5-البكتيريا Bacteria

تعتبر البكتيريا أكثر المجموعات الميكروبية وجوداً في التربة سواء من ناحية الإعداد أم عدد الأجناس والأنواع والنشاط كما تعتبر أكثرها أهمية في التغيرات الحيوية التي تحدث في التربة خاصة الترب المتعادلة والمائلة قليلاً للقلوية. ومن ناحية إعداد البكتيريا في التربة فإن أعدادها تختلف كثيراً في التربة الواحدة حسب الطريقة المستخدمة في تقدير الإعداد، كما أن طريقة أخذ العينات والأعماق التي تؤخذ منها وأيضاً وقت أخذ العينات يؤثر كثيراً فى التقديرات الميكروبية لإعداد ونشاط بكتيريا التربة ونظراً لصعوبة الحصول على صورة متكاملة للعلاقات والأنشطة المختلفة لبكتيريا التربة فلقد تعددت طرق الدراسة وتنوعت لتناسب الأغراض المختلفة **وقد تتم الدراسات كالتالي**:

أ- طرق تقوم بدراسة إعداد وأنواع ميكروبات التربة بصفة عامة مثل دراسة معدل تحلل المواد العضوية أو معدل تنفس الميكروب أو قياس النشاط الإنزيمي في التربة.

ب-طرق تقوم بدراسة أعداد وأنواع ميكروبات التربة ومنها طرق ميكروسكوبية مباشرة وطرق مزرعية غير مباشرة ويمكن بالطرق المزرعية دراسة الأعداد الكلية للمجموعات الميكروبية أو يمكن دراسة المجموعات الفسيولوجية المتخصصة في التربة وذلك باستخدام بيئات غذائية مختلفة.

جـ- طرق تعتمد على دراسة قدرة الميكروبات على إحداث تغيرات محددة مثل معدل المعدنة أو القدرة على تثبيت النتروجين الجوي وغيرها. أعداد البكتيريا وتوزيعها في الأراضي: تختلف أعداد البكتيريا كثيراً فى التربة الواحدة حسب الطريقة المستخدمة في التقدير، وعادة فإن الطرق الميكروسكوبية تعطي أعداداً أعلى بكثير من الطرق المزرعية، وذلك لعدة أسباب منها أن الطرق الميكروسكوبية عادة لا تميز بين الميكروبات الحية والميتة مما يعطي أعداداً أكبر من الواقع بينما الطرق المزرعية تعطي أعداداً أقل من الواقع بكثير وذلك لعدد من الأسباب من أهمها أنه من المستحيل في المعمل تحضير بيئة غذائية تعطي كل الاحتياجات الغذائية لجميع الأنواع الموجودة في التربة فهذه الميكروبات تختلف كثيراً فى احتياجاتها الغذائية فمنها ما يستطيع النمو على بيئات غذائية بسيطة ومنها ما له احتياجات غذائية شديدة التعقيد يصعب توفيرها، كما أن ظروف التحصين وظروف البيئة لا توفر أنسب الظروف لكل الميكروبات التي تعيش فى التربة، لذلك لا ينمو فى الدراسات المزرعية إلا الأنواع التى يناسبها الظروف المستخدمة في الدراسة كذلك الطرق الميكروسكوبية عادة تتميز عن الطرق المزرعية في أنها تعطي صورة أكثر وضوحاً لتوزيع البكتيريا في التربة خصوصاً إذا استخدمت في موقعها In vivo. وقد أوضحت الدراسات أن البكتيريا لا تتوزع بانتظام فى كتلة

التربة ولكنها عادة ما تتركز بأعداد كبيرة مكونة مستعمرات حول الحبيبات الصغيرة وإن تركيز البكتيريا يكون أكثر حول الحبيبات العضوية عن الحبيبات المعدنية. كما وجد أن في وجود جذور النباتات فإن البكتيريا تتركز بشدة حول الشعيرات الجذرية وسطوح الجذور. ومن الطرق الميكروسكوبية المباشرة ذات القيمة الكبيرة فى دراسة توزيع بكتيريا الأراضي تحت تأثير عوامل مختلفة **طريقة الشريحة المدفونة Cholodny Buried Slide Technique** والطرق المعدلة عنه وتعتمد هذه الطريقة على دفن شرائح زجاجية نظيفة في الجزء من التربة المراد دراستها وتركها لمدة محددة ثم سحبها ودراسة المجموعات الميكروبية عليها ميكروسكوبياً. وقد أظهرت الدراسات الميكروسكوبية المباشرة أن الأراضي الخصبة تحتوى على أعداد تصل الى (**10^9 cell\gm**) وتعتبر هذه الأعداد كبيرة جداً إذا ما قورنت بالنتائج التى تحصل عليها بالطرق المزرعية مثل العد بالأطباق Plate Count، وعند استخدام طريقة العد بالأطباق Plate Count تختلف النتائج المتحصل عليها حسب نوع الوسط الغذائى المستخدم وحسب الظروف المزرعية، لذلك فمن المهم أن يذكر فى مثل هذه الدراسات نوع البيئة الغذائية المستخدمة وتركيبها وظروف التحضين ومدته حتى يسهل مقارنته بالطرق الأخرى وعادة ما يستعمل مستخلص التربة في البيئات المستخدمة في تقدير العدد الكلي للبكتيريا نظراً لما يحويه من أملاح معدنية ومواد عضوية تشجع نمو الميكروبات – وهناك طرق مزرعية تستخدم فيها بيئات أو اوساط غذائية أختيارية Selective Media وهذه تفيد في دراسة مجموعات البكتيريا المتخصصة فسيولوجياً. وعموماً فإن إعداد البكتيريا المقدرة بطريقة الأطباق عادة ما تتراوح بين بضعة ملايين ومئات الملايين في كل جرام من التربة الخصبة وأن الاختلافات تمثل انعكاساً لخواص التربة والعوامل البيئية السائدة في هذه التربة والأعداد المتحصل عليها بالطرق المزرعية أقل من الواقع وقد بينت بعض الدراسات أنها لا تعطي أكثر من 10% من الميكروبات الموجودة في التربة وعند حساب أعداد الميكروبات في التربة فإنها تنسب الى التربة الجافة وذلك لتسهيل المقارنة.

ولغرض تسهيل دراسة البكتريا جرت عدة محاولات لتقسيمها الى مجاميع ومن هذه التقسيمات

أولاً: التقسيم المقترح من قبل العالم الروسي Winogradsky حيث إقترح تقسيم بكتريا التربة الى مجموعتين رئيسيتين هما:

أ- بكتريا مستوطنة Autochthonous Bacteria :

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

ب- بكتريا دخيلة Allochthonous Bacteria :

هذا النوع من البكتريا يصل التربة عن طريق مياه الأمطار وعند إضافة المخصبات العضوية أو عند تلوث التربة بمياه المجاري. هذا النوع من البكتريا يبقى حياً لفترة من الزمن وعادة يكون في حالة سكون ، لذلك فهي لاتقوم بدور فعال في التحولات الكيميائية الحياتية في التربة.

ثانياً : التصنيف المعتمد على الحاجة الى الأوكسجين

أ- بكتريا هوائية Aerobes Bacteria :

وهي بكتريا لاتستطيع النمو الا بوجود الأوكسجين ومن الأجناس الهوائية السائدة في التربة *Nitrobacter* و *Thiobacillus* و *Nitrosomonas* .

ب- بكتريا لاهوائية Anaerobes Bacteria :

وهي بكتريا تنمو فقط في غياب الأوكسجين حيث تستطيع إختزال المركبات النيتروجينية أو الكبريتية وذلك للحصول على الطاقة اللازمة لها في عملياتها الحيوية فمثلاً تستطيع بكتريا *Pseudomonas denitrificans* إختزال النترات الى أمونيا وثاني أوكسيد النيتروز في حين تستطيع بكتريا *Pseudomonas desulfuricans* إختزال الكبريتات الى كبريتيت .

ج- بكتريا لاهوائية إختيارية Facultative Anaerobes Bacteria :

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

ثالثاً التقسيم المعتمد على المتطلبات الحرارية :

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

1- البكتريا المحبة للحرارة المعتدلة Mesophiles Bacteria :

وتضم أغلب أنواع البكتريا وعادة تكون درجة الحرارة المثلى 25- 35 م° أما مدى النمو فيكون بين 15- 45 م° .

2- البكتريا المحبة للبرودة Psychrophiles Bacteria :

وهذه الأنواع من البكتريا تنمو بشكل جيد في درجات الحرارة التي تقل عن 20 م° وهي غير شائعة الوجود في التربة ويرجع نشاط بكتريا التربة في فصل الشتاء بالدرجة الأساسية للأنواع المتحملة للبرودة وليس للأنواع المحبة للبرودة .

3- البكتريا المحبة للحرارة العالية Thermophiles Bacteria :

هذه الأنواع من البكتريا تنمو بشكل جيد ضمن درجة حرارة 45 – 65 م° وبعض الأنواع تستطيع العيش في درجات حرارة تتراوح بين 40 – 80 م° .

رابعاً : تقسيم البكتريا حسب مصدر الطاقة والكاربون :

على هذا الأساس يمكن تقسيم بكتريا التربة الى :

1- بكتريا ذاتية التغذية ضوئية Photoautotrophic Bacteria :

هذه الأنواع من البكتريا بامكانها الاستفادة من غاز Co_2 كمصدر للكاربون و الضوء مصدر للطاقة ومثال على هذه البكتريا البكتريا الخضراء green bacteria هذا النوع شائع في الطحالب .

2- بكتريا ذاتية التغذية كيميائية Chemoautotrophic Bacteria :

هذه الأنواع من البكتريا تستعمل CO_2 مصدراً للكاربون ، أما الطاقة فتحصل عليها عن طريق أكسدة المركبات المعدنية

- ✓ ومن الأمثلة على ذلك بكتريا *Nitrosomonas* التي تستطيع أكسدة الأمونيوم الى نتريت وبذلك تحصل على الطاقة .

$$NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 66\ cal .$$

- ✓ البكتريا المسؤولة عن أكسدة النتريت الى نترات للحصول على الطاقة ومنها بكتريا *Nitrobacter* كما في المعادلة .

$$NO_2^- + 1/2\ O_2 \longrightarrow NO_3^- + 17.5\ cal .$$

- ✓ البكتريا التي تؤكسد مركبات الكبريت الى كبريتات مثل *Thiobacillus*

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

- ✓ البكتريا المؤكسدة للحديدوز الى حديديك مثل *Ferrobacillus* .

$$Fe^{++} \longrightarrow Fe^{+++} + energy$$

3- بكتريا متغايرة التغذية الكيميائية Chemoheterotrophic Bacteria :

وهي بكتريا تستخدم المركبات العضوية كمصدر للكاربون والطاقة في آن واحد ، مثال على ذلك بكتريا *Rhizobium* المثبتة للنتروجين تعايشياً وبكتريا *Azotobacter* المثبتة للنتروجين لا تعايشياً.

خامساً : التقسيم المعتمد على الأسس التصنيفية : منها (تصنيف بيرجي) Bergy's Manual

يعتمد هذا التصنيف على أساس جمع البكتريا المتشابهة في الصفات إعتماداً على الفحوصات الكيموحيوية والجينية في مجاميع خاصة وحسب هذا التصنف فان أعلى مستوى تصنيفي يطلق عليه Domain

Taxonomic ranks (السلاسل التصنيفية) المستويات

Domain	***Bacteria***
Phylum	**شعبة**
Class	**صنف**
Order	**رتبة**
Family	**عائلة**
Genus	**جنس**
Species	**نوع**
Subspecies	**تحت النوع**

من الممكن تقسيم التربة على أساس الأشكال المورفولوجية وذلك عن طريق فحص شرائح مصبوغة يجرى تجهيزها من المجموعات البكتيرية النامية على سطح منابت الأجار المغذي السابق تلقيحه بتخفيفات من معلق التربة. وباستخدام هذه الطريقة يمكن ملاحظة البكتيريا العصوية غير مكونة للسبورات ذات الأحجام المختلفة والعصويات المكونة للسبورات والبكتيريا الكروية والعصوية القصيرة التى تتحول بالوقت الى أشكال كروية واسعة الانتشار في التربة. وتختلف الأشكال والأحجام في العديد من أنواع البكتيريا عن أشكالها وأحجامها عندما تنمى على منابت مزرعية معملياً. وللحصول على مزارع بكتيرية نقية، فإنه يجرى تلقيح المنبت المنتقى للنوع المطلوب من البكتيريا بتخفيفات متتالية من معلق التربة، ومن المزارع الميكروبية الناتجة تلقح أطباق تحتوى على نفس المنابت الغذائية مجمدة بالأجار وبهذه الطريقة يمكن تحديد وعزل مجموعات ذات صفات كيميائية حيوية لها أهميتها الكبيرة فى مجال عضوية التربة وإنتاجية المحاصيل حتى وإن وجدت بأعداد قليلة في التربة. ومن هذه الأنواع **بكتيريا التأزت وبكتيريا النشدرة والبكتيريا المحللة لليوريا أو للسليولوز أو للبروتين**

دراسة بعض الأجناس البكتيرية الهامة الموجودة فى التربة:-

1- البكتيريا التابعة لجنس Bacillus

من السهل عزل هذه 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 والتى تتبع جنس *Clostridium*. وبكتيريا الـ *Bacillus* من الأجناس الموجودة بأعداد كبيرة في التربة والتي

مـن السـهل تمييزهـا حيـث إنهـا عصـوية، مكونـة للسـبورات، هوائيـة حتمـاً أو اختياريـاً وأعـدادها فـي التربـة تتـراوح بـين 10 ^{6} – 10 ^{7} فـى الغـرام وقـد تزيـد علـى ذلـك. تتواجـد الـ *Bacillus* فـي الأراضـى الفقيـرة فـى المـواد العضـوية فـى صـورة سـبورات تظـل سـاكنة لعـدة سـنوات، فـإذا مـا تـوافرت لهـا عناصـر غذائية مناسبة فإنها تنبت وتبدأ في النشاط كخلايا خضرية مرة أخرى.

2 – البكتيريا التابعة لجنس *Clostridium*

توجـد فـي معظـم الأراضـي الخصـبة علـى الـرغم مـن وفـرة الـ O2 وذلـك رغـم أنهـا بكتيريـا لا هوائيـة ولكـن التربـة تحـت الظـروف الطبيعيـة لا تكـون الظـروف فيهـا هوائيـة كاملـة. فنشـاط الميكروبـات الهوائيـة واللاهوائيـة اختياريـاً والتـى تسـتهلك O2 وتنـتج بـدلاً منـه CO2 تعمـل علـى خفـض الضـغط الجزئيـى للأوكسـجين الـى الحـد الـذي يسـمح بنمـو الأنـواع اللاهوائيـة حتمـاً. وعـادة مـا يحـدث هـذا داخـل تجمعـات حبيبـات التربـة وأيضـاً فـي المنـاطق السـيئة الصـرف – وتوجـد البكتيريـا مـن جـنس *Clostridium* بأعـداد تتـراوح مـن 10 ^{3} – 10 ^{7} فـى الغـرام فـى التربـة المختلفـة، وذلـك عـن طريـق التقدير باستخدام طريقة صب الأطباق Pour Plate وللحصول على مزارع *Clostridium* نقيـة فإنـه يمكـن اسـتغلال هـاتين الصـفتين الفسـيولوجيتين لهـذا الغـرض، وذلـك عـن طريـق تسـخين معلـق التربـة الـى 80(م لمـدة 10 دقـائق ثـم تنميـة الجـراثيم المتبقيـة فـي المعلـق ثـم تنميتهـا وإكثارهـا تحـت الظروف اللاهوائية.

3- أجناس من البكتيريا المعنقة والمتجرثمة والتى تكون أجسام ثمرية:

تكـون التربـة غنيـة بـأنواع مـن البكتيريـا التـي تحمـل خلاياهـا زوائـد شـبه صـلبة تقـل فـي أقطارهـا عـن قطـر الخليـة نفسـها. مثـل هـذه الزوائـد توجـد فـي أنـواع البكتيريـا المعنقـة التابعـة لجـنس *Caulobacter sp.* والبكتيريـا التـي تكـون بـراعم *Hyphomicrobium sp.* وهنـاك مجموعـة أخـرى مـن بكتيريـا التربـة التـي لـم تتـوفر عنهـا دراسـات كافيـة تتميـز بصـغر خلاياهـا التـى لا يزيـد طولهـا عـن 1.5 مـم وتوجـد علـى أسـطحها صـفوف مـن نتـوءات مسـتديرة صـغيرة الخلايـا شـكلها يشـبه كيـزان الـذرة. يكثـر وجـود الأنـواع التـي تعـرف Myxobacteria (تتحـرك حركـة زاحفـة علـى الأسـطح الصـلبة تاركـة مـادة لزجـة خلفهـا) فـي كـل مـن التربـة ومخلفـات الحيـوان الصـلبة، الخلايـا الخضـرية لهـذه الأنـواع عبـارة عـن عصـيات مرنـة متحركـة تتحـرك بـالزحف Bacterial gliding، معظمهـا يـدخل فـي طـور السـكون خـلال دورة حياتـه، حيـث تتكـون الخلايـا السـاكنة فـوق أجسـام ثمريـة متخصصـة وتـتم الحيـاة بخـروج الخلايـا العصـوية مـن الأجسـام الثمريـة ثـم تبـدأ فـي عمليـات التحـول الغـذائي النشـطة وأكثـر هـذه الأنـواع انتشـاراً هـي Myxococcus وChondroccus وArchangium و Polyangium يمكـن عـزل

الميكزوبكتريا Myxobacteria بتلقيح أطباق بها منبت أجار غذائي بمعلق بكتيري ثم وضع كمية قليلة من التربة في وسط الطبق، بعد فترة من التحضين تظهر الأجسام الثمرية بوضوح للعين المجردة. تعتمد هذه الطريقة على قدرة Myxobacteria على تحليل خلايا البكتيريا عن طريق إفراز إنزيمات خارجية تذيب الخلايا ثم تتغذى عليها. مثل هذه الظاهرة التى يحدث فيها قتل وتحليل للخلايا البكتيرية ثم التغذية عليها يمكن اعتبارها عاملاً مؤثراً على التركيب الميكروبي للتربة. وتوجد الـ Myxobacteria في جميع أنواع الأراضي المنزرعة وتزيد كثافتها في الأوساط البيئية الرطبة، حيث إنها لا تتحمل ظروف الجفاف. وهناك أنواع منها لها أهمية فى أكسدة مركبات الكبريت المختزلة تحليل السليلوز.

4- أجناس البكتيريا التى تتميز بنوع فريد من العلاقات بينها وبين أنواع أخرى من البكتيريا:

أ- **توجد في التربة أنواع من البكتيريا من جنس Bdellovibrio** ولكن بأعداد قلية. وقد نالت اهتماماً كبيراً لما تتميز به من نوع فريد من العلاقات بينها وبين الأنواع الأخرى من البكتيريا خلايا هذه البكتيريا عصوية صغيرة منحنية، تعيش فى التربة طبيعياً فى حالة تطفل إجبارياً بأن تلتصق بخلايا بكتيريا أخرى أكبر حجماً وتتغذى عليها. عند تنمية هذه الأنواع فى مزارع ميكروبية، فإن تأثيرها يكون ضئيلاً عند وجود العائل بأعداد قليلة، ولكنها تتغذى بشراهة خلال مراحل نموها مما يتسبب فى خفض أعداد العائل لدرجة كبيرة. وحتى الآن لم يعرف بالضبط أهمية هذه الصورة من حالات التطفل تحت الظروف الطبيعية.

ب- **الكائنات الممرضة للإنسان والحيوان والنبات**: تحتوي التربة على أنواع عديدة من الميكروبات الممرضة للإنسان والحيوان أو لنباتات المحاصيل وللتعرف على وجود مثل هذه الميكروبات ولتقدير أعدادها في التربة فإنه يلزم لذلك استخدام منابت غذائية منتقية ذات كفاءة عالية في انتخاب الميكروب بالإضافة الى إتباع طرق خاصة لهذا الغرض وعن طريق ذلك أمكن التعرف على وجود البكتيريا الممرضة للنبات من أجناس Agrobacterium, Pseudomonas, Erwirnia في أنواع مختلفة من الأراضي. وبعض أنواع هذه البكتيريا يعيش في التربة بصفة طبيعية، بينما يعيش البعض الآخر لفترة زمنية محددة، ويكون وصوله الى التربة عن طريق التلوث الحديث للتربة بإفرازات وأنسجة النباتات المريضة. والأنواع التي يمكنها البقاء حية فى التربة لبعض الوقت من المحتمل أن يعيد إصابة المحاصيل العائلة مرة أخرى عند زراعتها فى المواسم التالية. أما عن أنواع البكتيريا التى تسبب أمراضاً للإنسان أو الحيوان مثل . Clostridium botulinum, Clostridium tetani, Bacillus anthracis وأن جراثيم هذه البكتيريا تبقى حية فى التربة لفترات زمنية طويلة، وعلى ذلك فوجودها كامنة

في داخل التربة يمكن أن يؤدي الى حدوث الإصابة بالتسمم البوتيوليني Botulism أو بالتيتانوسي (الكزاز) Tetanus أو بالجمرة الخبيثة Anthrax. ونظراً لاستمرار تعرض التربة للتلوث بمخلفات الحيوان الصلبة ومخلفات المجاري بما تحمله من عوامل مسببة للأمراض بالإضافة الى التلوث بالأنسجة النباتية المريضة ونجد أن بكتيريا الـ Salmonella والأنواع الممرضة من جنس Streptococcus يمكن أن تتواجد فى التربة عقب إضافة الأسمدة العضوية. أما البكتيريا التى تهاجم النباتات كالتابعة للأجناس: فإنه يتكرر دخولها الى التربة عن طريق الأنسجة النباتية المصابة بالمرض. وكثير من هذه الميكروبات الدخيلة لا يتسبب إلا فى مشكلات قليلة، حيث إنها سرعان ما تختفي من التربة أما البعض الآخر الذي يبقى في التربة لفترات طويلة فإنه يشكل بالفعل تهديداً للعوائل المناسبة له.