

المؤشرات الحيوية:

- المؤشرات الحيوية هي خصائص بيولوجية يمكن قياسها، تُظهر استجابة الكائنات الحية للتغيرات التي تطرأ على البيئة، سواء كانت ملوثة أو متغيرة. وهذه الاستجابات قد تحدث على مستوى الخلايا، الأنسجة أو الكائنات الحية بالكامل.
- تُستخدم هذه المؤشرات في التعرف على التغيرات التي تحدث نتيجة تعرض الكائنات المائية للملوثات مثل المعادن الثقيلة (كالزئبق والكاديوم والرصاص)، والمبيدات الحشرية، المواد الكيميائية السامة، أو الإجهادات البيئية مثل التغيرات في درجة الحرارة أو مستويات الأوكسجين.

أهمية المؤشرات الحيوية في النظم البيئية المائية:

- رصد التلوث: تُستخدم المؤشرات الحيوية للكشف عن وجود الملوثات في البيئة المائية، مثل تأثير المبيدات أو المعادن الثقيلة على الأسماك والكائنات الأخرى.
- تقييم صحة النظام البيئي: تسهم المؤشرات الحيوية في فهم التغيرات التي تحدث في النظام البيئي نتيجة الأنشطة البشرية أو التغيرات الطبيعية مثل التغير المناخي أو تدهور المواطن.
- الكشف المبكر عن التأثيرات البيئية: تساعد المؤشرات الحيوية في تقديم إشارات تحذيرية مبكرة حول تأثيرات التلوث على البيئة قبل أن تصبح هذه التأثيرات واضحة أو ملموسة.

أنواع المؤشرات الحيوية:

- المؤشرات الكيميائية (الإنزيمات والبروتينات) مثل قياس نشاط إنزيم الأستيل كولين إستراز، الذي يُستخدم للكشف عن التسمم الناتج عن المبيدات أو المواد السامة العصبية.
- المؤشرات الجزيئية (التعبير الجيني): يمكن قياس التغيرات في التعبير الجيني للكائنات المائية للكشف عن استجابتها للإجهادات البيئية، مثل الجينات المرتبطة بالتوتر أو الجينات المضادة للأوكسدة.
- المؤشرات الخلوية (النواة الدقيقة): فحص الأنسجة للكشف عن التغيرات في الخلايا مثل حدوث الطفرات أو التلف في الحمض النووي.
- المؤشرات السلوكية: ملاحظة التغيرات في سلوك الكائنات مثل الحركة، التغذية، أو التغيرات السلوكية التناسلية، التي قد تشير إلى تأثير الملوثات على الكائنات الحية.

كيفية استخدام المؤشرات الحيوية في رصد النظم البيئية المائية

١. الرصد البيئي:

- دراسات حالة: مثال على ذلك هو رصد تأثيرات التلوث بالزئبق في الأسماك. يمكن قياس المؤشرات الحيوية مثل مستويات الميتالوثيونين، وهو بروتين يرتبط بمعالجة المعادن الثقيلة في الكائنات الحية.
- المراقبة باستخدام الكائنات الحية: يمكن استخدام الأسماك أو القشريات ككائنات نموذجية لمراقبة التلوث. حيث تتراكم الملوثات في أجسامها، مما يسمح بقياس تأثيرها من خلال تحليل المؤشرات الحيوية.

٢. تطبيقات المؤشرات الحيوية:

- رصد التلوث الكيميائي: مثل قياس نشاط إنزيم الأستيل كولين إسترز في الأسماك أو القشريات بعد تعرضها للمبيدات، للكشف عن التسمم العصبي.
- دراسة تأثيرات التغيرات البيئية: مثل التغيرات في درجة الحرارة أو الأوكسجين المذاب. يمكن استخدام التغيرات في التعبير الجيني أو النشاط الإنزيمي لقياس تأثيرات هذه التغيرات.
- التقييم البيئي المتكامل: باستخدام مجموعة من المؤشرات الحيوية (الجزئية، الكيميائية، السلوكية)، يمكن تقديم صورة شاملة عن صحة النظام البيئي المائي.

من الممكن ملاحظة عمل المؤشرات الحيوية من خلال اجراء تجربة عملية:

- ❖ الكائنات المائية: أسماك (مثل سمك الزرد أو سمك التراوت) أو قشريات (مثل الروبيان أو السرطان).
- ❖ الملوثات: محاليل مخففة من المعادن الثقيلة (مثل الكاديوم أو النحاس) أو المبيدات الحشرية.
- ❖ مجاهر: لفحص الأنسجة والبحث عن التغيرات مثل التليف في الكبد أو تلف الخلايا.
- ❖ اختبارات جودة المياه: مثل الأس الهيدروجيني، الأوكسجين المذاب، والعكارة.
- ❖ المجموعة الضابطة: وضع الكائنات في بيئة مائية نظيفة لتكون بمثابة مرجع.
- ❖ جمع العينات: بعد فترة زمنية محددة (٢٤-٧٢ ساعة) يتم جمع العينات وتحليل المؤشرات الحيوية.

طرق التحليل:

- ❖ اختبار نشاط الأستيل كولين إستراز: يستخدم لتقييم تأثير السموم العصبية على الكائنات المائية. انخفاض مستويات الأستيل كولين إستراز في المجموعة التجريبية مقارنة بالمجموعة الضابطة يشير إلى تعرض الكائنات للملوثات السامة.
- ❖ الفحص النسيجي: بعد جمع الأنسجة (مثل الكبد أو الخياشيم)، يتم فحصها تحت المجهر للكشف عن التغيرات النسيجية مثل التليف أو تورم الخلايا.
- ❖ الملاحظات السلوكية: يتم مراقبة أي تغييرات في سلوك الكائنات مثل الحركة، التغذية أو النشاط التناسلي بعد تعرضها للملوثات.

من الدراسات الواقعية كمثال عن تأثير الملوثات على التنوع البايولوجي:

- دراسة حالة تأثير الـ DDT على الطيور المائية، حيث أدى التسمم بالـ DDT إلى تدهور قدرة الطيور على تكوين قشور البيض، مما أدى إلى انخفاض أعدادها.

التوجهات المستقبلية:

- التكنولوجيا المتقدمة: مثل استخدام تقنيات التسلسل الجيني لفهم الاستجابات الجزيئية للكائنات المائية.
- المؤشرات الحيوية المحددة للأنواع: البحث في تطوير مؤشرات حيوية أكثر تخصيصاً يمكن أن تعطي معلومات أكثر دقة عن صحة أنواع معينة.
- دمج المؤشرات الحيوية مع تقنيات أخرى مثل الاستشعار عن بعد لرصد جودة البيئة المائية على نطاق واسع.