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 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:

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

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

3- 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.

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

UNIVERSITY OF ANBAR

الهيدروجين، لهذا تستخدم كبريتيد الهيدروجين H_2S أو مواد عضوية مختلفة كواهبة للهيدروجين Hydrogen donor وكما هو موضح في المعادلة الآتية: Light

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

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.

5- الرقم الهيدروجيني للمياه Water pH:

يتراوح Hp مياه البحر بين 5.7 - 5.8 ويعد 2.7 Hp 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 %.

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

UNIVERSITY OF ANBAR

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، وعادةً يندر ملاحظة تلك المركبات في البحيرات رديئة التغذية لأنها تستهلك 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 مقارنةً 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.

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

UNIVERSITY OF ANBAR

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