جامعة الأنبار / كلية الزراعة

قسم التربة والموارد المائية – المرحلة الرابعة

أحياء التربة المجهرية محاضرة (2) د. جمال صالح حمود الكبيسي

Soil Microbiology

مجموعة بكتريا التربة Soil Bacteria

هي كائنات حية مجهريه تصنف ضمن الكائنات بدائية النواة وحيدة الخلية. قسم منها تصنع غذائها بنفسها بعملية التركيب الضوئي وقسم منها تحتاج إلى غذاء جاهز، منها ما هو متحرك ومنها ما هو غير متحرك، بعضها هوائية إجبارية أو لاهوائية إجبارية أو لاهوائية إختيارية.

تختلف بالشكل والحجم من كروية لايزيد قطرها عن 2 مايكرون (1 مايكرون = 10^{-3} مليمتر) إلى عصوية قصيرة لايزيد طولها عن المايكرون الواحد إلى عصوية كبيرة قد يصل طولها إلى بضع مايكرومترات. وتوجد في التربة عادة الكروية الصغيرة والعصوية هي السائدة في معظم الترب وأكثرها انتشارا أما الأنواع الحلزونية فغير شائع وجودها في التربة.

تحتوي جميع الترب على بكتريا ذاتية التغذية تحصل على الكاربون من ثاني أوكسيد الكربون والطاقة من ضوء الشمس وأخرى عضوية التغذية، كذلك توجد في التربة بكتريا تلائمها الحرارة العالية وأخرى تلائمها الحرارة المتوسطة وثالثة تلائمها الحرارة المنخفضة كما توجد بكتريا مكونة للسبورات وأخرى غير مكونة لها وتوجد في التربة أيضا بكتريا محللة للسليلوز أو مؤكسدة للكبريت أو مثبتة للنتروجين أو مختزلة للنترات والكبريتات والحديديك.

العوامل المؤثرة في وجود البكتريا في التربة

1- المادة العضوية

معظم بكتريا التربة تصنف بالنسبة لمصدر الكاربون و الطاقة بأنها عضوية متباينة التغذية أي تستعمل المادة العضوية في بناء بروتوبلازم الخلية وان أعداد البكتريا وكتلتها الحية في التربة المعدنية تتناسب طرديا مع محتوى المادة العضوية فالترب الغنية تحوي أعدادا كبيرة من البكتريا ولذلك يلاحظ زيادة أعداد البكتريا في الطبقات السطحية من التربة (منطقة الرايزوسفير) ويعود ذلك إلى كثرة المادة العضوية وكثرة إفرازات الجذور من أحماض امينية ومنظمات نمو وفيتامينات وإفرازات أخرى وبصورة عامة أن أي عملية تزيد من المصدر العضوي في التربة سوف تزيد من أعداد بكتريات التربة

2- العناصر الغذائية

البكتريا كأي كائن حي بحاجة إلى العناصر المعدنية المختلفة إضافة إلى المادة العضوية فهي بحاجة إلى النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والحديد والمولبيدنوم وغيرها. تتأثر أعداد بكتريا التربة تأثرا مباشرا بإضافة الأسمدة المعدنية، وفي بعض الأحيان يكون لإضافة الأسمدة النتروجينية بكثرة تأثير سلبي في بعض الأجناس من البكتريا وذلك بسبب الحموضة التي تنتج من أكسدة الأمونيوم إلى نترات بعملية النترجة أو لتثبيط عمل انزيم النتروجينيز في أجناس بكتريا الرايزوبيا.

3- رطوبة التربة:

تحتاج البكتريا إلى الرطوبة لبناء بروتوبلازم الخلية وللتكاثر والنمو، من ناحية ثانية فإن زيادة الرطوبة تؤثر في أعداد البكتريا إذ توفر ظروفا لاهوائية تساعد على نمو البكتريا اللاهوائية فقط وان أفضل رطوبة ملائمة لنمو البكتريا الهوائية ونشاطها يكون مابين 50 – 70% من السعة التشبعية للتربة أما جفاف التربة فله تأثير سلبي في أعداد البكتريا.

4- درجة الحرارة

تعد درجة الحرارة من العوامل المهمة التي تؤثر في الفعاليات الحيوية ونشاط أنزيمات الخلية ولكل جنس من البكتريا درجة حرارة ملائمة له فإذا ازدادت أو انخفضت عن ذلك فأنها تؤثر في نموه وتكاثره. معظم بكتريا التربة تقع ضمن المدى الحراري المتوسط وأفضل نمو يكون لها ما بين 25 – 35 م ويمكنها أن تنمو في درجة حرارة 15 – 45 م وقسم من البكتريا تفضل درجات الحرارة المرتفعة التي تعطي أفضل نمولها ما بين 45 - 60 م وقسم منها لاتنمو عند درجة حرارة اقل من 40 م.

5- درجة تفاعل التربة

تعد درجة الترب المتعادلة (6.5 – 7.5) هي الملائمة لنمو معظم أنواع البكتريا المعروفة وتبدأ بالنقصان عندما تقل درجة تفاعل التربة عن 5.5 وعند pH 4 يقل عددها بشكل ملحوظ ، وبصورة عامة يمكن القول أن البكتريا تتغلب على الفطريات عددا ووظيفة عند 7 أو أكثر قليلا وتتغلب الفطريات على البكتريا عددا ووظيفة عند اقل من 5

6- العمليات الزراعية

عمليات حراثة التربة لها تأثير مباشر أو غير مباشر في نمو بكتريا التربة وأعدادها،

فهي تحسن تركيب التربة ونفاذيتها وبذلك تساعد على حركة الهواء والماء وتوفر ظروف هوائية تساعد على زيادة أعداد البكتريا الهوائية كما تعمل الحراثة أيضا على قلب بقايا النباتات والأدغال داخل التربة فتوفر مصدرا غذائيا جيدا للبكتريا وبصورة عامة تكون أعداد البكتريا أكثر في التربة المحروثة وكذلك الترب المزروعة.

7- عمق التربة

تتركز البكتريا بشكل كبير في الطبقة السطحية بسبب زيادة المادة العضوية عند سطح التربة، وتقل مع زيادة عمق التربة إضافة إلى قلة الأوكسجين وزيادة ثاني أوكسيد الكربون وفي الترب العضوية تكون أعداد البكتريا كبيرة جدا حتى على عمق 160 سم من السطح.

8- ملوحة التربة

كلما زادت ملوحة التربة كان لها تأثير سلبي على الأحياء المجهرية وبصورة عامة يمكن القول أن البكتريا يمكن أن تتحمل تراكيز عالية من الملوحة.

9- فصول السنة

تزداد أعداد البكتريا في فصلي الربيع والخريف بسبب درجة الحرارة الملائمة ووجود الرطوبة وبقايا المحاصيل التي تقلب في التربة وتصبح فيما بعد غذاءا جاهزا للأحياء المجهرية، على العكس من ذلك ففي فصلي الشتاء والصيف تبقى البكتريا حية ساكنة أو قليلة النشاط لتقاوم فترة البرودة أو الانجماد أو الحرارة العالية.

دراسة بعض الأجناس البكتيرية الهامة الموجودة في التربة

نظرا للتباين الكبير بين أنواع الترب في محتواها المايكروبي فانه لايمكن تعميم جميع الأجناس وا لأنواع على جميع انواع الترب ولكن يمكن فقط أن توفر قدرا كافيا من المعلومات عن انواع البكتيريا التي تنتشر في التربة بصورة عامة. وقد أمكن من فحص مختلف عينات التربة وتم حصر الانواع التالية:

1- جنس **Arthrobacter**

ويمثل هذا الجنس 5 - % 65 من المجموعات البكتيرية، يتواجد هذا الجنس بنسبة عالية نتيجة لمقاومته للظروف القاسية فترة طويلة وله دور مهم في تحليل المخلفات العضوية، اكتشف حديثا بان هذا الجنس له القابلية على تقليل سمية عنصر الكروم Cr الذي يسبب أمراض عديدة للانسان مثل سرطان الرئة وامراض الكلية، إضافة الى تحليل المبيدات الكيميائية في التربة

2- جنس **Bacillus**

ويمثل 7 - 67% من المجموعات البكتيرية، وبكتيريا Bacillus من الأجناس الموجودة بأعداد كبيرة في التربة والتي من السهل تمييزها حيث إنها عصوية،

متجرثمة، هوائية حتما أو إختيارية، وأعدادها في التربة تتراوح بين 10^6 – 10^7 في الغرام الواحد من التربة وقد تزيد على ذلك. تقوم بتكوين endospores (الحوصلة) بإحاطة نفسها بغلاف سميك مكونة ما يسمى بالحوصلة وذلك في الظروف غير الملائمة مثل نقص الغذاء والرطوبة والاوكسجين وعدم ملائمة درجة الحرارة وايضا وجود مواد كيمياوية سامة لها، حيث تعطي الحوصلة فترة زمنية أطول للكائن للبقاء حيا وتساعده على العيش خارج جسم العائل الذي تتطفل عليه حتى تسمح لها الظروف بالعودة إلى جسم العائل فتخرج من الحوصلة، لذلك يمكن أن تتواجد الباسلس في الأراضي الفقيرة بالمواد العضوية في صورة جراثيم تظل ساكنة لعدة سنوات، فإذا ما توافرت لها عناصر غذائية مناسبة فإنها تنبت وتبدأ في النشاط كخلايا خضرية مرة أخرى. من السهل عزل الأنواع التابعة لجنس Bacillus عن طريق تسخين معلق التربة على درجة حرارة 80 م لمدة 10 – 20 دقيقة لقتل الخلايا الخضرية مع بقاء الجراثيم الداخلية حية، ومن خلال التنمية الهوائية يمكن استبعاد الأنواع المتجرثمة الأخرى الشائعة الانتشار والتي تتبع جنس Clostridium.

3- جنس **Clostridium**

توجد في معظم الأراضي الخصبة على الرغم من وفرة O_2 ورغم أنها بكتيريا لا هوائية فعندما تكون التربة تحت الظروف الطبيعية لا كون الظروف فيها هوائية كاملة. فنشاط الميكروبات الهوائية واللاهوائية اختيارية والتي تستهلك O_2 وتنتج بدلا منه CO_2 تعمل على خفض الضغط الجزيئي للأوكسجين إلى الحد الذي يسمح بنمو الأنواع اللاهوائية حتما. وعادة ما يحدث هذا داخل تجمعات حبيبات التربة وأيضا في المناطق السيئة الصرف. وتوجد البكتيريا من جنس Clostridium بأعداد تتراوح من 10^3 – 10^7 في الجرام في التربة المختلفة، وذلك عن طريق التقدير باستخدام طريقة الأطباق، وللحصول على مزارع نقية فإنه يمكن استغلال هاتين الصفتين الفسيولوجيتين لهذا الغرض، وذلك عن طريق تسخين معلق التربة إلى 80 م لمدة 10 دقائق ثم تنمية الجراثيم المتبقية في المعلق ثم تنميتها وإكثارها تحت الظروف اللاهوائية.

4- جنس **Pseudomonas**

ويمثل 2 - % 12 من المجموعات البكتيرية معظمها هوائية وظيفتها اكسدة وتحليل المركبات العضوية، قسم منها لاهوائي اجباري مثل *P. Denitrificans* التي تختزل النترات الى غاز النيتروجين. تفرز كميات كبيرة من الأنزيمات أذ لها القدرة على تحليل السكريات والأحماض العضوية والأمينية والكحولات كما لها القدرة على تحليل المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية كحامض الدباليك humic acid والمبيدات، تعتبر من البكتريا المهمة المذيبة للصخور والمعادن الفوسفاتية والبوتاسية مما يجعل عنصري الفسفور والبوتاسيوم متيسرة للنبات، قسما منها يستخدم النترات كمكتسب نهائي للألكترونات ، أنواعها واسعة الأنتشارفي الطبيعة فيمكن عزلها من التربة والمياه وهنالك أنواع مهمة في التربة وكذلك للأنسان.

5- البكتريا المثبتة للنتروجين Nitrogen fixation bacteria

عملية تثبيت النتروجين هي أختزال نتروجين الجو N_2 الى النترات NO_3^- او الأمونيوم NH_4^+ هذه العملية تسمى N- Fixation. إن 80% من الهواء الجوي هو نتروجين وان كل من النباتات والحيوانات لاتستطيع أستخدامه بهذه الصورة الغازية بل يجب تحويله الى أمونيوم بعملية التثبيت وفقط بدائية النواة هي التي تستطيع ان تستخدمه بصورة غاز بعملية التثبيت.

إن عملية تثبيت النتروجين بحاجة الى طاقة وحوالي 30 مول من ال ATP تستهلك لتثبيت مول واحد من النتروجين،عملية تثبيت النتروجين ضرورية لنمو النبات وتعتمد على أمتلاك البكتريا لأنزيم Nitrogenase الحساس للأوكسيجين، كما تتأثر عملية التثبيت بالمحتوى الرطوبي والرقم الهدروجيني و الحرارة وشروط التغذية.

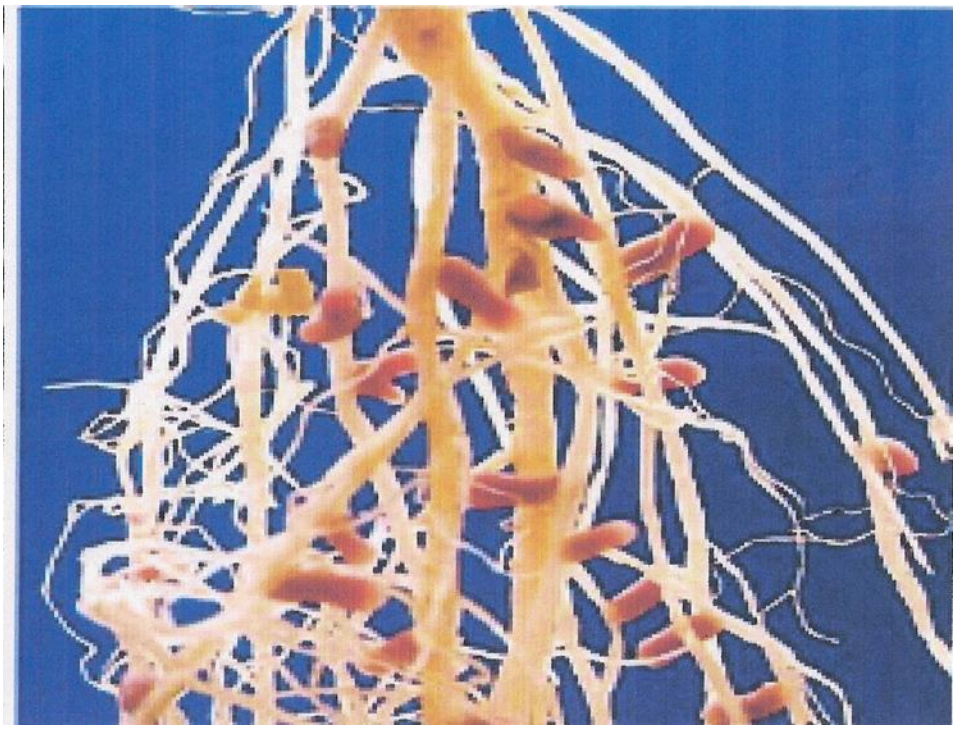
تقسم مجموعة البكتريا المثبتة للنتروجين الى مجموعتين:

أولا- المثبتة للنتروجين تكافليا Symbiotic Nitrogen fixation bacteria

تسمى هذه المجموعة بكتريا العقد الجذرية Rhizobium bacteria لتواجدها في المنطقة الجذرية للنبات المضيف،تصيب العائلة البقولية مثل فول الصويا والباقلاء والعدس ،تضم هذه المجموعة جنسين مهمين:

1- Rhizobium يمتاز بسرعة تكاثره

2- Bradyrhizobium يمتاز ببطئ تكاثره



صورة توضح العقد الجذرية في أحد المباتات البقولية

ثانيا- البكتريا المثبتة للنتروجين لاتكافليا Non Symbiotic Nitrogen fixation bacteria

تعيش هذه المجموعة بشكل حر في التربة أي غير متطفلة على النباتات وعليه توصف عملية التثبيت بالحرة، تضم هذه المجموعة جنسين مهمين:

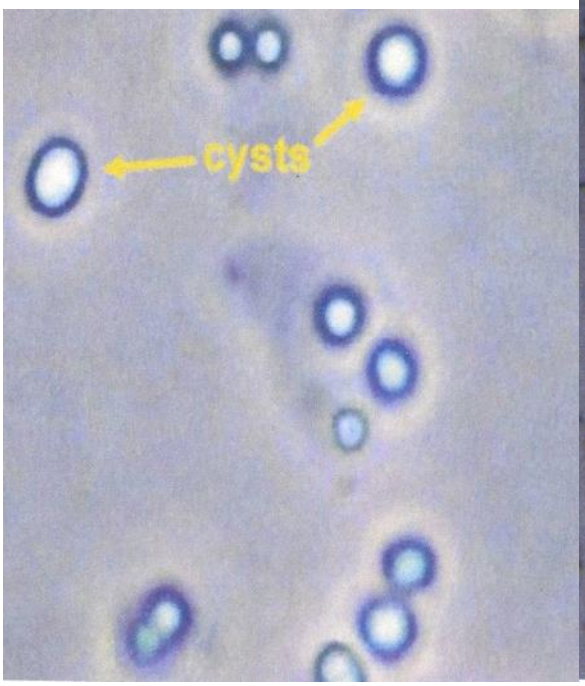
- Azotobacter

متحركة، هوائية، متغايرة التغذية العضوية، تكون حوصلة cyst حول الخلية ، لاتحتاج عوامل نموولكن تحتاج الى عنصر مولبدينوم Molybdenum (Mo) لكونه جزء من أنزيم النتروجينيز، تنتشر هذه البكتريا في الترب العراقية وخصوصا في الترب المتعادلة او القاعدية الخفيفة كما تتواجد في منطقة الرايزوسفير ويمكن عزلها من المياه

- Azospirillum

بكتريا حلزونية، متحركة بسوط قطبي، متغايرة التغذية الكيميائية، تثبت النتروجين في ظروف قليلة التهوية، تتواجد في منطقة الرايزوسفير وبالتحديد سطح الجذر rhizoplan وفي أنسجة الجذرEndorhizosphere وخصوصا للنباتات المهمة أقتصاديا كالحنطة والرزو الذرة .

ومن أهم الأنواع المكتشفة في الترب العراقية A.irakense



Azotobacter

Azospirillum

سؤال / لماذا تقوم بعض الأجناس بتثبيت N2 تكافليا في حين يقوم البعض الآخر من الأجناس بالتثبيت لاتكافليا؟

1. Nutreints&growth facters المتطلبات التغذوية وعوامل النمو

2. تهيئ النباتات ظروف لا هوائية لعمل الأنزيم النتروجينيز

سؤال/ لماذا تقوم هذه المجموعة عموما بتثبيت النتروجين ؟ او ماهي أهمية العملية للكائن المجهري ؟

تحويل النتروجين الجوي(N_2) الى الشكل الذي يؤهله للدخول في العمليات الحيوية

6- بكتريا النترجة Nitrifying bacteria

هي عملية أكسدة والغرض منها الحصول على الطاقة ،أن هذه المجموعة هي ذاتية التغذية الكيميائية أي تستخدم CO2 كمصدر وحيد للكاربون ،تضم هذه المجموعة:

أ- البكتريا التي تؤكسد ايونات الامونيوم إلى ايونات النتريت للحصول على الطاقة مثل جنس Nitrosomonas كما في المعادلة الآتية:

NH4 + 11/2O2 --------- NO2 + 2H+ + H2O + 66 cal.

ب- البكتريا التي تؤكسد ايونات النتريت إلى ايونات النترات للحصول على الطاقة مثل جنسNitrobacter كما في المعادلة الآتية:

NO_2^- + 1/2O2 ---------- $NO3^-$ + 17.2 cal.

7- البكتريا المؤكسدة للكبريت الأرجوانية Purple Sulfur oxidizing bacteria

هذه البكتريا لاتستخدم الماء كواهب للهيدروجين مثل الذي يحصل في النباتات الخضراء والطحالب والبكتريا الخضراء المزرقة ولكن تنجز عملية التركيب الضوئي بأستخدام واهبات للألكترونات آخرى مثل H_2S ، H_2 أو مركبات عضوية.

كما أن هذه البكتريا لاتنتج الأوكسيجين خلال عملية التركيب الضوئي ،ولاتحوي كلوروفيل بل تحتوي على كاروتينويد(أشباه الكاروتين) carotenoids او الكلوروفيل البكتيري bacteriochlorophylls ، وهي ذاتية التغذية الضوئية(مصدر الطاقة الضوء ومصدر الكاربون ثاني اوكسيد الكاربون).

تضم هذه المجموعة عائلتين:

1. Chromataceae والجنس الشائع Chromatium ترسب عنصر الكبريت داخل الخلية
2. Ectothiorhodospiraceae والجنس الشائع Ectothiorhodospira ترسب عنصر الكبريت خارج الخلية .

8- جنس Agrobacterium

ويمثل اقل من 20% من المجموعات البكتيرية معضمها يكون مثبت للنتروجين بصورة حرة في التربة.

9- جنس Alcaligenes

ويمثل 2 - % 12 من المجموعات البكتيرية تعيش رمية معتمدة على تحليل المخلفات العضوية.

10- جنس **Flavobacterium**

ويمثل 2 - % 10 من المجموعات البكتيرية تعيش رمية ايضا معتمدة على تحليل المخلفات العضوية.

11-الأجناس Micrococcus و Staphylococcus و Xanthomonas

و Corynebacterium, Sarcina , Mycobacterium

وتمثل أقل من 2% من المجاميع البكتيرية في التربة.

12- توجد ايضا البكتريا اللاهوائية في معظم الترب بعضها ينمو بعدم وجود الاوكسجين واخرى يمكنها النمو بوجود الأوكسجين او بعدمه، وعندما تجهز العناصر الغذائية الملائمة لبعض مجاميع بكتريا التربة اللاهوائية لها أهمية خاصة في الزراعة مثل التي تثبت النتروجين الجوي والمحلله للسيليلوز والمكونة للميثان التي تختزل الكبريت الى كبريتيد او النترات الى غازات النتروجين