علم الأحياء المجهرية في التربة والمياه
Soil and Aquatic Microbiology

خامساً: بكتيريا التربة Soil Bacteria:

تمتاز البكتيريا بصغر حجمها فنادر ا ما يتجاوز طولها عدة مايكرومترات كما أنها تمتاز بسرعة تكاثرها وقدرتها الفائقة على تحليل أنواع كثيرة من المواد الطبيعية، ولغرض تسهيل دراسة البكتيريا جرت عدة محاولات لتقسيمها إلى مجاميع حيث تقسم بكتيريا التربة إلى مجموعتين رئيسيتين **(A). إستناداً إلى الموطن** وهما:

أ- بكتيريا مستوطنة Autochthonous Bacteria:

تضم البكتيريا التي يكون موطنها الأصلي هو التربة وعادة تستطيع النمو والتكاثر في التربة.

ب - بكتيريا دخيلة Allochthonous Bacteria:

هو ذلك النوع من البكتيريا الذي يصل التربة عن طريق مياه الأمطار وعند إضافة المخصبات العضوية أو عند تلوث التربة بمياه المجاري .وهذا النوع من البكتيريا يبقى حي ا لفترة من الزمن وعادة يكون في حالة سكون، لذلك فهي لاتقوم بدور فعال في التحولات الكيميائية الحياتية في التربة.

B(. التصنيف إعتماد اً على الحاجة إلى الأوكسجين:

أ- بكتيريا هوائية Aerobic Bacteria:

وهي بكتيريا لاتستطيع النمو إلا بوجود الأوكسجين، ومن الأجناس الهوائية السائدة في التربة *Nitrobacter* و *Thiobacillus* و *Nitrosomonas*.

ب- بكتيريا لاهوا Anaerobic Bacteria: -ب

وهي بكتيريا تنمو فقط بغياب الأوكسجين حيث تستطيع إختزال المركبات النتروجنية أو الكبريتية وذلك للحصول على الطاقة اللازمة لها في عملياتها الحيوية فمثلا تستطيع بكتيريا *Pseudomonas denitrificans* إختزال النترات إلى أمونيا وثاني أوكسيد النتروز، في حين تستطيع بكتيريا *Pseudomonas desulfuricans* إختزال الكبريتات إلى كبريتيت.

ج- بكتيريا لاهوائية إختيا Facultative Anaerobic Bacteria: -ج

وهي بكتيريا تستطيع النمو والحصول على الطاقة بوجود وبغياب الأوكسجين ويكون نموها عادة أكثر في الظروف الهوائية، ومن أمثلتها بعض الأنواع التابعة لأجناس *Bacillus* و *Pseudomonas*.

C(. التقسيم المعتمد على المتطلبات الحرارية:

الحرارة عامل أساسي يتحكم في العمليات الحيوية للبكتيريا ولكل نوع من البكتيريا درجة حرارة مثلى Optimum temperature ، كما أن لها مدى حراري معين تستطيع النمو ضمنه حيث يتوقف النشاط الحيوي للبكتيريا خارج هذا النطاق، وبصورة عامة يمكن تقسيم البكتيريا إلى ثلاث مجاميع رئيسية إعتماد ا على متطلباتها الحرارية:

1- البكتيريا المحبة للحرارة المعتدلة Mesophilic Bacteria:

وتضم أغلب أنواع البكتيريا وعادة تكون درجة الحرارة المثلى 25- 35 مئوي، أما مدى النمو فيكون بين 15-45 مئوي.

2- البكتيريا المحبة للبرودة Psychrophilic Bacteria:

وهذه الأنواع من البكتيريا تنمو بشكل جيد في درجات الحرارة التي تقل عن 20 درجة مئوية وهي غير شائعة الوجود في التربة، ويرجع نشاط بكتيريا التربة في فصل الشتاء بالدرجة الأساسية للأنواع المتحملة للبرودة وليس للأنواع المحبة للبرودة.

3- البكتيريا المحبة للحرارة العالية Thermophilic Bacteria:

هذه الأنواع من البكتيريا تنمو بشكل جيد ضمن درجة حرارة 45 - 65 مئوي وبعض الأنواع تستطيع العيش في درجات حرارة تتراوح بين 40 - 80 مئوي.

D). تقسيم البكتيريا حسب مصدر الطاقة والكاربون:

على هذا الأساس يمكن تقسيم بكتيريا التربة إلى:

1- بكتيريا ذاتية التغذية ضوئية Photoautotrophic Bacteria:

هذه الأنواع من البكتيريا بإمكانها الإستفادة من غاز CO_2 كمصدر للكاربون والضوء كمصدر للطاقة ومثال على هذه البكتيريا هو البكتيريا الخضراء Green Bacteria وهذا النوع شائع في الطحالب.

2- بكتيريا ذاتية التغذية كيميائية Chemoautotrophic Bacteria:

هذه الأنواع من البكتيريا تستعمل غاز CO_2 مصدر ا للكاربون ،وتحصل على الطاقة عن طريق أكسدة المركبات المعدنية، ومن الأمثلة على ذلك بكتيريا *Nitrosomonas* التي تستطيع أكسدة الأمونيوم إلى نتريت وبذلك تحصل على الطاقة.

3- بكتيريا متغايرة التغذية الكيميائية Chemoheterotrophic Bacteria:

وهي بكتيريا تستخدم المركبات العضوية كمصدر للكاربون والطاقة في آ ن واحد، مثال على ذلك بكتيريا الـ *Rhizobium* المثبتة للنتروجين تعايشي ا وبكتيريا الـ *Azotobacter* المثبتة للنتروجين لاتعايشي ا .

E). التقسيم المعتمد على الأسس التصنيفية (تصنيف بيرجي Bergy's Manual):

يعتمد هذا التصنيف على أساس جمع البكتيريا المتشابهة في الصفات إعتماد ا على الفحوصات الكيموحيوية والجينية في مجاميع خاصة، وحسب هذا التصنيف فإن أعلى مستوى تصنيفي يطلق عليه Domain. ويبين الجدول التالي المستويات أو السلاسل التصنيفية للبكتيريا:

المستويات)السلاسل التصنيفية(Taxonomic Ranks

Domain	البكتيريا
Phylum	شعبة
Class	صنف
Order	رتبة
Family	عائلة
Genus	جنس

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

Species	نوع
Subspecies	تحت النوع

ومن أشهر رتب بكتيريا التربة Eubacteriales ورتبة Pseudomondales ورتبة Actinomycetales.

طرق عد بكتيريا التربة Bacterial Counting Methods:

توجد عدة طرق لعد بكتيريا التربة ولكل من هذه الطرق محاسنه ومآخذه، ولحد الآن لاتوجد طريقة واحدة يمكن إعتمادها لحساب الأعداد الحقيقية لبكتيريا التربة، ومن أشهر هذه الطرق:

1- طريقة العد المباشر Direct Count:

وتتم باستخدام شريحة عد كريات الدم Hemocytometer ، وتتلخص هذه الطريقة بإجراء سلسلة من التخافيف ثم يؤخذ حجم معين هو 01.0 مل ويفرش على الشريحة الزجاجية ثم يتم حساب أعداد البكتيريا تحت المجهر، وتمتاز هذه الطريقة بسهولتها ولكن من المآخذ عليها أنها تعطي أعداد ا أكبر بكثير من العدد الحقيقي للخلايا البكتيرية الموجودة في التربة وذلك لصعوبة التفريق تحت عدسة المجهر بين البكتيريا الحية والبكتيريا الميتة كذلك صعوبة التمييز بين البكتيريا وحبيبات الطين أو المادة العضوية.

2- طريقة العد بالأطباق Plate Count Technique:

تتلخص هذه الطريقة بإجراء تخافيف من عينة التربة، ثم بعد ذلك يتم تلقيح أوساط زرعية مناسبة بحجم معين)1(مل مثلا من تلك التخافيف في أطباق بتري وتحضن فترة من الزمن ثم يتم حساب عدد المستعمرات النامية.

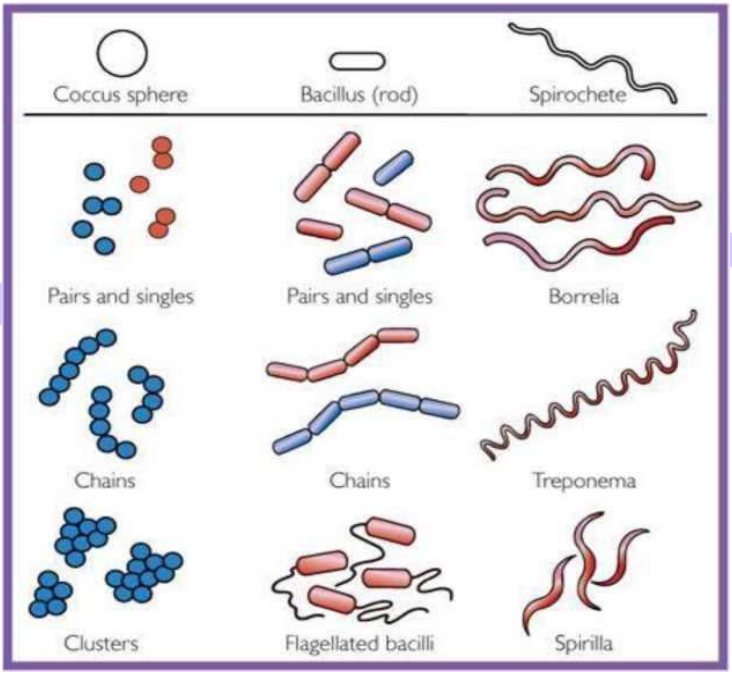
3- طريقة العدد الأكثر إحتمالاً Most Probable Number Technique:

وتستخدم لعد بعض أنواع البكتيريا ومنها الطحالب الخضر المزرقة باستخدام أنابيب إختبار حاوية على وسط زرعي ثم تطبق نتائج الفحص على جداول خاصة لإستخراج العدد الكلي للبكتيريا.

أهم الأجناس البكتيرية الشائعة في التربة:

تمتاز الترب بصورة عامة بمحتواها العالي من البكتيريا، كما تتباين تلك الترب في أعداد وأجناس البكتيريا السائدة فيها وهذا التباين لايقتصر على الترب المختلفة وإنما هذا الإختلاف يظهر بوضوح شديد لنفس التربة، فمثلا تزداد أعداد البكتيريا بشكل كبير في منطقة الرايزوسفير وتنخفض بشكل كبير كلما أخذت عينات التربة من مناطق بعيدة عن الرايزوسفير، كذلك تختلف أعداد البكتيريا مع إختلاف عمق التربة، كما أن طبيعة وكثافة النباتات السائدة تلعب دور ا في سيادة أجناس وأنواع معينة من البكتيريا، إضافة إلى أن جميع العوامل البيئية تؤثر هي الأخرى في أعداد وأنواع البكتيريا السائدة في التربة ،كما أن الدراسات العديدة التي أ جريت على مختلف أنواع الترب وتحت ظروف بيئية مختلفة بينت وجود سيادة لبعض الأجناس البكتيرية والتي تستطيع النمو على الأوساط الزرعية على العكس من البعض الآخر الذي لايستطيع تحمل هذه الظروف، ويشير الشكل التالي إلى أشكال وصور تجمعات الخلايا البكتيرية:

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



بعض العوامل المؤثرة على النمو وتكاثر بكتيريا التربة:

1- المادة العضوية:

معظم بكتيريا التربة وجميع الأكتينومايسيتات تصنف كأحياء متباينة التغذية كيميائية، أي تستطيع إستخدام المادة العضوية كمصدر للطاقة والكاربون لبناء بروتوبلازم خلاياها ، لذلك فان جميع الدراسات التي أجريت على بكتيريا التربة أوضحت أن إرتفاع نسبة المادة العضوية في الترب المعدنية ينعكس على زيادة تنوع بكتيريا التربة من جهة وزيادة أعدادها من جهة أخرى بشرط ملائمة العوامل البيئية الأخرى، فعند إضافة مواد عضوية كمخلفات حيوانية أو نباتية سرعان ما تزداد أعداد البكتيريا والفطريات أولا في المراحل الأولى من تحلل المادة العضوية في حين تزداد أعداد الأكتينومايسيتات في المراحل النهائية من تحلل المادة العضوية وذلك بسبب ضعف قدرة الأكتينومايسيتات على المنافسة في المراحل الأولى أما في المراحل الأخيرة فتنخفض قدرة البكتيريا والفطريات على تحليل المركبات العضوية صعبة التحلل مثل البكتين والكايتين .وتزداد أعداد بكتيريا التربة في الطبقة السطحية للتربة مقارنة بالطبقات السفلى، إن سبب زيادة أعداد البكتيريا في الطبقة السطحية للتربة يعود إلى إرتفاع نسبة المادة العضوية بالدرجة الأساسية في تلك الطبقة مقارنة بالطبقات التي تحتها بالإضافة إلى إفرازات الجذور النامية من منظمات نمو وفيتامينات وأحماض أمينية.

2- العناصر الغذائية:

تعتبر العناصر الغذائية مثل النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والكبريت والحديد.... مهمة جدا لبقاء ونمو وتكاثر البكتيريا، فبعض هذه العناصر أساسي في تكوين الأحماض الأمينية والنووية وسايتوبلازم البكتيريا وبعضها الآخر مهم في تكوين جدار الخلايا ،كما يدخل البعض الآخر في السيطرة على الفعاليات الحيوية للخلايا البكتيرية، لذلك فإن زيادة أو نقصان أي من هذه العناصر الغذائية ينعكس سلبا أو إيجابا على نمو وتكاثر البكتيريا، ولقد وجد من خلال التجارب أن إضافة الأسمدة الكيميائية يؤثر تأثيرا مباشرا على بكتيريا التربة.

3- رطوبة التربة:

UNIVERSITY OF ANBAR
1987 - 1408

تتأثر بكتيريا التربة تأثر ا كبير ا برطوبة التربة، فإرتفاع رطوبة التربة بفعل الأمطار أو السقي وحالات بقاء نسبة الرطوبة مرتفعة لفترة طويلة فإن ذلك يعتبر عام لا محددا لنمو البكتيريا الهوائية، في حين يكون عاملا مشجعا لنمو البكتيريا اللاهوائية، ولقد وجد أن أنسب رطوبة ملائمة لنمو البكتيريا هي عندما تكون رطوبة التربة بحدود 50 - 70% من السعة المائية القصوى للتربة، أما بالنسبة للأكتينومايسيتات فإنها لايمكن أن تنمو عند وصول نسبة الرطوبة إلى 85 – 100% من السعة المائية القصوى للتربة لأنها في الغالب هوائية، في حين أنها تتحمل الجفاف بشكل جيد فهي تستطيع أن تتحمل جفاف كبير، حيث تصل نسبتها إلى 90 % من البكتيريا الحية في المناطق الصحراوية.

4- الحرارة:

الحرارة من العوامل المهمة التي تؤثر على نمو وتكاثر البكتيريا في التربة والسبب يعود إلى أن الفعاليات الحيوية والنشاطات الأنزيمية للبكتيريا سوف تتأثر بدرجة حرارة التربة وتشير الدراسات إلى أن معظم بكتيريا التربة من النوع المحب للحرارة المعتدلة، وأحسن نمو لها يكون ضمن 25 - 53 مئوي، أما المدى الحراري لها فهو بين 15 - 45 درجة مئوية.

5- pH التربة:

تعتبر البكتيريا بصورة عامة محبة للـ pH المتعادل، حيث عند pH قريب من 7 يكون نمو معظم مجاميع البكتيريا في أقصاه، وتزداد أعدادها بشكل كبير مقارن ة بالفطريات عند ثبوت بقية العوامل البيئية الأخرى، لقد وجد أن إرتفاع حموضة االتربة) إنخفاض pH التربة(إلى 5.5 يؤدي إلى إنخفاض أعداد بكتيريا التربة، في حين تبدأ أعداد الفطريات بالزيادة ،وعند إنخفاضه إلى 4 فإن أعداد البكتيريا تنخفض بشكل حاد جد ا كذلك تنخفض أعداد الأكتينومايسيتات، لقد وجد أن إضافة الكلس)كاربونات الكالسيوم(إلى الترب الحامضية ينعكس على زيادة أعداد البكتيريا، أما في حالة إرتفاع pH التربة باتجاه القلوية فقد أشارت الدراسات إلى إنخفاض نسبة الفطريات بشكل كبير جد ا وكذلك تنخفض أعداد االبكتيريا أيضا ، في حين تزداد نسبة الاكتينومايسيتات لتصل في بعض الأحيان الى 95 من مجموع الأحياء الدقيقة في التربة.

6- العمليات الزراعية:

يقصد بالعمليات الزراعية عمليات الحراثة والتنعيم والري وغيرها من العمليات الزراعية الأخرى، وتؤثر هذه العمليات بشكل مباشر وغير مباشر من خلال تأثيرها في تهوية ورطوبة التربة وتوزيع وجاهزية العناصر الغذائية ودرجة تحلل المادة العضوية، وبصورة عامة بينت الدراسات حصول زيادة في أعداد البكتيريا في الترب المزروعة مقارنة بالترب البكر.

7- عمق التربة:

يزداد عدد ونشاط البكتيريا بصورة عامة في الطبقات القريبة من سطح التربة سواء ا في الترب المزروعة أو الترب البكر، وفي ترب البساتين والغابات والحشائش تكون أعداد البكتيريا في أقصاها في مناطق إنتشار الجذور وتبدأ أعداد البكتيريا بالإنخفاض بشكل كبير مع زيادة عمق التربة ،وقد لوحظ إنتشار كثيف للبكتيريا في بعض الترب ولأعماق تزيد عن 160 سم كما هو الحال في الترب العضوية، وبصورة عامة فان أقصى نشاط للبكتيريا يكون إلى عمق 15 سم الأولى من سطح التربة ويبدأ بالتناقص مع زيادة عمق التربة. وما يقال عن البكتيريا ينطبق على الأكتينومايسيتات، حيث تنخفض أعدادها مع زيادة عمق التربة، علم ا أن نسبة الأكتينومايسيتات إلى بقية الأحياء الدقيقة ومنها البكتيريا تزداد وقد فسر ذلك أساس إنتقال بعض الكونيدات مع مياه الري نحو الأسفل.

8- ملوحة التربة:

UNIVERSITY OF ANBAR

بصورة عامة فإن إرتفاع ملوحة التربة يؤدي إلى إنخفاض نشاط الأحياء الدقيقة في التربة ومنها البكتيريا، علم ا بأن بعض مجاميع البكتيريا تستطيع النمو والتكاثر في ملوحة عالية نسبيا ، كما توجد بعض أنواع البكتيريا تصنف كبكتيريا محبة للملوحة Halophiles، أما بالنسبة للأكتينومايسيتات فإن أعدادها ونشاطها يمكن أن يتغلب على البكتيريا الأخرى عند زيادة ملوحة التربة.

9- فصول السنة:

تزداد أعداد البكتيريا بشكل ملحوظ في فصلي الربيع والخريف بسبب الحرارة والرطوبة الملائمة إضافة إلى توفير بقايا المحاصيل والنباتات، في حين تنخفض أعداد البكتيريا ويقل نشاطها خلال فصلي الصيف والشتاء.

ومعظم أنواع البكتيريا تصبح ساكنة تقريب ا خلال فصلي الصيف والشتاء.

سادساً: الفيروسات:

نادر ا ما تعيش الفيروسات حية خارج خلايا العائل، إلا أن بعض الأنواع قد تبقى في:

- مخلفات النبات المصاب مثل فيروس تبرقش التبغ (TMV) Tobacco mosaic virus.
- بعض الأنواع قد تبقى في جراثيم الفطر الناقل لها كالجراثيم السابحة - الهدبية- zoospores للفطر *Polymyxa graminis* مثل فيروس تبرقش القمح.
- البعض ينتقل ببعض أجناس النيماتودا مثل *Xiphinema, Longidorus, Trichodorus* التي تعيش في التربة كفيروس الورقة المروحية في العنب.

سابعاً: النيماتودا:

هي حيوانات لافقارية أ سطوانية دودية الشكل. وهي واسعة الإنتشار ومنها ما يصيب النبات ويسبب له أضرار ا وخسائر إقتصادية جسيمة، غالبية الأجناس التي تصيب النبات تعيش في الترب بمختلف أنواعها.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR