علم الأحياء المجهرية في التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki
قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

نشوء وتطور علم أحياء التربة المجهرية:

تعرف التربة من قبل المختصين في بايولوجية التربة بأنها الجزء العلوي للقشرة الأرضية والذي تكون بفعل مجموعة من العوامل والعمليات الخاصة أطلق عليها عوامل وعمليات تكوين التربة وقد حددت تلك العوامل بخمسة عوامل هي مادة الأصل والمناخ والأحياء والطوبوغرافية والزمن. إن تفاعل هذه العوامل مع بعضها إضافة إلى مجموعة من العمليات الأخرى بمرور الزمن ينتج عنها ترب تختلف في صفاتها من موقع إلى آخر ومن عمق إلى آخر. وبصورة عامة جميع الترب تتكون من جزء معدني وجزء عضوي وماء وهواء وأحياء دقيقة، هذه المكونات الخمسة التي تشتمل عليها أية تربة تكون في حالة تغير ديناميكي مستمر. وعلى الرغم من أن نسبة ما تشغله الأحياء المجهرية من حجم التربة يعتبر ضئيلا)1%(إلا أن دورها يعتبر أساسي ا في معظم التحولات التي تجري داخل التربة. وتعد التربة مكان ا وبيئة ملائمة لنمو وتكاثر أنواع مختلفة من الأحياء الدقيقة)مثل البكتريا والأكتينومايسيتات والفطريات والطحالب والابتدائيات(، كذلك للأحياء الأخرى الأكبر حجما مثل النباتات الخضراء والحيوانات.

لقد لاحظ الإنسان من خلال تجاربه أن زراعة البقوليات تزيد خصوبة التربة، كما أن إضافة المادة العضوية للتربة)المخلفات الحيوانية والنباتية(في الأوقات المناسبة تسبب زيادة في خصوبة التربة، كما لاحظ أن حراثة التربة بالشكل الصحيح والسيطرة على كميات مياه الري تعطي نتائج إيجابية تنعكس في زيادة إنتاج المحاصيل الزراعية ،فكل هذه الأمور جذبت إنتباه الإنسان. وبتطور المعرفة، وفي نهاية القرن السابع عشر إزداد اختلاف وجهات النظر بين الباحثين، حيث إعتقد المختصين في علم الكيمياء أن عمليات تحول المركبات الكيميائية داخل التربة هي عمليات كيميائية بحتة وليس للأحياء)المجهرية(أي دور في عمليات التحول، في حين كانت آراء البعض الآخر على العكس من ذلك ،فمع إختراع المجهر ونشوء علم الأحياء الدقيقة بدأت تظهر مفاهيم جديدة فسرت عمليات التحول التي تجري في التربة على أنها عمليات تحول لا تتم بمعزل عن الأحياء الدقيقة وأن قسم ا منها لا يمكن أن تتم بدون وجود تلك الأحياء.

يعتبرالعالم لويس باستور) 1822- 1895(من أوائل العلماء الذين أشاروا إلى دور الأحياء الدقيقة في عمليات التحول التي تجري داخل التربة وقد ركز على عمليات تحلل المادة العضوية في التربة و بشكل خاص على عمليات التخمر والتعفن والإنحلال وذكر أن هذه العمليات تتم بوجود الأحياء الدقيقة، كما بين أن عمليات التحلل لا تعتمد على طبيعة الأحياء المجهرية فحسب وإنما أيض ا على طبيعة الظروف البيئية المحيطة.

وفي عام 1877 أجرى كل من العالمين Schloesing و Muntz تجربة أثبتا من خلالها أن عملية النترجة Nitrification)أكسدة الأمونيوم إلى نترات(هي عملية حيوية تتم بوساطة الأحياء المجهرية وأن هذه العملية تتوقف إذا تم قتل تلك الأحياء.

ويعد العالم Fleming (1929) أول من إكتشف البنسلين، الذي ينتج حيوي ا من قبل الفطر *Penicillium notatum* الذي أمكن عزله من التربة.

كما إهتم العالم Lockhead بدراسة طرق تغذية بكتريا التربة إضاف ة إلى إهتمامه بدراسة الأحياء المجهرية في منطقة الرايزوسفير Rhizosphere) منطقة إنتشار الجذور(.

UNIVERSITY OF ANBAR 1987 1408

أما العالم Thom (1951 –1872) فقد إهتم بدراسة فطريات التربة وتصنيفها ،ومنذ ذلك الحين يشهد علم أحياء التربة المجهرية كغيره من العلوم تطورات مستمرة.

مكونات التربة:

١- المادة المعدنية: وتشمل الحبيبات الصخرية المفتتة بالإضافة إلى العناصر المعدنية مثل الكاربون والبوتاسيوم والفوسفور والحديد وغيرها.
٢- المادة العضوية: الناتجة من تحلل المواد العضوية.
٣- هواء التربة: وهو الفراغات البينية بين حبيبات التربة.
٤- مياه التربة بأنواعها.
٥- الأحياء الدقيقة: وهي تزيد في الأراضي الزراعية مقارنة بالأراضي البور، لأنها تحتوي على نسب عالية من المواد العضوية. ومن أمثلة الكائنات الحية الدقيقة الفطريات والبكتيريا والنيماتودا .

الكائنات الحية الدقيقة في التربة:

تشتمل مجاميع أحياء التربة المجهرية مايأتي: البكتريا)والتي تمتاز بتنوعها وتنوع متطلباتها لذلك فهي تحتل مكانة مميزة بين بقية أحياء التربة المجهرية(والأكتينومايسيتات والفطريات والطحالب والبروتوزوا والفيروسات . وتختلف هذه المجاميع في أعدادها وفي أشكالها وتركيبها وتوزيعها، كما تختلف في متطلباتها الحياتية .وقد تحتوي التربة على أعداد كبيرة من البكتريا تصل إلى ملايين الخلايا في الغرام الواحد من التربة، وتشمل:

أولاً: البروتوزوا)الإبتدائيات(Protozoa:

البروتوزوا هي أبسط الحيوانات التي تتميز بكونها حيوانات بدائية وحيدة الخلية يتراوح حجم العديد من أنواعها بين عدة مايكرومترات إلى سنتمتر أو أكثر، وبصورة عامة تكون الأنواع التي تعيش في التربة أصغر حجم ا من الأنواع المنتشرة في المياه .وتعتبر هذه الحيوانات حقيقية النواة Eukaryote، أما بالنسبة إلى تغذيتها فهي متغايرة التغذية الكيميائية Chemo-heterotrophs باستثناء بعض الأجناس الحاوية على الكلوروفيل ،وتتضمن دورة حياة العديد من البروتوزوا مرحلتين تكون الأولى نشطة)Trophozoite(حيث تتغذى وتتكاثر أثنائها، والثانية مرحلة سكون Cyst يتكون فيها غلاف سميك يحيط بخلاياها ،ويتمكن الطور الساكن من مقاومة الظروف البيئية غير المناسبة لسنوات في بعض الأحيان .وتتكاثر البروتوزوا عادة لاجنسي ا بإنقسام الخلية الأم طوليا أو عرضي ا إلى خليتين متشابهتين وتتبادلان الصفات الوراثية وفي النهاية تتكون خليتان جديدتان ،وتنتشر هذه الحيوانات في جميع الترب .

تقسيم إبتدائيات التربة:

توجد في التربة ثلاث مجاميع رئيسية من الإبتدائيات، وهذه المجاميع الثلاث تصنف حسب حركتها إلى:

1- **مجموعة السوطيات Mastigophora أو الـ Flagellates:**

تعتبر أكثر المجاميع في التربة وتشمل الأجناس التي تتحرك بوساطة سوط واحد أو أكثر)1-4(وتقسم سوطيات التربة الى قسمين:

1987 1408 UNIVERSITY OF ANBAR

أ- سوطيات نباتية Phytomastigophora:

وهي تمتاز بإحتوائها على الكلوروفيل لذلك فهي تمتلك القدرة على التمثيل الضوئي مثل مجموعة Euglena والتي تعرف بالسوطيات الشبيهة بالطحالب.

ب- سوطيات حيوانية Zoomastigophora:

وتمتاز بعدم إحتوائها على الكلوروفيل وتتغذى عادة تغذية عضوية إما على المواد العضوية أو بالإفتراس. ومن أشهر الأجناس الشائعة في التربة *Euglena* و *Tetramitus* و *Cercoboda*.

2- الأميبات Sarcodina أو Amoebae:

أجناس هذه المجموعة تتحرك بوساطة الأقدام الكاذبة، وهي بروزات بروتوبلازمية مؤقتة تمتد من الخلية، لذلك فإن أشكال أفراد هذه المجموعة دائمة التغير لعدم وجود جدار خارجي صلب ولإنبساط وإنكماش الأقدام الكاذبة ،ومن أهم الأجناس السائدة في التربة *Euglypha* و *Naegleria* و *Biomyxa*.

3- مجموعة الهدبيات Ciliates أو Ciliphora:

تتحرك أفراد هذه المجموعة نتيجة إهتزاز الشعيرات المحيطة بخلاياها والتي تعرف بالأهداب والتي عادة تكون قصيرة وكثيرة العدد قد تصل إلى الآلاف، ومن أشهر الأجناس التابعة لهذه المجموعة *Uroleptus* و*Balantiophorus* و *Colpoda* وتعتبر من أقل المجاميع إنتشارا في التربة.

التغذية:

تحصل بعض الأنواع المحدودة على الطاقة اللازمة لنموها من خلال تصنيعها عن طريق التمثيل الضوئي وهي بذلك تعتبر ذاتية التغذية الضوئية، أما الغالبية العظمى من البروتوزوا فهي تتغذى على المادة العضوية التي تكون بهيئة مواد عضوية ذائبة في بعض الأحيان، أما النوع الأكثر شيوع ا فهو التغذية بعملية الإفتراس حيث تقوم البروتوزوا بإلتهام الخلايا البكتيرية والطحالب والخمائر حيث تعتبر البكتريا أهم الفرائس المفضلة ،إذ تحيط البروتوزوا بالفريسة داخل فجوات لتتم عملية هضمها داخل الجسم.

تنتشر البروتوزوا في الطبقة السطحية من التربة بحدود 15 سم الأولى ،وتستطيع البروتوزوا إلتهام أعداد كبيرة جد ا من البكتريا تصل إلى عشرات الآلاف لكي تتم إنقساما واحدا ،وتساعد إضافة المادة العضوية للتربة بشكل مباشر على زيادة أعداد البروتوزوا، وتعتبر رطوبة التربة عاملا مهم ا خصوص ا بالنسبة للطور النشط - حيث تلجأ البروتوزوا إلى السكون في حالة إنخفاض الرطوبة. وأكثر المجاميع تأثر ا هي الهدبيات في حين تعتبر السوطيات أكثر المجاميع تحم لا ، كما تستطيع البروتوزوا المعيشة ضمن مدى واسع من pH التربة ،وتعتبر البروتوزوا مهمة للحفاظ على التوازن الميكروبي والتقليل من أعداد البكتيريا السائدة وبذلك تعطي فرصة أفضل للبكتيريا الأقل قدرة على التنافس، كما تمتاز بعض الأجناس بأن لها القدرة على إحداث إصابات مرضية للنبات والحيوان والانسان.

ثانياً: الطحالب Algae:

تنتشر الطحالب في جميع أنواع الترب ولكن أعدادها أقل من أعداد البكتيريا والفطريات، ونظر ا لقلة أعدادها بالدرجة الأساسية فانها لم تنل إهتماما كبير ا من قبل علماء الميكروبايولوجيا الأوائل. تتميز الطحالب عن بقية الأحياء الدقيقة بكونها أحياء ذاتية التغذية تستطيع القيام بعملية التمثيل الضوئي ومنها تستطيع الحصول على الطاقة .ويكثر إنتشار الطحالب في المناطق الرطبة المعرضة للضوء، كما وجد أن بعض السلالات تستطيع التواجد تحت

سطح التربة .وبصورة عامة فإن الطحالب الموجودة في التربة إما أن تكون وحيدة الخلية أو تكون شريطية وهي عموما أبسط تركيبا وأصغر حجما من الطحالب المائية، وأشهر مجموعات الطحالب الرئيسية المنتشرة في التربة تتضمن:

١- الطحالب الخضر Chlorophyta.

2- الدايتومات Diatoms (Bacillariophyta).

٣- الطحالب الخضر المصفرة Xanthophyta.

٤- الطحالب الخضر المزرقة Cyanophyta.

تسود عادة الطحالب الخضر والدايتومات على باقي الطحالب الأخرى في ترب المناطق المعتدلة، بينما تسود الطحالب الخضر المزرقة في ترب المناطق الحارة .وتمتاز الطحالب بقدرتها على التغذية الذاتية التي تعود لإمتلاكها صبغة الكلوروفيل، وتحتاج الطحالب إلى النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكبريت والحديد وبعض العناصر النادرة، أما الكاربون فتحصل عليه من الجو بصورة CO_2، كما تمتلك بعض الطحالب القدرة على التغذية غير الذاتية عندما تعيش تحت سطح التربة بعيدا عن الضوء، حيث تلجأ إلى تحليل المواد العضوية، ولكن حتى هذه الطحالب يكون نشاطها قليل في غياب الضوء ويزداد نشاطها بوجود الضوء وتعود للتغذية الذاتية.

تنتشر الطحالب في الطبقة السطحية للتربة والصخور، وعلى الرغم من وجود بعض أنواع الطحالب التي تستطيع التواجد على أعماق 50 - 100 سم تحت سطح التربة ،إلا أن أعدادها تتأثر برطوبة التربة حيث يمكن مشاهدتها بأعداد كبيرة في الترب الرطبة والغدقة.

تتأثر بعض مجاميع الطحالب بدرجة كبيرة بـ pH التربة، فمثلا يقل وجود الدايتومات في الترب الحامضية في حين تزداد في الترب المتعادلة والقاعدية ،ويعتبر pH = 6 عاملا محددا لإنتشارها تقريبا . وفي حالة الطحالب الخضر المزرقة فيعتبر pH 7-10 أفضل مدى لنموها، أما الطحالب الخضر فأقل تأثرا بـ pH التربة .

تعتبر درجات الحرارة المعتدلة أفضل درجة حرارة ملائمة لنمو الطحالب، لذلك تزداد أعدادها في الربيع بالدرجة الأساسية ، ويحد التجمد من نمو هذه الأحياء ،كما تتأثر الطحالب بالمبيدات التي تستخدم لقتل الحشائش ،ويمكن أن تهاجم الطحالب من قبل البكتريا والفطريات والأكتينومايسيتات والبروتوزوا والنيماتودا وديدان الأرض.

<u>الطحالب الخضر Chlorophyta</u>: تمتاز الطحالب الخضر بالمميزات الآتية:

١- تحتوي حوامل الصبغات التي تعرف بـ Chromatophores التي تحمل اللون الأخضر المميز.

٢- تحتوي على صبغة الزانثوفيل والكاروتين.

٣- تتواجد على شكل كائنات وحيدة الخلية أو خيطية بسيطة التركيب.

٤- تعتبر أكثر مجاميع الطحالب إنتشارا في التربة.

٥- بعضها يمتلك تراكيب حركية كالأسواط كما في الكلاميدوموناس.

6- من أشهر الأجناس الموجودة في التربة *Chlamydomonas* و *Chlorella* و *Chlorococcum*.

٧- بعض الأجناس الموجودة في التربة تستطيع التكاثر بالإنشطار أو بطريقة جنسية.

<u>الدايتومات (Bacillariophyta) Diatoms</u>: وتمتاز بما يأتي:

١- توجد بشكل كائنات وحيدة الخلية أو في مستعمرات.

٢- تحاط بطبقة خارجية من السليكا والبكتين وجدرانها تتكون من مصراعين.

٣- يكثر وجودها في الترب المتعادلة والقلوية في المناطق معتدلة الحرارة.
٤- يمكن أن تتكاثر جنسي ا ولاجنسي ا .
٥- معظمها غير متحرك.
٦- أكثر الأجناس شيوع ا هما الـ *Cymbell* و *Surirella*.

الطحالب الخضر المصفرة Xanthophyta: وتتميز بـ:

١- تعتبر أقل مجاميع الطحالب أهمي ة في التربة وأقلها تواجد ا .
٢- تحتوي خلاياها على تراكيب حاملة للصبغات عدسية أو قرصية الشكل.
٣- التكاثر الجنسي نادر الحدوث في هذه الطحالب.
4- أكثر الأجناس شيوع ا *Heterothrix* و *Heterococcus*. هو

الطحالب الخضر المزرقة Cyanophyta:

تعتبر الطحالب الخضر المزرقة حلقة الوصل بين البكتيريا والنباتات الخضر، وتصنف ضمن البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية، وتعد حسب تصنيف بيرجي Bergey ضمن البكتيريا الممثلة للضوء المنتجة للأوكسجين Oxygen Phototrophic Bacteria، وتقدر أنواعها بحوالي 2000 نوع، منها ماهو وحيد الخلية ومنها الذي يعيش على شكل مستعمرات خيطية غالب ا ، ويتميز بعض أنواعها بقدرته على تثبيت النتروجين الجوي.

تعتبر الطحالب الخضر المزرقة أكبر حجم ا من البكتيريا وهي هوائية وبعضها يستطيع تحمل ظروف لاهوائية، أما أهم ما تمتاز به الطحالب الخضر المزرقة فهو:

١- تعتبر غير حقيقية النواة.
٢- خلوها من الأسواط وحركتها إنزلاقية.
٣- إحتوائها على صبغة الـ Phycocyanin الزرقاء فضلا عن صبغة الكلوروفيل)أ(وصبغات أخرى مثل Phycoerythrin إضافة إلى صبغة الكاروتين والزانثوفيل.
٤- وجود مواد غذائية مخزنة على شكل بروتين تعرف بـ Cyanophycin.
٥- تستطيع التكاثر بعدة طرق خضرية وجنسية ولاجنسية.
٦- أشهر الأجناس الشائعة في التربة *Anabaena* و *Nostoc* و *Calothrix*.

أهمية الطحالب:

١- تلعب الطحالب دور ا مهم ا في عملية التجوية الحيوية للصخور، فهي أول أنواع النباتات التي تستطيع النمو على الصخور وعند موتها وتحللها من قبل البكتيريا والفطريات فإن الأحماض الناتجة يمكن أن تساهم في تجوية الصخور وكذلك فإن حامض الكاربونيك الناتج عن ثاني أوكسيد الكاربون بفعل تنفسها يمكن أن يساهم في تحلل الصخور.
٢- تساهم في زيادة محتوى التربة من المادة العضوية فهي تستطيع تحويل المركبات غير العضوية إلى مركبات عضوية.

٣- يمكن أن تساهم في تثبيت مجاميع التربة السطحية وتقلل من إحتمالات تعرية التربة.

٤- تساهم الطحالب الخضر المزرقة المنتشرة في حقول الرز بدرجة كبيرة في توفير الأوكسجين اللازم لتنفس نبات الرز.

٥- تساهم بعض أجناس الطحالب الخضر المزرقة في تثبيت النتروجين الجوي خصوص ا في مزارع الرز حيث يتم تلقيح هذه المزارع في كثير من بلدان جنوب شرق آسيا ببعض أجناس تلك الطحالب، فعلى سبيل المثال أمكن زيادة إنتاج الرز في العديد من تلك البلدان بنسب تتراوح بين 14 - 20 % بعد تلقيح المزارع ببعض أجناس الطحالب الخضر المزرقة.

٦- تعتبر الطحالب غذاء ا للعديد من الأحياء مثل البكتيريا والفطريات والنيماتودا وديدان الأرض.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

علم احياء مجهرية التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki
قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

ثالثاً: الفطريات Fungi:

تنتشر الفطريات في التربة بأعداد أقل من أعداد البكتيريا وعلى الرغم من ذلك فإنها تشكل الجزء الأكبر من الكتلة المايكروبية في التربة وخصوصا المزروعة جيدة التهوية .وتعتبر المسؤول الأول عن تحلل المواد العضوية في التربة. كما تزداد أعدادها وتنوعها عند إضافة السماد الأخضر للتربة، وتعد رطوبة التربة من العوامل المحددة لإنتشار الفطريات)عند نقصان الرطوبة يؤدي ذلك إلى انخفاض أعداد وأنواع الفطريات في التربة.(

تنمو الفطريات على صورة هايفات كثيفة متشابكة مكونة نسيجا يعرف بالميسيليوم Mycelium ، والميسيليوم إما أن يكون مقسم ا بجدران عرضية أو يكون غير مقسم، وفي الحالة الثانية يكون سايتوبلازم هايفات الفطر كتلة واحدة تحوي على العديد من الأنوية ،وتختلف الهايفات في الفطر عن هايفات الأكتينومايسيتات بسمكها الذي يبلغ أكثر من 5 مايكرون ،تكون الهايفات نوعان خضرية وثمرية، وتحمل الهايفات الثمرية الجراثيم عادة)السبورات(الجنسية واللاجنسية ،وتكون الجراثيم الجنسية محدودة الانتشار، أما الجراثيم اللاجنسية فهي واسعة الانتشار ،وتلعب أشكال وأحجام الفطر ونوع الجراثيم)السبورات(التي يستطيع إنتاجها وطبيعة التراكيب الحافظة لتلك السبورات دور ا مهم ا في تصنيف الفطريات .

كما تلعب الفطريات بالإشتراك مع البكتيريا دور ا مهم ا في التربة، حيث تعتبر مسؤولة بالدرجة الأساسية عن تحلل المواد العضوية في الترب الحامضية، كما أن أعدادها تزداد بشكل كبير جدا في ترب الغابات والترب الغنية بالمواد العضوية.

كما أن الفطريات تكون لها السيادة على بقية الأحياء الدقيقة في الترب الحامضية بسبب عدم قدرة معظم مجاميع البكتيريا على النمو في تلك الظروف، في حين تتمكن الفطريات من النمو في تلك الظروف. كما تمتاز معظم الفطريات بتحملها لمدى واسع من الـ pH إذ أن هناك فطريات تستطيع العيش في ظروف قاعدية، أما درجة الحرارة فمعظم الفطريات محبة للحرارة المعتدلة مع وجود بعض الأنواع المحبة للحرارة العالية وبعضها الآخر يستطيع النمو حتى في درجات حرارة واطئة تصل إلى 6 درجات مئوية، كما أن وفرة الأوكسجين ضرورية للفطريات لأنها أحياء هوائية.

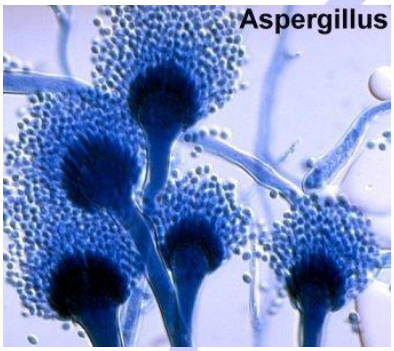
تصنيف الفطريات:

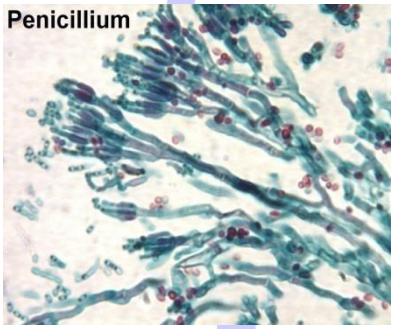
تقع الفطريات تحت مملكة تعرف بالـ Mycota والبعض منها تحت الـ Protesta، ويقسم الباحثون الفطريات إلى عدة صنوف، والأسس المعتمدة في عملية التصنيف هي طرق التكاثر ونوع السبور الجنسي. ومن هذه الصنوف:

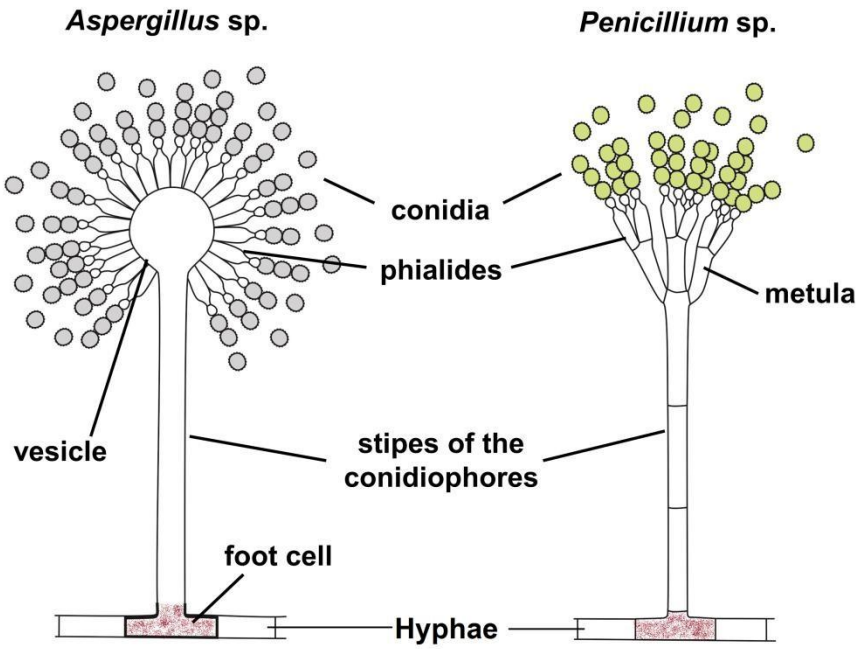
1- **الفطريات الناقصة Hyphomycetes أو Deuteromycetes**:

تتميز الأجناس التابعة لهذا الصنف بأنها تتكاثر لاجنسيا فقط)بتكوين الكونيدات(المحمولة على حامل الكونيدات Conidiophore ، ويمتاز ميسيليوم الأجناس التابعة لهذا الصنف بكونه مقسم ا ، ومنها *Penicillium* و *Aspergillus* و *Alternaria* و *Fusarium* و *Rhizoctonia*.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



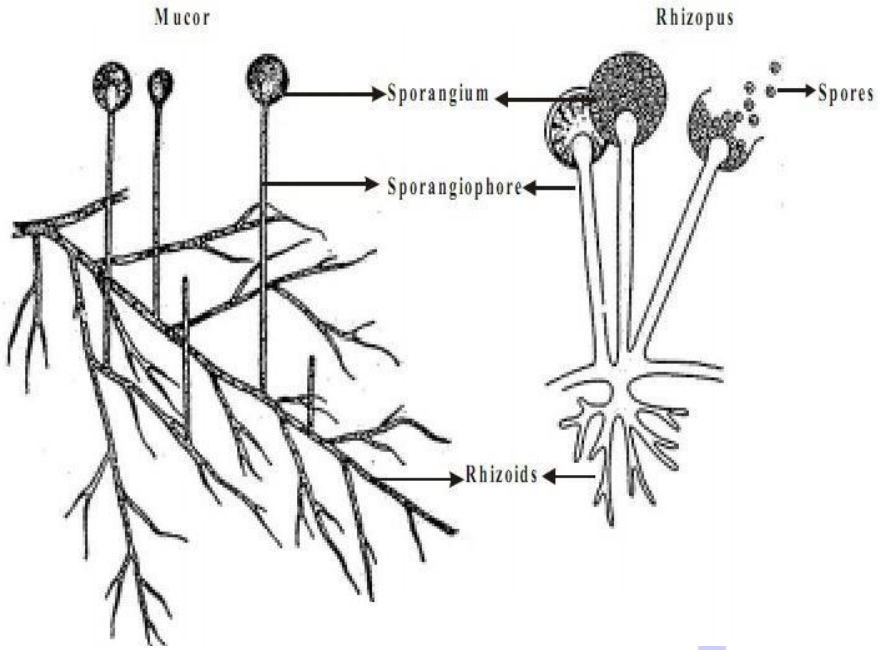


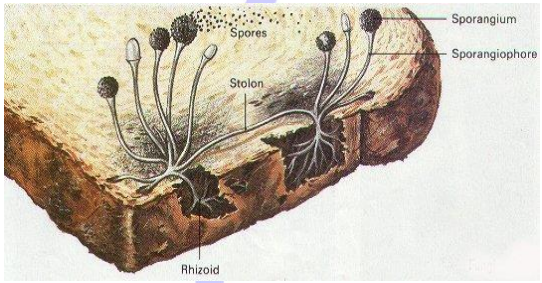


٢- الفطريات الزيجية Zygomycetes:

تتميز بتكوينها جراثيم جنسية زيجية تعرف بالـ Zygospores، كما أن الميسيليوم غير مقسم بحواجز، ويمكنها أن تتكاثر جنسيا ولاجنسيا ، ومن أشهر الفطريات الزيجية جنس الميوكر *Mucor*.

جامعة الأنبار
1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR





أما بقية الأصناف فعلى الرغم من تواجدها في التربة إلا أنها ليست متوطنة أي أنها تبقى لفترة في التربة حتى تجد العائل المناسب لها ومنها الفطريات البازيدية Hymenomycetes والفطريات البيضية Oomycetes. أما بالنسبة للخمائر Yeast والتي هي فطريات وحيدة الخلية تتكاثر بالتبرعم أو الإنقسام وبعضها الآخر يستطيع أن يتكاثر جنسي ا فإن أعدادها ونشاطها في التربة محدود إذا ما قورن بالفطريات الأخرى ومن أشهر الخمائر التي يمكن أن توجد في التربة هي الـ *Candida* و *Pichia*.

أهمية الفطريات في التربة:

١- تساهم الفطريات بشكل فعال في تحلل المواد العضوية حيث تستطيع العديد من الأنواع الفطرية إستخدام وتحليل العديد من المركبات العضوية مثل السليلوز والبكتين واللجنين والهميسيليلوز، كما تلعب دور ا كبير ا في تحلل أنسجة الخشب.

٢- تستطيع الفطريات صنع مواد مشابهة لمادة التربة العضوية.

٣- تساهم في التحولات المعدنية في التربة، فمثلا بعض الفطريات لها القدرة على تحويل صور الفوسفور غير الجاهز والمثبت إلى صور جاهزة للإمتصاص من قبل النبات.

٤- تساهم الفطريات في زيادة ثباتية التربة حيث تقوم بعملية الربط الميكانيكي لدقائق التربة عن طريق الهايفات.

٥- تساهم العديد من الفطريات في عملية تحول المركبات البروتينية والأحماض الأمينية إلى أمونيا.

٦- تلعب بعض أنواع الفطريات التكافلية والتي تعرف بالمايكورايزا Mycorrhiza والتي تعيش متكافلة مع جذور النباتات دور ا مهم ا في زيادة قدرة النباتات على إمتصاص الماء والعناصر الغذائية وبالمقابل تستفيد من الكاربوهيدرات والفيتامينات التي تكونها تلك النباتات، وهذه الفطريات يمكن أن تمتد لتتغلغل في المسافات البينية الموجودة بين خلايا الجذر، وبعضها يخترق خلايا الجذر نفسها.

٧- هناك بعض الأنواع مفترسة أو متطفلة ، لها أهمية في التوازن البيئي الطبيعي للأحياء الدقيقة في التربة.

UNIVERSITY OF ANBAR

٨- البعض ممرض للنبات وله القدرة على البقاء في حال غياب المحصول الأصلي والظروف غير الملائمة كالأجسام الحجرية (*Sclerotia*) ومن الفطريات التي تبقى لمدة طويلة في التربة في غياب المحصول *Fusarium* و *Rhizoctonia* و *Phytophthora*. فضلا عن أن بعض الفطريات يمكن أن تسبب أمراض نباتية أو حيوانية أو حتى تصيب الإنسان.

رابعاً: الأكتينوماسيتات Actinomycetes:

وهي مجموعة من البكتيريا تعيش في الطبقة السطحية من التربة لها دور في تحلل المواد العضوية. تعتبر الاكتينومايسيتات إحدى المجاميع التابعة للبكتريا، ولأهميتها وبسبب إمتلاكها صفات تشترك مع البكتريا وأخرى تشترك مع الفطريات فقد تم فصل هذه المجموعة من الأحياء الدقيقة للتركيز على دراستها، وطبق ا لتقسيم بيرجي فإن هذه المجموعة من الأحياء تقع تحت البكتيريا الموجبة لصبغة كرام ذات الشكل المعقد Gram positive filamentous bacteria of complex morphology والسبب في تصنيفها ضمن البكتيريا على الرغم من إمتلاكها بعض الصفات المشتركة مع الفطريات يعود إلى النقاط الآتية:

١- قطر الهايفات مسا و تقريب ا لقطر خلية البكتيريا.

٢- تركيب الجدارالخلوي مشابه لحد كبير لتركيب جدار الخلية البكتيرية.

٣- تركيبها الخلوي مشابه للبكتريا، حيث تعتبر من نوع بدائية النواة Prokaryotes.

٤- خلوها من الغشاء النووي ومن المايتوكوندريا.

٥- تركيب الأسواط في حالة وجودها مشابه لما في البكتيريا.

٦- بعض أنواعها تكون جراثيم داخلية مقاومة للحرارة مثل البكتيريا.

٧- بعض أنواعها لها القدرة على تثبيت النتروجين الجوي تكافلي ا مع جذور بعض النباتات غير البقولية وهذه الصفة تختص بها الأحياء بدائية النواة.

أما بالنسبة لأهم الصفات المشتركة التي تجمعها بالفطريات فهي:

١- الأكتينوماسيتات الراقية تتميز بخاصية التفرع الكثير الذي تتميز به الفطريات.

٢- الكثير من أنواع الأكتينومايسيتات تك و ن مايسليوم هوائي وكونيدات، تمام ا كما هو الحال بالنسبة للفطريات.

٣- عند تنمية الأكتينومايسيتات في أوساط سائلة فإنها نادرا ما تك و ن عكارة وإنما تكون على شكل كتل متجمعة أو كرويات صغيرة.

تنتشر الأكتينومايسيتات بشكل واسع في التربة كما تنتشر في الأسمدة العضوية والوحل وقيعان البحيرات وتأتي بالدرجة الثانية من حيث الانتشار بعد البكتيريا في التربة وقد تزداد أعدادها لتشكل 95% من مجموع الأحياء الدقيقة في الترب القلوية ،إن معظم أنواع الأكتينومايسيتات تعتبر رمية التغذية والبعض القليل يعيش متطفلا على الحيوانات والنباتات والانسان ،وتمتاز الأكتينومايسيتات بقدرة كبيرة على تحليل المركبات العضوية المعقدة مثل البكتين واللجنين، لذلك يمكن إستخدام أوساط زرعية تحتوي على البكتين لغرض إكثار وعزل الأكتينومايسيتات، وتكون أعداد الأكتينومايسيتات كبيرة جد ا في المناطق المعتدلة وتنخفض بشكل كبير في الترب الباردة وترب المناطق الحامضية .كما تستطيع الأكتينومايسيتات تحمل ظروف جفاف شديدة بسبب لجوءها إلى تكوين كونيدات تتحمل الظروف الصعبة لفترة طويلة قد تصل إلى عدة سنين في حين تنخفض أعدادها بشكل كبير في الترب الرطبة لأن أغلب أنواعها هوائية .

UNIVERSITY OF ANBAR

تتأثر أعداد الأكتينومايسيتات بشكل مباشر بوجود الصور المناسبة من الكاربون فقد وجد أن أعداد الأكتيونومايسيتات تزداد في الترب الحاوية على نسبة عالية من الدبال أو المادة العضوية مقارنة بالترب الأخرى، كما تتأثر هذه المجموعة من الأحياء الدقيقة بشكل كبير بحموضة التربة فتنخفض أعدادها بشكل كبير في الترب الحامضية، فقد لوحظ أن معظم سلالات الجنس *Streptomyces* لايمكنها أن تتكاثر عند إنخفاض pH التربة إلى أقل من 5 لذلك يمكن التقليل من شدة الإصابة ببعض الأمراض التي تسببها بعض الأنواع التابعة لجنس *Streptomyces* مثل مرض جرب البطاطا باللجوء الى خفض pH التربة، ففي دراسة علمية وجد أن مرض جرب البطاطا الذي يسببه الجنس *Streptomyces scabies* يصيب 80 - 90 % من الدرنات عندما كان pH التربة يتراوح بين 5.6 - 7 ، في حين إنخفضت نسبة الدرنات المصابة إلى أقل من 30 % عند إنخفاض قيمة pH التربة إلى 5.5 .

تمتاز معظم أنواع الأكتينومايسيتات بكونها محبة للحرارة المعتدلة وتعتبر درجة حرارة 28 ـ 37 مئوي هي درجة الحرارة المثلى لمعظم تلك الأنواع وقد وجد في أغلب الأحيان أن إرتفاع درجة الحرارة عن 39 مئوي يؤدي إلى توقف نمو معظم الأنواع المحبة للحرارة المعتدلة، كما أن إنخفاض درجة حرارة التربة عن 5 مئوي يؤدي أيض ا إلى توقف نموها.

أهم أجناس الأكتينومايسيتات:

السنوات الماضية م كنت الباحثين من التعرف على مجموعات من الأكتينومايسيتات لم تكن معروفة سابقا ، وبصورة عامة يمكن أن نستعرض أهم تلك الأجناس بما يأتي:

١- ***Streptomyces*:** الأنواع التابعة لهذا الجنس تشكل عادة حوالي 70 - 90 % من المجموع الكلي للأكتينومايسيتات الموجودة في التربة والتي تستطيع النمو على مزارع الوسط الصلب، ويمتاز هذا الجنس بكونه يك و ن هايفات غير مج ز ئة كما يحتوي على مايسليوم هوائي طويل يك و ن سلاسل من الجراثيم الكونيدية.

٢- ***Nocardia*:** يمثل هذا الجنس 10 - 30 % من مجموع الأكتينومايسيتات في التربة، تمتاز الأنواع التابعة لهذا الجنس بإمتلاكها ميسيليوم بدائي في مراحل النمو الأولى سرعان ما يتجزأ إلى خلايا قصيرة عصوية الشكل وتكون شبيهة الشكل بالبكتيريا الحقيقية.

٣- ***Micromonospora*:** يمثل هذا الجنس 1 -15 % من مجموع الأكتينومايسيتات النامية على مزارع الوسط الصلب، وتمتاز الأنواع التابعة لهذا الجنس بكون هايفاتها لاتتجزأ وتوجد الكونيدات مفردة.

٤- ***Actinomyces*:** يعتبر هذا الجنس غير شائع الوجود في التربة باستثناء أحد الأنواع الهوائية ،وبصورة عامة معظم أنواع هذا الجنس لاهوائية إجبارية أو إختيارية.

٥- ***Frankia*:** يعيش داخل العقد الجذرية لبعض النباتات غير البقولية كأشجار الكازورينا ونخيل الشمع.

٦- أجناس أخرى نادرة الوجود في التربة: منها *Thermomonospora* و *Micropolyspora* وجنس *Actinoplanes*.

أهمية الأكتينومايسيتات ودورها في التربة:

١- تحليل المواد المعقدة في البقايا النباتية والحيوانية وتحويلها إلى صورة صالحة لتغذية النبات، فمثلا الأنواع التابعة لجنس *Streptomyces* تستطيع تحليل الكايتين المعقد، كما يمكن لبعض الأنواع التابعة لجنس *Nocardia* أن تقوم بتحليل البارافينات والفينولات والأستيرويدات.

UNIVERSITY OF ANBAR

٢- تلعب دور ا في تكوين الدبال Humus عن طريق إحداث تحولات في المواد العضوية المضافة للتربة، حيث تستطيع الكثير من الأجناس والسلالات عند تنميتها إنتاج أنواع من المركبات معقدة التركيب ذات أهمية في تكوين الدبال.

٣- المساهمة بشكل فعال في التحولات الحيوية التي تحدث في درجات الحرارة المرتفعة خصوص ا عند تحليل الأسمدة الخضراء وأكوام السماد العضوي الحيواني حيث تكون السيادة في مثل هذه الظروف للأكتينومايسيتات المحبة للحرارة.

٤- بعضها يستطيع أن يسبب أمراض ا نباتية مثل جرب البطاطا الذي يسببه *Streptomyces scabies* أو جدري
البطاطا الذي يسببه *Streptomyces ipomoea*.

٥- تستطيع تجميع حبيبات التربة عن طريق هايفاتها وبذلك تستطيع تحسين تركيب التربة.

٦- إعطاء التربة رائحة خاصة بها وذلك نتيجة لإفرازها مركب يعرف بالـ Geosmin.

٧- تستطيع أن تلعب دور ا مهم ا في توازن مجاميع الأحياء الدقيقة في التربة عن طريق إفرازها لبعض المضادات الحيوية.

٨- يستطيع جنس *Frankia* تكوين عقد جذرية على النباتات غير البقولية لتثبيت النتروجين الجوي.

٩- لبعضها القابلية على إفراز مضادات حيوية تقضي على أنواع ممرضة أخرى في التربة.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

علم أحياء مجهرية التربة والمياه
Soil and Aquatic Microbiology
ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki
قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

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:

1987 - 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

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:

١- 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.

٣- 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.

٢- 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.

٣- 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

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

Order	رتبة
Family	عائلة
Genus	جنس
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:

١- 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.

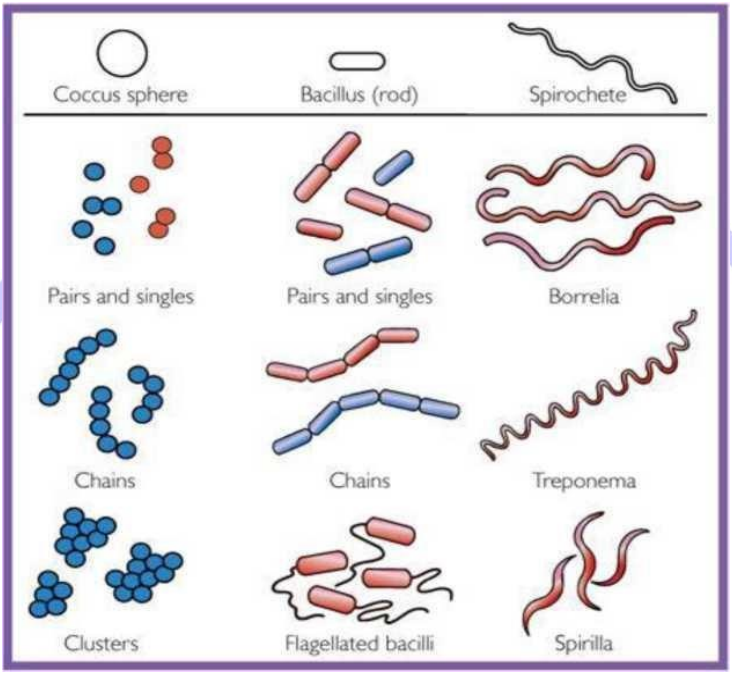
3- طريقة العدد الأكثر إحتمالاً Most Probable Number Technique:

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:

UNIVERSITY OF ANBAR



بعض العوامل المؤثرة على النمو وتكاثر بكتيريا التربة:

١- 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.

٢- العناصر الغذائية:

تعتبر العناصر الغذائية مثل النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والكبريت والحديد.... مهمة جد ا 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 سلب ا أو إيجاب ا على نمو وتكاثر البكتيريا، ولقد وجد من خلال التجارب أن إضافة الأسمدة الكيميائية يؤثر تأثيرا مباشرا على بكتيريا التربة.

٣- رطوبة التربة:

UNIVERSITY OF ANBAR

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.

٤- 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.

٥- 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.

٦- 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.

٧- 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.

٨- 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.

٩- 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 (Tobacco mosaic virus (TMV.
- 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

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki
قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

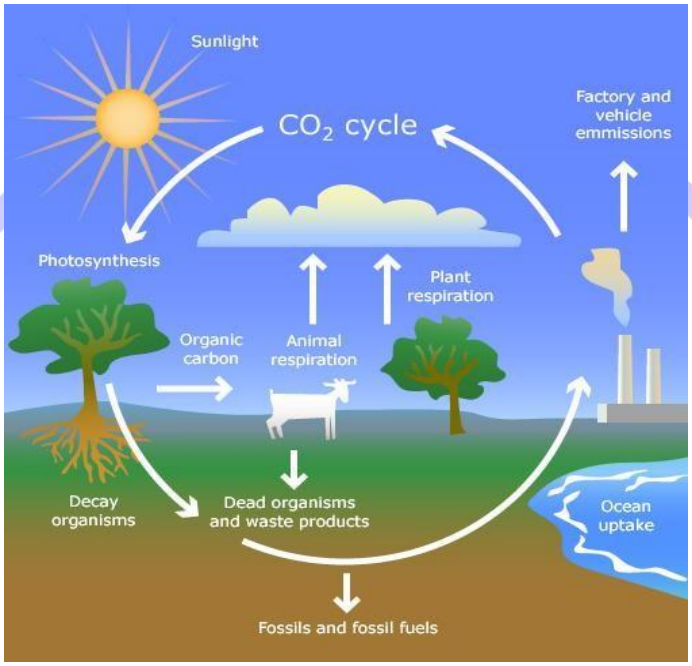
دورة الكاربون وعلاقتها بميكروبات التربة:

يوجد الكاربون في الغلاف الجوي على شكل CO_2 ، كما يوجد في المركبات التي تك و ن أجسام الأحياء البرية والبحرية و هياكلها، وفي التربة ضمن المادة العضوية والدبال، وفي الغلاف المائي على شكل CO_3، HCO_3 ذائبة في الماء ، كما يوجد أيض ا في الغلاف الصخري والوقود الإحفوري)الفحم الحجري و النفط و الغاز الطبيعي(، تبدأ دورة الكاربون في الطبيعة بعملية التمثيل الضوئي فهي التي تحرك الكاربون في الطبيعة ولو توقفت لتوقف وجود هذا العنصر في الأشكال الأخرى الحاملة له. وفي هذه العملية تأخذ النباتات)المنتجات(غاز ثاني أوكسيد الكاربون من الجو والضوء من أشعة الشمس والماء والتربة لتصنع منها الكربوهيدارات)المواد العضوية أو إحدى صيغ سكر الكلوكوز(في مجموعة من المعادلات نجملها في المعادلة التالية، إذ في هذه العميلة يستهلك النبات ثائي أوكسيد الكاربون الجوي ويطلق الأوكسجين.

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

و في النبات أيضا تتم عملية التنفس، و ينتج عن ذلك غاز CO_2 الذي يعود إلى الغلاف الجوي، و من ثم يستخدم في عملية البناء الضوئي بحيث تكتمل الدورة برجوعه إلى النبات.)من الملاحظ أن دورة الكاربون مرتبطة إلى حد كبير بما يحدث لغاز CO_2(، وغالب ا ما تتبع دورة الكاربون مسارات أكثر تعقيد ا ، فبعد تحول الكاربون الذي يكتسبه النبات إلى مواد عضوية ،تتغذى الحيوانات)المستهلكات(عليها ،فتتم عملية هضم المواد العضوية وإمتصاصها و تمثيلها لتساهم في بناء الأنسجة الحيوانية. و بناء ا عليه فإن ذرات الكاربون الموجودة في النبات تصبح جزء ا من تركيب خلايا جسم الحيوان الذي تغذى عليها. و يمكن للكاربون أن يرجع إلى الجو عن طريق عملية التنفس و ينتج من ذلك ثاني أكسيد الكاربون. و ي فقد جزء ا من الكاربون المتبقي في خلايا وأنسجة الكائنات الحية المستهلكة عن طريق إفرازاتها و فضلاتها، و بعد موتها فإن الكاربون يؤول إلى المادة العضوية التي يمكن أن يعود منها إلى الجو بفعل عمليات التحلل الهوائية بوساطة الكائنات الحية الدقيقة)المحللات(. ويبين الشكل التالي مخططا لدورة ثاني أوكسيد الكاربون في الطبيعة.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



تقوم أحياء التربة بتفكيك المواد العضوية الطبيعية جميعها، وتحسين خصوبة التربة بتحطيم أنسجة النباتات والحيوانات فيها، ودمج النواتج والمعادن المحررة مع التربة، كما أن لبعض أنواعها القدرة على حل بعض المنتوجات المصنعة من الإنسان، حيث تحول أحياء التربة بشقيها الفلورا النباتية والفونا الحيوانية المواد المتحللة إلى معقد عضوي مهم في التربة يسمى الدبال Humus وهو يتركب من نحو 60% كاربون ونحو 6% من النيتروجين إضافة إلى مركبات فينولية وفوسفاتية عضوية وسكريات معقدة وغيرها، إذ تمزج حيوانات التربة بحركتها الدبال مع التربة مما يساعد على تحسين خواص التربة بتفتيت حبيباتها وتهويتها وحركة الماء فيها وتجعل الدبال المتكون في متناول الأحياء الدقيقة.

تقوم الأحياء المجهرية بهدم الدبال وحل ه، ويتم هذا التحلل بصورة بطيئة محررة منه المغذيات النباتية بعد موت هذه الأحياء. إن أحياء التربة المجهرية التي تقوم بدور مهم في دورة الكاربون هي البكتيريا والفطريات.

تحلل المادة العضوية:

تتعدد مصادر المادة العضوية التي تتعرض للتحلل الميكروبي في التربة، وتعتبر الأنسجة النباتية والمخلفات النباتية المصدر الرئيسي لتلك المواد العضوية بما تشتمله من أوراق وأغصان وجذور، ومن المصادر الأخرى للمادة العضوية في التربة هو مخلفات الحيوانات والأحياء الدقيقة وبقايا أجسامها المتحللة بعد موتها إضافة إلى المواد العضوية الصناعية التي تضاف إلى التربة كالأسمدة الصناعية العضوية والمنتجات العضوية الأخرى، وعلى الرغم من تنوع مصادر المادة العضوية في التربة فإن بقايا النبات تبقى المصدر الرئيسي للمواد العضوية في التربة، إن هذه البقايا النباتية توفر خليطا متنوعا من المركبات التي تتباين في خواصها الفيزيائية والكيميائية، وبصورة عامة يمكن وضع المركبات العضوية المكونة للمخلفات تحت 6 مجاميع رئيسية هي:

١. **مواد سليلوزية:** وتمثل أكبر نسبة من المخلفات النباتية والتي تصل إلى 15-60 %.
٢. **مواد هيميسليلوزية:** وتشكل 10-30 %.
٣. **لكنين:** 5-30 %.
٤. **مواد ذائبة في الماء:** مثل السكريات البسيطة والأحماض العضوية والأحماض الأمينية 5 – 30 %.

UNIVERSITY OF ANBAR

٥. **مواد ذائبة في الكحول أو الإيثر:** وتتضمن الزيوت والدهون والشموع وتشكل تقريبا 2 %.
٦. **البروتينات:** والتي يدخل في تركيبها النيتروجين والكبريت.

وعادة تنخفض نسبة المواد الذائبة في الماء والبروتينات والمعادن في حين تزداد نسبة السليلوز والهيميسليلوز واللكنين كلما تقدم عمر النبات .وإن تحليل المادة العضوية من قبل الأحياء الدقيقة يهدف إلى هدفين: الأول هو الحصول على الطاقة اللازمة للنمو والثاني الحصول على الكاربون اللازم لتكوين مادة الخلية الجديدة. إن معظم خلايا الأحياء المجهرية تحتوي على نسبة تتراوح بين 40- 50 % كاربون من الوزن الجاف للخلايا وهي تحصل عليه من المادة العضوية التي تقوم هي بتحليلها ،ويطلق على تحويل الكاربون في المادة العضوية إلى كاربون البروتوبلازم بعملية الإندماج Assimilation.

تختلف أحياء التربة المجهرية في كفاءتها في عملية تمثيل الكاربون العضوي، ويقصد بكفاءة الكائن المجهري قدرته على تحويل الكاربون في المادة العضوية إلى كاربون خلوي، وكلما زادت كفاءة الكائن المجهري في التمثيل قلت كمية كل من المخلفات العضوية الناتجة و CO_2 المتحرر، وبصورة عامة تكون الفطريات والأكتينوماسيتات أكثر كفاءة في تمثيل الكاربون من البكتيريا الهوائية، أما البكتيريا اللاهوائية فإن كفاءتها تكون أقل من كفاءة البكتيريا الهوائية وتنتج الكثير من المخلفات الكاربونية العضوية ولا تتحرر كميات كبيرة من الطاقة من المادة العضوية الأصلية بفعل هذه الميكروبات اللاهوائية. ويمكن للكائنات المجهرية المحللة أن تستفاد من جزء من الكاربون الناتج عن عمليات التحلل بعملية التمثيل الغذائي وبناء أجسامها. وفي نفس الوقت الذي يتم فيه تمثيل الكاربون فإن هناك أيض ا تمثيل لكميات من النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكبريت وغيرها، ولما كان تمثيل هذه العناصر المعدنية من قبل الأحياء المجهرية يتحدد فقط بالكميات اللازمة لتخليق الخلية فإن معدل تمثيلها يتناسب طردي ا مع كمية الكتلة الحية المتكونة من الأحياء المجهرية وهو بالتالي مرتبط بكمية الكاربون الممثلة.

- ويمكن الإستدلال عن مستوى النشاط الميكروبي بعدة طرق منها:
  ١. قياس CO_2 المنطلق أو O_2 المستهلك.
  ٢. تقدير النقص في كمية المادة العضوية بالطرق الفيزيائية أو الكيميائية.
  ٣. تتبع إختفاء مادة معينة مثل السليلوز أو اللكنين أو الهيميسليلوز خلال مراحل تحلل المادة العضوية في التربة.
- كما يمكن تمييز ثلاثة عمليات تسير جنبا إلى جنب أثناء عملية التحلل والتمثيل وهي:
  ١. إختفاء الأنسجة الحيوانية والنباتية بتأثير إنزيمات الأحياء المجهرية.
  ٢. في نفس الوقت يتم تكوين خلايا جديدة من الأحياء المجهرية فتظهر أنواع من البروتينات والسكريات العديدة والأحماض النووية الخاصة بالأحياء المجهرية من بكتيريا وفطريات وغيرها.
  ٣. العملية الثالثة هي التمثيل الغذائي لنواتج التمثيل الغذائي الذي تفرزها الأحياء المجهرية والتي يعاد تمثيلها مرة أخرى أو تتراكم في التربة.

وعلى الرغم من إختلاف مصادر المادة العضوية في التربة وتنوع خواصها الكيميائية إلا أن الكائن الحي المجهري لا يحصل على الطاقة إلا من المركبات التي تدخل إلى داخل الخلية ولذلك فإن المركبات الكبيرة الحجم أو المعقدة التركيب يجب تحويلها إلى جزيئات بسيطة التركيب كي تتحلل داخل الخلية وبذلك يمكن إستخلاص الطاقة منها كتحلل السكريات العديدة غير الذائبة وتحويلها إلى مركبات بسيطة التركيب.

التغيرات التي تحدث خلال مراحل تحلل المواد العضوية:

UNIVERSITY OF ANBAR

تنمو أنواع عديدة من الأحياء المجهرية في التربة على حساب المركبات العضوية المختلفة وينتج عن ذلك إختفاء بعض المركبات العضوية بسرعة بينما تبقى بعض المواد الأخرى في التربة نتيجة قلة تأثرها بفعل أنزيمات الأحياء المجهرية)عدم قدرة الإنزيمات على تحليل تلك المواد(، وعادة الجزء الذائب في الماء من المواد العضوية النباتية يحتوي على مركبات لا تقاوم التحلل)سهلة التحلل(وبذلك يتم تمثيلها بسرعة، فبالنسبة للسليلوز والهيميسليلوز فإنهما يختفيان بسرعة أقل من سرعة إختفاء المركبات الذائبة في الماء ،وعلى الرغم من ذلك فإن مقاومتهما للتحلل ليست كبيرة مقارنة باللكنين الذي يقاوم التحلل بدرجة كبيرة لذلك يكثر وجود اللكنين نسبي ا في بقايا المواد العضوية المتحللة ،وعند إضافة المواد العضوية إلى التربة سرعان ما يحدث نقص ملحوظ في كمية O_2 في التربة والذي يكون مصحوب ا بزيادة كمية CO_2 ، أي أن النواتج الأساسية لمعدنة الكاربون تحت الظروف الهوائية هي:

CO_2 ، الماء ، إضاف ة إلى جزء من الكاربون يشترك في تكوين خلايا جديدة من الأحياء المجهرية، كما ينتج أيض ا الدبال الذي يتعرض هو الآخر للتحلل، أما في الظروف اللاهوائية فإن التمثيل الغذائي للكاربون العضوي ينتج عنه تراكم للمركبات الوسطية وإطلاق كميات كبيرة من غاز الميثان CH_4 ، وفي نفس الوقت تكون الطاقة الناتجة أقل وينتج عن ذلك تكوين أعداد أقل من الأحياء المجهرية.

إن تحلل المواد العضوية يكون بطيء في الظروف اللاهوائية مقارنة بالظروف الهوائية لذلك في الترب الغدقة والمشبعة بالماء التي تسود فيها ظروف لا هوائية تنخفض عمليات تحلل المادة العضوية، إضافة إلى أنها تكون مصحوبة بتراكم الأحماض العضوية مثل حامض الفورميك والخليك والبيوتيريك واللاكتيك فضلا عن الكحولات والغازات مثل CH_4 و CO_2 كنواتج رئيسية.

عند إضافة المواد العضوية إلى التربة فإنها تعمل على تنشيط بعض الكائنات المجهرية التي تشكل المجموعة الأولى من الكائنات المحللة لهذه المادة، تظهر بعد ذلك مجاميع أخرى من الأحياء المجهرية التي تنمو على حساب المركبات التي أنتجتها المجموعة الأولى من الكائنات المجهرية على حساب خلاياها الميتة وهي تختلف في نشاطها الكيميائي الحيوي عن المجموعة الأولى، وعليه يمكن تقسيم الكاربون العضوي الذي تتغذى عليه الأحياء المجهرية في التربة إلى:

١- المادة العضوية المضافة)مخلفات نباتية وحيوانية.(
٢- النواتج الوسطية خلال مراحل التحلل.
٣- خلايا الكائنات المجهرية الميتة والتي قامت بعمليتي التحلل لكل من المادة العضوية المضافة والوسطية الناتجة.

العوامل المؤثرة في تحلل المادة العضوية داخل التربة:

توجد عدة عوامل تؤثر على معدنة المواد العضوية في التربة، فسرعة أكسدة المادة العضوية تعتمد على تركيبها الكيميائي كما ويتحكم في سرعة تحللها عمر النبات ومحتواه من اللكنين وكذلك على الظروف الكيميائية والفيزيائية في الوسط البيئي، وأهم هذه العوامل:

1. درجة الحرارة Temperature.
٢. معدل الإمداد بالاوكسجين O_2 Supply.
3. الرطوبة Humidity.
٤. الرقم الهيدروجيني للتربة pH.
٥. نسبة C:N في المادة العضوية C:N ratio.

UNIVERSITY OF ANBAR 1987 1408

1. درجة الحرارة Temperature:

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل البيئية المحددة لسرعة التحلل وتمثيل المواد العضوية، فالتغير بدرجة الحرارة سوف يعمل على تغيير مقابل في الأحياء المجهرية النشطة في عمليات التحليل، وفي نفس الوقت يكون له تأثير مباشر على كل كائن حي مجهري داخل مجموعة الأحياء المجهرية في التربة، ففي درجة الحرارة المنخفضة تسير عمليات تحلل المادة العضوية بمعدلات بطيئة بالمقارنة مع درجات الحرارة المعتدلة، فبالرغم من أن المادة العضوية يحدث لها تحلل في درجات الحرارة المنخفضة عند 5°م أو أقل ولكن تزداد سرعة التحلل للمواد العضوية زيادة طردية كلما إتجهت الحرارة ناحية الدفئ ويصاحب ذلك سرعة إختفاء المكون للمادة العضوية لكل نوع من الأحياء المجهرية تبع ا للنشاط الكيميائي الذي تقوم به في درجات الحرارة المثلى ،ونظر ا لإختلاف الأحياء المجهرية نوعي ا وعددي ا من مكان لآخر وكذلك باختلاف المواد العضوية المضافة لذلك لا يمكن أن تكون هناك درجة حرارة واحدة تعتبر هي المثلى بصفة عامة بكل الأحوال. ويمكن إعتبار النطاق الحراري الأمثل لعمليات التحلل بين 30 - 40°م، والتغير في درجات الحرارة في حدود النطاق الحراري الأمثل لا يؤدي إلى تغير كبير جدا في معدل تحلل المادة العضوية بالرغم من كونه يمثل أعلى معدلات التحلل، ولكن المدى الحراري الأقل من هذا النطاق الأمثل أي في درجة حرارة واطئة 5 - 30°م فإن الإرتفاع في درجة الحرارة يصاحبه زيادة في تحلل المادة العضوية ،كما أن الزيادة في درجات الحرارة عن 40°م يقلل من سرعة التحلل إلا في حالات خاصة عندما تقتصر العملية على أنواع محبة للحرارة العالية.

٢. الإمداد بالأوكسجين O_2 Supply:

إمداد التربة بالهواء يعتبر عاملا محددا لتحلل المادة العضوية حيوي ا والسبب في ذلك يعود إلى دور الأوكسجين في عمليات التحول الغذائي للأحياء المجهرية، فعند الظروف اللاهوائية يقتصر إنطلاق CO_2 الناشئ من تحلل المادة العضوية على الأحياء المجهرية اللاهوائية بينما تعمل زيادة التهوية على تنشيط عملية معدنة الكاربون لذلك فإن معدل تحلل المادة العضوية يقل كلما قل معدل الإمداد بالأوكسجين.

3. الرطوبة Humidity:

يعتبر توفر قدر كا ف من الرطوبة مهم ا لإستمرار عمليات التحلل فالكائنات الدقيقة تنمو بسرعة في المزارع السائلة بشرط إمدادها بالأوكسجين، أما في التربة فإن مستويات الرطوبة العالية تعمل على خفض النشاط الحيوي للأحياء المجهرية حيث إنها تؤدي إلى إعاقة حركة الهواء في التربة فيقل إمداد الأوكسجين، لذلك فإذا ما لوحظ تأثير منشط في إنتاج CO_2 نتيجة إضافة الماء فإن نقص الرطوبة في التربة يكون في هذه الحالة هو العامل المحدد للنشاط ،أما إذا أدت إضافة الماء إلى حدوث تأثير مثبط فيكون عادة بسبب نقص في كمية الأوكسجين بالنسبة للأحياء المجهرية .فعند مستوى الرطوبة المنخفض يكون لإضافة الماء تأثير كبير على تحلل المادة العضوية بينما يكون تأثير هذه الإضافة قليل إذا كانت رطوبة التربة بالقرب من المستوى الأمثل لها، إذ أن الزيادة عن الحد الأمثل تؤدي إلى إنخفاض عمليات التحلل ،فعندما تتراوح نسبة الرطوبة بين 60 – 80 % من السعة المائية القصوى في التربة فإن عمليات التحلل تكون في أقصى درجاتها عندما تكون الظروف البيئية الأخرى ملائمة.

٤. الرقم الهيدروجيني للتربة Hp:

يعتبر Hp محلول التربة من العوامل المحددة لتحلل المادة العضوية فلكل نوع من البكتيريا والفطريات والأكتينوماسيتات درجة مثلى لنموها، كما أن لها نطاق معين من تركيز أيون الهيدروجين لا تنمو خارجه بالإضافة

UNIVERSITY OF ANBAR

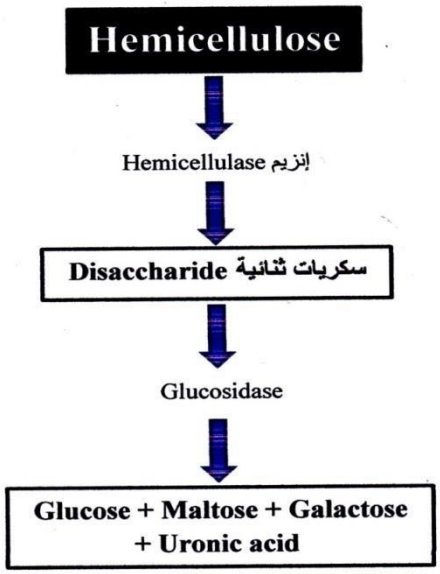
إلى ذلك فإن الأنزيمات التي ينتجها النوع الواحد من الأحياء المجهرية، تتأثر هي الأخرى بـ Hp الوسط، لذلك فإن قيمة Hp التربة يعتبرعام لا محدد ا لأنواع الكائنات الحية المجهرية التي تشترك في إتمام دورة الكاربون، وعلى العموم تتحلل المواد العضوية في التربة وتكون بمعدلات أسرع في الوسط المتعادل أو القريب من التعادل ولذلك فإن هذا المستوى من تركيز أيون الهيدروجين يتيح المجال لإشتراك أنواع عديدة من محللات المواد العضوية ويكون للفطريات دور بارز في عمليات التحلل التي تتم في التربة.

٥. نسبة الكاربون إلى النيتروجين C:N ratio :

يعتبر النيتروجين من العناصر الغذائية الأساسية لنمو الأحياء المجهرية وبالتالي لعمليات تحلل المادة العضوية. إن الأنسجة النباتية تختلف في نسبة C:N وتتراوح هذه النسبة بين 1:20 إلى 1:30 في المحاصيل البقولية والسماد الحيواني، وتصل إلى 1:100 في بعض البقايا النباتية. وعندما يتوفر النيتروجين في المادة العضوية بكميات كبيرة وبصورة مي سرة)جاهزة(فإن الأحياء المجهرية تستوفي حاجتها من هذا العنصر من المادة العضوية، ولا يكون هناك إحتياج لكميات إضافية للنيتروجين، أما إذا كانت المادة العضوية فقيرة في محتواها لهذا العنصر فإن التحلل يحدث ببطئ، وعند إضافة مركبات تحتوي عنصر النيتروجين)أسمدة كيميائية(فإنها تسرع من عملية التحلل. أما في حالة المادة العضوية الحاوية على مستويات كافية من النيتروجين كأنسجة النباتات البقولية فإنها تتحلل بمعدل سريع، وتنعدم إستجابة الأحياء المجهرية أو ت ظهر إستجابة بسيطة جد ا عند إضافة أسمدة كيميائية نيتروجينية.

يوجد العديد من الأحياء المجهرية الدقيقة التي لها القدرة على هضم وتحليل الكثير من المواد العضوية كالهايدروكاربونات والسليلوز والهيميسليلوز والسكريات المتعددة مثل النشا Starch بفعل إنزيماتها التي تكسر الأواصر الرابطة لهذه المركبات، حيث تحول هذه الأحياء تلك المركبات إلى مواد أبسط يسهل إمتصاصها وتحرير الطاقة منها. ومن الجدير بالذكر أن العديد من الأحياء الدقيقة لها قدرة على تحليل الهيميسليلوز أكبر من تحليل السليلوز، ومن أنشط الأجناس البكتيرية في تحليل الهيميسليلوز هي: *Bacillus*, ، *PseudomonasAchromobacter* and *Vibrio* ، كما أن الكثير من أجناس الـ Actinomycetes لها القدرة على ذلك. أما أشهر أجناس الفطريات التي لها القدرة على التحليل فهي: *Alternaria*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* and *Rhizopus*، وتبين المخططات التالية مسارات التفاعل والتحليل لبعض المواد العضوية.

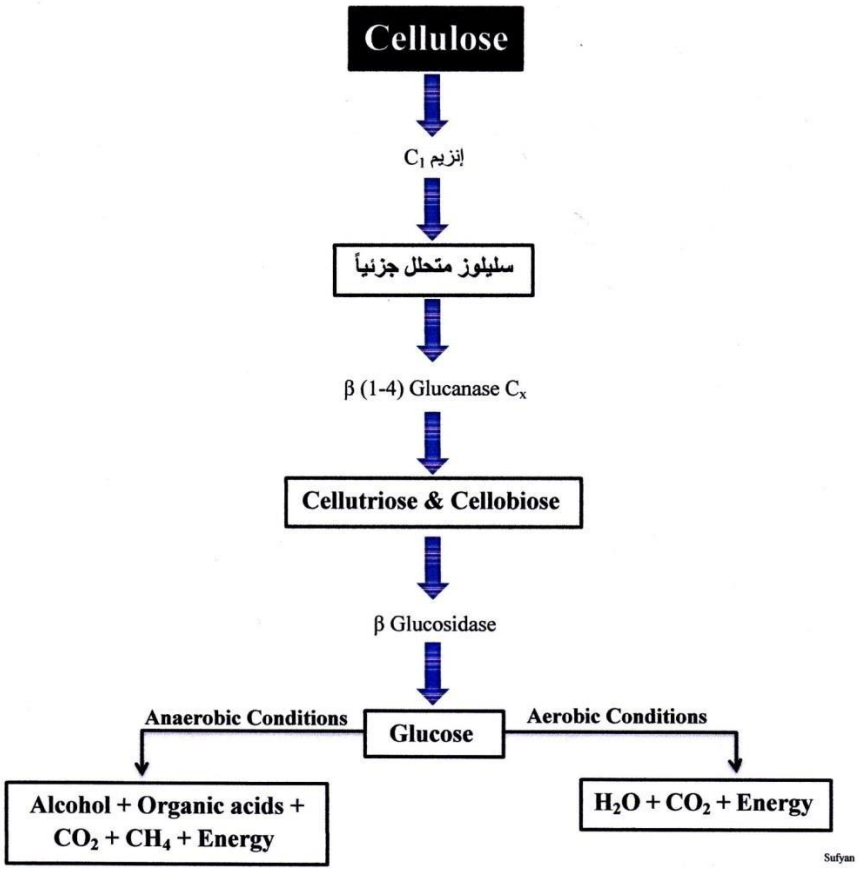
1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



Sufyan

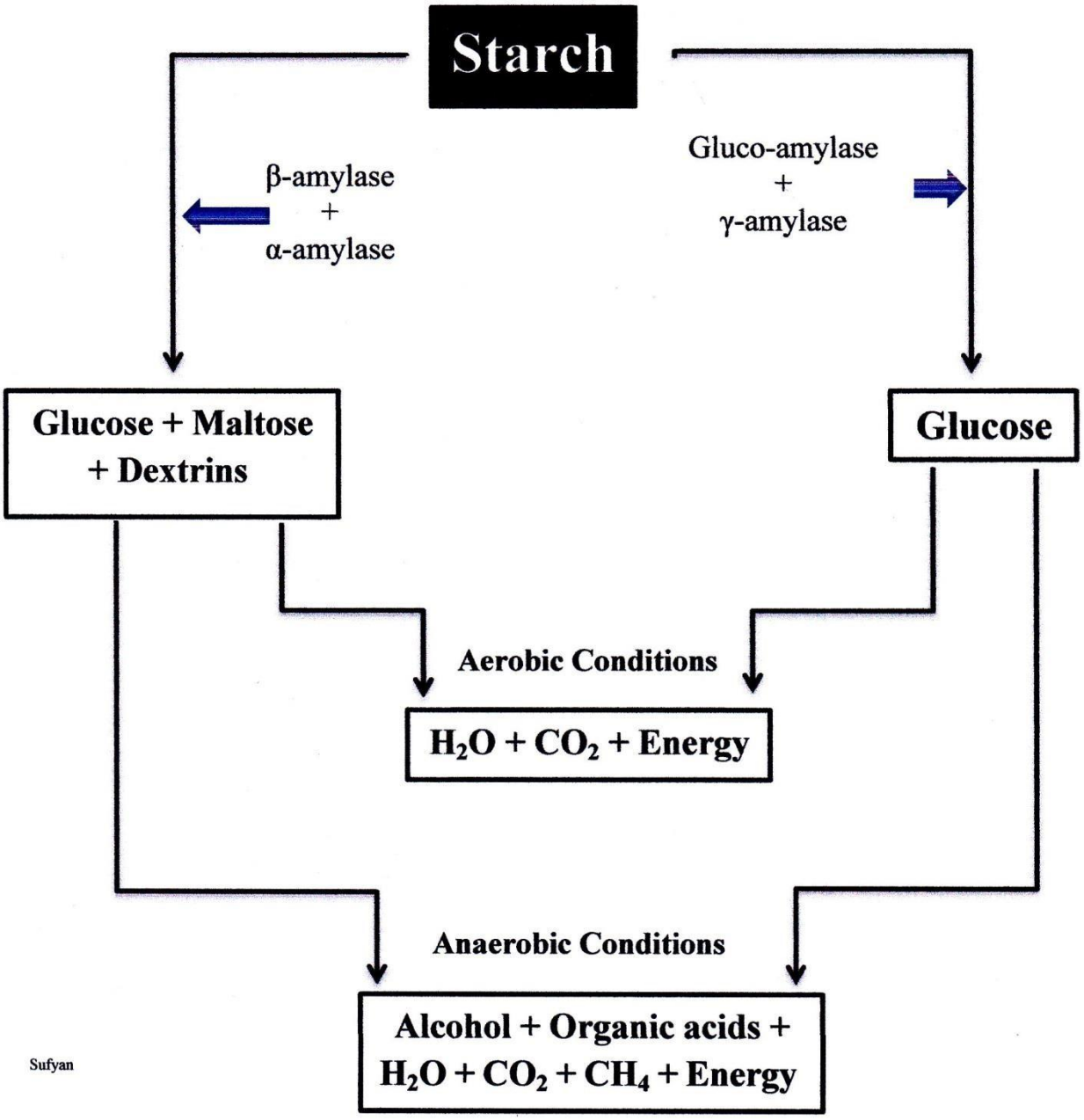
مخطط يبين تحلل الهيميسليلوز Hemicellulose بفعل الأحياء المجهرية

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



مخطط يبين تحلل السليلوز Cellulose بفعل الأحياء المجهرية

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



مخطط يبين تحلل النشا Starch Hydrolysis بفعل الأحياء المجهرية

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

علم احياء مجهرية التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki

قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

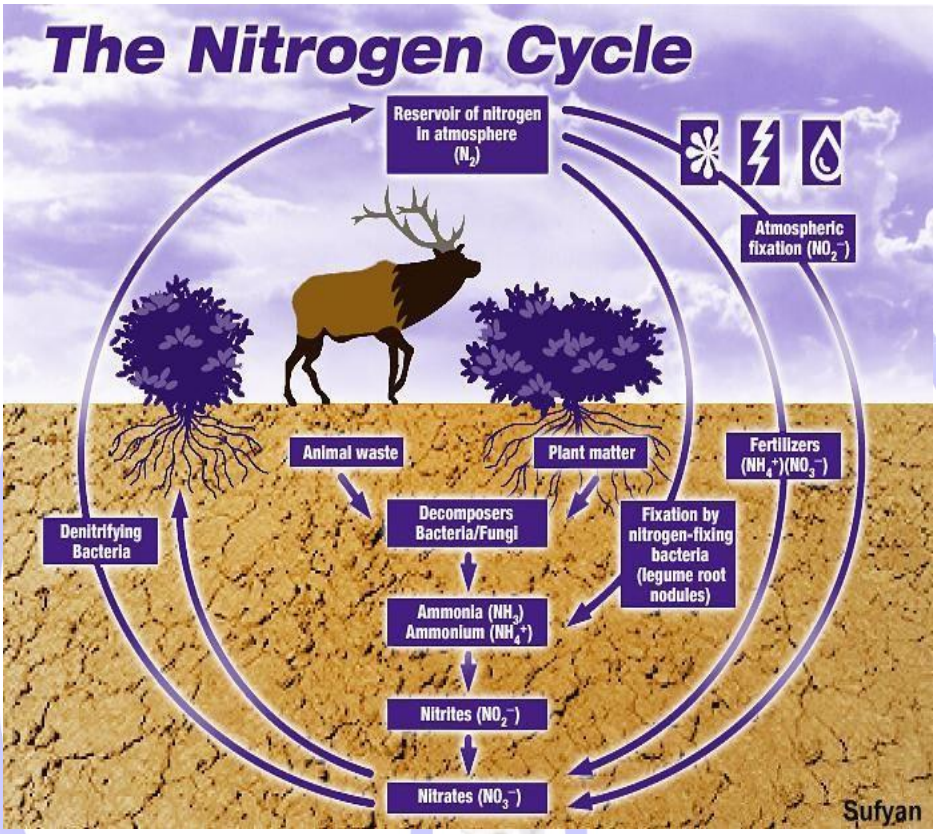
دورة النيتروجين وعلاقتها بمايكروبات التربة:

يعتبر عنصر النيتروجين أحد أهم العناصر التي تدخل في تركيب بروتوبلازم الخلايا الحية فهو يشترك في تكوين الأحماض النووية والأمينية والببتيدات والبروتينات والأنزيمات والهورمونات. ويعد النيتروجين والمركبات التي يشترك في تركيبها أحد أكثر المركبات تعرض ا للتغيرات البايولوجية.

يشكل النيتروجين الجوي حوالي 78% من حجم الهواء وعلى الرغم من ذلك فإن غالبية الأحياء لا تستطيع الإستفادة منه بشكل مباشر بإستثناء بعض الأحياء الدقيقة، لذلك لا بد من تحول النيتروجين من الصيغة الجزيئية N_2 أو NO_2 إلى صيغ أخرى كصيغة الأمونيوم NH_4^+ وذلك بفعل إختزاله، أو إلى صيغة النترات NO_3^- وذلك بتأكسده، وفي كلتا الحالتين فإن هذه التحولات في التربة تحصل بفعل الأحياء الدقيقة. كما تمتص النباتات النيتروجين على شكل NH_4^+ أو NO_3^- حيث تجري بعد ذلك عدة تحولات منها إختزال البروتينات والببتيدات والأحماض النووية والأحماض الأمينية.

يمكن أن يضاف النيتروجين إلى التربة مع مياه الأمطار ومياه الري وعند إضافة الأسمدة النيتروجينية العضوية أو الكيميائية ،ففي حالة الأسمدة العضوية يجب أن تتحلل قبل أن يصبح بإمكان النبات الإستفادة من النيتروجين ،وعند تغذية الحيوانات على النباتات فإن النيتروجين العضوي)على شكل بروتينات وأحماض أمينية ونووية ومركبات أخرى(سوف يمر بعدة تحولات إلى أن يدخل في تركيب الأحماض النووية والأمينية والبروتينات الخاصة بتلك الحيوانات وعند موت وتحلل الحيوانات يعود النيتروجين المرتبط بالمركبات العضوية للإنطلاق مرة أخرى ليتحول إلى مركبات ذائبة في الماء وأخرى غازية يمكن أن تتطاير وتعود إلى الجو ثانية . إن سلسلة التغيرات التي يمر بها النتروجين ضمن الغلاف الجوي — التربة — الأحياء يطلق عليه دورة النيتروجين، والشكل التالي يوضح مخطط لتلك الدورة:

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



تثبيت النيتروجين الجوي Nitrogen fixation:

يقصد بتثبيت النيتروجين الجوي تحويل النيتروجين الجوي من N_2 و NO_2 إلى NH_3 أو NO_3 وتحدث عملية التثبيت بعدة طرق من أهمها التثبيت الحيوي:

أولاً: التثبيت الحيوي Biological fixation:

أن كمية النيتروجين المثبتة بهذه الطريقة تفوق كمية النيتروجين المثبتة بالطرق الأخرى، وعملية التثبيت تقوم بها أنواع عديدة من الأحياء الدقيقة التي تمتلك أنزيم النيتروجينيز Nitrogenase حيث يساعد هذا الإنزيم على إختزال النيتروجين الجوي إلى NH_3.

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{\text{Nitrogenase}} 2NH_3$$

يتركب أنزيم النيتروجينيز من نوعين من البروتينات الأول يحتوي على المولبيديوم Mo والحديد Fe ويسمى (Mo.Fe) بروتين وهو الجزء الأكبر من الأنزيم، أما البروتين الثاني فيطلق عليه Fe-protein ويمثل الجزء الأصغر من الأنزيم.

❖ تشمل الأحياء المسؤولة عن تثبيت النيتروجين الجوي أنواع عديدة من الكائنات الدقيقة أهمها:

أ- أحياء دقيقة حرة المعيشة:

تشمل الـ *Azotobacter* وهي بكتيريا هوائية كبيرة الحجم يتراوح طولها بين 5-7 مايكرون وعرضها بين 3-4 ميكرون ،تتواجد بشكل فردي أو في أزواج تحتوي الخلية في بعض الأحيان على جسم يشبه الفجوة، موجبة لإختبار الكاتاليز، سالبة لصبغة كرام -G بيضوية الشكل كبيرة الحجم تكون مفردة أو في أزواج أو تجمعات غير منتظمة وهي غير مك و نة للسبورات ولا تك و ن كبسولة. وجنس *Klebsiella* الذي يمتاز بالشكل العصوي القصير ويكون سالبا لصبغة كرام. وجنس *Azospirillum* وشكلها حلزوني وهي سالبة لصبغة كرام غير مكونة للسبورات. أما أجناس البكتيريا اللاهوائية الإختيارية التي لها القدرة على تثبيت

النيتروجين هي *Bacillus* و *Entrobacter*. أما أجناس البكتيريا اللاهوائية فتشمل *Clostridium* و *Desulfovibrio*، كما تستطيع الطحالب الخضر المزرقة مثل *Nostoc* و *Anabaena* تثبيت النتروجين الجوي.

ب- أحياء دقيقة تثبت النيتروجين تكافلياً مع كائن حي آخر: وتشمل أنواع عديدة من الأحياء الدقيقة منها:

بكتيريا الرايزوبيوم *Rhizobium* حيث تستطيع تثبيت النيتروجين الجوي في العقد الجذرية لنباتات العائلة البقولية .وجنس *Frankia* الذي يعود إلى الأكتينومايسيتات والذي يستطيع تثبيت النيتروجين في العقد الجذرية لنباتات الكازورينا.

ثانياً: تثبيت النيتروجين بالطرق الصناعية:

كما هو موجود عند تصنيع الأسمدة النيتروجينية بطرق هابر بوش Haber Bosch تحت حرارة وضغط عاليين وبوجود عامل مساعد، فيكون الناتج جزيئتين من الأمونيا:

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\text{250 ضغط + 500°م}]{\text{أوكسيد الحديد}} 2NH_3$$

ثالثاً: التثبيت بوساطة التفاعلات الكهروضوئية:

كما هو الحال أثناء البرق وسقوط المطر حيث يحدث تفاعل بين $_2N$ و $_2O$.

$$N_2 + 2O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

ويذوب $_2NO$ بالماء في طبقات الجو ليك و ن حامض النتريك الذي يسقط على شكل أمطار حامضية)ظاهرة المطر الحامضي(، كما يمكن أن يذوب غاز الأمونيا $_3NH$ الموجود في الهواء الجوي خصوص ا في المناطق الصناعية.

دراسة تثبيت النيتروجين الجوي من قبل الأحياء الدقيقة:

يمكن دراسة تثبيت النيتروجين الجوي من قبل الأحياء الدقيقة أما باستخدام نيتروجين نظير 15)^{15}N(، وتعتبر هذه الطريقة محدودة الإستعمال لكلفتها العالية ،أما الطريقة الثانية فتعتمد على قدرة الميكروبات المثبتة للنيتروجين الجوي على تكوين غاز الأثيلين $_4CH_2=CH_2$(C_2H) من غاز الأستيلين CH≡CH إعتماد ا على أن الميكروبات التي لها القدرة على إختزال N($_2N\equiv N$) الذي يحتوي رابطة ثلاثية يمكن أيض ا إختزال جزيء الأستيلين الذي يحتوي على آصرة ثلاثية مع إختلاف وحيد هو تكوين الأمونيا في حالة إختزال النيتروجين الجوي وتكوين الأثيلين في الحالة الثانية، وتعتبر هذه الطريقة سهلة ورخيصة الثمن.

ويعتقد أن عملية تثبيت النيتروجين الجوي بواسطة الميكروبات تك ون مركبات وسطية هي HN=NH ثنائي الآمايد Diamide والهيدرازين $_2$Hydrazain (H_2N-NH(.

$$N\equiv N \xrightarrow[\text{Nitrogenase}]{+2H} \underset{\text{ثنائي الآمايد}}{HN=NH} \xrightarrow[\text{Nitrogenase}]{+2H} \underset{\text{هيدرازين}}{H_2N-NH_2} \xrightarrow[\text{Nitrogenase}]{+2H} \underset{\text{أمونيا}}{2NH_3}$$

1987 1408 UNIVERSITY OF ANBAR

وبالتالي عند إتحاد الأمونيا الناتجة مع أحماض عضوية يك و ن أحماض أمينية.

$$NH_3 + \underset{\text{حامض عضوي}}{\text{Glutamate}} \xrightarrow{\text{تمثيل حيوي}} \text{amino acids} \longrightarrow \text{protein}$$

إن عملية إختزال النيتروجين الجوي إلى NH_3 تحتاج إلى طاقة ومصدر هذه الطاقة هو ATP الذي يتحول إلى ADP، وعملية تثبيت النيتروجين الجوي لا تقتصر على الأجناس حرة المعيشة وإنما توجد أجناس تكافلية، ومن أشهر تلك الأجناس *Rhizobium* الذي يعيش متكافلا مع بعض أفراد العائلة البقولية كالفول والبزاليا والفول السوداني والبرسيم ،وعند تنقية *Rhizobium* على أوساط زرعية، تبدو عصوية الشكل قصيرة سالبة لصبغة گرام غير مكونة للجراثيم أثناء نموها داخل العقد الجذرية وهي تفرز منشطات نمو نباتية مثل مشتقات الأندول وحامض الجبريليك والسايتوكاينين. عند عزل الـ *Rhizobium* من العقد الجذرية فإن أشكالها تكون مختلفة وتأخذ الأشكال V, X, L, Y, T وهذه الأشكال تعرف بالبكتيرويد Bacteroides ، ويضم جنس الرايزوبيوم أنواع عديدة متخصصة بنوع معين من النباتات البقولية.

معدنة النيتروجين العضوي Nitrogen Mineralization:

تسمى عملية التحول الحيوي للمركبات النيتروجينية العضوية إلى نيتروجين معدني بالمعدنة، وعملية المعدنة تتضمن خطوتين هما: **النشدرة Ammonification** التي هي عبارة عن تحلل مركبات النيتروجين العضوي وإنطلاق الأمونيا، ثم عملي ة **التآزت Nitrification** وهي أكسدة الأمونيا إلى نترات.

١. **النشدرة Ammonification:** تستطيع العديد من الميكروبات تحليل البروتينات والأحماض الأمينية وتختلف نواتج التحلل تحت الظروف الهوائية عنها تحت الظروف اللاهوائية. تتم عملية تحلل البروتين بوساطة إنزيمات تعرف بـ Proteases التي تفرز من قبل الميكروبات حيث تعمل على تكسير السلسلة الببتيدية لجزيئة البروتين بالتحلل المائي وتكون هذه الإنزيمات على نوعين: Exopiptedases وEndopiptedases.

$$\text{Protein} \xrightarrow{\text{protease}} \text{Polypeptides} \xrightarrow{\text{peptidase}} \text{Amino acid}$$

تستطيع العديد من الميكروبات الإستفادة من الأحماض الأمينية كمصدر للطاقة والكاربون وتتم عملية تكوين الأمونيا بإنتزاع مجاميع الأمين الموجودة في جزيء الحامض الأميني بطرق مختلفة أهمها:

a. نزع مجموعة الكاربوكسيل وتكوين الأمينات Amines التي تتحلل مائيا لتكوين الأمونيا.
b. نزع الأمونيا بالأكسدة وتكوين حامض كيتوني.
c. نزع الأمونيا بالإختزال وتكوين حامض دهني.
d. نزع الأمونيا بالتحلل المائي مع تكوين حامض فيه مجموعة هيدروكسيل.

تحلل اليوريا

تتكون اليوريا في التربة نتيجة تحلل القواعد النيتروجينية في الأحماض النووية كما يمكن أن تضاف للتربة على شكل أسمدة أو في بقايا الحيوانات، واليوريا سريعة التحلل في التربة وتتم بفعل إنزيم اليوريز Urease حسب المعادلة التالية:

UNIVERSITY OF ANBAR

$$NH_2\text{-}CO\text{-}NH_2 + H_2O \xrightarrow{\text{Urease}} \underset{\text{Ammonium carbamate}}{H_2N\text{-}COO\text{-}NH_4} \longrightarrow 2NH_3 + CO_2$$

٢. **عملية التآزت)النترجة(Nitrification:** عملية النترجة تتم على مرحلتين:**الأولى/** هي أكسدة الأمونيا إلى نتريت NO_2 بوساطة مجموعة من الميكروبات أهمها *Nitrosospira, Nitrococcus, Nitrosomonas*.

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

أما الخطوة **الثانية/** فتتم بأكسدة النتريت إلى نترات بوساطة *Nitrosospira, Nitrococcus, Nitrobacter* .

$$2HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2HNO_3 + \text{energy}$$

عملية عكس النترجة Denitrification:

هي عملية إختزال للنترات بوساطة الأحياء المجهرية وتقوم بها عادة أجناس محددة من البكتيريا الهوائية الإختيارية مثل: *Thiobacillus, Pseudomonas, Bacillus, Flavobacterium, Agrobacterium* وفي الغالب تكون هناك عمليات أخرى تنتهي بإنطلاق النيتروجين الجوي، والمخطط التالي يوضح مسار عملي ة عكس النترجة وإنطلاق النيتروجين:

$$\mathbf{NO_3 \longrightarrow NO_2 \longrightarrow NH_3 \longrightarrow N_2}$$

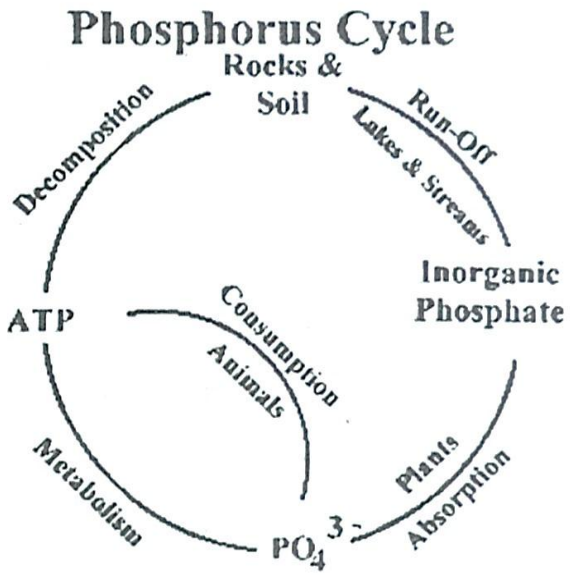
تتم جميع خطوات التفاعل بوجود إنزيمات، فعملية إختزال النترات إلى نتريت تتم بوساطة إنزيم إختزال النترات Nitrate reductase، أما عملية إختزال النتريت فتتم بوساطة إنزيم إختزال النتريت Nitrite reductase. وتلجأ الميكروبات إلى إختزال النترات بهدف أكسدة المواد العضوية للحصول على الطاقة تحت الظروف اللاهوائية.

تتأثر عملية النترجة بظروف التربة فهي تزداد نشاط ا في الظروف اللاهوائية خصوص ا عندما تكون التربة مغمورة بالماء، كما أن وجود نسبة عالية من المواد العضوية في التربة يشجع على عملية إختزال النترات، أما بالنسبة لحموضة التربة فإن معظم الميكروبات المسؤولة على عكس النترجة حساسة للحموضة حيث تنخفض أعدادها في الترب الحامضية، أما الحرارة المثلى فهي بحدود 25°م تقريبا .

دورة الفسفور وعلاقتها بميكروبات التربة:

يعتبر الفسفور من العناصر الأساسية المهمة للكائنات الحية، يوجد الفسفور في التربة وفي الصخور والنباتات والحيوانات والأحياء الدقيقة على شكل مركبات عضوية وغير عضوية .وتلعب الأحياء الدقيقة دور ا مهم ا في التحولات التي تجري على مركبات هذا العنصر وتشمل هذه التحولات إذابة مركبات الفسفور غير العضوي ومعدنة المركبات العضوية للفسفور مع إنتاج الفوسفات غير العضوية وتمثيل الفسفور من قبل النباتات والحيوانات والأحياء الدقيقة وعمليات الأكسدة والاختزال ويمكن توضيح دورة الفسفور بالمخطط التالي:

UNIVERSITY OF ANBAR



يعتبر معدن الأباتايت Apatite مصدر الفسفور المعدني في التربة ويتواجد على شكل كلور وفلور وهيدروكسي أباتايت $Ca_5(PO_4).Cl.F.OH$، ويشكل الفسفور العضوي في التربة نسبة)15-85 %(من الفسفور الكلي فيها، وتحتوي أنسجة المحاصيل على نسبة)05.0 -5.0 %(فسفور عضوي والذي يتواجد على صور مركبات عديدة منها الفايتين Phytin الذي يمثل ملح الكالسيوم أو المغنيسيوم لحامض الفايتك Phytic acid والفوسفولبيدات ،وأحماض نووية وسكريات مفسفرة ومرافقات الإنزيمات كما يمكن أن يتواجد الفسفور داخل الفجوات الخلوية على شكل فوسفات غير عضوية.

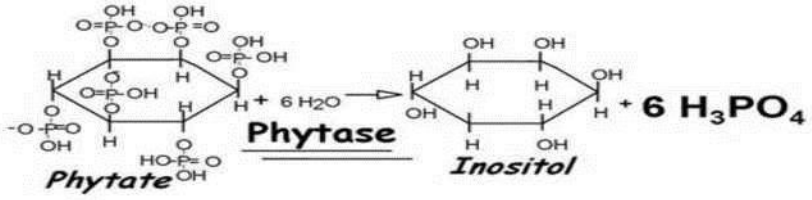
تتم عملية إذابة الأبتايت أو المركبات غير الذائبة بوساطة مجموعة من الأحماض العضوية التي تنتجها الأحياء المجهرية وتشمل تلك الأحماض الستريك واللاكتيك والأوكساليك كما تستطيع بعض الأحياء التي تعمل على أكسدة الكبريت والنتروجين إنتاج أحماض الكبريتيك والنتريك التي تساعد في زيادة ذوبان الفسفور.

تتمكن العديد من الأحياء المجهرية سواء كانت ذاتية أو غير ذاتية التغذية الإشتراك في عملية إذابة الفسفور غير الذائب ويمكن التأكد من قدرة تلك الميكروبات على إذابة المركبات غير الذائبة بتنميتها على أوساط غذائية تحتوي على $Ca_3(PO)_2{}_4$ أو مسحوق معدن الأباتايت كمصدر وحيد للفسفور، ومن أشهر الأحياء الدقيقة التي لها القدرة على إذابة المركبات غير الذائبة للفسفور *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*.

معدنة الفسفور Phosphorus Mineralization:

يقصد بها تحول الفسفور الموجود في المركبات العضوية إلى مركبات معدنية وتتم بفعل إنزيمات خارجية تعرف بـ Phosphatase فوسفاتيز حيث تقوم بفصل الفسفور من المركبات العضوية. وهذه الإنزيمات بعضها يستطيع العمل ضمن الوسط القاعدي والبعض الآخر ضمن الوسط الحامضي وتستطيع العمل على عدة أنواع من المركبات. بالنسبة إلى حامض الفايتك Phytic acid فإن إنزيم الفايتيز Phytase يعمل على تحليله كما في المعادلة الآتية:

UNIVERSITY OF ANBAR



على عكس الكاربون والنتروجين، لا يوجد الفسفور في الجو، لكنه ينشأ عن جسيمات الصخور الممتزجة في التربة . وتمتص النباتات الفسفور بوساطة جذورها والحيوانات تحصل عليه عندما تأكل النبات أو حيوانات أخرى وعندما تموت الكائنات الحية، يعود فسفورها إلى التربة، إذ يتحلل الفسفور بسهولة. وإغتسال التربة بالماء يتسبب بإنجرافه إلى البحر بإستمرار، فيتحول من جديد بعد ملايين السنين إلى صخور فسفورية.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

علم احياء مجهرية التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki

قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

المبيدات:

المبيدات إصطلاح يطلق على كل مادة كيميائية تستعمل لمقاومة الآفات الحشرية أو الفطرية أو العشبية وأية آفة أخرى تلتهم المزروعات اللازمة للإنسان فى غذائه وكسائه. إن الاستعمال الخاطئ للمبيدات بأنواعها قد خلف كميات هائلة من هذه المبيدات في التربة ذلك أن النباتات والمحاصيل عامة لا تمتص من المبيدات إلا الكمية التي تتناسب وقدرتها، ومن المعلوم أن المبيدات مع هطول الأمطار أو الري تتسرب إلى طبقات الأرض مسببة بذلك تلوث للمياه السطحية والجوفية ويمكن أن تتبخر بفعل حرارة الشمس وتسبب تلوث الهواء المحيط. علاوة على ذلك فإن هذه المبيدات تقتل الكائنات الحية الدقيقة النافعة في التربة مخل ة بذلك التوازن الدقيق والهام في بيئة التربة، كما ت حدث المبيدات تغيرا في الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة وتؤثر بذلك على الإنتاجية الزراعية وبدلا من تحسين الزراعة وتطوير المنتجات الزراعية ينقلب الحال إلى إضعافها ورداءة منتجاتها، إذ تساهم المبيدات في تحويل الآفات الثانوية إلى آفات رئيسية. وتعاني العديد من دول العالم الثالث من مشكلة الإستعمال الخاطئ للمبيدات حيث ي ضن الكثير من المزارعين أنه بزيادة استعمال المبيدات يمكن القضاء على الآفات الزراعية بشكل أفضل وبالتالي زيادة الإنتاجية، فض لا عن أن بعض المبيدات تبقى في التربة لمدة طويلة قد تزيد على عشرين عام ا ، ولنا هنا أن نتخيل تأثيرات هذه المبيدات على التربة نفسها وعلى ما ينمو فيها من نباتات، فالمركبات العضوية للمبيدات تستطيع البقاء سنوات عديدة في الأراضي بسبب ثباتها البايولوجي، وتنتقل المبيدات عالية الثبات من مكان إلى آخر من خلال الماء والرياح.

وتشير العديد من البحوث إلى أنه عند إضافة المبيد إلى التربة فإن هنالك العديد من التحولات البايولوجية والبيئية التي تسهم بشكل كبير في تغيير خاصية ذلك المبيد إعتماد ا على تركيزه وتركيبه الكيميائي، وتلعب الكائنات الحية الدقيقة دورا فعالا في التحولات المختلفة لذلك المبيد فتحوله إلى مركب ذي خصائص تختلف تمام ا عن خصائصه الأولية ثم تعمل على تفكيكه وتحليله إلى جزيئات تستطيع غرويات التربة إدمصاصها أو تتحلل هذه الجزيئات مائي ا لتنطلق منها العناصر المعدنية التي تدخل في تركيب المبيد لتقوم كائنات حية دقيقة أخرى بالتحولات المختلفة لها والتي تشمل المعدنة والتمثيل والثبوت والذوبان. ومن أكثر أجناس الكائنات الحية الدقيقة القادرة على تحليل المبيدات وتفككها هي: *Pseudomonas*، *Bacillus*, *Clostridium* والفطريات مثل *Aspergillus*, *Alternaria* spp, *Cladosporium*.

ولأن أغلب المبيدات تدخل في تركيبها كل من المركبات الحلقية والهالوجينات والكبريت والفوسفور والنتروجين فإن هنالك علاقات وطيدة بين المبيدات التي تضاف للتربة والكائنات الحية الدقيقة، فقد تعمل المبيدات على إحداث العديد من الأضرار المختلفة على الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة نتيجة لزيادة تراكيز بعض تلك المركبات السابق ذكرها على حاجة الكائن الحي الدقيق.

وعموم ا فإن الكائنات الحية الدقيقة قد تعمل على التخلص من المبيد بوساطة التحلل) Degradation(وقد تعمل على إزالة سمية المبيد)Detoxification(كما قد تعمل على تنشيط المبيد)Activation(وأيض ا قد تسهم في إحداث تفاعلات إضافية.

التلوث بالمخصبات)الأسمدة(:

UNIVERSITY OF ANBAR

يقصد بالمخصبات الزراعية Fertilizers هي تلك المركبات الكيمياوية)غير العضوية(وبالتحديد الأسمدة الفوسفاتية التي تستخدم لزيادة خصوبة التربة الزراعية. وغن ي عن القول بأن استخدام المخصبات الزراعية ضمن الحدود المدروسة قد يك و ن آثارا ايجابية ويعود على الإنسان بالخير، إلا أن الإسراف في استخدامها وسوء استخدامها كما ونوعا ومكان ا وزمانا هو الذي يخل بمعادلة التوازن بينما يحتاجه النبات من هذه المخصبات وما يضاف منها إلى التربة الزراعية، ذلك أن الكميات الزائدة عن حاجة النبات من هذه المخصبات تحدث أضرار ا بالغة في عناصر البيئة المحيطة بهذه التربة، فعلاوة على أن هذا الجزيء المتبقي من المخصبات في التربة ي عد إسرافا ليس له مسوغا من الناحية الاقتصادية فهو أيضا يعتبر من عوامل تلوث التربة ويسبب الكثير من الأضرار للبيئة المحيطة بهذه التربة، وذلك أن ري التربة الزراعية المحتوية على قدر زائد من المخصبات الزراعية يجعل جزء ا من هذه المخصبات يذوب في مياه الري ويتم غسله من التربة بمرور الزمن حتى يصل في نهاية الأمر إلى المياه الجوفية في باطن الأرض ويرفع بذلك نسبة كل من مركبات الفوسفات والنترات في هذه المياه، كما وتقوم مياه الأمطار بدور هام في هذه العملية فهي تحمل معها أيض ا بعض ما تبقى في التربة من هذه المركبات ويشترك بذلك كل من مياه الصرف الزراعي والمياه الجوفية ومياه الأمطار في نقل هذه المخصبات التي بقيت في التربة إلى المجاري المائية المجاورة للأرض الزراعية كالأنهار والبحيرات وغيرها.

❖ إن الأسمدة المستخدمة في الزراعة تنقسم إلى نوعين:

١. الأسمدة العضوية

وهي تلك الناتجة من مخلفات الحيوانات والطيور والإنسان وكما هو معروف علمي ا أن هذه الأسمدة تزيد من قدرة التربة على الإحتفاظ بالماء.

٢. الأسمدة غير العضوية

وهي تلك التي يصنعها الإنسان من مركبات كيميائية وهي تؤدي إلى تلوث التربة بالرغم من أن الغرض منها هو زيادة إنتاج الأراضي الزراعية، ولقد وجد المهتمون بالزراعة في بريطانيا أن زيادة محصول الفدان الواحد في السنوات الأخيرة لا تزيد على الرغم من الزيادة الكبيرة في استعمال الأسمدة الكيميائية، إذ أن الاستعمال الواسع للأسمدة الكيميائية يؤدي إلى تغطية التربة بطبقة لامسامية أثناء سقوط الأمطار الغزيرة بينما تقل إحتمالات تك و ن هذه الطبقة في حالة الأسمدة العضوية.

وتقوم العديد من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة بالتحولات الكيميائية المختلفة للعناصر المعدنية الموجودة في المخصبات الزراعية عن طريق المعدنة أو التمثيل المعدني أو الثبوت وقد است عيض في الوقت الحاضر عن تلك المركبات باستخدام الأسمدة العضوية من مخلفات الصرف الصحي ومخلفات الحيوانات والطيور، لأن لها العديد من الخصائص الجيدة التي تتفوق بها عن تلك المصنعة أهمها:

1(إنها تتحلل في التربة تدريجي ا .
2(تحتفظ بدرجة حرارة التربة.
3(تلائم النشاط الميكروبي.
4(تسهم في إحتفاظ التربة بقوامها ورطوبتها.
5(تلائم نمو العديد من الخضروات و الفواكه.

الخلل الذي يصيب التربة ج ر اء التلوث الكيميائي:

التلوث الكيميائي يقصد به كل أشكال التغيرات الكمية أو الكيفية في مكونات التربة من حيث صفاتها الكيميائية أو الفيزيائية أو الحيوية والتي تنتج بسبب استخدام بعض المواد الكيميائية سواء بقصد أم بغير قصد وبالتالي إفساد مكونات التربة

الأساسية وتغير تركيبها بحيث لم تعد تصلح للزراعة أو إن إنتاجها قد قل أو إنها تنتج غذاء ا ملوث ا ضار ا بالإنسان.
أما مصادر التلوث الكيميائي فهي كثيرة ومن أهمها:

١. التلوث بالمبيدات والمخصبات الزراعية.
٢. التلوث بالمنظفات الصناعية.
٣. التلوث بالمركبات العضوية الهالوجينية.
٤. التلوث بالأسلحة الكيمياوية.
٥. التلوث الناتج عن الحوادث الصناعية.

ويمكن تصنيف أنواع الخلل الذي يصيب التربة ج ر اء التلوث الكيميائي إلى:

أول ا:- خلل فيزيائي ويشمل:

a(بناء التربة.
b(إزالة مواد غروية.
c(تكوين طبقة غير نفاذة للجذور.
d(صرف الماء الزائد.

ثاني ا:- خلل كيميائي ويشمل:

أ- تغيير الأس الهيدروجيني pH بشكل متطرف.
ب - تغير ملوحة التربة)قابلية التوصيل الكهربائي.(
ت - تجوية كيميائية لمعادن الطين.
ث- وجود معادن ثقيلة.
ج - نقص الأوكسجين .

ثالث ا :- خلل حيوي ويشمل:

١- إنخفاض أعداد حيوانات التربة.
٢- وجود مسببات مرضية.

❖ <u>ويمكن تقسيم ملوثات التربة الكيميائية إلى:</u>

أولا: ملوثات عضوية Organic pollutants مثل:

١. هايدروكاربونات عطرية حلقية Aromatic Polycyclic Hydrocarbons: ومصادرها) إحتراق الفحم والبترول والخشب والإسفلت وقطران الفحم وانبعاثات عوادم السيارات والشحوم(.
٢. النترو العطرية Nitro aromatic: ومصادرها)القنابل- المبيد الحشري- المبيد البكتيري(.
٣. الفينولات والأنيلينات Phenols & Anilines: ومصادرها)المبيدات البكتيرية، مياه الصرف للمصانع، مواد الصباغة، مبيدات الأدغال(.

UNIVERSITY OF ANBAR

٤. الهالوجينات العطرية Halogenated aromatic: ومصادرها)مبيدات الحشائش، حرق المخلفات الطبية والمخلفات الصلبة ،إحتراق البترول والفحم والإطارات، مناجم الرصاص.(
٥. الهالوجينات الأليفاتية Halogenated aliphatic: ومن مصادرها صناعة البلاستك.
٦. المبيدات Pesticides: ومصادرها)الزراعة، صناعة المبيدات.(
٧. منتجات البترول: ومصادرها)صناعة تكرير البترول، السيارات ووسائل النقل،الصناعة(.

إن من بين الستراتيجيات لإزالة وتخليص النفط الخام من الملوثات هي الطريقة الكيميائية التي تستخدم لفعاليتها في مثل هذه العمليات، تشتمل الطرق الكيميائية على إزالة المعادن بالمذيبات لكن هذه العمليات مكلفة اقتصادي ا ، كما أنها تضيف ملوثات ثانوية للبيئة، ولهذا السبب إتجهت البحوث والدراسات العلمية إلى استخدام الطرق الحيوية وخاصة المايكروبية ،وهي في تزايد مستمر، وأضافت بأن العملية الحيوية والتفكك الحيوي تتصف بأنها صديقة للبيئة، كونها قليلة الكلفة، و ذات كفاءة عالية تفوق وتعوض عن الأساليب الكيميائية، وأوضحت بأن العديد من الأحياء المجهرية لها إمكانية تفكيك المركبات الهيدروكربونية كالبكتيريا والخمائر والفطريات، وتمتلك هذه الكائنات الأنظمة الإنزيمية الفعالة، ولكنها تختلف في طرحها لنوعية الناتج النهائي للتفاعل، وقد اتجهت البحوث لتطوير قابليات هذه الكائنات من خلال التحوير الجيني. لقد بينت الدراسات والأبحاث التي أ جريت وجود أنواع متعددة ومختلفة تابعة لأجناس مختلفة من الأحياء الدقيقة قادرة على تفكيك المركبات النفطية باعتبارها مصدر ا للكاربون والطاقة ،إعتماد ا على إنزيمات)مؤكسدة - مرجعة(يتم بوساطتها تفكيك مختلف المركبات الأروماتية الضارة، مثل؛)بنزين، تولوين، نفتالين، فينول... إلخ(كما أن بعضها يملك مورثات متمركزة في البلاسميدات ذات البنية الحلقية من) DNA(والتي تحدد إنتاج مختلف الإنزيمات المستخدمة في تفكيك المركبات النفطية، فمثلا بعض السلالات التابعة لـ)*Pseudomonas*(تملك إنزيم) Oxygenase(الذي يستطيع في حال وجوده في الخلايا أكسدة)CO و CO_2(الموجودة في مركبات مثل التولوين، دي كلوروفينول، إندوفينول وذلك في الشروط اللاهوائية وتشكيل مركبات ذات أهمية إقصادية مثل التولوين. كما يعتبر إنزيم Dioxygenase مفتاح التفكك الحيوي للمركبات النفطية وهو من أهم الإنزيمات التي تقوم بالأكسدة، إن النتائج المذكورة يمكن الإستفادة منها في التطبيقات البايوتكنولوجية للصناعات النفطية وفي البحوث اللاحقة لتطوير واستغلال قابلية هذه العزلات البكتيرية مستقبلا .

ثاني ا: ملوثات غير عضوية Inorganic pollutants وتشمل:

i. العناصر الثقيلة والنادرة.
ii. النتروجين.
iii. النظائر المشعة.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

علم احياء مجهرية التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki

قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

الأحياء المجهرية المائية Aquatic Microbiology

يهتم المشتغلون بعلوم الحياة ومنهم المتخصصون بالأحياء المجهرية بالبيئة المائية إهتماماً كبيراً، ذلك لأن المياه تغطي أكثر من ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية ولهذا يوجد فيها أعداد هائلة ومتنوعة من الكائنات الحية ومنها الأحياء المجهرية.

تقسم المياه إلى مجموعتين:

أ- المياه السطحية Surface Waters: وتشمل مياه المحيطات Oceans والبحار Seas والأنهار Rivers والجداول Streams والبحيرات Lakes والبرك Ponds.

ب - المياه تحت السطحية Subterranean Waters: وتشمل المياه الجوفية Ground water والآبار Wells والينابيع Springs.

وهناك مجموعة أخرى يطلق عليها المياه الجوية Atmospheric Waters لايهتم بها كثيراً خاصةً من الناحية البايولوجية وذلك لأنها مجموعة أو بيئة غير مستقرة، فهي تشمل مياه الأمطار التي بعد سقوطها سرعان ما تدخل إلى المياه الجوفية أو السطحية لتصبح جزءاً منها.

يختص علم الأحياء المجهرية المائية بدراسة الأحياء الدقيقة) بكتيريا، فطريات، طحالب، إبتدائيات وفيروسات) والتي تنتشر وتتواجد في البيئات المائية البحرية والبحيرات المالحة والعذبة وكذلك التجمعات المائية العذبة الجوية والسطحية والجوفية من حيث أشكالها وأنواعها ووظائفها وطرق تكاثرها والعوامل البيئية المؤثرة عليها والعلاقات السائدة بين تلك المجاميع.

دورة الماء Water Cycle:

تتضمن دورة الماء التحولات التي تجري على صور الماء في الطبيعة فالماء يتواجد في الهواء الجوي على شكل بخار مرئي وهو السحب والضباب، وغير مرئي يمثل الرطوبة الجوية. وهذا البخار عادة يتكون بفعل التبخر الذي يحصل من المسطحات المائية) محيطات وبحار وبحيرات وأنهار وجداول(ومن النباتات وسطح التربة ومن أجسام الحيوانات ومن الثلوج المتراكمة على سطح الأرض. وعند تكاثف الأبخرة الجوية فإنها سوف تتساقط على شكل أمطار أو ثلوج أو ب رد أو أشكال أخرى من التساقط كالندى مثلاً، وأثناء تساقط هذه المياه فإنها سوف ت رسب معها أعداد اً كبيرةً جد اً من المايكروبات العالقة في الهواء الجوي ثم تسقط على سطح الأرض لتشكل مسطحات مائية هذه المسطحات تتجمع فيها أعداد كبيرة من المايكروبات وبطرق عدة منها عن طريق تلوثها بالمايكروبات الموجودة في التربة والمخلفات الحيوانية والنباتية وغيرها من مصادر التلوث، ويعد التلوث البرازي واحد اً من أخطر مصادر التلوث خصوص اً بالنسبة لمياه الشرب.

جزء من الماء الذي يصل إلى سطح الأرض ينزل إلى أعماق التربة بفعل عملية الترشح ومن مصادر عدة، كما أن رشح المياه يمكن أن يحدث من البحار والبحيرات والأنهار والتجمعات المائية الأخرى كخزانات المياه. وعادةً يكون الماء الراشح داخل التربة ذو محتوى أقل من المايكروبات بسبب أن دقائق التربة وخصوص اً دقائق الطين تمسك كميات هائلة

1987 1408 UNIVERSITY OF ANBAR

من المايكروبات وبالتالي تنخفض أعداد المايكروبات النازلة مع الماء الراشح إلى أعماق التربة .وتلعب دورة المياه دور اً كبير اً في إنتقال وإنتشار المايكروبات ضمن البيئة المائية .

تصنيف الأحياء المجهرية المائية:

ويمكن أن تصنف إلى:

1- Autochthonous microorganisms الأحياء المجهرية الأصلية

2- Allochthonous microorganisms الأحياء المجهرية الدخيلة

وصنف العالم **J. Jones** تجمعات الأحياء المجهرية المائية إلى ثلاث أصناف رئيسة هي:

١- الأحياء التي تطفو فوق سطح الماء وأطلق عليها إسم الهائمات Plankton.

٢- الأحياء التي تنمو فوق السطوح الصلبة المغمورة في الماء وأطلق عليها تسمية Haptobenthos.

٣- الأحياء التي تنمو في أو على الترسبات الطينية، وأطلق عليها تسمية Herbobenthos.

يتأثر نمو وانتشار مايكروبات المياه بعوامل عديدة منها عوامل حياتية Biotic factors كعلاقة المايكروبات ببعضها وعلاقتها مع النباتات والحيوانات الموجودة معها في المياه، وعوامل غير حياتية Abiotic factors والتي تشمل مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية والتي ت ؤثر تأثيراً كبيراً على عدد وأنواع ونشاط مايكروبات المياه، إذ تتأثر حيويتها بهذه العوامل خاصةً درجة الحرارة وتركيز أيون الهيدروجين والملوحة والتي قد تؤثر حتى على شكل وحركة البكتيريا في المياه وعلى قابليتها بتكوين الإنزيمات المختلفة وبالتالي يتأثر نشاطها في تحليل المواد العضوية المختلفة الموجودة في المياه والتي تستخدمها كمصدر للكاربون والنايتروجين، وتبعاً لذلك تتأثر عملية الإنقسام وتكوين السبورات وغيرها من التراكيب التي لها دور كبير في تكاثر وانتشار مايكروبات المياه.

أول ا: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبيئة المائية وتأثيرها في الأحياء المجهرية:

تؤثر الخصائحص الفيزيائية والكيميائية للبيئة المائية في كثافة الأحياء المجهرية وفي تنوعها ونشاطها وتشتمل تلك الخصائص مايأتي:

1- الضوء Light:

تعد المنت جات)الطحالب والنباتات(الحلقة الأساسية في السلاسل والشبكات الغذائية. وتمثل الطحالب الجزء الأكبر من المن ت جات في البيئة المائية .ويتأثرنمو الطحالب وقدرتها على البناء الضوئي بعامل الضوء)كمية الضوء/ كثافة أو شدة الإضاءة(والطول الموجي للضوء)لون الضوء(، وبصورة عامة ينخفض وجود الطحالب في الضوء الخافت ويقتصر في هذه الحالة على الطبقات العليا من الماء ،كما أن عمق الطبقة المضيئة Photic zone يتأثر بعدة عوامل منها كثافة أو شدة الإضاءة وزاوية سقوط الأشعة الضوئية وعكورة الماء والفصل وعوامل أخرى عديدة .

تستطيع بعض الأطوال الموجية الوصول إلى أعماق تبلغ 125 م تحت سطح الماء، لذلك فإن عملية البناء الضوئي التي تقوم بها الطحالب تكون محصورة ضمن هذا العمق ولا تتعداه، لذلك فإن الأحياء التي تعتمد على الأوكسجين)الهوائية(سوف تعتمد على الأوكسجين المذاب في الماء فقط، وبالمقابل سوف تكثر الأحياء اللاهوائية الإختيارية والإجبارية.

UNIVERSITY OF ANBAR

ولبعض أنواع البكتيريا القدرة على عملية البناء الضوئي وتسمى بكتيريا التركيب الضوئي Photosynthetic bacteria والتي تستخدم الضوء كمصدر طاقة لتحويل ثاني أوكسيد الكاربون إلى مواد عضوية. مثال ذلك بكتيريا الكبريت البنفسجية Thiorhodaceae والبنفسجية غير الكبريتية Athiorhodaceae والبكتيريا الخضراء الكبريتية Chlorobacteriaceae، وتختلف هذه عن النباتات بأنها بكتيريا لا هوائية لاتتمكن من تحليل جزيئة الماء للحصول على الهيدروجين، لهذا تستخدم كبريتيد الهيدروجين H_2S أو مواد عضوية مختلفة كواهبة للهيدروجين Hydrogen donor وكما هو موضح في المعادلة الآتية:

$$CO_2 + 2H_2S \xrightarrow{\text{Light}} (CH_2O) + H_2O + 2S$$

2- الحرارة Temperature:

يتميز الماء بحرارة نوعية عالية، وهذا يعني أن ارتفاع درجات حرارة الماء يتطلب إمتصاص كميات كبيرة من الحرارة، وبالمقابل فإن إنخفاض درجة حرارة الماء يتطلب فقدان كميات كبيرة من الحرارة، لذلك فإن ح دة التغيرات الحرارية التي تحدث في البيئة المائية تكون أقل وأبطئ من حدة التغيرات الحرارية في الهواء أو في اليابسة. إن أقصى كثافة للماء العذب تكون عند درجة حرارة 99.3 مئوي وهذه الصفة ترجع إلى الآصرة الهيدروجينية التي يمتلكها الماء، فعلى الرغم من ضعف هذه الآصرة الكيميائية إلا أنها ذات أهمية كبيرة جد اً جعلت من الماء مركب كيميائي ذو خصائص مميزة عن بقية المركبات الكيميائية الأخرى، إذ تستطيع الأسماك والعديد من الكائنات الحية الأخرى البقاء على قيد الحياة بفضل هذه الخاصية، ففي حالة تعرض البحيرات والبرك والأنهار إلى إنخفاض شديد في درجات الحرارة فإن الطبقات العليا فقط هي التي سوف تتعرض للإنجماد لإن الماء عند وصوله إلى درجة حرارة 99.3 مئوي سوف يغطس إلى الأسفل مما يحافظ على درجة حرارة الطبقات السفلى للبحيرات عند 99.3 مئوي وبذلك يتم حماية الكائنات المائية ومنها الأسماك من خطر الموت إنجماد اً.

كما أن التغيرات الفصلية في درجات الحرارة ينتج عنها تغيرات واضحة في النشاط الميكروبي، ففي الشتاء ومع إنخفاض درجات الحرارة فإن جميع التفاعلات تتباطأ ويطول زمن التكاثر وخصوص اً بالنسبة للبكتيريا التي تعيش في بيئة مائية ليست بيئتها الأصلية وهذا يحصل عادة للبكتيريا والأحياء المجهرية الأخرى التي تنتقل من المياه العذبة إلى المياه المالحة. وبالنسبة لتواجد الكائنات الدقيقة فإن البكتيريا المحبة للبرودة توجد عادةً في البيئات المائية العميقة، أما البكتيريا المحبة للحرارة المعتدلة فتكثر في المياه الداخلية الدافئة، في حين أن البكتيريا المحبة للحرارة المرتفعة فإن تواجدها يكون في الينابيع الحارة فقط.

3- الضغط الهايدروستاتيكي Hydrostatic pressure:

يعتبر الضغط الناتج عن عمود الماء)الضغط الهايدروستاتيكي(عاملاً بيئي اً مهم اً يؤثر في وجود الأحياء المجهرية ونموها في البيئة البحرية بشكل خاص .حيث يزداد الضغط مع الزيادة في العمق بصورة منتظمة بمعدل 1 ضغط جوي)101 كيلو باسكال(لكل 10 أمتار عمقاً تحت سطح الماء، لذلك فإن الضغط الهايدروستاتيكي على عمق 10 أمتار يبلغ 2 جو وعلى عمق 50 م يبلغ 6 جو، أي أن الغواص على عمق 60 متر يكون واقعاً تحت تأثير ضغط مائي مقداره 6 ضغط جوي بالإضافة إلى ضغط الهواء الجوي فيكون مجموع الضغوط الواقعة عليه = 7 ضغط جوي. ويعبر عن الضغط الهايدروستاتيكي بالقانون الآتي:

الضغط الهايدروستاتيكي = الضغط الجوي + ضغط عمود الماء

يؤثر الضغط الهايدروستاتيكي في ذوبان الغازات وبشكل خاص غاز CO_2 مما ينعكس على قيمة Hp ماء البحر، إذ ينخفض Hp ماء البحر بزيادة ذوبان CO_2. ويطلق على الأحياء المجهرية التي تكيفت للعيش في ضغوط هايدروستاتيكية مرتفعة والتي لا تستطيع النمو والتكاثر في الضغط الجوي الإعتيادي بالأحياء المحبة للاعماق Barophilic

microorganisms حيث تستطيع النمو والتكاثر فقط في أعماق تزيد على 1000 متر أي عندما يزيد الضغط الهايدروستاتيكي على 100 ضغط جوي، أما الأحياء المجهرية التي تستطيع النمو في الضغط الجوي الإعتيادي بالإضافة إلى قدرتها على النمو تحت ضغوط هايدروستاتيكية عالية فيطلق عليها الأحياء المجهرية المتحملة للأعماق Barotolerant microorganisms، في حين أن الأحياء المجهرية التي لا تستطيع النمو في ضغط يزيد عن 20 ضغط جوي فيطلق عليها الأحياء الكارهة للأعماق Barophobic microorganisms، إذ تعتبر حساسة جداً للضغط المرتفع وتشمل معظم بكتيريا المياه العذبة والبكتيريا والفطريات البحرية السطحية)التي تستوطن المناطق السطحية للبحار والمحيطات(.

4- العكارة Turbidity:

وهو مصطلح يستخدم للتعبير عن كمية المواد الصلبة العالقة في الماء .وتؤثر عكارة الماء في كمية الضوء النافذ والممتص والمنعكس وهذا يؤثر بدوره في عمق الطبقة المضيئة التي تحصل فيها عملية البناء الضوئي مما يؤثر في توزيع الأحياء المجهرية كم اً ونوع اً، وتنشأ العكارة عن:

أ. جزيئات من المواد المعدنية)رمال، أطيان، ومواد معدنية أخرى(والتي مصدرها سطح الأرض والمنتقلة إلى الماء.

ب. . المواد العضوية وتشمل بالدرجة الأساسية السليلوز والهميسيليلوز والمواد الكاتينية.

ج. . الأحياء المجهرية والهائمات النباتية والحيوانية صغيرة الحجم والطافية في الماء .

إن جزيئات المواد العالقة في الماء سواءاً كانت عضوية أو غير عضوية تعتبر مواد أو أسطح ساندة تلتصق بها الأحياء المجهرية، كما أنها تحمي الأحياء المجهرية وخصوص اً البكتيريا من التأثير الضار للضوء.

٥- الرقم الهيدروجيني للمياه Water pH:

يتراوح Hp مياه البحر بين 5.7 - 5.8 ويعد Hp 2.7 أقل Hp تنمو فيه الأحياء المجهرية في ماء البحر، بينما تستطيع الأحياء المجهرية العيش في مدى واسع من الـ Hp في البحيرات والأنهار إعتماد اً على الظروف المحلية. كما أن Hp المياه في البحيرات جيدة التغذية يتراوح بين 7 – 10 وهذا ينعكس على نمو الأحياء المجهرية ويظهر على شكل إختلافات مورفولوجية و فسيولوجية.

6- الملوحة Salinity:

تؤثر ملوحة المياه إلى مدى بعيد في نوع التجمعات الميكروبية السائدة في تلك البيئة. وتختلف التجمعات المائية في شدة ملوحة مياهها فهي عادة تكون قليلة الملوحة في الأنهار وبحيرات المياه العذبة، في حين تكون عالية الملوحة في البحار وقد تصل إلى حد التشبع في بعض البحيرات المالحة .

تعرف الأحياء المجهرية التي تعيش في المياه العذبة)قليلة الملوحة(بالأحياء الكارهة للملوحة Halophobic microorganisms إذ لا تستطيع تلك الأحياء النمو إذا زاد التركيز الملحي عن 1% . أما الأحياء المجهرية التي تنمو في مياه لا يزيد التركيز الملحي فيها عن 1% ولكنها تستطيع تحمل ملوحة عالية، بالأحياء المتحملة للملوحة Halotolerentmicroorganism، أما الأحياء المجهرية التي تفضل الملوحة العالية فتعرف بـ Halophilic microorganisms ، ويمكن أن تصنف هذه المايكروبات إلى:

a) أحياء محبة للملوحة القليلة Weakly Halophilic وتفضل ملوحة تتراوح بين 2 – 4 %.

UNIVERSITY OF ANBAR

b(أحياء محبة للملوحة المعتدلة Moderately Halophilic وتفضل ملوحة بين 5 – 20 %.

c(أحياء محبة للملوحة العالية Exteremely Halophilic وتفضل ملوحة بين 20 – 30 %.

وهذه الأحياء لاتستطيع النمو في بيئات المياه العذبة. إن تغير ملوحة المياه يؤدي إلى إحداث تغيرات عديدة فمثلاً قد يؤدي إلى إطالة زمن تكاثر البكتيريا والفطريات، كما قد يحدث تغيرات مورفولوجية وفسلجية، كما قد تصبح البكتيريا قادرة على النمو لكنها تفقد القدرة على الانقسام. أما عند نقل البكتيريا المحبة للملوحة إلى مياه ذات تراكيز ملحية منخفضة فإن ذلك قد يؤدي إلى تحللها حيث يضعف الجدار الخلوي إلى درجة كافية لدخول الماء إلى داخل الخلية وبالتالي إنتفاخها الأمرالذي يؤدي إلى تحطيم طبقات الجدار الخلوي.

7- المواد اللاعضوية Inorganic materials:

تحتوي البيئة المائية على العديد من المواد غير العضوية ذات التأثير المشجع أو المثبط للأحياء الدقيقة ومن هذه المواد ملح كلوريد الصوديوم و كذلك مركبات النتروجين كالنترات والنتريت والأمونيوم ومركبات الفوسفات اللاعضوية التي تعتبر من العوامل المحدده لوجود النباتات المائية خاصة الطحالب في المنطقة الضوئية أي المنطقة التي تجري فيها عمليات البناء الضوئي، وعاد ةً يندر ملاحظة تلك المركبات في البحيرات رديئة التغذية لأنها ت س ت هلك حال تحررها من قبل الهائمات النباتية إذ تكون هناك ظروف تنافسية بين البكتيريا والطحالب الطافية، كما يعتبر وجود كميات وإن كانت ضئيلة من الحديد والقصدير ضروري اً لأنها تدخل في تركيب بعض الإنزيمات الضرورية، أما وجود المعادن الثقيلة كالزئبق والنحاس الذي يتسرب إلى المياه عن طريق مياه الفضلات Wastewater فإنه يعتبر خطر على المايكروبات ويؤدي إلى قتل العديد من الأنواع، كما أن مركبات السيانيد تشكل خطر اً على الحياة النباتية والحيوانية وتعتبر من السموم الخطرة.

8- المواد العضوية Organic materials:

تلعب المركبات العضوية سواء كانت ذائبة أو معلقة دور اً كبير اً في تحديد نشاط الأحياء المجهرية و كذلك في تحديد طبيعة الأنواع السائدة من تلك الأحياء، فمث لاً في المياه المحملة بالقاذورات التي تكون غنية بالبروتين تنشط البكتيريا المحلله للبروتين، أما في المياه الحاوية كميات كبيرة من السليلوز فسوف تنشط البكتيريا والفطريات المحلله للسليلوز وهكذا، إعتماداً على نوع المادة العضوية الموجودة.

9- الغازات الذائبة Dissolved Gases:

توجد في الماء كميات ضئيلة من الغازات الذائبة و منها الأوكسجين والنايتروجين وكبريتيد الهايدروجين إضافةً إلى الميثان. وتلعب درجة الحرارة دور اً كبير اً في تحديد كمية الغازات الذائبة في الماء حيث أن المياه الباردة تستطيع إذابة كميات أكبر من الأوكسجين مقارنةً بالمياه الدافئة، وبشكل عام فإن المياه العذبة تكون ذات محتوى أكبر من الغازات الذائبة مقارن ةً بمياه البحر. ومصدر هذه الغازات عادة هو الهواء بالدرجة الأساسية حيث يتشبع سطح الماء ،إضافةً إلى نواتج العمليات الكيميائية الحياتية التي تقوم بها النباتات الخضراء، و يتحرر غاز ثاني أوكسيد الكاربون بفعل عملية التنفس، أما النايتروجين فيتحرر بفعل عملية عكس النترجة، وكبريتيد الهيدروجين بفعل نزع الكبريت، والهيدروكاربونات مثل غاز الميثان بفعل عملية التخمر.

UNIVERSITY OF ANBAR

إن معظم الأحياء المجهرية التي تعيش في البيئات المائية هي كانت لاهوائية إختيارية خصوص اً التي تعيش في البيئة البحرية ،كما إن إنخفاض تراكيز الأوكسجين في البيئات المائية يعتبر عاملاً محدد اً لنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة الهوائية.

بالنسبة للنايتروجين الجزيئي N_2 فليس له تأثير كبير على نمو الأحياء المجهرية المائية، أما ثاني أوكسيد الكاربون فيعتبر مهماً للأحياء ذاتية التغذية الضوئية. أما غاز H_2S فإنه يتواجد عادةً في البيئات اللاهوائية، وفي حالة زيادة تركيزه يؤدي إلى موت الكائنات الراقية النباتية والحيوانية ومعظم الأحياء المجهرية تدريجياً ما عدا الأحياء المجهرية المتحملة لكبريتيد الهيدروجين. أما غاز الميثان فينتج بفعل التحلل اللاهوائي وهو أحد نواتج تحلل السليلوز لاهوائياً حيث أن وجوده يشجع تكاثر البكتيريا المؤكسدة للميثان مثل بكتيريا *Pseudomonas methanica* وبعض أنواع الـ *Nocardia*.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki
قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

ثانيا: العوامل الحياتية للبيئة المائية وتأثيرها في الأحياء المجهرية

منذ أن أُكتُشُفت المايكروبات وهي تدرس بصورة نقية معزولة على أوساط زرعية مختبرية، في حين أن في بيئتها الطبيعية ومنها البيئة المائية يندر وجود مايكروب ما لوحده، بل هناك خليط من الأحياء المجهرية في المكان البيئي تنشأ بينها مختلف العلاقات، قد تكون علاقات دع أو تبيط ولي بالرورة وجود كل هذه العلاقات في بيئة مائية واحدة، فهي تعتمد على نوع المياه ونوع وعدد الأحياء الموجودة والعوامل البيئية المختلفة ومن أه هذه العلاقات مايأتي:

1- التنافس Competition:

ويعرف بأنه علاقة عدائية كنتيجة للإستخدام المتبادل لموارد طبيعية محدودة في الموطن البيئي، ويرتبط التناف بعنصرين أساسيين يؤديان إلى توضيح مدى إرتباط التناف بالتنوع الحيوي وهما:

أ مدى أتساع الوحدة البيئية Niche breath لكلا النوعين

ب حج التداخل Niche overlap في الوحدة البيئية لكلا النوعين، حيث أن هناك قاعدة بيئية تشير إلى أن الأنواع التي تعيش في منطقة معينة مع بعرها البعض وتتداخل في أعشاشها البيئية غالب ا ما تتناف على نف الموارد وكبير ا ما يقوم أحدها بإزاحة الآخر ويطلق على هذه الظاهرة بالإقصاء التنافسي Competitive exclusion

2- التعاون Cooperation:

مبال ذلك عملية التحلل البايولوجي Biodegradation والتي هي عبارة عن عملية متعددة المراحل تحدث كمحصلة لعدد من التفاعلات المتعاقبة بوساطة أحياء مجهرية متخصصة مختلفة، تمنع هذه العملية تجميع النواتج العرضية الأيرية، ونتيجة لهذا التعاون يصبح التحلل البايولوجي لكبير من المركبات العروية أمر هام مبل الكايتين والسليلوز

3- الإفتراس Predation:

وهي عملية إقتناص حيوان حي)الفريسة Prey(من أجل الغذاء من قبل حيوان آخر)المفترس Predator(الحيوانات الأولية تتغذى على الإسفنجيات التي تتغذى بدورها على البكتيريا، إن دور الإفتراس في التنوع الحيوي يتبلور بإتجاهين؛ الأول أن ت وفر الفرائ يدع تواجد فرائ جديدة في البيئة تؤثر إيجابي ا في التنوع الحيوي ،والباني أن دور المفترسات في حفظ تعداد الفرائ إلى مستوياتها الدنيا يؤدي بالتالي إلى حفظ حدة التناف بينها إلى أقل حد وبالتالي يؤدي ذلك إلى دخول فرائ أخرى في مجال المنافسة لتدع وجود أعداد جديدة من المفترسات في البيئة

4- التطفل Parasitism:

وتجري هذه العلاقة بتطفل مايكروب على مايكروب آخر، إذ ت هُا ج الأحياء الدقيقة في المياه بالعديد من الفيروسات والبكتيريا والفطريات وتؤدي إلى تحللها، ومبال ذلك هو بكتيريا *Bdellovibrio* التي تتطفل على أنواع بكتيرية أخرى، حيث تدخل هذه البكتيريا إلى داخل بكتيريا أخرى لتهر محتوياتها وتتكاثر بداخلها ث يتهتك جدار البكتيريا

المريف وتخرج الخلايا الجديدة للبكتيريا المتطفلة لتهاج خلايا بكتيرية جديدة في الماء، مما يتسبب وجودها بقلة أعداد البكتيريا وكذلك توجد العاثيات البكتيرية Bacteriophages وهي عبارة عن فايروسات تغزو البكتيريا، ولها دور في التوازن البكتيري في البحار والانهار

"ولعل البعض يعتقد أن التطفل نوع من الإفتراس، ولكن في الحقيقة لايعتبر التطفل نوع ا من أنواع الإفتراس لوجود العديد من الفروقات، أهمها:"

ت	التطفل Parasitism	الإفتراس Predation
1	يوفر الغذاء والمسكن للمتطفل)الطفيل(	يوفر الغذاء فقط
2	لايقري على الكائن الحي بذاته ولكن موت العائل نتيجة بعض الأمور الطارئة التي غالبا لاترتبط بالطفيل بشكل مباشر	يجب أن يقري على الفريسة
3	في معظ الأحيان يكون المتطفل أصغر حجما بكبير من الكائن العائل	عادة ما تكون الفريسة أصغر بكبير من المفترس

أنواع المياه Water types

قس العلماء المياه تبع ا لطبيعتها ومكوناتها إلى نوعين رئيسيين هما:

1- المياه السطحية Surface Waters: وهي المياه التي توجد على سطح الكرة الأرضية بحيث تكون متاحة للاستخدام بسهولة، وتقس بدورها حسب ملوحتها إلى:

- المياه المالحة: وهي المياه التي تحتوي على تراكيز عالية من الأملاح المعدنية المذابة، ويصل تركيز الأملاح فيها إلى 5 3%، وتعد البحار والمحيطات المصدر الرئيسي للمياه المالحة
- المياه العذبة: وهي المياه التي تحتوي على تراكيز منخفرة أو معدومة في بعض الأحيان من الأملاح المعدنية المذابة والتي لاتزيد عن 05 0%، وتعد الأنهار والجداول والجليد القطبي والأمطار المصدر الرئيسي للمياه العذبة

وتقس البيئات المائية حسب طبيعة حركتها الإنسيابية إلى:

أ- **بيئة المياه الراكدة Lentic environment أو) Standing Water(** وتشمل البحيرات والأهوار والمستنقعات والبرك، حيث تكون حركة المياه فيها ساكنه نسبيا

ب- - **بيئة المياه الجارية Lotic environment أو) Running Water(** وتشمل الأنهار والجداول والقنوات والينابيع والتي يلاحظ فيها أن حركة المياه واضحة، وقد تصل سرعة التيارات فيها إلى مديات واسعة وتختلف المياه الجارية عن المياه الراكدة في البحيرات و البرك بما يأتي:

1(حركة الماء مستمرة بإتجاه واحد
2(إختلاف في سرعة جريان الماء
3(تباين كبير في مستوى الماء
4(قلة العمق مقارنة بالبحيرات
5(تغير العوامل البيئية على طول مسار الماء
6(يزداد طول وعرض وعمق المياه الجارية بمرور الزمن

1987 1408 UNIVERSITY OF ANBAR

7(تتوقف إنتاجية المياه الجارية على نوعية وكمية المغذيات الموجودة
8(المياه الجارية أنظمة بيئية مفتوحة بينما الراكدة مسطحات مغلقة
9(تسُتعمل المغذيات بصورة مؤقتة في المياه الجارية بينما تسُتعمل لعدة مرات في المياه الراكدة
10(هنالك تماثل في تركيز الأوكسجين بين طبقات الماء في المياه الجارية أكبر من المياه الراكدة
11(المياه الجارية غنية بالأوكسجين مقارنة بالمياه الراكدة بسبب حركة الماء وكبر المساحة المعرضة للهواء

الجداول والأنهار Streams and Rivers:

وهي عبارة عن أنظمة نقل جارية تربط اليابسة بالبحار، وتحمل هذه الأنهار المواد العروية كما توفر مجموعة معقدة من المواطن البيئية لمعظ الكائنات الحية لتوفر المادة الغذائية الأساسية

البحيرات والبرك Lakes and Ponds:

تعتبر البحيرات مناطق محصورة لها حدود أرضية واضحة، ويكون لها دفق داخل ودفق خارج لذلك فإن المياه لاتكون ساكنة لكنها تفتقر للجريان الطولي المستمر، وتتأثر الأحياء الموجودة في البحيرات بعمق الحوض وطبيعة التراري الأرضية للحوض وكذلك نوعية المياه ودرجة الحرارة والروء

وتقس البحيرات إعتماد ا على إنتاجيتها Productivity وكمية المواد الغذائية)كمية المحتوى العروي(الموجودة فيها إلى أربعة أنواع هي:

A- البحيرات غنية التغذية Eutrofic Lakes وتمتاز بكونها:

1(تحوي نسبة عالية من المواد العروية
2(تفتقر إلى الأوكسجين الكافي وينعدم أحيانا في الطبقات السفلى
3(تحتوي كائنات حية مختلفة وبكبافة عالية
4(أقل عمق ا من البحيرات الفقيرة

B- البحيرات الفقيرة التغذية Oligotrophic Lakes وتمتاز بكونها:

1(تحوي كميات قليلة من المواد العروية
2(تتميز باحتوائها على الأوكسجين بكميات كافية
3(تفتقر لوجود الكائنات الحية الكافية نسبة لحجمها
4(بحيرات عميقة والمنطقة الشاطئية صغيرة ومياهها ذات لون أزرق

C- البحيرات القليلة التغذية)عسرة التغذية(Dystrophic Lakes وتمتاز بكونها:

1(تحوي مواد عروية عالقة ومترسبة في قاعها
2(ليست عميقة
3(تحوي نسبة عالية من المواد الدبالية لذلك تكون مياهها ذات لون بني وتميل إلى أن تكون حامرية

D- البحيرات المتوسطة التغذية Mesotrophic Lakes

وتمتاز بكون صفاتها وسط بين البحيرات الفقيرة والبحيرات الغنية

UNIVERSITY OF ANBAR 1987 1408

المصبات Estuaries:

تعد المصبات أنظمة مائية يختلط فيها الماء العذب القادم من اليابسة مع ماء البحر ويحدث له تخفيف في نسبة الملوحة، لذا فهي إنتقالية بين المياه العذبة والمياه المالحة مما يجعلها بيئة ذات ميزات خاصة، وتكون الكائنات الحية التي تعيش هنا قادرة على تحمل التغيرات التي تطرأ على درجة الحرارة ودرجة الملوحة ومعدل تركيز الرواسب العالقة فيها

2- المياه الجوفية Subterranean Waters: وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض، سواء تلك الموجودة في المناطق المشبعة)هي المنطقة المملوءة فراغاتها بالكامل بالمياه(أو غير المشبعة)هي المنطقة الواقعة مباشرة تحت سطح الأرض وتحتوي المواد الجيولوجية المكونة لها على المياه والهواء في الفراغات الفاصلة بين حبيبات التربة(ومن أه مصادرها هو مياه الأمطار والمياه المعدنية والكبريتية

ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication

نتيجة لوصول كميات كبيرة من الفوسفات والمركبات النايتروجينية من المصادر الزراعية والمجاري إلى المياه يحدثفيها نمو غزير جدا للطحالب والمياه الغنية بالمغذيات العروية واللاعروية تسمى Eutrophic water والظاهرة هذه تسمى ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication وتبرز هذه الظاهرة بوضوح في أحواض بحيرات المياه الغنية جدا بالعناصر الغذائية وذات نمو نباتي غزير من طحالب وأدغال مائية، ويكون ماء هذه البحيرات غير ملائ للسباحة والإستجمام والإستهلاك البشري، بسبب تفسخ العديد من هذه النباتات وتحللها وإعطاء طع ورائحة غير مرغوبة بالإضافة إلى تقليل كمية الأوكسجين مما يؤدي إلى موت الكبير من الأحياء المائية التي تتعفن أيرا و تغُير طع ونكهة الماء وهذا يحدث بسبب حدوث خلل في الموازنة البيئية الطبيعية وفي سلسلة الغذاء الطبيعية، حيث أن هناك توازن بين نشاط الأحياء المنتجة Producers والأحياء المستهلكة Consumers، وهذا التوازن يترمن عملية التركيب الروئي كعملية إنتاجية ويرمز لها بالحرف P كأول حرف من الإنتاجية، وعملية التنف كعملية إستهلاكية ويرمز لها بالحرف R كأول حرف من التنف

فالعلاقة بين التركيب الروئي أي إنتاج مادة عروية والتحلل الهوائي للمادة العروية أي التنف تقريبا ثابتة، ففي حالة الإثراء الغذائي وبسبب النمو الغزير للطحالب تكون الإنتاجية عالية أي أن قيمة P أكبر من قيمة R ، ولكن عند موت الطحالب وتحللها تصبح R أكبر من P ، وعدم إستمرارية الموازنة R = P يؤدي إلى تلوث المياه

فإضافة الفوسفات والنيتروجين للمياه عوامل مشجعة لهذه الظاهرة بالإضافة إلى درجة الحرارة وكمية الأوكسجين في الماء وعكارة المياه وتأثيرها على كمية الروء، وهذه كلها تؤثر على ظاهرة الإثراء الغذائي

وفي البحيرات التي تصاب بهذه الظاهرة تستخدم طريقة الخلط الصناعي Artificial mixing بحيث تقلب المياه لرفع المياه الباردة من قعر البحيرة إلى سطحها لخفض درجة الحرارة وتعطيل نمو الطحالب، وبنف الوقت إيصال الأوكسجين إلى قعر البحيرة لتقليل التحلل اللاهوائي وإنتاج مواد عفنة، بل أن هناك من إقترح تأسي شبكة أنابيب لرخ الهواء في قعر البحيرة وبعض الدول تستخدم حاصدات الطحالب أو استخدام مواد كيميائية مبل كبريتات النحاس للسيطرة على نمو الطحالب، أو استخدام السيطرة الحياتية أو ضخ مياه نقية في البحيرة وسحب المياه القديمة الغنية بالمغذيات وفي بعض الأحيان تستخدم تقنيات للتقليل من تركيز الفسفور والنتروجين للسيطرة على هذه الظاهرة السلبية ومنع حدوثها كأحد طرق العلاج المتبعة للقراء على هذه الظاهرة والحفاظ على المياه نظيفة وغير ملوثة

التنقية الذاتية Self-Purification

1987 - 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

يمكن القول بأن لولا التنقية الذاتية في المياه لما تمكن الإنسان من السيطرة على تلوث المياه بالمعاملات التي يستخدمها لذلك ولهذا كبير من المدن تلقي بفرلات المجاري إلى الأنهار إعتمادا على التنقية الذاتية لها ولي كل الأنهر يمكن رمي الفرلات فيها، فقابلية الأنهار للتنقية الذاتية تختلف من نهر لآخر حسب مواصفات النهر نفسه، فالأنهار العميقة ذات الإلتواءات العديدة وبطيئة الجريان تكون التهوية فيها ضعيفة وبذلك تحتاج الفرلات إلى وقت طويل لكي تتحلل وتتنقى المياه ذاتيا ، وكذلك الأنهار والجداول في المناطق المتجمدة التي تتجمد فيها المياه وتتحول إلى ثلوج، حيث لاتصلح هذه الأنهار للتنقية الذاتية أما الأنهار سريعة الجريان قليلة الإلتواءات وغير العميقة والمنحدرة تكون فيها التهوية وإعادة التهوية Reaeration جيدة وبذلك يكون التحلل سريع خاصة في المناطق الدافئة أو عند درجات الحرارة العالية، وكلما إتجهنا أطول في عمق النهر كلما قلت الملوثات وقل عدد المايكروبات بسبب إنخفاض تركيز المادة العروية وتعرض المايكروبات للإلتهام خلال جريان الماء لمسافة طويلة

وفي جميع الحالات – التنقية الذاتية تحدث فقط عندما تكون كمية فرلات المجاري المرمية في المياه قليلة بالنسبة لحج المياه الكبير أما إذا كان تركيز الفرلات عاليا جدا عندها قد لاتحدث تنقية ذاتية

إن العمليات التي تجري خلال التنقية الذاتية تكون ذات طابع فيزيائي وكيميائي وبايولوجي، والتي تؤدي إلى تنقية المياه بدون تدخل الإنسان في هذه العمليات فالعمليات الفيزيائية تتركز بترسب المواد العالقة البقيلة الوزن إلى القعر أو إدمصاص بعض الملوثات السامة على دقائق الطين والغرين العالقة وتكتلها وترسبها إلى الأسفل أما العمليات الكيميائية فتشمل الأكسدة للمواد العروية وتحللها إلى مواد أولية غير سامة وكذلك إعادة التهوية بإذابة أوكسجين الهواء في الماء أما العمليات البايولوجية التي غالبيتها هي نشاط مايكروبي في أكسدة وتحلل المواد العروية نتيجة نشاط وتكاثرمايكروبات المياه بسبب توفر مواد عروية كبيرة عند رمي الفرلات في المياه كذلك تعمل بعض المجاميع المايكروبية على إزالة بعض الملوثات اللاعروية السامة

وهناك عوامل عديدة تؤثر على التنقية الذاتية في المياه، أه هذه العوامل هي؛) 1(كمية الفرلات المرمية بالنسبة لكمية المياه) 2(وسرعة جريان المياه) 3(ودرجة حرارتها) 4(وسرعة إعادة تهوية المياه لهذا تستخدم آلات الخلط والتهوية عندما يحدث تلوث شديد في منطقة صب المجاري في الأنهار لأن الخلط يسرع من عملية إعادة التهوية ويرفع درجة حرارة المياه

وتتبع عملية التنقية الذاتية لمياه تصب فيها بشكل ثابت ودائمي فرلات المجاري أو ملوثات زراعية أو صناعية كوجود حقول زراعية وتربية حيوان ثابتة على النهر أو مصانع ثابتة على النهر إذ نلاحظ تكون مناطق ثلاثة في هذا النهر أيرا تأخذ صفة الببوتية نوعا ما في حالة ثبوت كمية الملوثات المرمية وثبوت مواصفات المياه، وهذه المناطق هي:

1. منطقة التلوث :Pollution zone

وهي المنطقة التي تصب فيها الفرلات أي فتحات أنابيب المجاري أو فرلات التصنيع والزراعة إلى المياه Sewer outfall حيث في هذه المنطقة يبدأ إستهلاك سريع للأوكسجين وتحلل سريع للمواد العروية ولهذا تعتبر منطقة تحلل سريع Zone of active decomposition حيث يصل الأوكسجين هناك إلى أدنى مستوى كما يحدث تحلل لاهوائي في ترسبات وأطيان قعر المياه وتكوّن روائح كريهة وهذه المنطقة تعتبر غير ملائمة لحياة وتكاثر الأسماك وأحياء الماء الكبيرة، في حين البكتيريا غير ذاتية التغذية تتكاثر بسرعة وتزداد أعدادها بشكل هائل

٢. منطقة الشفاء من التلوث :Recovery zone

في هذه المنطقة التي تلي منطقة التلوث تبدأ عملية إعادة تهوية المياه Reaeration حيث تكون هذه العملية أسرع من عملية إزالة الأوكسجين أو إستنفاذه من قبل المواد العروية Deoxygenation ، وبذلك تبدأ كمية الأوكسجين المذابة في المياه بالزيادة ببطئ، لتتحول تدريجيا الأمونيا المتكونة في منطقة التلوث إلى نترات بالأكسدة وبفعل نشاط بكتيريا النترجة وبقدر ما كانت البكتيريا هي السائدة في المنطقة الأولى، يبدأ هنا ظهور بعض القشريات والأسماك المتحملة للتلوث، وتبدأ الطحالب بالإزدهار لتوفر عناصر غذائية لاعروية تكوّ نت من المنطقة الأولى

3. منطقة المياه النظيفة :Zone of clean water

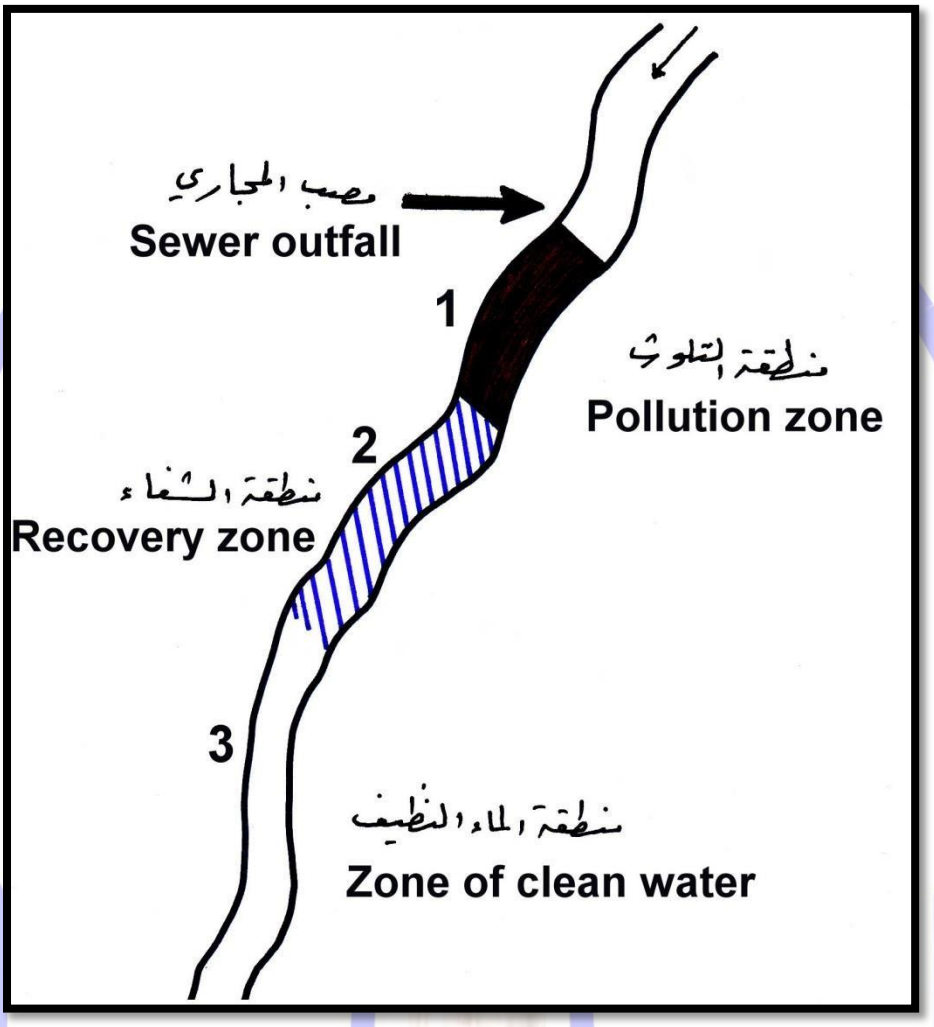
في هذه المنطقة يرجع الماء إلى حالته الأولية)تقريبا (قبل التلوث ويزداد تركيز الأوكسجين، وتنزل قيمة BOD إلى الصفر أو على الأقل إلى قيمته الأولى قبل التلوث، وتظهر هنا الأنواع العديدة من الأحياء المائية من حيوانات ونباتات التي ل تتمكن من العيش في المنطقة الأولى، والتي هي حساسة جدا للتلوث إلا أنه مايزال هناك زيادة في تركيز النترات والفوسفات التي تكونت نتيجة تحلل المواد العروية في المنطقتين السابقتين وتدريجيا كلما إبتعدنا عن مصدر التلوث يرجع تركيز هذه المركبات إلى حالته الطبيعية

قد تساه أحياء أخرى غير المايكروبات في عملية التنقية الذاتية كالحشرات والديدان والإبتدائيات التي تلتقط الدقائق الصغير من الملوثات العروية في المياه، وحتى الطيور والأسماك تساه بإلتهام الدقائق العروية الصغيرة، لكن دور هذه الأحياء بسيط جدا بالنسبة للدور الكبير للبكتيريا والفطريات التي تحلل المواد العروية المختلفة إلى مكوناتها الأولية ويحدث هنا تعاقب مايكروبي وتغير في المجتمعات المايكروبية Microbial population حسب نوع الفرلات العروية وسرعة تحللها، فقد تسود أولا المحللة للبروتين والنشا بعدها المحللة للسليلوز ث المحللة للكنين، وقد تبقى مواد عروية لا تتحلل مبل الشموع وبعض الدهون وغيرها إلا أن النشاط المايكروبي محكوم أيرا بالظروف البيئية، فدرجة الحرارة العالية تسرع من النشاط، ولهذا في أشهر الصيف تكون التنقية الذاتية أسرع بحيث يحدث نقصان في المادة العروية فترجع أعداد البكتيريا إلى التناقص بسبب تحلل المادة العروية بسرعة وإختفاءها من الماء

ويتبع تنوع الأحياء المائية في منطقة التلوث والشفاء والمياه النظيفة إذ نجد أن التلوث يؤثر على الكبير من الأنواع خاصة الأحياء الكبيرة وتبقى الأنواع التي تقاوم وأساسا هي بكتيريا وطحالب وإبتدائيات أي قلة في الأنواع وزيادة في الأفراد داخل النوع المقاوم للتلوث وبعد إزالة التلوث يرجع التنويع وتزداد أعداد الأنواع لتشمل كل أحياء المياه غير الملوثة

أما بالنسبة لمياه البحار تكون التنقية الذاتية فيها أبطأ مما في المياه الداخلية، بسبب درجة الحرارة المنخفرة وتبيط مياه البحر لنمو العديد من البكتيريا التي لها دور في تحلل المواد العروية والتي تأتي مع الفرلات المرمية فيه ولكي تظهر فلورا مايكروبية بحرية متخصصة بتحطي هذه الملوثات تحتاج إلى وقت طويل، بالإضافة إلى ذلك يكون نشاط البكتيريا البحرية أبطأ من نشاط البكتيريا للمياه العذبة

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



مخطط يبين المناطق الثلاث المتكونة عند صب المجاري في مياه النهر

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

علم احياء مجهرية التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki

قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

تلوث المياه Water Pollution

هو أي تغير فيزيائي أو كيميائي في نوعية المياه، بطريق مباشر أو غير مباشر، يؤثر سلب ا على الكائنات الحية، أو يجعل المياه غير صالحة للاستخدامات المطلوبة. ويؤثر تلوث الماء تأثير ا كبيرا في حياة الفرد والأسرة والمجتمع، فالمياه مطلب حيوي للإنسان وسائر الكائنات الحية، فالماء قد يكون سبب ا رئيسي ا في إنهاء الحياة على الأرض إذا كان ملوثا .

ينقسم التلوث المائي بصورة عامة إلى نوعين رئيسيين، الأول هو **التلوث الطبيعي**، ويظهر في تغير درجة حرارة الماء، أو زيادة ملوحته، أو إزدياد المواد العالقة. والنوع الآخر هو **التلوث الكيميائي**، وتتعدد أشكاله كالتلوث بمياه الصرف والتسرب النفطي والتلوث بالمخلفات الزراعية كالمبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية .في حين أن هناك تقسيما يعتمد على نوع الفضلات ونوعية خطورتها للمياه ، أهمها:

1(فضلات بحاجة إلى أوكسجين Oxygen demanding wastes: مثل فضلات المجاري وفضلات تصنع مواد نباتية أو حيوانية كمصانع الألبان.

2(فضلات مسببة للأمراض Disease causing wastes: وهي الفضلات المحملة بالمايكروبات الممرضة كفضلات مجاري المستشفيات ومعامل الدباغة واللحوم.

3(فضلات غنية بالمغذيات النباتية Plant nutrients wastes: وهي فضلات غنية بالنترات والفسفور وتشجع نمو النباتات والطحالب في المياه وتأتي عادة من مصانع المنظفات والأراضي الزراعية المسمدة.

4(فضلات غنية بالمواد العضوية السامة Organic toxic chemicals: مثل فضلات معامل الصابون والصناعات الكيمياوية والمخلفات البترولية والمبيدات والأدوية.

5(فضلات غنية بمواد لاعضوية سامة Inorganic toxic chemicals: وتشمل أملاح المعادن السامة والأحماض والقلويات المتأتية من صناعة التعدين والصناعات الكيميائية والكهربائية.

التلوث بمياه الصرف الصحي Sewage water pollution

أصبحت قضية التخلص من مياه الصرف الصحي)المجاري(من أكبر المشكلات التي تواجه العالم بأسره، لما يترتب على ذلك من أخطار صحية وإقتصادية كثيرة. فهذا النوع من المياه الملوثة يشتمل على العديد من الملوثات الخطرة، سواء كانت عضوية أو مواد كيماوية)كالصابون والمنظفات الصناعية(، وبعض أنواع البكتيريا والمايكروبات الضارة مثال ذلك بكتيريا السالمونيلا *Salmonella* التي تؤدي إلى الإصابة بمرض حمى التيفوئيد والنزلات المعوية الحادة. وتسبب بكتيريا الشيجلا *Shiglla* أمراض الإسهال، كما تسبب بكتيريا الـ *Escherichia coli* القيء والإسهال، وقد تؤدي إلى الجفاف خاصة عند الأطفال.أما بكتيريا الـ *Leptospira* فيترتب عليها أمراض إلتهابات الكبد والكلى والجهاز العصبي المركزي، أما بكتيريا الـ *Vibrio* فتسبب مرض الكوليرا. إضافة إلى المعادن الثقيلة السامة والمواد الكاربوهيدراتية.

التلوث النفطي Oil pollution

UNIVERSITY OF ANBAR

تعتبر الملوثات النفطية من أكبر مصادر التلوث المائي إنتشار ا وتأثير ا رغم حداثتها، ويحدث التلوث بالنفط عندما تتسرب المواد النفطية إلى المسطحات المائية - خاصة البحرية منها - والتي لم تقتصر على المناطق الساحلية فقط، بل تمتد لتصل إلى سطح مياه المحيطات. وتتعدد أسباب التلوث النفطي للمياه، لتتضمن حوادث ناقلات النفط ومنتجاته، وحوادث استخراج النفط من الآبار البحرية، خاصة أثناء عملية فصل الماء عن الزيت فصلا كاملا ، أو نتيجة تسرب النفط من الآبار المجاورة للشواطئ البحرية، أو بسبب تلف أنابيب نقل النفط من آباره البحرية للشواطئ، وأيضا حوادث إلقاء النفايات والمخلفات النفطية في البحر من ناقلات النفط أثناء سيرها، مثل تلك المخلوطة بالمياه التي استخدمت في غسيل خزاناتها، وخاصة تلك المصاحبة لتفريغ مياه توازن السفن. أو غرق الناقلات النفطية المحملة بالنفط أو إصطدامها بالسفن الأخرى .

ومن أهم أضرار التلوث النفطي ما يأتي:

- للنفط تأثير سام على الكائنات البحرية عندما تمتصه، فتتجمع المواد الهايدروكاربونية المكونة للنفط في الأنسجة الدهنية وكبد وبنكرياس الأسماك، والتي تقتل بدورها الإنسان بعد إصابته بالسرطان. كما تؤثر سلب ا على اللافقاريات والعوالق والمحار والثدييات والطيور البحرية والشعاب المرجانية.
- يمتد تأثير التلوث السلبي على المنتجعات السياحية الشاطئية.

المخلفات الزراعية Agricultural wastes

تشمل المخلفات الزراعية الأسمدة والمبيدات التي يجري تصريفها إلى المجاري المائية إذا ما ت ركت دون تدوير، والتي تؤدي إلى تلويث المياه بالأحماض والقلويات والأصباغ والمركبات الهايدروكاربونية، والأملاح السامة والدهون والدم والبكتيريا، وبالتالي يضم هذا النوع من المخلفات خليطا من الملوثات الكيميائية والمبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية.

وتتضمن:

أولاً: تلوث الماء بالمبيدات Pesticides water pollution

ت ستخدم المبيدات الحشرية في مجالات الزراعة والصحة العامة للقضاء على الآفات والحشرات، وبصفة عامة يؤدي استخدام المبيدات إلى اختلال التوازن البيئي من خلال تلويث عناصر البيئة المختلفة من تربة وماء ونبات وحيوان بشكل يصعب إعادة توازنها. وتشمل المواقع المعرضة للتلوث بالمبيدات المياه الجوفية والآبار والينابيع والأنهار والبحيرات والخزانات المائية والبرك. وتتلوث مياه الشرب بالمبيدات بأكثر من وسيلة، منها الإنتقال العرضي من المناطق المجاورة أثناء عملية الرش، أو من جراء التسرب من الأراضي التي تتعامل مع مبيدات بالتزامن مع حركة الماء، أو يحدث التلوث المباشر باستخدام المبيدات في القضاء على نبات ورد النيل مثلا الذي ينتشر على بعض ضفاف الأنهار في العراق ومصر، وبالتالي تمثل مخلفات المبيدات مشكلة خطيرة سواء بالنسبة لصحة الإنسان، من حيث تأثيره على الجهاز التنفسي والجلد والعين، أو بإعتباره م هلك ا للاسماك وضار ا بالمزروعات، خاصة نبات القطن عند ريه بمياه تم التعامل معها بتلك المبيدات في حالة القضاء على ورد النيل مثلا . كما أنه ضار بالحيوانات المنتجة للبن عند شربها لمياه ملوثة.

وهناك تأثيرات صحية ضارة للمبيدات المذابة في المياه التي قد تنتقل إلى التربة وينتج عنها زراعة نباتات ملوثة أو نتيجة تناول الحيوانات لنباتات تمت سقايتها بالماء الملوث أو شربها من الماء الملوث بصورة مباشرة، ومن أهم هذه التأثيرات الصحية:

- ظهور أعراض مظاهر الحساسية الصدرية والربو وتصلب الشرايين، وأحيان ا السرطان.
- تضخم الكبد، وظهور الأمراض الجلدية وأمراض العيون والمعدة.
- فقدان الذاكرة وبعض مظاهر التبلد والخمول.

UNIVERSITY OF ANBAR 1987 1408

- تدمير العناصر الوراثية في الخلايا وتكوين أجنة مشوهة.

ورغم المضار التي تحيط بالتعامل مع المبيدات، إلا أنه لا يمكن الإستغناء عنها كلية ، لأن ذلك يعني إنتشار الحشرات والآفات بصورة مخيفة. ويمكن الإمتناع عن استخدام بعض المبيدات لأكثر من 10 سنوات في بعض الأراضي، إلا أن أي نبات يزرع في هذه الأراضي ما يزال يحتوي على بقايا هذه المبيدات.

ثانياً: التلوث المائي بالمخصبات الزراعية Agricultural fertilizers pollution

إن التلوث المائي بالمخصبات الزراعية، سواء كانت آزوتية أو فوسفاتية أو بوتاسية، والتي يتزايد استخدامها نظرا لمحدودية التربة الصالحة للزراعة، والإتجاه نحو التوسع في الزراعة الكثيفة لزيادة إنتاجية الزراعة من الغذاء مع النمو المضطرد للسكان. فمثلا ينشأ التلوث المائي بالمخصبات الزراعية في حال إستخدامها بطريقة غير محسوبة، مما يؤديإلى زيادتها عن حاجة النبات، فتذوب في مياه الري التي يتم التخلص منها في المصارف، أو تتراكم بمرور الزمن لتصل إلى المياه الجوفية التي ترتفع فيها نسبة مركبات النترات والفوسفات، كما تلعب الأمطار دور ا في حمل ما تبقى منها في التربة ونقلها إلى المجاري المائية المجاورة.

تعد المركبات الفوسفاتية من أهم الملوثات المائية، حيث يترتب على زيادة نسبتها في المياه إلى الإضرار بحياة كثير من الكائنات الحية التي تعيش في المياه ، وينجم عن الإفراط في المركبات الفوسفاتية آثار ا ضارة منها:

i. يتصف هذا النوع من المخصبات بثباته الكيميائي ،الأمر الذي يجعله يستمر في التربة لفترة طويلة، فالنباتات والمحاصيل لا تستطيع أن تمتص كل ما يضاف منها إلى التربة. فضلا عن ما تتصف به من سمية تجعلها عند الإفراط في إستخدامها ضارة على كل من يتعامل مع المياه شربا وزراعة)الإنسان والحيوان(، مما يستوجب عدم زيادة مركبات الفوسفات في مياه الشرب عن حدود معينة تقررها السلطات المحلية المعنية بالأمر.

ii. تعمل المركبات الفوسفاتية على النمو الزائد للطحالب وبعض النباتات المائية في المسطحات المائية المغلقة كالبحيرات، والتي تستقبل - في أغلب الأحيان - مياه الصرف الصحي، حتى تصل لحالة تشبع غذائي تؤدي بمرور الزمن إلى خلوها من الأوكسجين، وبالتالي القضاء على ما بها من أسماك وكائنات بحرية أخرى.

تسهم مياه الصرف الزراعي ومياه الأمطار والمياه الجوفية بإضافة نسبة من المركبات الفوسفورية إلى المجاري المائية تفوق بكثير تلك التي تحمله مياه الصرف الصحي والملوثات الصناعية. أما التلوث المائي بمركبات النترات فيعتبر من أكبر وأخطر مشكلات التلوث في العالم، ويأخذ أحد عدة أشكال:

a(يؤدي الإسراف في استخدام المركبات النيتروجينية في التربة إلى زيادة تركيزها في المجاري المائية لوجود فائض عن حاجة النباتات، وتتسرب مع مرور الوقت إلى المياه الجوفية، أو تجرفها مياه الأمطار معها إلى المجاري المائية التي يستخدمها الإنسان.

b(وجود نسبة عالية من النترات في عديد من النباتات التي تستخدم في تحضير طعام الإنسان.

c(التوسع في استخدام مركبات النترات والنتريت كمادة حافظة، سواء في المعلبات الغذائية، أو في بعض أنواع اللحوم المملحة والمحفوظة، إنطلاقا مما تتصف به من خواص مضادة للجراثيم وإضافتها لون ا خاص ا ورائحة مميزة.

d(توجد مركبات النترات بنسبة عالية في بعض أنواع المشروبات مثل الجعة، نتيجة شمول جزء كبير من أيون النترات المستخلص من الشعير إلى أيون النتريت السام، أثناء تحضير الشراب عن طريق التخمر.

UNIVERSITY OF ANBAR 1987 - 1408

التلوث المائي بالمخلفات الصناعية Industrial wastewater pollution

ي قصد بالمخلفات الصناعية كافة المخلفات الناتجة عن الأنشطة الصناعية، خاص ة الصناعات الكيميائية والتعدين والتصنيع الغذائي. وتمثل مخلفات الصناعة خطر ا حقيقي ا على كافة عناصر البيئة الذي يعد الماء أهم عناصرها، وقد ظهر هذا النوع من التلوث بوضوح في سبعينات القرن العشرين. وتعتبر كل من الصناعات التحويلية والصناعات التعدينية المصدران الرئيسيان لملوثات المياه بالفلزات الثقيلة والكيمياويات والمنظفات الصناعية. فالمياه ت ستخدم في الصناعة بصفة رئيسية في تبريد وتنظيف الآلات ومعالجة المواد الخام أو الطعام وغيرها من العمليات التصنيعية المختلفة، مما ينجم عنه تلويث المياه بمستويات متباينة من الفضلات الصناعية التي يتم تصريفها بكميات هائلة يومي ا . يمثل التلوث بالصناعات التعدينية ذات العلاقة بإنتاج الفلزات الثقيلة - كالزئبق والرصاص والكادميوم والزنك - مشكلة كبرى، نظر ا لقدرتها على التراكم في الأنسجة الحية Bioaccumulation، خاصة الزئبق الذي يعد أكثرها إنتشار ا وأشدها سمية وقدر ة على التراكم بالأنسجة، فضلا عن دورها في إستهلاك قدر كبير من الأوكسجين بما يزيد عن أربعة أمثال ما تستهلكه مخلفات الصرف الصحي، وهذا بدوره يؤدي لمزيد من قتل الكائنات الحية بالمياه التي ت لقى فيها هذه المخلفات.

وكما هو الحال في الفلزات الثقيلة، تسهم العديد من الصناعات التحويلية الأخرى في التلوث المائي، مثل الصناعات الكيميائية ومعامل تكرير النفط، والصناعات الدوائية وصناعة الحديد والصلب، والصناعات الورقية والصناعات الغذائية،بجانب محطات توليد الكهرباء. وما يترتب على ذلك من الإضرار بسلسلة الغذاء، من خلال الإصابات المرضية للأحياء المائية من الأسماك والثدييات المائية، والتي بدورها تنتقل إلى الإنسان محدثة المرض، فض لا عن التأثير السلبي لهذا التلوث على إنتاجية المسطحات المائية من الأسماك. وكذلك يؤدي إلقاء المواد البلاستيكية في المسطحات المائية إلى قتل الأسماك والطيور والثدييات البحرية، أو إلحاق الضرر بها، فصغار السلاحف البحرية -على سبيل المثال - تلتهم الأكياس البلاستيكية العائمة ظن ا منها بأنها قناديل البحر التي تشكل وجبات غذائية لذيذة لها، ومن ثم تموت نتيجة إنسداد أمعائها بهذه الأكياس التي لا تهضم.

إجراءات وقاية المياه من التلوث

يظل تلوث المياه العذبة م سبب ا رئيسي ا للأمراض والوفاة في معظم دول العالم النامي، وقد يأخذ التأثيرات السلبية الآتية:

١. إستنزاف كميات كبيرة من الأوكسجين الذائب في الماء ،نتيجة ما يخلط من صرف صحي وزراعي وصناعي ،مما يؤدي إلى تناقص أعداد الأحياء المائية.
٢. تؤدي زيادة نسبة المواد الكيميائية في المياه إلى تسمم الأحياء ،فتكاد تخلو أنهار عديدة من مظاهر الحياة بسبب إرتفاع تركيز الملوثات الكيميائية فيها.
٣. إزدهار ونمو البكتيريا والطفيليات والأحياء الدقيقة في المياه، مما يقلل من قيمتها كمصدر للشرب أو للري أو حتى للسباحة والترفيه.
٤. قلة الضوء الذي يخترق المياه نتيجة لوجود الملوثات وطفوها على سطح المياه ،إذ يعتبر الضوء ضروريا لنمو الأحياء النباتية المائية كالطحالب والعوالق.

وللحفاظ على المياه الطبيعية يجب سن الكثير من القوانين والتشريعات الحازمة لمحاولة الحد من تلوث المياه، بجانب بناء الحكومات محطات لتنقية المياه ومعالجتها من المخلفات والنفايات، كذلك وضع حد أعلى لتركيز الملوثات في المياه ليضمن حد أدنى لسلامة المياه. وكل هذا بجانب التوعية البيئية في وسائل الإعلام المختلفة وشبكة المعلومات الدولية وفي دور العبادة بأهمية المحافظة على المياه. ومن بعض الحلول الأخرى لمعالجة هذا التلوث:

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

١. سرعة معالجة مياه الصرف الصحي قبل وصولها للتربة أو للمسطحات المائية الأخرى، والتي يمكن إعادة استخدامها مرة أخرى في ري الأراضي الزراعية، ولكن بدون إحداث تلوث للتربة والنباتات التي يأكلها الإنسان والحيوان.
٢. التخلص من نشاط النقل البحري، وما حدث من تسرب للنفط في مياه البحار أو الأنهار الملاحية، من خلال عمليات الحرق أو الشفط.
٣. التوقف عن محاولة دفن النفايات المشعة في بعض الصحارى المحددة، لأنها تتسرب وتهدد سلامة المياه الجوفية.
٤. فرض إحتياطات أمنية على نطاق واسع من أجل المحافظة على سلامة المياه الجوفية كمصدر آمن من مصادر مياه الشرب، وذلك بمنع الزراعة أو البناء أو قيام أي نشاط صناعي قد يضر بسلامة المياه.
٥. محاولة إعادة تدوير بعض نفايات المصانع بدلا من إلقائها في المصارف المائية ووصولها إلى المياه الجوفية بالمثل، طالما لا يوجد هناك ضررا من إعادة استخدامها مرة أخرى.
٦. التحليل الدوري الكيميائي والحيوي للماء بوساطة مختبرات متخصصة، لضمان المعايير التي تتحقق بها جودة المياه وعدم تلوثها.
٧. الحد من تلوث الهواء الذي يساهم في تلوث مياه الأمطار، وتحولها إلى ماء حامضي يثير الكثير من المشاكل المتداخلة.
٨. توفر وإشاعة مفهوم الوعي البشري الذي ي ؤمن بضرورة المحافظة على المياه من التلوث.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

علم احياء مجهرية التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki

قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

مايكروبايولوجية المياه الصحية: Microbiology of Domestic water

مياه الشرب Drinking water:

تعتمد غالبية التجمعات السكانية على مصادر المياه السطحية كالأنهار والجداول والبحيرات كمصادر لمياه الشرب ،وهذه المصادر تكون عرضة بشكل دائم للتلوث، وينتج عن ذلك التلوث تغ ي ر في نوعية تلك المياه .وتوجد العديد من الأحياء المجهرية التي تعيش بصورة إعتيادية في الماء، كما أن الماء قد يحتوي على عوامل مرضية)ميكروبات مرضية(، وذلك لإحتمال تلوث تلك المياه ببراز أو بول الأشخاص المصابين بفعل عدم معالجة مياه الصرف الصحي قبل إعادتها إلى الأنهار أو البحيرات.

ومن بعض الأمراض التي يمكن أن تنتقل عن طريق مياه الشرب غير المعالجة: التيفوئيد والباراتيفوئيد والزحار العصوي والأميبي والكوليرا وشلل الاطفال والإسهال الفايروسي وغيرها.

إن وجود المايكروبات في المياه ينتج عنه:

i. إنتقال الأمراض.
ii. تلف المواد الغذائية والعديد من العمليات الصناعية.
iii. إستهلاك الأجهزة والأنابيب بسبب التآكل الذي يحصل بفعل الفعاليات الميكروبية.

تنقية الماء Water purification:

يعرف الماء الصالح للشرب بأنه الماء الخالي من العوامل المرضية الميكروبية والمواد الكيمياوية الخطرة على حياة الإنسان) Potable water(ويمتاز بكونه عديم اللون والرائحة صافي ا رائق ا . أما الماء الملوث)Polluted water(فهو الماء غير الصالح للشرب لإحتوائه على فضلات صحية أو صناعية، ويمتاز بوجود روائح وطعم غير مستحب، ويعتبر ذلك كمؤشر للتلوث المايكروبي.

تجهيزات المياه الفردية Individual water supplies:

في أغلب الأحيان تعتمد بعض المناطق الريفية التي لا تصلها خدمات البلدية على استخدام مياه المطر المتجمع والمخزون في خزانات أرضية أو على مياه الآبار والينابيع، كما قد تستخدم المياه السطحية لأغراض الشرب وفي حالة إستخدام المياه السطحية يجب معالجتها وتنقيتها من الشوائب والمايكروبات بالغلي أو التعقيم بمنظومة تعقيم صغيرة.

تجهيزات ماء البلدية Municipal water supplies:

يتم تجهيز المدن وبعض القرى القريبة بمياه الشرب بعد معالجة المياه السطحية التي في الغالب تكون مياه الأنهار. إن الغرض من تنقية مياه الشرب هو الحصول على ماء ذي نوعية آمنة للإستخدام البشري .وتتضمن عملية تنقية مياه الشرب العمليات الرئيسية الثلاث والتي تشمل الترسيب Sedimentation والترشيح Filtration وإضافة الكلور Chlorination ، فضلا عن عمليات أخرى تجُرى أثناء الحاجة إليها.

UNIVERSITY OF ANBAR

١. **الترسيب Sedimentation:** يحصل الترسيب في خزانات ضخمة حيث يضخ الماء الخام بوساطة المضخات ليتجمع في خزانات كبيرة تعرف بخزانات الترسيب، ويبقى الماء ساكن ا لفترة من الزمن للسماح بتجمع وترسب الدقائق العالقة في الماء خصوصا الدقائق الكبيرة الحجم، وفي هذه المرحلة يتم إضافة حجر الشب)Alum(وهو كبريتات الألمنيوم لزيادة كفاءة الترسيب حيث أن مادة الشب تك و ن راسب ا شمعي ا أملس ا لزج ا تلتصق عليه الأحياء المجهرية والدقائق العالقة.

٢. **الترشيح Filtration:** بعد إتمام عملية الترسيب يتم ضخ المياه من أحواض الترسيب إلى مرشحات رملية وهي أحواض تحوي رمل متدرج في نعومته، يمرر الماء خلال تلك المرشحات الرملية وبإنتهاء عملية الترسيب والترشيح يكون حوالي 99% من البكتيريا قد رفع من الماء.

٣. **إضافة الكلور Chlorination :** تتم إضافة الكلور إلى مياه الشرب قبل ضخها للإستهلاك البشري، والهدف من إضافة الكلور هو لضمان تعقيم مياه الشرب بصورة صحيحة، وفي هذه الحالة يراعى أن تكون إضافة الكلور ضمن النسب المعمول بها وهي 1-2.0 ملغم \ لتر حسب شدة التلوث المايكروبي.

إضافة إلى هذه العمليات الأساسية، يمكن أن تشتمل عمليات تجهيز مياه الشرب عمليات أخرى منها:

٤. **القضاء على العسرة)معالجة عسر المياه(:** والمتسببة بفعل أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم، وذلك بترسيبها بإضافة هيدروكسيد الكالسيوم أو كاربونات الصوديوم وهذه المعالجة تساعد في التخلص من العكاره.

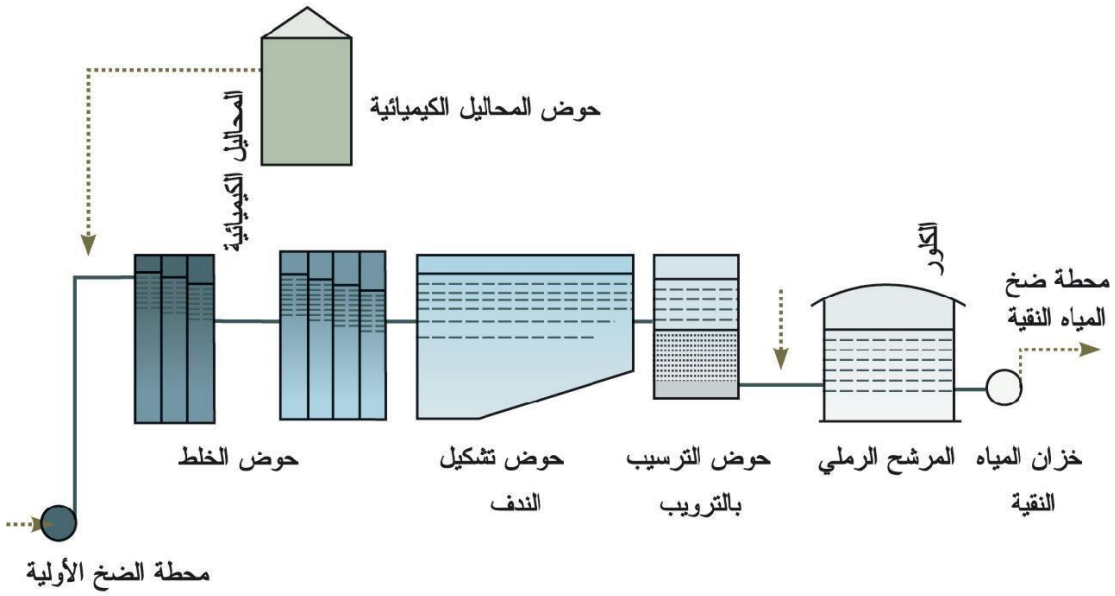
٥. **تعديل قيمة الـ Hp**: في حالة كون المياه حامضية أو قاعدية وجعلها ذات Hp متعادل.

٦. **التخلص من** الألوان والطعوم غير المستحبة عن طريق إضافة المطهرات في الخزانات.

٧. **إضافة الفلور:** وذلك للسيطرة على نخر الأسنان وتجنبه.

إن طول فترة المعالجة وطبيعة المعالجة التي يتم إجراؤها على المياه قبل إعدادها للشرب يعتمد على طبيعة ودرجة تلوث المياه الخام المستخدمة.
ويوضح المخطط التالي الطرق المعتادة ومراحل تنقية مياه الشرب.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



تقدير صلاحية المياه للإستعمال الآدمي:

نحكم على صلاحية المياه للإستعمال بعد أن نجري عليها مجموعة من الإختبارات الطبيعية، والكيميائية، والإشعاعية ،والمايكروبايولوجية، وتجري هذه الإختبارات أيضا بشكل دوري لمتابعة الظروف الصحية لمياه الشرب .

الأدلة البكتيريولوجية لتلوث المياه:

يعد الكشف عن المايكروبات المرضية بالماء أمر بالغ الصعوبة، إذ أن هذه المايكروبات قد توجد بأعداد قليلة، مما يجعل من الصعب عزلها في مزارع نقية، كما أنه ليس من السهل تمييزها بالشكل الخارجي عن المايكروبات الأخرى غير المرضية، فإذا ما أريد الكشف عنها وتمييزها عن غيرها ،فإن ذلك يتطلب عملا ومجهودا كبيرا ، ووقتا طويلا قد يحدث أثناءه خطر. لذلك م ي ز العلماء ثلاث مجاميع للبكتيريا الدالة على تلوث المياه بمياه المجاري والتي مازالت تستعمل حتى يومنا هذا وهي:

a(بكتيريا القولون Coliforms.

b(المسبحيات البرازية Faecal Streptococci. c(

بكتيريا Clostridium المكونة للغاز.

على إعتبار أن مصدر هذه المجاميع البكتيرية هو إفرازات الإنسان والحيوان والطيور. ولهذا فإن تواجد هذه الإفرازات في الماء دليل على التلوث البرازي وإحتمال التلوث بالبكتيريا المرضية المعوية.

وهناك العديد من البكتيريا المرضية المعوية تصل للمياه والتي تدل على التلوث المائي بالبراز وتشمل *E.coli* و *Klebsiella* و *Citrobacter* و *Enterobacter* إضافة إلى بكتيريا *Streptococcus faecalis* و *Clostridiumperfringens* وغيرها من البكتيريا الممرضة. وتؤكد الهيئات الصحية بأنه ليس بالضرورة الكشف عن جميع هذه البكتيريا، بل حددت مجاميع منها للكشف عنها من أجل الإستدلال على إحتمالية تلوث الماء ببكتيريا ممرضة

1987 1408 UNIVERSITY OF ANBAR

تكون مرافقة لهذه البكتيريا في الأمعاء. ويكشف عن البكتيريا الدالة على التلوث بدلا من الكشف عن البكتيريا الممرضة للأسباب الآتية:

1(تتواجد هذه البكتيريا بأعداد هائلة أكثر من الممرضة.

2(تكون أكثر مقاومة من الممرضة لظروف المياه والمعاملات الجارية عليه.

3(سهولة الكشف عنها وتمييزها.

4(تواجدها يكون ملازم لتواجد البكتيريا الممرضة في الأمعاء.

أما المسبحيات البرازية Faecal Streptococci فهي بكتيريا معوية توجد في أمعاء الحيوانات ذات الدم الحار ومن ضمنها الإنسان وخاصة *Streptococcus faecalis* التي تتوفر بكثرة في الأمعاء الغليظة للإنسان، ووجودها يدل على تلوث برازي حديث. وقد طالب عدد من الباحثين بإستخدامها كمؤشر للدلالة على التلوث البرازي وخاصة أنها تمتلك المزايا الآتية:

1(لا تتكاثر بالماء.

2(وجود علاقة بينها وبين الكوليفورم البرازية Faecal Coliform.

3(تموت بصورة أبطأ من الكوليفورم Coliform وخاصة تلك التي تنجرف من أراضي زراعية.

4(لها قابلية أكبر من *E.coli* للعيش في المياه الصالحة للشرب، وبذلك تحقق التلوث لأنظمة التوزيع البعيدة عن مصادر التلوث.

وبالرغم مما ذكر آنف ا ، فلا تعد المسبحيات البرازية حتى الآن نموذجية لإستعمالها ككاشف للتلوث البرازي مقارنة بالكوليفورم Coliform ، لأنها أقل من الكوليفورم تواجد ا في البراز.

بكتيريا الـ *Legionella*: هي جنس من البكتيريا السالبة لصبغة غرام، تتبع لرتبة الفيلقيات، وتسبب هذه البكتيريا داء الفيالقة، وتنتشر هذه البكتيريا في المياه الراكدة، كما تنتشر في صنابير البيوت و دوش الإستحمام وحتى في أنابيب أجهزة التبريد)السبلت(إذا غاب السكان عن البيت طويلا . لهذا وجب تسريب المياه الراكدة في أنابيب الحنفيات ودوش الإستحمام بمجرد عودة العائلة من السفر. إذ من الخطر على صحة الإنسان أن يستحم بهذا الماء الراكد في أنابيب المياه لأن تلك البكتيريا الخطرة تدخل إلى رئتيه وتصيبه بمرض وحمى خطيرين.

مياه المسابح Swimming pool waters:

تعتبر مياه المسابح عرضة للتلوث بشكل كبير لكثافة عدد الأشخاص السابحين، ويمكن أن ينتج عن ذلك مشاكل صحية عديدة من أهمها الإصابات الفطرية والجلدية المعدية، وإصابات وإلتهابات العين والأنف والأذن والحنجرة وإصابات الجهاز الهضمي، وبذلك فقد تسبب مياه حمامات السباحة العامة مشاكل صحية بما تنقله من ميكروبات معدية. لذلك يجب تطبيق رقابة صحية شديدة على المسابح لمنع إنتشار الأمراض ومن هذه الإجراءات:

١. ضرورة إجراء الكشف الصحي الدوري للأشخاص المترددين على المسابح.
٢. التأكيد على ضرورة إغتسال الأشخاص بشكل جيد قبل دخول حمام السباحة.
٣. ضرورة غمس أقدام الأشخاص الراغبين في السباحة في أحواض توضع فيها مواد مطهرة.
٤. الفحص الدوري المستمر لمياه المسابح للتأكد من خلوها من التلوث المايكروبي.

1987 1408 UNIVERSITY OF ANBAR

٥. إستخدام الكلور في معالجة مياه المسابح والإلتزام بالنسبة الموصى بها.
٦. إستعمال معدات ترشيح خاصة في معالجة مياه المسابح.
٧. ضرورة تغيير مياه المسابح بشكل دوري منتظم.
٨. غلق المسابح عند إرتفاع نسب التلوث فيها ومعالجة تلك المشكلة قبل إعادة فتحها مرة أخرى.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

علم احياء مجهرية التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki

قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

مياه الصرف الصحي Sewage Water

يتم تجميع مياه الصرف الصحي من عدة مصادر، وتعتمد الكميات التي يتم جمعها من تلك المصادر على المصدر ونوعية نظام التجميع المستعمل فيها . ومن مصادر تلك المياه مايأتي:

١. مياه إستعمالات الأغراض المنزلية والتجارية وغيرها، كالمدارس والفنادق والمطاعم.
٢. مياه الإستعمالات الصناعية.
٣. مياه الأمطار في حالة دمج شبكة المجاري بشبكة تصريف السيول.
٤. المياه المتسربة من عدة مصادر وخاصة الجوفية.

تحتوي هذه المياه على عدة عناصر صلبة وذائبة، يمثل الماء فيها نسبة 9.99% والبقية عبارة عن ملوثات أهمها:

1(مواد عالقة.
2(مواد عضوية قابلة للتحلل.
3(كائنات حية مسببة للأمراض.
4(مواد مغذية للنبات نيتروجين، فوسفور، بوتاسيوم.
5(مواد عضوية مقاومة للتحلل.
6(معادن ثقيلة.
7(أملاح معدنية ذائبة.

أهم صفات مياه المجاري:

١. صفات فيزيائية وكيميائية:

مثل الرائحة واللون والعكارة ودرجة الحرارة وغيرها.

2. :Biochemical Oxygen Demand (BOD) المتطلب الحيوي للأوكسجين

وهي كمية الأوكسجين التي تحتاجها الأحياء الدقيقة لإتمام عملية التحلل الهوائي للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي. ويتم تقدير الـ BOD بأخذ مجموعتين من عينات المياه، المجموعة الأولى يتم قياس تركيز الأوكسجين الذائب فيها مغم/لتر، أما المجموعة الثانية من عينات المياه فتحفظ في 02°م لمدة خمسة أيام قبل قياس الأوكسجين المذاب فيها، والفرق بين القيمة في الحالة الأولى والثانية يمثل الـ BOD.

٣. الصفات المايكروبايولوجية:

تختلف الخصائص الكيميائية لمياه المجاري، حيث أنها تتكون من 9.99% ماء وحوالي 03.0-02.0 مواد صلبة عالقة عضوية وغير عضوية، لذلك فإن من المتوقع أن تختلف أعداد وأنواع الأحياء المجهرية الموجودة فيها، وتحتل البكتيريا المرتبة الأولى من حيث التنوع ومن حيث الأعداد، كما تشتمل الأحياء الدقيقة الموجودة في مياه المجاري على الفطريات والإبتدائيات والطحالب والفايروسات .

UNIVERSITY OF ANBAR 1987 1408

تقدر أعداد البكتيريا في مياه المجاري بالملايين لكل مللتر واحد من المياه، وتشمل مجموعة الكوليفورم Coliforms والمسبحيات البرازية Faecal Streptococci والعصويات اللاهوائية المكونة للسبورات، كما تتواجد البكتيريا المحللة للبروتين المسببة للتعفن Putrefying bacteria مثل *Pseudomonas fluorescence* و *Pseudomonas aeruginosa* و *Proteus vulgaris* و *Bacillus subtilis* و *Aerobacter cloacae*.

كما تحتوي على البكتيريا المختزلة للكبريت وخصوصاً Desulfovibrio bacteria إضافةً إلى إحتواء مياه المجاري على البكتيريا المؤكسدة للكبريت وخاصةً Thiobacillus، كما توجد البكتيريا المنتجة للميثان التي تعتبر لاهوائية إجبارية مثل Methanobacterium و Methanosarcina و Methanococcus. وتحتوي مياه المجاري على البكتيريا المحللة للزيوت والهايدروكاربونات. وتكثر في مياه المجاري الغنية بالمواد العضوية أنواع مختلفة من الفطريات، تشمل *Saccharomyces* و *Candida* و *Cryptococcus* و *Rhodotorula*. وبالإضافة إلى ذلك تحتوي مياه المجاري الخاصة بمصانع المشروبات على أعداد كبير من الخمائر .

معالجة مياه الصرف الصحي

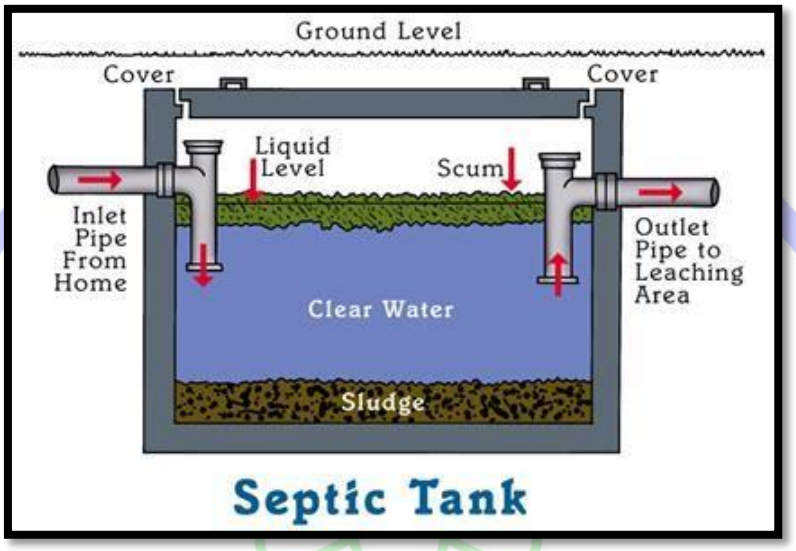
إن الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي هو تسريع العمليات الطبيعية التي تحدث لتلك المياه تحت ظروف محكمة وبحجم صغير. ومن الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه، هو تأثيرها على الصحة العامة والبيئة. حيث كانت المعالجة تنحصر في إزالة المواد العالقة والطافية والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض. ونتيجةً لتقدم العلم في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة وزيادة المعرفة بتأثير الملوثات على البيئة سواء على المدى القريب أو البعيد، إضافةً إلى التقدم الصناعي وإنتاج مواد جديدة، جعل من الضروري تطوير طرق معالجة لتلك المياه تكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها بالطرق المستعملة قديماً.

تشمل معالجة مياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والاحيائية التي يتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة أو تقليلها إلى درجة مقبولة، وقد يشمل ذلك إزالة بعض العناصر الغذائية ذات التراكيز العالية مثل الفوسفور والنيتروجين في تلك المياه. وتتضمن عمليات معالجة مياه المجاري نوعين من المعالجات وهذه المعالجات أما أن تتم داخل وحدات الأهالي أو داخل وحدات البلدية.

الوحدات الأهلية:

وتسمى أيضاً بالحفرة التجميعية الصماء Septic tank أو أحواض التعفين وهي خزان مصمت غير منفذ للماء يستعمل لتحليل المواد العضوية وترسيب المواد الصلبة العالقة وتجميعها موقتاً، وكما هو مبين في الشكل الآتي:

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



وهو عبارة عن خزان أرضي يبُنى لتتجمع فيه مياه المجاري المنزلية، وفي هذا الخزان تحدث عمليتين عادةً هما: ترسيب المواد الصلبة الثقيلة من جهة ومن جهة أخرى تحلل بايولوجي للرواسب بفعل البكتيريا اللاهوائية. وتكون هذه العملية مصحوبة عادةً بإنبعاث روائح كريهة بسبب الغازات الناتجة ومنها غاز الميثان.

وحدات البلدية:

إن طريقة المعالجة هي عبارة عن مجموعة من الوحدات المتتالية، والتي لكل منها وظيفة أو أكثر، ويمكن تقسيم تلك العمليات حسب درجة المعالجة إلى عمليات ميكانيكية)تمهيدية وأولية(وثانوية ومتقدمة، وتأتي عملية التطهير للقضاء على الأحياء الدقيقة في نهاية مراحل المعالجة، وتتضمن هذه المراحل مايأتي:

أولاً: المعالجة الميكانيكية)الفيزيائية(: تهدف إلى التخلص من المواد الكبيرة والرمال والمواد المعدنية والمواد القابلة للترسيب، إضافةً إلى الشحوم والزيوت. وبعض المراجع تقسم هذه المعالجة إلى مرحلتين جزئيتين:

1. المعالجة التمهيدية :Preliminary treatment

تستخدم في هذه المرحلة من المعالجة وسائل لفصل وتقطيع الأجزاء الكبيرة الموجودة في المياه لحماية أجهزة المحطة ومنع إنسداد الأنابيب، وتتكون هذه الوسائل من منخل متسع الفتحات وأجهزة سحق وتحتوي هذه المرحلة أحياناً على أحواض أولية للتشبيع بالأوكسجين، ومن خلال هذه العملية فإنه يمكن إزالة 5 – 10% من المواد العضوية القابلة للتحلل ،إضافةً إلى 2 – 20% من المواد العالقة. ولا تعُد هذه النسب من الإزالة كافية لغرض إعادة إستعمال المياه في أي نشاط.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

2. المعالجة الأولية Primary treatment:

الغرض من هذه المعالجة هو إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب. ويمكن في هذه المرحلة من المعالجة إزالة 35 – 50% من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافةً إلى 50 – 70% من المواد العالقة، وحتى هذه الدرجة من المعالجة فإن الماء لا يزال غير صالح للإستعمال. وتحتوي الوحدة الخاصة بالمعالجة الأولية على أحواض للترسيب بالإضافة إلى المرافق الموجودة في وحدة المعالجة التمهيدية وربما تحتوي أيضاً على وحدات تغذية لبعض المواد الكيميائية إضافةً إلى أجهزة لخلط تلك المواد مع المياه.

ثانياً: المعالجة البايولوجية)المعالجة الثانوية(Secondary treatment:

تعتمد هذه المعاملة على نشاط الكائنات الحية في مخلفات المجاري، حيث تهضم هذه الكائنات المواد العضوية في المجاري وتحولها إلى موادها الأولية الثابتة وبالتالي تتخفف كميتها وتنخفض قيمة BOD. ويمكن من خلال المعالجة الثانوية إزالة مايقرب من 90% من المواد القابلة للتحلل إضافة إلى 85% من المواد العالقة، وهناك عدة أنواع من المعالجة الثانوية يمكن تقسيمها حسب سرعة تحليل المواد العضوية إلى عمليات منخفضة المعدل)طرائق طبيعية(وعمليات عالية المعدل)طرائق صناعية.(

وتشمل العمليات المنخفضة المعدل)الطرائق الطبيعية(برك أو أحواض معالجة مياه المجاري وتتضمن ما يأتي:

١. برك الترسيب اللاهوائية Anaerobic lagoons:

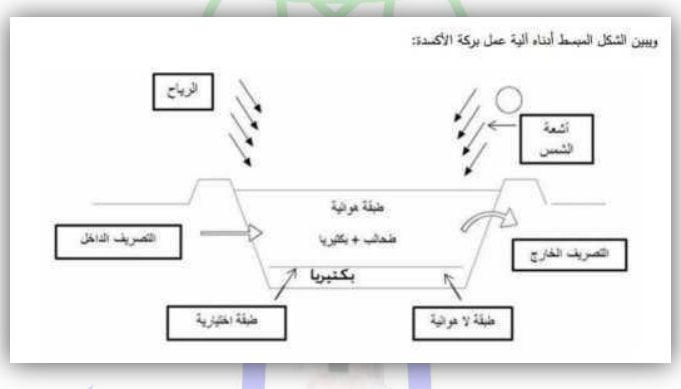
ويتم تحقيق الظروف اللاهوائية في البركة عن طريق حجز الزيوت والشحوم والمواد الطافية بوساطة جدران غاطسة تركب عند مخرج المياه من البركة. أما الحمأة المترسبة في قاع البركة فتترك لفترة طويلة لتتكثف وتتخمر ويتم عزلها كل فترة تتروح بين 6 – 12 شهراً، بعدها تفرش في مسطحات لتجف تحت تأثير أشعة الشمس)تجفيف طبيعي.(

2. برك الأكسدة Oxidative lagoons:

UNIVERSITY OF ANBAR 1987 1408

وتعتبر من أبسط وأقدم طرائق معالجة مياه الصرف الصحي، حيث يتم في هذه البرك تأمين الأوكسجين الذي تحتاجه البكتيريا لهضم المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي، وذلك عن طريق الطحالب التي تنمو وتنتشر في البركة، والتي تحصل على ثاني أكسيد الكاربون الذي تحتاجه في عملية التمثيل الضوئي من نواتج أكسدة المواد العضوية بوساطة البكتيريا، أما الطريق الآخر الذي تحصل من خلاله البكتيريا على الأوكسجين فهو إنحلال الأوكسجين الموجود في الهواء المحيط بسطح البركة، حيث تكون هذه البرك قليلة العمق لضمان تهوية جميع أجزاء المياه، وتستعمل هذه البرك في المناطق النائية والقليلة السكان.

إن الحمأة الناتجة عن العملية البايولوجية تترسب في قاع البركة وتترك لفترة يتم خلالها تكثيفها وتخميرها. ويسود في طبقة المياه ظروف هوائية وتتم فيها أكسدة المواد العضوية كما ورد سابقاً، وظروف لاهوائية لتخمر الحمأة، ويفصل بين هاتين الطبقتين طبقة إختيارية لذلك يطلق عليها أحيان اً إسم البرك الإختيارية.



3. برك الإنضاج :Maturation lagoons

تهدف هذه البرك إلى تحسين نوعية المياه الناتجة من البرك الإختيارية، أو من أي طريقة معالجة أخرى، حيث ينخفض عدد البكتيريا الممرضة إضافة إلى إزالة عالية جداً للبكتيريا البرازية والفايروسات وجراثيم أخرى وبعض الطحالب.

ويرجع التأثير القاتل للبكتيريا إلى عوامل عديدة منها عوامل رئيسية مثل نقص المادة العضوية ،الأشعة فوق البنفسجية ،ومنها ذات تأثير محدود مثل الرقم الهيدروجيني pH والسموم والمضادات الحيوية التي تفرزها بعض الكائنات إضافة إلى الموت الطبيعي للبكتيريا.

ميزات طريقة برك المياه:

1(بساطة في البناء والتشغيل.

2(كلفة بناء وتشغيل منخفضة.

3(عدم الحاجة لكوادر ذات تأهيل عالٍ للتشغيل والصيانة.

4(تحمل الصدمات الهيدروليكية والعضوية.

5(تتأثر هذه الطريقة بالعوامل المناخية مثل)الحرارة والرياح والسطوع الشمسي والتبخر.(

6(تحتاج هذه الطريقة إلى مساحات شاسعة من الأرض.

7(أحتمال صدور الروائح المزعجة مع تجمع للحشرات في بداية محطة المعالجة.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

8(كفاءة معالجة مقبولة.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

علم احياء مجهرية التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

ا.د. احمد محمد تركي Ahmed Mohammed turki

قسم علوم الحياه / المرحلة الثالثة

طرائق صناعية(عمليات عالية المعدل)

ومن أمثلتها المرشحات النزازة)الواشلة(Trickling filters، وطريقة الأقررا البيولوجية Biological disks، وعملية الحمأة المنشطة Activated sludge process.

A- المرشحات النزازة)الواشلة(Trickling filters:

أدُخلت هذه المرشحات إلى محطات معاملة المجاري سنة 1910، وأساسها مرور السائل خلال طبقات من الصخر المطحون Crushed rocks بتوفير تهوية جديدة لكي تحدث الأكسدة البايولوجية للمواد العضوية أثناء مرور السائل خلال هذه الطبقات ببطئ بطريقة الوشيل أو النزول إلى الأسفل .وتتم الأكسدة بوساطة طبقة متكونة على المرشح نتيجة إدمصا المواد العضوية على سطح الصخر المطحون حيث تنمو داخل هذه الطبقة الأحياء المجهرية لتتحول إلى طبقة أو فرشة بايولوجية نشطة في عملية الأكسدة تدعى Biological bed. ولهذا العملية ليست عملية ترشيح بل هي عملية أكسدة بايولوجية ،وتحتوي هذه الفرشة أو الغشاء البايولوجي اللزج Biological slimes المتكون على سطح الطبقات وبين حبيبات الصخور على الكائنات الحية الآتية:

1(بكتيريا مكونة للزوجة Slime producing bacteria وهي الأساس في تكوين هذا الغشاء وتجعله دائم الإلتصاق بالصخور ولا ينجرف مع السائل النازل.

2(بكتيريا وفطريات خيطية، هذه المجموعة بتكوينها الخيوط تساهم في بناء شبكة أو هيكل الغشاء، ومع المواد اللزجة يصبح صعب الإزالة.

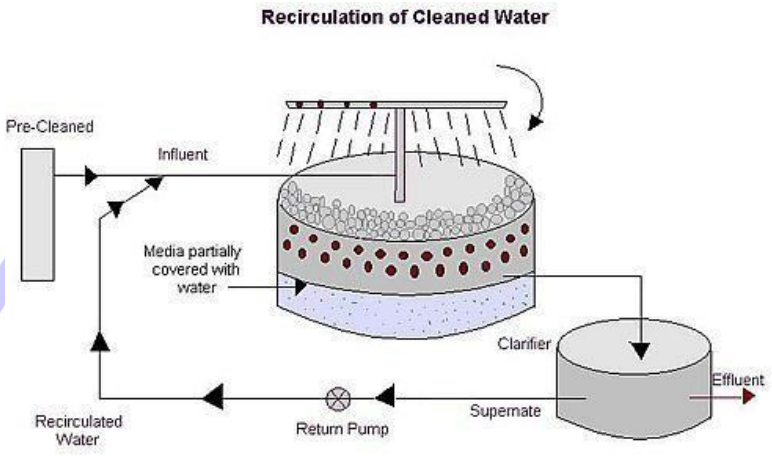
3(إبتدائيات، دورها الحفاظ على سمك ملائم للغشاء وذلك لأنها تتغذى على البكتيريا والفطريات، إذ أن زيادة سمك الغشاء قرد تعيق عملية الترشيح ونزول السائل إلى الأسفل.

4(حيوانات لا فقرية، وخاصةً الـ Rotifers والـ Nematodes وهذه تتغذى على الإبتدائيات وتمنعها من الوصول إلى عدد كبير يقضي على كل البكتيريا والفطريات المكونة للغشاء.

5(بكتيريا ذاتية التغذية تؤكسد الأمونيا وكبريتيد الهيدروجين المتكونان أثناء أكسدة المواد العضوية وتحولهما إلى كبريتات ونترات ذائبة في الماء.

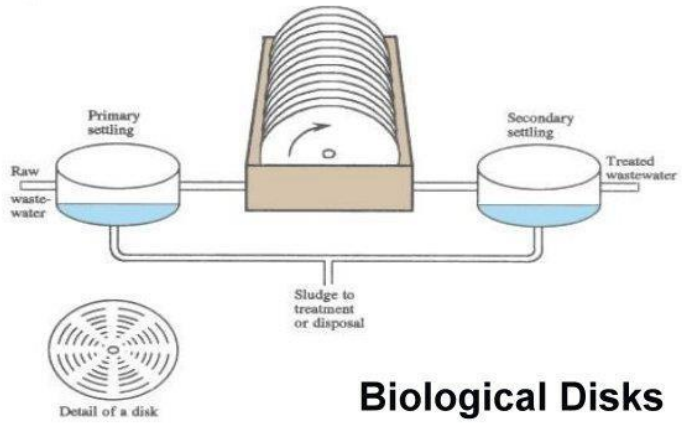
ويتلخص نشاط هذه الكائنات الحية بتحويل المواد العضوية الكاربونية في مياه المجاري إلى ثاني أوكسيد الكاربون ،والمواد العضوية النيتروجينية إلى أمونيا ثم نترات، والمواد العضوية الكبريتية إلى كبريتيد الهيدروجين وكبريتات ،والفسفور العضوي إلى فوسفات.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR



B- طريقة الأقررا البيولوجية Biological disks:

وهي عبارة عن أقررا كبيرة القطر بحدود 12 قردم مكونة من صفائح بلاستيكية تمر خلالها السوائل وتحدث الأكسدة عن طريق وجود الأحياء المجهرية الملتصقة على جدران هذه الأقررا وظروف التهوية الجيدة الناتجة عن الحركة الدورانية للأقررا.



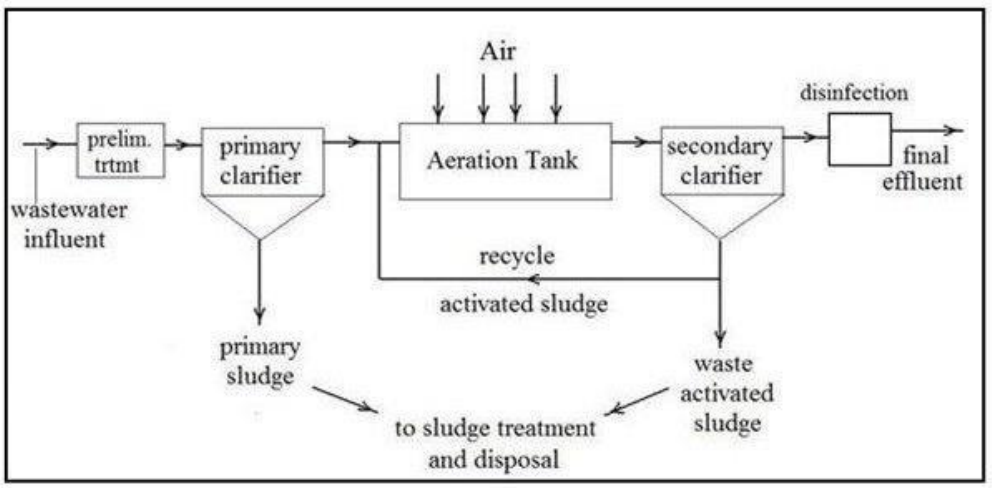
C- الحمأة المنشطة Activated Sludge:

في وحدات البلدية الرئيسية التي تتعامل مع أعداد كبيرة من السكان، تستعمل أحواض التهوية بطريقة الطين المنشط Activated Sludge وهي طريقة ذات كفاءة عالية جداً في أكسدة المواد العضوية في المخلفات السائلة بالإعتماد على الأحياء المجهرية المنشطة. وتتلخص الطريقة بتسليط تيار هوائي شديد على الحوض الذي يحتوي على مياه المجاري مع تحريك دائمي ومستمر، حيث تتجمع الدقرائق العالقة مع بعضها لتكون كتل جلاتينية التركيب تسمى Flocs تحوي الملايين من البكتيريا النشطة في الأكسدة وهذه الكتل تسمى الطين المنشط Activated sludge حيث تقوم هذه البكتيريا بهضم المواد العضوية الموجودة في مياه المجاري.

وتتم التهوية في أحواض كبيرة تسمى Aeration basins تحتوي على مراوح دوارة على سطح الحوض لتقليب وتهوية المياه، بالإضافةً إلى أنابيب تهوية تضخ الهواء في قرعر الحوض.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR

وبعد إنتهاء عملية التهوية ينقل المحلول إلى أحواض الترسيب، وبفعل الجاذبية الأرضية تترسب هذه الكتل البايولوجية Biological flocs وتعاد إلى الحوض الأول الذي تدخله وجبة جديدة من السوائل الخام للمجاري لتعاد العملية من جديد .وكلما أعُيدت الكتل من جديد كلما كان التكتل أسرع والأكسدة أفضل وأسرع، إلى أن نحصل على كتل تنهي عملية الأكسدة خلال ساعات. وهذه الكتل ذات طبيعة إدمصاصية للمواد العضوية في السوائل ،وعندما يزداد حجم هذه الكتل تتكسر إلى كتل صغيرة، كل واحدة تتحول تدريجياً إلى كتل جديدة. وفي الكتل الكبيرة قرد يحدث داخلها أكسدة لاهوائية لكن تبقى الأكسدة الهوائية هي العامل الحاسم في المعاملة، وتحوي هذه الكتل على بكتيريا وخمائر وفطريات وإبتدائيات، إلا أنه السيادة تكون للبكتيريا خاصةً المكونة للمواد اللزجة الجلاتينية مثل أنواع Pseudomonas و Bacillus و .Alcaligenes



Activated Sludge Wastewater Treatment Flow Diagram

الفروقات بين الطرائق الطبيعية والطرائق الصناعية و هذه الفروقات تتلخص بما يأتي:

١- مساحة الأرض اللازمة للطرق الطبيعية أكبر بكثير.

٢- تعتمد الطرق الصناعية بشكل كبير على التجهيزات الميكانيكية.

UNIVERSITY OF ANBAR

٣- كلفة الصيانة والتشغيل عالية، والكادر اللازم لتشغيلها أكبر، والتجهيزات أعلى.
٤- التأثير السلبي للمحطة)على الجوار(في حالات المحطات الطبيعية أكبر، أما تأثير المحطات الصناعية فمرتبط بصحة تشغيلها.
٥- طرق معالجة الحمأة بالطرائق الطبيعية أبسط وكمية الحمأة أقرل.
٦- غالباً ما تكون الأحواض المختلفة في محطة معالجة صناعية ذات وظيفة واحدة) فيزيائية، كيميائية، بايولوجية(.

ثالثاً: المعالجة المتقدمة Advanced treatment:

أو تسمى المعالجة الثالثية Tertiary treatment، الهدف الرئيسي منها هو إزالة المغذيات) P&N(وتحسين خوا المياه الجرثومية، وخفض نسبة المواد العالقة – إذ يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى التنقية بدرجة عالية، وتحتوي هذه المرحلة على عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بالطرق التقليدية سابقة الذكر ومن هذه الملوثات: النيتروجين والفوسفور والمواد العضوية والمواد العالقة الصلبة الزائدة، إضافةً إلى المواد التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة. وتتضمن هذه العمليات ما يأتي:

1(**التخثر الكيميائي والترسيب Chemical coagulation and sedimentation:** وهوعبارة عن إضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغير فيزيوكيميائي للجسميات، ينتج عنه تلاصقها مع بعضها وبالتالي تجمّعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها. وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد والألمونيوم والكالسيوم والبوليمر.

2(**الترشيح الرملي Sand filter:** عبارة عن عملية تسمح بنفاذ الماء خلال وسط رملي بسماكة لاتقل عن 50 سم ،ويتم من خلال هذه العملية إزالة معظم الجسميات العالقة والتي لم يتم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لصغر حجمها إضافةً إلى إزالة المواد الصلبة المتبقية بعد عملية التخثر الكيميائي، كما أن هذه العملية ضرورية لتنقية المياه قربل معالجتها في عمليات لاحقة مثل الإمتصا الكاربوني والتبادل الأيوني والتناضح العكسي.

3(**الإمتصا الكاربوني Carbon adsoption:** ويتم في هذه العملية إستخدام كاربون منشط لإزالة المواد العضوية المذابة حيث يتم تمرير المياه من خلال خزانات تحتوي على الوسط الكاربوني ويتم من خلال الكاربون المنشط إمتصا المواد العضوية المذابة الموجودة في مياه الفضلات. وبعد تشبع الوسط الكاربوني يتم إعادة تنشيطه بوساطة الحرق أو إستخدام مواد كيميائية.

4(**التبادل الأيوني Ion exchange:** من خلال هذه العملية يتم إحلال أيونات معينة في الماء من مادة تبادل غير قرابلة للذوبان بأيونات أخرى. وعملية التبادل الأيوني مشابهة لعملية الإمتصا الكاربوني إلا أن الأولى تسُتعمل لأغراض إزالة المواد غير العضوية.

UNIVERSITY OF ANBAR

5(التناضح العكسي Reverse Osmosis (RO): يتم في هذه العملية ضخ الماء تحت ضغطٍ عالٍ من خلال غشاء رقريق ذو فتحات صغيرة جداً تسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح.

رابعاً: عملية التطهير

تتم عملية التطهير من خلال حقن محلول الكلور إلى حوض التطهير وعادة ما تكون فترة التطهير لمدة 15 دقريقة كحد أدنى و تصل إلى 120 دقريقة.

وهناك طرق بديلة لتعقيم المياه مع ضمان عدم تأثيره بالبيئة ومنها على سبيل المثل لا الحصر:

i. التعقيم بالغليان.
ii. التعقيم باستخدام غاز الأوزون.
iii. التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية والأمواج فوق الصوتية والليزر.

1987 1408
UNIVERSITY OF ANBAR