المحاضرة الثانية

بعض المفاهيم الأساسية لعلم البيئة

د. نضال حسن

الحياة تبدي تنظيماً تراتبياً

Life forms a hierarchy of organization

توصف الحياة بأنها بالغة التنظيم والتعقيد، وهذا الأمر يظهر بوضوح في عالم الكائنات الحية حيث التنظيم التراتبي (الهرمي)، بمعنى، أن كل مستوى يبنى على المستوى الأدنى منه، وتشمل هذه المستويات:

1. **المستوى الخلوي cellular level:** تجتمع الذرات، وهي العناصر الأساسية للمادة، مع بعضها في مجموعات (عناقيد) تدعى الجزيئات، والجزيئات البيولوجية المعقدة تجتمع في تراكيب صغيرة جداً (دقيقة) تدعى العضيات organelles، تقع ضمن وحدات محاطة بأغشية تدعى الخلايا. والخلية cell هي الوحدة الأساسية للحياة.

2. **المستوى الفردي (الفرد) organismal level:** تشكل الخلايا في الكائنات متعددة الخلايا ثلاثة مستويات من التنظيم: المستوى الأساسي الأول هو الأنسجة tissues المؤلفة من مجموعات متشابهة من الخلايا تعمل كوحدة وظيفية. تجتمع الأنسجة بدورها في الأعضاء organs (المستوى الثاني)؛ حيث تتألف أعضاء الجسم من عدة أنسجة مختلفة تعمل كوحدة بنيوية ووظيفية. تجتمع الأعضاء بدورها في الأجهزة (المستوى الثالث) organ systems، وتشكل الأجهزة معاً الكائن الحي living organism أو الفرد individual.

3. **مستوى الجماعة populational level:** يمكن أن تتجمع الكائنات الحية في مستويات تراتبية عدة ضمن عالم الأحياء: المستوى الأساسي الأول هنا هو الجماعة population (المجموعة السكانية أو الجمهرة) وهي مجموعة من الأفراد أو الكائنات الحية تنتسب إلى النوع نفسه وتعيش في مكان محدد، وتكون قادرة على التكاثر والتزاوج فيما بينها، في المستوى الأعلى من هذا التنظيم التراتبي الحيوي يأتي المجتمع الحيوي biological community الذي يتكون من جماعات الأنواع المختلفة، التي تعيش معاً في المكان نفسه.

4. **مستوى النظام البيئي ecosystem level:** تتفاعل جماعات الكائنات الحية مع بعضها البعض من جهة ومع ظروف بيئتها الفيزيائية والكيميائية من جهة أخرى، وتشكّل هذه الجماعات (أي المجتمع الحيوي) مع البيئة نظاماً بيئياً.

5. **المحيط الحيوي biosphere :** يشكّل مجموع الأنظمة البيئية المحيط الحيوي؛ أي المناطق المختلفة من الكرة الأرضية التي تتضمن مجموع الكائنات الحية، وتكون الحياة فيها ممكنة وبشكل مستمر.

يهتم علم البيئة بالمستويات العليا من هذا التنظيم التراتبي أو الطيف الحيوي biological spectrum، وهي: الجماعة، والمجتمع، والنظام البيئي، والمحيط الحيوي.

الشكل (1): التنظيم التراتبي (الهرمي) في الأنظمة الحية.

يقسم علم البيئة إلى قسمين رئيسين، هما:

1- علم البيئة الذاتي أو علم البيئة الفردي Autecology.

2- علم البيئة الجماعي Synecology.

أولاً: علم البيئة الذاتي أو علم البيئة الفردي

يهتم بدراسة تأثير البيئة في فرد (أو مجموعة أفراد) من نوع معّين، أي يهتم بالعلاقات المتبادلة بين النوع منفرداً وظروف الوسط المحيط (الفيزيائية والكيميائية)، كدرجة الحرارة والرطوبة والضوء والملوحة وغيرها، ويحدد الشروط المفضلة لاستقرار هذا النوع.

يبحث علم البيئة الذاتي في مختلف العوامل التي تمّكن الكائن الحي من العيش والتكاثر في وسط ما، من خلال دراسة الاستجابات الشكلية للكائن الحي، والفيزيولوجية، والسلوكية، وذلك بالاعتماد على كل من علم السلوك البيئي behavioral ecology، والفيزيولوجيا (علم وظائف الأعضاء) physiology، وعلم الشكل morphology.

كما يرتبط علم البيئة الذاتي بالعديد من العلوم الأخرى أهمها: علم النبات، وعلم الحيوان، وعلم الوراثة، والإحصاء الحيوي، والكيمياء، والفيزياء، وعلم طبقات الأرض، والجغرافية الحيوية.

يساعد علم البيئة الذاتي على التنبؤ بمواقع نمو النوع واستجابته للاضطرابات البيئية، وفهم ظروف المواقع التي من شأنها أن تعزز نمو النوع أو تحد منه، مما يسهم في المحافظة على التنوع الحيوي (البيولوجي) وزيادة مكوناته واستدامتها.

يعدّ علم البيئة الذاتي الأساس في العمليات التي يتم بموجبها تأهيل البيئة واستعادة أنواعها؛ فحتى تكون عملية التأهيل ناجحة، لا بد من معرفة أنسب الأنواع التي يمكن أن توجد في الموقع؛ فالفهم السليم للمتطلبات البيئية للنوع أو الكائن الحي يعد لبنة أساسية لنجاح استعادة البيئة، وركناً أساساً في عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بتأهيل البيئة.

من الأدوات التي يستعملها علم البيئة الذاتي في دراسة موضوعاته: التقصي، والملاحظة، والتجربة، والنماذج الرياضية، والبرامج الإحصائية. ولا بد عند الحديث عن علم البيئة الذاتي من الإشارة إلى القوانين البيئية الأساسية التي تحكم العلاقة بين النوع وبيئته والتي من أهمها قانون الحد الأدنى law of minimum والذي ظهر من خلاله مفهوم العامل المحدد limiting factor، وقانون التحمل law of tolerance، والتكافؤ البيئي ecological valence.

ثانياً: علم البيئة الجماعي

يهتم بدراسة تأثير البيئة في مجموعات من الكائنات الحية مرتبط بعضها ببعض مؤلّفة مجتمعاً أحيائياً، ويدرس الجماعات من حيث الحالة والديناميكية وعوامل التنظيم الذاتي في كل منها، كما يدرس المجتمعات الأحيائية من حيث النشأة والتوزع والديناميكية وعلاقة الأنواع بعضها ببعض، وقد يمتد إلى دراسة النظم البيئية، مثل بيئة الأنهار، وبيئة المستنقعات، وبيئة الصحراء، وبيئة الغابات وغير ذلك.

ولعلم البيئة الجماعي ارتباط وثيق بعلم المناخ climatogy، وعلم التربة Pedology، وعلم طبقات الأرض (الجيولوجيا) geology وغيرها.

يقسم علم البيئة الجماعي إلى عدة فروع وهي: علم بيئة الجماعات population ecology، وعلم بيئة المجتمعات community ecology،وديناميكيات النظم البيئية dynamics of ecosystem، والمحيط الحيوي biosphere.

مفهوم العامل البيئي

تخضع الكائنات الحية في الوسط الذي تعيش فيه للتأثير المشترك للعوامل المناخية وعوامل التربة، والعوامل الأحيائية (الحيوية) المختلفة. ونطلق اسم العوامل البيئية على عناصر الوسط، التي يمكن أن تؤثر مباشرة في الكائنات الحية، على الأقل في مرحلة من مراحل نموها وتطورها. إلا أن هذا التحديد يلغي بعض العناصر مثل الارتفاع والعمق. علماً بأن عامل الارتفاع يؤثر بشكل غير مباشر عن طريق الحرارة والإشعاع والضغط الجوي، كما يؤثر العمق في الحيوانات المائية بشكل غير مباشر أيضاً من خلال الضغط وقلة الإضاءة.

تؤثر العوامل البيئية في الكائنات الحية بأشكال مختلفة:

- عن طريق إقصاء بعض الأنواع من منطقة ما، حيث تكون الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه المنطقة غير ملائمة لهذه الانواع؛ أي تؤثر في توزعها الجغرافي.
- عن طريق تغيير معدل الولادة (التأثير على الخصوبة) ومعدل الوفيات لبعض الأنواع، أو التأثير في دورة حياتها؛ أي تؤثر على غزارة الجماعات.
- عن طريق ظهور بعض التكيّفات التطورية، مثل خفض معدل الاستقلاب والدخول في حالات السبات الشتوي أو الخمول الصيفي، كذلك ردود الفعل والاستجابات للفترة الضوئية؛ أي تؤثر على فيزيولوجية وسلوكية الأنواع.

وتقسم العوامل البيئية إلى:

- **عوامل لا أحيائية (لا حيوية) abiotic:** كالعوامل المناخية (الحرارة، والرطوبة، والرياح، والإضاءة ....)، والعوامل الفيزيائية (الجاذبية، والإشعاع ....)، والعوامل الكيميائية (الأوكسجين، والشوارد المعدنية، والمغذيات ....)، عوامل التربة، عوامل المياه.
- **عوامل أحيائية (حيوية) biotic:** تتمثل بالأنواع المختلفة من الكائنات الحية والعلاقات بينها كالتنافس، والتعايش، والتطفل .... وغيرها.

قانون ليبيغ للحد الأدنى

Liebig´s law of the minimum

وضعه العالم ليبغ J. von Liebig عام 1840، وينص على أن لكل كائن حي متطلبات محددة لابد من توفر الحد الأدنى منها على الأقل حتى يستمر في بقائه ونموه وتكاثره.

وقد وجد ليبغ عند دراسته لعملية التركيب الضوئي على النباتات الخضراء، أن نمو النبات يتحدد بالعنصر الذي يكون تركيزه أقل من القيمة الدنيا والتي لا يمكن أن تتم تحتها عملية التركيب الضوئي، فإذا كان هناك وسط يحوي جميع العناصر اللازمة لهذه العملية بشكل غزير ما عدا عنصراً واحداً يوجد بكميات قليلة، فإن هذا الوسط سوف يسمح بنمو النبات حتى نفاد هذا العنصر.

العامل المحدد

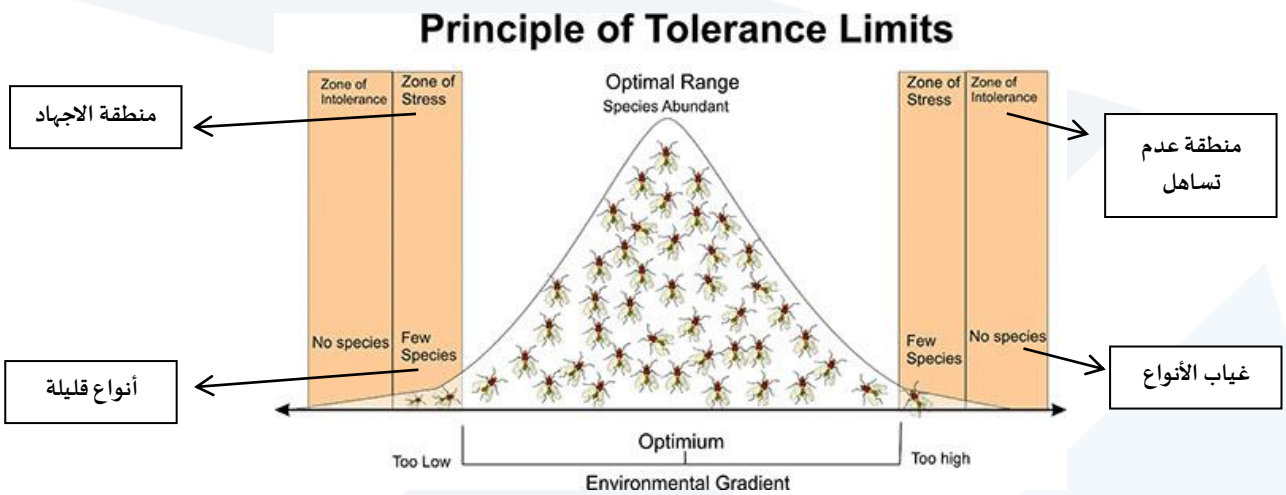
limiting factor

لقد توسّع قانون الحد الأدنى وتطور إلى ما يعرف اليوم بالعامل المحدد. يدعى العامل البيئي عاملاً محدداً عندما يكون هذا العامل مفقوداً، أو عندما يتناقص إلى ما دون الحد الأدنى الضروري لاحتياجات النوع، أو عندما يتجاوز الحد الأقصى المسموح به للحياة.

وهكذا عندما تكون العوامل البيئية كلها ملائمة ما عدا عامل واحد غير محقق بشكل كامل؛ فإن هذا الأخير فقط يدعى عاملاً محدداً، وهو الذي سيكون مؤثراً في حياة الكائن الحي؛ فأملاح الآزوت (النتروجين) والفسفات في ماء البحر تؤدي دور عامل محدد في نمو العوالق النباتية (وحيدات الخلية التي تقوم بعملية التركيب الضوئي)؛ ومن ثمّ الإنتاجية الأولية للبحار.

ينطبق مفهوم العامل المحدد على العوامل البيئية كلها، ويعيش كل كائن حي بين حدّيَ تحمّل بالنسبة إلى العوامل البيئية المختلفة تتوضع بينهما بيئته المثلى. وقد عبّر شلفورد Shelford في عام 1911 عن هذا المفهوم **بقانون التحمل law of tolerance أو التساهل البيولوجي**؛ فالكائنات لا تتحمل عوامل الوسط ولاسيما العوامل اللا أحيائية مثل الحرارة إلا ضمن حدود معينة، الشكل (2).

فمثلاً يموت الكائن الحي إذا كانت درجة الحرارة عالية جداً أو منخفضة جداً، وعندما تقترب الحرارة من هذه الحدود تنخفض حيوية الكائن الحي ويصبح نادراً في هذه الأوساط القريبة من الحدود الممكن احتمالها، بينما يكون الكائن أكثر غزارة كلما اقتربت حرارة الوسط من القيم الوسطية التي تعد الحرارة المثلى والأفضل لهذا الكائن. يمكن لهذا المثال أن ينطبق على جميع العوامل البيئية الأخرى.



الشكل (2): القانون العام للتحمل

يعتمد وجود أحد الأنواع الحية وغزارته Abundance وتوزعه على مستوى وجود العوامل الكيميائية والفيزيائية في البيئة، ولكل نوع مدى تحمل معين بالنسبة إلى العوامل الكيميائية (مثل المياه والعناصر الكيميائية) والفيزيائية (درجة الحرارة والاضاءة وغيرها). ويفسر هذه الظاهرة قانون التحمل law of tolerance؛ ويشمل مجال التحمل tolerance range مجالاً أمثل optimal range، يكون فيه تركيز (كمية) العامل الكيميائي أو الفيزيائي (أو كلاهما) أفضل (أمثل optimium) ما يكون بالنسبة إلى حياة الكائن الحي ونشاطه، كما يشمل مجال التحمل الأمثل أيضاً حداً أعلى وحداً أدنى لا يستطيع الكائن الحي أن يتجاوزهما، ويسمى المجال بين هذين الحدين بسعة التحمل البيئية ecological amplitude. نظرياً تملك أفراد النوع الواحد مدى التحمل ذاته، ولكن قد يكون لبعضها مدى يزيد أو يقل عن مدى تحمل النوع بسبب بعض الاختلافات الوراثية البسيطة.

يندرج تحت قانون التحمل بعض المبادئ الأساسية في علم البيئة وهي:

1- إن لكل كائن حي مدى تحمل للظروف البيئية المتعددة؛ كدرجة الحرارة، والرطوبة، والاضاءة ... وغيرها، وتقسم الكائنات الحية إلى ضيقة التحمل البيئي stenoecious، وواسعة التحمل البيئي eurioecious.

2- قد يكون أحد الأنواع واسع التحمل لعوامل معينة وضيق التحمل لعوامل أخرى.

3- تكون الأنواع التي لها مدى تحمل واسع لمجمل الظروف البيئية المحيطة واسعة الانتشار.

4- لا تعيش الكائنات الحية في ظروف مثالية من مجالات التحمل في الطبيعة، وذلك لتداخل تأثيرات العوامل البيئية بعضها في بعض.

5- مرحلة تكاثر الكائنات الحية هي المرحلة الحرجة التي تحتاج إلى ظروف بيئية قريبة من المثالية، لذلك فإن نمو البذور والأجنة واليرقات لا يكون إلا في فترات معيّنة من السنة في ظل الوضع الأمثل للعوامل البيئية.

يتباين مدى التحمل والظروف المثلى للنوع الواحد ولاسيما إذا كان انتشار هذا النوع في مدى جغرافي واسع؛ بسبب ظهور تراكيب جينية (وراثية) جديدة عن طريق الانتخاب الطبيعي والتكيّف التطوري، لذا فإن مدى التحمل والحدود الدنيا والقصوى الحرجة والمقاييس المثالية تختلف تماماً عند مقارنة أفراد من هذا النوع في مناطق مختلفة.

التكافؤ البيئي

ecological valence

أدخل لاحقاً مفهوم التكافؤ البيئي ويعني بالنسبة إلى نوع ما، الإمكانات التي يملكها هذا النوع للعيش في أوساط مختلفة تتميز بتغيرات كبيرة في العوامل البيئية. وعليه تقسم الكائنات الحية إلى:

- **أنواع ذات تكافؤ بيئي ضعيف أو ضيقة البيئة stenoenvironment**؛ أي لا يمكنها أن تتحمل إلا تغيرات محدودة في العوامل البيئية.
- **أنواع ذات تكافؤ بيئي مرتفع أو واسعة البيئة euryenvironment**؛ وهي القادرة على العيش في أوساط متغيرة جداً.

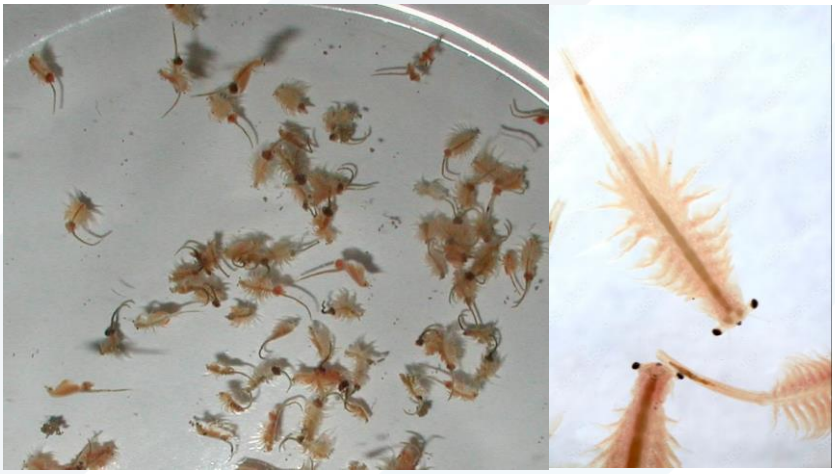
اذا طبقت هذه المفاهيم على العوامل البيئية المختلفة كالحرارة والملوحة، فسيكون لدينا أنواع ضيقة الحرارة لا تتحمل إلا تغيرات حرارية طفيفة، أو واسعة الحرارة تستطيع العيش في درجات حرارة مختلفة. كذلك الأمر بالنسبة إلى الملوحة، أما ضيقة الملوحة أو واسعة الملوحة.

فإذا كان أحد العوامل البيئية يبدي تغيرات مهمة في وسط ما؛ فستعيش فيه أنواع قليلة من الكائنات الحية وهي بذلك تعد ذات تكافؤ بيئي مرتفع، فمثلاً لا ينتشر في البحيرات الشاطئية التي تتميز بتغيرات كبيرة في الملوحة، إلا بعض الأنواع واسعة الملوحة. أما الأنواع ضيقة الملوحة، والتي يعود أصلها إلى ماء البحر أو الماء العذب، فتغيب في مثل هذه الأوساط.

يختلف التكافؤ البيئي عند النوع نفسه بحسب مرحلة نموه وتطوره، ففي الوسط البحري يعيش بطني القدم (حلزون بحرية من الرخويات) *littorina neritoides* البالغ في الطابق الشاطئي العلوي (شاطئ صخري يتوضع فوق مستوى الماء ولا يصله ماء البحر إلا على شكل رذاذ) الشكل (3)، ويتحمل كل يوم فترات كشف (انحسار الماء) طويلة، أما يرقاته فتعيش حياة بحرية صرفة.

الشكل (3): بطني القدم *littorina neritoides* وتوضعه على الصخور الشاطئية.

كما ينظّم التكافؤ البيئي إمكانية انتشار الكائنات الحية؛ حيث إن الأنواع واسعة المساكن eurytopes أي ذات انتشار واسع هي نفسها ذات التكافؤ البيئي المرتفع، وبمعنى آخر هي الأنواع واسعة التحمل (متساهلة) كالذباب المنزلي؛ بخلاف الأنواع ضيقة المساكن stenotopes أي ذات الانتشار الضيق التي تكون ضيقة التحمل (غير متساهلة)، قد نصادف أحياناً أحد الأنواع الذي يكون وجوده مقتصراً على وسط خاص، فمن المفترض أن يكون انتشار هذا النوع محدوداً، ولكن مع ذلك فهو يتكرر في مناطق عدة، وبالتالي سيكون هذا النوع واسع الانتشار وغير متساهل بآنٍ معاً. فمثلاً القشري *Artemia salina* الشكل (4)، يعيش فقط في برك المياه الشاطئية شديدة الملوحة أو في السبخات الداخلية المالحة؛ أي في أوساط أو مساكن قليلة الاتساع، ولكنها منتشرة في كل أنحاء العالم.



الشكل (4): القشري *Artemia salina*.

تعد المبادئ البيئية التي وضعها ليبيغ وشلفورد خطوط إرشاد قيّمة في تحليل العوامل التي تحدد وفرة النباتات والحيوانات، ويستفيد علم البيئة التطبيقي من هذين المبدأين للعمل على زيادة الإنتاجية أو التوسع في نطاق البحث الدقيق حول بعض النباتات أو الحيوانات؛ أو العمل على إيجاد عامل محدد يستطيع أن يقلل من غزارة آفة معينة. وتعد كلتا الحالتين من الاتجاهات الشائعة لبحوث البيئة التطبيقية في الزراعة وإدارة الحياة البرية والصحة العامة.

انتهت المحاضرة .... بالتوفيق للجميع