التقنية الحياتية ودورها في ازالة المعادن الثقيلة

من المتعارف علية بأن المعادن الثقيلة لا يمكن تدميرها بايولوجيا غير قابلة للتحلل (Non degradable) ولكن يمكن تحويلها الى مركبات عضوية معقدة لذلك طورت الاحياء المجهرية قابلية لحماية نفسها من سمية العناصر الثقيلة من خلال امتلاكها عدة ميكانيكيات تمكنها من التخلص منها مثل الامتزاز والامتصاص والاكسدة والاختزال والميثلة. ونالت المعالجة الحياتية أهمية كبيرة من قبل الباحثين بسبب قدرتها في تقليل خطورة الملوثات.

ولعل من أهم هذه الطرق البايولوجية هي بأستخدام الكتلة الحية Biomass سواء كانت حية أو ميتة والتي لها القابلية على أزالة المعادن الثقيلة في المحاليل المائية عن طريق **الامتزاز الحيوي** والذي يعرف على انه أزالة الفلزات وأشباه الفلزات من المحاليل بطرق حياتية عبر الاخذ من قبل الكتلة الحية والميتة عن طريقين **الأول** يتضمن ارتباط الايونات بسطح الخلية بدون الحاجة الى الفعاليات الأيضية للخلية ويسمى هذا النوع **بالاخذ غير الفعال** Passive mode uptake ، أما الطريق **الثاني** فيتمثل بأخذ العناصر عبر الغشاء الخلوي الى داخل الخلية أي انه يعتمد على الفعاليات الايضية ويسمى الاخذ الفعال Active uptake مؤديا بالملوثات الى التراكم الحيوي Bioaccumulation والذي يعرف على أنه النسبة بين تركيز المادة الملوثة في جسم الكائن الحي وبين تركيزها في البيئة المائية المحيطة حيث تتركز تلك الملوثات بهذه الطريقة في انسجة الكائن الحي حسب نوع الكائن المستخدم لازالة هذه الملوثات وطبيعة الملوث وتركيبة الكيمائي ليتم التخلص منها وازالتها من البيئة، كما وتعتبر هذه الطريقة من الطرق الفعالة في التخلص من أنواع اخرى من الملوثات غير العناصر الثقيلة متمثلة بالمواد الكيمياوية العضوية التي تعتبر سامه مثل المبيدات الكلورية العضوية وذلك لقدرتها على النفاذ من خلال الاغشية الخارجية للخلايا الحية فهي تصنف على انها من المركبات الباحثة عن الليبيدات Lipophilic وتعتمد قدرتها في النفاذية على حجم جزيئاتها وعلى قابيلة الذوبان في الليبيدات المكونه للخلية وبالتالي التخلص منها.

كما ويعتبر الكبد في الكائنات الحية الراقيه العضو الذي يتم فيه القضاء على السموم وايضها فأذا كان معدل امتصاص الجسم للسموم يساوي معدل الايض لا يحدث التجمع الحيوي داخل الانسجة، اما اذا كان معدل الامتصاص اكبر من معدل الايض يحدث عندها تجمع للماده الملوثة في اغشية الكائن الحي ويعاد توزيع هذه الماده على اجزاء الجسم بتأثير نوعية الانزيمات التي يفرزها الكبد لايض الماده المسببة للتلوث . ويمكن بسهوله ملاحظة اثر كثير من الملوثات على البيئة نتيجة لما تسببه من تغيرات ظاهرية على الكائنات الحية الموجوده في البيئة وخاصه النباتات وقد استخدمت بعض هذه الكائنات كمقياس لمستويات التلوث لكثير من الملوثات الكيميائية وتعرف هذه الكائنات بالكواشف البايولوجية biological indicator .

التقنيات الحياتية المكروبية والبيئة

الاضطراب والمشاكل البيئية

يلاحظ في الوقت الحاضر ان المشكلة البيئية المتفاقمة هو ارتفاع تراكيز ما يسمى بغازات البيوت الزجاجية Greenhouse gases وفي مقدمتها ثنائي اوكسيد الكاربون عن حدودها الطبيعية ، وارتفاع المستوى يؤثر على العديد من الفعاليات الحيوية ، والتداخل مع الأحياء المجهرية .

فارتفاع نسبة غازات البيوت الزجاجية يؤثر على نظام تداخل جذور النباتات مع أحياء التربة المجهرية وذلك بتأثيره على محتوى التربة من الماء ونوعيته . فالأحياء المجهرية هي القوة المحركة لتزويد المغذيات في التربة وكذلك تعد المستلمات الأولى لنواتج التخليق الضوئي من النباتات التي تثبت ثنائي اوكسيد الكاربون ، لذلك تستعمل المؤشرات الميكروبية كدليل على سلامة البيئة او التربة على وجه الخصوص ويستعمل دليل الاحياء المجهرية Microbial index لغرض تقييم تعداد الاحياء المجهرية وفعالياتها والذي يعكس بصورة مباشرة دورة العناصر في البيئة وسلامة الأخيرة. وإضافة الى دليل الاحياء المجهرية يمكن قياس كمية الكاربون في الكتلة الحيوية كنسبة مئوية للمواد العضوية في التربة ، ويمكن قياس الحاصل الايضي كدليل على التلوث ، وذلك لان البيئة ستؤثر على أعداد وفعاليات مجتمعات الأحياء المجهرية ، ويعد ثنائي اوكسيد الكاربون CO_2 احد الدلائل الحيوية المستعملة لقياس اضطراب النظام البيئي .

ويعد قياس الدلائل الميكروبية مؤشرات حساسة للتعبير عن التغيرات التي تحصل في البيئة ومنها الاجهادات المسلطة على الاحياء المجهرية لذلك تستعمل هذه الدالات لتسجيل مدى تلوث البيئة بالمعادن الثقيلة او المواد العضوية السامة او الإشعاع او غيره وكذلك يمكن استعمال الإنزيمات للبحث عن الملوثات كما في استعمال المجسات الحيوية التي سيأتي ذكرها لاحقا.

أهم الأحياء المجهرية المستعملة للتخلص من التلوث البيئي

تحتاج عمليات معالجة التلوث البيئي بكافة أشكاله الى التنوع الحيوي للاحياء المجهرية لتخليص البيئة من التلوث ، لان التنوع الحيوي يضمن وجود عدد من الآليات لمعالجة التلوث ، إضافة الى ان الاحياء تعمل بشكل متآزر للوصول الى أفضل الحلول .

ومن بين البكتريا التي برزت كمجموعة مهمة من الناحية البيئية، على رأس القائمة منها ***Pseudomonas*** ***Pseudomonas putida ، aeruginosa*** لما لها من قابليات في استعمال المواد فقد سجلت إمكانية المجموعة لاستعمال أكثر من 90 من المواد العضوية كمصادر للكاربون والطاقة . والصفة المهمة الثانية هي انها تحوي على بلازميدات خاصة لتهديم بعض المواد.

ومن الاحياء البيئية المهمة في مجال التلوث بالمعادن جنس *Acidithiobacillus* اذ تستعمل بعض أنواعه في التعدين الحيوي Biomining وكذلك في التخلص من التلوث بالمعادن .

وتعد بكتريا ***Deinococcus*** والأنواع التابعة لها المفتاح في معالجة تلوث البيئة بالإشعاع، ومن الاحياء التي تعد صديقة للبيئة والتي لا يمكن تجاهلها جنس ***Acinetobacter*** فهي تساعد في عدة مجالات منها:

- ✓ التفكيك الحيوي للعديد من المواد الضارة والفضلات الخطرة .
- ✓ تستعمل في عمليات الغسل الحيوي Bioleaching عند استخلاص المعادن .
- ✓ تنتج العديد من المواد الحيوية التي تكون مهمة في معالجات البيئة الحيوية

الدالات الحيوية في البيئة

الكائنات الحية في البيئة جزء لا يتجزأ منها لذلك فان أي تغير يطرأ على البيئة يؤدي الى إحداث تغييرات في الاحياء المجهرية وعلى مختلف الأصعدة . لذلك استغلت الأحياء المجهرية بشتى الوسائل لاستدلال على سلامة او تلوث البيئة .

الدالات الحيوية هي احياء توجد في البيئة مثل الاشنات Lichens والطيور والبكتريا وغيرها تستعمل لتسجيل سلامة البيئة . اذ ان تسجيل التغيرات التي تحصل للاحياء تشير الى وجود مشاكل في النظام البيئي الذي توجد فيه الاحياء . والتغيرات التي يمكن ان تسجل هي تغيرات كيماوية او فيزياوية او تغير في تصرفات الاحياء . وبذا فان كل كائن حي في بيئته يكون قادرا على تسجيل سلامة بيئته ، وعليه فيمكن ان تستعمل المؤشرات المسجلة لعدة أغراض منها :

- ✓ الإشارة الى التغيرات الحاصلة في البيئة .
- ✓ تسجيل الملوثات وتأثيرها على النظام البيئي الذي تعيش فيه الكائنات الدالة
- ✓ يمكن ان تستعمل لتسجيل نظافة البيئة .
- ✓ يمكن ان تستعمل لفحص بعض المواد خاصة المياه للكشف عن وجود المواد الملوثة

أنواع الدالات الحيوية

الدالات النباتية : فوجود او غياب انواع معينة من النباتات في نظام بيئي يمكن ان يكون مؤشرا على سلامة البيئة .

الدالات الحيوانية : عند زيادة تعداد انواع معينة من الحيوانات او نقصانها بشكل ملفت يمكن ان تدل على حدوث انحراف الأنظمة البيئية ، فمثلا اذا كان التلوث يسبب استنزاف المواد الغذائية المهمة فان الحيوانات المعتمدة عليها ستتعرض لنقصان أعدادها . اضافة الى وجوب تسجيل حجم وصحة الحيوانات في حال استعمالها كدالات حيوية ، كما انه لابد من تسجيل تراكيز السموم في أنسجتها ان كانت هي السبب في نقصان الأعداد ، وكذلك تسجيل وقياس التشوهات في الحيوانات وأجنتها .

الدالات الميكروبية : ويمكن ان تستعمل الأحياء المجهرية كدالات في الأنظمة البيئية المائية والبرية ، ويكون استعمال الاحياء المجهرية أكثر سهولة من حيث النمذجة مقارنة بالاحياء الاخرى . كما ان الميكروبات مثل باقي الاحياء لها القابلية على انتاج بروتينات الاجهاد عندما تتعرض للملوثات مثل الكادميوم والبنزين وغيرها ويمكن ان تستعمل هذه البروتينات كأجهزة إنذار مبكر للكشف عن مستويات التلوث الواطئة.

قياس فعالية الدالات الحيوية

يمكن ان تسجل التغيرات الفسلجية او التغير في تصرف الدالات الحيوية لتشير الى التغيرات الحاصلة في سلامة البيئة ، والتغيرات تختلف من كائن الى آخر . والتغييرات الوراثية يمكن ان تربط بوسائل التقنية الحيوية الحديثة لتساعد في الحصول على معلومات لا يمكن جمعها بالوسائل العادية ويكون ذلك موثقا عند الحفاظ على الأنماط الطبيعية Wild types للمقارنة ويمكن ان تعطي معلومات بشكل غير مباشر عن التغيرات البيئية ، وهناك عدة طرق لقياس الفعاليات الحيوية في هذا المجال :

الطرق التقليدية : وفيها تضاف الاحياء الدالة الى نماذج البيئة مثل الماء او غيره ، ثم تسجل الملاحظات حول تغير الاحياء نتيجة لتعرضها للنماذج البيئية . مثل تعريض الميكروبات للبيئات تحت الاختبار لمدة محددة ثم تسجيل التغيرات التي ظهرت عليها او فيها كوجود بروتينات الإجهاد الخاصة ومن الطرق التقليدية ايضا قياس الوميض الحيوي وتستعمل فيه البكتريا التي تعطي الوميض لتحديد السموم في المياه .

الطرق الحديثة : هناك العديد من التقنيات الحديثة التي تستعمل الاحياء المجهرية لفحص سلامة البيئة ومنها :

1- **تقنية استعمال DNA array** وهذه تكون على شكل رقائق دقيقة Silicon microchips مربوط إليها العديد من أشرطة DNA مفردة او أشرطة RNA وتكون الحوامض النووية مستخرجة من الكائنات المراد إجراء الفحص لأجلها . فعند وجود الكائن المجهري في النموذج البيئي وبعد استخلاص الحوامض النووية منه، فإنها سترتبط بالأشرطة الموجودة في الرقائق بالاعتماد على تكامل القواعد النتروجينية في الحوامض النووية وهذا يشير الى وجودها في النماذج المفحوصة . والطريقة سريعة وتحتاج الى حوالي 4 ساعات لتحديد وجود الاحياء مقارنة بـ 48 ساعة التي تحتاجها الطرق الكيماوية التقليدية .

2- طريقة FISH (Fluorescence in situ hybridization) وتستعمل لتحديد وجود جين معين في النموذج وبالتالي فانه سيحدد وجود او عدم وجود الميكروب في النموذج وذلك بالاعتماد على وجود جيناته . وفيها تحضر قطعة من DNA الكائن المراد الكشف عنه وتعلم بصبغة ، ثم تؤخذ نماذج بيئية وتثبت على شرائح زجاجية ، فاذا كان جين الميكروب موجودا في النموذج سوف يعطي معطيا ضوءا عند الفحص باستعمال المجهر.

3- قياس الحوامض النووية مباشرة من نماذج البيئة:

مثل استعمال DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis).

هي تعتمد على فصل سلاسل DNA المتشابهة في الطول والمختلفة في التسلسل باستخدام هلام كهربائي يحتوي على تدرج كيميائي يسبب انفصال السلاسل حسب تركيبها الجيني. تُستخدم هذه التقنية للكشف عن تنوع الكائنات الحية الدقيقة في البيئة، وتساعد في دراسة المجتمعات الميكروبية حتى في الحالات التي لا يمكن فيها زراعة هذه الكائنات في المختبر.

الدالات الميكروبية في بيئة التربة

اكثر الاحياء المجهرية فائدة في مجال خدمة البيئة هي احياء التربة اذ انها تعد الماكنة الحيوية للأرض وذلك من خلال العديد من الفعاليات منها :

- ✓ تحافظ على تركيب التربة .
- ✓ تساعد في تدوير المواد الغذائية وإكمال دورة العناصر في البيئة
- ✓ تساعد في تفكيك الملوثات

ولذلك عدت صحة الأنظمة البيئية في التربة دليلا على صحة الأنظمة البيئية الأخرى ، أي ان صحة بيئة التربة تعد مؤشرا لصحة البيئة العامة.

ومن جهة ثانية فان أحياء التربة المجهرية تستجيب بشكل سريع لأي ضرر يصيب التربة. ويمكن تحديد الضرر على البيئة من خلال الاحياء المجهرية عن طريق تسجيل :

- ✓ تغير اعداد الاحياء المجهرية .
- ✓ تحديد معدل التنفس كأحد الفعاليات الحيوية المهمة .
- ✓ تحديد الفعاليات الإنزيمية .

استعمال الكتلة الحيوية كمؤشر بيئي

تستعمل الكتلة الحيوية البكترية او الفطرية كمؤشر على سلامة البيئة ، وتؤخذ النسبة بين الكتلة الفطرية والكتلة البكترية كمقياس ، فعند تسميد التربة تزداد الكتلة الفطرية بالنسبة للكتلة البكترية ، اما تحت ظروف الاضطراب مثل الرعي وحرق التربة وقطع الأشجار فتقل الكتلة الفطرية : الكتلة البكترية .

استعمال البروتينات الوصيفة للأغراض البيئية

ان جينات الوصيفات وبروتينات الصدمة الحرارية يتم التعبير عنها بسرعة عند تعرض الخلايا للاجهادات وقد استعملت هذه الجينات للكشف عن الملوثات بعد ربطها بـ Lux genes من البكتريا البحرية ***Photobacterium phosphoreum*** وبهذا أمكن الكشف عن العديد من المواد العضوية والمبيدات المستعملة لحماية النباتات والمعادن والمذيبات .

المجسات الحيوية Biosensors

تعد المجسات الحيوية من أهم الوسائل التي قدمتها التقنية الحيوية الى عالم البيئة وكذلك المجالات أخرى . والتوجهات تميل الى استعمال الاحياء المجهرية وبشكل خاص البكتريا في تحضير وسائل للكشف عن التلوث البيئي وذلك لأنها :

- ✓ سريعة الاستجابة
- ✓ منخفضة الكلفة
- ✓ تعطي نتائج متطابقة عند الإعادة .

وقد استعملت تقنيات الهندسة الوراثية في تحضير المجسات الحيوية . والمجسات تحتاج الى ان تكون الخلايا فيها في حالة نشاط فعالياتها الحيوية. ويمكن استعمال المجسات الحيوية المعتمدة على الضوء بطريقتين :

الأولى الاعتماد على انبعاث الضوء والذي يحتاج الى بعض الوقت ، والطريقة الثانية وهي طريقة آنية وتعتمد على تثبيط انبعاث الضوء .

وتكون المجسات صالحة لمدى معين من التراكيز وهي دون المميتة ، وعند ارتفاعها تصبح سامة للخلايا وتقل الاستجابة وذلك لوجود الموازنة بين الاستجابة للإجهاد والتأثير السام للمادة الحاثة وتكون المجسات أكثر كفاءة وفائدة عندما تكون خلاياه معزولة من البيئة المستهدفة .

وتحضر المجسات ايضا باستعمال مشتقات الخلايا او الأنسجة وليس بالضرورة استعمال الخلايا كاملة ومنها استعمال الإنزيمات او الأجسام المضادة او مشتقات الأنسجة لتكون عناصر حيوية لتميز الملوثات.

المعادن والبيئة

تتداخل الجوانب الايجابية والسلبية بين المعادن والتقنية الحيوية البيئية ، فمن جهة فان تراكم المعادن وخاصة الثقيلة تعد ذات مؤثرات سلبية على البيئة ، في حين ان عمليات التعدين والاستخلاص الحيوي يوفر فرص كبيرة للحصول على المعادن التي لا يمكن الحصول عليها بالطرق اللاحيوية . وتلعب المعادن الثقيلة أدوارا مهمة في استنساخ الجينات وتخليق الحوامض النووية . وعند التراكيز العالية تظهر تأثيرات غير متخصصة وبالتالي تسمم الخلايا . ومن الايونات السامة للأنظمة الحيوية بشكل كبير ايونات الفضة Ag^{++} وايونات الكادميوم Cd^{++} وايونات الزئبقيك Hg^{++} لذلك وجب ان تكون الخلايا خالية من معظم الايونات الثقيلة واحتوائها على البعض بتراكيز واطئة جدا لغرض ان تبقى حية.