



## المحاضرات النظرية

المرحلة الرابعة

احياء التربة المجهرية

المحاضرة الاولى

### بيئة التربة: The Soil Environment

وصف عام للتربة: بيئة الاحياء المجهرية تمثل العلاقات المتداخلة بين تلك الاحياء ومحيطها ، وبالنسبة للاحياء التي تستوطن التربة ، يعتبر التعرف على محيطها الذي تتواجد فيه مدخلاً ضرورياً يمهّد لدراسة ميكروبايولوجيا التربة. ان التربة بشكل عام تعني الجزء الهش من سطح الارض الذي يختلف عن الصخور الصلدة وهذا الجزء من القشرة الارضية يتميز بعدة صفات.

تعرف التربة بانها خليط من المادة المعدنية والمادة العضوية والماء والهواء اضافة الى الكائنات الحية التي تشغل حيزاً يقل عن ١% من الحجم الكلي ، الا ان وجودها يعتبر عاملاً ضرورياً في خصوبة التربة ونتاج المحاصيل. ان المهتمين في احياء التربة يركزون على الجزء العضوي او السطحي من مقد التربة متجاهلين الطبقات المعدنية العميقة التي لها تاثير قليل مباشر على العمليات البيولوجية ، وبشكل عام يقل تركيز الاوكسجين بالعمق على العكس من غاز ثنائي اوكسيد الكربون الذي يزداد بالعمق. ولما كان كل من الاوكسجين وثنائي اوكسيد الكربون ضروريان لنمو الكائنات المجهرية فان التغيير في مكونات هواء التربة يؤدي الى تغيير مقابل في حجم ونشاط المكروبات فيها. وفي مثل هذه الحالات التي ينخفض فيها تركيز الاوكسجين في التربة فان النشاط المايكروبي ينخفض ايضاً، كما قد يؤدي الى توقف بعض العمليات الحيوية في التربة ، وقد يصاحب هذا حدوث عمليات حيوية جديدة ذات اثر ضار على النباتات فنقص الاوكسجين يشجع انطلاق النايتروجين ( $N_2$ ) وتكوين غاز الميثان ( $CH_4$ ) مع بدأ ظهور بعض المركبات العضوية الضارة وتراكم ايونات الكبريتيد والحديدوز والمنغنيز.

### مجاميع الاحياء في التربة: Soil Population

ان عينة التربة سواء كانت مواد خاملة او مواد عضوية داكنة يمثل عالم صغير يحتوي على كائنات حية صغيرة لاترى بالعين المجردة ورغم صغر حجمها فان لها طاقة عالية للفعاليات والبناء. وبسبب اعدادها الكثيرة في التربة تتباين انواعها وطاقتها الحيوية واقلمتها وقابليتها على التكاثر السريع. أن الاحياء

المجهرية في التربة ( Soil Microflora ) لها ادوار مهمة في دورة العناصر الكيميائية في التربة  
التربة وكذلك في تحليل المواد العضوية وتقليل سمية تلوث سطح الكرة الارضية .

١

ان مجاميع احياء التربة تسيطر وتحافظ على قابلية انتاج التربة للعناصر الضرورية للنبات من بقايا  
النباتات او من مكوناتها غير الجاهزة للنباتات.

### انواع احياء التربة المجهرية: Type of Soil Microorganisms

ان الاحياء المجهرية لا تنتمي الى المملكة النباتية او الحيوانية وانما الى مملكة ثالثة تسمى البروتستا  
(Protista) وتختلف عن النباتات والحيوانات ببساطتها الحيوية ، كثير منها تكون وحيدة الخلية وحتى  
المتعددة الخلايا لاتظهر فيها الانسجة المختلفة كما هو الحال في النباتات والحيوانات.وعلى اساس تركيب  
الخلايا فان الـ Protists تقسم الى قسمين :-

١- العليا Higher Protists: تنتمي الى الخلايا حقيقية النواة ( يوكاريوتك Eucaryotic Cell ) التي  
تتميز بوجود غشاء النواة ( nuclear membrane ) و عدة خلايا منقسمة وتشمل ثلاث مجاميع هي :  
جميع الفطريات ومعظم الطحالب وجميع البروتوزوا ( Protozoa ).

٢- الدنيا Lower Protists: تنتمي الى الخلايا بدائية النواة ( البروكاريوتك Procaryotic Cell )  
التي تتميز بغياب غشاء النواة وتركيب الخلية يكون بسيط جداً . في التربة تكون المجاميع الرئيسية لهذه  
المجموعة هي البكتريا والفطريات الشعاعية ( Actinomycetes ) والطحالب الخضراء المزرقة  
( Blue – green algae ) والفايروسات ( Viruses ).

تحتوي التربة بصورة عامة على خمس مجاميع رئيسة من الكائنات المجهرية وهي :  
البكتريا والفطريات الشعاعية والفطريات والطحالب والبروتوزوا . وان اعداد هذه المجاميع تكون مختلفة  
في الترب ، وفي احد الدراسات وجد بان اعداد الاحياء المجهرية في غرام من التربة الزراعية الخصبة  
مختلفة وحسب المجاميع الخمسة اعلاه ، اذ وجد ان اعداد البكتريا هي المتسيدة والاكثر عدداً في حين  
كانت اعداد البروتوزوا اقل عدداً .

### البكتريا : Bacteria

احياء صغيرة وحيدة الخلية طولها اكثر بقليل من ١ – ٢ مايكرون ، تتكاثر بالانقسام البسيط وتحتوي على

جدار خلية سميك مكون من الميوبوليسكرايد ( mueopolysaccharides )، و الاحماض الامينية (Amino acids).

٢

ويمكن مشاهدة مجاميع مختلفة الاشكال المظهرية (morphology) للبكتريا .  
الشكل ( ١ ) يبين الاشكال المظهرية للبكتريا.

A- عصوية Rods . B- كروية Cocci . C- حلزونية Spirilla . D . Spirochaetes  
E- عصوية مع سبور . Bailli with spore . F . Stalked Cell Spores . G – خلايا  
متفرعة بشكل حرف Y . Banched Cells and Y – Shaped Cells . H- الفيبريو

تقسم بكتريا التربة الى مجموعات اعتماداً على بعض الصفات والخواص العامة كمايلي:

١- التقسيم البيئي: Ecological classification

يشمل هذا التقسيم ثلاث مجموعات وهي:

أ- البكتريا المتصلة في التربة : Indigenous autochthonous

وهي المجموعة التي تستوطن التربة بصفة طبيعية دائمة، اذ تتكاثر فيها وتساهم بفاعلية كبيرة في النشاطات الكيميائية الحيوية . تتميز هذه المجموعة في ثبات اعدادها نوعاً ما ومقاومتها للظروف غير الملائمة ولا تتأثر كثيراً في المعاملات المختلفة للتربة.

ب- البكتريا المتذبذبة الاعداد: Zymogenous

وهي المجموعة التي تتميز بسرعة استجابتها لاضافة العناصر الغذائية والمواد العضوية، وتشتمل انواع نشطة في عمليات التحول الغذائي، وتحتاج لمصدر امداد بالعناصر الغذائية لضمان استمرار معدل نموها السريع. لذلك فان هذه الاحياء تستجيب لعمليات اضافة المواد العضوية الملائمة للتربة فتزداد اعدادها وتظل كثافتها عالية طالما توفرت هذه العناصر، ثم تتناقص اعدادها عند نفاذ مصدر في التربة.

ج- بكتريا التربة الدخيلة : Invaders ellochthonous

وهي الاحياء التي تضاف الى التربة كبكتريا العقد الجذرية عند زراعة البقوليات او الاحياء التي تنتقل الى التربة مع مياه الامطار او عن طريق بقايا الانسجة النباتية او الحيوانية او مخلفات الحيوان والنبات الى التربة، هذه الاحياء تظل حية لفترة من الوقت، اما تبقى في حالة سكون او تنمو لفترات قصيرة ولكنها لا تشارك بطريقة فعالة في عمليات تحول العناصر في التربة، كما لا تشترك في اي نوع من العلاقات ذات الاثر المتبادل مع كائنات التربة المجهرية.

٢- التقسيم المعتمد على الحاجة الى الاوكسجين :

من الخصائص الكيميائية الحيوية المميزة للبكتريا هي قدرة بعض الانواع على النمو في غياب الاوكسجين O<sub>2</sub> وقد استخدمت هذه الخاصية في التصنيف لتحديد ثلاث مجموعات اعتماداً على

الضغط الجزئي Partial Pressure للاوكسجين وهي:

أ- البكتريا الهوائية ( aerobes ) التي لا تنمو الا في وجود وفرة من الاوكسجين .

ب- البكتريا اللاهوائية ( an aerobes ) التي تنمو فقط في غياب الاوكسجين.

ج- البكتريا اللاهوائية الاختيارية ( facullative an aerobes ) وهي القادرة على النمو في

وجود او غياب الاوكسجين.

### ٣- التقسيم المعتمد على المتطلبات الحرارية:

تعتبر الحرارة عاملاً أساسياً يتحكم في جميع العمليات الحيوية للبكتريا ، ان لكل نوع من الاحياء المجهرية درجة حرارة مثلى للنمو كما ان له مجال حراري معين ، اذ يتوقف النشاط الحيوي خارج هذا المجال وعلى ذلك يمكن وضع الاحياء المجهرية في ثلاث اقسام رئيسة تبعاً لدرجة الحرارة المثلى لها وللمجال الحراري الذي يمكنها النمو فيه وكما في الجدول الاتي:  
درجات الحرارة المثلى والمجال الحراري لمجاميع البكتريا حسب متطلبات الحرارة.

درجة الحرارة المثلى	المجال الحراري م	المجموعة البكتيرية
٣٥ - ٢٥	٤٥ - ١٥	المحبة للحرارة المعتدلة mesophiles
١٥ - ١٠	٣٠ - ٥	المحبة للحرارة المنخفضة Psychrophiles
٦٠ - ٥٥	٨٠ - ٤٠	المحبة للحرارة العالية Thermophiles

### ٤- التقسيم حسب متطلبات الطاقة والغذاء:

وضع هذا التقسيم على اساس الاختلافات الفسيولوجية بين الانواع التي تتعلق بنوعية مصادر التغذية وما يتضمنه ذلك من تحديد لمصادر الطاقة الذي يشمل:

أ- احياء مجهرية متباينة التغذية : ( Chemoorganotrophic or Heterotrophic )

هي الاحياء التي تحصل على طاقتها وكاربوناتها من المركبات العضوية ، وتشمل هذه المجموعة الفطريات والفطريات الشعاعية ومعظم بكتريا التربة . ولهذه الاحياء اهمية كبيرة في تحلل المادة العضوية و تحولات العناصر الغذائية في التربة كالكاربون والنايتروجين والفسفور والكبريت.

ب- احياء مجهرية ذاتية التغذية ( lithotrophic or Autotrophic )

هي الاحياء التي تحصل على مايلزمها من عنصر الكربون عن طريق تمثيل ثاني اوكسيد الكربون

CO2. اما طاقتها فتحصل عليها من ضوء الشمس او من اكسدة بعض المركبات المعدنية ، وعلى

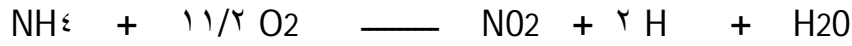
هذا الاساس تقسم الاحياء المجهرية ذاتية التغذية الى نوعين:-

١- الاحياء المجهرية ذاتية التغذية الضوئية : Photolithotrophs or Photoautotrophs  
وهي التي تحصل على طاقتها من ضوء الشمس ،تشمل هذه المجموعة الطحالب Algae وعدد قليل من البكتريا القادرة على التمثيل الضوئي.

٢- الاحياء المجهرية الذاتية التغذية الكيميائية: Chemolithotrophs or Chemoautotrophs  
هي التي تحصل على طاقتها من اكسدة المركبات المعدنية ، تنحصر هذه المجموعة في عدة اجناس قليلة من البكتريا ،ولكنها ذات اهمية كبيرة بالنسبة لخصوبة التربة وانتاجيتها .  
تقسم البكتريا الذاتية التغذية الكيميائية الى الاجناس الاتية على اساس العناصر التي تؤكسدها لتستخلص منها الطاقة اللازمة للنمو ولتصنيع مكونات الخلية:

١- اكسدة المركبات النايتروجينية:

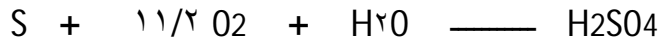
أ- اكسدة الامونيا الى نترت التي تقوم بها بكتريا Nitrosomonas



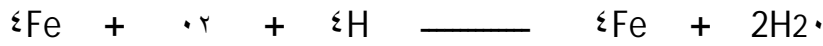
ب- أكسدة النترت الى نترات التي تقوم بها بكتريا Nitrobacter



٢- تحويل مركبات الكبريت المعدنية الى كبريتات التي تقوم بها بكتريا Thiobacillus



٣- تحويل الحديدوز الى حديدك التي تقوم بها بكتريا Thiobacillus ferrooxidans



٤- اكسدة الهيدروجين الذي تقوم به اجناس عديدة:



بالاضافة الى هذه الاجناس من البكتريا فان هناك اجناس اخرى يمكنها ان تنمو ككائنات ذاتية التغذية الكيميائية وتقوم باكسدة مركبات تحتوي على العناصر السابقة نفسها . كما ان هناك انواع عديدة اخرى من البكتريا تعتبر من الانواع ذاتية التغذية الكيميائية ،الا ان الدراسات التي تتعلق بها محدودة للغاية او يحتاج الى المزيد من الدراسات الاخرى. ان الانواع ذاتية التغذية الكيميائية الاجبارية وقد تم تحديدها

٦

بصورة قاطعة ووضعت في اجناس Nitrosomonas ، Nitrobacter وبعض الانواع من جنس Thiobacillus. اما بكتريا الهيدروجين فهي تتميز بكونها ذاتية التغذية اختيارية، أذ يمكنها الحصول على الطاقة عن طريق اكسدة جزيئات عضوية او الهيدروجين (H2).

## ٥- التقسيم المعتمد على نمو البكتريا في بيئات غذائية مختلفة:

وضع نظام للتقسيم يعتمد على النشاطات الفسيولوجية المشتركة للانواع باستخدام مصادر غذائية متنوعة وتبعاً لاحتياجها من العناصر المختلفة يضمن لها درجات نمو مثلى الى المجموعات الاتية:

١- انواع لا تحتاج الى عوامل للنمو في اوساطها الغذائية .

٢- انواع تحتاج الى حامض اميني واحد او اكثر.

٣- انواع تحتاج الى فيتامين B12.

٤- انواع تحتاج الى كل من الاحماض الامينية وفيتامين B12.

٥- انواع تحتاج الى مزيج من عوامل النمو growth factors.

ومن التقسيم اعلاه يتضح ان طرق تقدير اعداد البكتريا الحية في التربة باستعمال الاوساط الغذائية المعدنية لا تعطي الارقام الحقيقية للبكتريا المتواجدة في الترب. والسبب في ذلك يعود الى الاختلاف في المتطلبات الغذائية التي يجب ان تتوفر في الوسط . لقد اظهرت الدراسات ان حوالي ١٠% او اقل من ذلك من بكتريا التربة في مختلف الاماكن يمكنها ان تنمو في الاوساط الغذائية المعدنية.

## أعداد البكتريا في التربة:

تختلف اعداد البكتريا التي نحصل عليها من التربة باختلاف الطرق المتبعة في التقدير، عادةً خلايا البكتريا لا يمكن تمييزها في الترب عند فحصها تحت المجهر لذلك طورت طرق عد مباشر للاحياء مستندة على استعمال الاصباع ولكن المشكلة تتمثل بتصبيغ الخلايا الحية والميتة عند استعمال صبغة ارثروسين ( Erythrosin ). لذلك فان الطريقة التي تستعمل عادة لعد البكتريا في التربة هي طريقة التقدير بالاطباق ، ان العدد الذي نحصل عليه بهذه الطريقة يمكن اعتباره عدد البكتريا الموجود في التربة فقط اذا توفر الاتي:

٧

١- ان كل مستعمرة متكونة هي ناتجة فقط من بكتريا واحدة.

٢- كل البكتريا الموجودة في نموذج التربة تكون موجودة في المعلق .

٣- كل البكتريا في المعلق يمكن ان تنمو على الوسط الغذائي المستعمل.

عادة بعض البكتريا تكون متصلة مع بعضها بشكل مجاميع بواسطة مواد صمغية وبهذا تحسب على انها خلية واحدة وهي في الحقيقة اكثر من ذلك . معظم البكتريا تعيش على اسطح الطين او اجزاء

المواد العضوية ، اضافة الى ذلك فانه عندما ترج التربة مع المحلول المستعمل يكون قسم من البكتريا ممتز absorb بقوة على الطين. ولهذا فان طريقة العد بالاطباق قد تعطي اعداداً تمثل في الواقع جزء فقط من العدد الكلي للبكتريا الموجودة فعلاً في التربة.

يؤثر البعد عن سطح التربة في اعداد البكتريا في المناطق المعتدلة تنتشر المكروبات حتى عمق متر داخل التربة ولكن تتركز كثافتها في عدة سنتمترات من السطح، وتقل اعداد البكتريا على سطح الاراضي الزراعية بسبب عدم كفاية الرطوبة وتأثير اشعة الشمس . تتوزع كثافة اعداد البكتريا على طول مقد التربة حتى اخر افاقه. فهي تزداد بالعمق لبضعة سنتمترات ثم تبدا الاعداد في التناقص بزيادة العمق. اما في ترب الغابات فان اعلى كثافة عددية للبكتريا تكون في طبقة السطح الى مسافة ١ - ٢ سم وذلك بسبب وفرة الضل.

اما بالنسبة للاراضي العضوية فانه في العادة لا يحدث تناقص لاعداد البكتريا مع العمق ، بل انه في بعض الاحيان قد تصل اعلى كثافة للاعداد عند عمق ١٦٠ سم من سطح التربة. ان معظم التغيرات التي تحدث لاعداد البكتريا في طبقات التربة المختلفة يمكن ارجاعها لحد كبير للتباين في المواد العضوية المتوافرة للمكروبات والى التغير في تركيز الاوكسجين وبدرجة اقل الى التغير في محتوى الرطوبة ورقم الاس الهيدروجيني ( pH ) او مستوى العناصر المعدنية وتركيز غاز CO2 .

#### المجاميع البكتيرية في التربة: Types of soil bacteria

يمكن التعرف على المجاميع البكتيرية في التربة تبعاً لطبيعة التغيرات الكيميائية الحيوية التي تقوم بها. فيمكن عزل السلالات النشطة من الانواع المختلفة باستخدام المزارع النقية. وفي هذه الطريقة يجري تلقح جزء صغير من التربة في وسط غذائي سائل ( broth ) له مكونات تناسب مجموعة فسيولوجية معينة من البكتريا دون غيرها مثل الاوساط التي تحتوي على السليلوز باعتباره مصدر وحيد للكربون او تحتوي على البروتين باعتباره مصدراً وحيداً للنايتروجين او التي تؤكسد الامونيا او النترات او

٨

الكبريت المعدني او المختزلة للكبريت المعدني. وبهذه الطريقة يمكننا تحديد وعزل مجموعات ذات صفات كيميائية حيوية لها اهميتها الكبيرة في مجال خصوبة التربة و انتاج المحاصيل. ونظراً للتباين الكبير بين انواع الترب في محتواها المايكروبي، فانه لا يمكن تعميم نتائج هذه الدراسات على جميع انواع الترب. وقد امكن من فحص مختلف عينات تربة حصر الانواع الاتية:

جنس Arthrobacter يمثل ٥% - ٦٥% من المجموعات البكتيرية ، جنس Bacillus يمثل ٧% - ٦٧% ، جنس Pseudomonas يمثل ٢% - ١٥% ، جنس Agrobacterium يمثل اقل من ٢٠% ، جنس Alcaligenes يمثل ٢% - ١٢% ، جنس Flavobacterium يمثل



2% - 10% ، وان نسبة اقل من 5% من المجموعة البكتيرية النامية تمثل اجناس:

، Corynebacterium ، Micrococcus ، Staphylococcus ، Xanthomonas ،  
Mycobacterium ، Sarcina .

توجد ايضاً البكتريا اللاهوائية ( anaerobes ) في معظم الترب ، بعضها ينمو بعدم وجود الاوكسجين  
واخرى يمكنها النمو بوجود الاوكسجين او بعدمه عندما تجهز العناصر الغذائية الملائمة. بعض  
مجاميع بكتريا التربة اللاهوائية لها اهمية خاصة في الزراعة مثل التي تثبت النايتروجين الجوي،  
المحللة للسليولوز ، المكونة للميثان ، التي تختزل الكبريت الى كبريتيد او النترات الى غازات  
النايتروجين.

## المحاضرة الثانية :

### الفطريات Fungi

الفطريات احياء متباينة التغذية (heterotrophes) تختلف كثيرا في الحجم والتركيب حيث تتراوح  
احجامها بين الوحيدة الخلية كالخمائر (yeasts) الى كبيرة الحجم كالعفن (molds) .  
تنمو معظم الفطريات على صورة هايفات ( hypha ) والكتلة الكثيفة منها تسمى بالماسيليوم  
(mycelium). والماسيليوم اما ان يكون مقسما بجدران عرضية او يبقى بدون تقسيم . وهو التركيب  
الفعال الذي يقوم بامتصاص المواد الغذائية ويستمر بالنمو ثم يكون خيوطا خاصة والتي بدورها تكون  
جراثيم التكاثر (spores) . الهايفات اما ان تكون خضرية (vegetative) او خصبة (fertile)  
والهايفات الخصبة هي التي تنتج الجراثيم الجنسية (sexual) او اللاجنسية (asexual). والنوع الاول

من الجراثيم محدود الانتشار بينما تكون الكونيديا (conidia) او الجراثيم اللاجنسية واسعة الانتشار في الطبيعة . في الاوساط الغذائية المايسيليوم يكون عادة عديم اللون في حين تأخذ الجراثيم اللاجنسية الوانا واضحة بالمقارنة مع البكتريا فأن الصفات الظاهرية للفطر كالحجم والشكل والتركييب وخواص النمو على الغذائية لها اهمية كبيرة في التقسيم اذ ان تقسيم الفطر الى اجناس وانواع يعتمد اساسا على الصفات الظاهرية (morphology). من المشاكل التي تواجه الباحثين لدراسة فطريات التربة والتعرف على المجاميع المختلفة لها او قدرتها الكيميائية والحيوية ، هي عدم وجود طريقة للدراسة تخدم هذه الاهداف بشكل كامل . هناك عدة طرق لدراسة فطريات التربة منها الطرق المباشرة بأستخدام انواع من الاصباغ . في مثل هذه الطرق لايمكن التمييز بين الاحياء المجهرية سواء كانت حية ام ميتة عند اخذ النموذج . لقد وجد بأنه لغرض دراسة الاحياء الحية من الافضل معرفة الفعالية الحيوية للكائن بدلا من اخذه للصبغة. ولغرض دراسة الفطريات في التربة اذ يتم التعرف على الفطريات النامية على طبقة الاكار المعامل بالتربة وطورت هذه الطريقة ايضا للتأكيد على المجاميع الحية للفطريات وذلك تخافيف من الاكار ثم تحضن النماذج لفترة قصيرة وذلك للسماح للهايفا الحية او الفطر بان ينمو ثم بعدها يثبت ويصبغ للتعرف. تقديرات الكتلة الحيوية المبنية على اساس تقدير المركبات الكيميائية المختلفة استعملت ايضا لدراسة الاحياء المجهرية وهذه تشمل تقدير الطاقة (ATP) وحامض المورانيك والكاييتين (chitin) والطريقة الاخيرة هي التي تستعمل بصورة خاصة للفطريات . دقتها تعتمد على التقديرات مقارنة بالاوساط الغذائية وكذلك على المعرفة لثبات الكاييتين بعد موت الهايفة .

من اكثر الطرق المستخدمة حاليا لدراسة فطريات التربة هي طريقة الغد بالاطباق وفيها تلقح الاطباق الحاوية على اوساط غذائية بقدر معلوم من تخفيفات التربة المحضرة في ماء معقم . يتم الحد من نمو البكتريا والفطريات الشعاعية على هذه الاوساط الغذائية وذلك بزيادة حموضتها حتى يصل رقم الحموضة الى 4 . ويمكن الاستعاضة عن ذلك بأضافة بعض المواد المثبطة لنمو البكتريا والفطريات الشعاعية مثل البنسلين وصبغة الروز بنكال (rose Bengal) والستربتومايسين (streptomycin) . لايمكن التعرف في هذه الطريقة من ان المستعمرات التي تظهر على الاطباق نشأت من سبورات او من الاجزاء الخضرية للمايسيليوم ولذلك يصعب تمييز الحالة التي يوجد فيها الفطر في التربة سواء في حالة نشطة او ساكنة . اضافة الى ذلك ان الاجناس التي تكون اعداد وفيرة من السبورات مثل penicillium و Aspergillus تظهر بأعداد كبيرة على الاطباق وبذلك تكون هي الاجناس السائد عزلها من التربة. كما ان عملية رج تخافيف التربة تؤدي الى تقطيع المايسيليوم والاجسام الحاملة للسبورات مما يؤدي الى زيادة اعدادها . لهذه الاسباب وغيرها فان الاعداد التي نحصل عليها بهذه الطريقة لاتمثل الحقيقة

لدرجة كبيرة ، وباستخدام مثل هذه الطريقة وجد بأن كثافة الفطريات تتراوح بين ٢٠٠٠٠ الى ١٠٠٠٠٠

بروباكيول propagule (يمثل اي جزء من اجزاء الفطر له القدرة على النمو وتكوين مستعمرة ) لكل غرام تربة . ان هايفات الفطر تكون الجزء الاعظم من الكتلة الحية في التربة وقد وجد ان مجموع هايفات المايسيليوم الموجودة في غرام من التربة يختلف باختلاف طريقة التقدير المستخدمة ونوع التربة والعمق والموسم . وبصورة عامة تم تقدير اطوال الهايفات في غرام واحد من التربة السطحية بحوالي ١٠ ال ١٠٠

متر وقد وصلت في بعض التقديرات ال ٥٠٠ متر واحيانا الى اكثر من ١٠٠٠ متر وللمايسيليوم ارتباط

وثيق بحبيبات التربة اذ يساعد على ثبات تجمعات الحبيبات في التربة .

يتواجد الفطر في اوساط بيئية متنوعة وعلى درجة كبيرة من التباين تعتمد مقدرة الفطر على البقاء واقلمته وثباته في الوسط على الظروف البيئية المحيطة ومن اهمها المادة العضوية والاس الهيدروجيني والعناصر المعدنية ونسبة والرطوبة والتهوية والحرارة وغيرها .

الفطريات هي من الاحياء المتباينة التغذية وبذلك يعتبر توفر المواد العضوية القابلة للأكسدة او التحلل من العوامل المهمة في تواجدها في التربة ان اضافة المادة العضوية الى التربة يؤدي الى زيادة ملحوظة في

كثافة الفطريات والى تغيير الانواع السائدة اذ تنتشر على وجه الخصوص اجناس *Mucor*

و *penicillum* و *Trichoderma* و *Aspergillus* و *Fusarium*. ويبلغ التأثير المنشط للمادة العضوية

على الفطريات اشده خلال الفترة الاولى بتحلل المادة العضوية وتميز بعض الانواع بكثافة اعدادها فور اضافة المادة العضوية ثم تأخذ بالنقصان السريع بعد ذلك وقد وجد ايضا ان بعض المجاميع من الفطريات

تتواجد وتلعب دورا مهما في بعض المناطق الفقيرة في المادة العضوية اذ تم عزل ٢٢٩ نوع من

الفطريات في صحراء سونوران في الولايات المتحدة الامريكية من ٣٠ نموذج تربة وتبين بأن اعداد

الفطريات تتراوح بين ٣٠ الى ٣٤ الف مستعمرة لكل غرام تربة . وفي ترب سفوان الصحراوية في

العراق وجد الباحث عبد الله واخرون سنة ١٩٨٦ بأن العدد يتراوح بين ٤٢٠ الى ٤١٢٠ مستعمرة

لكل غرام تربة . وعند مقارنة هذه النتائج بالترب الزراعية العراقية نلاحظ بأنها تكون قليلة جدا اذ كانت

الاعداد في ترب وسط العراق تتراوح بين ٢٧ الف الى ٢٨٢ الف مستعمرة لكل غرام تربة . وقد وجد

الباحث عبدالله عام ١٩٨٢ عند دراسته لصحراء جنوب العراق بأن فطر ال *Aspergillus* هو السائد في

هذه التربة .

## تقسيم الفطريات :

لقد اجريت الكثير من الدراسات والابحاث على الانواع او الاجناس للفطريات المستوطنة في التربة .  
واستنادا الى التقسيم المقترح من قبل Garrett سنة ١٩٧٦ فإنه توجد ٤ مجاميع رئيسة ومنتشرة بشكل  
واسع في التربة وهي الطحلبية والكيسية والبزيدية والفطريات الناقصة .

### ١- الفطريات الطحلبية Phycomycetes :

مجموعة غير متجانسة جدا يتميز المايسيليوم في هذه المجموعة بعدم وجود الجدارن العرضية والجراثيم  
اللاجنسية تتكون دائما داخل مايشبه الكيس . النموذج المثالي لها في التربة هو الفطر رايزوباس  
Rhizopus له مايسيليوم متفرع يخترق المادة الغذائية وتتكون كرة حاملة للجراثيم في الاعلى تسمى  
بالسبورانجيوم Sporangium وفي الاسفل تتكون اشباه الجذور Rhizoidal hyphae كما موضح في  
الشكل الاتي :

### ٢- الفطريات الكيسية Ascomycetes :

تتميز هذه المجموعة بوجود انتاج الجراثيم والتي تكون على شكل كيس (Ascus) والمايسيليوم فيها مقسم  
عرضية يتطور عنها تراكيب لاجنسية تنتج الكونيديا (Conidia) وهي عبارة عن جراثيم تنتج خارجيا على  
فروع خاصة . الامثلة الشائعة في التربة هو الفطر Aspergillus و Penicillium كما في الشكل الاتي :

### ٣- الفطريات البازيدية Basidomycetes :

يتميز مايسيليوم هذه المجموعة بوجود الجدران العرضية وكذلك وجود تركيب بازيدي (Basidium) وهو نوع خاص من حاوي الجراثيم ولحد الان لم يعزل من التربة سوى القليل جدا من هذه المجموعة .

### ٤- الفطريات الناقصة Fungi imperfecti :

هي التراكيب التي لا توجد فيها المرحلة الجنسية والتكاثر يكون فقط بالطريقة اللاجنسية . هناك سلسلتان رئيسيتان لهذه المجموعة هما :- Sphaeropsidales و ال Hyphomycetes .  
في ال Sphaeropsidales الكونيديا تنتج في تركيب يشبه الدورق يسمى (Pyrenidium) الذي يكون عادة اسود اللون ، تكون هذه المجموعة شائعة وخاصة على الاوراق او السيقان العشبية الميتة والتي تظهر للعين بشكل نقطة سوداء صغيرة . ام في ال Hyphomycetes تنتج الكونيديا خارجيا على حامل الكونيديا . هذه المجموعة تمثل الانواع الاكثر شيوعا من الفطريات في التربة حسب الشكل الاتي :

امثلة للفطريات الناقصة : Alternaria (A) Trichodema (B) Botrytis (c)  
Cladosporium (E) Cephalosporium (D)  
Fusarium (F)

#### فعالية فطريات التربة : The activity of soil fungi

لا توجد طريقة دقيقة فعالة لحد الان يمكن استعمالها لتحديد فعالية الفطريات في التربة على سبيل المثال في اخذ الاوكسجين من التربة او انتاج ثنائي اوكسيد الكاربون وعلى الرغم من القيمة الحدودية لطريقة تقدير الاعداد بأستخدام طريقة الاطباق الا انها تعطي بعض المعلومات المهمة عن نشاط هذه الاحياء في التربة . الفطريات كما هو معلوم احياء متباينة التغذية ولكن الانواع الموجودة في التربة لها اختلاف واسع في متطلباتها الغذائية فمنها من يستطيع ان يستعمل المركبات الكاربونية البسيطة مثل الكحول الاحماض العضوية وتستعمل الامونيوم والنترات بأعتبارها مصدر للنايتروجين الى تلك التي تستعمل السليلوز واللكتين . ومنها مجاميع تحتاج الى عوامل نمو مثل الفيتامينات الى التي تستطيع النمو فقط بمنافستها مع الاحياء الاخرى كمتطفلة على جذور النبات الحية او حيوانات التربة الحية ويمكن معرفة وتحديد الدور الرئيس الذي تقوم به الفطريات في تحليل المركبات المعقدة من ملاحظة الاستجابة السريعة والمتمثلة في زيادة اعدادها بعد اضافة الاسمدة العضوية او المخلفات النباتية الجافة او الخضراء . وتساهم في تحليل المخلفات النباتية والحيوانية وتكوين الدبال ( Humus ) منها . كما ويمكن للبعض الاخر ان ينتج مواد تشابه في تركيبها الكيميائي المواد الكاربوهيدراتية التي تستخلص من مادة التربة العضوية اضافة الى ذلك تقوم الفطريات بكثير من التحولات المعدنية في التربة كما انها تؤثر في تكوين مجاميع التربة الثابتة بواسطة اختراق الهايفات والربط الميكانيكي لحبيبات التربة .

ولها القدرة ايضا على تحويل المركبات البروتينية الى امونيا ومركبات نايتروجينية بسيطة يمكنها ان تستفيد

من الكربون والنايتروجين الناتجان في غذائها وتحت ظروف خاصة تتنافس الفطريات مع النباتات الراقية على الامونيوم والنترات الموجودة في التربة مما يؤدي الى نقصان محتوى النايتروجين في التربة . بعض الفطريات الراقية وتحت ظروف معينة تقوم بأختراق الانسجة النباتية الحية وتسبب بعض الامراض . هناك ايضا الفطريات الطفيلية الاختيارية التي توجد في التربة تكون مستوطنة في التربة ولها القدرة على مقاومة الظروف غير الملائمة والناشئة من التنافس المايكروبي . ام الطفيلية الاجبارية والتي تعتبر دخيلة على التربة فيمكنها البقاء في التربة دون ان تنمو لعد ملائمة الظروف البيئية لها . وتتميز هذه الفطريات عن بقية احياء التربة ان مصدرها الغذائي هو العائل ولا يشاركها فيه اي كائن اخر وعند زوال العائل النباتي تفقد هذه الاحياء عائلها وتتنافس مع بقية احياء التربة مما يؤدي الى انخفاض اعدادها وقد تختفي تماما من التربة . وبشكل عام نجد ان نسبة بسيطة جدا من الفطريات التي لها القدرة على احداث امراض نباتية تتبع اغلبها اجناس ( Pythium و Fusarium و Rhizoctonia ) .

ومن العلاقات المهمة للفطريات مع بعض النباتات الراقية هي تكوين تراكيب المايكورايزا ( Mycorrhiza ) اي جذر الفطر اذ انها تتخذ من الجذور موطن لها والتعايش معها معيشة شبه تكافلية وتؤثر المايكورايزا تأثيرا واضحا على امتصاص العناصر المعدنية للنبات مثل الفسفور والنايتروجين والفسفور والكبريت وغيرها من مواقع التربة اللبعية عن تناول جذور النبات وبدورها تحصل هذه الفطريات على مصادر الكربون من النبات .

### الفطريات الشعاعية Actinomycetes

الفطريات الشعاعية من الناحية التصنيفية تعود الى البكتريا وربما تعتبر بكتريا خيطية ذات صبغة الكرام الموجبة ولكنها تفصل كمجموعة مستقلة من قبل المختصين في علوم احياء التربة المجهرية . صفاتها تكون وسط بين الفطريات والبكتريا فالاجناس المختلفة من هذه الاحياء تكون خيوطا رفيعة متفرعة تتطور الى ما بالميسيليوم والخيوط المفردة تسمى بالهايفا وهي من ناحية المظهر الخارجي تشبه خيوط الفطر اما اقطارها فهي تقل كثيرا في سمكها عن الفطريات وتتراوح اقطارها 0.5 الى 1 مايكرون وهي بذلك تماثل ابعاد الخلايا البكتيرية . كثير من الفطريات الشعاعية في التربة تكون سبورات لاجنسية سواء مفردة او مزدوجة او في سلاسل تعرف بالكونيديا والقليل من انواعها يحمل هذه السبورات داخل اجسام خاصة تعرف بالسبورانجيوم (Sporangium) ان الفطريات الشعاعية ثاني اكبر مجموعة من حيث العدد بعد البكتريا و احيانا تتساوى اعدادها مع اعداد البكتريا خاصة في الترب ذات الاس الهيدروجيني المرتفع .

يتم تقدير اعدادها عادة بأستعمال طريقة الاطباق المستخدمة في تقدير اعداد البكتريا الا انه ينصح باستعمال اوساط خاصة اذ يفضل استخدام اوساط غذائية تحوي على مادة البكتين وذلك لان نسبة عالية من الفطريات

الشعاعية يمكنها استخدام هذا السكر . وتستخدم اوساط غذائية تحتوي على مواد مضادة لنمو البكتريا . ان الاعداد التي نحصل عليها باستخدام طريقة التخافيف والعد بالاطباق تكون في الحقيقة اكثر من الواقع . وعلى هذا الاساس فإن التقديرات تشير الى وجود اعداد كبيرة قد يكون سبب ذلك وجود بعض الاجناس المكونة الكونيديا لذا تكون نتائج العد في الاطباق التي نحصل عليها غيرى ممثلة للاعداد وانما تمثل فقط اعداد مختلف الاجزاء الميكروبية التي يمكنها التكاثر عند توفر الظروف الملائمة . وتتوقف اعداد هذ الاحياء على نوع التربة بوجه خاص وعلى بعض صفاتها الفيزيائية ومحتواها من المادة العضوية ورقم الاس الهيدروجيني . تتراوح اعداد الفطريات الشعاعية المقدره بطريقة الاطباق بين  $10^3$  و  $10^8$  في غرام تربة بالنسبة لترب المناطق المعتدلة .

### فعالية الفطريات الشعاعية في التربة :

الفطريات الشعاعية هي من الاحياء المتباينة التغذية ولذلك يصبح وجودها مرتبط بوجود المواد العضوية الملائمة ويمكنها استخدام مركبات كاربونية سواء بسيطة او معقدة التركيب من احماض عضوية وسكريات وبروتينات وهايذروكاربونات اليفاتية . في المزارع النقية يمكن لانواع عديدة منها ان تحلل السليلوز ولكن ببطئ ويعتبر تحلل الكايتين من الخواص المميزة لكثير من انواع جنس *Streptomyces* . لقد وجد بأن هناك علاقة تعايشية لتثبيت النايتروجين الجوي بين بعض الاجناس من الفطريات الشعاعية ونباتات غير بقولية . ان معظم مصادر النايتروجين للنباتات الخشبية من نوات الفلقتين يأتي عن طريق التثبيت البايولوجي لجنس الفطريات الشعاعية . لقد اجريت دراسات عن عملية احداث الاصابة وتكوين العقد بواسطة الفطريات الشعاعية وقد تم احراز بعض التقدم في عزل بعض الانواع المثبتة للنايتروجين والحصول على عزلات من الفطريات الشعاعية التي لها القدرة على تثبيت النايتروجين مقدرا بطريقة اختزال الاستيلين .

## الطحالب Algae

مجموعة الطحالب المنتشرة في التربة تكون صغيرة الحجم وتتميز ببساطة تركيبها عند مقارنتها بالمجاميع المتواجدة في الاوساط المائية . التركيب الخارجي لطحالب التربة يكون بسيطا ايضا فهي اما ان تكون احياء بسيطة وحيدة الخلية او خيطية بسيطة او قد تكون على شكل مستعمرات .

تقسم طحالب التربة الى اربعة مجاميع رئيسة هي :

١- مجموعة الطحالب الخضراء Chlorophytl .

٢- مجموعة الطحالب الخضراء المزرقة Cyonophyta .

٣- مجموعة الدايتومات Bacillariophyta .



#### ٤- مجموعة الطحالب الخضراء المصفرة Xanthophyta .

تتواجد الطحالب على سطح التربة حيث يكون الضوء وفيرا وكذلك في الاجزاء القريبة من السطح التي يمكن للضوء ان يدخل اليها . كما انه امكن الحصول على عزلات لبعض السلالات من عينات مأخوذة من تحت التربة . تعتمد الطحالب في تغذيتها على التغذية الذاتية الضوئية مستخدمة ضوء الشمس كمصدر للطاقة . بوجود الصبغة الخضراء الكلوروفيل . تحصل ايضا على الكاربون اللازم لها على صورة ثنائي اوكسيد الكاربون وكذلك يلزم توفير الماء في التربة والعناصر المعدنية الغذائية كالنيتروجين والفسفور والمغسيوم والكبريت والحديد وكميات قليلة جدا من العناصر النادرة كما ان بعض الانواع يمكنها استخدام النيتروجين الجوي . قسم من الطحالب التي تتواجد تحت سطح التربة يطلق عليها بالانواع ذات التغذية الضوئية الاختيارية اذ تقوم بتمثيل مجموعة من المواد الكاربوهيدراتية مثل النشا والسكروز والكلوكوز والكليسيرين وحامض الستريك . وقد وجد أن معدل نمو هذه الاحياء في الظلام اقل منه في حالة قيامها بعملية التمثيل الضوئي حتى ولو كانت هذه الاحياء متأقلمة على النمو غير الذاتي .

لقد اجريت دراسات عديدة لتقدير حجم مجموعة الطحالب وحصر اعدادها وذلك بتحضير تخافيف عشرية من نموذج تربة في ماء معقم وتلقيح كميات محدودة من هذا التخافيف في اوساط غذائية سائلة او رمل يحوي على عناصر غذائية معدنية وبعد الحضان لمدة ٤-٦ اسابيع في الضوء امكن الكشف عن وجود الطحالب بظهور نموات خضراء بالعين المجردة او بالمجهر . وتستخرج اعداد الخلايا الحية بعد ذلك بأستخدام طريقة العد بالاحتمال الاعظم ( Most probable number ) وقد يستخدم في بعض الاحيان العد المباشر لخلايا الطحالب وذلك بفرش احجام معلومة من تخافيف تربة على مساحة معروفة من شريحة مجهر ثم تجفف و تحصى بالمجهر الاعتيادي وعادة تعطي طرق التقدير للخلايا الحية اعداد تتراوح بين ١٠٠ الى ٥٠٠٠٠٠ خلية لكل غرام تربة للنماذج المأخوذة من طبقة تحت السطح مباشرة للترب المزروعة .

#### اهمية الطحالب :

بصورة عامة لاتقوم الطحالب بدور فعال في التفاعلات الكيماوية الحيوية التي تحدث في التربة لدرجة تؤثر على خصوبة التربة كما هي حال مع البكتريا والفطريات الشعاعية ويستثنى من ذلك الترب الغدقة بصورة ومنها المساخة المزروعة بالرز . تعتبر الطحالب مسؤولة عن زيادة الكاربون العضوي في الطبقات السطحية من التربة نتيجة قيامها بعملية التمثيل الضوئي حيث تقوم بتحويل ثنائي اوكسيد الكاربون الى مواد كاربونية . مقدار الاضافة العضوية الى الترب الزراعية هو في الحقيقة غير مقدر بدقة كما انها تعتبر المسؤولة عن تخليق الكاربون العضوي لأول مرة عند نموها في المناطق القاحلة والمجروفة . تساهم الطحالب في تآكل الصخور وتجويتها نتيجة نموها عليها وبعد موتها توفر المواد العضوية التي تشجع نمو انواع مختلفة من

البكتريا وبعض الفطريات على تلك الصخور وترجع عملية تجوية الصخور حيويًا إلى تكوين حامض الكربونيك من ثنائي أكسيد الكربون من تنفس الطحالب والنواتج التي تنشأ من تحلل البكتريا والفطريات للمادة العضوية الناشئة من بروتوبلازم الطحالب إضافة إلى أنه قد تفرز بعض المركبات التي تلعب دورًا في عملية التجوية . وللطحالب دورًا ملحوظ في المحافظة على تركيب التربة إذ تعمل نمواتها السطحية على تجمع حبيبات التربة فتقلل بذلك من فعل عوامل الانجراف المختلفة .

تركزت الدراسات الحديثة على الأهمية الزراعية لبعض الطحالب التي لها القدرة على تثبيت النيتروجين الجوي بصورة غير تعايشية في أجسامها حيث يؤدي هذا التثبيت إلى زيادة محتوى الوسط المحيط بمركبات النيتروجين المعقدة نتيجة تحلل خلايا الطحالب المتراكمة. لقد أثبتت الأهمية التطبيقية لتلقيح أراضي الرز بأنواع من الطحالب الخضراء المزرققة في الزيادة بمعدلات إنتاج الرز . وتشير بعض الدلائل إلى أن التأثير الإيجابي للتلقيح لا يعزى إلى تثبيت النيتروجين بل إلى التأثير غير المباشر لبعض نواتج التمثيل الضوئي وقد يكون للاوكسجين الناتج من عملية التمثيل الضوئي دور مؤثر على نباتات الرز إذ يوفر جزءًا من احتياجات الجذور المغمورة .

### العوامل المؤثرة على نمو الأحياء المجهرية في التربة.

#### ١ - المادة الخاضعة : Substrate

إن جميع المواد العضوية المعقدة سواء كانت حيوانية أم نباتية ، وكذلك نواتج هذه المواد التي تتكون بواسطة الأحياء المجهرية أو الإنسان تجد طريقها في النهاية إلى التربة التي يستفاد منها كمادة خاضعة لمجاميع الأحياء المختلفة في التربة. فضلاً عن الأحياء نفسها ، أما إن تكون حية أو ميتة فهي مواد خاضعة لأحياء أخرى إن أنواع المواد الخاضعة في التربة ومصادرها معروفة بشكل جيد نسبياً. إن من السهل معرفة محتوى التربة من المادة العضوية والتي ربما تختلف من أقل من ١% في بعض الترب المعدنية إلى أكثر من ٩٠% في بعض الترب العضوية.

#### ٢-العناصر الغذائية : Mineral Nutrients

معظم الترب على مغذيات غير كربونية ضرورية لحياة الأحياء المجهرية بالإضافة إلى المركبات الكربونية . وعلى الرغم من كون الترب غير العضوية ( المعدنية ) الشائعة في الطبيعة فإن المعادن الغذائية يمكن أن تحدد تطور الأحياء المستوطنة في التربة ، وهذا التحديد يمكن أن يؤثر بشكل كبير جداً على بيئة الأحياء في التربة . إن خاصية الأيون وتضاده له تأثير على الفعالية الفسلجية للأحياء ، إذ إن أيون الموليبيدينم مهم جداً لبكتريا الأزوتوبكتري لغرض تثبيت النيتروجين في حين يتوقف التثبيت نتيجة منافسة أيون التانكستون إن نقص بعض العناصر يمكن أن يؤثر على تكوين الإنزيمات وانقسام الخلية وثبات تركيب جدار الخلية.

### ٣- عوامل النمو : Growth Factors

هي مواد عضوية تحتاجها الاحياء المجهرية بكميات قليلة ،اما ان تكون اساسية او محفزة لنموها .الكثير من الفيتامينات ،الاحماض الامينية ،البورين ( Purines ) وغيرها من المواد تم تعريفها في الاوساط الغذائية النقية على انها عوامل نمو، وان هذه المواد تحتاجها الاحياء بتركيز بين اجزاء ملغم – ١٠٠ ملغ / لتر.التي ان دور عوامل النمو تنحصر في : تكوين الاصباغ وانقسام الخلية وتكون السبورات . ويتم عزل البكتريا التي تتطلب عوامل نمو من منطقة تاثير الجذور ( Rhizosphere ) اكثر مما هو في حالة التربة البعيدة عن تاثير منطقة جذور النباتات. وقد يكون سبب ذلك ،ان الكثير من عوامل النمو تجهز بواسطة افرازات الجذور او بواسطة البقايا العضوية وكذلك بواسطة العديد من الاحياء المجهرية.

### ٤- المحتوى الايوني : Ionic Compostion

محلول التربة هو محلول ايوني مخفف يحوي على انواع مختلفة من الكاتيونات والانيونات المعدنية والعضوية ذات شحنات مختلفة .ان جدران الخلايا المايكروبية وكثير من حبيبات التربة تحمل شحنات وبذلك يمكن ان يكون هناك تداخل بينها وبين المحتوى الايوني لمحلول التربة. ان المؤشر الاكثر اهمية في التأثير الايوني على المحيط ربما يكون شدة الايون ( Ionic strength ) U:

$$U = 0.5 \sum C_i Z_i^2$$

اذ ان U تمثل شدة الايون.

و C التركيز الايوني ، Z تمثل التكافؤ الايوني.

للايونات اهمية في بقاء الخلايا المايكروبية بشكل سليم في المحيط من حيث مستوى المظهر الخارجي (مثلاً جدران الخلية ) وفي مستوى التكوين ( محتوى البروتين والحوامض النووية والرايبوسومات).

### ٥- الماء : Water

الماء مهم جداً للحياء المجهرية ،فهو ضروري ليس فقط للعمليات الحيوية داخل الخلية وانما ضرورة ايجاد طبقة كافية من الماء خارد الخلية لكي تبقى منتفخة وفي حركة المواد الغذائية وانتاج المواد السامة وغيرها. ان معظم تاثيرات الماء على المايكروبات ومحيطها تعزى الى الصفات الفيزيوكيميائية للماء. ان جاهزية الماء للخلايا المايكروبية هو الاكثر اهمية من محتوى التربة بالماء. والجاهزية يعبر عنها بفعالية الماء (  $a_w$  ) :

$$a_w = P_s / P_w = RH/100$$

اذ ان  $P_s$  = ضغط بخار المحلول

$P_w$  = ضغط بخار الماء النقي بنفس درجة حرارة المحلول.

$RH$  = الرطوبة النسبية.

ان الانخفاض في قيم فعالية الماء ( $a_w$ ) بسبب زيادة مرحلة التأقلم (Lag phase) خلال مرحلة نمو الاحياء المجهرية وتقلل فترة نموها وتكاثرها. يسبب انخفاض قيم فعالية الماء الى حصول انحراف في الحد الامثل لمقاومة الاحياء المجهرية بعض عوامل المحيط كدرجة الحرارة ودرجة التفاعل ( $pH$ ) والمحتوى الايوني والغذائي.

#### ٦- الحرارة : Temperature

للحرارة تاثير ليس فقط على سرعة التفاعلات الفسيولوجية في الخلية وانما يؤثر ايضاً على الصبغات الفسيوكيميائية للمحيط ( مثلاً الحجم والضغط وطاقة الاكسدة والاختزال والانتشار والحركة البراونية و اللزوجة و الشد السطحي وتركيب الماء) والتي تاتر بدورها على الخلية الحية. ومن هنا نرى بان التغيير في درجة الحرارة للتربة يؤثر على فعالية وبيئة وحركة المجاميع المايكروبية في التربة. لذلك يوجد في بيئة التربة الاحياء المجهرية التي تفضل درجات الحرارة المعتدلة والمنخفضة والعالية .

#### ٧- الضغط : Pressure

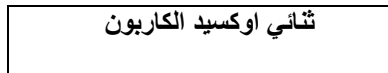
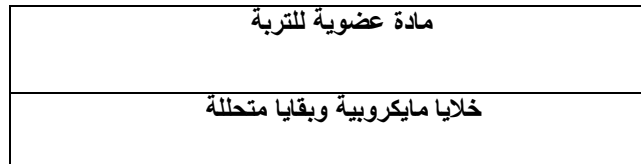
ان التغييرات في الضغط الجوي تعتبر قليلة جداً في تأثيرها على الاحياء المجهرية في التربة. ان الضغط الجوي بمستوى سطح البحر هو ضغط جوي واحد وعند ارتفاع ٥٠٠٠ قدم فان الضغط الجوي سوف يكون 0.٨٢٣ ضغط جوي. ان تركيز الاملاح في محلول التربة الاعتيادية لا يولد ضغطاً ازموزياً يمنع نمو الاحياء المجهرية ، وان تركيز الاملاح في محلول التربة لا يزيد عن 0.05 % في ضغط جوي يتراوح بين 0.2 – 1.0 ضغط جوي. لقد وجد حدوث تثبيط للفعاليات المايكروبية في التربة بسبب الارتفاع الشديد للضغط الازموزي . وان هناك تباين بين الانواع والاجناس في مقاومتها للضغط الازموزي.

#### ٨- درجة التفاعل : pH

ان درجة التفاعل التربة مقياس لسيادة مجموعة من الاحياء المجهرية على اخرى. ففي الترب الحامضية ( $pH$  اقل من 5.5) تكون الفطريات هي السائدة بينما في الترب ذات التفاعل المتعادل او الترب متوسطة القلوية ( $pH$  من ٦ الى ٨) فان البكتريا والفطريات الشعاعية هي السائدة. بعض الفطريات الشعاعية تحتاج  $pH$  اعلى من 8.5 كدرجة مثلى لنموها وتكون الاكثر سيادة في الترب القلوية مقارنة بالترب الحامضية، ولكن هناك بعض الانواع من الفطريات الشعاعية تقاوم الحموضة، وهناك تاثيرات مباشرة لتفاعل التربة على الفعاليات المايكروبية.

يعتبر الكربون من العناصر المهمة التي حضيت بأهتمام كبير وذلك لدوره المهم كنعصر في تركيب البروتوبلازم وضرورته في تمثيل الطاقة للاحياء متباينة التغذية . تحتوي الانسجة النباتية والخلايا المايكروبية على نسبة عالية من الكربون تمثل حوالي ٤٠ % الى ٥٠ % من وزنها الجاف تحصل عليها من غاز ثنائي اوكسيد الكربون الموجود بكمية محدودة تبلغ حوالي ٠,٠٣ % من مكونات الهواء الجوي .

تتمثل دورة الكربون في الطبيعة بتحويل ثنائي اوكسيد الكربون الى الصور العضوية ثم اعادة تكوينه مرة اخرى الى حالته المعدنية . فالنباتات التي تحتوي خلاياها على الكلوروفيل تستخدم ثنائي اوكسيد الكربون كمصدر وحيد للكربون لتكوين المادة العضوية في انسجة النبات ، وهذه بدورها تعتبر مصدر امداد للحيوان لاحتياجه من الكارون العضوي . وعند موت الخلايا النباتية والحيوانية يبدأ الدور البارز للتحويلات المايكروبية لاتمام الدورة ، تتحلل الانسجة الميتة وتحولها الى خلايا مايكروبية بالاضافة الى مركبات عضوية متنوعة تعرف في مجموعها بالدبال او الجزء العضوي من التربة . فمن التحلل المايكروبي لدبال التربة والانسجة الميتة ينتج  $CO_2$  وهو الصورة المتيسرة من عنصر الكربون للنبات وبذلك تتم دورة الكربون .



ا- تمثيل ضوئي. ب - تنفس نباتي. ج - تنفس الحيوان. د- كائنات ذاتية التغذية. هـ- تنفس مايكروبي

### دورة الكربون Carbon Cycle

ان المصدر الرئيس للطاقة لمعظم الحياة بشكل عام هي اشعة الشمس وعملية التمثيل الضوئي التي تجهز ليس فقط النباتات الراقية والاشنات في بالطاقة ، وانما الحيوانات والمجهرية المتباينة التغذية وتقريبا جميع الكربون

المحتاج لغرض البناء البايولوجي .

لقد قدرت كمية ثنائي اوكسيد الكربون التي تستهلكها النباتات النامية على سطح الارض بحوالي ٩٠ بليون كغم في السنة . وهو ما يقارب  $\frac{1}{25}$  من كميته الموجودة في الجو فإذا استمر تحول الكربون الى حالته العضوية بهذا المعدل في ظل الكمية المحدودة من ثنائي اوكسيد الكربون في الهواء فإن النتيجة الحتمية في غياب التحولات المايكروبية هي استهلاك العناصر الغذائي الرئيسي للنبات .

ودورة الكربون في اطارها العام تدور حول ثنائي اوكسيد الكربون تثبيته ثم تكوينه مرة اخرى فعندما تقوم النباتات الخضراء بأستغلال هذا الغاز كمصدر وحيد للكربون كأن المادة الكربونية المخلفة تصبح غذاء عضوي جاهز للعالم الحيواني . وعند موت الحيوان او النبات يكون الفعل المايكروبي هو العامل الرئيس في تكملة الدورة . فتتحول الانسجة الميتة الى كتلة كبيرة من المركبات الكربونية تعرف اجمالا بالدبال او بالجزء العضوي من التربة وتتم الدورة ليعود الكربون متاحا مرة اخرى وبذلك بأنطلاق ثنائي اوكسيد الكربون نتيجة للتحول النهائي للدبال والانسجة المتحللة .

## المحاضرة الثانية : الفطريات Fungi

الفطريات احياء متباينة التغذية (heterotrophes) تختلف كثيرا في الحجم والتركيب حيث تتراوح

احجامها بين الوحيدة الخلية كالخمائر (yeasts) الى كبيرة الحجم كالعفن (molds) .

تنمو معظم الفطريات على صورة هايفات (hypha) والكتلة الكثيفة منها تسمى بالماسيليوم

(mycelium). والماسيليوم اما ان يكون مقسما بجدران عرضية او يبقى بدون تقسيم . وهو التركيب

الفعال الذي يقوم بأمتصاص المواد الغذائية ويستمر بالنمو ثم يكون خيوطا خاصة والتي بدورها تكون

جراثيم التكاثر (spores) . الهيافات اما ان تكون خضرية (vegetative) او خصبة (fertile) والهيافات الخصبة هي التي تنتج الجراثيم الجنسية (sexual) او اللاجنسية (asexual). والنوع الاول من الجراثيم محدود الانتشار بينما تكون الكونيديا (conidia) او الجراثيم اللاجنسية واسعة الانتشار في الطبيعة . في الاوساط الغذائية المايسيليوم يكون عادة عديم اللون في حين تأخذ الجراثيم اللاجنسية الوانا واضحة بالمقارنة مع البكتريا فأن الصفات الظاهرية للفطر كالحجم والشكل والتركيب وخواص النمو على الغذائية لها اهمية كبيرة في التقسيم اذ ان تقسيم الفطر الى اجناس وانواع يعتمد اساسا على الصفات الظاهرية (morphology). من المشاكل التي تواجه الباحثين لدراسة فطريات التربة والتعرف على المجاميع المختلفة لها او قدرتها الكيميائية والحيوية ، هي عدم وجود طريقة للدراسة تخدم هذه الاهداف بشكل كامل . هناك عدة طرق لدراسة فطريات التربة منها الطرق المباشرة بأستخدام انواع من الاصباغ . في مثل هذه الطرق لايمكن التمييز بين الاحياء المجهرية سواء كانت حية ام ميتة عند اخذ النموذج .

لقد وجد بأنه لغرض دراسة الاحياء الحية من الافضل معرفة الفعالية الحيوية للكائن بدلا من اخذه للصبغة. ولغرض دراسة الفطريات في التربة اذ يتم التعرف على الفطريات النامية على طبقة الاكار المعامل بالتربة وطورت هذه الطريقة ايضا للتأكيد على المجاميع الحية للفطريات وذلك تخفيف من الاكار ثم تحضن النماذج لفترة قصيرة وذلك للسماح للهيافا الحية او الفطر بان ينمو ثم بعدها يثبت ويصبغ للتعرف. تقديرات الكتلة الحيوية المبنية على اساس تقدير المركبات الكيميائية المختلفة استعملت ايضا لدراسة الاحياء المجهرية وهذه تشمل تقدير الطاقة (ATP) وحامض المورانيك والكيتين (chitin) والطريقة الاخيرة هي التي تستعمل بصورة خاصة للفطريات . دقتها تعتمد على التقديرات مقارنة بالاوساط الغذائية وكذلك على المعرفة لثبات الكيتين بعد موت الهيافة .

من اكثر الطرق المستخدمة حاليا لدراسة فطريات التربة هي طريقة الغد بالاطباق وفيها تلقح الاطباق الحاوية على اوساط غذائية بقدر معلوم من تخفيفات التربة المحضرة في ماء معقم . يتم الحد من نمو البكتريا والفطريات الشعاعية على هذه الاوساط الغذائية وذلك بزيادة حموضتها حتى يصل رقم الحموضة الى 4 . ويمكن الاستعاضة عن ذلك بأضافة بعض المواد المثبطة لنمو البكتريا والفطريات الشعاعية مثل البنسلين وصبغة الروز بنكال (rose Bengal) والستربتومايسين (streptomycin) . لايمكن التعرف في هذه الطريقة من ان المستعمرات التي تظهر على الاطباق نشأت من سبورات او من الاجزاء الخضرية للمايسيليوم ولذلك يصعب تمييز الحالة التي يوجد فيها الفطر في التربة سواء في حالة نشطة او ساكنة . اضافة الى ذلك ان الاجناس التي تكون اعداد وفيرة من السبورات مثل penicillium و Aspergillus تظهر بأعداد كبيرة على الاطباق وبذلك تكون هي الاجناس السائد عزلها من التربة. كما ان عملية رج تخفيف التربة تؤدي الى تقطيع المايسيليوم والاجسام الحاملة للسبورات مما يؤدي

الى زيادة اعدادها . لهذه الاسباب وغيرها فان الاعداد التي نحصل عليها بهذه الطريقة لاتمثل الحقيقة لدرجة كبيرة ، وباستخدام مثل هذه الطريقة وجد بأن كثافة الفطريات تتراوح بين ٢٠٠٠٠ الى ١٠٠٠٠٠

بروباكيول propagule (يمثل اي جزء من اجزاء الفطر له القدرة على النمو وتكوين مستعمرة ) لكل غرام تربة . ان هايفات الفطر تكون الجزء الاعظم من الكتلة الحية في التربة وقد وجد ان مجموع هايفات المايسيليوم الموجودة في غرام من التربة يختلف باختلاف طريقة التقدير المستخدمة ونوع التربة والعمق والموسم . وبصورة عامة تم تقدير اطوال الهايفات في غرام واحد من التربة السطحية بحوالي ١٠ ال ١٠٠

متر وقد وصلت في بعض التقديرات ال ٥٠٠ متر واحيانا الى اكثر من ١٠٠٠ متر وللمايسيليوم ارتباط

وثيق بحبيبات التربة اذ يساعد على ثبات تجمعات الحبيبات في التربة .

يتواجد الفطر في اوساط بيئية متنوعة وعلى درجة كبيرة من التباين تعتمد مقدرة الفطر على البقاء واقلتمه وثباته في الوسط على الظروف البيئية المحيطة ومن اهمها المادة العضوية والاس الهيدروجيني والعناصر المعدنية ونسبة والرطوبة والتهوية والحرارة وغيرها .

الفطريات هي من الاحياء المتباينة التغذية وبذلك يعتبر توفر المواد العضوية القابلة للأكسدة او التحلل من العوامل المهمة في تواجدها في التربة ان اضافة المادة العضوية الى التربة يؤدي الى زيادة ملحوظة في

كثافة الفطريات والى تغيير الانواع السائدة اذ تنتشر على وجه الخصوص اجناس *Mucor*

و *penicillum* و *Trichoderma* و *Aspergillus* و *Fusarium*. ويبلغ التأثير المنشط للمادة العضوية

على الفطريات اشده خلال الفترة الاولى بتحلل المادة العضوية وتمميز بعض الانواع بكثافة اعدادها فور

اضافة المادة العضوية ثم تأخذ بالنقصان السريع بعد ذلك وقد وجد ايضا ان بعض المجاميع من الفطريات

تتواجد وتلعب دورا مهما في بعض المناطق الفقيرة في المادة العضوية اذ تم عزل ٢٢٩ نوع من

الفطريات في صحراء سونوران في الولايات المتحدة الامريكية من ٣٠ نموذج تربة وتبين بأن اعداد

الفطريات تتراوح بين ٣٠ الى ٣٤ الف مستعمرة لكل غرام تربة . وفي ترب سفوان الصحراوية في

العراق وجد الباحث عبد الله واخرون سنة ١٩٨٦ بأن العدد يتراوح بين ٤٢٠ الى ٤١٢٠ مستعمرة

لكل غرام تربة . وعند مقارنة هذه النتائج بالترب الزراعية العراقية نلاحظ بأنها تكون قليلة جدا اذ كانت

الاعداد في ترب وسط العراق تتراوح بين ٢٧ الف الى ٢٨٢ الف مستعمرة لكل غرام تربة . وقد

وجد

الباحث عبدالله عام ١٩٨٢ عند دراسته لصحراء جنوب العراق بأن فطر ال *Aspergillus* هو السائد

في

هذه التربة .



## تقسيم الفطريات :

لقد اجريت الكثير من الدراسات والابحاث على الانواع او الاجناس للفطريات المستوطنة في التربة .  
واستنادا الى التقسيم المقترح من قبل Garrett سنة ١٩٧٦ فإنه توجد ٤ مجاميع رئيسة ومنتشرة بشكل  
واسع في التربة وهي الطحلبية والكيسية والبزيدية والفطريات الناقصة .

### ١- الفطريات الطحلبية Phycomycetes :

مجموعة غير متجانسة جدا يتميز المايسيليوم في هذه المجموعة بعدم وجود الجدارن العرضية والجراثيم  
اللاجنسية تتكون دائما داخل مايشبه الكيس . النموذج المثالي لها في التربة هو الفطر رايزوباس  
Rhizopus له مايسيليوم متفرع يخترق المادة الغذائية وتتكون كرة حاملة للجراثيم في الاعلى تسمى  
بالسبورانجيوم Sporangium وفي الاسفل تتكون اشباه الجذور Rhizoidal hyphae كما موضح في  
الشكل الاتي :

### ٢- الفطريات الكيسية Ascomycetes :

تتميز هذه المجموعة بوجود انتاج الجراثيم والتي تكون على شكل كيس (Ascus) والمايسيليوم فيها مقسم  
عرضية يتطور عنها تراكيب لا جنسية تنتج الكونيديا (Conidia) وهي عبارة عن جراثيم تنتج خارجيا على  
فروع خاصة . الامثلة الشائعة في التربة هو الفطر Aspergillus و Penicillium كما في الشكل الاتي :

### ٣- الفطريات البازيدية Basidomycetes :

يتميز مايسيليوم هذه المجموعة بوجود الجدران العرضية وكذلك وجود تركيب بازيدي (Basidium) وهو نوع خاص من حاوي الجراثيم ولحد الان لم يعزل من التربة سوى القليل جدا من هذه المجموعة .

### ٤- الفطريات الناقصة Fungi imperfecti :

هي التراكيب التي لا توجد فيها المرحلة الجنسية والتكاثر يكون فقط بالطريقة اللاجنسية . هناك سلسلتان رئيسيتان لهذه المجموعة هما :- Sphaeropsidales و ال Hyphomycetes .

في ال Sphaeropsidales الكونيديا تنتج في تركيب يشبه الدورق يسمى (Pyrenidium) الذي يكون عادة اسود اللون ، تكون هذه المجموعة شائعة وخاصة على الاوراق او السيقان العشبية الميتة والتي تظهر للعين بشكل نقطة سوداء صغيرة . ام في ال Hyphomycetes تنتج الكونيديا خارجيا على حامل الكونيديا . هذه المجموعة تمثل الانواع الاكثر شيوعا من الفطريات في التربة حسب الشكل الاتي :

امثلة للفطريات الناقصة : Alternaria (A) Trichodema (B) Botrytis (c)

Cephalosporium (D) Cladosporium (E)

Fusarium (F)

فعالية فطريات التربة : The activity of soil fungi

لا توجد طريقة دقيقة فعالة لحد الان يمكن استعمالها لتحديد فعالية الفطريات في التربة على سبيل المثال في اخذ الاوكسجين من التربة او انتاج ثنائي اوكسيد الكربون وعلى الرغم من القيمة المحدودة لطريقة تقدير الاعداد بأستخدام طريقة الاطباق الا انها تعطي بعض المعلومات المهمة عن نشاط هذه الاحياء في التربة . الفطريات كما هو معلوم احياء متباينة التغذية ولكن الانواع الموجودة في التربة لها اختلاف واسع في متطلباتها الغذائية فمنها من يستطيع ان يستعمل المركبات الكربونية البسيطة مثل الكحول الاحماض العضوية وتستعمل الامونيوم والنترات بأعتبارها مصدر للنايتروجين الى تلك التي تستعمل السليلوز واللكتين . ومنها مجاميع تحتاج الى عوامل نمو مثل الفيتامينات الى التي تستطيع النمو فقط بمنافستها مع الاحياء الاخرى كمتطفلة على جذور النبات الحية او حيوانات التربة الحية ويمكن معرفة وتحديد الدور الرئيس الذي تقوم به الفطريات في تحليل المركبات المعقدة من ملاحظة الاستجابة السريعة والمتمثلة في زيادة اعدادها بعد اضافة الاسمدة العضوية او المخلفات النباتية الجافة او الخضراء . وتساهم في تحليل المخلفات النباتية والحيوانية وتكوين الدبال ( Humus ) منها . كما ويمكن للبعض الاخر ان ينتج مواد تشابه في تركيبها الكيميائي المواد الكربوهيدراتية التي تستخلص من مادة التربة العضوية اضافة الى ذلك تقوم الفطريات بكثير من التحولات المعدنية في التربة كما انها تؤثر في تكوين مجاميع التربة الثابتة بواسطة اختراق الهايفات والربط الميكانيكي لحبيبات التربة .

ولها القدرة ايضا على تحويل المركبات البروتينية الى امونيا ومركبات نايتروجينية بسيطة يمكنها ان تستفيد من الكربون والنايتروجين الناتجان في غذائها وتحت ظروف خاصة تتنافس الفطريات مع النباتات الراقية على الامونيوم والنترات الموجودة في التربة مما يؤدي الى نقصان محتوى النايتروجين في التربة . بعض الفطريات الراقية وتحت ظروف معينة تقوم بأختراق الانسجة النباتية الحية وتسبب بعض الامراض . هناك ايضا الفطريات الطفيلية الاختيارية التي توجد في التربة تكون مستوطنة في التربة ولها القدرة على مقاومة الظروف غير الملائمة والناشئة من التنافس المايكروبي . ام الطفيلية الاجبارية والتي تعتبر دخيلة على التربة فيمكنها البقاء في التربة دون ان تنمو لعد ملائمة الظروف البيئية لها . وتتميز هذه الفطريات عن بقية احياء التربة ان مصدرها الغذائي هو العائل ولايشتركها فيه اي كائن اخر وعند زوال العائل النباتي تفقد هذه

الاحياء عائلها وتتنافس مع بقية احياء التربة مما يؤدي الى انخفاض اعدادها وقد تختفي تماما من التربة . وبشكل عام نجد ان نسبة بسيطة جدا من الفطريات التي لها القدرة على احداث امراض نباتية تتبع اغلبها اجناس ( Pythium و Fusarium و Rhizoctonia ) .

ومن العلاقات المهمة للفطريات مع بعض النباتات الراقية هي تكوين تراكيب المايكورايذا ( Mycorrhiza ) اي جذر الفطر اذ انها تتخذ من الجذور موطن لها والتعايش معها معيشة شبه تكافلية وتؤثر المايكورايذا تأثيرا واضحا على امتصاص العناصر المعدنية للنبات مثل الفسفور والنايتروجين والفسفور والكبريت وغيرها من مواقع التربة اللبعية عن تناول جذور النبات وبدورها تحصل هذه الفطريات على مصادر الكربون من النبات .

### الفطريات الشعاعية Actinomycetes

الفطريات الشعاعية من الناحية التصنيفية تعود الى البكتريا وربما تعتبر بكتريا خيطية ذات صبغة الكرام الموجبة ولكنها تفصل كمجموعة مستقلة من قبل المختصين في علوم احياء التربة المجهرية . صفاتها تكون وسط بين الفطريات والبكتريا فالاجناس المختلفة من هذه الاحياء تكون خيوطا رفيعة متفرعة تتطور الى ما بالميسيليوم والخيوط المفردة تسمى بالهايفا وهي من ناحية المظهر الخارجي تشبه خيوط الفطر اما اقطارها فهي تقل كثيرا في سمكها عن الفطريات وتتراوح اقطارها 0.5 الى 1 مايكرون وهي بذلك تماثل ابعاد الخلايا البكتيرية . كثير من الفطريات الشعاعية في التربة تكون سبورات لاجنسية سواء مفردة او مزدوجة او في سلاسل تعرف بالكونيديا والقليل من انواعها يحمل هذه السبورات داخل اجسام خاصة تعرف بالسبورانجيوم (Sporangium) ان الفطريات الشعاعية ثاني اكبر مجموعة من حيث العدد بعد البكتريا واحيانا تتساوى اعدادها مع اعداد البكتريا خاصة في الترب ذات الاس الهيدروجيني المرتفع .

يتم تقدير اعدادها عادة بأستعمال طريقة الاطباق المستخدمة في تقدير اعداد البكتريا الا انه ينصح باستعمال اوساط خاصة اذ يفضل استخدام اوساط غذائية تحوي على مادة البكتين وذلك لان نسبة عالية من الفطريات الشعاعية يمكنها استخدام هذا السكر . وتستخدم اوساط غذائية تحتوي على مواد مضادة لنمو البكتريا . ان الاعداد التي نحصل عليها باستخدام طريقة التخافيف والعد بالاطباق تكون في الحقيقة اكثر من الواقع . وعلى هذا الاساس فإن التقديرات تشير الى وجود اعداد كبيرة قد يكون سبب ذلك وجود بعض الاجناس المكونة الكونيديا لذا تكون نتائج العد في الاطباق التي نحصل عليها غيرى ممثلة للاعداد وانما تمثل فقط اعداد مختلف الاجزاء الميكروبية التي يمكنها التكاثر عند توفر الظروف الملائمة . وتتوقف اعداد هذ الاحياء على نوع التربة بوجه خاص وعلى بعض صفاتها الفيزيائية ومحتواها من المادة العضوية ورقم الاس الهيدروجيني . تتراوح اعداد الفطريات الشعاعية المقدره بطريقة الاطباق بين  $10^3$  و  $10^8$  في غرام تربة

بالنسبة لترب المناطق المعتدلة .

### فعالية الفطريات الشعاعية في التربة :

الفطريات الشعاعية هي من الاحياء المتباينة التغذية ولذلك يصبح وجودها مرتبط بوجود المواد العضوية الملائمة ويمكنها استخدام مركبات كاربونية سواء بسيطة او معقدة التركيب من احماض عضوية وسكريات وبروتينات وهاييدروكاربونات اليفاتية . في المزارع النقية يمكن لانواع عديدة منها ان تحلل السليلوز ولكن ببطئ ويعتبر تحلل الكايتين من الخواص المميزة لكثير من انواع جنس *Streptomyces* .

لقد وجد بأن هناك علاقة تعايشية لتثبيت النايتروجين الجوي بين بعض الاجناس من الفطريات الشعاعية ونباتات غير بقولية . ان معظم مصادر النايتروجين للنباتات الخشبية من ذوات الفلقتين يأتي عن طريق التثبيت البايولوجي لجنس الفطريات الشعاعية . لقد اجريت دراسات عن عملية احداث الاصابة وتكوين العقد بواسطة الفطريات الشعاعية وقد تم احراز بعض التقدم في عزل بعض الانواع المثبتة للنايتروجين والحصول على عزلات من الفطريات الشعاعية التي لها القدرة على تثبيت النايتروجين مقدرا بطريقة اختزال الاستيلين .

### الطحالب Algae

مجموعة الطحالب المنتشرة في التربة تكون صغيرة الحجم وتتميز ببساطة تركيبها عند مقارنتها بالمجاميع المتواجدة في الاوساط المائية . التركيب الخارجي لطحالب التربة يكون بسيطا ايضا فهي اما ان تكون احياء بسيطة وحيدة الخلية او خيطية بسيطة او قد تكون على شكل مستعمرات .

تقسم طحالب التربة الى اربعة مجاميع رئيسة هي :

١- مجموعة الطحالب الخضراء *Chlorophytl* .

٢- مجموعة الطحالب الخضراء المزرقة *Cyonophyta* .

٣- مجموعة الدايتومات *Bacillariophyta* .

٤- مجموعة الطحالب الخضراء المصفرة *Xanthophyta* .

تتواجد الطحالب على سطح التربة حيث يكون الضوء وفيرا وكذلك في الاجزاء القريبة من السطح التي يمكن للضوء ان يدخل اليها . كما انه امكن الحصول على عزلات لبعض السلالات من عينات مأخوذة من تحت التربة . تعتمد الطحالب في تغذيتها على التغذية الذاتية الضوئية مستخدمة ضوء الشمس كمصدر للطاقة . بوجود الصبغة الخضراء الكلوروفيل . تحصل ايضا على الكاربون اللازم لها على صورة ثنائي اوكسيد الكاربون وكذلك يلزم توفير الماء في التربة والعناصر المعدنية الغذائية كالنايتروجين والفسفور والمغيسيوم والكبريت والحديد وكميات قليلة جدا من العناصر النادرة كما ان بعض الانواع يمكنها استخدام النايتروجين

الجوي . قسم من الطحالب التي تتواجد تحت سطح التربة يطلق عليها بالانواع ذات التغذية الضوئية الاختيارية اذ تقوم بتمثيل مجموعة من المواد الكربوهيدراتية مثل النشأ والسكريوز والكلوكوز والكليسيرين وحامض الستريك . وقد وجد أن معدل نمو هذه الاحياء في الظلام اقل منه في حالة قيامها بعملية التمثيل الضوئي حتى ولو كانت هذه الاحياء متأقلمة على النمو غير الذاتي .

لقد اجريت دراسات عديدة لتقدير حجم مجموعة الطحالب وحصر اعدادها وذلك بتحضير تخافيف عشرية من نموذج تربة في ماء معقم وتلقيح كميات محدودة من هذا التخافيف في اوساط غذائية سائلة او رمل يحوي على عناصر غذائية معدنية وبعد الحضان لمدة ٤-٦ اسابيع في الضوء امكن الكشف عن وجود الطحالب بظهور نموات خضراء بالعين المجردة او بالمجهر . وتستخرج اعداد الخلايا الحية بعد ذلك بأستخدام طريقة العد بالاحتمال الاعظم ( Most probable number ) وقد يستخدم في بعض الاحيان العد المباشر لخلايا الطحالب وذلك بفرش احجام معلومة من تخافيف تربة على مساحة معروفة من شريحة مجهر ثم تجفف و تفحص بالمجهر الاعتيادي وعادة تعطي طرق التقدير للخلايا الحية اعداد تتراوح بين ١٠٠ الى ٥٠٠٠٠٠ خلية لكل غرام تربة للنماذج المأخوذة من طبقة تحت السطح مباشرة للترب المزروعة .

#### اهمية الطحالب :

بصورة عامة لاتقوم الطحالب بدور فعال في التفاعلات الكيمياوية الحيوية التي تحدث في التربة لدرجة تؤثر على خصوبة التربة كما هي حال مع البكتريا والفطريات الشعاعية ويستثنى من ذلك الترب الغدقة بصورة ومنها المساحة المزروعة بالرز. تعتبر الطحالب مسؤولة عن زيادة الكربون العضوي في الطبقات السطحية من التربة نتيجة قيامها بعملية التمثيل الضوئي حيث تقوم بتحويل ثنائي اوكسيد الكربون الى مواد كربونية. مقدار الاضافة العضوية الى الترب الزراعية هو في الحقيقة غير مقدر بدقة كما انها تعتبر المسؤولة عن تخليق الكربون العضوي لاول مرة عند نموها في المناطق القاحلة والمجروفة . تساهم الطحالب في تآكل الصخور وتجويتها نتيجة نموها عليها وبعد موتها توفر المواد العضوية التي تشجع نمو انواع مختلفة من البكتريا وبعض الفطريات على تلك الصخور وترجع عملية تجوية الصخور حيويًا الى تكوين حامض الكربونيك من ثنائي اوكسيد الكربون من تنفس الطحالب والنواتج التي تنتشأ من تحلل البكتريا والفطريات للمادة العضوية الناشئة من بروتوبلازم الطحالب اضافة الى انه قد تفرز بعض المركبات التي تلعب دورا في عملية التجوية . وللطحالب دورا ملحوظ في المحافظة على تركيب التربة اذ تعمل نمواتها السطحية على تجمع حبيبات التربة فتقلل بذلك من فعل عوامل الانجراف المختلفة .

تركزت الدراسات الحديثة على الاهمية الزراعية لبعض الطحالب التي لها القدرة على تثبيت النايروجين الجوي بصورة غير تعايشية في اجسامها حيث يؤدي هذا التثبيت الى زيادة محتوى الوسط المحيط بمركبات

النايتروجين المعقدة نتيجة تحلل خلايا الطحالب المتراكمة. لقد اثبتت الالهية التطبيقية لتلقيح اراضي الرز بانواع من الطحالب الخضراء المزرقفة في الزيادة بمعدلات انتاج الرز . وتشير بعض الدلائل الى ان التأثير الايجابي للتلقيح لايعزى الى تثبيت النايتروجين بل الى التأثير غير المباشر لبعض نواتج التمثيل الضوئي وقد يكون للاوكسجين الناتج من عملية التمثيل الضوئي دور مؤثر على نباتات الرز اذ يوفر جزءاً من احتياجات الجذور المغمورة .

المحاضرة الثالثة

احياء التربة المجهرية

المرحلة الرابعة

العوامل المؤثرة على نمو الاحياء المجهرية في التربة.

١ - المادة الخاضعة : Substrate

ان جميع المواد العضوية المعقدة سواء كانت حيوانية ام نباتية ، وكذلك نواتج هذه المواد التي تتكون بواسطة الاحياء المجهرية او الانسان تجد طريقها في النهاية الى التربة التي يستفاد منها كمادة خاضعة لمجاميع الاحياء المختلفة في التربة. فضلاً عن الاحياء نفسها ، اما ان تكون حية او ميتة فهي مواد خاضعة لاحياء اخرى ان انواع المواد الخاضعة في التربة ومصادرها معروفة بشكل جيد نسبياً. ان من السهل معرفة محتوى التربة من المادة العضوية والتي ربما تختلف من اقل من ١% في بعض الترب المعدنية الى اكثر من ٩٠% في بعض الترب العضوية.

٢-العناصر الغذائية : Mineral Nutrients

معظم الترب على مغذيات غير كاربونية ضرورية لحياة الاحياء المجهرية بالاضافة الى المركبات الكاربونية . وعلى الرغم من كون الترب غير العضوية ( المعدنية ) الشائعة في الطبيعة فان المعادن الغذائية يمكن ان تحدد تطور الاحياء المستوطنة في التربة ، وهذا التحديد يمكن ان يؤثر بشكل كبير جداً على بيئة الاحياء في التربة . ان خاصية الايون وتضاده له تأثير على الفعالية الفسلجية للاحياء، اذ ان ايون الموليبيدينم مهم جداً لبكتريا الازوتوبكتر لغرض تثبيت النايتروجين في حين يتوقف التثبيت نتيجة منافسة ايون التانكستون ان نقص بعض العناصر يمكن ان يؤثر على تكوين الانزيمات وانقسام الخلية وثبات تركيب جدار الخلية.

### ٣- عوامل النمو : Growth Factors

هي مواد عضوية تحتاجها الاحياء المجهرية بكميات قليلة ،اما ان تكون اساسية او محفزة لنموها .الكثير من الفيتامينات ،الاحماض الامينية ،البيورين ( Purines ) وغيرها من المواد تم تعريفها في الاوساط الغذائية النقية على انها عوامل نمو، وان هذه المواد تحتاجها الاحياء بتركيز بين اجزاء ملغم – ١٠٠ ملغ / لتر.التي ان دور عوامل النمو تنحصر في : تكوين الاصباغ وانقسام الخلية وتكون السبورات . ويتم عزل البكتريا التي تتطلب عوامل نمو من منطقة تاثير الجذور ( Rhizosphere ) اكثر مما هو في حالة التربة البعيدة عن تاثير منطقة جذور النباتات. وقد يكون سبب ذلك ،ان الكثير من عوامل النمو تجهز بواسطة افرازات الجذور او بواسطة البقايا العضوية وكذلك بواسطة العديد من الاحياء المجهرية.

### ٤- المحتوى الايوني : Ionic Compostion

محلول التربة هو محلول ايوني مخفف يحوي على انواع مختلفة من الكاتيونات والانيونات المعدنية والعضوية ذات شحنات مختلفة .ان جدران الخلايا المايكروبية وكثير من حبيبات التربة تحمل شحنات وبذلك يمكن ان يكون هناك تداخل بينها وبين المحتوى الايوني لمحلول التربة. ان المؤشر الاكثر اهمية في التأثير الايوني على المحيط ربما يكون شدة الايون ( Ionic strength ) U :

$$U = 0.5 \sum C Z^2$$

اذ ان U تمثل شدة الايون.

و C التركيز الايوني ، Z تمثل التكافؤ الايوني.

للايونات اهمية في بقاء الخلايا المايكروبية بشكل سليم في المحيط من حيث مستوى المظهر الخارجي (مثلاً جدران الخلية ) وفي مستوى التكوين ( محتوى البروتين والحوامض النووية والرايبوسومات).

### ٥- الماء : Water

الماء مهم جداً للاحياء المجهرية ،فهو ضروري ليس فقط للعمليات الحيوية داخل الخلية وانما ضرورة ايجاد طبقة كافية من الماء خارد الخلية لكي تبقى منتفخة وفي حركة المواد الغذائية وانتاج المواد السامة وغيرها. ان معظم تاثيرات الماء على المايكروبات ومحيطها تعزى الى الصفات الفيزيوكيميائية للماء. ان جاهزية الماء للخلايا المايكروبية هو الاكثر اهمية من محتوى التربة بالماء. والجاهزية يعبر عنها بفعالية الماء (  $a_w$  ) :

$$a_w = P_s / P_w = RH / 100$$

اذ ان  $P_s$  = ضغط بخار المحلول

$$P_w = \text{ضغط بخار الماء النقي بنفس درجة حرارة المحلول.}$$

$$RH = \text{الرطوبة النسبية.}$$

ان الانخفاض في قيم فعالية الماء (  $a_w$  ) بسبب زيادة مرحلة التأقلم ( Lag phase ) خلال مرحلة نمو الاحياء المجهرية وتقل فترة نموها وتكاثرها .يسبب انخفاض قيم فعالية الماء الى حصول انحراف في



الحد الامثل لمقاومة الاحياء المجهرية بعض عوامل المحيط كدرجة الحرارة ودرجة التفاعل ( pH )  
والمحتوى الايوني والغذائي.

#### ٦- الحرارة : Temperature

للحرارة تاثير ليس فقط على سرعة التفاعلات الفسيولوجية في الخلية وانما يؤثر ايضاً على الصبغات  
الفسيوكيميائية للمحيط ( مثلاً الحجم والضغط وطاقة الاكسدة والاختزال والانتشار والحركة البراونية و  
اللزوجة و الشد السطحي وتركيب الماء) والتي تاتر بدورها على الخلية الحية. ومن هنا نرى بان التغيير  
في درجة الحرارة للتربة يؤثر على فعالية وبيئة وحركة المجاميع المايكروبية في التربة. لذلك يوجد  
في بيئة التربة الاحياء المجهرية التي تفضل درجات الحرارة المعتدلة والمنخفضة والعالية .

#### ٧- الضغط : Pressure

ان التغييرات في الضغط الجوي تعتبر قليلة جداً في تأثيرها على الاحياء المجهرية في التربة .ان الضغط  
الجوي بمستوى سطح البحر هو ضغط جوي واحد وعند ارتفاع ٥٠٠٠ قدم فان الضغط الجوي سوف  
يكون 0.٨٢٣ ضغط جوي. ان تركيز الاملاح في محلول التربة الاعتيادية لا يولد ضغطاً ازموزياً يمنع  
نمو الاحياء المجهرية ، وان تركيز الاملاح في محلول التربة لايزيد عن 0.05 % في ضغط جوي  
يتراوح بين 0.2 – 1.0 ضغط جوي. لقد وجد حدوث تثبيط للفعاليات المايكروبية في التربة بسبب  
الارتفاع الشديد للضغط ازموزي . وان هناك تباين بين الانواع والاجناس في مقاومتها للضغط ازموزي.

#### ٨- درجة التفاعل : pH

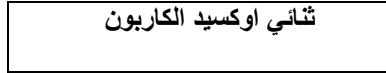
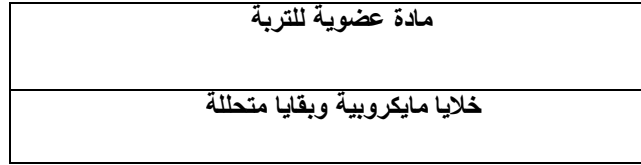
ان درجة التفاعل التربة مقياس لسيادة مجموعة من الاحياء المجهرية على اخرى .في الترب الحامضية  
(pH اقل من 5.5) تكون الفطريات هي السائدة بينما في الترب ذات التفاعل المتعادل او الترب متوسطة  
القلوية ( pH من ٦ الى ٨ ) فان البكتريا والفطريات الشعاعية هي السائدة. بعض الفطريات الشعاعية  
تحتاج pH اعلى من 8.5 كدرجة مثلى لنموها وتكون الاكثر سيادة في الترب القلوية مقارنة بالترب  
الحامضية، ولكن هناك بعض الانواع من الفطريات الشعاعية تقاوم الحموضة، وهناك تاثيرات مباشرة  
لتفاعل التربة على الفعاليات المايكروبية.

#### دورة الكربون : carbon cycle

يعتبر الكربون من العناصر المهمة التي حضيت بأهتمام كبير وذلك لدوره المهم كعنصر في تركيب البروتوبلازم  
وضرورته في تمثيل الطاقة للاحياء متباينة التغذية . تحتوي الانسجة النباتية والخلايا المايكروبية على نسبة عالية  
من الكربون تمثل حوالي ٤٠ % الى ٥٠ % من وزنها الجاف تحصل عليها من غاز ثنائي اوكسيد الكربون

الموجود بكمية محدودة تبلغ حوالي ٠,٠٣% من مكونات الهواء الجوي .

تتمثل دورة الكربون في الطبيعة بتحويل ثنائي اوكسيد الكربون الى الصور العضوية ثم اعادة تكوينه مرة اخرى الى حالته المعدنية . فالنباتات التي تحتوي خلاياها على الكلوروفيل تستخدم ثنائي اوكسيد الكربون كمصدر وحيد للكربون لتكوين المادة العضوية في انسجة النبات ، وهذه بدورها تعتبر مصدر امداد للحيوان لاحتياجه من الكاربون العضوي . وعند موت الخلايا النباتية والحيوانية يبدأ الدور البارز للتحويلات المايكروبية لاتمام الدورة ، تتحلل الانسجة الميتة وتحولها الى خلايا مايكروبية بالاضافة الى مركبات عضوية متنوعة تعرف في مجموعها بالدبال او الجزء العضوي من التربة . فمن التحلل المايكروبي لدبال التربة والانسجة الميتة ينتج CO<sub>2</sub> وهو الصورة المتيسرة من عنصر الكربون للنبات وبذلك تتم دورة الكربون .



ا- تمثيل ضوئي. ب - تنفس نباتي. ج - تنفس الحيوان. د- كائنات ذاتية التغذية. هـ- تنفس مايكروبي

### دورة الكربون Carbon Cycle

ان المصدر الرئيس للطاقة لمعظم الحياة بشكل عام هي اشعة الشمس وعملية التمثيل الضوئي التي تجهز ليس فقط النباتات الراقية والاشنات في بالطاقة ، وانما الحيوانات والاحياء المجهرية المتباينة التغذية وتقريبا جميع الكاربون المحتاج لغرض البناء البيولوجي .

لقد قدرت كمية ثنائي اوكسيد الكربون التي تستهلكها النباتات النامية على سطح الارض بحوالي ٩٠ بليون كغم في السنة . وهو ما يقارب  $\frac{1}{25}$  من كميته الموجودة في الجو فإذا استمر تحول الكاربون الى حالته العضوية بهذا المعدل

في ضل الكمية المحدودة من ثنائي اوكسيد الكربون في الهواء فأن النتيجة الحتمية في غياب التحولات المايكروبية هي استهلاك العناصر الغذائي الرئيسي للنبات .

ودورة الكربون في اطارها العام تدور حول ثنائي اوكسيد الكربون تثبيته ثم تكوينه مرة اخرى فعندما تقوم النباتات الخضراء بأستغلال هذا الغاز كمصدر وحيد للكربون كأن المادة الكربونية المخلفة تصبح غذاء عضوي جاهز للعالم الحيواني .وعند موت الحيوان او النبات يكون الفعل المايكروبي هو العامل الرئيس في تكملة الدورة . فتتحول الانسجة الميتة الى كتلة كبيرة من المركبات الكربونية تعرف اجمالا بالدبال او بالجزء العضوي من التربة وتتم الدورة ليعود الكربون متاحا مرة اخرى وبذلك بأنطلاق ثنائي اوكسيد الكربون نتيجة للتحول النهائي للدبال والانسجة المتحللة .

المرحلة الرابعة

احياء التربة المجهرية

المحاضرة الرابعة

### دورة النايتروجين : The Nitrogen Cycle

تعتبر دورة النايتروجين في التربة هي جزء من دورة النايتروجين في الطبيعة.اذ يتعرض النايتروجين الى العديد من التحولات التي تحدث في وقت واحد مكونة مركبات عضوية ومعدنية وغازية. ان زيادة نايتروجين التربة لاتحدث من خلال تثبيت جزيئة النايتروجين بواسطة الاحياء المجهرية فقط وانما من اعادة الامونيوم ( $NH_4^+$ ) والنترات ( $NO_3^-$ ) الى التربة في مياه الامطار .اما فقدته من التربة يحدث من خلال اخذه بواسطة المحصول والغسل والتطاير.

التعدن ( mineralization ) عملية التحول للاشكال العضوية من النايتروجين الى الامونيا والنترات. ان الخطوة الاولى للتحويل الى الامونيا تعرف بعملية النشدره ( ammonification )،واكسدة الامونيا

الى النترا ت تعرف بعملية النترجة ( nitrification). ان استعمال الامونيا والنترا ت بواسطة النبات والاحياء المجهرية تعرف بعملية التمثيل ( assimilation ) والتمثيل المؤقت ( immobilization ) على التعاقب .ومن ثم جزيئة النايتروجين المرتبطة تعاد الى الجو من خلال عملية عكس النترجة ( denitrification ) لتعاد الى الدورة . ادناه شكل يمثل دورة النايتروجين

دبال وخلايا احياء مجهرية

حيوانات

A

N<sub>2</sub> نباتات

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> NH<sub>3</sub>

A - النشدة - B - التعدن - C - النترجة - D - اختزال النترا ت - E - التمثيل

F - عكس النترجة - G - تثبيت النايتروجين غير التعايشي - H - تثبيت النايتروجين الجوي التعايشي

تعدن وتمثيل النايتروجين في التربة : Mineralization and immobilization of soil nitrogen

يعتبر تجهيز عنصر النايتروجين في التربة واحداً من العوامل الرئيسة في انتاج المحصول.في معظم الانظمة الزراعية يلجأ المزارع الى زيادة محتوى التربة بالنايتروجين من خلال استعمال الاسمدة،ومن ثم يتطلب دائماً تحسين حالة النايتروجين لانتاج المحصول من خلال زيادة كفاءة استعمال النايتروجين بواسطة المحصول وتقليل فقد النايتروجين من التربة قدر الامكان.

١- تعدن النايتروجين : Nitrogen mineralization

تعرف عملية التمدن بانها نقل النايتروجين من الحالة العضوية الى الاشكال اللاعضوية. تتم هذه العملية بواسطة الاحياء المجهرية المتباينة التغذية والتي تستعمل المركبات العضوية النايتروجينية كمصدر طاقة ان الناتج من عملية التمدن هو الامونيوم ( NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ) والذي يؤثر على سلوكه في التربة الكثير من العوامل الحيوية وغير الحيوية . ان الاحياء المجهرية تتطلب النايتروجين لنموها ،وان عملية تعدن النايتروجين او

تمثيلة من قبل الاحياء المجهرية يعتمد على نسبة الكربون الى النايتروجين في المادة العضوية المضافة الى التربة .ويمكن التعبير عن صافي التغير في كمية النايتروجين المعدني ( Ni ) بالمعادلة التالية:

$$Ni = \text{Organic nitrogen mineralization} - ( Na + Np + N1 + Nd )$$

اذ ان: Na يمثل النايتروجين الممثل بواسطة الاحياء المجهرية.

Np يمثل النايتروجين المستعمل من قبل النبات.

N1 يمثل النايتروجين المفقود نتيجة الغسل.

Nd يمثل النايتروجين المفقود نتيجة التطاير بواسطة عملية عكس النترجة.

يعتقد بان الاسمدة النايتروجينية لها تاثيرات جانبية في التربة تعود الى زيادة صافي التعدن ، فمثلاً كثير من الاسمدة النايتروجينية يمكنها ان تغير pH التربة ، وهذا التغيير ربما يؤثر على محتوى الاحياء المجهرية فيها وفعاليتها.

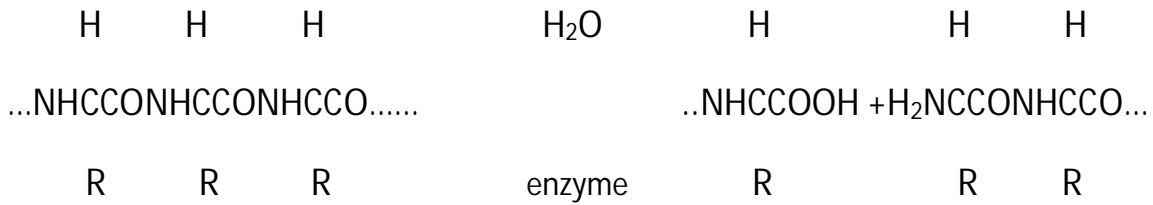
### احياء التربة المجهرية للتعدن :

تقوم الاحياء المجهرية بافراز انزيمات خارج الخلية لتحليل البروتين اذ يتم تكسير جزيئة البروتين الكبيرة الى وحدات ابسط. من بين الاحياء المجهرية المحللة للبروتين هي البكتريا الهوائية، الفطريات والفطريات الشعاعية، كما وتوجد ايضاً بعض الانواع اللاهوائية والاختيارية اللاهوائية. في التحلل الهوائي ينتج بعض المركبات الوسطية التي ماتلبث ان تختفي بسرعة مكونة في النهاية + NH<sub>4</sub> و SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> و CO<sub>2</sub> وماء. بينما في الظروف اللاهوائية تتكون نواتج لمركبات ذات رائحة عفنة تنطلق نتيجة تحلل المواد الغنية بالبروتين، ويطلق على مثل هذه العملية بالتعفن، والنواتج النهائية للتحولات اللاهوائية تكون + NH<sub>4</sub> ، والامين ( amine ) و CO<sub>2</sub> و احماض عضوية والـ H<sub>2</sub>S. تتحلل البروتينات بواسطة الاجناس:

Clostridium ، Bacillus ، Pseudomonas . وكذلك تستخدم سلالات عديدة من الفطريات المعزولة من التربة هذه المواد كمصادر للكربون والنايتروجين وكذلك الكبريتات في حالة الاحماض الامينية الحاوية على الكبريت. والاجناس التي تم دراسة انزيماتها المحللة للبروتينات باسهاب تشمل: Mucor و Pencicillium و Aspergillus والـ Rhizopus. الفطريات بشكل عام تطلق الامونيوم اقل مما هو في حالة البكتريا وذلك لان الفطريات يستعمل الكثير من النايتروجين لغرض تخليق الخلايا الجديدة. وهناك مجاميع مختلفة من الفطريات الشعاعية ( actinomycetes ) تنتج انزيمات خارجية لتحليل البروتين والتي بواسطتها يمكن لهذه الاحياء من مهاجمة البروتينات.

النشطرة : Ammonification

ان انطلاق الامونيا نتيجة لتعدين المواد العضوية الحاوية على النايتروجين يطلق عليها ايضاً عملية النشدة. البروتين يشكل الجزء الاعظم من البقايا النباتية الحاوية على النايتروجين وتتكون البروتينات من سلسلة طويلة من الاحماض الامينية. ويوجد حوالي عشرون حامضاً امينياً ترتبط بعضها ببعض بواسطة اواصر بيبتايدية (CO- NH). والبيبتايدات (Peptides) تتكون من سلسلة قصيرة من الاحماض الامينية تتشابه جزيئة البروتين والبيبتايد في التركيب. الانزيمات تهاجم وتحلل اواصر البيبتايد (peptide bonds) للبروتين والبيبتايدات التي تعرف بانزيمات البروتيز protease اذ يوجد نوعان من هذه الانزيمات، الاولى هي الانزيمات الخارجية (exo-peptases) التي تحلل الاواصر البيبتايدية الموجودة في نهاية سلسلة الاحماض الامينية والثانية هي انزيمات البيبتايدز الداخلية (endopeptidases) التي تحلل الاواصر الموجودة بعيداً عن نهاية السلسلة. وعند تحلل البروتينات مائياً ينتج عن ذلك احماض امينية ومجاميع من الكربوكسيل:



تستخدم الاحماض الامينية الناتجة من تحلل البروتينات كمصادر للكربون والنايتروجين بواسطة اعداد لاحصر لها من الاحياء المجهرية ذاتية التغذية. ينتج عن ذلك ان يطلق نايتروجين الاحماض الامينية على شكل امونيا، والامونيا الناتجة يمكن ان تمثل من قبل الاحياء المجهرية لبناء البروتوبلازم او تستخدم بواسطة احياء اخرى.

### تمثيل النايتروجين : Nitrogen Immobilization

يعزى تمثيل النايتروجين الى تمثيل الاحياء المجهرية للعناصر الغذائية غير العضوية لتكوين بروتوبلازم الخلية. النايتروجين يعتبر واحداً من العناصر الاساسية التي تتطلبها الاحياء المجهرية. فعند اضافة بقايا نباتية فقيرة في النايتروجين يؤدي ذلك الى اختفاء التغيير النهائي في كمية النايتروجين غير العضوي (Ni) نتيجة تمثيله بواسطة الاحياء المجهرية. لذلك تعتبر عملية التمثيل عملية عكسية لعملية التعدن.

ان املاح الامونيوم تعتبر اسهل مصادر النايتروجين تمثيلاً من قبل معظم البكتريا والفطريات الشعاعية والفطريات. الامونيوم المثبت كيميائياً في التربة او الذي يكون غير جاهز، لايمكن للاحياء المجهرية ان تمثله في حين نجد ان المستخلص منه يستخدم بسرعة واضحة. وعند مقارنة الامونيوم بالنترات من حيث تمثيلها بواسطة الاحياء المجهرية فقد بينت الكثير من التجارب المختبرية بان الاحياء المجهرية المستعملة

تفضل الامونيوم. ولا تتمكن بعض الاحياء المجهرية من تمثيل النترات.

ومن الناحية العملية يؤدي تحلل المواد العضوية الغنية بالنايتروجين المضاف للتربة الى زيادة تركيز النايتروجين المعدني، حيث يكون معدل التعدن اكثر من معدل التمثيل، في حين يؤدي اضافة المواد العضوية الفقيرة بالنايتروجين الى اختفاء مؤقت للنايتروجين المعدني والى استنزاف الكثير من مخزون التربة من المواد النايتروجينية غير العضوية وفي هذه الحالة نلاحظ ان النباتات تتعرض الى نقص شديد لعنصر النايتروجين اذا لم يعقب اضافة المادة العضوية الفقيرة بالنايتروجين الى التربة اضافة اسمة كيميائية مناسبة او مصدر نايتروجيني.

تستخدم عادة نسبة C:N للتعبير عن تراكيز النايتروجين الحرجة، اذ تساعد النسب الواسعة على حدوث عملية التمثيل في حين تعمل النسب الضيقة على حدوث عملية التعدن. تعتبر عملية تمثيل النايتروجين غير العضوية ذات اهمية زراعية. حيث تعتبر النباتات منافسة غير قوية للاحياء المجهرية في حصولها على النايتروجين غير العضوي عند وجوده بكميات غير كافية لنمو كل من النباتات والاحياء المجهرية.

### النترجة في التربة : Nitrification in soil

ان تحلل المواد البروتينية والاحماض النووية وغيرها من المركبات العضوية النايتروجينية في التربة يقود الى انطلاق الامونيا والتي تتعادل الى النوع الايوني ( $\text{NH}_4^+$ ) في الترب القاعدية . وفي حال توفر وفي معظم حالات الترب الاعتيادية التي يكون تطور ونمو الاحياء المجهرية فيها محدداً بجاهزية الكربون والطاقة، فان معظم الامونيوم تتاكسد الى النترات ( $\text{NO}_3^-$ ) بسرعة كسرعة تكوينها.والعملية التي تصاحب اكسدة الامونيوم الى نترات تعرف بعملية النترجة ( nitrification).

النترجة تحدث بشكل واسع في الانظمة البيئية للتربة، المياه والرواسب. وتاتي اهميتها في دورة العناصر الغذائية، معاملة الفضلات ونوعية المياه.وقد فسرت بشكل ثابت على انها عملية بايولوجية تقوم بها الاحياء المجهرية.والعملية تتميز بخطوتين منفصلتين تماماً، فالخطوة الاولى اكسدة الامونيا الى نايترايت ( $\text{NO}_2^-$ ) اذ تليها الخطوة الثانية بتحويل الـ  $\text{NO}_2^-$  الى نترات  $\text{NO}_3^-$ . ان النترجة تحدث في جميع الترب التي يوجد فيها الامونيوم وعند توفر الظروف الملائمة وبالاخص العوامل الرئيسية كدرجة الحرارة ، pH ، والتهوية. وتكون اكسدة النايترايت ( $\text{NO}_2^-$ ) في التربة اسرع بكثير من اكسدة الامونيوم ،لذا نادراً ما يتراكم الـ  $\text{NO}_2^-$  في الترب الطبيعية بكميات ملموسة. كما ان كمية النترات في التربة تتغير بشكل واضح في الموقع الواحد خلال فترات مختلفة.

العوامل المؤثرة على عملية النترجة في التربة:

ان العوامل الرئيسية التي تحدد عملية النترجة في التربة هي المادة الخاضعة ( $\text{NH}_4^-$ )، الاوكسجين ، ثنائي اوكسيد الكربون، pH ودرجة الحرارة. وتعزى حساسية هذه العملية للتغيرات الواضحة للظروف الخارجية الى درجة التشابه الكبيرة بين انواع الاحياء المجهرية المسؤولة عنها من الناحية الفسيولوجية. ولذلك نلاحظ ان اي تعديل للظروف البيئية المحيطة يتحكم لدرجة كبيرة في الناتج النهائي لهذه العملية. فعلى سبيل المثال نجد ان الحموضة الشديدة او الظروف اللاهوائية تؤدي الى عدم تكون النترات ،بينما يستمر تراكم الامونيا نظراً لان عملية النشطرة ( ammonification ) اقل حساسية من عملية النترجة للتغيرات الابيئية.

يعتبر الاوكسجين من المتطلبات الاجبارية للاحياء المجهرية التي تقوم بعملية النترجة اذ ان جميعها من الاحياء الهوائية الاجبارية.نقص الاوكسجين في ماء التربة ياتي نتيجة:

١- ارتفاع المحتوى الرطوبي للتربة مسبباً ملء مسامات التربة بالماء ويمنع دخول الاوكسجين .

٢- ارتفاع درجة حرارة التربة ،التي تقلل ذوبان الاوكسجين في الماء وكذلك تزيد من طلب الاحياء المجهرية المتباينة التغذية للاوكسجين.

٣- اكسدة المادة العضوية والتي تزيد ايضاً من متطلبات الاحياء المجهرية المتباينة التغذية الى الاوكسجين. ان تأثير المستويات المعتدلة من الرطوبة يشجع عملية النترجة في معظم الترب حيثما كانت كمية الاوكسجين كافية. بينما في حالة تعرض التربة للجفاف فان عملية النترجة تختلف حسب نسجة التربة وكذلك الضغط الازموزي.

ان لدرجة الحرارة تأثير واضح على بكتريا النترجة ،اذ اوضحت الكثير من الدراسات ان عملية النترجة تحدث ببطء شديد عند درجة حرارة اقل من ٥ درجة مئوية. في حين درجة الحرارة المثلى للنترجة تختلف بشكل واسع بين الترب اذ تصل في بعض الاحيان الى 30 - ٤٠ م وذلك بسبب اقلية الاحياء المجهرية المسؤولة عن النترجة في موطنها.

ان لتاثير الـ pH ، ارتباط بين H وعملية تكوين النترات. اذ يحصل انخفاض بمعدل النترجة بالاوساط الحامضية و ان امثل pH هو بين ٦ الى ٨. ولقد عزا بعض الباحثين التاثير السلبي للـ pH المنخفض لسبب سمية الالمنيوم ( Al ). لقد وجد ان بعض الترب فيها عملية النترجة عند pH 4.5 بينما لاتحدث في ترب اخرى ذات pH مماثل ،وقد فسرت لتوفر سلالات متاقلمة للحموضة في التربة الاولى وكذلك الاختلافات الكيميائية بين البيئتين.

**البكتريا المؤكسدة للامونيوم في التربة:**

ان معظم الدراسات والمصادر تشير الى ان اكسدة الامونيوم تتم بواسطة الجنس Nitrosomonas



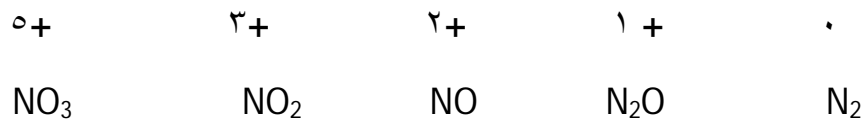
اما الاجناس الاخرى فقد اعتبرت على انها مجاميع ثانوية.وان جميع الاجناس المؤكسدة للامونيوم متشابهة اساساً في الحصول على الطاقة وتثبيت الكربون.ان جنس الـ Nitrosomonas المعزولة في الاوساط النقية تكون ذات خلايا عصوية قصيرة لهل سوط مستقيم للحركة وتؤكسد الامونيوم في الوسط الغذائي المعدني.

### عكس عملية النترجة: Denitrification

تعتبر من العمليات البايولوجية التي تعيد النايروجين المثبت من التربة الى المحيط الخارجي. وتعرف بانها عملية اختزال مايكروبي للنترات او النايترات الى غازات النايروجين (جزيئة نايروجين او اكاسيد النايروجين). ولتحديد التعريف بالنسبة لعملية عكس النترجة :انها عملية تنفس متواجدة في اعداد محددة من اجناس البكتريا.في هذه العملية تعمل النترات بدلاً من غازات الاوكسجين في التنفس ولذلك يطلق عليها بعملية التنفس النتراتي ( nitrate respiration).في حين يطلق على استخدام النترات كمادة غذائية من قبل الاحياء المجهرية بعملية تمثيل النترات ( nitrate assimilation ) وفي كل من الحالتين تحدث تفاعلات اختزال ،ولكن الناتج النهائي لعملية التنفس النتراتي يكون غازات متطايرة . اما في حالة تمثيل النترات فان الناتج النهائي يدخل في تركيب احدى مكونات الخلية. ومن الناحية الزراعية التطبيقية فان عملية عكس النترجة تساهم في فقدان مركبات النايروجين التي يمكن استخدامها من قبل النبات من التربة.

### المتطلبات العامة لعملية عكس النترجة وهي:

- 1- وجود البكتريا التي لها طاقة التحويل الخاصة.
  - 2- وجود المركبات التي تعطي الالكترونات ( Electron donors ) المناسبة مثل الكربون العضوي، مركبات الكبريت المختزل، جزيئة الهيدروجين ( $H_2$ ).
  - 3- ظروف لاهوائية او تحديد في جاهزية الاوكسجين.
  - 4- اكاسيد النايروجين مثل :  $NO_3$  و  $NO_2$  و  $NO$  و  $N_2O$  كمستقبلات للالكترونات النهائية.
- ان مسار اختزال اوكسيد النايروجين خلال عملية عكس النترجة يمكن ان يكون بشكل عام كالاتي:



### الاحياء المجهرية المسؤولة عن عملية عكس النترجة:

شخص ثلاثة عشر من الاحياء التي لها القابلية في عملية عكس النترجة ومن اهمها:

Agrobacterium : بعض انواعها يكون مسبباً للأمراض النباتية.

Azospirillum : لها القابلية على تثبيت النايروجين ،مرتبطة مع الحشائش.

Bacillus : تفضل درجات الحرارة المرتفعة.

Rhizobium : لها القدرة على تثبيت البايولوجي للنايتروجين تعايشياً.

Thiobacillus : ذاتية التغذية كيميائياً.

ان العديد من بكتريا عكس النترجة هي ذاتية التغذية كيميائياً ( Chemoautotrophs ). اي انها تستعمل مواد كيميائية كمصدر للطاقة، وتستعمل مركبات الكربون العضوي كفاقد لالالكترونات (مواد مختزلة) وكمصدر لكربون الخلية. بعض بكتريا عكس النترجة تستعمل مركبات الكبريت المختزلة كما هو الحال في بكتريا Thiobacillus denitrificans اذ يمكنها النمو لاهوائياً عند توفر املاح النترات.

**العوامل المؤثرة على عملية عكس النترجة:**

١- المادة العضوية: Organic matter

تعتمد عملية عكس النترجة بدرجة كبيرة على مركبات الكربون الجاهزة كفاقد لالالكترونات وكذلك كمصدر للمادة الخلوية. كما ان وجود مواد كاربونية يساعد في سرعة استهلاك الاوكسجين نتيجة لفعل الاحياء المجهرية ومن المحتمل ان يتسبب نقص منه في المحيط البيئي الدقيق وهذا بصورة غير مباشرة يشجع عملية عكس النترجة. وقد وجد علاقة بين محتوى المادة العضوية في التربة وعملية عكس النترجة اذ كلما زادت المادة العضوية المضافة الى التربة ازيد فقد النايتروجين من التربة المغمورة بالماء التي اضيف لها نترات على شكل  $HNO_3$ .

٢- جاهزية الاوكسجين: Oxygen availability

تعتبر جاهزية الاوكسجين من العوامل البيئية الحساسة المحددة لنمو بكتريا عكس النترجة اذ تؤثر التهوية على نشاط هذه الاحياء من وجهتين:

١- ان عملية عكس النترجة تستمر فقط عندما يوجد الاوكسجين بكميات غير كافية لتلبية المتطلبات المايكروبية.

٢- ان وجود الاوكسجين يعتبر ضرورياً لتكوين مركبات النترات والنايترايت اللازمة لحدوث عملية عكس النترجة.

ومن هنا يمكن القول بان التأثير السلبي للاوكسجين يمكن ان يكون ناتجاً عن تفضيل الاحياء للاوكسجين بدلاً من النترات كمستقبلات لالالكترونات.

٣- الرطوبة: Moisture

تزداد عملية انطلاق النايتروجين من النترات المضافة الى التربة بارتفاع مستوى الرطوبة وكذلك في الترب الرديئة الصرف. لقد وجد بانه عادة لا يظهر اي فقد في نايتروجين الترب عند رطوبة ٦٠% من قابلية التربة للاحتفاظ بالماء بغض النظر عن كمية المواد الكاربونية وتركيز النترات او درجات

#### ٤- درجة الحموضة : pH

يعتبر pH التربة من العوامل البيئية المؤثرة على نشاط بكتريا انطلاق النايتروجين . هناك تاثير قليل للـ pH على عملية عكس النترجة في حالة الترب المتعادلة التفاعل ( ٨ - ٦ pH). ولكنها في حالة الترب الحامضية طبيعياً فان عملية عكس النترجة تتحدد بشكل واضح.

المحاضرة الخامسة

احياء التربة المجهرية

المرحلة الرابعة

#### عكس النترجة والتلوث البيئي: Denitrification and environmental pollution

ان الاهتمام المتزايد بالتلوث البيئي الناتج من النترات التي تستخدم على نطاق واسع في العمليات الزراعية ادى الى اجراء دراسات عديدة على عملية عكس النترجة والعوامل المشجعة لها. يمكن ناحية يعتبر حدوث هذه العملية في منطقة الجذور ضاراً وذلك بسبب ازالة احد العناصر الاساسية في تغذية النبات لدرجة التفكير باستخدام مركبات كيميائية مثبطة لهذه العملية في الطبقات السطحية من التربة. ومن ناحية اخرى نجد ان النترات المتواجدة في مناطق اسفل منطقة الجذور ليس لها فائدة زراعية وقد تسبب احياناً اخطاراً بيئية جسيمة. لهذا فان الاهتمام موجه الى الاحياء المجهرية التي تهاجم النترات الموجودة في المناطق العميقة في التربة.

ومن الوسائل المقترحة حالياً للتغلب على التلوث بواسطة النترات المحمولة مع الماء خلال مقد التربة ، بان يضاف الكبريت المعدني الذي يعمل على تشجيع نمو بكتريا Thiobacillus denitrificans والتي تعمل على اكسدة الكبريت واختزال النترات في الوقت نفسه الى مركبات غازية متطايرة.

#### كمية النايتروجين المثبتة بصورة حرة :

من الصعوبة تقدير الكمية الدقيقة للنايتروجين المثبت بصورة حرة في التربة بسبب اشتراك الكثير من العمليات التي يشترك فيها النايتروجين والتي تحدث بصورة مرافقة لعملية التمثيل. ومن ذلك فان التقديرات في هذا المجال اوضحت بان هناك اضافات ذات قيمة من النايتروجين المثبت اسبوعياً. فعلى سبيل المثال

فان التجارب في الكثير من المناطق بينت بانه يمكن للاحياء المجهرية ان تثبت (48- 240كغم /ايكر/سنة) بصورة حرة.

### العوامل المؤثرة على تثبيت النايروجين الجوي

تؤثر الكثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية للوسط على هذه الانواع من الاحياء المجهرية. يعتبر توفير عنصر الكربون من العوامل الرئيسية التي تحد من نشاط ومعدل تثبيت النايروجين الجوي بواسطة الاحياء الحية المتباينة التغذية. لذلك فان اضافة السكريات البسيطة والتبن والبقايا النباتية ذات نسبة C:N واسعة تؤدي عموماً الى تنشيط عملية التثبيت هذه تحت الظروف الهوائية واللاهوائية .

ان توفر املاح الامونيا او النترا ت تعمل على تثبيط عملية تمثيل النايروجين الجوي بواسطة الاحياء المتخصصة وذلك للامكانية هذه الاحياء في استخدام الاملاح كمصدر للنايروجين. وان الاحياء تفضل املاح الامونيوم او النترا ت اكثر من استخدام النايروجين الجوي.

هناك العديد من العناصر المعدنية الضرورية التي تتطلبها الاحياء لنموها ولكن هناك عدد قليل منها على وجه الخصوص يشترك في تمثيل غاز النايروجين الجوي. اذ يعتبر المولبدنيوم (Mo) والحديد (Fe) والكالسيوم (Ca) والكوبلت (Co) من العناصر الاساسية لعملية تثبيت النايروجين الجوي. وغالباً ما تتحكم رطوبة التربة في معدل تثبيت النايروجين الكلي الى مستويات غير معنوية عند نقص الرطوبة في حين يزداد معدل التثبيت للنايروجين الجوي عند توفر الرطوبة، وتصل اقصاها في بعض الاحيان عند او بالقرب من السعة الحقلية. ويختلف مستوى الرطوبة الامثل لهذه العملية باختلاف التربة وتوفر المادة العضوية.

يؤثر تركيز ايون الهايدروجين (pH) تأثير واضح على انتشار الاحياء المجهرية المثبتة للنايروجين الجوي لاتعايشياً. فمثلاً الازوتوبكتر من البكتريا الحساسة بشكل واضح للتركيز المرتفعة من ايون الهايدروجين. اذ لايمكن لهذه البكتريا من القيام بتثبيت النايروجين الجوي في الاوساط الغذائية المختبرية ذات الـ pH الاقل من 6.

اما بالنسبة للحرارة فان لها تأثير واضح على عملية تثبيت النايروجين الجوي، اذ تقل كفاءة عامة هذه العملية عند درجات الحرارة المنخفضة، وتنشط عند درجات الحرارة المعتدلة ولكنها تتوقف عند ارتفاع درجات الحرارة عن درجة الحرارة المثلى.

### ميكانيكية التثبيت من الناحية البايوكيميائية :

الاحياء المثبتة للنايروجين الجوي تعتبر من الناحية البايولوجية فريدة من نوعها بسبب قابليتها على استخدام الغاز الذي يعتبر نسبياً خاملاً اثناء نموها. الانزيم الخاص الذي يعمل على اتحاد وتنشيط الغاز

الغير فعال يسمى انزيم النايتروجين ( nitrogenase). والضغط الجزئي لغاز النايتروجين الذي عنده تحدث نصف السرعة القصوى لعملية التثبيت يكون تقريباً 0.02 ضغط جوي بالنسبة لـ Azotobacter ويكون 0.03 ضغط جوي بالنسبة لـ Clostridium. وتتم عملية التثبيت للنايتروجين الجوي بمعدل اسرع عندما يتوفر تركيز عالي نسبياً من الغاز وتخفض هذه المعدلات عند ضغوط جوية اقل من 0.02 و 0.05. ان ذرات الهايدروجين ( $H_2$ ) تثبط من حدوث عملية التثبيت البايولوجي للنايتروجين في العديد من الاحياء المثبتة للنايتروجين بصورة حرة. اذ يكون هذا التثبيط نتيجة التنافس بين كل من  $H_2$  و  $N_2$  ، وبذلك فان درجة التأثير تتوقف على تركيز كل من  $H_2$  و  $N_2$ . كما ان هذه الاحياء تقوم بتمثيل غاز H وتقوم بتمثيل غاز النايتروجين مستخدمةً في ذلك انزيم الهايدروجيناز ( hydrogenase ) وانزيم النايتروجيناز ( nitrogenase ). يعمل انزيم الهايدروجيناز على تنشيط ذرات الهايدروجين اللازمة لاختزال بعض المواد او يعمل على اطلاق ذرات الهايدروجين من المركبات المختزلة

لقد وجد بان الاوكسجين يثبط من فعالية انزيم النايتروجيناز الموجود في كل من البكتريا الهوائية واللاهوائية وكذلك الاشنيات المنتجة للاوكسجين. ومع ذلك فان عمليات التثبيت للنايتروجين الجوي تحدث في الترب والاسواط الغذائية المحتوية على الاوكسجين ، وهذا يؤكد وجود طرق حماية تتمكن بواسطتها الاحياء المجهرية من حماية انزيم النايتروجيناز الموجود بداخلها من تأثير الاوكسجين.

### التثبيت البايولوجي للنايتروجين الجوي بصورة تعايشية : Symbiotic Nitrogen Fixation

يكون غاز النايتروجين ( $N_2$ ) حوالي 80% من المحيط الجوي، ومع ذلك فان الاحياء المجهرية التي تستعمله او تثبته في التربة تكون قليلة جداً مقارنة بالانواع المتواجدة في التربة. والسبب في ذلك يعود الى الاحتياجات العالية من الطاقة التي يتطلبها لتحطيم الاصرة الثلاثية التي تربطها ( $N = N$ ). وبعد ان تتكسر هذه الاصرة الثلاثية يمكن للذرة المفردة ان ترتبط مع الهايدروجين او الاوكسجين لتكوين الامونيا ( $NH_3$ ) او النترات ( $NO_3$ ) والتي يمكن للنبات استعمالها.

ان الاحياء المجهرية التي تساهم في تثبيت النايتروجين بصورة تعايشية تنشأ عن علاقة تعايشية بين نوع من النباتات و احد افراد الاحياء المجهرية المختصة. والنباتات البقولية تعتبر من اهم النباتات المعروفة بشكل جيد والتي لها اهمية زراعية كبيرة نتيجة علاقتها مع البكتريا المعروفة بالـ Rhizobium وتكون نتيجة هذه العلاقة تكوين عقد جذرية. توجد مجموعة مهمة اخرى تكون عقد جذرية تشمل الفطريات الشعاعية مع بعض انواع جذور نباتات الغابات.

بكتريا الرايزوبيا في التربة: Rhizobium in the soil

بكتريا الرايزوبيا تكون بشكل عصوي ، سالبة لصبغة كرام ، غير مكونة للسبورات وهوائية ، يتراوح عرضها بين 0.5 الى 0.9 مايكرون واطوالها من 1.2 الى 3.0 مايكرون. وتتمكن افراد جنس الرايزوبيا عند اصابتها النوع المناسب من النباتات البقولية من تكوين عقد على جذور النبات البقولي وينتج عن ذلك تثبيت النايتروجين الجوي. تعتبر خاصية تكوين العقد الجذرية على احد النباتات البقولية من اهم الطرق المستعملة للطريق بين هذه الاحياء المجهرية والاحياء الاخرى . ان هذا التخصص معتمداً على بعض الاشارات الوراثية و،او الكيمائية الموجودة في جدران الخلايا او في جوانب اخرى من البكتريا.

وعلى هذا الاساس فانه يعتمد على هذه الخاصية الاساسية في تقسيم هذه البكتريا حسب مقدرتها على اصابة جذور عدد محدد من النباتات البقولية بالاضافة الى النبات البقولي الذي عزلت منه اصلاً. ونظراً لوجود عدد محدود من النباتات البقولية التي تستخدم كعوائل فانه تم تقسيم هذه العوائل الى ما يسمى بمجاميع التلقيح المتبادلة ( Cross – inoculation ) اذ تشمل كل مجموعة من هذه على انواع من النباتات البقولية التي تتكون عليها عقد جذرية نتيجة لاصابتها ببكتريا الرايزوبيا.

باستخدام طريقة اختزال الاستلين تبين حدوث عملية تثبيت النايتروجين الجوي على جذور نبات الذرة ، القمح، الدخن، الذرة البيضاء، الرز وانواع اخرى.

#### دراسة بكتريا الرايزوبيا في التربة:

بسبب التشابه في الصفات الظاهرية والبايوكيميائية بين الرايزوبيا والكثير من بكتريا التربة الاخرى فانه ليس من الممكن تمييزها بسهولة على الاطباق النامية ، اذ اتجهت الكثير من الابحاث في هذا المجال الى استخدام الاوساط الغذائية المخصصة باستعمال الاصباغ. وبصورة عامة تعتبر هذه الطرق غير دقيقة ومحدودة الاستعمال. ان الطرق الشائعة في عد وعزل الرايزوبيا من التربة تعتمد في الاساس على تكوين العقد الجذرية في النباتات البقولية المدروسة. ان مثل هذه الطريقة تعتمد على استخدام عائل مناسب للتعرف على وجود بكتريا الرايزوبيا في تخفيفات التربة. وعلى الرغم من اعتبارها طريقة نموذجية الا انها تحتاج الى وقت وجهد كبيرين.

تستعمل طريقة العد بالاحتمال الاعظم ( MPN ) بصورة عامة لتقدير اعداد الرايزوبيا في وجود اعداد كبيرة من الاحياء المجهرية الاخرى. وفي هذه الطريقة تخفف التربة او المواد التي تحوي على الرايزوبيا في محلول لعدة تخافيف معينة. ومن هذه التخافيف تلحق جذورالنبات البقولي المدروس. نمو النباتات تحت ظروف مسيطر عليها والتقدير معتمد على ان البكتريا المفردة تنمو وتتكاثر وتكوين على الاقل عقدة واحدة على الجذر.

#### العوامل البيئية المؤثرة على بقاء الرايزوبيا في التربة:

ان العلاقة التعايشية الناجحة بين العائل البقولي وبكتريا الرايزوبيا يمكن ان تتاثر بالاتي:

١- وجود البكتريا ونموها في التربة.

٢- العوامل المؤثرة على نمو العائل النباتي.

هذه العوامل تؤثر على تكوين العقد الجذرية وفعاليتها.

ومن العوامل التي تؤثر على وجود بكتريا الرايزوبيا ونموها في التربة :

١- الملوحة : salinity

تتواجد الملوحة بصورة عامة في الترب المتأثرة بالمناخ الجاف وشبه الجاف وذلك بسبب قلة الامطار فيها مما يشجع على تجمع الاملاح المتصاعدة في الخاصية الشعرية من المياه الارضية الى سطح التربة اذ يكون التبخير اكثر من كمية الساقطة.تختلف الرايزوبيا في مقاومتها للاملاح باختلاف الانواع والسلالات.

لقد اوضحت نتائج الدراسات ،ان المجاميع الطبيعية لرايزوبيا الجت تتاثر بالملوحة في بعض الترب المدروسة من وسط العراق. ان الرايزوبيا تختلف في مقاومتها لتراكيز مختلفة من NaCl في الاوساط الغذائية المختبرية ومن المحتمل ان تكون مقاومتها اكثر في التربة.

٢- الرطوبة : Moisture

تشير كثير من الابحاث الى ان الرايزوبيا يمكنها البقاء في الترب المجففة هوائياً على الرغم من انها بكتريا غير مكونة للسبورات.ففي بعض الدراسات جرى عزل الرايزوبيا من التربة المحفوظة هوائياً بعد اكثر من ٣٠ سنة. ومما لا شك فيه ان الجفاف من العوامل المهمة التي تؤثر على بقاء الرايزوبيا في التربة.في حين اشارت دراسات اخرى بان بعض السلالات من الرايزوبيا تقاوم الجفاف وقد يعود ذلك الى تاثير نوع التربة .

٣- الحرارة : Temperature

الرايزوبيا تفضل درجات الحرارة المتوسطة ( mesophels ) وقد اظهرت بعض الدراسات ان ٦٨ عذلة من الرايزوبيا المختلفة من البقوليات المزروعة في بعض المناطق الاستوائية ، وجدوا فقط اربع عزلات يمكنها النمو في درجات حرارة تفوق ٣٨ م وان اعلى درجة حرارة لها كانت ٤٢ م.

٤- العوامل البايولوجية: Biological factors

ان بقاء الرايزوبيا افضل في الترب المعقمة مقارنة باضافتها الى الترب غير المعقمة. اذ كان الانخفاض في اعداد الرايزوبيا بعد ٤٢ اسبوعاً في الترب غير المعقمة اكثر مما هو في الترب المعقمة. ان بعض الاحياء المجهرية المتواجدة في المحيط مع الرايزوبيا. كما ان هناك احياء اخرى تتطفل او تنافس الرايزوبيا مثل بعض الفطريات الشعاعية و الفايروسات، اذ ان بكتريا Bdellovibrio تقوم باقتراس بكتريا الرايزوبيا.

طريقة تكوين العقد الجذرية:

تحدث الاصابة في معظم النباتات البقولية عن طريق الشعيرات الجذرية والتي تحدث لها بعض التشوهات

والتجعدات نتيجة لوجود الرايزوبيا المناسبة بالقرب منها وافرازها بعض المركبات الخاصة. ان مثل هذه التحولات لا تحدث في الحقيقة بالنسبة الى جذور النباتات غير البقولية. اذ انها تحدث لنبات بقولي معين نتيجة تأثير سلالات من الرايزوبيا المتخصصة وهذا ما يشير الى خاصية التخصص التي تتميز فيها العلاقة الناشئة بين الرايزوبيا والنبات البقولي. ان هذه الخطوة الاولى في تكوين العقد الجذرية يعتقد انها تنشأ نتيجة وجود مركبات مسؤولة عن حدوث مثل هذه التغيرات والتي قد تتضمن احد الاحماض الامينية وأحد السكريات المتعددة او البروتينات .

بعد حدوث التجعدات والتشوهات في الشعيرات الجذرية تتغلغل الرايزوبيا بداخلها كمرحلة اولى في عملية تكوين العدوى الحقيقية. خلال هذه المرحلة تلتوي الشعيرات الجذرية ويستمر مثل هذا الالتواء حتى يتكون تركيب شبيه بالانبوبة. ويلي دخول البكتريا في الشعيرات الجذرية تكوين تركيب خيطي يسمى بخيط الاصابة ( infection thread ) الذي يحاط بجدران سليولوزية يفرزها العائل. ويمكن ملاحظة اعداد كبيرة من الرايزوبيا بداخل خيط الاصابة بسهولة باستعمال المجهر. وبعد ذلك يتفرع خيط الاصابة الى عدة فروع في وسط العقدة الجذرية المتكونة ثم تنطلق البكتريا الى سايتوبلازم العائل.

تحاط خلايا الرايزوبيا في العقد الجذرية بغشاء ينشأ اصلاً من خلايا العائل المحيطة . وتتخذ خلايا الرايزوبيا اشكالاً خاصة وغريبة يطلق عليها اسم البكترويد ( Bacteroid ) عند دخولها الى الساييتوبلازم العائل. تنشأ العقد الجذرية غالباً من مهاجمة سلالة بكتيرية واحدة لشعيرات العائل المختص.

### تثبيت النايتروجين : Nitrogen fixation

تعتمد كمية النايتروجين المثبتة بواسطة بكتريا الرايزوبيا على عدة عوامل منها :

ظروف التربة وبصورة خاصة التهوية، الرطوبة، الملوحة، pH والعناصر الغذائية. وعندما تكون هذه العوامل ملائمة فان اضافة النايتروجين الى التربة يقلل من تكوين العقد ومن ثم يقلل كمية النايتروجين المثبتة بواسطة الرايزوبيا . تثبت البقوليات النايتروجين الجوي بكميات كبيرة في الظروف الملائمة ووجود البكتريا الكفوءة في التثبيت. وقد اوضحت دراسة لمدة ١٠ سنوات في الولايات المتحدة الامريكية بان الكميات المثبتة في النايتروجين في مختلف المحاصيل البقولية معبراً عنها بالباوند لكل ايكر لكل سنة كما موضح في الجدول الاتي:

المحصول البقولي	معدل النايتروجين المثبت ( باوند \ ايكر\سنة)
الجت alfalfa	٢٥١
البرسيم Clover	١٦٨
البرسيم الاحمر Red clover	١٥١
فول الصويا Soybean	١٠٥



٥٨	فاصوليا Field beans
٤٨	بزاليا Field peas

وتختلف النباتات البقولية في قابليتها على تثبيت النايتروجين الجوي كما موضح اعلاه. ويلاحظ عموماً بان كميات النايتروجين المثبت بواسطة العقد الجذرية يكفي لمواجهة الاحتياجات السريعة للنباتات النامية ويمتد التأثير المفيد لزراعة البقوليات الى ثلاث سنوات او اكثر. ولغرض الحصول على اقصى استفادة من نشاط البكتريا المتخصصة فانه من الصعب الاعتماد على الرايزوبيا المتواجدة اصلاً في التربة لاحداث عملية التثبيت ،اذ وجد ان معظم الترب تحتوي على عدد قليل من بكتريا الرايزوبيا . ولذلك فان تلقيح التربة بسلاطات نشطة وذات كفاءة عالية في التثبيت ينتج عنه تأثيرات ايجابية كبيرة.

### بايوكيميائية تثبيت النايتروجين الجوي تعايشياً :

لقد أثبتت الطرق الحديثة لقياس التثبيت البيولوجي للنايتروجين الجوي بان البكتريا هي التي تكون مسؤولة عن القيام بعملية التثبيت للنايتروجين الجوي في العقد الجذرية . لقد اظهرت نتائج استخدام غاز  $^{15}\text{N}$  امكانية تتبع مركبات النواتج الوسطية في تمثيل النايتروجين الغازي واستخدامه في بناء مكونات الخلايا البروتينية . اذ وجد ان العقد الجذرية تستخدم النايتروجين  $^{15}\text{N}$  وتحويله الى  $^{15}\text{N-NH}_3$  الذي يمثل الناتج الوسطي الذي تتحول اليه كل ما تستخدمه الرايزوبيا من غاز النايتروجين خلال فترات الحضانة القصيرة وباستمرار الزمن يتحول هذا المركب الوسطي الى مركبات اخرى عضوية. اذ تتحد الامونيا مع جزيئات عضوية مكونة أحماض أمينية مثل حامض glutamate وبعدها ينتقل النايتروجين الى احماض امينية اخرى.

ان المسار البيوكيميائي المقترح لتثبيت النايتروجين بصورة تعايشية ، اذ يتطور تكوين انزيم النايتروجينيز ( nitrogenase ) الذي يكون النظام الانزيمي له من مركبين ،الاول ذو وزن جزيئي 50.000 يحتوي على عنصر الحديد فقط والثاني ذو وزن جزيئي 180.000 يحتوي على الحديد والمولبدنيوم. وعند تثبيت النايتروجين الجوي نجد ان عنصر النايتروجين ينتقل بسرعة من العقد الجذرية الى بقية اجزاء النبات اذ تم تشخيص  $^{15}\text{N}$  في انسجة النبات الخضرية بعد مرور عدة ساعات من تعريض النبات البقولي لهذا العنصر. وفي المراحل المتأخرة من نمو النبات نجد ان ٩٠% من النايتروجين المثبت توجد في اجزاء النبات التي تعلقو سطح التربة.

ان العقد الجذرية الفعالة تاخذ لوناً بصورة عامة وذلك لاحتوائها على احد المركبات التي تدخل في تركيبها

عنصر الحديد الذي يعرف Leghemoglobin. في حين العقد الجذرية غير الفعالة لا يكون لونها احمر. وبالإضافة الى ذلك فلقد وجد ان كفاءة العقد الجذرية في تثبيت النايتروجين عادة ما ترتبط بالكمية التي التي تحويها من هذا المركب. وتختلف السلالات من الرايزوبيا في كفاءتها بالتثبيت البايولوجي للنايتروجين بما تحتويه من هذا المركب.

المرحلة الرابعة

أحياء التربة المجهرية

المحاضرة السادسة

### تحويلات الفسفور الميكروبية: Microbial transformation of phosphorus

يعد الفسفور من العناصر الرئيسية في تغذية النبات ، اذ تحصل النباتات عليه من التربة.ومن العوامل المؤثرة على ذوبانه في التربة ،امتصاصه من قبل النبات واعادته الى التربة بشكل بقايا نباتية من الاسس المهمة في تغذية النبات.

تقوم الاحياء المجهرية في التربة بعدد من التحويلات لهذا العنصر والتي تشمل على:

١- التأثير على ذوبان الفسفور غير العضوي.

٢- تعدين المركبات العضوية مع انتاج الفوسفات غير العضوية.

٣- تحويل الفسفور الجاهز الى مكونات الخلية بطريقة مشابهة لما يحدث بالنسبة لعنصر النايتروجين.

#### ٤- اكسدة واختزال المركبات الفسفورية المعدنية.

تعتبر تفاعلات تعدين وتمثيل الفسفور من اهم الخطوات التي تتم في دورة الفسفور في الطبيعة ، والتي تتم في دورة الفسفور في الطبيعة، والتي تؤدي الى التحكم بدرجة كبيرة على مقدار جاهزية عنصر الفسفور. ويمكن توضيح ذلك في الدورة العامة للفسفور كما ياتي:

فسفور النبات

الفسفور الحيواني

الدبال

الفسفور المكروبي

الفسفور المتاح

الفسفور المثبت كيميائياً

مخطط مبسط لدورة الفسفور.. اذ ان: m تمثل التعدن و i تمثل التمثيل في الخلايا.

#### فسفور التربة: Soil phosphorus

يوجد الفسفور في التربة بصورة عضوية وغير عضوية وكلاهما يعتبران من المصادر المهمة لهذا العنصر بالنسبة الى النبات .وفي الحقيقة هناك نقص في المعلومات عن نسب وجود هذه الاشكال من الفسفور في التربة. ان نتائج توزيع الفسفور باشكله العضوية وغير العضوية في اعماق مختلفة من التربة. اذ يلاحظ ان الفسفور غير العضوي الذائب في الحامض المخفف يكون اكثر جاهزية . لذلك فان الترب التي يضاف لها سماد بكميات كبيرة، فانها تحتوي في طبقاتها السطحية كميات كبيرة من الفسفور غير العضوي.

#### مركبات الفسفور غير العضوية:

ان معظم مركبات الفسفور غير العضوية تقع في مجموعتين:

١- المركبات التي تحوي على الكالسيوم . ٢- المركبات التي تحوي على الحديد والالمنيوم.

مركبات الفسفور الحاوية على الكالسيوم والتي تكون اكثر اهمية .في حين القليل هو المعروف عن مجموعة الحديد والالمنيوم التي تشمل الفوسفات الهيدروكسيلية ( hydroxyl phosphate ) هذه المركبات تكون اكثر استقرارية في الترب الحامضية وهي تعتبر ذائبة بشكل شديد.

ومن مركبات الفسفور الحاوية على الكالسيوم غير العضوية التي توجد في التربة:

Fluor apatite	$3Ca_3(PO_4)_2.CaF_2$	Carbonate apatite	$3Ca_3(PO_4)_2.CaCO_3$
Oxy apatite	$3Ca(PO_4)_2.CaO$	Hydroxy apatite	$3Ca_3(PO_4)_2.Ca(OH)_2$
Dicalcium phosphate	$CaHPO_4$	Tricalcium phosphate	$Ca_3(PO_4)_2$
Monocalcium phosphate	$Ca(H_2PO_4)_2$		

### مركبات الفسفور العضوية:

تعد المواد النباتية المتحللة هي المصدر الرئيس لدخول مركبات الفسفور العضوية الى التربة . اذ تحتوي الانسجة النباتية على الفسفور العضوي بنسبة 0.05% الى 0.5% .يوجد الفسفور في النباتات على صورة عدد من المركبات او مجموعة من المواد هي الفاييتين ( phytin ) والفوسفوليبيدات ( phospholipids ) والاحماض النووية والسكريات المحتوية على الفسفور ومرافقات الانزيمات والمركبات الاخرى المشابهة.

يختلف الفسفور عن كل من النايتروجين والكبريت اذ يتم اختزال ايونات النترات والكبريتات داخل الخلية الى مجاميع الامينو (  $-NH_2$  ) او السلفاهيدريل (  $-SH$  ) الفعالة ، بينما النباتات لا تقوم باختزال الفوسفات بل يدخل هذا الايون في تركيبات عضوية دون ان يطرأ عليها تغيير يذكر.

يشكل الفسفور العضوي في التربة نسبة تتراوح ما بين 15% الى 85% من الفسفور الكلي بها وتقل الكمية بوجه عام بزيادة العمق. ويكون مصدرها الغطاء الاخضر على سطح التربة اضافة الى بروتوبلازم الاحياء المجهرية او نواتج تمثيلها الغذائي. وتشمل مكونات الفسفور الموجودة في هذه المصادر فوسفات الانوسيتول ( inositol ) والاحماض النووية و الفوسفوليبيدات.

اما بالنسبة للاحماض النووية ومشتقات الـ nucleotide في التربة فيمثلها وجود قواعد البيورين Purine والبايريميدين Pyrimidine المكونة لجزيئات RNA و DNA وهي القواعد المرتبطة من خلال ارتباط سكر مع فوسفات. وتكون نسبته تتراوح ما بين اقل من 1% الى 10% كحد اقصى من مجموع الفسفور العضوي الكلي

### اذابة الفسفور غير العضوي: Solubilization of inorganic phosphate

يمكن للكثير من الاحياء ان تقوم باذابة الفوسفات غير الذائبة في التربة ، وتوجد هذه الاحياء بصورة عامة

باعداد كبيرة على سطح جذور النباتات. وتكون الاذابة حاصيلة نشاط انواع مختلفة من الاحياء المجهرية ترجع

الى مختلف الفعاليات التي تقوم بها الاحياء المجهرية في التربة هي:

#### ١- الحوامض العضوية : Organic acids

ان الطريق الاساس الذي تسلكه الاحياء المجهرية في اذابة الفوسفات غير الذائبة يكون بواسطة افراز الاحماض العضوية كاحماض: اللاكتيك ( lactic ) ، كلايكولك ( glycolic ) ، الاوكسالك ( oxalic ) وحمض الستريك ( citric ). ان الاحياء المجهرية التي تنتج الحامض ليست جميعها تعتبر مذيبة للفوسفات. اذ يلاحظ من الدراسات السابقة ان 44.7% من البكتريا الكلية المعزولة تكون منتجة للاحماض العضوية ، بينما 16.2% فقط من هذه البكتريا تكون مذيبة للفوسفات غير الذائبة. وبينت النتائج ان الاحماض الهيدروكسيلية ( hydroxyl acids ) تكون فعاليتها افضل في اذابة الابتايت من بقية الاحماض العضوية. وقد يكون سبب تكون معقدات مع الكالسيوم ( chelate ) اضافة الى تخفيضها الـ pH. وفي نتائج دراسات اخرى بينت ان هذه الحوامض لها تاثير كبير على اذابة مركبات الفوسفات غير الذائبة بتكوينها معقدات مع الكالسيوم وان عملية تكوين المعقدات يكون اكثر اهمية من تاثير الـ pH في اذابة الفوسفات غير الذائبة.

#### ٢- الحوامض غير العضوية: Inorganic acids

في الحالات الخاصة التي توجد فيها الاحياء ذاتية التغذية كيميائياً ( Chemoautotrophs ) التي تؤكسد

الامونيا او الكبريت فانه ينتج عن ذلك حامض النتريك وحمض الكبريتيك . هذه الحوامض باستطاعتها تحرير الاورثوفوسفات ( Orthophosphates ) من صخر الفوسفات. اذ وجد الكثير من الباحثين بان بكتريا اكسدة الكبريت من جنس Thiobacillus تتفاعل مع صخر الفوسفات ويؤدي الى زيادة ذوبانه.

#### ٣- تكوين غاز ثنائي اوكسيد الكربون: Carbon dioxide

الاحياء المجهرية يمكنها خفض الـ pH حولها بواسطة اعطائها CO<sub>2</sub> الذي ينتج من الفعاليات الحيوية اثناء عملية التنفس. ويكون مع الماء حامض الكربونيك الذي يسبب اكثر اذابة للفوسفات.

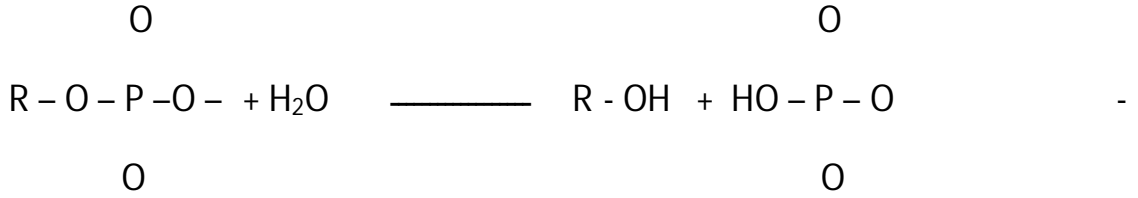
#### ٤- تكوين المواد الدبالية : Humic substances

نتيجة لتحلل المواد العضوية بواسطة الاحياء المجهرية يتكون حامض الهيومك ( Humic ) وحمض الفولفك ( Fulvic ) والتي ربما تكون معقدات مع الكالسيوم ، الحديد او الالمنيوم الموجودة في معقدات الفوسفات التي تحرر الاورثوفوسفات. او تكون معقدات ذائبة من الحديد او الالمنيوم مع الفوسفات الجاهزة للامتصاص .

## تعدن الفسفور العضوي : Mineralization of organic phosphate

تقوم الاحياء المجهرية في التربة بتحويل صور الفسفور الموجود في البقايا النباتية والمادة العضوية في التربة الى صور جاهزة يمكن استعمالها من قبل النبات . اذ اظهرت الدراسات عند اضافة البكتريا المذيبة للفسفور الى التربة ادت الى زيادة جاهزية الفسفور ومن ثم زيادة انتاج المحاصيل .

ان معدل تعدن الفسفور يزداد تحت نفس الظروف الملائمة لعملية تعدن النايتروجين . ولهذا فان هناك ارتباطاً مؤكداً بين معدلات تحويل كل من النايتروجين والفسفور الى الصور غير العضوية . كما ويوجد ارتباط ايضاً بين انطلاق غاز ثنائي اوكسيد الكربون والفسفور المتعدن . ان الانزيمات التي تستطيع فصل الفسفور من معظم المركبات العضوية الشائعة يطلق على مجموعها اسم انزيمات Phosphatases . وقد صنفت خمس مجاميع رئيسية من هذه الانزيمات بواسطة الاتحاد العالمي للكيمياء الحيوية .  
ان المعادلة العامة للتفاعل بواسطة هذه المجموعة من الانزيمات كمل ياتي :



ومن الانزيمات الاخرى التي تفصل الفسفور من المركبات العضوية هو انزيم الفايترز ( Phytase ) الذي يعمل على اطلاق الفوسفات من الـ Phytic acid او املاح هذا الحامض الذائبة . اذ يزيل منها مجموعات الفوسفات الواحدة بعد الاخرى لينتج عنه مركبات خماسية ورباعية وثلاثية وثنائية واحادية الفوسفات .

### تمثيل الفسفور : Immobilization

ان استعمال الفوسفات الذائبة في مركبات خلايا الاحياء المجهرية يعرف بالتمثيل Immobilization ولذلك نلاحظ انه عند اضافة الفسفور الى الترب الفقيرة فيه سوف يساعد على نشاط الاحياء المجهرية . وعند اضافة المواد الكربونية الفقيرة بالفسفور فان التمثيل للفوسفات الجاهزة من قبل الاحياء المجهرية سوف يقلل من انتاجية المحاصيل . ويعالج ذلك باضافة الاسمدة الفوسفاتية .

ان العوامل التي يحدد تعدن او تمثيل الفسفور بواسطة الاحياء المجهرية هي : نسبة الفسفور في المخلفات النباتية وكذلك المتطلبات الغذائية للاحياء المجهرية المسؤولة عن التحلل . عندما تكون زيادة في الفسفور عن المتطلبات الحيوية سوف تظهر في التربة صور العنصر المعدنية ، اما اذا قلت كمية الفسفور الجاهزة عن متطلبات الاحياء المجهرية سوف يؤدي ذلك الى تمثيل الفسفور . وعلى هذا فان نسبة C:P للمخلفات النباتية هي التي تحدد ما يتيسر من الفسفور الى الصور المعدنية . ولقد اجريت دراسات عديدة لتقدير

محتوى البكتريا والفطريات من العناصر المعدنية، ووجد ان الفسفور بوجه عام يمثل 0.5% الى 1.0% من وزن المايسليوم الجاف للفطريات في حين كان يمثل 1% الى 3% من الوزن الجاف للخلايا البكتيرية وربما الفطريات الشعاعية.