الفصل الثانى

ميكروبيولوجيا المياه

(المياه الطبيعية)

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

الفصل الثانى

ميكروبيولوجيا الميـــــاه
Aquatic Microbiology

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

وتتعلق ميكروبيولوجيا الميـــاه ، بدراسة الأنواع المختلفة من الأحياء الدقيقة ، وأعدادها ، وما تقوم به من أنشطة فى المياه الطبيعية العذبة والمالحة ، ويشمل ذلك 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 الميـــاه أيضا ، بدراسة النواحى 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 . وفى هذه الدورة ، تتصاعد للأبخرة الناتجة من نتح النباتات، ومن تبخر مياه الأنهار والبحار ، ومن سطح الأراضى ، وتتكثف فى الجو البارد بالطبقات العليا من الجو ، وتتجمع القطرات المتكثفة فى صورة سحب، وهذه تتحرك حسب اختلافات الضغط واتجاه الرياح، ويزداد تكثف الماء بالسحب ، فتثقل ، وتتساقط فى شكل أمطار وثلوج، لتتبخر 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 الأرضى Water table أو تصل الى اعماق مختلفة مكونه للمياه الجوفيه . ثم يتحرك الماء ببطء حسب خطوط الكونتور ، حتى يصل إلى البحر ، أو يخرج على السطح فى صورة ينابيع .

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

المياه الجوية Atmospheric Water

تشمل هذه المياه الأمطار والثلوج ، وهذه المياه فى بداية تساقطها من السحب ، تكون خالية من الميكروبات ، حيث أن بخار الماء المكون للسحب، يكون خاليا من الميكروبات ، ولكن بنزول 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 .

المياه السطحية Surface Water

بنزول مياه الأمطار والثلوج إلى سطح التربة ، يتكون مايعرف بالمياه السطحية ، مثل مياه الأنهار والبحيرات والبحار . وبسقوط 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 ، والجغرافيه ، 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 .

المياه المخزنة Stored Water

يؤدى تخزين المياه ، كما يحدث فى البرك والبحيرات والخزانات ، إلى تقليل أعداد الكائنات الدقيقة بها ، وذلك نتيجة الترسيب ، ونشاط الأحياء الأخرى التى تتغذى على المجهريات ، 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 المجهريات ، من بكتريا وطحالب وفطريات وبروتوزوا ، يزداد بتلك المياه ، ويصبح لونها داكنا ، وبتحلل تلك المخلفات، تتكون روائح كريهة ، ويصير لون الماء غير مقبول ، وطعمه غير مستساغ .

المياه الجوفيه Ground Water

تشمل المياه الجوفيه مياه الينابيع والآبار . وما لم يحدث تلوث من مصدر خارجى ، فإن المياه الجوفيه ، تكون شبه خاليه من البكتريا والجزيئات العضوية ، نتيجة ترشيح المياه خلال مرورها بطبقات الأرض المختلفة . وعادة ، فكلما كانت المياه الجوفيه عميقة ، كلما قل بها عدد الميكروبات . وعند استخراج المياه من الآبار للإستعمال ، فإنه يجب سحبها عن طريق أنابيب مناسبه غير منفذة ، محافظة على المياه من اى 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 ، لآن نسبة المادة العضوية عادة قليلة ، بمياه الينابيع الساخنة .

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

أولا: مياه أرضيه Inland Water ، وهذه تشمل

أ- مياه سطحية Surface water، ومنها

١- مياه جاريه 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.

ثانيا: 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 المائى ، والتى 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 . فأملاح النترات والفوسفات مركبات غير عضوية هامة للميكروبات ، خاصة للطحالب ، واملاح الحديدوز ضرورية لنمو بعض أنواع بكتريا الحديد ، وكذلك كبريتور الإيدروجين للميكروبات المؤكسدة للكبريت ، وغاز الميثان للبكتريا المؤكسدة لغاز الميثان ، والمخلفات العضوية للميكروبات المترممة عضوية التغذية ... وهكذا .

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

وتزداد أعداد الميكروبات بالمياه ، التى يلقى 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 المائى .

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

الإختلافات الموسمية Seasonal Variations

يبدو أن هناك تتابعا فى أعداد الكائنات المجهرية ، فى بعض أنواع المياه ، مرتبطا بالمواسم ، وبشكل عام ، فقد لوحظ أن عدد الأحياء الدقيقة يكون قليلا بالشتاء ، ويزداد فى 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 المزرقة (البكتريا الخضراء المزرقة)، 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 اعدادها .

الحـــــرارة Temperature

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 ، مثـــل بكتريا Thermus aquaticus، التى درجة حـرارة نموها المثلى ٧٠ - ٧٢°م .

الضغط الهيدروستاتيكى Hydrostatic pressure

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

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

الضـــوء 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 للمـــــادة العضـــويـــــة ، تقـــوم بالـــدور 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 بإختلاف درجة التعكير والموسم ، وهى عادة من السطح حتى عمق ٥٠ إلى ١٢٥ متر ، ومصدر الكربون لهذه الطحالب ، يأتى أساسا من البيكربونات الذائب فى الماء .

الملوحـــة 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 يتروح تركيزها ما بين ٣٠ إلى ٣٧ جم/كجم ماء ، وأهم هذه الأملاح كلوريدات وكبريتات وكربونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم .

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

التعكير Turbidity

تختلف درجة تعكير المياه بدرجة كبيرة من موقع لآخر ، فبينما نجد أن مياه بعض البحار شبه رائقة ، نجد أن مياه بعض الأنهار ، خاصة قرب الشاطىء ، شديدة التعكير ، ويأتى التعكير ، من المواد العالقة العضوية وغير العضوية ، وكذلك من المجهريات ، وتلتصق مجهريات المياه بأسطح المواد الصلبه العالقة ، وتسمى بكتريا المياه ، التى تنمو وتتكاثر وهى ملتصقه بالأسطح الصلبه، باسم Epibacteria .

تؤثر درجة تعكير المياه ، على نفاذية الضوء ، وبالتالى فإن زيادة التعكير ، تقلل من نشاط الكائنات الممثلة 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 مابين ٧ إلى ٨,٥ ، وهى حدود تسمح بنمو مجهريات الأوساط المائية ، وإن كان النمو الأمثل لتلك المجهريات، يكون عند pH بين ٧,٢ الى ٧,٦ .

الكائنات الأخرى

تتوقف كثافة الميكروبات بالمياه ، إلى حدما ، على أنواع وأعداد الكائنات الأخرى الموجودة بالمياه ، مثالا على ذلك ، فإن معظم الهائمات الحيوانية تتغذى على البكتريا والطحالب ، كما تفتك البروتوزوا ، والبديللوفبريو ، والبكتريوفاج، ببلايين البلايين من البكتريا ، وفى المقابل، فإن بعض أنواع البكتريا تفرز مضاداتا حيوية ، تؤثر على كائنات أخرى . كما تتغذى أنواع كثيرة من الميكروبات المترممة، على الاحياء الأخرى الميته.

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 - البلانكتون Plankton

الهائمات المائية (البلانكتون)، 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 الأسواط 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 البلانكتون ، 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 ، تساعدها على الطفو Buoyancy.

ومن امثلة الطحالب المكونة للهائمات النباتية البحرية

Diatoms	e.g. Coscinodiscus, 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
Ciliata	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 المسماه Oscillatoria erythraea ، التى تحتوى على صبغتى Phycoerythrin & Phycocyanin.

المياه العذبة غير الملوثه Non-polluted fresh water

فى البحيرات والأنهار الخالية من التلوث بالمخلفات ، تكون المياه رائقة ، شبه نقيه ، ونسبة العناصر الغذائية بها قليلة ، وأعداد الميكروبات بها محدود ، وتتضمن هذه ، أنواع من بكتريا التربة المترممة ، 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 الأزوتوباكتر ، وبكتريا النترتة، كما تنمو البكتريا ذات السوق مثل Caulobacter، والبكتريا المتبرعمة Hyphomicrobium، والبكتريا الشبيهة بالطحالب Chlamydobacteria قرب الشواطىء ، وعلى أسطح الصخور .

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

المياه الملوثة Polluted water

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

وذلك ، بالإضـــافة إلى أنـــواع عديـدة من بكتريا التربة المترممة مثل ، Micrococous, Sarcina, Spirillum, Vibrio, Bacillus
والكثير من الأكتينوميسيتات ، والخمائر ، والفطريات ، والبكتريا الشبيهة بالطحالب ، والبروتوزوا ، والفيروسات المعوية.

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

المياه البحرية Marine water

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

١- منطقة مياه الشاطىء الساحلية Littoral zone (Beach water)

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

٢- منطقة المياه التى يتخللها الضوء Photic zone, Lighted zone

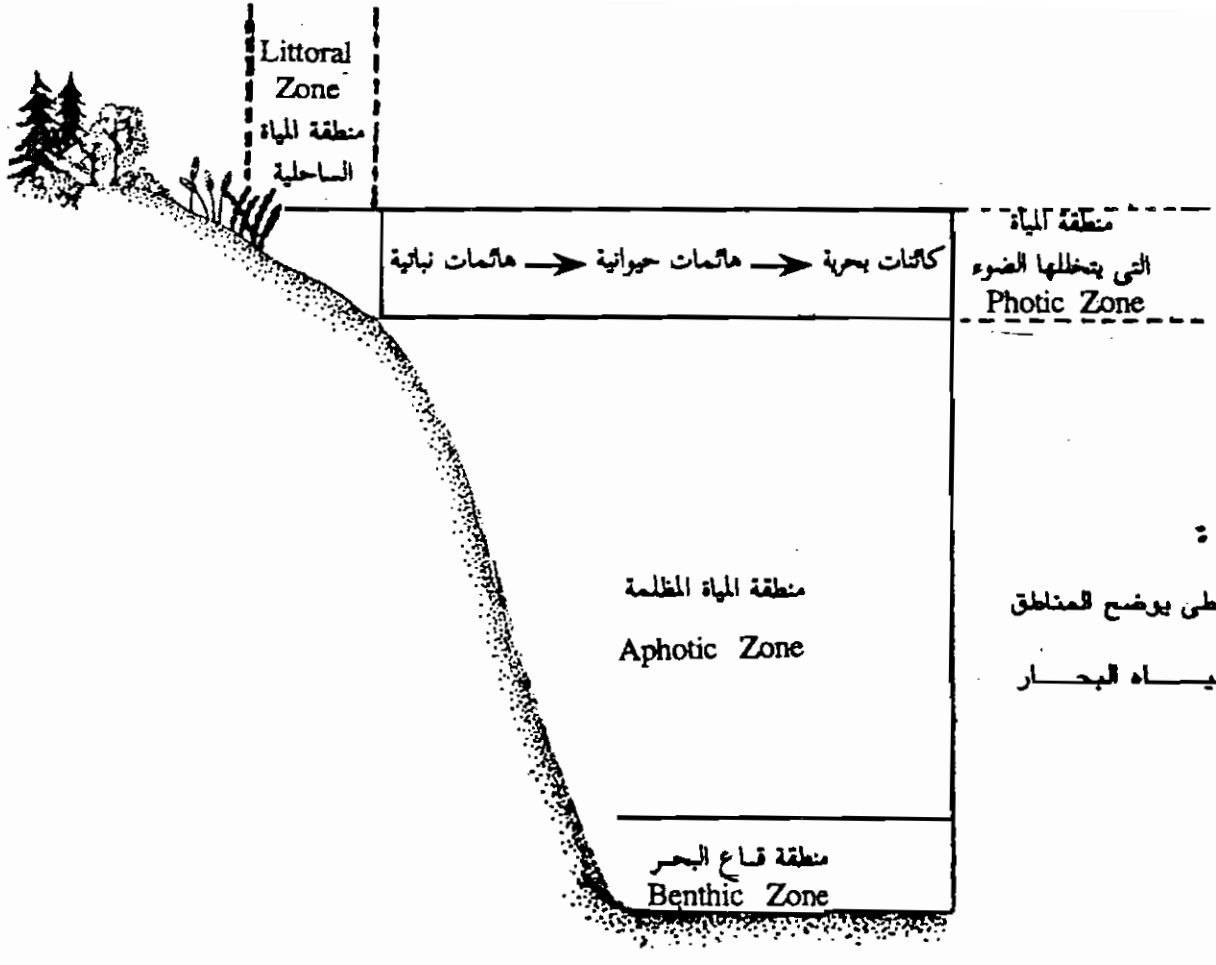
وهذه هى المنطقة العليا من مياه البحر، التى يتخللها الضوء، ويوجد بها الكائنات الممثلة للضوء المرتبطة بالهائمات النباتية، وتشمل هذه المنطقة، منطقة مياه الشاطىء الساحلية، ويصل عمق هذه المنطقة، إلى عمق ٥٠ إلى ١٢٥ متر ، وذلك حسب الموسم ، ودرجة التعكير.

٣- منطقة المياه المظلمة Aphotic zone, Dark zone

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

٤- منطقة قاع البحر Benthic zone (Sea floar)

وتتكون منطقة القاع، من رواسب، وطين طرى .



شكل ٢-١:

رسم تخطيطى يوضح المناطق

الحيوية بميـــــاه البحـــار

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

Chromobacterium, Flavobacterium, Micrococcus

كما يوجد بتلك الطبقات، جراثيم وهيفات 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 بالبترول .

ومن أنواع البكتريا التى عزلت من رواسب قاع المحيطات ، تلك التى تقوم بتحليل السكريات، والنشا ، والسليلوز، والكيتين ، والدهون ، والبروتينات، واليوريا ، وتلك التى تقوم بعملية اختزال النترات، وإختزال الكبريتات ، وقد تصل اعداد البكتريا بتلك الرواسب إلى ١٠^٨ 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 كالأسماك ، غير أن أغلبها لا يبث الضوء ، إلا فى مياه ملوحتها تعادل ملوحة مياه البحر ، أى حوالى ٣٪ ، وفى وجود الأكسجين .

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

دور الكائنات المجهرية فى الأوساط المائية

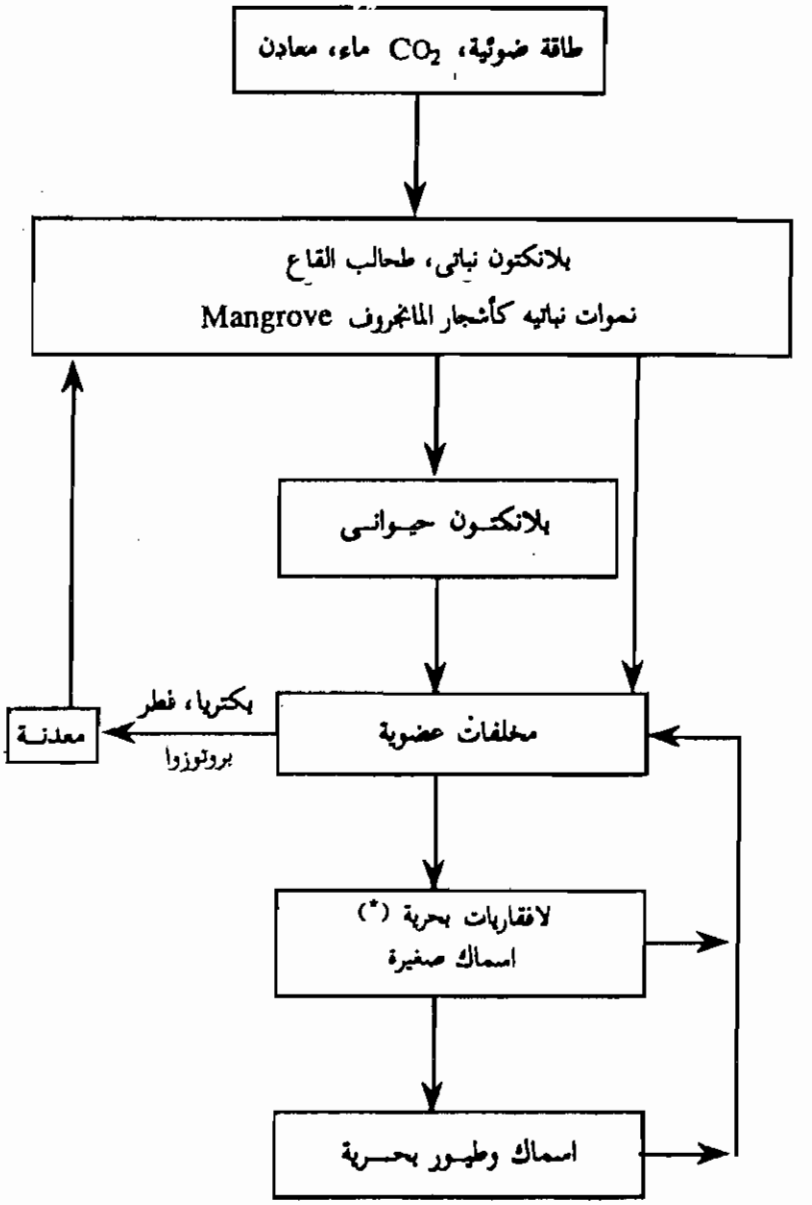
Role of microorganisms in aquatic environments

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 مناسبه لنمو الطحالب . وبنمو الطحالب ، تتوفر المادة العضوية، فيصبح الوسط مناسبا لنمو البكتريا الرمية، التى تتغذى على المواد الميتة . وبموت 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 اوراق، وسوق، وجذور، ومخلفات .



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

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

وتعتمد أساسا ، خصوبة المحيط Ocean fertility، أى قدرته على انتاج مواد عضوية ، بواسطة ما يحتويه من كائنات ، على مقدار ما ينتجة من بلانكتون نباتى. وهذا يعتمد على توفر الضوء ، وثانى اكسيد الكربون ، والماء ، والنتروجين، والفوسفور غير العضوى ، 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 ثانى اكسيد كربون ، وماء ، وعناصر غذائية ، ومعادن، من أهم الأنشطة الحيوية، التى تقوم بها الكائنات الدقيقة.

وتحت الظروف الهوائية ، تكون أهم نواتج التحلل ، ثانى اكسيد كربون ، امونيا ، كبريتات ، فوسفات ، وهذه النواتج، تشكل العناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات ، بما فى ذلك البلانكتون النباتى .

وتحت الظروف اللاهوائية ، تنتج موادا مختزلة مثل الميثان ، الإيدروجين، كبريتور الإيدروجين ، وذلك بالإضافة إلى ثانى اكسيد 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 .

٣- 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 بإختلاف نـوع الكائـن . وتساعد السيانوبكتريا على ترسيب كربونات الكالسيوم بالقاع ، وهذا يعمل على تكوين الحجر الجيرى .

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

وتلعب مجهريات 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. Jannasch (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.