

ميكروبيولوجيا المياه

(المياه الطبيعية)

- ميكروبيولوجيا المياه
- المياه الطبيعية
- العوامل المؤثرة على مجهريات المياه الطبيعية
- توزيع وأنواع المجهريات في الأوساط المائية
- المياه العذبة غير الملوثة
- المياه الملوثة
- المياه البحرية
- دور الكائنات المجهرية في الأوساط المائية
- ١- السلسلة الغذائية
- ٢- الدورات البيوكيميائية للعناصر
- ٣- رواسب قاع البحار
- المراجع

الفصل الثانى

ميكروبيولوجيا المياه Aquatic Microbiology

تلعب مجهريات المياه فى حياتنا ، نورا هاما، وبطرق متعددة، فهى تؤثر على صحة الإنسان والحيوان ، وعلى البيئة من حولنا ، وتكون حلقة اساسية فى السلسلة الغذائية بالطبيعة ، بإمداد الكائنات المائية، النباتية والحيوانية بالغذاء ، كما تقوم بتحليل المواد العضوية ، وتدوير العناصر ، ومعدنتها .

وتتعلق ميكروبيولوجيا المياه ، بدراسة الأنواع المختلفة من الأحياء الدقيقة ، وأعدادها ، وما تقوم به من أنشطة فى المياه الطبيعية العذبة والمالحة ، ويشمل تلك مياه الينابيع ، والبحيرات ، والأنهار ، والخلجان ، والبحار. وتعتبر بعض هذه المجهريات الموجوده بالمياه، كائنات متوطنه بهذه الأوساط ، والبعض الآخر يعتبر منقولا ، يصل إلى المياه من الهواء ، والأمطار الساقطة ، والتربة ، والمزارع ، والمنازل ، والمصانع .

وتتعلق ميكروبيولوجيا المياه أيضا ، بدراسة النواحي الميكروبيولوجية ، الخاصة بمياه الشرب ، ومياه مخلفات المصانع والمنازل، وما يلزم لمياه الشرب من تنقيه ، والمحافظة عليها من التلوث ، خاصة من مياه المخلفات ، التى يجب أن تعالج بطرق مناسبة قبل الاستفادة منها ، حفاظا على الصحة العامة .

المياه الطبيعية Natural Waters

تمر الرطوبة الأرضية ، بما يعرف بدورة المياه ، Water cyle, Hydrologic cyle . وفي هذه الدورة ، تتصاعد الأبخرة الناتجة من نتح النباتات ، ومن تبخر مياه الأنهار والبحار ، ومن سطح الأراضي ، وتتكثف في الجو البارد بالطبقات العليا من الجو ، وتتجمع القطرات المتكثفة في صورة سحب ، وهذه تتحرك حسب اختلافات الضغط واتجاه الرياح ، ويزداد تكثف الماء بالسحب ، فتثقل ، وتتساقط في شكل أمطار وثلوج ، لتبخر ثانيه ... وتستمر الدورة .

وعند سقوط الأمطار والثلوج ، ووصولها إلى سطح الأرض ، فإما أن تتجه تلك المياه المتساقطة إلى الأنهار والبحيرات والبحار ، أو ترشح خلال طبقات التربة ، حتى تصل إلى مستوى يعرف بمستوى الماء الأرضي Water table أو تصل إلى اعماق مختلفة مكونه للمياه الجوفية . ثم يتحرك الماء ببطء حسب خطوط الكونتور ، حتى يصل إلى البحر ، أو يخرج على السطح في صورة ينابيع .

ويتكون خلال تلك الدورة المائية ، ما يعرف بالمياه الطبيعية ، التي تشمل مياه جوية ، ومياه سطحية ، ومياه مخزنه ، ومياه جوفية ، وتحتوى كل مرحلة من هذه المراحل ، على أنواع متعددة من المجهريات ، التي تتواءم مع ظروف كل مرحلة .

المياه الجوية Atmospheric Water

تشمل هذه المياه الأمطار والثلوج ، وهذه المياه في بداية تساقطها من السحب ، تكون خالية من الميكروبات ، حيث أن بخار الماء المكون للسحب ، يكون خاليا من الميكروبات ، ولكن ينزول تلك المياه ومرورها بطبقات الجو ، فإنها تتلوث بالميكروبات ، الموجودة بذرات الأتربة العالقة بالهواء . وبعد فترة قصيرة من نزول الأمطار ، فإن الجو يصبح رائقا ، خاليا تقريبا من الميكروبات ، بسبب ما يحدث له من غسيل وترسيب ، لجزيئات التراب والمواد العالقة ، وما تحمله من ميكروبات .

Surface Water

المياه السطحية

ينزل مياه الأمطار والثلوج إلى سطح التربة ، يتكون ما يعرف بالمياه السطحية ، مثل مياه الأنهار والبحيرات والبحار . ويسقوط المياه الجوية وملامستها لسطح التربة ، فإن تلك المياه تتلوث بدرجة كبيرة بميكروبات التربة ، ويتوقف مدى التلوث ، من حيث عدد وأنواع الميكروبات ، على ظروف التربة البيولوجية ، والجغرافية ، والمناخية .

فى بداية نزول الأمطار ، يزداد عدد الميكروبات بالتربة ، ولكن باستمرار هطول الأمطار ، فإن عدد الميكروبات بالتربة يقل ، ولكن يزداد ذلك العدد بشكل ملحوظ بمياه الأنهار ، التى تصلها تلك المياه ، المحملة بالأتربة والميكروبات .

Stored Water

المياه المخزنة

يؤدى تخزين المياه ، كما يحدث فى البرك والبحيرات والخزانات ، إلى تقليل أعداد الكائنات الدقيقة بها ، وذلك نتيجة الترسيب ، ونشاط الأحياء الأخرى التى تتغذى على المجهرات ، وتأثير بعض العوامل الجوية ، كالحرارة والأشعة فوق البنفسجية ، الموجودة بأشعة الشمس .

وإذا ما وصل إلى هذه المياه المخزنة مواد عضوية ، من أراضى أو نباتات أو مخلفات ، فإن عدد المجهرات ، من بكتريا وطحالب وفطريات وبروتوزوا ، يزداد بتلك المياه ، ويصبح لونها داكنا ، ويتحلل تلك المخلفات ، تتكون روائح كريهة ، ويصير لون الماء غير مقبول ، وطعمه غير مستساغ .

Ground Water

المياه الجوفية

تشمل المياه الجوفية مياه الينابيع والآبار . وما لم يحدث تلوث من مصدر خارجى ، فإن المياه الجوفية ، تكون شبه خالية من البكتريا والجزئيات العضوية ، نتيجة ترشيح المياه خلال مرورها بطبقات الأرض المختلفة . وعادة ، فكلما كانت المياه الجوفية عميقة ، كلما قل بها عدد الميكروبات . وعند استخراج المياه من الآبار للإستعمال ، فإنه يجب سحبها عن طريق أنابيب مناسبة غير منفذة ، محافظة على المياه من أى تلوث خارجى .

وهناك آبار ، يحتوى ماؤها على نسب عالية من مواد معدنيه ، أو غير معدنيه ، تساعد على نمو ميكروبات معينة بها ، فتوجد بكتريا الكبريت ، فى مياه الآبار المحتوية على نسبة مرتفعة من الكبريت ، وبكتريا الحديد فى المياه ذات نسبة الحديد العالية ، والبكتريا المحبة للحرارة فى ينابيع المياه الساخنة ، وهذه عادة ما تكون ذاتيه التغذية ، لأن نسبة المادة العضوية عادة قليلة ، بمياه الينابيع الساخنة .

وبشكل عام ، فإنه يمكن تقسيم مياه الأوساط المائية ، من حيث أماكن وجودها ، إلى

أولاً: مياه أرضيه **Inland Water** ، وهذه تشمل

أ- مياه سطحية **Surface water**، ومنها

١- مياه جارية **Lotic (Running) water**

مثل مياه الينابيع **Springs**، والجداول **Streams** ، والأنهار **Rivers**.

٢- مياه ساكنه **Lentic (Standing) water**

مثل مياه المستنقعات **Swamps**، والبرك **Ponds**، والبحيرات **Lakes** .

ب- مياه تحت أرضية **Subterranean**

مثل المياه الجوفيه **Ground water**.

ثانياً: مياه بحرية **Ocean Water**

وتشمل هذه ، مياه البحار **Seas** ، والمحيطات **Oceans**، ومياه المصبات **Estuaries** (مثل مصبات مياه الأنهار فى البحر).

العوامل المؤثرة على مجهريات المياه الطبيعية

يتوقف أعداد وأنواع المجهريات الموجودة بالمياه الطبيعية، على مجموعة من العوامل الخاصة بالوسط المائي ، والتي منها توفر العناصر الغذائية ، والظروف البيئية والفيزيائية والكيميائية ، وأنواع الكائنات الأخرى الموجودة بالوسط . وتختلف هذه العوامل بدرجة كبيرة من وسط لآخر ، كما يحدث مثلا بين الأنهار ، والمحيطات .

ومن هذه العوامل

العناصر الغذائية Nutrients

تعتبر أنواع العناصر الغذائية الموجودة بالمياه ، ومكوناتها من عضوية وغير عضوية ، ومدى توفرها ، من العوامل الرئيسية المحددة لمحتوى هذه المياه من الميكروبات ، عددا ونوعا . فأملح النترات والفوسفات مركبات غير عضوية هامة للميكروبات ، خاصة للطحالب ، وأملاح الحديدوز ضرورية لنمو بعض أنواع بكتريا الحديد ، وكذلك كبريتور الإيدروجين للميكروبات المؤكسدة للكبريت ، وغاز الميثان للبكتريا المؤكسدة لغاز الميثان ، والمخلفات العضوية للميكروبات المترمة عضوية التغذية ... وهكذا .

أما من حيث المعادن ، فإن معظم المياه الطبيعية ، تحتوى على المعادن اللازمة لنمو الميكروبات .

وتزداد أعداد الميكروبات بالمياه ، التي يلقي بها مخلفات المجارى ، كما أن مخلفات المصانع ، قد تحمل أحماضا او موادا كيميائية مثل الزئبق والمعادن الثقيلة ، مضادة لنمو الميكروبات ، كما انها تقتل الكثير من النباتات والأحياء المائية ، الموجودة بالوسط المائي .

وتحت الظروف الطبيعية ، فإن أكثر أعداد المجهريات بالبحيرات والأنهار ، توجد قرب الضفاف ، حيث تتجمع وتتركز المواد الغذائية ، على الجزيئات الصلبة فى أماكن هادئة ، أما فى البحار ، فإن أكثر الأعداد توجد بالطبقات السطحية من المياه بالمنطقة الساحلية، ولمسافة تمتد لعدة كيلومترات من الشاطئ ، وكذلك برواسب القاع .

Seasonal Variations

الاختلافات الموسمية

يبدو أن هناك تتابعا في أعداد الكائنات المجهرية ، في بعض أنواع المياه ، مرتبطا بالمواسم ، وبشكل عام ، فقد لوحظ أن عدد الأحياء الدقيقة يكون قليلا بالشتاء ، ويزداد في الربيع .

وفى بداية الربيع ، يزيد عدد الدياتومات بالمياه ، وتصل لأقصاها فى شهر مايو ، ثم تتناقص فى العدد بعد ذلك ، لتستعيد نشاطها من بداية الشتاء .

وفى بداية الصيف ، يصل عدد الطحالب الخضراء لأقصاه ، ثم يتناقص العدد فى بداية الخريف ، ليحل محلها الطحالب الخضراء المزرقّة (البكتريا الخضراء المزرقّة) ، التى تصل لأقصى أعدادها فى آخر الخريف .

من حيث البروتوزوا ، فقد وجد أنها تسود فى أوائل الربيع ، وتقل فى منتصف الصيف . أما من حيث البكتريا ، فلم يكن واضحا تأثير التغيرات الموسمية ، على أعدادها .

Temperature

الحرارة

تتراوح درجة حرارة المياه الطبيعية ، ما بين الصفر المئوى فى المناطق القطبية إلى ٤٠°م فى المناطق الاستوائية ، وطبيعى فإنه ينمو بكل منطقة حرارية ، ما يناسبها من ميكروبات .

كما توجد الميكروبات فى مياه الينابيع الساخنة ، حيث تصل الحرارة إلى ٨٠°م ، مثل بكتريا Thermus aquaticus ، التى درجة حرارة نموها المثلى ٧٠ - ٧٢°م .

Hydrostatic pressure

الضغط الهيدروستاتيكي

يختلف الضغط الهيدروستاتيكي فى مياه الطبقات السطحية ، عن تلك التى فى الأعماق ، حيث يزداد الضغط الهيدروستاتيكي مع العمق ، بمعدل واحد ضغط جوى لكل عشرة أمتار . ويؤثر الضغط الهيدروستاتيكي ، على الإتران الكيميائى للعناصر ، ودرجة ذوبانها ، ويزيد من درجة غليان الماء ، وبذلك يحفظ الماء فى الصورة السائلة ، على درجات الحرارة والضغط العالية .

ويعتبر الضغط الهيدروستاتيكي، من العوامل المحددة لنمو أنواع معينة من المجهرات ، فعلى عمق من الف إلى عشرة آلاف متر، لضغط يزيد عن ١٠٠ ضغط جوى ، عزلت من قاع المحيط الباسيفيكي ، ميكروبات محبة للضغط المرتفع Barophiles ، مثل *Pseudomonas submarinus* ، لاتستطيع النمو عند الضغط الجوى العادى . وتعزل بكثريا الأعماق من قاع البحار ، باستعمال أجهزة جمع عينات حافظة للضغط المرتفع Pressure-retaining sampling devices .

الضوء Light

فى وجود الضوء ، تقوم الأحياء الممثلة للضوء كالطحالب ، وهى كائنات ذاتية التغذية ، بتكوين المواد العضوية . وتعتمد الأحياء المائية الأخرى فى نموها وتكاثرها ، بطريق مباشر أو غير مباشر ، على ما يتكون من تلك المواد العضوية ، إذ أن الأحياء الممثلة للضوء ، كائنات منتجة للمادة العضوية ، تقوم بالدور الأولى فى تكوين الوسط البيئى . Primary producers .

وهناك ارتباط ، بين كثافة الضوء بالأعماق المختلفة للمياه ، وبين أعداد الطحالب ، وتوجد الطحالب فى الطبقات العليا من المياه ، التى يستطيع أن يتخللها الضوء ، ويختلف عمق المنطقة الضوئية باختلاف درجة التعكير والموسم ، وهى عادة من السطح حتى عمق ٥٠ إلى ١٢٥ متر ، ومصدر الكربون لهذه الطحالب ، يأتى أساسا من البيكربونات الذائبة فى الماء .

الملوحة Salinity

تتراوح نسبة الملوحة فى المياه الطبيعية ، ما بين صفر فى المياه العذبة ، إلى درجة التشبع فى مياه بعض البحيرات الملحية . وتتميز مياه البحار ، بأرتفاع محتواها من الأملاح الذائبة ، والتى يتراوح تركيزها ما بين ٣٠ إلى ٣٧ جم/كجم ماء ، وأهم هذه الأملاح كلوريدات وكبريتات وكربونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم .

وأغلب مجهرات البحار محبة للملوحة halophiles ، ويوجد نموها عند تركيز أملاح من ٢,٥ إلى ٤٪ ، بينما نجد أن مجهرات الأنهار والبحيرات حساسة للملوحة ، وتتوقف عن النمو ، إذا مازاد تركيز الملح عن ١,٠٪ .

التعكير Turbidity

تختلف درجة تعكير المياه بدرجة كبيرة من موقع لآخر ، فبينما نجد أن مياه بعض البحار شبه راتقة ، نجد أن مياه بعض الأنهار ، خاصة قرب الشاطئ ، شديدة التعكير ، ويأتي التعكير ، من المواد العالقة العضوية وغير العضوية ، وكذلك من المجهرات ، وتلتصق مجهرات المياه بأسطح المواد الصلبة العالقة ، وتسمى بكتريا المياه ، التي تنمو وتتكاثر وهي ملتصقة بالأسطح الصلبة، باسم Epibacteria .

تؤثر درجة تعكير المياه ، على نفاذية الضوء ، وبالتالي فإن زيادة التعكير ، تقلل من نشاط الكائنات المعثلة للضوء .

تركيز أيون الإيدروجين - pH

يتأثر درجة تركيز أيون الإيدروجين بالمياه ، بالظروف المحلية ، وبما يصل إلى الماء من مخلفات، ولكن ، تحت الظروف الطبيعية ، فإن درجة تركيز أيون الإيدروجين بالمياه ، تتراوح عموما ما بين ٧ إلى ٨,٥ ، وهي حدود تسمح بنمو مجهرات الأوساط المائية ، وإن كان النمو الأمثل لتلك المجهرات، يكون عند pH بين ٧,٢ الى ٧,٦ .

الكائنات الأخرى

تتوقف كثافة الميكروبات بالمياه ، إلى حد ما ، على أنواع وأعداد الكائنات الأخرى الموجودة بالمياه ، مثلا على ذلك ، فإن معظم الهائمات الحيوانية تتغذى على البكتريا والطحالب ، كما تغتك البروتوزوا ، والبديلوفيريو ، والبكتريوفاج ، ببلايين البلايين من البكتريا ، وفي المقابل ، فإن بعض أنواع البكتريا تفرز مضادات حيوية ، تؤثر على كائنات أخرى . كما تتغذى أنواع كثيرة من الميكروبات المترمة ، على الاحياء الأخرى الميتة .

توزيع وأنواع المجهريات فى الأوساط المائية

Distribution and kinds of microorganisms in the aquatic environment

تتواجد المجهريات فى الوسط المائى فى جميع الأعماق ، بدءا من الطبقة السطحية وحتى رواسب القاع . وتحتوى الطبقة السطحية من المياه، ورواسب الأعماق ، على أعلى الأعداد من المجهريات . وبالإضافة إلى العوامل السابق ذكرها ، المؤثرة على أعداد وأنواع المجهريات بالمياه ، فإن حركة تلك المجهريات، وتوزيعها بالمياه البحرية والمحيطات ، تتأثر أيضا بعمليات المد والجزر ، والتيارات المائية ، والرياح .

الهائمات المائية - البلاكتون Plankton

الهائمات المائية (البلاكتون)، عبارة عن التجمعات الميكروبية ، الطافية والعائمة مع التيار ، فى الطبقة السطحية من النظام المائى. قد تتكون تلك التجمعات الميكروبية من النباتات، وتسمى هائمات مائية نباتية Phytoplankton ، وهذه تتكون أساسا من الطحالب، مثل الدياتومات ، والطحالب وحيدة الخلايا ثنائية الأوساط Dinoflagellates ، والطحالب الخضراء ، إضافة إلى السيانوبكتريا .

وقد تتكون التجمعات الميكروبية من حيوانات ، وتسمى هائمات مائية حيوانية Zooplankton ، وتتكون هذه من بروتوزوا، وحيوانات أخرى بسيطة . وتوفر طبقة البلاكتون ، سطحا صلبا تنمو عليه تجمعات البكتريا .

وتعتبر المجهريات المختلفة الممثلة للضوء ، اهم الهائمات المائية ، لأن هذه المجهريات تستطيع القيام بعملية التمثيل الضوئى ، ولذلك فهى تعتبر منتجات اولية للمادة العضوية ، التى تكون الحلقة الأولى فى السلسلة الغذائية بالطبيعة . Primary producers of organic matter

وأغلب الهائمات النباتية متحركة ، لها تركيبات خلوية مناسبة ،
تساعد على الطفو Buoyancy.

ومن امثلة الطحالب المكونة للهائمات النباتية البحرية

Diatoms	e.g. Coocinodiscus, Novicula, Skeletonema
Dinoflagellates	e.g. Gymnodinium, Gonyaulax
Phytoflagellates	e.g. Dichtyocha (Golden-brown silica flagellated algae)

ومن الطحالب الخضراء الموجودة بالمياه العذبة

Chlorella, Chlamydomonas, Scenedesmus, Spirogyra

ومن السيانو بكتريا Anabaena

أما الهائمات الحيوانية ، فإنها تتكون من مجموعة كبيرة متباينة من الكائنات ، تتراوح من وحيدة الخلايا كالبروتوزوا ، إلى عديدة الخلايا لافقارية كالقشريات ، وأمثلة لتلك الهائمات الحيوانية البحرية

Protozoa :

Dinoflagellates	e.g. Noctiluca
Ciljata	e.g. Tintinnopsis

Crustaceans e.g. Calanus, Euchaeta, Euphausia

Rotifers e.g. Brachionus

تلون مياه البحر Sea water discoloration

تحت ظروف بيئية مناسبة ، تنمو الطحالب الموجودة بالهائمات النباتية البحرية ، بكميات كبيرة ، مسببه تلون مياه البحر . مثالا على ذلك ، فإن اللون المميز للبحر الأحمر ، يعود إلى النمو الكثيف للسيانوبكتريا المسماة Oscillatoria erythraea ، التي تحتوى على صبغتي Phycoerythrin & Phycocyanin.

Non-polluted fresh water**المياه العذبة غير الملوثة**

فى البحيرات والأنهار الخالية من التلوث بالمخلفات ، تكون المياه راتقة ، شبه نقيه ، ونسبة العناصر الغذائية بها قليلة ، وأعداد الميكروبات بها محدود ، وتتضمن هذه ، أنواع من بكتريا التربة المترمة ، التى تستطيع النمو فى وجود كميات قليلة من العناصر الغذائية بالمياه ، مثل أفراد تابعة لأجناس :

Achromobacter, Flavobacterium, Micrococcus, Proteus, Pseudomonas. Spirillum and Bacillus

وقد نجد أيضا بكتريا مثل الأروتوباكتر ، وبكتريا الفترة، كما تنمو البكتريا ذات السوق مثل *Caulobacter* ، والبكتريا المتبرعمة *Hyphomicrobium* ، والبكتريا الشبيهة بالطحالب *Chlamydo bacteria* قرب الشواطىء ، وعلى أسطح الصخور .

وإذا توفر بالقاع ، كميات كافية من مواد عضوية متحللة ، تنمو الكلوستريديوم ، والبكتريا الأخرى اللاهوائية ، الإختيارية والحتمية ، مثل البكتريا المختزلة للكبريت *Desulfovibrio* .

Polluted water**المياه الملوثة**

المياه الملوثة بمخلفات المجارى ، تشكل وسطا مناسباً لنمو الكثير من الميكروبات ، وتصل أعدادها لعدة آلاف . وفى هذه المياه ، نتوقع وجود البكتريا المعوية مثل *E. coli, Streptococcus, Clostridium*

وذلك ، بالإضافة إلى أنواع عديدة من بكتريا التربة المترمة مثل ، *Micrococous, Sarcina, Spirillum, Vibrio, Bacillus* . والكثير من الأكتينومييسيتات ، والخمائر ، والفطريات ، والبكتريا الشبيهة بالطحالب ، والبروتوزوا ، والفيروسات المعوية.

وفى طين قاع المياه الملوثة ، فإن جهد الأكسدة والإختزال يكون منخفضا ، وتنمو أنواع البكتريا اللاهوائية مثل *Desulfovibrio, Clostridium*

Marine water

المياه البحرية

بحكم ظروف المياه البحرية ، فإن أغلب المجهرات الموجودة بها ، تعتبر محبة للبرودة ، ومحبة للملوحة أو متحملة لها ، وذات إحتياجات خاصة من أيونات الصوديوم، وأيونات العناصر الأخرى الموجودة بمياه البحر . لذلك، فإن مجهرات البحار ، لاتنمو إلا فى بيئة (وسط غذائى)، تتكون أساسا من مياه بحر معتقة aged sea water ، مضافا إليها مصادر العناصر الغذائية الأخرى من كربون وبتروجين ... الخ .

ونستطيع أن نقسم مياه البحر من السطح إلى القاع ، إلى طبقات، أو مناطق حيوية Biozones ، وذلك حسب الظروف البيئية الخاصة بكل منطقة ، (شكل ٢-١) ، وذلك الى المناطق الرئيسية التالية

Littoral zone (Beach water)

١- منطقة مياه الشاطئ الساحلية

ومياه هذه المنطقة، ساحلية محانية لطول الشاطئ، وينفذ من هذه المنطقة الضوء إلى الطبقات التالية ، وقد ينمو بها بعض النباتات ، ويحدث بهذه المنطقة المد .

Photic zone, Lighted zone

٢- منطقة المياه التى يتخللها الضوء

وهذه هى المنطقة العليا من مياه البحر، التى يتخللها الضوء، ويوجد بها الكائنات الممثلة للضوء المرتبطة بالهائمات النباتية، وتشمل هذه المنطقة، منطقة مياه الشاطئ الساحلية، ويصل عمق هذه المنطقة، إلى عمق ٥٠ إلى ١٢٥ متر ، وذلك حسب الموسم ، ودرجة التعكير.

Aphotic zone, Dark zone

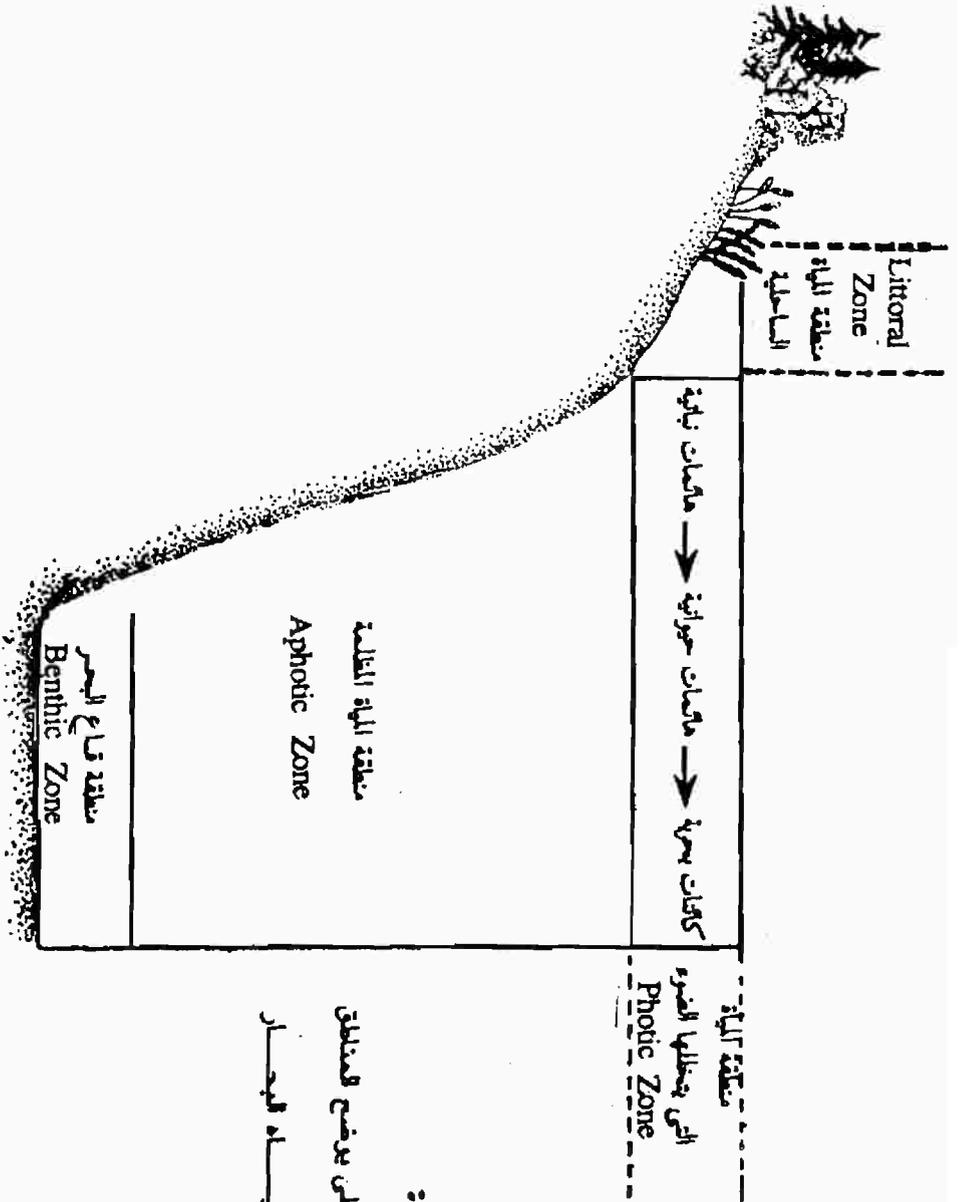
٣- منطقة المياه المظلمة

وهذه هى منطقة المياه العميقة بالبحر Profundal zone، ولايصل الضوء لهذه المنطقة .

Benthic zone (Sea floor)

٤- منطقة قاع البحر

وتتكون منطقة القاع، من رواسب، وطين طرى .



شكل ٢-١:

رسم تخطيطي يوضح للمناطق
العميقة بعمق البحار

توجد أكثر الأنواع الميكروبية النشطة فسيولوجيا ، فى منطقة المياه الساحلية ، ومنطقة المياه التى يتخللها الضوء ، وهى أكثر مناطق مياه البحر نشاطا و انتاجا . وغالبا فإن البكتريا الموجودة بهذه الطبقات العليا، تكون ملونة ، حماية لها من تأثير أشعة الشمس، مثل

Chromobacterium, Flavobacterium, Micrococcus

كما يوجد بتلك الطبقات، جراثيم وهيئات الفطريات من نوع

Phycomycetes, Deuteromycetes, Myxomycetes

والبكتريا الشبيهة بالطحالب كلاميدوباكتريا مثل *Phragmidiothrix* كما يوجد أنواع متعددة من البروتوزوا، ذات الأسواط، وذات الأهداب .

ونجد أن رواسب القاع ، ومنطقة المياه المظلمة ، غنية بالكائنات عضوية التغذية (الهتروتروفية) ، وعندما تتكون رواسب القاع أساسا من مواد عضوية ، فإن البكتريا اللاهوائية هى التى تسود . وتسطيع بكتريا قاع البحر ، مهاجمة كل المواد العضوية الموجودة به ، وتقوم بعض البكتريا اللاهوائية ، بتحويل تلك المواد العضوية، إلى مواد شبيهة بالبتترول .

ومن أنواع البكتريا التى عزلت من رواسب قاع المحيطات ، تلك التى تقوم بتحليل السكريات، والنشا ، والسليولوز، والكيتين ، والدهون ، والبروتينات، واليوريا ، وتلك التى تقوم بعملية اختزال الفترات، وإختزال الكبريتات ، وقد تصل اعداد البكتريا بتلك الرواسب إلى 10^8 / جم .

البكتريا المنتجة للضوء **Photogenic bacteria**

يوجد فى البحار ، عدة أنواع من البكتريا المنتجة للضوء ، وقد تسمى بالبكتريا المضيئة *Luminous bacteria*، وهى بكتريا محبة للبرودة، والملوحة ، ومعظمها سالب لصبغة جرام .

توجد هذه البكتريا متوطنة فى مياه البحر ، وقد تعيش فى حالة تعاون مع كائنات بحرية أخرى كالأسمك ، غير أن أغلبها لا يبيث الضوء ، إلا فى مياه ملوحتها تعادل ملوحة مياه البحر ، أى حوالى ٣٪ ، وفى وجود الأكسجين .

ومن البكتريا المضيئة التي عزلت من اسماك بحرية
Photobacterium phosphoreum, Vibrio pierantonii

دور الكائنات المجهرية فى الأوساط المائية

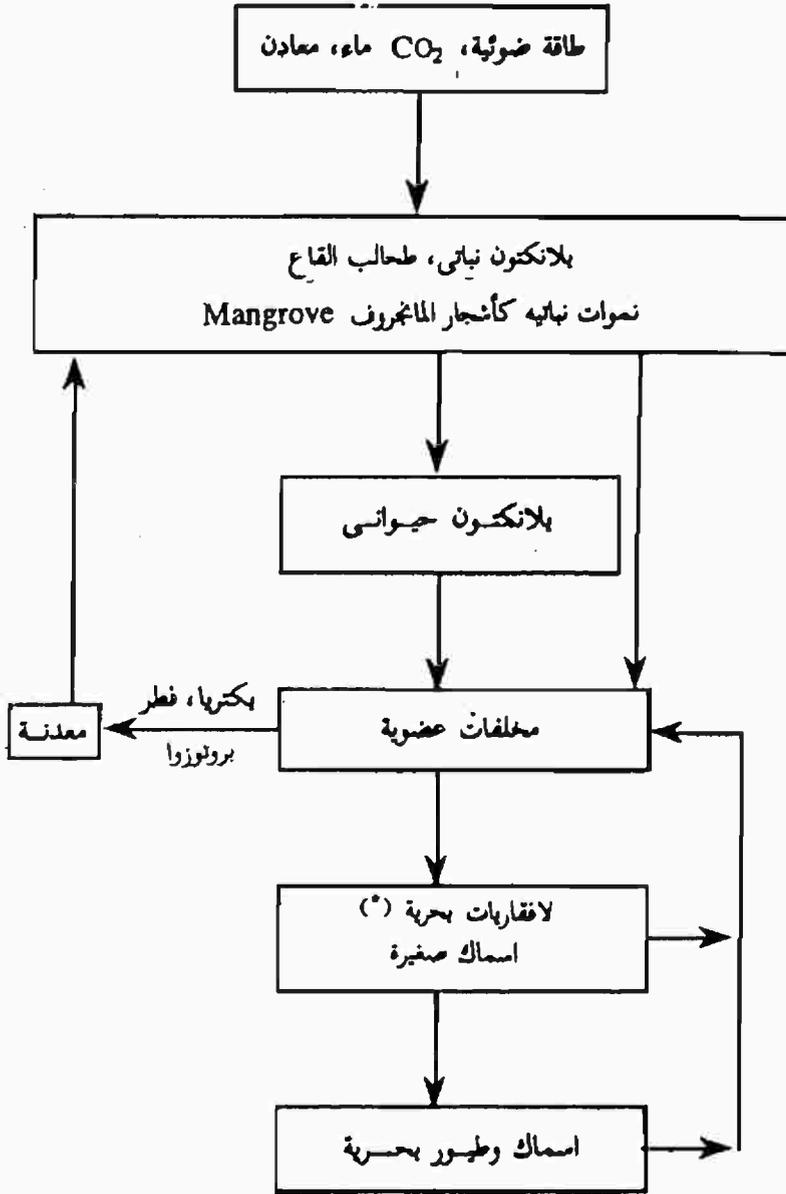
Role of microorganisms in aquatic environments

تشكل الحياة فى الأوساط المائية ، مجموعة من العلاقات المتبادلة ، بين الكائنات الدقيقة وبعضها ، وبين الكائنات الدقيقة والكائنات الأخرى الكبيرة ، نباتية كانت أو حيوانية ، فتلعب الكائنات الدقيقة ، خاصة الطحالب والبروتوزوا ، دورا أساسيا فى السلسلة الغذائية بالأوساط المائية. كما أن الأنواع المتعددة من البكتريا ، تحدث تغيرات بيوكيميائية فى العديد من المواد، مما يسمح بإعادة تدوير العناصر، ومعدنتها .

١- السلسلة الغذائية Food chain

من المعروف ، أن الطبقات السطحية من المياه، بيئة مناسبة لنمو الطحالب . وينمو الطحالب ، تتوفر المادة العضوية، فيصبح الوسط مناسباً لنمو البكتريا الرمية، التى تتغذى على المواد الميتة . ويموت الطحالب والبكتريا، تصبح غذاء للأحياء الأخرى (شكل ٢-٢). وعندما ترسب فى القاع، تصبح غذاء للبكتريا اللاهوائية .

وفى الحقيقة ، فإن النشاط البيولوجى فى الوسط المائى ، يعتمد على مدى نشاط الكائنات الممثلة للضوء، الموجودة بهذا الوسط . إذ تعتبر تلك الكائنات، المراعى البحرية Pasture of the sea للكائنات الأخرى. فالكائنات الممثلة للضوء الموجودة بالبلانكتون النباتى ، مثل السيانو بكتريا ، والطحالب حقيقية النواة ، تعتبر، كما ذكر سابقا، المنتجات الأولية للمادة العضوية Primary producers ، فهذه الكائنات أثناء قيامها بعملية التمثيل الضوئى، تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية ، وتكون المواد العضوية اللازمة للكائنات الأخرى غير الممثلة للضوء. وإضافة إلى ذلك ، فإن النباتات النامية ، تشارك أيضا فى توفير المواد العضوية ، بما يتخلف عنها من أوراق، وسوق، وجذور، ومخلفات .



شكل ٢ - ٢ : رسم تخطيطي مبسط يوضح دورة السلسلة الغذائية بالبحار .

* مثل الجمبري، الكريل Krill (قشريات) ، الحشرات ، الديدان ... الخ .

وتعتمد أساسا ، خصوبة المحيط *Ocean fertility*، أى قدرته على إنتاج مواد عضوية ، بواسطة ما يحتويه من كائنات ، على مقدار ما ينتج من بلاكتون نباتي. وهذا يعتمد على توفر الضوء ، وثاني أكسيد الكربون ، والماء ، والنتروجين، والفوسفور غير العضوي ، والعناصر المعدنية الأخرى، وتأتى عناصر النتروجين والفوسفور والمعادن، من خلال معدنة المواد العضوية ، بواسطة الكائنات الدقيقة ، خاصة البكتريا :

٢- الدورات البيوكيميائية للعناصر Biochemical cycles

تتكون المواد العضوية الموجودة بالمياه ، نتيجة للأنشطة النباتية والحيوانية والميكروبية. ويعتبر تحلل تلك المواد العضوية فى الأوساط المائية، ومعدنتها إلى ثاني أكسيد كربون ، وماء ، وعناصر غذائية ، ومعادن، من أهم الأنشطة الحيوية، التى تقوم بها الكائنات الدقيقة.

وتحت الظروف الهوائية ، تكون أهم نواتج التحلل ، ثاني أكسيد كربون ، أمونيا ، كبريتات ، فوسفات ، وهذه النواتج، تشكل العناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات ، بما فى ذلك البلاكتون النباتي .

وتحت الظروف اللاهوائية ، تنتج موادا مختزلة مثل الميثان ، الإيدروجين، كبريتور الإيدروجين ، وذلك بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون، والأمونيا ، والفوسفات .

ومن الدورات البيوكيميائية الهامة للعناصر ، التى تتم فى الأوساط المائية، بواسطة الأحياء المجهرية : دورة الكربون ، دورة النتروجين ، دورة الكبريت ، دورة الفوسفور . ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذه الدورات ، فى الفصل الخامس ، الخاص بميكروبيولوجيا الأراضى .

٢- رواسب قاع البحار Marine sediments

يرسب فى قاع البحر ، كميات كبيرة من المواد الدياتومية *Diatomaceous materials* . وتأتى هذه المواد، من الكائنات التى لها جدار، يدخل فى تركيبه السليكا ، مثل طحالب الدياتومات *Diatoms* ، والبروتوزوا مثل :

Foraminifera, Radiolaria, Silico-flagellates

وتختلف سمك طبقة السليكا باختلاف نوع الكائن . وتساعد السيانوبكتريا على ترسيب كربونات الكالسيوم بالقاع ، وهذا يعمل على تكوين الحجر الجيري .

وتوجد هذه الكائنات الدقيقة بالبلانكتون النباتي والحيواني ، وعندما تموت ، تهبط إلى قاع البحر ، حيث تتجمع المخلفات الدياتومية ، والرواسب الكلسية ، فى طبقات ، قد تكون رقيقة ، أو سميكة فى بعض الحالات ، كما فى الرواسب الكلسية الطباشيرية ، بانجلترا وفرنسا .

وتلعب مجهرات القاع البحرية اللاهوائية ، دورا هاما فى تحولات وترسبات الحديد والمنجنيز والكبريت ، برواسب قاع المحيطات ، وكذلك فى تكوين الرواسب البترولية ، نتيجة لتحلل المواد العضوية المتراكمة بالقاع .

References

- Droop, M.R. and H.W. Jannusch (eds.), (1977). Advances in aquatic microbiology. Academic Press, New York. A series of Volumes, began to appear in 1977.
- Fogg, G.E. (1975). Algal cultures and phytoplankton ecology, 3 rd Ed. University of Wisconsin Press, Madison, USA.
- Rheinheimer, G. (1980). Aquatic microbiology, 2nd Ed. Wiley, New York.