

## منهاج الثقافة والوعي البيئي

### الفصل الدراسي الاول

#### المنظومة البيئية ومكوناتها

#### الاسبوع الثالث

### المنظومة او النظام البيئي Ecosystem

يعد مفهوم النظام البيئي من اقدم المفاهيم البيئية واكثرها معرفة فقد كتب العالم البيئي فوربس ( Forbs ) عام 1886م مقالته المعروفة (The lake as a microcosm) و اشار بوضوح في هذه المقالة الى ان أي شيء يؤثر على أي نوع في البحيرة سوف يكون له تاثير ما على المكونات الاخرى . بعد ذلك جاء العالم تانسلي (Tansley) عام 1935 و 1939 واستخدم المصطلح (ecosystem) لكي يشمل الكائنات الحية ومحيطها الفيزيائي وقد اكد انه مثل هذه الانظمة تعد الوحدة الاساسية للطبيعة وذلك لعدم امكانية دراسة الظواهر الطبيعية بصورة منعزلة . وقد اكد ان هناك تفاعلا مستمرا بين مختلف انواع الكائنات الحية ضمن النظام الواحد وهذا التفاعل ليس فقط بين الكائنات الحية وانما بين المادة العضوية والمادة غير العضوية . وبعد استخدام هذا المصطلح من قبل الكثير من الباحثين في حقل علم البيئة واولها تاثيرا كان مقالة لنديمان (Lindeman) عام 1942 تلاها اول كتاب اساسي لعلم البيئة وضعه العالم اودم (Odum) عام 1953 . وقد عرف لنديمان النظام البيئي على انه المجتمع الحياتي زائدا المحيط غير الحي . اما اودم ( 1953 ) وايفانز (Evans) عام 1956 فقد اكدوا على الطبيعة الديناميكية للانظمة البيئية

ان تعريف النظام البيئي هو وحدة بيئية طبيعية تشمل جميع الكائنات الحية او العضويات في منطقة بيئية معينة بالاضافة الى العوامل الفيزيائية غير الحية لتلك البيئة والتي تتفاعل معها الكائنات، مما ينتج عنه نظام ثابت تقريبا يتميز بالجريان الدوري للمواد بين الاحياء وغير الاحياء. ويعرف كذلك بانه مجتمع من الكائنات الحية يتفاعل مع عناصر البيئة غير الحية المحيطة به من خلال دخول وخروج المادة (العناصر الكيميائية) والطاقة. ويتفاوت حجم النظام البيئي الطبيعي بشكل كبير اذ انه يتراوح ما بين بركة ماء صغيرة الى غابة كبيرة وينتهي بالغلاف الحيوي الارضي.

### تنوع النظم البيئية Ecosystem diversity

هو التباين في النظم الحيوية من خلال العوامل الفيزيائية (مناخ/حرارة) او البيولوجية (انواع الكائنات) او الكيميائية (التواجد النسبي للعناصر والمعادن الكيميائية).

من الممكن ان يكون النظام البيئي كوكبا او غابة او بركة او حديقة او طبق بتري حاوي على مستعمرة معينة . ويمكن القول ان النظام البيئي هو اية مساحة لها حدود والتي من خلالها تنساب وتخرج الطاقة والمواد الاخرى . ان الحدود التي ترسم حول النظام البيئي هي حدود اعتباطية وقد تكون ملائمة فقط لاغراض الدراسة . من الانظمة البيئية المائية الكبيرة هي البحيرات lakes ، البرك ponds ، الانهار rivers، الجداول springs، المستنقعات swamps ، مصبات الانهر estuaries والبحار والمحيطات . اما الانظمة البيئية

الكبيرة على اليابسة فتشمل الغابات forests، اراضي الحشائش grasslands والمراعي savanna والصحارى deserts . وكل نظام من هذه الانظمة يمكن تقسيمها الى انظمة بيئية اخرى .

ان مختلف الانظمة البيئية على سطح الارض تكون مترابطة مع بعضها البعض لذا فعند جمع مختلف الانظمة البيئية على سطح الارض سوف نحصل على وحدة حياة كبيرة او نظام بيئي على مستوى كوكب ارضي (Planetary ecosystem) او (Ecosphere) . من هذا يتضح ان مختلف الانظمة البيئية وتدرجاتها تكون مترابطة فيما بينها بنسجة حياتية معقدة ، ومجموع هذه الارتباطات تساعد في حفظ التوازن الكلي للنظام البيئي . لذا فان أي خلل او تخريب او توجيه ضغوط على نظام بيئي معين في مكان ما من الممكن ان يمتلك تأثيرات معقدة غير متوقعة وبعض الاحيان غير مرغوبة في مكان اخر .

### مكونات النظام البيئي

**مكونات غير الحية (العوامل الطبيعية):** وتعرف على أنها: مجموعة من العوامل غير الحية، والتي لها تأثير على حياة الكائنات الحية، وهذه العوامل بإمكانها تحديد نوعية هذه الكائنات وأماكن وجودها، وكذلك تحدد نوع العلاقة بين هذه الكائنات، وقسم العلماء هذه العوامل الطبيعية إلى ثلاث أنواع رئيسية:

**عوامل جوية:** ومن هذه العوامل الضوء، الحرارة، الرطوبة، الرياح، الغازات، والضغط.

**عوامل التربة:** وتتضمن مكونات التربة وموقعها ونسبة الرطوبة التي تحتويها التربة، أنواعها هل هي تربة عضوية أو غير عضوية، ولعوامل التربة دور هام في تحديد نوع الكائنات التي تعيش فيها أو عليها.

**عوامل مائية:** وتشمل هذه العوامل المياه العذبة، والمياه المالحة في البيئات المائية، وكذلك محتوى الماء في المناطق اليابسة.

**المكونات الحية (العوامل الحيوية):** وهي عبارة عن كل الأحياء في النظام البيئي. وهذا يشمل العديد من الأنواع المختلفة من إنسان، حيوانات، نباتات، كائنات دقيقة، حيث يطلق مصطلح (المجتمع الحيوي) على مجموعة من الكائنات الحية والتي تعيش في نظام بيئي، وترتبط مع بعضها البعض بعلاقات متبادلة، مثلاً، نظام البيئي لبحيرة فإن مجموعة الكائنات الحية التي تعيش في البحيرة، وترتبط مع بعضها البعض بعلاقات غذائية، يسمى ذلك بالمجتمع الحيوي. وهي العناصر الحية المنتجة وذلك مثل : جميع الكائنات النباتية، والتي تقوم بصنع غذائها بنفسها بواسطة العديد من العناصر غير الحية.

**العناصر الحية المنتجة:** وهي الكائنات النباتية، التي تقوم بتكوين غذائها بنفسها، معتمدة في ذلك على عناصر غير حية.

**المستهلكات:** مثل حيوانات آكلة العشب، وكذلك آكل اللحم، والإنسان.

**المحللات:** وهي عبارة عن عناصر تقوم بتحليل أي مادة عضوية إلى مواد مفككة، أو مواد سهلة الامتصاص، وتتضمن: الفطريات والبكتيريا.

هكذا تجري الطاقة في منظومة دقيقة داخل النظام البيئي، حيث تبدأ من المنتجات : النباتات، لتنتقل إلى المستهلكات: الإنسان، والحيوان، ثم تتجه صوب التفكك والتحلل ، وإضافة إلى هذا التدفق في الطاقة داخل النظام البيئي، هناك الأدوار هامة لا يمكننا أن نغفلها، وهي الأدوار البيوجيوكيميائية: والتي هي عبارة عن دوران المادة بين المكان الفيزيائي والمكان أو الوسط الحيوي على شكل مواد عضوية ومعنوية تبادلية، وهذه الأدوار الرئيسية

تتعلق بالأكسجين، الماء، الفحم، فسفور، كبريت ، وأن الشرط الجيد لعمل هذه المنظومة البيئية ولاستقرارها هو امكانيته على تجنب فقدان الأذوية، أي يجب أن تُغلق دورتها البيوجيوكيميائية.

## تفاعل مكونات النظام البيئي Ecosystem interaction

ان المفهوم الاساسي للنظم البيئية يعتمد كلياً على ان مكونات النظام البيئي في تفاعل مستمر مع بعضها البعض . وبلغة علم البيئة يمكن تقسيم الكائنات الحية في النظام البيئي استناداً الى الطريقة التي من خلالها ترتبط هذه الكائنات بالمكونات الاخرى للنظام البيئي كما هو مذكور انفا ، فالكائنات ذاتية التغذية Autotrophs (او ما يطلق عليها بالكائنات المنتجة ( Producers ) تقوم بتثبيت الطاقة الضوئية وتنتج مواد عضوية لكي تكون جزيئات عضوية معقدة والتي تعتمد كل الحياة عليها . اما الكائنات الحية مختلفة التغذية ( Heterotrophs ) فانها تستخدم الكائنات الحية ذاتية التغذية كغذاء اما بصورة مباشرة او غير مباشرة . في حين ان الكائنات المحللة (Decomposers) فانها تتغذى على المادة العضوية بعد موت الكائنات الحية وتلعب دوراً اساسياً في تدوير المواد المغذية والتي هي من العمليات الاساسية في النظام البيئي ، وتقسم الكائنات الحية متباينة التغذية (Heterotrophs) استناداً الى ماذا تأكل وكيف تأكل . فيوجد هناك العشبيات (Herbivores) حيث تقوم باكل النباتات واللواحم (Carnivores) وتقوم باكل لحوم الحيوانات الاخرى . اما المفترسات (Predators) فتقوم بقتل الفريسة اولاً ثم اكلها . في حين تقوم الطفيليات (Parasites) بامتصاص الطاقة والمواد المغذية من مصادر غذائية حية وتنمو في داخل او على غذائها . تقوم الحيوانات القاضمة (Grazers) بالتغذية على النباتات وذلك من قضم جوء من النباتات . وتوجد هنالك العديد من الكائنات الحية التي تعيش بارتباط وثيق مع حيوانات اخرى وتكون علاقة تكافلية (Mutualistic relation) ، ومن خلال هذه العلاقة يتم تبادل المواد الغذائية ( الطاقة ) مثال على ذلك علاقة الفطريات بالشعيرات الجذرية للنبات (Mycorrhiza) والكائنات الدقيقة في معدة المجترات او في بعض الحشرات ، والكائنات الحية التي تقوم بتلقيح النباتات والتي تاخذ بدورها من النباتات ماتحتاجه من الطاقة . ان مثل هذه العلاقة الوثيقة او الارتباط الوثيق بين الكائنات الحية قد اوجد تنظيمياً معيناً في النظام البيئي والذي اطلق عليه ايلتون (Elton) عام 1927 ما يعرف بالسلاسل الغذائية ( Food chains) وهي العلاقة الخطية المستقيمة والشبكة الغذائية . ان مثل هذا الارتباط في النظام البيئي ليست هي الارتباطات الوحيدة وانما في اغلب الاحيان نجد ان المجتمعات ترتبط مع بعضها بواسطة روابط اخرى تستند الى اكتشاف الغذاء او الجنس الاخر .

ويوجد هناك تفاعلات مهمة بين الانظمة البيئية حيث ان كل المجتمع الحياتي مرتبط بطرائق متعددة فمثلاً ما ينتجه الانسان صناعياً ( مثل المبيدات الكيماوية ) في مكان ما نجدها منتشرة في كل الكرة الارضية وخير مثال على ذلك هو زيادة تراكيز غاز ثنائي اوكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) في المحيط الجوي . ومن النواتج العرضية للانظمة البيئية الحضرية (Urban ecosystem) في الغلاف الجوي هي ما تعرف بالامطار الحامضية حيث يلاحظ تأثيرها على الانظمة البيئية للغابات البعيدة اذ تعمل على خفض الانتاجية الأولية (Primary Productivity) للغابات كما هو الحال مع غابات شمال غرب اوربا .

## الكفاءة البيئية Ecological efficiency

ان حركة الطاقة خلال المجتمع او النظام البيئي تعتمد على الكفاءة التي من خلالها يستطيع الكائن ان يستخدم الغذاء بصورة مثمرة ومن ثم يحولها الى كتلة حيوية (biomass) ، وهذه الكفاءة تعرف بالكفاءة البيئية ( Ecological

(efficiency) والكفاءة البيئية يمكن ان تقدر نتيجة لكل من الصفات الداخلية ( الفسيولوجية ) والصفات الخارجية للكائن الحي ، وبمعنى ادق العلاقات البيئية للمحيط البيئي الذي يوجد فيه الكائن الحي . ولغرض معرفة الاسس البيولوجية للكفاءة البيئية فانه يجب تشريح (تجزئة ) الوحدات الاساسية في السلسلة الغذائية الى مكوناتها .  
ان الكفاءة البيئية تعتمد على كفاءة ثلاث مراحل اساسية في انسياب الطاقة ، ( حسب ماجاء في أودم 1973 , (Odum) - :

الاولى : كفاءة الاستخدام الامثل والمثمر للطاقة ( exploitation efficiency )

الثانية : هي كفاءة التمثيل ( assimilation efficiency ) ، اما

الثالثة : فهي كفاءة الانتاجية ( net production efficiency )

ان ناتج مجموع كفاءة التمثيل والانتاجية الصافية سيكون كفاءة الانتاج الصافي والتي تمثل النسبة المئوية للمادة الغذائية التي تبادلها الكائن الحي وتحول الى كتلة حيوية . اما ناتج كفاءتي الاستخدام الامثل للطاقة والانتاجية الكلية فانها تعطي كفاءة السلسلة الغذائية او الكفاءة البيئية والتي تمثل النسبة المئوية للمادة الغذائية الموجودة في الفريسة والتي يمكن تحويلها الى كتلة حيوية للكائنات المستهلكة .

اما فيما يخص مستوى الكائنات المحللة فان اغلب المشتغلين في حقل البيئة يضعون هذه الكائنات في مستوى اغتذائي خاص بها (لايعود لاي مستوى اغتذائي معين ) .

### الانتاج والتحلل في النظام البيئي

تعد عملية التركيب الضوئي حجر الزاوية للحياة على الارض ، كذلك فانها تكون دائما المنطلق لدراسة فعاليات المجتمع الايضية . وهي الاساس في عملية الانتاج في النظام البيئي ومصدر الطاقة للكائنات الاخرى . والمعروف جيدا ان النباتات الخضراء تشكل حوالي 9 و 99% وزنا في حين يشكل وزن الحيوانات جزءا صغيرا مقارنة مع النباتات (Colinvaux و1986) وهذه العملية يتم خلالها تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كيميائية يمكن ايجازها بالمعادلة التالية :

### Chlorophyll



وتمر الطاقة البيئية على هيئة طاقة موجودة في المركبات العضوية الكيميائية من خلال السلسلة الغذائية وكما تم التطرق اليه انفا . واثناء مرورها في السلسلة الغذائية وموت الكائنات الحية تتجمع مواد عضوية على هيئة فضلات ومواد عضوية ميتة ( اجسام ميتة ) وهنا ياتي دور الكائنات المحللة (Decomposers) لكي تقوم باخذ الطاقة من هذه المواد وذلك من خلال التهامها للبقايا الميتة من الحيوانات والنباتات والمواد غير القابلة للهضم او التي تم هضمها جزئيا في براز الكائنات الحية فضلا عن المواد الايرازية النتروجينية والتي هي من مخلفات ايض البروتين واية مادة عضوية اخرى التي يمكن استخدامها مصدرا للطاقة وتكون الكائنات المحللة سائدة في الانظمة البيئية على اليابسة اكثر مما في الانظمة البيئية المائية التي تقوم بالتهام مايقدر ب 90-95% من الانتاج الاولي الصافي للجميع.

ان الكائنات الحية التي تتغذى على الجثث الكبيرة الميتة والكائنات الرمية (Scavengers) مثل بعض الحشرات والحيوانات الاخرى في الانظمة البيئية كالسرطان (Crab) والغريبية وتعد من افراد المجتمعات الطبيعية التي تتغذى على مثل هذه الاجسام . اما النسور (Vultures) والضبع (Hyena) وغيرها التي تتواجد في مثل هذه المناطق فتعد من اللواحم رغم ان فعاليتها تشابه الرميات . اما غالب المادة العضوية الميتة فانها تلتهم من قبل مجموعة كبيرة من الكائنات التي لاتجلب الانتباه مثل الديدان (Worms) والحلم (Mites) والبكتريا والفطريات والتي توجد ( او تعيش ) في ارضية الغابات او في القعر الرسوبي للانهار والبحيرات والبحار ، ففي بيئة الغابات نجد ان بقايا الاوراق الساقطة على ارضية الغابة يتم تكسيرها بثلاث طرائق :

1- العناصر المعدنية وبعض المواد العضوية تذوب في الماء ويتم استخلاصها من الاوراق .

2- تقطيع والتهام اجزاء الاوراق بواسطة مجموعة كبيرة من الكائنات الحية التي تتغذى على المواد الميتة مثل دودة الارض (earth worm) ، عديدة الاقدام (Polychaeta) قمل الاخشاب (wood lice) وغيرها من الكائنات اللاقارية الاخرى .

3- يتم تكسير المركبات العضوية الى مواد لاعضوية بواسطة كائنات حية اخرى متخصصة وهي البكتريا والفطريات .

وقد وجد ان ما بين 10-30% من مواد الاوراق الحديثة السقوط تذوب في الماء البارد وتترشح الى التربة . وعندما تقوم الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة بتكسير بقايا النبات بصورة اكثر ، فانها تقوم بانتاج جزئيات عضوية ولاعضوية والزائد عن حاجة هذه الكائنات سوف يترشح للتربة ايضا .

اما دور الكائنات الحية القضامية (detritivores) الكبير في تكسير بقايا الاوراق فقد تمت دراسته من خلال وضع عينات من بقايا الاوراق في اكياس من قماش ذي فتحات مناسبة لدخول الكائنات الدقيقة واللافقرات الصغيرة مثل الحشرات ذات الذنب القافز (Spring tail) لكن فتحات هذه القماش تكون صغيرة بما يكفي لمنع دخول مفصلية الارجل كبيرة الحجم وديدان الارض . وقد وجد ان الكائنات القضامية الكبيرة تقوم بتمثيل حوالي 30-45% من الطاقة الموجودة في بقايا الاوراق وكمية اقل من الاخشاب . وهي من خلال عملية تغذيتها تقوم بتهيئة المواد للكائنات الحية اللاحقة حيث تقوم بنقطيعها وهرسها مما يتيح سطحها اكبر للقطع الصغيرة التي تخرج مع براز هذه الكائنات الى الكائنات المحللة الدقيقة .

تختلف سرعة تحلل بقايا الاوراق النباتية باختلاف نوع النبات ، وتعتمد اساسا على تركيب هذه الاوراق . فمثلا في شرق تينيسي في الولايات المتحدة الامريكية وجد ان فقدان وزن الاوراق في السنة الاولى بعد سقوطها يتراوح بين 64% بالنسبة لاوراق التوت و 39% لاوراق البلوط و 32% لاوراق القيقب السكري و 21% بالنسبة لاوراق الزان . كذلك اوراق الصنوبر والصنوبريات الاخرى فانها تتحلل بصورة بطيئة . ان هذه الاختلافات في سرعة تحلل الاوراق سببها الرئيسي هو محتوى هذه الاوراق من مادة اللكتين التي تدخل في تركيب نسيج الخشب وهي اكثر صعوبة في الهضم من المواد السليلوزية .

ان صلابة بعض البقايا النباتية وخصوصا الاخشاب تشير الى الدور المتميز للفطريات ككائنات محللة . ففطر عشب الغراب (mushroom) وفطريات الرفوف (shelf fungi) هي تراكيب ثمرية تمثل كتلة من الفطر تتكون بالاساس من الخيوط الفطرية (mycelia or hyphae) التي تخترق الخلايا الخشبية للنبات التي لاتستطيع البكتريا الوصول اليها ، حيث تفرز الفطريات الانزيمات الهاضمة والاحماض على المادة التي تتغذى عليها وبذلك تقوم بهضم المواد العضوية خارجيا ، ونتيجة لهذا الاختراق فانها تفسح المجال للبكتريا والكائنات الدقيقة الاخرى .

وتوجد (تعيش) الفطريات في المخلفات الخشبية التي لم تهاجمها الكائنات القضامية الكبيرة في حين نجد البكتريا بكثرة في المناطق التي تغذت عليها الكائنات القضامية او تكسرت ميكانيكيا بواسطة دودة الارض او المفصليات الكبيرة الاخرى .

ان عملية التحلل تتاثر بدرجة كبيرة بالعوامل الفيزيائية للمحيط البيئي وخصوصا درجة الحرارة والرطوبة لكونهما العاملين المؤثرين على مستوى سكان البكتريا والفطريات واحياء التربة الاخرى ، حيث كون سرعة تحلل البقايا النباتية في غابات المناطق المعتدلة مرتبطة بدرجة الحرارة اليومية . فالكائنات الحية الدقيقة تنفس بسرعة اكبر في منتصف النهار عندما تكون درجة الحرارة في اعلاها . كذلك يكون النمط الفصلي لهذه الكائنات مسيطرا عليه بواسطة درجة الحرارة . فضلا عن ذلك فان كثافة البكتريا والفطريات والمحتوى المائي للبقايا النباتية (الرطوبة) والفترة الزمنية منذ سقوط هذه الاوراق تكون عوامل مؤثرة على سرعة التحلل . كذلك فان سرعة التحلل في الاماكن المرتفعة تكون ابطا مما هو عليه في الاماكن المنخفضة نظرا لدرجة الحرارة المرتفعة . وقد وجد ان مقدار فقدان الوزن نتيجة لعملية التحلل يقل بمقدار 1.5-2.5% لكل درجة منخفضة واحدة عن المعدل العام للمحيط البيئي . اضافة الى ذلك ان الطبيعة الكيمياءوية للمحيط البيئي للبقايا النباتية تؤثر ايضا على سرعة التحلل ، فقد وجد ان اوراق نباتات الغابات الصنوبرية تكون ابطا تحللا من بقايا الاوراق النباتية في غابات عريضة الاوراق . ويعود السبب في ذلك الى الظروف الحامضية في الغابات الصنوبرية والتي هي غير ملائمة للكائنات المحللة الموجودة في التربة . اما بالنسبة للاهمية النسبية للفطريات او البكتريا فنجد ان اهمية البكتريا تكون مهمة اكثر في المكونات التي تكون قليلة التحلل كبقايا البلوط والصنوبر .