الفصل الثانى

التنوع الحيوى

obeikandl.com

obeikandl.com

بذل الإنسان جهودا مضنية منذ بدء الخليقة على كوكب الارض من أجل تطويع البيئة المحيطة به من كل جانب لتلبى مجموعة متنوعة من متطلباته الأساسية، فمنذ آلاف السنين، قام الإنسان القديم بتربية الحيوانات وبزراعة المحاصيل من أجل الغذاء والكساء وسد الاحتياجات الضرورية الأخرى.

ونعنى بالتنوع الحيوى تباين الكائنات العضوية الحية المستمدة من كافة المصادر بما فيها النظم البيئية الأرضية والبحرية والأحياء المائية. وبناء على هذا التعريف يمكن تقسيم التنوع الحيوى إلى ثلاث مستويات رئيسية كلا منها له أهميته الحيوية لاستمرار رفاهية الجنس البشري:

١ـ تنوع الأنظمة البيئية.

٢ـ تنوع الأنواع.

٣ـ التنوع الوراثي.

فتنوع النظام البيئى له دور لا غنى عنه فى الحفاظ على الأنظمة المنضبطة والمتباينة الداعمة للحياة. كما أن تنوع الأنواع يعد مصدرا هاما للاكتشافات المتواصلة للأدوية العشبية الجديدة والأغذية والزيوت والأصباغ. وتنوع المورثات الجينية ضرورى سواء أكان بين الأنواع أم النظم البيئية، وذلك لضمان قدرتها المستمرة على التكيف مع الأوضاع البيئية الجديدة.

والتنوع الحيوى ليس فقط مهما لرفاهية الجنس البشرى ولكن أيضا مهما للكثيرين بسبب قيمته الحيوية والبيئية والجينية والاجتماعية والاقتصادية والعلمية والتعليمية والثقافية والترفيهية والجمالية. وبالرغم من الأهمية الكبيرة للتنوع الحيوى لم ينل الاهتمام الذى يستحق، وزاد تهميشه مع مرور الوقت وتزايد النشاط البشرى، فمعدلات الانقراض قد قدرت بأنها الأعلى من نوعها منذ حوالى الستين مليون سنة الماضية، كأن السبب الغالب هو نتيجة للنشاطات البشرية.

ويعتقد بعض الباحثين أن هذا النظام الحيوى يتألف اليوم من ٥-١٠ مليون نوع يستوطنون مختلف المواطن على سطح الأرض، بينما يعتقد آخرون بأن العدد أكبر من ذلك بكثير ويصل إلى ٥٠ مليون نوع وربما أكثر. ومن الجدير بالذكر أن البيولوجيين وصفوا حتى الآن نحو ١.٨ مليون نوع فقط.

وفى هذا الفصل من الكتاب سنحلل الخدمات الكبيرة التى يقدمها التنوع الحيوى بأنواعه للحياة بكل أشكالها مثل تكوين التربة، تثبيت النتروجين الجوى، التلوث البيئى وتأثيره على التنوع الحيوى، بالإضافة إلى التنوع الميكروبى ومقدرته العالية على إزالة الملوثات البيئية فى أماكن وجودها .

أهمية التنوع الحيوى وفوائده :

تتعدد فوائد وجود التنوع الحيوى للإنسان، فعالم اليوم يستخرج نصف ما يحتاجه من الأدوية من النباتات، وكميات الأغذية الهائلة التى يمتلكها تستند على مخزون من الجينات متناهية العدد. ففى الولايات المتحدة، على سبيل المثال، ترتكز ٢٥ بالمائة من الوصفات الدوائية على عقاقير مستخرجة من النباتات.

وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن واحدا بالمائة فقط من النباتات الموجودة على سطح الأرض قد تم بحث إمكانية الاستفادة منها طبيا، يمكن القول أن بقية أنواع النباتات تحمل آمالا كبيرة حول إيجاد المزيد من العقاقير والأدوية التى قد تسهم فى معالجة بعض الأمراض التى لم يكتشف لها علاج بعد، ويقدر عدد أنواع النباتات

التى يمكن استخدامها فى معالجة مرض السرطان فقط بحوالى ١٤٠٠ نوع. ويصعب عموما قياس التنوع الحيوى لأسباب كثيرة منها:

- أن هناك تداخلا واضحا بين الأنظمة البيئية الأساسية والثانوية، فمثلا هناك تداخل فى التنوع البيولوجى بين نظام اليابسة والمياه ويقوم هذا التداخل على أكتاف البرمائيات التى تشكل القاسم المشترك بين النظامين البيئيين، وحتى ضمن النظام الأساسى الواحد، فهناك نباتات مائية تعيش فى المياه المالحة والعذبة ويشكل نبات الطرفاء القاسم المشترك بين الوسطين حيث يستطيع العيش فى المياه المالحة والعذبة فى الوقت نفسه. وهكذا تتداخل الأنظمة البيئية إلى درجة يصعب فرزها وتحديدها تحديدا كاملا.
- عدم القدرة على تحديد الأنظمة البيئية والأنواع الحية والروابط الحيوية التى تقوم بين هذه الأنواع والأمثلة هنا متعددة ولا حصر لها، فيستطيع جرذ الحقل العيش فى مناطق زراعية رطبة وفى مناطق المراعى الجافة.
- النمو السريع والمطرد لسكان العالم وازدياد النشاط البشرى عموما على سطح كوكب الأرض يهدد كثير من هذه الأنواع بالفناء. فنجد أن معدل الانقراض الحالى لسلاسل الجنس تتراوح تقريبا من ١٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠، وهذا أعلى من معدلات الفناء الطبيعية العادية، وإذا استمر هذا الاتجاه، فإن ما يقدر بمليونان من أجناس النباتات والحيوانات والجراثيم ستفنى فى كل أنحاء العالم بوسط القرن الحالي. وينذر هذا بكارثة فخسارة الأنواع الأساسية يمكن أن تسبب انهيار النظام البيئي.

وينظر الاقتصاد البيئى الحديث إلى مناطق التنوع الوراثى على أنها بنوك وراثية تحوى تلك الموروثات المنتجة، وقد بدأ العلماء بتصنيفها منذ بداية هذا القرن؛ لذا فإنه من الأهمية بمكان المحافظة على التنوع الحيوى الطبيعى، حيث إن انقراض نوع ما هو عملية لا تخضع للانعكاس، وكل نوع ينقرض لا يعود إلى الأبد. بالإضافة

إلى ذلك، فإن المحافظة على تشكيلة الأنواع مهمة لبقاء وعمل النظام البيئى والإنسان. فالأنواع هى وحدة بناء أى نظام بيئى وهى التى تقوم بتنفيذ العمليات المهمة المطلوبة منها.

التلوث البيئى وأثره على التنوع الحيوى:

التلوث البيئى هو وضع المواد فى غير أماكنها الملائمة أو أنه تلوث البيئة (المقصود أو غير المقصود) بفضلات الإنسان. وهناك بعض التعريفات الأكثر تفصيلا ودقة، مثل تعريف "هولستر وبورتوز" اللذان عرفا التلوث تعريفا شاملا من خلال تعريف الملوث، فالملوث هو مادة أو أثر يؤدى إلى تغير فى معدل نمو الأنواع فى البيئة يتعارض مع سلسلة الطعام بإدخال سموم فيها أو يتعارض مع الصحة أو الراحة أو مع قيم المجتمع.

ولقد أدى التلوث البيئى إلى تعرض تنوع الحياة إلى الخطر، فنجد أنه بالرغم من أن الولايات المتحدة الأمريكية تنفق ما يقارب ١٥٠ بليون دولار سنويا لتنظيف الماء الملوث والهواء والتربة إلا أن ٤٠ ٪ من البحيرات فى الولايات المتحدة الأمريكية غير مناسبة للسباحة والأغراض الأخرى. هذا التلوث ليس فقط ينذر بكارثة صحية، لكن أيضا يخفض بشكل ملحوظ من التنوع البيولوجي.

دور التنوع الحيوى فى التخلص من مخلفات الكائنات الحية:

إن التوازن الطبيعى الذى أودعه الله فى كونه يتمثل جليا فى قدرة كائنات حية على معالجة المشاكل التى تحدثها كائنات حية أخرى طبيعيا وبدون أدنى تدخل من الإنسان، ولهذا أمثلة عديدة فلك أن تتخيل مدى قدرة الكائنات الحية الدقيقة الغير مرئية بالعين المجردة على التخلص من مخلفات ناتجة عن ما يقرب من ٢٠ بليون حيوان أليف يفوق وزنها وزن سكان العالم من البشر بـ٢.٥ مرة والتى تحتاج فى تغذيتها إلى كميات ضخمة جدا من الأعلاف. ونتيجة لذلك فكل سنة كلا من

الناس، الماشية والمحاصيل الزراعية يخلفون وراءهم ما يقرب من ٣٨ بليون طن من المخلفات الأساسية. هذه المخلفات يتم تكسيرها أو تحللها ويعاد تدويرها بتشكيلة متنوعة من الكائنات الحية الدقيقة (بكتيريا، فطريات وغيرها).

وتقدر القيمة الاقتصادية لأنشطة التخلص من المخلفات بـ ٠.٠٢ دولار/ كيلوجرام، وذلك على أساس المعلومات أنه يكلف ٠.٠٤-٠.٠٤٤ دولار/ كيلوجرام للجمع والتخلص من المخلفات الأساسية التى تنتج فى قرية كيجا هيايتس نيويورك، أو فى مدينة ماديسون بولاية ويسكونسن الأمريكية، ومع افتراض القيمة ٠.٠٢ دولار/ كيلوجرام من المخلفات الأساسية التى يعاد تصنيعها بالتحلل البيولوجى فإن أكثر من ٧٦٠ بليون دولار فى السنة تصرف لهذا الغرض فى كل أنحاء العالم، الأمر الذى يقلل الحاجة لأماكن دفن النفايات، وبالتالى الحفاظ على الصحة العامة على سطح كوكب الأرض.

تنوع التربة الحيوى:

التربة الخصبة عنصر أساسى للنظم البيئية المتنوعة فى العالم، فالإنسان والحيوان على حد سواء يحتاجون للتربة ومنتجاتها الزراعية للحصول على الغذاء والحفاظ على البقاء، فأكثر من ٩٩ ٪ من طعام الإنسان فى كل أنحاء العالم ينتج على سطح الأرض، بينما ٠.٦ ٪ فقط ينتج فى المحيطات والنظم البيئية المائية الأخرى.

وتسهل الكائنات العديدة الموجودة فى منطقة التربة تكوين التربة وتحسين إنتاجية المحاصيل المنزرعة، فالمتر المربع الواحد من التربة يسكنه تقريبا ٢٠٠٠٠٠ كائن مفصلى والبلايين من الجراثيم. كما يحتوى الهكتار الواحد من التربة ذات الجودة العالية فى المتوسط على ١٣٠٠ كيلوجرام من ديدان الأرض، ١٠٠٠ كيلوجرام من الكائنات المفصلية، ٣٠٠٠ كيلوجرام من البكتيريا، ٤٠٠٠ كيلوجراما من الفطريات والنباتات وحيوانات أخرى كثيرة.

وتقوم عديد من الكائنات الحية ساكنة التربة بعمليات هامة مثل تقليب وخلط

التربة لتحسين جودة الأرض والمحاصيل المنزرعة بها، فديدان الأرض على سبيل المثال تنقل فى السنة ما بين ١٠ إلى ٥٠٠ طن لكل هكتار من التربة السفلية إلى السطح، بينما الحشرات تنقل ما بين ١ إلى ١٠ طن لكل هكتار من التربة إلى السطح. هذه الأنشطة المشتركة للقواقع، ديدان الأرض والكائنات الحية الأخرى تعمل على:

- إعادة توزيع العناصر الغذائية فى التربة.
- تعرض التربة للهواء.
- تسهل تكوين الطبقة العليا من التربة.
- تزيد من معدلات تخلل الماء للتربة.

وبذلك ندرك مدى أهمية التنوع البيولوجى بالتربة والذى يؤدى بكل تأكيد إلى تحسين إنتاجية التربة ورفع جودة المحاصيل المنزرعة بها، وبالتالى رفاهية الإنسان على الأرض.

تثبيت النتروجين الجوى:

عنصر النتروجين أو الأزوت أساسى لنمو النباتات، وعدم وجود كمية كافية منه فى الوسط الغذائى المحيط بالنبات تحد بشكل واضح من إنتاجية الكتلة الحيوية فى كل من النظم البيئية الزراعية والطبيعية، ولأهمية هذا العنصر الغذائى فإن أكثر من ٧٧ مليون طن منه تستخدم فى الزراعة العالمية كل سنة، بتكلفة تقارب ٣٨.٥ بليون دولار حسب إحصائيات وزارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية الصادرة عام ١٩٩٥.

مصدر النتروجين فى التربة لا يأتى فقط بإضافة الأسمدة النتروجينية التجارية لكن أيضا بإضافة مخلفات الحيوان وتحلل مخلفات المحصول السابق فى التربة. ولكن، أحد أفضل مصادر النتروجين هو نباتات ذات قدرة على تثبيت النتروجين بمشاركة أنواع من البكتيريا يطلق عليها "إندوفيتيك ديازوتروف" والتى تقوم بتثبيت النتروجين الجوى فى صورة صالحة للاستهلاك بواسطة النباتات.

obeikandl.com

وتعتبر النباتات البقولية واحدة من أشهر الأنواع النباتية التى تستفيد من التثبيت البيولوجى للنتروجين الجوى من خلال علاقة مصاحبة تسيطر عليها تشكيلة من بكتيريا إندوسيمبيوتيك والتى لها القدرة على تثبيت ما يقرب من ٨٠ كيلوجرام من النتروجين الجوى لكل هكتار فى العام الواحد. بينما الاكتشافات العلمية الحديثة فى مجال تثبيت النتروجين الجوى بينت أن بكتيريا "إندوفيتيك ديازوتروف" تضيف بما يقدر بـ ١٥٠ كيلوجرام من النتروجين الجوى إلى النظم البيئية الزراعية والطبيعية لكل هكتار تربة فى العام الواحد.

ويعتبر التثبيت البيولوجى للنتروجين هو البديل الرئيسى لاستعمال سماد النتروجين التجارى فى الزراعة. ففى دول متقدمة عديدة، نجد أن ما يقرب من ٣٠ ٪ من الطاقة المستخدمة فى التصنيع الزراعى مرتبطة بإنتاج سماد النتروجين، بينما نجد وبشكل متزايد أن الغاز الطبيعى، الفحم وإمدادات الزيت الأخرى اللازمة لتشغيل الآلات بالمصانع أصبحت نادرة ومرتفعة الأثمان؛ لذا فإن المساهمات العلمية فى مجال التثبيت البيولوجى للنتروجين ستصبح أكثر حيوية وأهمية فى إنتاجية النظم الزراعية المستقبلية.

التطهير الحيوى للملوثات البيئية :

ساهم التقدم التكنولوجى الهائل والمستمر فى الازدياد فى العصر الحديث فى إنتاج تشكيلة كبيرة بل هائلة من المواد الكيميائية المختلفة، الكثير منها ساهم بشكل واضح فى إحداث التلوث للنظام البيئى، وتم حتى الآن حصر قرابة ١٠٠.٠٠٠ مادة كيميائية مختلفة تستخدم فى كل أنحاء العالم تم قذفها فى البيئة من خلال التربة، الماء أو الهواء، ومن الدراسات البيئية العديدة التى أجريت لحصر ما تم قذفه فى البيئة من هذه المواد وجد أن ما يقرب من ٢٣ ٪ من كل النظم البيئية الموجودة على الكرة الأرضية قد عرضت للمواد الكيميائية السامة، علما بأن ما يقرب من ١٠ ٪ من المواد الكيميائية المستخدمة تعتبر من مسببات السرطان؛ لذا فإن إزالة هذه

الملوثات الكيمائية من البيئة يعتبر عملا ملزما لشعوب العالم قبل حكوماته لأنه فى الأساس عمل أخلاقى، وأهم الطرق المستخدمة حاليا لمعالجة التلوث البيئى الناتج عن قذف هذه المواد السامة فى البيئة:

١- التطهير الكيميائي.

٢- التطهير الفيزيائي.

٣- التطهير البيولوجى أو الحيوي.

وتعتبر عملية التطهير البيولوجى من أنجح طرق معالجة الملوثات البيئية وذلك لقدرتها على التنظيف المستمر للمواقع الملوثة، كما فى النظم البيئية الزراعية الملوثة بمخلفات المبيدات السامة، بالإضافة إلى درجة الانضباط الذاتى الموجودة فى هذه النظم البيولوجية، حيث إن الميكروبات لكى تظل حية تقوم بوظائفها الحيوية تحتاج إلى استهلاك وتحليل هذه المواد الكيمائية كمصدر وحيد للغذاء فى حالة غيابة تفنى وتموت.

وكما أن طريقة التطهير الحيوى فعالة فى إزالة الملوثات من التربة والمياه والهواء فهى أيضا الأرخص سعرا من بين كل طرق التطهير الأخري. ونرى ذلك بوضوح فى المثال الذى أوردته وكالة حماية البيئة الأمريكية فى تقريرها السنوى عام ١٩٩٥ حيث ذكرت أن استخدام التطهير الحيوى للتنظيف الكامل لحافة شاطئ فى ولاية آلاسكا التى لوثت بتسرب النفط فى عام ١٩٨٩ كلف أقل من ٠.٢٥ بليون دولار بدلا من التكلفة الفعلية والتى قدرت وقتها بقيمة ٢.٥ بليون دولار. أى أن استخدام طريقة التطهير الحيوى أدى إلى انخفاض التكاليف اللازمة عشر مرات مقارنة بوجه عام بالطرق التقليدية.

وتعتمد عملية المعالجة البيولوجية للملوثات البيئية على استخدام الميكروبات أو النباتات والميكروبات المصاحبة لها لتدمير المواد الكيميائية السامة فى أماكن وجودها سواء فى التربة أو المياه أو غيرها، وسوف نتناول هذا بالتفصيل فى الفصول التالية.

ومن الدراسات والبحوث العلمية الحديثة وجد أن ما يقرب من ٧٥ ٪ من المواد الكيميائية الملقاة فى البيئة يمكن أن تدمر بيولوجيا بالكائنات الحية، وتعتبر هذه الملوثات هى هدف عملية التطهير البيولوجى للملوثات البيئية. ولتصور مدى غنى التربة بالتنوع الحيوى فإن مترا مربعا واحدا منها يتضمن بكتيريا وفطريات تفوق ٤٠٠٠-٥٠٠٠ نوع.

وقد أظهرت طريقة التطهير الحيوى فاعلية فى معالجة التربة من مواد كيمائية مثل البنزين، التولوين، الزايلين، السيانيد، المعادن الثقيلة، الهيدروكربونات العطرية والفينولات؛ لذلك فإن المحافظة على التنوع البيولوجى فى التربة والماء مهم جدا حيث إنه يؤدى إلى زيادة فاعلية وتحسين واستمرار عملية المعالجة والتطهير الحيوى للملوثات، فالميكروبات من بكتيريا وفطريات بالإضافة إلى النباتات تعتبر هى المادة الخام التى تقوم عليها صناعة التطهير الحيوى للملوثات البيئية.

دور التنوع الحيوى الميكروبى فى معالجة التلوث البيئي:

فى السنوات الأخيرة أصبح من اللافت للنظر التطور السريع والمتلاحق الذى أصاب علم الكائنات الحية الدقيقة (الميكروبيولوجي) ليس فقط فى طرق البيولوجيا الجزيئية والهندسة الوراثية التى دخلت لتحدث ثورة فى طرق الكشف وتعريف وتصنيف الميكروبات بأنواعها ولكن أيضا فى ثورة أخرى بيوتكنولوجية جعلت من بعض هذه الميكروبات ثروة لا تقدر بمال من خلال توظيفها فى عديد من الصناعات الصيدلية والطبية والزراعية والبيئية وغيرها.

ويعتبر توظيف الميكروبات فى مجال التطهير الحيوى للبيئة من أهم وأخطر التكنولوجيات الحيوية التى تعتمد على الكائنات الحية الدقيقة وذلك لما اكتشفه علماء التكنولوجيا الحيوية البيئية فى كثير من دول العالم من قدرة سحرية لهذه الميكروبات على تدمير وهدم والتخلص من عدد هائل من الملوثات البيئية مما فتح معه المجال لدراسات كثيرة ومتعمقة فى هذا المجال.

التكنولوجيا الحيوية البيئية فى الحقيقة لا تعتبر حقلا علميا جديدا كما يتصور الكثيرون، فمعالجة مياه الصرف الصحى فى الخزانات من قديم هى إحدى التقنيات الحيوية التى تعتمد على الكائنات الحية الدقيقة (بكتيريا، فطريات). وتكون عادة نواتج التحلل الميكروبى لمياه الصرف أشكالا جزيئية تميل للتواجد فى الطبيعة وتتوازن ديناميكيا وحراريا بدرجة كبيرة مع بيئاتها. وفوق ذلك فإن التقدم المتزايد فى مجالات البيولوجيا الجزيئية البيئية يعطى أملا كبيرا فى رفع كفاءة عملية المعالجة لهذه الملوثات بسرعة وسعر أقل.

التنقيب عن الميكروبات الآكلة للملوثات:

لقد أصبحت عملية التطهير البيولوجى للنفايات السامة الآن صناعة نامية فى عدد كبير من بلدان العالم وبخاصة المتقدم منها، ولتنمية هذه الصناعة استلزم البحث والتنقيب عن الميكروبات المحللة للملوثات عملا وجهدا متواصلا يكاد يكون يوميا فى عدد كبير من معامل الجامعات ومعاهد البحوث ومراكز البحث والتطوير فى الشركات العاملة فى هذا المجال.

الطريقة المثلى للتنقيب عن الميكروبات التى تتميز بأن لها إنزيمات لازمة لتدمير النفايات السامة تتم عادة بالانتخاب من بين أعداد هائلة من الكائنات الحية الدقيقة البرية الموجودة طبيعيا فى أحد مواقع النفايات الكيميائية، ويتم ذلك بتنمية هذه الميكروبات على محاليل من المواد المطلوب التخلص منها وأقلمتها للعيش فى الظروف المتطرفة من درجات الحرارة المتباينة من الانخفاض إلى الارتفاع ومن وجود الأكسجين من عدمه.

العوامل المؤثرة على تدمير الملوثات ميكروبيا:

تتأثر عملية التحلل البكتيرى لمركب ما بخصائصه الفيزيائية مثل قابليته للذوبان فى الماء وضغطه البخارى وكذلك بخواصه الكيميائية بما فى ذلك كتلته الجزيئية

وتركيبه الجزيئى وكذلك وجود مختلف أنواع المجموعات الوظيفية التى يقدم بعضها "مفتاحا كيميائيا حيويا" لبدء عملية التحلل البكتيري.

وعند توفر الكائنات الحية المناسبة والظروف الصحيحة فإن مواد مثل "الفينول" الذى يعد مبيدا كيمائيا لمعظم الكائنات الدقيقة يمكن أن يدمر بالبكتيريا، ومن الممكن تغيير خواص النفايات الكيميائية وبيئاتها لزيادة قابليتها للتحلل البكتيرى وذلك بتعديل الظروف لكى تناسب أفضل درجة حرارة ونسبة أكسجين وكمية المادة. ويمكن مساعدة التدمير البكتيرى للملوثات بإزالة المواد السامة العضوية وغير العضوية مثل أيونات المعادن الثقيلة. وللتحكم وتعظيم الاستفادة من عملية التطهير الحيوى للملوثات البيئية يجب توافر العوامل الآتية:

- وجود الميكروب المناسب لتدمير ملوثات محددة بعينها.
- درجة قابلية هذه الملوثات للتدمير الحيوي.
- الظروف البيئية المحيطة بالميكروب المستخدم فى عملية المعالجة مثل:
- نوع التربة.
- درجة الحرارة.
- درجة الحموضة.
- وجود الأكسجين أو غيابة.
- العناصر الغذائية الأخرى اللازمة لضمان معيشة الميكروبات فى الوسط الملوث.

وتبعا لذلك يمكن تقسيم الميكروبات المستخدمة فى عملية التطهير الحيوى إلى:

الميكروبات الهوائية:

وهى الميكروبات التى تحتاج إلى وجود الأكسجين لكى تحيا وتقوم بوظائفها، ومن أمثلتها بكتيريا "السيدوموناس، الكالجينص، سفينجوموناس، رودوكوكس

obeikandl.com

والميايكوبكتيريم" وعرف عن هذه الميكروبات الهوائية قدرتها وكفاءتها على تدمير الملوثات مثل المبيدات الحشرية والمركبات الهيدروكربونيه الحلقية وعديدة الحلقات والالكانات.

وترجع قدرة هذه الميكروبات على التدمير لمثل هذه الملوثات إلى أنها تستخدمها كمصدر للكربون والطاقة اللازمين لنموها.

الميكروبات اللاهوائية:

هذا النوع من الميكروبات على العكس من النوع السابق، فلكى تقوم بنشاطاتها الحيوية يلزم لها توافر الظروف اللاهوائية بمعنى الغياب الكامل للأكسجين فى الوسط المحيط بها. وتستخدم الميكروبات اللاهوائية عادة فى تكسير الفينولات عديدة ذرات الكلور والكلوروفورم والترايكلورو ايثلين.

بكتيريا الميثان:

وهى بكتيريا هوائية تعتمد بالخصوص على الميثان كمصدر للكربون والطاقة. ويعتبر إنزيم الميثان مونوأوكسيجيناز الذى تنتجه هذه البكتريا عند استهلاكها للميثان الخطوة الأولى التى تعطى شرارة البدء فى عملية التكسير والتخلص من مدى واسع من المركبات الكيمائية الضارة مثل المركبات الاليفاتية والحلقية عديدة ذرات الكلور.

الفطريات:

كما أن البكتيريا الهوائية واللاهوائية تلعب دورا مهما فى عملية التطهير البيولوجى للملوثات فإن عدد من الفطريات أثبت كفاءة عالية بهذا الخصوص، فنجد فطرا مثل فطر العفن الأبيض مثلا له قدرة عالية على تخليص البيئة من ملوثات ونفايات عديدة تتميز بمقاومتها للتحلل بأنواع بكتيرية أخرى، كما أن ما يميز هذه الفطريات هو سهولة تنميتها على مواد مغذية رخيصة الثمن مثل قش الأرز أو مطحون قوالح الذرة.

هنا تجدر الإشارة إلى أنه لكى تحدث عملية التطهير البيولوجى للملوثات المختلفة فإنه من الضرورى أن يكون هناك تلامس أو احتكاك مباشر بين الميكروبات المستخدمة فى عملية المعالجة والملوث المراد التخلص منه، والحقيقة فإن هذا التلامس المطلوب ليس بالأمر السهل لصعوبة تواجد كلا من الميكروب والملوث فى الوسط البيئى بصورة منتظمة.

مع ذلك فهناك بكتيريا لديها خاصية الشعور والإحساس بالملوث فى الوسط المحيط بها ومن ثم تتجه إليه مباشرة، وهناك أنواع أخرى من الفطريات تنمو فى جماعات ليفية بالقرب من الملوث، وعلى هذا فإن إضافة بعد المواد المسهلة لعملية الالتصاق بين الملوث والميكروب تعتبر عملية ضرورية، ومن أمثلة هذه المواد مادة الصوديوم دوديسايل سلفات.

الظروف المثلى اللازمة لنجاح عملية التطهير الحيوى:

تعتبر عملية توفير الظروف المثلى لحدوث عملية التطهير الحيوى من العمليات الهامة اللازمة لنجاح إزالة ملوث ما، فالنشاط الميكروبى فى المواقع الملوثة يتأثر بشكل كبير بدرجة الحرارة ودرجة الحموضة ونسبة الرطوبة فى الوسط المحيط به. وبالرغم من عزل بعض الميكروبات من أوساط بيئية متطرفة جدا، فإنه يجب أيضا ضبط ظروف نموها.

فإذا كانت التربة الملوثة حمضية فيمكن معالجة حموضتها بإضافة مواد تخفض الحموضة، ولمعالجة درجات الحرارة المرتفعة يمكن وضع غطاء بلاستيكى على المكان الملوث فى أواخر فصل الربيع وطول الصيف وأول فصل الخريف كما أن إضافة أو رش بعض المياه على التربة الملوثة قد يكون له أثر فعال فى تلطيف درجة الحرارة المرتفعة. بالإضافة إلى ذلك فإن كمية الأكسجين المتاحة هى التى تحدد ما إذا كانت الظروف التى ستتم بها عملية التطهير الحيوى هوائية أم لاهوائية.

فالهيدروكربونات تتحلل بيولوجيا إلى مكوناتها البسيطة فى الظروف الهوائية بينما مركبات الكلور المعقدة تحتاج فى تكسيرها إلى الظروف اللاهوائية. ولزيادة محتوى

الأكسجين اللازم لتكسير المركبات بالبكتيريا الهوائية يمكن دفع الأكسجين من خلال مضخات هواء ميكانيكية وفى بعض الحالات يستخدم فوق أكسيد الهيدروجين أو فوق أكسيد الماغنسيوم كمعطى للأكسجين بدلا من مضخات الهواء، ولتحسين قوام التربة يمكن إضافة الجبس الزراعى أو أى مادة عضوية مناسبة.

دور البيولوجيا الجزيئية فى التنقيب عن الميكروبات المطهرة للبيئة :

كما سبق الوصف فإن المعالجة الحيوية للملوثات هى التكنولوجيا التى تعتمد وتستخدم الميكروبات فى تنقية البيئات الملوثة بملوث ما. وفى العقدين الأخيرين دخل مجال البيولوجيا الجزيئية الحديث بطرقه وأدواته ليساهم مساهمة كبيرة فى كشف غموض العديد من مناطق التنوع الحيوى للميكروبات المحللة للملوثات. وأصبح من خلال الأبحاث والدراسات الحديثة ثابتا أن التنوع الحيوى الحقيقى للميكروبات فى البيئة أكبر بعشرات المرات عن ما كان معروفا من قبل عند استخدام الطرق التقليدية فى زراعة وعزل الميكروبات. وهذا كما ينطبق على كل أنواع الميكروبات الموجودة فى البيئة ينطبق أيضا على الميكروبات المحللة للملوثات بيولوجيا.

وتعتبر طرق البيولوجيا الجزيئية الحديثة أحد أفضل الطرق الواعدة والتى تحمل آمالا عريضة فى تطوير وتحسين إستراتيجيات المعالجة الحيوية للملوثات وتقدير المخاطر البيئية وقياسها بدقة فائقة. ومن أهم الميكروبات التى لعبت فيها الأساليب الجزيئية دورا هاما ما يلي:

الميكروبات المؤكسدة للميثان :

ترجع أهمية ميكروبات الميثان إلى قدرتها على تخليص البيئة من غاز الميثان السام وغازات الصوب الزراعية كما أن لها القدرة على تدمير بعض المركبات السامة الأخرى مثل المركبات الحلقية عديدة الكلور. ومن الدراسات والأبحاث التقليدية

التى تناولت تحلل الملوثات بيولوجيا بدأت كما سبق الوصف عند الحديث عن التنقيب عن الميكروبات المحللة للملوثات بعزل واحد أو أكثر من الميكروبات له القدرة على هدم الملوثات المستهدفة.

هذه الطريقة أدت إلى عزل عدد محدود من الميكروبات لا يمثل على الإطلاق التنوع الحيوى الحقيقى الموجود بالفعل فى البيئة الميكروبية، كما أن هذه الميكروبات المعزولة أظهرت قدرة أقل على هدم الملوثات عن تلك الموجودة فى البيئة ولم نتمكن من زراعتها وعزلها والحصول عليها نقية. وعلى سبيل المثال الميكروبات المؤكسدة للميثان المنزرعة والمعزولة معمليا أعطت معدل أكسدة أقل عن نصف ما تقوم به ميكروبات أخرى بالبيئة لم تعزل بعد.

الميكروبات المحللة لمركبات البترول ومخلفاته :

وهنا تجدر الإشارة إلى أن البيولوجيا الجزيئية البيئية وأساليبها الحديثة دخلت مجال معالجة الملوثات البترولية بقوة. فقد أظهرت نتائج التحليل الجينى أن هناك مجموعات بكتيرية متخصصة هى دون غيرها القادرة على تفتيت وتحليل البترول حيويا إلى مركباته البسيطة وطبقا لما أثبتته التحاليل الجينية للحامض النووى الريبوسومى لهذه المجموعات البكتيرية فقد وجد أنها تنتمى للمجموعة البكتيرية ألفا وجزء آخر منها ينتمى للمجموعة جاما حسب آخر تصنيف يعتمد على التحليل الجينى للحامض النووى الريبوسومي.

كما أمكن من خلال هذه التحاليل الجينية بالإضافة إلى تحاليل التهجين الجينى فى الموضع وتكنولوجيا التحليل الجينى للبنوك الجينية المنشأة اعتمادا على الحامض النووى الريبوسومى وجود ميكروبات لم يتم عزلها بعد لها القدرة على تحليل الهيدروكربونات البترولية لاهوائيا وذلك لأول مرة حيث من المعروف والثابت من خلال الدراسات التى اعتمدت طرق التحليل التقليدية سبيلا لها أن هذه الهيدروكربونات تتحلل هوائيا فقط.

تحلل المركبات الأروماتية عديدة الحلقات :

المركبات الأروماتية عديدة الحلقات هى مركبات حلقية تتكون من أكثر من حلقة بنزين واحدة، وتتميز عن غيرها من المركبات الكيمائية الملوثة للبيئة بمقاومتها الشديدة للتحلل الميكروبى، كما أنها تمثل خطورة كبيرة على الصحة العامة فبعضها يعتبر من المطفرات القوية والبعض الآخر منها مسببا لمرض السرطان.

وقد أمكن بتحاليل التفريد الكهربى المتدرج (متدرج فى درجة الحرارة أو درجة الحموضة) للحامض النووى الريبوسومى من التعرف على ميكروبات تستطيع هدم وتحطيم هذه المركبات الكيمائية المعقدة مثل النفتالين والفينانثيرين والبينزوبيرين إلى مركبات أبسط واقل أو منعدمة الخطر على البيئة، ومن أهم هذه الميكروبات بكتيريا "السفنجوموناس والميكوبكتيريم" وهذه الدراسات الجزيئية فتحت الباب على مصراعيه أمام علماء البيولوجيا الجزيئية والهندسة الوراثية لتصميم ميكروبات جديدة أكثر كفاءة وسرعة فى تحليل هذه المواد السامة المعقدة عن طريق استخدام الجينات الموجودة فى الأنواع البكتيرية المكتشفة كمادة خام لعملية التعديل الجينى المرتقبة.

المعالجة الحيوية لمياه الصرف :

عديد من الدراسات أجريت فى السنوات الأخيرة لبحث إمكانية استخدام الميكروبات فى معالجة مياه الصرف الصناعى والصحي. وقد تمكن العلماء من خلال استخدام تقنيات الهندسة الوراثية من التعرف على عديد من الميكروبات المزيلة للفوسفات والمواد النتروجينية والمركبات الحلقية مثل الفينولات وغيرها.

المعالجة الحيوية للمعادن الثقيلة :

المعادن الثقيلة مثل الرصاص والزنك والكروم وغيرها عناصر سامة لكل أشكال الحياة من نبات وحيوان وإنسان ونبات والميكروبات إذا زاد تركيزها فى

الوسط البيئى المحيط بالكائن الحى عن حدود معينة. وقد تمكن علماء البيولوجيا الجزيئية من خلال استخدام تكنولوجيا التهجين فى الموضع من التعرف على أنواع بكتيرية جديدة لها القدرة على إزالة المعادن الثقيلة من مياه الصرف الصحى والصناعى وتمكن آخرون من عزل بكتيريا تسمى "الرالستونيا أيوتروفا" تتميز بقدرة عالية على مقاومة المعادن الثقيلة بالمياه.

المعالجة الحيوية بإضافة الميكروبات:

استخدمت الميكروبات ذات الكفاءة العالية فى هضم وتحليل الملوثات فى عمليات المعالجة الحيوية فى عدد كبير من دول العالم خاصة المتقدم منها. ونتج عن ذلك صناعة كبيرة وشركات تجارية متخصصة فى هذا المجال بالذات. ونتيجة لإضافة الميكروبات للبيئة الطبيعية وللوقوف على نجاح هذا الأسلوب من أساليب المعالجة ظهرت حاجة ماسة لطرق تتبع ورصد سريع لما يجرى من عمليات بعد إضافة هذه المعالجات البكتيرية، ومن هنا أمدت طرق البيولوجيا الجزيئية الحديثة مثل تحاليل الحامض النووى الريبوسومى متبوعا بتحاليل التفريد الكهربى المتدرج سواء تبعا لدرجات الحرارة أو الحموضة، بالإضافة إلى تقنيات بنوك الجينات والبصمات الوراثية التى أمدت علم الرصد الحيوى بتقنيات فاعلة للقياس والمتابعة وما زالت تتطور.