علم الأحياء المجهرية في التربة والمياه Soil and Aquatic Microbiology

الأحياء المجهرية المائية Aquatic Microbiology

يهتم المشتغلون بعلوم الحياة ومنهم المتخصصون بالأحياء المجهرية بالبيئة المائية إهتماما 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 water** : وتشمل مياه المحيطات Oceans والبحار Seas والانهار Rivers والجداول streams والبحيرات Lakes والبرك Ponds .

ب- **المياه تحت السطحية subterrnanean waters** : وتشمل المياه الجوفية ground water والابار 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 برد أو أشكال أخرى من التساقط كالندى مثلا ، وأثناء تساقط هذه المياه فإنها سوف ت رسب معها أعداد اً كبيرة 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. وعادة يكون الماء الراشح داخل التربة ذو محتوى أقل من المايكروبات بسبب أن دقائق التربة وخصوصاً دقائق الطين تمسك كميات هائلة من المايكروبات وبالتالي تنخفض أعداد المايكروبات النازلة مع الماء الراشح إلى أعماق التربة .وتلعب دورة المياه دوراً كبيراً في إنتقال وإنتشار المايكروبات ضمن البيئة المائية.

CamScanner الممسوحة ضوئيا بـ

تصنيف الأحياء المجهرية المائية:

ويمكن أن تصنف إلى:

1- الأحياء المجهرية الأصليةAutochthonous microorganisms

2- الأحياء المجهرية الدخيلةAllochthonous microorganisms

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

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

2-الأحياء التي تنمو فوق السطوح الصلبة المغمورة في الماء وأطلق عليها تسميةHaptobenthos

3-الأحياء التي تنمو في أو على الترسبات الطينية، وأطلق عليها تسميةHerbobenthos.

يتأثر نمو وانتشار مايكروبات المياه بعوامل عديدة منها عوامل حياتيةBiotic factors كعلاقة المايكروبات ببعضها وعلاقتها مع النباتات والحيوانات الموجودة معها في المياه، وعوامل غير حياتيةAbiotic factors والتي تشمل مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية والتي تؤثر تأثيرا كبيرا 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، وتبعا لذلك تتأثر عملية الإنقسام وتكوين السبورات وغيرها من التراكيب التي لها دور كبير في تكاثر وانتشار مايكروبات المياه.

<u>أولا: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبيئة المائية وتأثيرها في الأحياء المجهرية:</u>

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

1-الضوء Light:

تعد المنتجات (الطحالب والنباتات) الحلقة الأساسية في السلاسل والشبكات الغذائية. وتمثل الطحالب الجزء الأكبر من المنتجات 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 zoneيتأثر 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

CamScanner الممسوحة ضوئيا بـ

مواد عضوية. مثال على ذلك بكتيريا الكبريت البنفسجيةThiorhodaceae 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 أو مواد عضوية مختلفة كواهبة للهيدروجين Hydrogen donor H_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 حدة 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 ً.
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 عادة 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 الهايدروستاتيكيHydrostatic pressure

يعتبر الضغط الناتج عن عمود الماء الضغط الهايدروستاتيكي عاملا بيئيا مهماً يؤثر في وجود الأحياء المجهرية ونموها في البيئة البحرية بشكل خاص .حيث يزداد الضغط مع الزيادة في العمق بصورة منتظمة بمعدل 1 ضغط جوي
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 للأعماقBarotolerant 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 جدا للضغط المرتفع وتشمل معظم

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بكتيريا ، المياه العذبة والبكتيريا والفطريات البحرية السطحية)التي تستوطن المناطق السطحية للبحار والمحيطات.)

4- العكارةTurbidity: -

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 كماً ونوعاً، 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 سواءا كانت عضوية أو غير عضوية تعتبر مواد أو أسطح ساندة تلتصق بها الأحياء المجهرية، كما أنها تحمي الأحياء المجهرية وخصوصاً البكتيريا من التأثير الضار للضوء.

5- Water pH:الرقم الهيدروجيني للمياه

يتراوح pHمياه البحربين 8.5 - 7.5ويعد pH 7.2 اقل pH تنمو فيه الأحياء المجهرية في ماء البحر، بينما تستطيع الأحياء المجهرية العيش في مدى واسع من الpH في البحيرات والأنهار إعتماد اً على الظروف المحلية. كما ان pH المياه في البحيرات جيدة التغذية يتراوح بين 7-10 وهذا ينعكس على نمو الاحياء المجهريةويظهر على شكل اختلافات 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 ب 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 فمثلا 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

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

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 اللاعضويةInorganic 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 ة 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 ضرورياً لأنها تدخل في تركيب بعض الإنزيمات الضرورية، أما وجود المعادن الثقيلة كالزئبق والنحاس الذي يتسرب إلى المياه عن طريق مياه الفضلاتWastewater فإنه يعتبر خطر على المايكروبات ويؤدي إلى قتل العديد من الأنواع، كما أن مركبات السيانيد تشكل خطراً على الحياة النباتية والحيوانية وتعتبر من السموم الخطرة.

8- المواد العضويةOrganic materials: -

تلعب المركبات العضوية سواء كانت ذائبة أو معلقة دوراً كبيراً 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 الذائبةDissolved Gases:

توجد في الماء كميات ضئيلة من الغازات الذائبة و منها الأوكسجين والنايتروجين وكبريتيد الهايدروجين إضافة 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 مقارنة 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 ،إضافة 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 خصوصاً التي تعيش في البيئة البحرية ،كما إن إنخفاض تراكيز الأوكسجين في البيئات المائية يعتبر عاملا محدد اً لنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة الهوائية. بالنسبة للنايتروجين الجزيئيN_2 فليس له تأثير كبير على نمو الأحياء المجهرية المائية، أما ثاني أوكسيد الكاربون فيعتبر مهما للأحياء ذاتية التغذية الضوئية. أما غازH_2S فإنه يتواجد عاد ةً في البيئات اللاهوائية، وفي حالة زيادة تركيزه يؤدي إلى موت الكائنات الراقية النباتية والحيوانية ومعظم الأحياء المجهرية تدريجيا ما عدا الأحياء المجهرية المتحملة لكبريتيد الهيدروجين. أما غاز الميثان فينتج بفعل التحلل اللاهوائي وهو أحد نواتج تحلل السليلوز لاهوائيا حيث أن وجوده يشجع تكاثر البكتيريا المؤكسدة للميثان مثل بكتيريا__ *Pseudomonas methanica* وبعض أنواع ال *Nocardia*.

CamScanner الممسوحة ضوئيا بـ