العوامل البيئية المؤثرة على نمو الأحياء المجهرية في المياه

Ecological factors effect on microorganisms growth in water

يتأثر نمو و أنتشار الأحياء المجهرية في المياه بعوامل عديدة منها عوامل حياتية (Biotic factors) كعلاقة الأحياء المجهرية ببعضها وعلاقتها مع النباتات والحيوانات الموجودة معها في المياه. وعوامل غير حياتية (Abiotic factors) والتي تشمل مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية المؤثرة تأثيرا كبيرا على عدد ونوع ونشاط الأحياء المجهرية في المياه حيث تتأثر حيويتها بهذه العوامل خاصة درجة الحرارة وتركيز أيون الهيدروجين والملوحة والتي قد تؤثر على شكل وحركة البكتريا في المياه وعلى قابليتها على انتاج الأنزيمات المختلفة وبالتالي يتأثر نشاطها في تحليل المواد العضوية المختلفة الموجودة في المياه والتي تستخدمها كمصدر للكربون والنيتروجين وتبعا لذلك تتأثر عملية الانقسام وتكوين الابواغ وغيرها من التراكيب التي لها دور كبير في تكاثر وانتشار الأحياء المجهرية في المياه .

وتحدد نوعية المياه والكائنات الحية بمجموعة من العوامل المتباينة وتعد العوامل الفيزيائية والكيمياوية والحياتية من أهم العوامل المؤثرة في نوعية الكائنات الحية .

العوامل الفيزيائية *Physical Factors*

1 – الضوء *Light*

يعد الضوء عاملاً بيئياً مهمَاً في البيئة المائية، وترتبط قدرته على اختراق المياه مع عوامل عديدة، مثل : خواص الوسط نفسه كاللون ودرجة العكرة ووفرة المادة العضوية، ووجود الثلج او الجليد، وتنخفض قدرة اشعة الضوء على النفاذ في المياه الشاطئية العكرة بسبب ازدياد معدَلات امتصاصها مقارنة بمياه عرض البحر الصافية نسبياً، كذلك يؤثر موقع الشمس من خط العرض، والفصل السنوي، والحالة المناخية، والوقت من اليوم، فمثلاً، تبلغ الشدة الضوئية 1% مما على السطح في البحار الشمالية على عمق 20 متر، وتصل الى 7.5 % في البحر المتوسط على العمق نفسه . وتزداد كثافة البكتريا الأرجوانية الخضراء عادة في البحيرات العذبة والمالحة، في قدر ضئيل من الضوء الذي تطلبه الطحالب عادة ، ولذلك تنمو الطحالب بالقرب من السطح، وتنتشر البكتريا الضوئية في الأعماق .

ان اهمية الضوء في وجود وانتشار الأحياء المجهرية ناتجة من تخلله الطبيعي في الماء وبذلك تتأثر الأحياء المجهرية ذاتية التغذية ضوئيا فتقوم بتثبيت ثاني اوكسيد الكاربون ويعتمد الكثير من الأحياء المجهرية على امتصاص الضوء بأطوال موجية مختلفة وهذا ناتج من نوعية الحبيبات الصبغية التي تمتلكها التي تمتص الضوء لاستغلاله مكونة احد مصادر الطاقة الاولية في عملية البناء الضوئي . على هذا الأساس توجد تلك الأحياء المجهرية في مستويات مختلفة في الماء ان هذا التباين في مواقع الأحياء المجهرية يتغير حسب شدة الاضاءة في فصول السنة . في الصيف تكون شدة

الاضاءة عالية وفترة التعرض للضوء اطول (عدد ساعات النهار المشمسة اكثر)، ففي هذا الفصل يكون التوزيع لمواقع الأحياء المجهرية اعمق مقارنة في فصل الخريف او الشتاء حيث تتغير تلك المواقع باتجاه المستويات العليا .

2 – الحرارة *Temperature*

أن جميع البحوث والدراسات البيئية تضع درجة الحرارة في المقام الأول لأن تغيراتها الموسمية والمفاجئة قد تؤدي إلى إخلال واضح في توزيع الأحياء وقد تكون الملوث الرئيس للبيئة .

كما ان هنالك علاقة طردية بين درجة حرارة الماء والهواء اذ يميل الاول ليتبع التغيرات الفصلية في درجة حرارة الهواء التي تعود الى زاوية سقوط اشعة الشمس على الارض .

كذلك تعد درجة الحرارة من العوامل الاساسية المؤثرة في العمليات الأيضية لكل الكائنات الحية وأي تغيير لهذا العامل عن الحد الاعتيادي يؤدي الى تغير في نشاط وفعالية الكائنات الحية وأن الحرارة تؤثر على سرعة التفاعلات الكيميائية وعلى ذوبان الغازات التي تؤثر في طعم الماء ورائحته .

نجد ان مياه البحيرات تقسم وحسب درجة حرارتها الى منطقة سطحية (Epilimnion) وهي التي تتعرض الى اشعة الشمس والرياح حيث تتكون فيها تيارات من الهواء وتكون مرتفعة درجة الحرارة اي بتعبير اخر هي طبقة عليا سطحية ودافئة بالإضافة الى ذلك هي جيدة التهوية بسبب انتشار الأوكسجين مباشرة من الهواء وانتاجه بعملية التركيب الضوئي، تليها منطقة ضيقة نسبياً يحدث فيها انخفاض في درجة الحرارة تسمى (Thermocline zone) حيث تبدأ بها انخفاض درجة الحرارة درجة واحدة كلما اتجهنا عمقاً متراً واحداً ونادراً ما تكون درجة حرارتها اقل من 7°م وبعض المراجع تسمي هذه المنطقة (Metalimnion) ، ويمكن اعتبار هذه الطبقة بالانتقالية بين الطبقة العليا والطبقة التي تليها والتي تسمى بالطبقة السفلى او طبقة القعر (Hypolimnion) وهي طبقة عميقة وباردة ، وذات كثافة مرتفعة نسبياً، وضعيفة التبادل الغازي بعملية الانتشار، وتعاني انخفاض تركيز الأوكسجين المذاب بسبب تنفس الأحياء المائية وتحلّل المواد العضوية، وتكون باردة جداً حيث تسود فيها البكتريا المحبة للبرودة التي تنمو عند صفر او أقل .

وأكدت البحوث ان درجة الحرارة العالية قد تغير من شكل بكتريا المياه وحركتها فمثلاً بكتريا المياه *Agrobacterium luteum* عصيات قصيرة في مياه درجة حرارتها 20°م يصبح شكلها خيطي طويل عندما ترتفع درجة الحرارة في المياه الى 30°م . كذلك Arthrobacter تكون سالبة لصبغة غرام وتكون مايسيليوم عند درجات الحرارة أقل من 20 °م ولكن تصبح عصيات موجبة لصبغة غرام عند درجة حرارة 25°م ثم تتحول الى هراوية الشكل عند درجة حرارة 28°م . حتى استهلاك البكتريا للعناصر الغذائية والحركة وغيرها تتأثر بدرجة الحرارة العالية .

وفي دراسة اخرى اثبت ان درجة الحرارة من العوامل الملفتة للنظر التي تؤثر على حجم وشكل الكائن المجهري فقد يتخذ الكائن تحت تأثير الحرارة الشكل الخيطي او يكون هناك زيادة في الحجم .

وفي دراسة اخرى اكدت ارتفاع الأعداد الكلية للبكتريا في البحيرات في موسم الصيف مقارنة مع الربيع حيث يزداد نموها وهذا يرجع الى ان زيادة الفضلات العضوية والمطروحات المنزلية والحيوانية الى المياه تزيد من اعدادها وكذلك الاستخدام البشري لسواحلها لغرض الاستجمام . بينما بينت دراسة أن ارتفاع درجات الحرارة في الصيف يعيق او قد يقتل البكتريا في المياه .

أشارت دراسة الى ان اعداد البكتريا ترتفع في الصيف وهذا يعود الى كثرة استعمال مياه البحيرات من قبل أشخاص يقومون بأعمال الاستجمام على ضفافها ورمي مخلفاتهم فيها . وهذا ما أكدته دراسات عديدة الى ان رمي المخلفات المدنية في المسطحات المائية تؤدي الى زيادة أعداد البكتريا الكلية .

كما لوحظ ارتفاع الاعداد الكلية للبكتريا في موسم الربيع وانخفاضها في موسم الصيف ويرجع السبب في ذلك الى زيادة منسوب المياه والظروف الملائمة في موسم الربيع.

3- **العكرة والادمصاص** ***Turbidity & Adsorption***

هناك عدة أسباب تؤدي الى تكوين العكرة او الكدرة في الماء منها المواد العالقة الصلبة مثل الطين والغرين ومنها المواد العضوية واللاعضوية الدقيقة والنباتات الطافية وأيضاً الهائمات والأحياء المجهرية الأخرى، وتعد الكدرة من الخصائص الفيزيائية التي تتسبب في عدم نفاذ الضوء من خلال عمود الماء مما يؤدي الى التأثير في عملية البناء الضوئي للطحالب فضلاً عن العمليات الحيوية الأخرى. و تعرف الكدرة بأنها الخاصية البصرية للماء الناتجة عن تشتت الضوء وانتشاره وامتصاصه من قبل المواد العالقة بدلاً من انتقاله بشكل خط مستقيم من خلال النموذج ويؤثر كل من تركيز وحجم حبيبات المواد العالقة في مقدار درجة الكدرة.

تتعكر المياه عادة بسبب وجود دقائق مختلفة تنشأ في المياه، أو تصل اليها مع الجريان والمخلفات، وهي المواد اللاعضوية الواصلة من التربة، والمواد العضوية المتفككة، والعوالق النباتية والحيوانية والجرثومية، وتساعد هذه الدقائق على امتزاز Adsorption الأحياء الدقيقة، والأشعة الضوئية عليها، الأمر الذي يتصف بتأثيرات سلبية أو ايجابية، اذ تحد زيادة معدلات العكرة فاعلية الأحياء الدقيقة الضوئيًة التغذية بسبب قلة الضوء النافذ في المياه، وتساعد على ازدياد البكتريا الملتصقة Epibacteria التي تتمكن من الادمصاص عليها، وتقيها وتصونها من شدة الضوء والمثبطات .

العكرة تعد عاملا مؤثرا بصورة مباشرة أو غير مباشرة على الأحياء والعوامل البيئية الأخرى والماء الطبيعي شفاف تجاه الأشعة الضوئية المارة خلاله إلا إن هذه الخاصية تتغير في حالة وجود الكدرة حيث تنشا الكدرة في الماء نتيجة

لوجود المواد العالقة مثل الطين والغرين والمواد العضوية واللاعضوية والهائمات النباتية أو مواد أخرى متناهية في الصغر تبقى عالقة في الماء وهناك علاقة عكسية بين الكدرة وعمق المنطقة الضوئية التي تحصل فيها عملية البناء الضوئي وتوجد علاقة مباشرة بين الكدرة والأحياء المجهرية.

وتختلف المياه فيما بينها بالنسبة لشدة عكرتها فمنها الرائق جدا كمياه العيون والينابيع والابار وكثير من البحيرات والمحيطات في حين غالبية الانهار تكون عكرة جدا . ان نسب ظهور البكتريا وأعدادها في المياه تزداد وتقل بشكل كبير نتيجة لتوفر عدة عوامل منها المواد العضوية ودرجة الحرارة والضوء وعكارة المياه والتي توفر حماية ضد أشعة الشمس وسقوط الأمطار التي تقلل من أعداد البكتريا نتيجة لعملية التخفيف . اذ يعمل ارتفاع مناسيب المياه الى تخفيف وتشتيت الأحياء المجهرية.

وهنالك علاقة بين العكرة والادمصاص فالدقائق العالقة المسببة للعكرة تدمص على سطحها المواد الغذائية الموجودة بتراكيز منخفضة في المياه وبذلك تصبح هذه الدقائق مرتعاً لنمو وتجمع بكتريا المياه وسطحاً تلتصق به لتحمي نفسها من الانجراف مع التيارات المائية بل قد تحميها ضد تأثيرات الأشعة الشمسية وضد تأثيرات المواد السامة في الماء . لذلك نجد هناك علاقة طردية بين عكرة المياه وعدد البكتريا فيه خاصة اذا كانت الدقائق العالقة ذات طبيعة عضوية وهذا ما يلاحظ عند مصب المجاري في مياه النهر حيث تزداد كمية المواد العضوية وعدد البكتريا اما اذا كانت الفضلات غنية بالمواد المعدنية فلا تحدث مثل تلك الزيادة على اعتبار غالبة بكتريا المياه غير ذاتية التغذية .

أن زيادة تركيز المادة العضوية الناتجة من الفضلات المدنية وزيادة عكارة المياه من العوامل الرئيسة التي تؤدي إلى زيادة أعداد البكتريا في مياه الانهار والبحيرات .

4- الملوحة *Salinity*

يقصد بملوحة المياه هو مجموع تراكيز الأملاح غير العضوية (Inorganic salts) بالملغرام في لتر واحد من الماء . وملوحة البحار والمحيطات بحدود 35 غرام / لتر أي 3.5 % ملوحة . لكن الشائع هو أنه حينما نقول ملوحة يتبادر للذهن ملح الطعام . وتركيز الأملاح خاصة ملح الطعام في المياه يحدد من نمو مجاميع الأحياء المجهرية . فغالبية الأحياء المجهرية في المياه الداخلية الأنهار البحيرات هي من نوع المجاميع غير المحبة للملوحة (Non- halophilic) بحيث لا تتمكن من العيش حتى في التراكيز المخففة من الملح وعند نقلها الى ماء البحر فغالبيتها لا تستطيع العيش في مياه البحر الا البعض منها التي تتمكن من مقاومة الملح وتسمى (Salt- tolerant) . على العكس من ذلك غالبية بكتريا وفطريات البحار هي من النوع المحبة للملوحة (Halophilic) فهي تحتاج للملح لكي تنمو وتنشط وعند نقلها للمياه العذبة قد لا تنمو. وتأثير الملح ليس من خلال العملية الأزموزية فقط بل ان أيون الصوديوم نفسه ضروري لنمو معظم ميكروبات البحار وكذلك ايون الكلور ضروري لبعضها . والتركيز المثالي لنمو ميكروبات البحار يتراوح بين 2.5-4 % وعند

الزيادة عن ذلك تتأثر كثير من الفعاليات الفسلجية لهذه الأحياء المجهرية وحتى شكلها يتأثر فمثلاً بعض انواع Vibrio البحرية عند زيادة التركيز الملحي الى 5 % يتحول شكلها الى خيطي والبكتريا المضيئة البحرية Luminous bacteria في التركيز العادي للبحر (3%) يكون شكلها عبارة عن عصيات قصيرة وعند خفض نسبة الملح الى 1 % يتحول شكلها الى مكورات ورفع التركيز الملحي الى 7 %تتحول الى خيوط طويلة جداً . الى جانب غالبية ميكروبات البحار التي تحتاج اكثر من 4 % ملح هناك مجموعتان تحتاج الى تراكيز اعلى حيث أن التركيز المثالي لنموها يتراوح بين 5 - 10 % ويطلق عليها (Moderately halophilic bacteria) والمجموعة الأخرى التركيز المثالي لنموها هو يتراوح بين 20 - 30 % ويطلق عليها (Extreme halophilic bacteria) وهاتان المجموعتان تعيشان في البحيرات المالحة وفي الملاحات (Salterns) وأحواض تجميع الملح .

تتواجد البيئات الملحية في كافة انحاء العالم والكائنات الدقيقة المحبة للملوحة (Halophiles' or salt lover) بعضها يعيش داخل بلورات الملح ، وتنمو وتنشط في البحار والمحيطات والبحيرات شديدة الملوحة وبرك المياه التي جفت في الشمس والتربة المالحة ، ويعتبر كلوريد الصوديوم (NaCl) من اكثر الاملاح انتشارا في هذه البيئة الى جانب بقية الاملاح الاخرى ، وتعمل بعض البكتريا على تراكم نسبة عالية من كلوريد البوتاسيوم بداخلها بينما البروتينات في تركيب الخلية تتصل بنسبة عالية من ملح كلوريد الصوديوم مع المحيط الخارجي وهي بذلك تحدث التوازن المطلوب للتأقلم مع نسبة الملوحة المرتفعة بالخارج .

تعزى أهمية وجود الأملاح Salts في الماء إلى دورها في تقسيم المسطحات المائية إلى مياه مالحة ومياه متوسطة الملوحة ومياه عذبة. ودورها كبير في كبح نمو البكتريا حتى وإن وجدت بتراكيز قليلة ويتم تحديدها عادة من خلال قياس قابلية نموذج الماء على توليد تيار كهربائي لاعتماد القياس على التركيز الملحي للأيونات الذائبة في الماء، كما تعتمد على درجة الحرارة .

ولأهمية وجود الأملاح في المسطحات المائية قسمت مجاميع البكتريا التي تعيش في المياه حسب متطلباتها من كلوريد الصوديوم الى مجموعة البكتريا المحبة للملوحة الشديدة (Extreme halophiles bacteria) والتركيز الأمثل للملح الملائم لنمو ونشاط البكتريا يتراوح بين 20 - 30 % ، كذلك هنالك مجموعة من البكتريا تعيش في مياه متوسطة الملوحة (Moderate halophiles bacteria) والتركيز الأمثل للملح الملائم لنمو ونشاط هذه البكتريا يتراوح بين 5-20% ومجموعة اخرى من البكتريا لها القدرة على المعيشة في نسبة قليلة من الملوحة وتسمى المحبة للملوحة القليلة (Weakly Halophiles bacteria) وهذه تشمل غالبية البكتريا البحرية التي لها القدرة على النشاط الحياتي في مياه مالحة يتراوح فيها تركيز الملح بين 2- 4 % ، في حين هنالك مجموعة من البكتريا غير محبة للملوحة (Non bacteria halophiles –) اي بكتريا المياه العذبة .

ان بعض البكتريا لا تعيش في مياه يكون فيها تركيز الملح أقل من الحد الأدنى الأمثل لنموها وبعض البكتريا يمكن ان تعيش في مدى واسع لتركيز الملح في المياه ويطلق عليها بالبكتريا المتكيفة للملوحة Halotolerant bacteria.

ولملوحة المياه علاقة مباشرة بالتنظيم الازموزي لخلايا الكائن الحي، لذلك فقد لوحظ إن بقاء الأحياء المجهرية في المياه العذبة أطول من بقاءها في مياه البحر ، اذتلعب الأملاح دوراً في التأثير على نسبة الأوكسجين المذاب في الماء إذ أن نسبة الأوكسجين المذاب تقل بزيادة الملوحة في المياه .

واشارت بعض البحوث الى أن زيادة الملوحة تلعب دورا أساسيا في تقليل سمية العناصر النزرة (الزنك ، النيكل ، الكادميوم) تجاه الأحياء المائية بسبب تكوينها معقدات مع أيونات الكلوريد تجعل العنصر غير متاح حيويا لاستعمال الكائن وتعمل على ترسيبه فتزيد من تركيز هذه العناصر في الرواسب.

5- حركية الماء *Water dynamics*

ان لحركة الماء أهمية عظمى كعامل بيئي لا تقل عن أهمية كل من الحرارة والضوء على سبيل المثال . فبدون حركة الماء سوف تتأثر الحياة بشكل كبير . ولحركة الماء الدور المهم في مزج الكتل المائية بعضها مع البعض الآخر الامر الذي ينتج عنه مزج غاز الأوكسجين الذي يذوب في الطبقات العليا ويبقى في المياه السطحية لفترة طويلة في حالة توقف حركة الماء . كما أن الفعاليات الحيوية والتغذية ودورات الحياة لكثير من الأحياء المائية وتحلل المواد العضوية وتفسخها تتأثر كثيراً بهذه الحركة ، فالتذبذب في سرعة التيار قد يقع تحت تأثير عوامل عديدة منها المناخ و الانحدار و والطبيعة الجيولوجية للمسطحات المائية ، وهذا بدوره يؤثر كثيرا على الأوكسجين الذائب وعلى كثافة الأحياء المجهرية و الهائمات النباتية ، كذلك التغايرات في فترة الترسيب الذي يمكن أن ينتج من تغاير في معدلات الأمطار التي تؤثر على معدل الجريان .

العوامل الكيمياوية *Chemical Factors*

1- المواد المغذية *Nutrient*

من الواضح جداً تأثير هذا العامل لأن الأحياء المجهرية في المياه بدون توفر العناصر الغذائية لا تستطيع النمو والتكاثر وأعدادها تقل أو تزيد حسب توفر العناصر الغذائية في المياه . والعناصر الغذائية في المياه أما أن تكون ذات مصدر خارجي أي من خارج المياه ويطلق عليها (Allochthonous substrates) حيث تأتي مع التربة المنجرفة للمياه أو وصول البقايا الحيوانية والنباتية من اليابسة أو عن طريق الفضلات التي يرميها الانسان الى المياه خاصة المياه الداخلية كالبرك والأنهار والبحيرات والجداول . أما المواد الغذائية الموجودة داخل الماء نفسه فيطلق عليها (Autochthonous substrates) والتي تتكون من بقايا الحيوانات و النباتات المائية ونشاط الأحياء المجهرية في المياه أو نباتات المياه وذلك

من خلال عملية التركيب الضوئي أو تثبيت النيتروجين وهذه عادةً تكون الجزء الأكبر من العناصر الغذائية في المحيطات ما عدا السواحل (حمد و علي،2009) .

وعادة العناصر الغذائية في المياه تقسم الى مجموعتين هما كالاتي :

A – المواد الغذائية العضوية *Organic nutrient substances*

تحدد كمية ونوع المادة العضوية في المياه بدرجة كبيرة عدد ونوع الأحياء المجهرية التي تنشط في المياه. فالمادة العضوية مصدر الطاقة والكربون لغالبية الأحياء المجهرية في المياه . ونوعية المادة العضوية في المياه تختلف باختلاف مصادرها فهي اما أن توجد بصورة ذائبة أو عالقة أو مترسبة في قعر المياه . وتختلف المياه فيما بينها بالنسبة لمحتواها من المادة العضوية فالمياه النقية في بعض الأنهار والبحيرات وفي البحار والمحيطات تحتوي على كمية قليلة من المادة العضوية .

انمصادر المادة العضوية ونوعيتها سواء كانت مواد عضوية طبيعية أو صناعية هي تؤثر سلباً وايجاباً في تعداد ونوعية الأحياء المجهرية . ان التعداد العام للأحياء المجهرية في مياه الأنهار أقل منه في المياه الراكدة اذا كانت نسبة المواد العضوية ، متقاربة والسبب في ذلك يرجع الى أن الفترة الزمنية اللازمة لتحلل بعض المركبات واستغلالها للكربون والنيتروجين والطاقة في المياه الجارية غير كافية لإعطاء فكرة عن تكاثرها في منطقة محددة ، في حين يكون أثر المادة العضوية واضحاً في المياه الراكدة في زيادة تعداد الأحياء المجهرية .

كذلك تختلف كمية المادة العضوية حسب العمق فكلما اتجهنا عمقاً كلما قلّت المادة العضوية ماعدا بعض الحالات حيث في القعر قد تتراكم مواد عضوية غير قابلة للتحلل الميكروبي السريع ولكن بشكل عام الطبقة السطحية هي الطبقة الغنية بالمادة العضوية .

تزداد نسبة المواد العضوية في المسطحات المائية خاصة في الأماكن القريبة من التجمعات السكانية التي تطرح مياه فضلاتها المنزلية فيها أو المدنية والاستخدامات البشرية لهذه المسطحات المائية فضلا عن وجود الحيوانات التي تطرح فضلاتها فيها ، كذلك ثبت من خلال الدراسات أن هنالك علاقة بين المواد العضوية في الرواسب وبين التواجد البكتيري فيها .

أن الانخفاض في درجات الحرارة خلال فصل الشتاء يعمل على تقليل نشاط الأحياء المجهرية في عمليات تحلل المواد العضوية نتيجة الانخفاض في الأنزيمات والعمليات الأيضية عند انخفاض درجة حرارة الماء أما عند ارتفاع درجة الحرارة فان ذلك سيؤدي الى زيادة نشاط الأحياء المجهرية وبالتالي زيادة استهلاك الأوكسجين المذاب لتحليل وأكسدة المواد العضوية مما يؤدي الى انخفاض تركيز الأوكسجين حسب تركيز المادة العضوية (الصفاوي و آخرون،2009)

وهذا ما اكدته بحوث عدة حيث أثبتت أن نقص الأوكسجين المذاب في المياه يسبب الزيادة في تركيز المواد العضوية في المياه .

ومما لاشك فيه أن التأثيرات السلبية للتلوث العضوي تظهر بشكل جلي في الانزعاج من المنظر المنافي للذوق السليم وانبعاث الروائح الكريهة ويمكن التحقق منها عند الوقوف لفترة قصيرة قرب أي موقع من المسطح المائي (بحيرات أو أنهار) اذ تنتشر الروائح الكريهة ، وتمتد هذه التأثيرات السلبية لتشمل الحياة المائية وكذلك التأثير السلبي على السلسلة الغذائية ويعود السبب في ذلك الى التحلل الغذائي (Anoxic degradation) للمركبات العضوية الحاوية على الكبريت والنتروجين وتكوين غاز كبريتيد الهيدروجين وغاز الأمونيا التي تعتبر كدليل لارتفاع تركيز المادة العضوية في المياه .

B – المواد الغذائية غير العضوية *Inorganic nutrient substances*

تحتاج الأحياء المجهرية في عملية البناء والنشاط الحياتي بالإضافة الى المواد العضوية الى مواد لا عضوية مؤلفة من عناصر مهمة وتقسم هذه العناصر بحسب حاجة الكائنات الحية المجهرية لها الى العناصر الكبرى Macro nutrient elements مثل C,N,S,P,K,Ca,Mg والعناصر الصغرى Micro nutrient elements وتشمل Mo,Cl,Mn, Na,Ni,Fe,Co,Bo,Si . اذ ان المياه تختلف فيما بينها بالنسبة لمحتواها من المواد الغذائية اللاعضوية فالمياه النقية غير المعرضة للتلوث يكون محتواها قليل من الاملاح وتبعاً لذلك محتواها الميكروبي قليل أما الملوثة فمحتواها عالي من الأملاح . ومن أهم الأملاح اللاعضوية التي تتأثر بها بكتريا المياه هي أملاح النيتروجين والفسفور ، ففي البيئات المائية الفقيرة يحدث تنافس بينها وبين النباتات على هذه الأملاح خاصة العائمات النباتية (Phytoplankton)وتحديداً في فصل الربيع حيث تقل كمياتها في المياه وتزداد في فصلالشتاء علماً أن البكتريا غير ذاتية التغذية بتوفر مواد عضوية تُغني المياه بهذه المركبات .

2- الاس الهيدروجيني pH

يعد الأس الهيدروجيني pH احد العوامل الأساسية المؤثرة على الأحياء خاصة المجهرية منها إذ أن الظروف الحامضية أو القاعدية قد تؤدي إلى تحلل بعض مركبات الخلية الميكروبية أو تحطم بعض الأنزيمات.

ولقد فسرت مقاومة البكتريا للوسط القاعدي او الحامضي بوجود ميكانيكية التعديل أو الثبات (pH homeostasis mechanism) التي تحافظ على قيمة الpH المطلوبة داخل الخلية قريب من التعادل وهذه الميكانيكية تعتمد على ما يجري على طول الغشاء السايتوبلازمي للخلية من تبادل الأيونات بحيث يحل أيون Na^+ محل أيونH^+ ثم يحصل تعديل على الزيادة أو النقصان في تركيز أيون الهيدروجين وبالتالي يعدل pH الخلية .

وتتأثر قاعدية الماء بعوامل مختلفة منها تركيز ثاني اوكسيد الكاربون ونشاط الأحياء المجهرية والإنتاجية الأولية . حيث تعزى الزيادة في الـ pH بسبب بعض الفضلات التي ترمى في المياه و احتواء هذه الفضلات على $CaCo_3$ و NaOH ، كذلك زيادة الأوكسجين المذاب وكثافة الهائمات النباتية والنباتات المائية تسبب الزيادة في الأس الهيدروجيني. كذلك تلاحظ العلاقة بين الأس الهيدروجيني و الـ Co_2 من خلال استهلاك الـ Co_2 في عملية التركيب الضوئي تعود الى زيادة تركيز الـ(pH).

أن أيونات الـ HCO_3 تكون سائدة في الأوساط المائية العذبة ، وتكون أيونات HCO_3 سائدة في المياه المالحة ، وعليه فان أيونات الكربونات لها دور أساسي في قاعدية المياه وهي مقياس لسعة الربط الحامضية والتي ترتبط فيها الأيونات السالبة بأيون الهيدروجين الموجبة وتساعد على استقرار الأس الهيدروجيني pH .

وإن الايونات التي لها اثر على زيادة هذه القاعدية هي بيكاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم فضلا عن الهيدروكسيدات والامونيوم والسيليكات ويعود السبب في ذلك إلى الطبيعة الكلسية لرواسب الأنهار والبحيرات العراقية .

ان المياه العراقية تعتبر ذات طبيعة قاعدية ويعزى السبب في ذلك الى سعة المحلول المنظم بسبب وجود بيكربونات الكالسيوم، وان هذه القاعدية في المياه العراقية نتيجة لتوفر املاح البيكاربونات في المياه والتربة المحاذية .

كذلك ان تزامن ارتفاع القاعدية مع ارتفاع العدد الكلي للبكتريا وخاصة بكتريا القولون لأن زيادة العكورة تؤدي الى احتمال وجود البكتريا أو عناصر معدنية بين الدقائق العالقة.

كذلك تعد الـ(pH) من العوامل الرئيسية التي تتحكم في تعداد الأحياء المجهرية ونشاطها الحياتي ، حيث ان غالبية الأحياء المجهرية للتربة تعيش في pH متعادلة أو قريبة من التعادل تتراوح بين 6.5 - 7.5 ويطلق على هذه المجموعة من الأحياء المجهرية Neutrophilic. اما تعداد الأحياء المجهرية التي تفضل البيئة القاعدية أي أن الـ(pH) يتراوح بين 8 - 9 يكون قليلا اذا ما قيست نسبتها الى مجموع الأحياء المجهرية التي تعيش في الوسط المتعادل وتسمى هذه المجموعة Alkophilic بينما تعداد الأحياء المجهرية التي تفضل الوسط الحامضي المنخفض جدا تسمى Acidophilic وهذه المجموعة تفضل pH يتراوح بين 2 - 6 Acidophilic . وتعتبر الأعفان والخمائر من الأحياء المجهرية السائدة في الترب الحامضية بينما معظم أنواع البكتريا تتواجد في الترب المتعادلة والقاعدية ولكن هذا لا يعني اختفاءها من الترب الحامضية .

3- الغازات المذابة *Dissolved gases*

هنالك العديد من الغازات الذائبة في المياه والتي يعتمد عليها نشاط بكتريا المياه وأهم هذه الغازات هي الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون والنيتروجين كما تتواجد غازات أخرى تحت ظروف خاصة أو بيئات مائية خاصة مثل غاز

الهيدروجين وأول أوكسيدالكربون والميثان وكبريتيد الهيدروجين والتي تلعب دوراً هاماً في الصفات الكيمياوية و الفيزيائية و البيولوجية في تلك البيئات المائية . فالغازات الثلاثة الرئيسية توجد في الجو ولهذا تصل الى الماء وتذوب فيه في حين يتكون غاز كبريتيد الهيدروجين نتيجة التحولات الكيميائية لأنشطة البكتريا ويستعمل كأحد الأدلة في تلوث المياه ، كما ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين في جزء من عمليات التفسخ والتحلل البكتيري اساساً وخاصة عندما يكون تجهيز الأوكسجين محدوداً نتيجة لوجود كميات كبيرة من المادة العضوية او تحت الظروف اللاهوائية فأن البكتريا تستخدم الأوكسجين الموجود ضمن ايون الكبريتات لأكسدة المواد العضوية وتكوين غاز كبريتيد الهيدروجين كما ان كربونات الكالسيوم تترسب في قعر ذلك المسطح المائي .

يعد الأوكسجين المذاب في الماء من أهم العوامل التي تؤثر في نوعية المياه وتأثيره يكون أساسيً في التوازن الطبيعي، والنقص الكبير لهذا العامل له تأثير ضار في الأحياء ويعد من مؤشرات التلوث العضوي كما أنه أساسي في تنفس الأحياء المائية لتحرير الطاقة لدعم نموها وإدامة حياتها، وتوجد عدة عوامل تؤثر فـــي تركيز الاوكسجين المذاب في المياه منها عملية البناء الضوئي وتنفس الأحياء المائية . بالإضافة الى ذلك ان ارتفاع درجة الحرارة تؤدي الى نقص ذوبان الأوكسجين في المياه .

كذلك يعد الأوكسجين المذاب في الماء من المؤشرات المهمة لتحديد نوعية المياه فضلا عن اهميته لمعيشة الأحياء المائية وعمليات التنقية الذاتية في المياه و انبعاث الروائح الكريهة الضارة للبيئة المائية ، وهنالك علاقة عكسية بين الأوكسجين المذاب والمادة العضوية فكثرة المادة العضوية تؤدي الى انخفاض الأوكسجين المذاب وهذا يؤدي بالتالي الى زيادة نشاط الأحياء المجهرية في عمليات التحلل و الأكسدة للمادة العضوية وبالتالي يُستنفذ الأوكسجين المذاب في الماء وهذا النوع من المياه تعتبر غير مناسبة لمعيشة الأحياء المائية باستثناء البكتريا اللاهوائية .

وتقسم بكتريا المياه حسب متطلباتها الغازية الى مجاميع منها الهوائية (aerobic bacteria) واللاهوائية اجباراً (Obligate anaerobic bacteria) ومجموعة البكتريا اللاهوائية اختياراً (Facultative anaerobic bacteria) ومعظم بكتريا المياه تعود الى مجموعة البكتريا اللاهوائية .

العوامل الحياتية *Biological factors*

بالإضافة للعوامل الفيزيائية والكيميائية هناك عوامل حياتية عديدة متعلقة بالأحياء الموجودة في المياه تؤثر على نشاط الميكروبات فيه . حيث تنشأ علاقات عديدة بين الميكروبات نفسها وبين الحيوانات والنباتات المائية . هذه العلاقات اما أن تكون نافعة لميكروبات المياه أو ضارة أو لا تنفع ولا تضر وأحياء الماء بصورة عامة أما ان تكون علاقة منفعة وهذا ما يطلق عليه بمصطلح عام هو Synergism أو علاقة مضرة يطلق عليها Antagonism . والمعلومات المتوفرة عن تأثير العوامل الحياتية قليلة جداً قياسا بالعوامل الفيزيائية والكيميائية لأن الأخيرة يمكن قياسها وتحديدها في حين الأحياء قد

يصعب معرفة أنواعها وعددها بدقة في البيئة الطبيعية فمثلا عدد بكتريا المياه في وقت محدد بمجرد تقدير عددها حيث يتغير هذا العدد بالساعات بل بالدقائق وقبل ان تنتهي تجربة العد في المختبر . كذلك لا تعرف بالدقة نوع العلاقات التي تحدث في المياه لكثرتها وتعدد أنواع الأحياء وارتباط ذلك بتغير العوامل الفيزيائية والكيميائية في المياه ولهذا الحصول على نتائج دقيقة وثابتة عن العوامل الحياتية يصبح حالة نادرة . للعوامل الحيوية دور كبير في اتزان النظم البيئية واستقرارها، وتتخذ العلاقات المتبادلة والتفاعلات بين الكائنات الحية في الأنظمة البيئية ويمكن تقسيم التأثرات بين جماعات الأحياء المجهرية وفق الآتي :

1- التأثرات السلبية :

ان التأثرات السلبية ضمن الجماعة تدعى المنافسة Competition لأن الأفراد في جماعة الأحياء المجهرية الدقيقة جميعا تستعمل المواد الغذائية نفسها وتشغل الموطن البيئي Ecological niche نفسه . وهذه التأثرات تشمل نوعين من العلاقات بين الأحياء المجهرية هي :

A - Competition : هي علاقة سلبية ، ويحدث التنافس اما ضمن النوع الواحد أو ما بين الأنواع ، واما بين الجماعات (الطبيعي) ، ويحدث التنافس التنازعي على الموارد المتوفرة فمثلا تتنافس الطحالب والجراثيم الزرقاء عادة على الضوء والمواد الغذائية ويرافق انخفاض غزارة العوالق النباتية ازدهار كبير للجراثيم التي ربما كانت تنافسها العوالق النباتية على المواد الغذائية أو تثبطها .

B – Amensalism (Antagonism) : هي علاقة سلبية عدائية تنشأ عند التمكن من تثبيط مجموعة معينة من الأحياء المجهرية بتأثير مجموعة أخرى غير متأثرة بهذه العلاقة ، حيث تنتج الأحياء المجهرية مركبات سامة قادرة على تثبيط المجموعة الأخرى أو ابادتها تماماً ومن الأمثلة على ذلك العوامل القاتلة للفيروسات (Virucidal factors) في مياه البحر والبحيرات وعوامل تثبيط الفطريات (Fungi static factors) في التربة.

2- التأثرات الايجابية

ان التأثرات الايجابية ضمن الجماعة تدعى التعاون Cooperation ، وتشمل:

A – Commensalism : هذا النوع من العلاقة شائع جدا بين الميكروبات حيث يعمل احدهما على افادة الطرف الثاني بدون ان يتضرر او يتأثر . وعادة يطلق على الميكروب المستفيد Commensal ويتمكن الطرف الاول ان يفيد الطرف الثاني من خلال طرق مختلفة ومتعددة ومنها تحويل المواد الغير قابلة للاستهلاك الى مواد قابلة للاستهلاك من قبل الثاني ، أويكّون الطرف الاول مواد منشطة لنمو الثاني او يعمل الاول على ازالة العوامل والمواد الضارة للثاني ، أو عن طريق تغييره للظروف البيئية كتغيير قيمة pH او الضغط الازموزي او ازاحة الاوكسجين وحجب الضوء اوتحطيم

المواد السامة او المثبطة لنمو الثاني ، و قد يعمل الاول كمكان بيئي ملائم لنمو الثاني على سطحه او داخله كنمو البكتريا على سطح او داخل الطحالب . ولقد درست هذه العلاقة جيدا في البيئة المائية حيث ركز على الطحالب والبكتريا لما للطحالب من اهمية لتجهيز ميكروبات المياه بالمواد الغذائية حيث تفرز الطحالب مواد عديدة وهي ما زالت حية قبل ان تتحلل ومن هذه المواد الاحماض الدهنية والامينية والسكريات والاحماض النووية وحامض الكلوكونيك (Gluconic acid) الذي يعتبر اهم مركب يفرز من الطحالب خلال عملية التركيب الضوئي ولقد وجد ان ما يقارب من نصف الكربون الذي تكونه الطحالب يفرز للماء . كذلك من الممكن ان ينتشر مثل هذا النوع من العلاقات (Commensalism) في التربة . حيث يعتبر الطريق الاساس الذي تتحول به بعض السكريات المعقدة الى مواد غذائية تستفيد منها الاحياء المجهرية الأخرى غير المتخصصة في مهاجمة مثل هذه المواد الكربوهيدراتية المعقدة، فمثلا ينتج الفطر المحلل للسليلوز بعض الأحماض العضوية التي تستخدم بوصفها مصادر للكربون لنمو البكتريا والفطريات غير المحللة للسليلوز .

:(Symbiotic) Mutualism – B

تبادل المنفعة، يستفيد الطرفان من بعضهما البعض، ولا يستطيع أحدهما أن يعيش بدون الآخر ، حيث تتعاون الكثير من الأحياء المجهرية في المياه من أجل الاستفادة من العناصر الغذائية الموجودة في المياه وتشمل الفائدة لكلا الطرفين . فكثير من المواد العضوية لا تتحلل الا بتعاون عدد من الميكروبات لكي تصبح هذه المادة ذا فائدة للكل وفعلا وجد أن البقايا السليلوزية الموجودة في المياه تتحلل أسرع بوجود خليط من الميكروبات عليها مما لو وجد ميكروب واحد فقط .

: Synergism – C

التعاون (تداؤب) أي تدل على التعاون الأولي بين جماعتين من الأحياء الدقيقة على أن كلاً منهما يستفيد من العلاقة ، ولكن بما لا يشبه التكافل (Mutualism) ، الارتباط لا يكونحتمياً (اجبارياً). كلتا الجماعتين تكونان قادرتين على البقاء في بيئتها الطبيعية بمفردها ، وكذلك عندما تتكون في البداية تستعد الجماعات لبعض الأفضليات . وتكون علاقات التعاون غير مرتبطةإحكام غير وثيقة الارتباط أي انَ فرداً من الجماعة يكون غالبا قادرا على أن يحل محل الآخر بسهولة . ومن الصعب تحديد ايهما الأول في الجماعات يكون مستفيدا حقا أم أن العلاقة لا بد لها أن تدعى Commensal أو Synergistic . وفي حالات أخرى من الصعب تحديد أن العلاقة تكون اجبارية وعندئذ تدعى Mutualism . ويستعمل مصطلح Syntrophism لوصف جماعتين أو اكثر حيث يؤمن كل منها للآخر الاحتياجات الغذائية ، علاقة Syntrophism تقدم تكراراً على قابلية جماعة ما لتأمين جماعة أخرى بعوامل النمو وتتطلب *Enterococcus feacalis* حامض الفوليك التي تنتجه *Lactobacillus arabinosus* وهذه بدورها تتطلب فينيل الألآنين التي تنتجه المكورات العنقودية ، فعا تنمو على نحو جيد جداً .