = 25.7 غم.

قياس تهوية التربة Measurement of soil aeration

1. قياس المسامية المملوءة بالهواء عند رطوبة معينة أو السعة الهوائية :

ويتم ذلك بأخذ نموذج من الحقل ذات حجم معين ورطوبة تقابل السعة الحقلية أو في المختبر حيث يشبع النموذج ويسلط عليه ضغط يعادل 1/3 بار ومن ثم يؤخذ الفرق بين المسامية الكلية (يستحصل عليها من قياس الكثافة الظاهرية والرطوبة الحجمية) .

2. قياس مكونات هواء التربة : وهي طريقة تشخيصية محيث تكشف هذه الطريقة وقت حصول عجز في الأوكسجين والمشكلة هنا تكمن في طريقة سحب عينة من هواء التربة
3. استعمال الكتروليدات للتحسس O_2 او CO_2: إن مثل هذه الأقطاب يجب إن تحفظ لقياس تركيز الأوكسجين . لذلك فإنها تحفظ في الغالب في أنبوب مجوف يغرز في التربة وإن

حجم الهواء المحيط بالقطب يجب إن يتعادل مع هواء التربة قبل القياس وإذا كانت التربة رطبة جدا فان هذا التعادل يمكن إن يستلزم ساعات عديدة أو ربما حتى أيام عدة.

4. قياس النفاذية الهوائية air permeability : أي قياس العامل الذي يحدد الانتقال الكلي للهواء عبر التربة، وتتم هذه الطريقة بملء فجوة في التربة بغاز النتروجين وبعد ذلك تؤخذ نماذج من الفجوة بصورة دورية لتعيين معدل انتشار الغازات وبصورة خاصة الأوكسجين من المحيط الخارجي للتربة .
5. قياس جهد التأكسد والاختزال :

تأثير التهوية الرديئة أو نقص الأوكسجين في هواء التربة على النبات

1. تنفس الجذور : يقل معدل تنفس الجذور مما يؤثر ويحدد نموها وبالتالي نمو النبات .

2. امتصاص الجذور للماء : يقل معدل امتصاص الماء من قبل الجذور كلما ساءت التهوية مما يسبب عطش النبات بظاهرة تسمى العطش الفسيولوجي.

3. امتصاص العناصر الغذائية : يقل امتصاص العناصر الغذائية مع نقص الأوكسجين حيث إن أكثر العناصر تأثرا هو البوتاسيوم ثم النتروجين ثم الفسفور ثم الكالسيوم والمغنيسيوم .

4. تكون صيغ وتراكيز سامة لبعض العناصر.