3-4-1 البكتيريا الشعيّة (Actinobacteria)

تتكون البكتيريا الشعيّة من خلايا صغيرة متصلة ببعض لتكوّن خيوطاً وأنسجة (تشبه الفطريات) فطرية متفرعة ومفصولة عن بعضها. وكانت تسمى سابقا الفطريات الشعاعية (Actinomycetes). ويبلغ طول الخيط 0.5-1.2 ميكرون (قطر) وينقسم في العادة إلى أجزاء صغيرة تحمل الأبواغ الجنسية. وتختلف الشعيّات اختلافا كبيراً في خصائصها المورفولوجية والفسيولوجية والمزرعية. ويشكل جنس *Streptomyces* حوالي 70% من الأعداد الكلية للبكتيريا الشعيّة في التربة. ومن أهم الأجناس الأخرى: *Actinoplanes* و*Micromonospora* و*Nocardia*.

تحتوي التربة على أعداد هائلة من البكتيريا الشعيّة قد تصـــل إلى 10^{5}-10^{8} خلية في كل جم من التربة، أما في المناطق الخصبة أو الأوساط ذات التركيزات العالية من المواد الغذائية فقد تصل أعدادها إلى 10-20 ضعفاً. وتوجد البكتيريا الشعيّة بكميات كبيرة في الترب الزراعية والترب العشبية. تعتبر الترب العضوية المغدقة بالمياه والترب التي يقل فيها رقم pH عن 5 وحدات غير ملائمة لتكاثر البكتيريا الشعيّة. تؤثر عوامل أخرى على أعداد ونشاط الشعيّات في التربة منها نوع التربة ودرجة الرطوبة والحرارة والملوحة ودرجة تحليل المـــادة العـــضوية. لا تختلف أجناس الشعيّات كثيراً في تغذيتها، وذلك لأن معظمها غير ذاتية التغذية. وتستخدم نطاقاً واسعاً من مركبات الكربون والنيتروجين مثل السيليلوز والبروتينات.

تظهر أهمية البكتيريا الشعيّة في الآتي:

(1) المضادات الحيوية : يمكن الاستفادة من المضادات الحيوية التي تفرزها البكتيريا الشعيّة في مجالات الطب والصيدلة والزراعة. كما أن للمضادات الحيوية أثراً واضحاً ومهماً على النظام البيئي في التربة.

(2) بناء التربة: تساعد البكتيريا الشعيّة في تثبيت بناء التربة وذلك لأنها تفرز مواداً لاصقة ومواداً صمغية غير قابلة للذوبان في الماء.

(3) الأمراض: تسبب البكتيريا الشعيّة أنواعاً من الأمراض وتكون عادة كامنة في التربة مثل جرب البطاطس الذي يسببه *Streptomyces scabies* كما أن بعض الأجناس مثل *Nocardia* تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان.

(4) خصوبة التربة: تُستعمل بعض السلالات في الترب الجدبة لزيادة خصوبتها، كما تثبت بعض الأجناس مثل *Frankia* النيتروجين الجوي وتعمل هذه الكائنات علاقات تكافلية مع نباتات وعوائل مختلفة.

(5) تحليل المادة العضوية: تُساعد في تحليل المادة العضوية مثل السيليلوز والهيمسيليلوز واللجنين والبروتينات والدهون وتعيش بعض أنواعها مثل: *Thermoactinomycetes* و *Streptomyces* في بقايا المادة العضوية والأسمدة البلدية وتتحمل درجات حرارة عالية (55-60°م).

- مجموعة الاكتينومايسيتات احياء مجهرية وحيدة الخلية هوائية المعيشة عدا جنس Actinomyces الذي يشكل مايسيليوم شبيها بمايسيليوم الفطريات .

- تتكاثر الاكتينومايسيتات بتجزؤ الهايفات الى اجزاء كروية او اسطوانية و قسم منها تتكاثر بتكوين السبورات اللاجنسية (الكونيديات) او السبورات الموجودة في المحفظة السبورية (Sporangiospores) .

- اعتقد سابقا بان الاكتينومايسيتات هي فطريات كون ان عند نموها على البيئات الغذائية او الاوساط الزرعية المختبرية تكون مستعمرات شبيهة بالفطريات علاوة على ذلك انها لاتكون عكارة في الاوساط السائلة .

- اثبتت الدراسات الحديثة و بما لايقبل الشك ونظرا للتشابه الكبير بين البكتريا و الاكتينومايسيتات لذ اصبحت تصنف ضمن البكتريا و اعتبارها الرتبة الحادية عشرة من البكتريا وفقا للدلائل التالية :

✓ خليتها بدائية النواة Procaryotic cell .
✓ غلافها يتركب كيمياويا من معقدات تتكون من ارتباط كل من السكريات الامينية و الاحماض الامينية (Peptidoglycan) وبذلك فهو يشابه تماما غلاف الخلية البكتيرية الموجبة لصبغة كرام .
✓ التشابه بينها و بين الخلية البكتيرية من حيث حساسيتها الى المضادات الحياتية و للبكتريو فاج .
✓ ملائمتها الى الترب القاعدية .
✓ قطر الخلية الدقيق .

- كل هذه الدلائل دعت بالباحثين الى تصنيفها ضمن رتبة Actinomycetales للبكتريا .
- معظم الاكتينومايسيتات رمية التغذية .

آثار العوامل البيئية على الكائنات الحية

مقدمة

تُعتبر التربة من أكثر الأوساط البيئية تعقدا ويُعزى ذلك لتعدد مجموعات الكائنات الحية فيها ولاختلاف أجناسها وأنواعها وطرق نموها وتعدد واختلاف طرق تغذيتها. تؤثر العوامل البيئية المختلفة على تركيب المجاميع الحية في التربة وعلى كثافة أعدادها ونشاطها، وقد تؤدي إلى تغيير جذري في مجتمع التربة. إن أي تأثير للبيئة على الكائنات الحية ماهو إلا انعكاس لعدة عوامل حيوية أخرى تعمل في اتجاه واحد أو في اتجاهات مختلفة يُضاف إليها تأثير العوامل الفيزيائية والكيميائية الأخرى في الوسط. تشمل العوامل البيئية الرئيسية التي تؤثر على الكائنات: التهوية، ودرجة الحرارة، والمادة العضوية بالتربة، ورقم الأس الهايدروجيني (pH)، والملوحة، وتركيب التربة، ومعدل الإمداد بالعناصر الغذائية، وفصول السنة، والعوامل الموسمية، والزراعة، وعمق التربة، والضوء، والمعادن الثقيلة وغيرها.

2-1 التهـــــــوية (Areation)

يُعتبر وجود فراغات بينية (Pore space) مليئة بالهواء لها المقدرة على تبادل الغازات مع الهواء الخارجي، أحد العوامل المهمة في جودة تركيب التربة. توجد في بعض الأحيان فراغات مغلقة تؤثر تأثيرا كبيرا على جذور النباتات، وهذا التأثير يشمل وجود الكائنات الدقيقة اللاهوائية التي قد تؤدي إلى التأثير على العمليات الفيسيولوجية، والتمثيل الغذائي، وتغيير الهرمونات التي يفرزها النبات. ويؤدي وجود هذه الفراغات المغلقة إلى تنافس الميكروبات الهوائية على الأكسجين مما يؤثر بطريقة غير مباشرة على الجذور الممتدة لتلك الفراغات. وقد تتكون هذه الفراغات المغلقة داخل التربة عند تحلل المادة العضوية ويقل فيها تركيز الأكسجين

عن 3×10^{-6} مول في اللتر (أقل من 1%ح/ح)؛ وتتحول تبعا لذلك عمليات التغذية والتنفس من الهوائية إلى اللاهوائية. وعموما توجد في التربة جيدة التهوية أماكن صغيرة (جيوب) ينعدم فيها الأكسجين وتعيش فيها الميكروبات اللاهوائية ؛ كما توجد في التربة سيئة التهوية أماكن صغيرة يوجد فيها الأكسجين وتعيش فيها كائنات هوائية. يطلق على الغازات الموجودة في قطاع التربة اسم هواء التربة وهو يختلف في مكوناته عن الهواء الجوي وعن الهواء الملامس لسطح التربة. وبوجه عام فإن تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في هواء التربة يزيد بمقدار 10-100 ضعف تركيزه في الهواء الجوي. ويكون ذلك على حساب الأكسجين الذي يقل تركيزه كثيرا في هواء التربة.

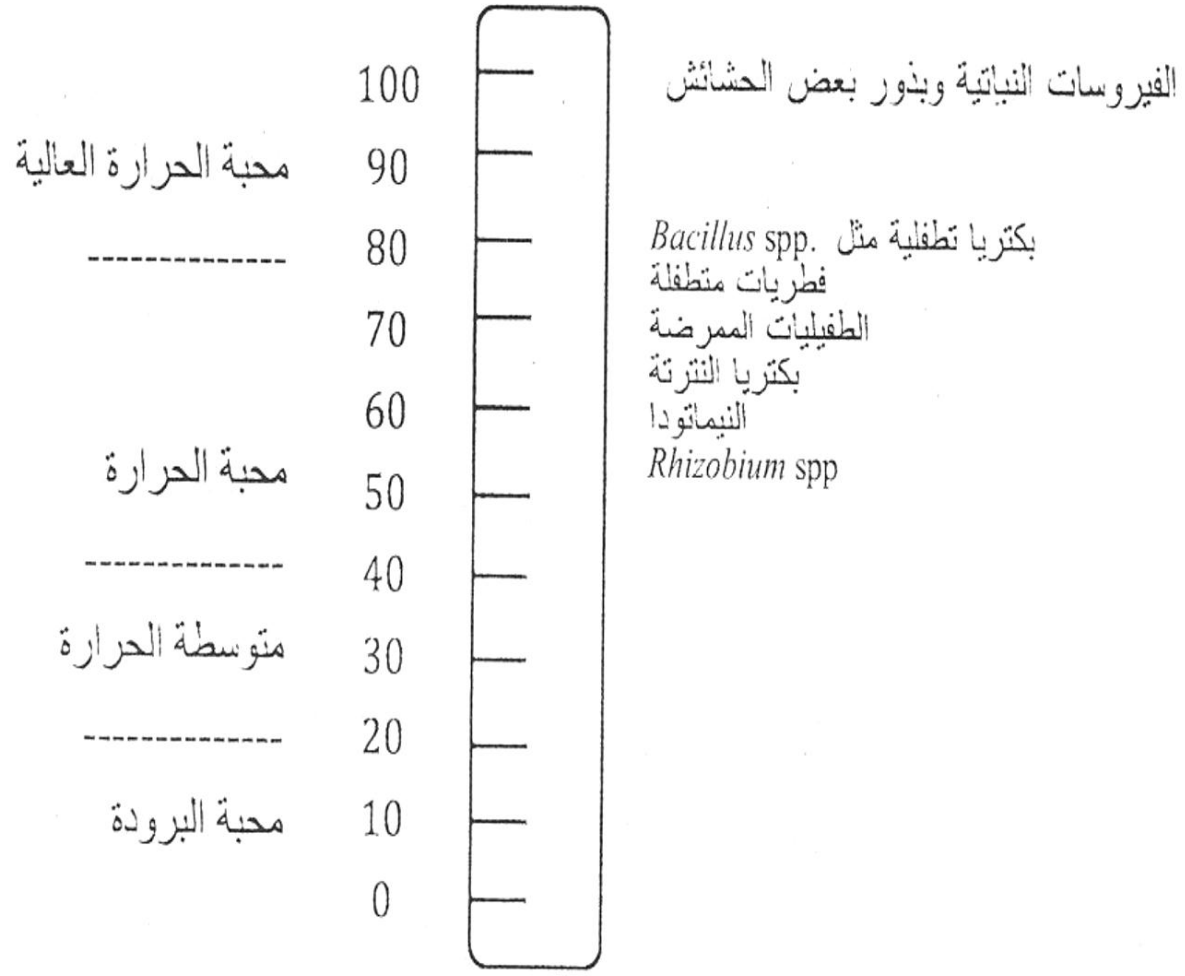
ويرجع السبب في اختلاف تركيب الهواء داخل التربة عن الهواء الجوي إلى تنفس الكائنات الحية الدقيقة وتنفس جذور النباتات والكائنات الحية الأخرى التي تقوم باستهلاك الأكسجين وإطلاق غاز ثاني أكسد الكربون. تعمل خاصية انتشار الغازات على تعديل مكونات الصورة الغازية في التربة إلى حد معين، وبذلك يصبح محتوى هواء التربة لكل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون متأثرا بمعدل انتشار الغازات خلال التربة وبمعدل تنفس الكائنات الحية بها. وبصفة عامة يقل تركيز الأكسجين بازدياد العمق على العكس من ثاني أكسيد الكربون الذي يزداد تركيزه بازدياد العمق.

تحتاج الكائنات الحية الدقيقة في التربة إلى كميات كبيرة من الأكسجين (20-5000 ميكروليتر/مليجرام/الساعة) مقارنة باحتياج الجذور وبذور النباتات (0.25-4 ميكروليتر/مليجرام/الساعة). وعموما تزداد عملية التنافس على الأكسجين في التربة عندما تقل كميته. ويمكن أن تعزى ظاهرة قلة نمو البذور والجذور في التربة قليلة الهواء، للتنافس الشديد على الأكسجين في التربة. عند نفاد كل الأكسجين المذاب في الماء بواسطة عملية التنفس وعمليات الأكسدة الكيميائية، فإن الميكروبات اللاهوائية تتنفس بواسطة عمليات تستخدم فيها الأكسجين الموجود في مركبات أخرى مثل النترات (NO^{-}_{3}) والنتريت (NO^{-}_{2}) والكبريتات (SO^{-2}_{4}) بدلاً عن الأكسجين الحر.

2-2 درجة الحرارة (Temperature)

تختلف الكائنات الحية اختلافاً كبيراً في تحملها لدرجات للحرارة العليا والدنيا كما أنها تختلف في درجة الحرارة المثلي للنشاط والتكاثر (شكل 2-1). وتعتمد درجة

الحرارة على وجود الغطاء النباتي وكمية الماء الموجود بالتربة. وتتراوح درجات الحرارة في سطح التربة بين صفر و60° م، وتختلف باختلاف الليل والنهار وفصول السنة وقد يصل الفرق في درجات الحرارة بين الليل والنهار إلى 50 درجة مئوية ويقل هذا الفرق كلما زاد عمق التربة. ويمكن تقسيم الكائنات الحية من حيث تحملها للحرارة إلى أربع مجموعات (شكل 2-1):



شكل 2-1: درجة الحرارة اللازمة لقتل أو إيقاف نشاط مجموعات مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة.

تتحكم الحرارة في معدل النشاط الكيميائي الحيوي للكائنات الحية الدقيقة ، فتزيد معدلات النشاط بزيادة درجات الحرارة حتى تصل إلى أقصاها عند درجة الحرارة المثلى التي تلائم ذلك النشاط الحيوي. وبصرف النظر عن التباين في درجات الحرارة في المناطق المختلفة فإن هناك اتجاهاً ثابتاً لزيادة النشاط الحيوي للكائنات الحية الدقيقة في الوسط الدافئ. تعتمد مقدرة الكائن الحي للنمو في درجات حرارة منخفضة أو في المناطق الباردة على قدرة الغشاء الخارجي للسماح بمرور الماء والأملاح إلى داخل الخلية. تتفادى الكائنات الحية الدقيقة المحبة للبرودة الأوقات الباردة الحرجة بإنتاج كميات كبيرة من الإنزيمات والعصارات لزيادة سرعة العمليات الهضمية التي تتاثر سلباً بالبرودة. وعلى الرغم من أنّ افتراضاً قائلاً إنّ نشاط الكائنات الحية الدقيقة يكاد يكون معدوماً عند درجات الحرارة أقل من 5° م فإن بعض الدراسات أوضحت أن عملية النترتة (Nitrification) تحدث بصورة كبيرة ومعتبرة في مثل هذه الحرارة.

تصاحب درجات الحرارة العالية في العادة جفاف التربة وتؤثر الحرارة والجفاف معاً على الميكروبات مما يجعل الفصل بينهما أمراً صعباً. ولقد لوحظ أن التعاقب بين الحرارة والرطوبة قد يكون له تأثيراً أكبر من الحرارة الباردة أو العالية او المستديمة. فمثلاً إن تجفيف التربة بالهواء (Air-drying) يؤدي لقتل بعض الكائنات الحية بينما يساعد في تحليل المواد العضوية بالتربة وينتج عن هذا مواد بسيطة مثل الكربون العضوي ومركبات النيتروجين والفسفور، وهذا يؤدي بدوره إلى زيادة عمليات التنفس والنترتة عندما تبتل أو تروى التربة.

إن درجة الحرارة المثلى تختلف من جنس لآخر. ولقد وجد أن الأنواع من جنس واحد تختلف أيضاً في درجاتها المثلى فمثلاً أنواع جنس *Rhizobium* تتراوح درجات الحرارة المثلى لنموها بين 25-35° م. ووجد أيضاً أنه إذا تعرضت أنواع *Rhizobium* لحرارة عالية (47-50° م) فإن المجموعة التي تقاوم غالباً ما تفقد خاصيتها في تكوين العقد الجذرية وبالتالي تفقد خاصية تثبيت النيتروجين.

3-2 رطوبة التربة (Soil moisture)

ترجع أهمية الماء في التربة إلى احتوائه على العديد من الأملاح المعدنية الذائبة وعلى مصادر متنوعة من العناصر الغذائية اللازمة لكائنات التربة. وبمرور الماء إلى أسفل التربة فإن هذه الأملاح والمصادر الغذائية تبتعد عن منطقة الريزوسفير. ويتوقف فقدان الأملاح والمصادر الغذائية على قوام التربة ومعدل هطول الأمطار وكمية الغطاء النباتي ونوعه وجودته. تتحكم الرطوبة في نشاط الكائنات الحية الدقيقة بطريقتين :-

(أ) يتوفر الماء للتكاثر الخضري لخلايا الكائنات الحية الدقيقة والذي يعتبر أمراً ضرورياً لأن الماء هو المكون الأساسي للبروتوبلازم.

(ب) تحد زيادة مستوى الرطوبة من نشاط الكائنات الدقيقة وتكاثرها. ووذلك لأن زيادة الرطوبة تقلل من تبادل الغازات فتقل التهوية وتنشأ ظروف لاهوائية في الوسط.

وعموما فإن هناك ارتباطاً وثيقاً بين تهوية التربة ومستوى الرطوبة فيها. ويمكن أن تمتلئ الفراغات البينية بأي من هاتين الصورتين، ويكون وجود أحدهما على حساب الآخر. فالهواء يحل محل الماء المتحرك إلى أسفل كما أن وصول الماء إلى التربة يعمل على إزاحة الهواء من الفراغات البينية. ينشأ عن سوء تصريف الماء وتشبع التربة بها وجود ظروف سيئة التهوية على عكس الترب جيدة التهوية. وتتميز الترب ثقيلة القوام التي يكثر فيها وجود فراغات بينية دقيقة بعدم كفاية التهوية فيها. ويرجع هذا إلى أن المسامات الضيقة لها خاصية جذب السوائل والاحتفاظ بالماء داخلها بعكس الحال في الفراغات كبيرة الحجم، وبذلك يصبح جزء كبير من فراغات التربة مملوءاً بالماء بدلاً من الغازات. وفي الحالات التي ينخفض فيها تركيز الأكسجين أو ينعدم في التربة فإن نشاط الكائنات الحية الدقيقة ينخفض هو الآخر بدرجة كبيرة وملحوظة، كما قد يؤدي ذلك إلى توقف بعض العمليات الحيوية في التربة. وقد يصاحب ذلك حدوث عمليات حيوية جديدة ذات أثر ضار على النباتات، وتقوم بها الكائنات الحية غير ذاتية التغذية، مثل انطلاق غازات كبريتيد الهايدروجين والأمونيا والميثان وعمليات عكس النترتة وتكوين بعض المركبات العضوية الضارة وتراكم أيونات الكبريتيد والحديدوز وغيرها.

تتفاوت الكائنات الحية الدقيقة في التربة في درجة تحملها للتجفاف (Desiccation) تفاوتا كبيرا. وتؤثر كميات الأملاح والسكريات في رفع الضغط التناضحي (Osmotic pressure) مما يتسبب في إيقاف نشاط هذه الكائنات ، بسبب خروج الماء من الخلية الحية، ويؤدي هذا لانكماش البروتوبلازم وتحطيمه، في ظاهرة تسمى انحلال البروتوبلازم أو البلزمة (Plasmolysis). وعموماً فإن تحمل الكائنات لقلة الماء يختلف من مجموعة لأخرى، (الجدول 2-2).

جدول 2-2: تحمّل الميكروبات لقلة الماء وجهد الماء المطلوب لاستخلاص الماء

أمثلة	جهد الماء (MPa)
البكتيريا	10-0
البكتيريا الشعيّة	70-0
الفطريات	20-0
الخمائر	60-0

تكثر أعداد البكتيريا في التربة عندما تتوفر بها كمية مرتفعة نسبياً من الرطوبة، فمستوى الرطوبة الأمثل لنشاط البكتيريا الهوائية يتراوح بين 50-70% من السعة المائية للتربة. وعموماً، يقل نشاط الفطريات بانخفاض درجة رطوبة التربة، وتمتاز بعض الفطريات بقدرتها على مقاومة الجفاف. أما الرطوبة العالية فإنها تؤثر سلباً على الفطريات وذلك لأنها تحد من انتشار الأكسجين داخل التربة للكائنات الهوائية ومن ضمنها الفطريات، إلا أن هناك بعض الفطريات مثل *Mucor* تناسبها هذه الظروف فتزيد أعدادها. تنمو الطحالب بدرجة ملحوظة في الأماكن ذات الرطوبة العالية لذلك تزيد أعدادها في فترات هطول الأمطار، كما أنها تتأثر بمواسم الرطوبة والجفاف وبالري. وتنخفض أعداد الطحالب انخفاضاً واضحاً في أوقات الجفاف وتعتبر مجموعة الدايتومات (Diatoms) من أكثر الطحالب تأثراً بالجفاف.

4-2 الملوحة (Salinity)

التربة المالحة هي التربة التي تحتوي على كميات كبيرة من الأملاح الذائبة مثل أملاح الصوديوم (Na^{+}) والكالسيوم (Ca^{+2}) والماغنسيوم (Mg^{+2}) والكلوريد (Cl^{-}) والكبريتات (SO_4^{-2}). وتتكون هذه الترب عادة في المناطق الجافة والحارة. تكون في موسم الخريف كمية الماء والأمطار أعلى من كمية التبخر مما يؤدي إلى أن تغور الأملاح مع الماء إلى داخل التربة أما في فترات الجفاف حيث يقل الماء والأمطار فإن الأملاح تصعد إلى سطح التربة مع الماء المتبخر مما يؤدي إلى تراكم الأملاح في سطح التربة مكونة لوناً أبيض. يزول هذا اللون بماء الري أو الأمطار، وذلك لذوبان الأملاح في الماء وانسيابها معها داخل آفاق التربة. وتحتوي مياه الري عادة على أملاح ذائبة وتبقى هذه الأملاح في التربة بعد امتصاص النبات للماء.

وتؤثر الأملاح على الكائنات الحية الدقيقة وعلى النباتات بطريقتين :-

أ. مباشرة: وهي الآثار الضارة لأملاح بعينها (Specific ion effect) مثل الصوديوم والكلور إذا زاد تركيزها.

ب. غير مباشرة : وهي الآثار الضارة للأملاح وقد تنتج عن قلة الماء الموجود والمتاح للنباتات والكائنات الحية.

2-5 رقم الأس الهايدروجيني (pH)

تنتشر الترب الحامضية في معظم أنحاء العالم. وتزداد حموضة التربة بواسطة التعرية وازدياد ثاني أكسيد الكربون المذاب في محلول التربة وبعملية النترتة وأكسدة الكبريت. تُفضل معظم أجناس البكتيريا الوسط المتعادل في الترب (pH=7) ولذلك فإن زيادة الحموضة أو القلوية تعمل على تقليل أعداد البكتيريا في التربة ولكنها لاتختفي تماماً فمثلاً في الترب الحامضية التي يصل رقم pH فيها إلى 3 وحدات فإنها لاتزال تحتوي على عدد لابأس به من الفطريات والبكتيريا (شكل 2-2).

لاتتحمل البكتيريا الشعيّة انخفاض رقم الأس الهايدروجيني في الوسط فكثافة أعدادها تتناسب عكسياً مع تركيز أيون الهايدروجين. ومعظم سلالات البكتيريا الشعيّة مثل *Streptomyces* ينخفض نشاطها الحيوي ويتوقف التكاثر عندما يصل رقم الأس الهايدروجيني إلى 5 وحدات. ويقع رقم الأس الهايدروجيني الأمثل لنموها بين 6.5-8 وحدات. أما الفطريات فتنقسم إلى ثلاث مجموعات (أ) مجموعة تفضل الوسط الحمضي (ب) مجموعة تفضل الوسط القاعدي (ج) مجموعة تفضل الوسط المتعادل. تتحكم الحموضة إلى درجة كبيرة في تركيب مجتمع الطحالب وفي الأنواع السائدة في التربة. وعادة ما تنمو الطحالب بين درجات الأس الهايدروجيني بين 4-10 وحدات. وتمتاز سلالات الكائنات الحية، عموما بدرجة تركيز أيوني أمثل ونطاق معين ولايمكنها أن تنمو في تركيزات أكبر أو أقل. وتوجد كائنات أخرى عديدة وتتغذى بطرق مختلفة ولكنها تنتج مركبات تؤدي إلى خفض رقم الأس الهايدروجيني إلى درجة حارقة، وتكوّن هذه الكائنات وسطا جديدا وحارقاً

يُعزى تأثير الحموضة على الكائنات الحية الدقيقة والنباتات لعدة عوامل منها :-

أ. التركيز العالي لأيونات الألمونيوم السّامة.

ب. النقص الذريع في الكتيونات مثل الكالسيوم.

ت. ازدياد تركيز بعض الأيونات مثل المانجنيز.

ث. صعوبة امتصاص بعض الأملاح في الوسط الحمضي مثل الفسفور.

يمكن تفادي الآثار الضارة للحموضة بإضافة المادة الجيرية للتربة أو الوسط الذي تعيش فيه الكائنات الحية الدقيقة. إن التركيز العالي لأيونات الألمونيوم (Al^{+3}) لها آثار سامة على النباتات والكائنات الحية الدقيقة وعلى العمليات الكيميائية الحيوية فمثلاً في عملية تثبيت النيتروجين الجوي تتأثر البقوليات وبكتريا العقد الجذرية (*Rhizobium*) سلباً بالحموضة وبأيونات الألمونيوم. ويعزى ذلك لدخول أيونات الألمونيوم في خلايا أفراد *Rhizobium* وتعطل نشاط الحامض النووي DNA.

2-6 تركيب التربة (Soil structure)

تشمل المحتويات الأساسية غير العضوية للتربة: الرمل، والسلت، والطين (الباب الأول). وتركيب التربة هو الطريقة التي يتم بها التصاق وانتظام حبيبات الطين والرمل والسلت مع المادة العضوية في التربة. ويعتبر التركيب جيداً إذا احتفظت التربة بالرطوبة حول الجذور في أوقات الجفاف. وإذا كان الصرف فيها جيداً ليمنع غدق التربة إذا زادت كمية المياه. ومن المعروف أن التربة الطينية لها شحنات كهربائية سالبة، وعليه عندما تلتصق الخلية البكتيرية بالحبيبات الطينية يؤثر هذا الالتصاق تأثيراً كبيراً على نشاط البكتيريا. تحيط المواد عديدة السكر (Polysacchrides) والتي تنشأ من الخلايا الميكروبية الميتة بحبيبات التربة. وتعمل

هذه المادة العضوية كمصادر لإمداد الخلايا الميكروبية بالغذاء، كما أنها تعمل كمواد لاصقة. تفرز بعض الكائنات الحية مواداً عضوية مختلفة قد تؤدي إلى تغيير في تركيب التربة. وقد لوحظ أن في منطقة الرايزوسفير (Rhizosphere) يكون تركيب التربة أثبت مما هو عليه في الترب غير المنزرعة. يؤثر تركيب التربة على العوامل الأخرى مثل التهوية والرطوبة والتي تؤثر بدورها في نشاط الكائنات

الدقيقة. كما أن الحبيبات الطينية تلتصق بإنزيمات التربة وعناصرها الغذائية ، فمثلاً، إنزيم اليوريز (Urease) له القدرة على الانتشار بين الحبيبات الطينية بينما لايستطيع جزيئ البروتين ذلك. تؤثر أنواع الطين في عمليات كثيرة ويوضح الجدول 2-5 أهمية المونتموريلونيات (Montmorillonite) في نشاط الكائنات الحية.

جدول 2-5: تأثير المونتموريلونيات (Montmorillonite) في نشاط الكائنات الحية.

تساعد في:	لاتساعد في:
1. انتشار وتكاثر البكتيريا	1. انتشار الفطريات
2. التنافس البكتيري على الفطريات	2. انتشار ميكروب *Fusarium* الذي يسبب ذبول الموز
3. زيادة معدل النترتة	3. انتشار الكائنات الممرضة للإنسان
4. تحليل الألدهايدز (Aldehydes)	
5. حماية الكائنات الحية الدقيقة من الآثار السامة للمواد الثقيلة	

7-2 الفلزات الثقيلة (Heavy metals)

من أهم هذه الفلزات الثقيلة النحاس (Cu) والزنك (Zn) والنيكل (Ni) والكادميم (Cd) والرصاص (Pb) والكروميوم (Cr). ويستعمل كلوريد الزئبق ($HgCl_2$) لتطهير الأسطح الخارجية (Disinfectant) من الكائنات الحية، وهو شديد السمية للكائنات الحية بما فيها الإنسان، ويرتبط بمجموعة السلفاهايدرل (SH-group) في البروتينات. وتستخدم نترات الفضة ($AgNO_3$) كمطهر من الميكروبات وهو سام ويُرسب البروتينات في الكائنات الحية. كما تُستخدم كبريتات النحاس ($CuSO_4$) في تطهير حمامات السباحة كمبيد للطحالب كما تُستخدم أيضا كمبيد للفطريات في أمراض النباتات. وتمثل بقايا الصناعات ونفاياتها وبقايا المواد البترولية وترسباتها والتلوث بمخلفات الإنسان وبقايا المناجم الصناعية أهم مصادر الفلزات الثقيلة مما يؤدي إلى تلوث التربة بالفلزات الثقيلة. وتلتصق الفلزات الثقيلة التصاقاً قوياً بمركبات التربة مما يؤدي إلى تراكمها، وقد تمكث في التربة آلاف السنين.

وعلى الرغم من أن كثيراً من الفلزات الثقيلة يمثل جزءاً مهماً من احتياجات النباتات والكائنات الحية الدقيقة – عندما تكون في التربة بتركيزات قليلة – إلا أنها تكون سامة وقاتلة عندما يزيد تركيزها في التربة. ويعزى السبب في ذلك لأنها تؤدي إلى تغيير طبيعة البروتينات في الكائنات الحية إذا زاد تركيزها على حد معين. ومن الصعوبة بمكان تحديد كل الآثار السالبة التي تسببها الفلزات الثقيلة على الكائنات الحية وذلك لتأثير عوامل أخرى مثل نوع الفلزات التي توجد بالتربة وكمية المادة العضوية ونوعها وأنواع الأيونات المذابة على ذوبان ونشاط وتفاعلات الفلزات الثقيلة. تستطيع بعض الكائنات الدقيقة أن تحلل بعض المخلفات وبقايا النباتات المتلوثة وبعض المواد العضوية التي تحمل مواداً ضارة، مما ينتج عنه تحرر بعض المواد الغذائية مثل الأيونات والأملاح والأحماض لكائنات حية أخرى.

وعلى الرغم من أن كثيراً من الفلزات الثقيلة يمثل جزءاً مهماً من احتياجات النباتات والكائنات الحية الدقيقة – عندما تكون في التربة بتركيزات قليلة – إلا أنها تكون سامة وقاتلة عندما يزيد تركيزها في التربة. ويعزى السبب في ذلك لأنها تؤدي إلى تغيير طبيعة البروتينات في الكائنات الحية إذا زاد تركيزها على حد معين. ومن الصعوبة بمكان تحديد كل الآثار السالبة التي تسببها الفلزات الثقيلة على الكائنات الحية وذلك لتأثير عوامل أخرى مثل نوع الفلزات التي توجد بالتربة وكمية المادة العضوية ونوعها وأنواع الأيونات المذابة على ذوبان ونشاط وتفاعلات الفلزات الثقيلة. تستطيع بعض الكائنات الدقيقة أن تحلل بعض المخلفات وبقايا النباتات المتلوثة وبعض المواد العضوية التي تحمل مواداً ضارة، مما ينتج عنه تحرر بعض المواد الغذائية مثل الأيونات والأملاح والأحماض لكائنات حية أخرى.

جدول 2-6: بعض أجناس الميكروبات التي تساعد في تحليل الفلزات الثقيلة في الظروف الهوائية

العنصر	الأجناس البكتيرية	الأجناس الفطرية
الزرنيخ	*Pseudomonas, Escherichia, Flavobacterium, Aeromonas*	*Aspergillus, Candida, Neurospora, Penicillium, Saccharomyces, Scopulariopus*
الزئبق	*Pseudomonas, Escherichia, Bacillus,*	*Aspergillus, Neurospora, Saccharomyces, Scopulariopus*
السيلينيم	*Pseudomonas, Aeromonas Flavobacterium,*	*Aspergillus, Penicillium, Scopulariopus*
الرصاص	*Pseudomonas, Aeromonas, Acinetobacter, Flavobacterium,*	*Aspergillus niger, Penicillium bilaiae*

8-2 الضوء (Light)

يعتمد وصول الضوء وانتشاره في التربة على العوامل المحيطة بها مثل (أ) نوع التربة (ب) طبيعة وحجم الغطاء النباتى (ج) أعداد ونشاط الكائنات الحية التى تتغلغل في التربة. وتظهر أهمية الضوء في الآتي:

(أ) أهمية مباشرة في إمداد الكائنات الحية بالطاقة كما أنه أساس الغطاء النباتى.

(ب) أهمية غير مباشرة تتمثل في أن الضوء يؤثر بدوره على أنواع المجتمعات والمجاميع الميكروبية في التربة.

ونتيجة للعوامل الفيزيائية أو الطبيعيةَ التى تعوق وصول الضوء إلى جزء من التربة فإن في مثل هذه الأجزاء من التربة تحدث العمليات البيولوجية التى لا تتأثر بالضوء، وعليه فإن المجتمعات التى تعيش فيها قد تكون مختلفة من تلك التي تكون في ترب مجاورة تصل إليها أشعة الشمس. توجد عموماً، على سطح التربة الكائنات الدقيقة التى قد تحتاج إلى ضوء الشمس مثل الطحالب أو الأشنات بينما توجد بَقية الكائنات في داخل التربة. ومن الكائنات التي تحتاج إلى ضوء الشمس، البكتريا الممثلة للضوء (Photosynthetic Bacteria) التي تشمل مجموعة متباينة من الأنواع ذات قدرات فسيولوجية عالية، وعلي سبيل المثال فإن أنواع *Rhodopseudomonas* لها القدرة علي استخدام الضوء كمصدر للطاقة و ثاني أكسيد الكربون الجوي أو مواد عضوية أخرى مثل إفرازات الجذور كمصدر للكربون لبناء خلاياها تحت الظروف اللاهوائية.

2-9 العناصر المشعة

تتعرض التربة أحياناً للتلوث بالعناصر المشعة نتيجة لتسرب هذه العناصر من محطات الطاقة الذرية أو من بقايا النفايات الذرية المدفونة. ويزداد هذا التلوث بالقرب من مناطق إنتاج الأسلحة النووية أو في الأراضي التي دفنت فيها النفايات الذرية إذا لم تُراقب لفترة زمنية كافية. وتموت حشرات كثيرة في التربة بمجرد تعرضها لكميات قليلة من الأشعاع. ولقد لوحظ أن أكثرها موتاً نتيجة تعرضها للأشعة أكثرها نشاطاً وحيوية . وتزيد حساسيتها كلما كان نشاطها في التمثيل الغذائى كبيراً. والفطريات أشد حساسية للأشعاع مقارنة بالبكتيريا والفيروسات (جدول 2-7). ومن الفطريات شديدة الحساسية للمواد المشعة: *Penicillium* spp و *Trichoderma* spp. إن نشاط الإنزيمات في التربة لا يتأثر بتعرض التربة للإشعاع الذى قد يكون كافياً لإيقاف نشاط الكائن الحى. وتم استخدام هذه الخاصية لدراسة نشاط الإنزيمات خارج الخلايا (Extracellular) في التربة. وتستطيع مجاميع كثيرة أن تستعمر التربة في فترة قصيرة بعد تعرض التربة لإشعاع قاتل للكائنات الحية الموجودة. ومن الآثار الضارة للأشعة أن بعض العمليات تتوقف تماماً حتى بعد زوال مصدر الإشعاع مثل عملية النترتة التى يصعب استردادها مرة أخرى.

ومن الآثار الجانبية لتعرض التربة للإشعاع القاتل: أن تفرز الكائنات الحية محتوياتها الداخلية مما يؤدي إلى زيادة محتوى التربة من المواد والعناصر الغذائية مثل النيتروجين والفسفور والبروتينات والأحماض الأمينية التى تزيد من نمو النبات أو نمو كائنات دقيقة أخرى. ولم تُعرف حتى الآن الاضطرابات التى تحدث لعمليات التمثيل الغذائي في الكائنات الدقيقة في التربة عند تعرضها للإشعاع. وتُقاس

2-10 العمليات الفلاحية

تشمل العمليات الفلاحية: الحراثة، والدورة الزراعية، وإضافة الأسمدة والمخصبات، وإضافة المادة الجيرية أو الجبص، وإضافة المبيدات بأنواعها. وتؤثر هذه العمليات تأثيراً متفاوتاً على أنواع الكائنات الحية في التربة. وتؤدى الحراثة والفلاحة إلى زيادة تهوية التربة مما يزيد من نشاط الكائنات الحية خصوصاً البكتيريا. تزيد زراعة البقوليات من أعداد البكتيريا خصوصاً أنواع *Rhizobium* مما يؤدى لزيادة خصوبة التربة بتثبيت النتروجين الجوي. وتزيد إضافة المادة الجيرية للترب الحامضة من نشاط البكتيريا وتقلل من نشاط الفطريات. أما إضافة الأسمدة فإنها تزيد من أعداد الكائنات الحية عموماً لتوفيرها للمادة الغذائية في التربة. أما إضافة المبيدات الحشرية والفطرية وغيرها فإنها تقلل من نشاط الكائنات الحية في التربة. وتتأثر الكائنات الحية الدقيقة بمبيدات الحشرات والآفات التى تضاف على نطاق واسع في العالم . وتتميز هذه المبيدات بتأثيرها القاتل والمتخصص أحياناً لبعض أنواع النباتات. وقد يمتد الأثر القاتل لهذه المبيدات ليصيب بعض أنواع الطحالب أو قطاع آخر من مجتمع الكائنات غير المستهدفة التربة.

2-11 التداخل بين الميكروبات

تحتاج الكائنات الحية الدقيقة لمعدلات عالية من المواد الغذائية وخصوصاً مركبات النيتروجين والفسفور والكربون والكالسيوم. وعادة ما يكون مصدر الكربون أسرع استهلاكاً وأسهل مهاجمة بالنسبة إلى الكائنات الدقيقة خاصة إذا كان ناتجاً من البادرات أوالنباتات الصغيرة. وتتنافس الكائنات الحية على المواد الغذائية في شكل أفراد ومجموعات. وتتغذى مجموعات مثل البروتوزا (Protozoa) على مجموعات ميكروبية صغيرة الحجم خصوصاً البكتيريا. وتستطيع خلية أميبية (*Amoeba*) واحدة أن تستهلك عدة آلاف من خلايا البكتيريا في اليوم الواحد، وتهاجم كائنات أخرى أنواعاً عديدة من الطحالب . تعمل البكتيريا والفطريات على تدمير جدر خلايا وخيوط أنواع مختلفة من الطحالب. ومع هذا فإن بعض أفراد الطحالب يظهر مقاومة ملحوظة. ويبدأ هذا الهجوم بواسطة الإنزيمات التى تفرزها الكائنات غير ذاتية التغذية والتى تعمل على تفكك جدار الخلية الذى على أثره تفقد بقية مكونات الخلية القدرة على الاحتفاظ بوحدتها التركيبية (شكل: 2-3). وتفرز بعض الكائنات الحية الدقيقة مواداً سامة (Toxic substances) ومضادات حيوية (Antibiotics) وبذلك تتخلص من بعض الميكروبات وتخرجها من دائرة التنافس (على مصادر الغذاء). وتهاجم بعض الفيروسات (Bacteriophage) خلايا البكتيريا مما يؤدى إلى هلاكها وانتشار ذلك الفيروس في خلايا بكتيرية أخرى.

12-2 العوامل الأخرى التى تؤثر على الميكروبات

(أ) عمق التربة: تزداد أعداد الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفطريات والطحالب كلما ازداد عمق التربة بين 3-35 سم من سطح التربة ثم تبدأ في التناقص.

(ب) الغطاء النباتى : في الترب الزراعية تزداد أعداد البكتيريا في الطبقة التي تلي القشرة السطحية مباشرة . توجد أعلى كثافة للبكتيريا في ترب الغابات والحدائق في عمق 1-5 سم وذلك بسبب وفرة الظل والماء وأثر الريزوسفير.

(ت) تدخل الإنسان : وهو عامل غير مباشر يؤثر على الكائنات الحية وذلك عن طريق إضافة الأسمدة والمبيدات وإضافة المخصبات واستخدام الآليات الزراعية.

(ث) تأثير العوامل المشتركة : تؤثر العوامل الفيزيائية والكيمائية مجتمعة على الكائنات الحية. وقد تتدخل في التأثير؛ فمثلاً تغيير الحرارة اللازمة لتعقيم وسطٍ ما باختلاف رقم pH فيه، إذ إنه في حالة انخفاض pH يحتاج الوسط غالبا إلى درجة حرارة أقل أو زمن تعريض أقصر مقارنا بالوسط نفسه إذا كانت رقم pH فيه أكثر ارتفاعاً. وتأثير الأشعة السينية (X Ray) يكون شديداً بوجود الأكسجين . إن التعقيد الحاصل من تداخل تأثير مختلف العوامل يجعل من الصعوبة تحديد الشروط المثالية الكلية للأحياء الدقيقة.

(ج) تؤثر عوامل أخرى كثيرة على كائنات التربة ونشاطها منها: (i) التأثير المتبادل لمجموعات ومجتمعات التربة (ii) إضافة المواد الغذائية ومصادر الطاقة (iii) إفرازات الجذور (Root exudates) (iv) طبيعة التربة و(v) المضادات الحيوية وغيرها.

(ح) إذا لم تتوفر العوامل آنفة الذكرفي بيئة معينة فإن هذا لايعني انتهاء النشاط الميكروبي، ولكن قدّر الله تعالى أن يجعل لكل وسط مهما قست ظروفه أن تكون هنالك كائنات حية، أودع فيها من أسراره ما جعلها تعيش عيشة لايستطيعها غيرها، ومن أمثلة ذلك ما يوضحه الجدول 2-9.

جدول 2-9 أمثلة للكائنات التى تنمو في ظروف قاسية

الجنس	الاسم الوصفي	الظرف القاسي
Pyrolobus	محبة الحرارة العالية Hyperthermophile	حرارة عالية جدا Very high temperature
Olaromonas	محبة البرودة Psychrophile	حرارة منخفضة جدا Very low temperature
Picrophilus	Acidophile محبة الحموضة	Very low pH حموضة عالية جدا
Natronobacterium	Alkaliphile محبة القلوية	Very high pH قلوية عالية جدا
Moriteila	Barophile محبة الضغط	High Pressureالضغط العالي
Halobacterium	Halophile محبة الملوحة	High salinity الملوحة العالية

13-2 الوسط المثالي لنشاط الميكروبات

إن الكائنات الحية الدقيقة في التربة، في حالة تنافس مستمر على المواد العضوية والغذائية الموجودة. ويعتمد امتصاص هذه الكائنات للمواد العضوية والغذائية الموجودة على درجة الحرارة والرطوبة والملوحة والحموضة ومستوى المواد الغذائية وتركيزها في التربة. ومن الصعب جداً أن نحدد أو نعرف الوسط الأمثل لكل كائن حي دقيق وذلك ببساطة لاختلاف المجموعات والمجتمعات بالتربة. وعموماً فإن الكائنات الحية الدقيقة توجد بأعداد كثيرة جداً في التربة التى تتوفر فيها الظروف الآتية :-

(أ) أن تكون رطوبة التربة في درجة قريبة من السعة الحقلية.

(ب) أن يكون رقم الأس الهايدروجينى قريب من رقم التعادل (pH =7).

(ت) أن يكون تركيز المواد الغذائية مناسباً.

(ث) أن تكون درجة الحرارة التربة بين 25-37° م.