بسم الله الرحمن الرحيم

المحاضرة الأولى

علم البيئة Ecology

نبذة تاريخية:

لقد مرت دراسة البيئة بمراحل مختلفة من النمو خلال التاريخ، إذ اهتم الإنسان منذ زمن مبكر من تأريخه بالبيئة ، فكان يحمي نفسه من الحيوانات المفترسة، ويبحث في النباتات ويختار منها غذاءه، كما تعايش مع سقوط الأمطار والثلوج وهبوب الرياح وتعاقب الفصول وغيرها من التغيرات في العوامل البيئية المختلفة.

ومع التقدم الذي شهده الإنسان في مجالات الحياة المختلفة استطاع ان يتكيف في مكان معيشته وغذاءه خلال محاولة تفهمه لما يحيط به من كائنات حية وعوامل البيئة غير الحيتدل الشواهد المستمدة من دراسة المتحجرات التي جمعت من بقاع مختلفة من العالم على الهجرة المستمرة لبعض الأقوام والمجتمعات السكانية هروباً من الجفاف ودرجات الحرارة غير الملائمة أو من التأثيرات القاسية للعوامل البيئية المحيطة . لذا نشأت الحضارات القديمة في مناطق تتلائم وظروف الحياة، كما هو الحال في حضارة وادي الرافدين وحضارة وادي النيل.

ولقد ظهرت أولى المعتقدات الدينية في عبادة ظروف البيئة المختلفة كالتعبد بآلهة المطر والشمس والنار . وبينت الآثار الحفرية والرقم والأختام بأن الحضارات القديمة في وادي الرافدين كانت تملك العديد من المعلومات المتعلقة بظروف المناخ والزراعة ومواسمها، ولقد أسهم البابليون بإنشاء بيئات اصطناعية مثل بناء الجنائن المعلقة لتماثل البيئة الجبلية والتي تعد إحدى عجائب الدنيا السبع.

لقد أدرك الفلاسفة والعلماء اليونانيون أهمية الدراسات البيئية إذ نشر أبو قراط (٤٦٠-٣٧٧ ق.م) بحثاً عنوانه (عبر الأجواء والمياه والأماكن) ذو طابع بيئي جاء فيه التأكيد على أهمية التفكير في مواسم السنة والآثار التي تتركها على الكائن الحي عند الدراسات الطبية.

كما يشير أرسطو طاليس (٣٨٤-٣٢٢ ق.م) في كتاباته عن التاريخ الطبيعي Natural History إلى عادات الحيوانات وسلوكها والظروف البيئية السائدة في مواطنها، وصنف الحيوانات تبعاً لعاداتها ومواطنها، أهي مجتمعة ام منعزلة، آكلة لحوم ام آكلة حشائش، مستقرة ام مهاجرة . ثم جاءثيوفراستس تلميذ أرسطو (٣٧٢-٢٨٧ ق.م) والذي عده بعض العلماء عالم البيئة الأول إذ جاء بمعلومات تخص النباتات ومجتمعاتها في البيئات المختلفة ودرس النباتات وبيئاتها بطريقة تصنيفية، فقد درس الطرز النباتية أو الاشكال النباتية من حيث علاقتها بالارتفاع والرطوبة والتعرض للضوء.

لقد كتب العلماء العرب العديد من المراجع والمؤلفات ذات العلاقة بالبيئة، فقد كتب الجاحظ (٧٦٨-٨٧٣م) تصنيفاً للحيوانات على أساس عاداتها وبيئاتها، وبذلك يعد أول الذين تطرقوا عن أثر البيئة في الكائنات الحية.

كما يعتبر الرازي (٨٥٠-٩٥٠م) أول من طبق عملياً علم البيئة في الطب إذ درس العلاقة بين مواقع المدن من حيث الحرارة والرطوبة والرياح وغيرها من العوامل البيئية وعلاقتها بصحة الإنسان والأمراض التي تصيبه.

تعريف علم البيئة: Definition of Ecology

استخدم العالم هيلاري Hillary عام ١٨٥٩ مصطلح علم الايثولوجيا Ethology علم السلوك للإشارة إلى دراسة العلاقات بين الكائن الحي والبيئة .الا ان هذا المصطلح لم يلق قبولاً عاماً من قبل علماء البيئة الأوائل.

بعد ذلك استخدم العالم رايتر Reiter في عام ١٨٦٥ المصطلح Ecology والمستمد من المقطع اليوناني oikos والذي يعني بيت أو مسكن أو مكان المعيشة، والمقطع Logos يعني دراسة أو علم. ومن هذا يظهر بأن الكلمة تدل على دراسة البيت أو البيئة التي تعيش فيها الكائنات الحية. وبهذا فإنها تعد اول محاولة بسيطة للتعريف بعلم البيئة.

ثم أعقبه العالم الألماني أرنست هيكل Ernst Haeckel عام ١٨٦٦ الذي عرف علم البيئة بأنه دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية ومحيطها الخارجي. والمحيط الخارجي يعني مجموعة العوامل والتأثيرات الخارجية كدرجة الحرارة والأمطار والتربة وغيرها والتي تؤثر في حياة الكائنات الحية.

أهمية علم البيئة:

ان رسالة علم البيئة عبارة عن رسالة بناء وموازنة، إذ يهتم علم البيئة بتوضيح وظائف العالم الطبيعي، الأمر الذي جعل منه علماً هاماً ومفيداً في حل العديد من المشاكل التي تواجه الحياة في هذا العصر. ولقد بات واضحاً للجميع ضرورة وضع الاعتبارات البيئية في المقام الأول في إدارة الأعمال والصناعة والزراعة والصحة ومشاريع التنمية المختلفة تحسباً للتلوث البيئي الذي يهدد جميع أشكال الحياة.

وحتى أعوام الستينات من القرن الماضي لم تكن النظرة إلى علم البيئة بالسعة التي نعرفها في وقتنا الحاضر إلا ان التزايد المستمر للسكان الذي تجاوز الخمسة مليارات نسمة على كوكب الأرض وما رافقه من تطور صناعي وعلمي وتكنولوجي مما أدى إلى تخريب للمحيط البيئي واختلال بالتوازن البيئي مما جعل الانتباه يتجه إلى أهمية البيئة وضرورة المحافظة عليها وتحسينها وحمايتها من مخاطر التلوث البيئي . لذا يلاحظ ان الاهتمام

بموضوع البيئة والتلوث البيئي قد توسع مع التقدم العلمي والتكنولوجي خلال العقود القليلة الماضية، وأصبحت الدراسات البيئية والفهم المضطرد للنظام البيئي الطبيعي من ابرز التطورات العلمية التي ظهرت في السبعينات من القرن العشرين.

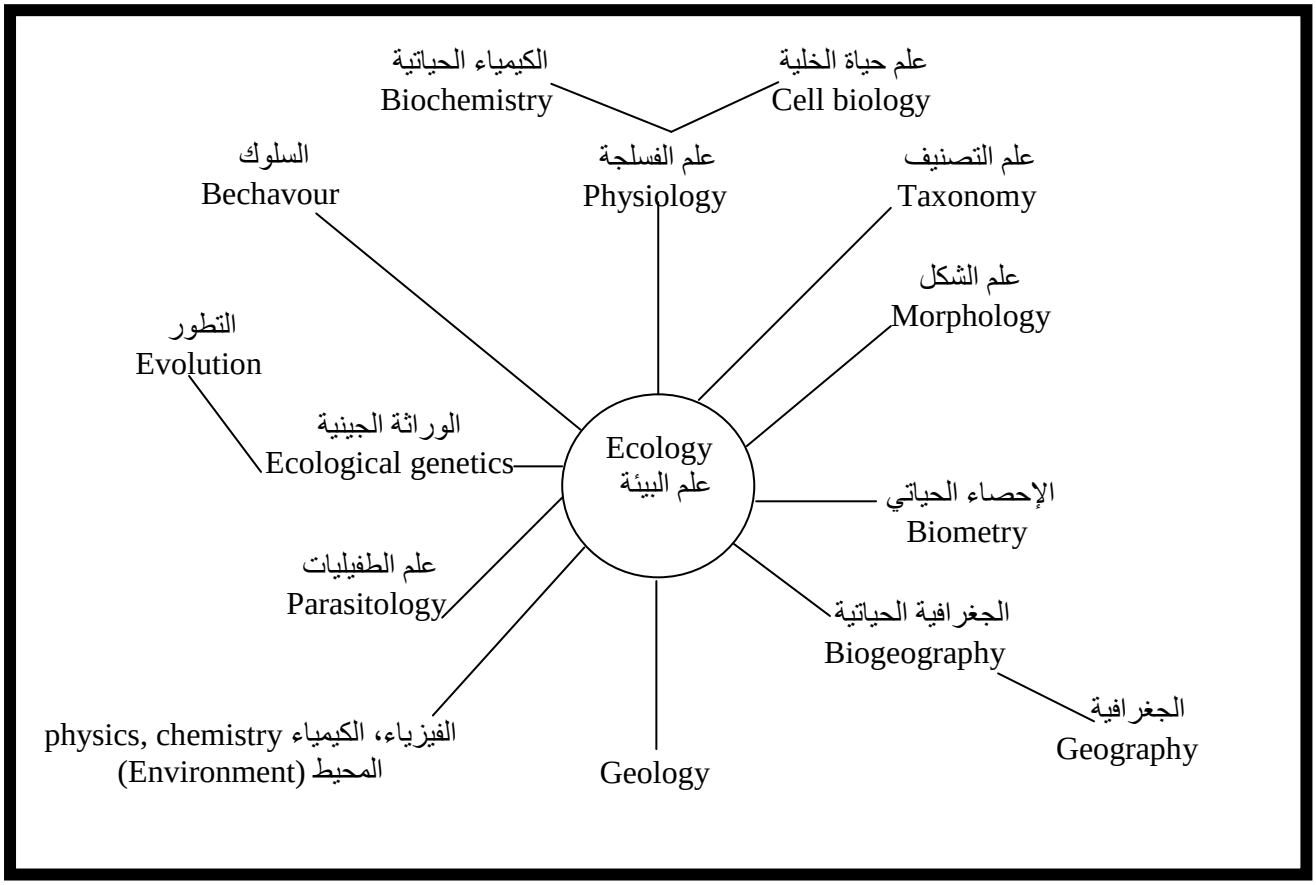
وقد تزايدت هذه الأهمية لعلم البيئة بسبب تعاظم التأثير السلبي للأنشطة البشرية المتعددة على عناصر النظام البيئي مما يؤدي إلى الإخلال بالتوازن البيئي الطبيعي.

يؤمن العلماء بأن الهدف الإنساني الذي ينطوي على مفهوم الاستخدام الأمثل للبيئة هو تحقيق مستوى رفيع لمعيشة الإنسان مع الاحتفاظ بأقصى حد من التنوع في الظروف البيئية من خلال فهم أحوال البيئة والاستفادة من ذلك في معرفة الأساسيات الضرورية للتخطيط في المستقبل.

علاقة علم البيئة بالعلوم الأخرى:

هناك أربعة فروع رئيسية من العلوم الحياتية لها صلة قريبة ومتداخلة مع علم البيئة وهي الوراثة، والفسلجة، والتطور، والسلوك.

ان لعلم البيئة علاقة وثيقة مع العلوم الأخرى إذ ربط بعض العلماء الحقول المختلفة في علم الأحياء وكذلك العلوم الأخرى بعلم البيئة وكما موضح في الشكل الآتي :



المحاضرة الثانية

تقسيم علم البيئة لأغراض البحث العلمي :

أولاً: التقسيم المعتمد على نوع (طبيعة) محيط المعيشة:

يرتبط علم البيئة ارتباطاً وثيقاً في المكان وما يحويه من نظم حياتية. وعند النظر على الكرة الارضية نلاحظ نوعين متباينين من المحيط Environment وهما المياه التي تشكل أكثر من (٧٠%) من الكرة الارضية واليابسة تمثل المتبقي منها. لذا يمكن تقسم علم البيئة إلى قسمين متميزين هما :

١. علم البيئة المائية: Aquatic Ecology

هو العلم الذي يهتم بدراسة الكائنات الحية المائية وعلاقتها مع بعضها البعض من جهة ومع العوامل غير الحية المحيطة بها من جهة أخرى.

ويمكن تقسيم علم البيئة المائية اعتماداً إلى عامل الملوحة إلى ثلاث بيئات مائية رئيسية هي:

أ. علم البيئة البحرية: Marine Ecology

ويشمل دراسة البيئة في مياه البحار والمحيطات والتي تتميز بملوحتها العالية والتي تقدر بحدود (٣٥) جزء بالالف. أي ملوحتها بحدود ٣.٥%.

ب. علم بيئة المصبات: Estuarine Ecology

ويشمل دراسة البيئة في مصبات الانهار وأعالي خلجان البحار والتي تتميز بكون المياه فيها مويلحة (لا تزيد الملوحة فيها عن (١٩) جزء بالالف أي ١.٩%).

ج. علم بيئة المياه العذبة: Fresh water Ecology

وشمل دراسة بيئة المياه العذبة الداخلية Inland water كما هو الحال في الانهار والجداول. كما تضم ايضاً دراسة البحيرات لذا يسمى هذا العلم بـــ Limnology وتتميز بعذوبة مياهها إذ لا تزيد الملوحة عن (٠.٥) جزء بالالف أي ٠.٠٥%.

٢. علم بيئة اليابسة: Terrestrial Ecology

هو العلم الذي يهتم بدراسة الكائنات الحية في أي منطقة على اليابسة وعلاقتها مع بعضها البعض من جهة وبقية العوامل البيئية ذات العلاقة من جهة أخرى. وقد ركز العلماء في دراسة هذا العلم منذ نشوء علم البيئة وذلك لسهولة الوصول إلى أي منطقة في اليابسة.

ويمكن تقسيم بيئة اليابسة حسب طوبوغرافية الأرض إلى:

١. بيئة الجبال Mountain Environment
٢. بيئة الهضاب Plateau Environment
٣. بيئة السهول Plain Environment
٤. بيئة التلال Hill Environment
٥. بيئة الصحاري Desert Environment

كما يمكن ان تقسيم بيئة اليابسة حسب الموقع على الكرة الأرضية (حسب الموقع من خط الاستواء) إلى:

١. البيئة الاستوائية Tropical Environment
٢. البيئة شبه الاستوائية Subtropical Environment
٣. بيئة المناطق المعتدلة Temperate Environment
٤. البيئة القطبية Polar Environment

كما يمكن تقسم بيئة اليابسة حسب أنماط النظم البيئية إلى:

١. بيئة الغابات .Forest Env
٢. بيئة المحاصيل Crop Env
٣. بيئة المراعي Grassland Env
٤. بيئة الادغال .Weeds Env
٥. بيئة البساتين Greenland Env
٦. بيئة المدن Urban Env

كما يمكن تقسيم بيئة اليابسة حسب المجموعات الحياتية التصنيفية المختلفة إلى:

١. بيئة اللبائن. ٢. بيئة الزواحف. ٣ . بيئة الطيور. ٤.بيئة الحشرات.

ثانياً: تقسيم علم البيئة اعتماداً على نوع أو مجموعة أنواع من الأحياء ويقسم إلى قسمين:

١. علم البيئة الفردي أو الذاتي: Autecology

يهتم هذا العلم في دراسة كائن حي واحد أو مجموعة من الكائنات الحية تعود إلى نفس النوع species وذلك لدراسة علاقتها بالعوامل البيئية المحيطة بها، مثل دراسة بيئة الإنسان، أو دراسة بيئة بكتريا القولون، أو دراسة بيئة اشجار اليوكالبتوس.

٢. علم البيئة الجماعي Synecology

يهتم هذا العلم بدراسة المجاميع الحياتية المختلفة إلى أنواع مختلفة في منطقة محددة من حيث علاقتها مع العوامل البيئية المحيطة بها، مثل دراسة بيئة الغابة، أو البيئة الصحراوية، أو بيئة بحيرة ما، أو بيئة نهر.

ثالثاً: **تقسيم علم البيئة اعتماداً على الكائن الحي نوعاً وعدداً**: **ويقسم إلى**:

١. علم بيئة الفرد Individual Ecology
٢. علم بيئة الجماعة Population Ecology
٣. علم بيئة المجتمع Communtiy Ecology
٤. علم بيئة المحيط الحيوي Biosphere Ecology

رابعاً: **تقسيم علم البيئة من خلال علاقته بالعلوم الأخرى**: **ويقسم إلى**:

١. علم البيئة الفسيولوجي Ecophysilogy
٢. علم البيئة الجغرافي Geographical Ecology
٣. علم بيئة المتحجرات Paleoecology
٤. علم البيئة السلوكية Behavior Ecology
٥. علم البيئة التطبيقي Applied Ecology

خامساً: **بما ان الكائنات الحية في الطبيعة مكونة من نباتات وحيوانات لذا يمكن تقسيم على البيئة إلى قسمين رئيسين هما**:

١. **علم البيئة النباتية Plant Ecology**
٢. **علم البيئة الحيوانية Animal or zoo Ecology**

المحاضرة الثالثة

النظام البيئي Ecosystem

ان نقطة البدء الأساسية لفهم حقائق البيئة هي ان نبتدأ دراسة علم البيئة بالوحدة الأساسية لعلم البيئة الا وهو النظام البيئي.

النظام البيئي: هو من الاصطلاحات الحديثة التي استخدمت لاول مرة في الثلاثينات من القرن الماضي، واقترح من قبل عالم البيئة تانسلي Tansley عام ١٩٣٥ ويعني به تداخل فعل الكائنات الحية مع البيئة غير الحية وتأثير بعضها على البعض الأخر . **فالنظام البيئي Ecosystem**: هو عبارة عن أي وحدة تنظيمية في مكان ما، تشتمل على الكائنات الحية والمكونات غير الحية المحيطة بها، بحيث تكون متفاعلة فيما بينها ويؤثر كل منهما في صفات الآخرة ، وكلاهما ضروري لإدامة الحياة، إذ يتم تبادل العناصر والمركبات والطاقة بين الكائنات الحية والعوامل المحيطة غير الحية . وبذلك تتم في هذا النظام عمليات تحويل المواد اللاعضوية إلى مواد عضوية ثم إلى مواد لا عضوية مرة أخرى بفعل عوامل حية أو غير حية احياناً. وهذا يعني ان دورة العناصر المعدنية وغير المعدنية فضلاً عن أشكال الطاقة تحدث وتتم داخل مثل هذه الأنظمة في مناطق مختلفة من العالم وفي تفاعل حركي . ويستنتج من ذلك ان النظام البيئي يتميز بالديمومة الذاتية.

ومن الجدير بالذكر ان النظام البيئي قد يتركز في أي منطقة صغيرة تتواجد وتستمر فيها الحياة على الكرة الأرضية . لذلك فإن البركة والمستنقع والبحيرة والحقل الزراعي وبقعة من غابة والمدينة والقارة والحديقة المنزلية وحتى المزرعة المختبرية كل واحدة من هذه يمكن ان تعتبر وحدات لأنظمة بيئية. يشكل العالم بأكمله نظاماً بيئياً ضخماً ومتوازناً وهو ما يدعى بالمحيط البيئي Ecosphere والذي يدعى كذلك الغلاف الحياتي Biosphere والذي يغطي المنطقة المذكورة على الكرة الأرضية التي تقطنها الأحياء من أعمق نقطة تحت سطح الأرض إلى أعلى نقطة في الجبال وقد يصل مداها ايضاً إلى الأجواء التي تتواجد فيها الأحياء.

بصورة عامة تقسم الأنظمة البيئية إلى نوعين رئيسيين هما:

١. الأنظمة البيئية الأرضية (اليابسة) Terrestrial Ecosystems وتضم:

أ. بيئة الجبال. ب. بيئة الهضاب. ج. بيئة التلال.

د. بيئة السهول. ه. بيئة الصحاري.

٢. الأنظمة البيئية المائية Aquatic Ecosystems وتضم:

أ. البيئة البحريةب. بيئة المصبات ج. بيئة المياه العذبة.

هناك مصطلح آخر في علم البيئة هو الـــ Environment ونعني به المحيط أو البيئة والعوامل المحيطية Environment factors وهي كل العوامل الخارجية التي تؤثر في الكائنات الحية على المدى القريب أو البعيد وتداخلاتها المختلفة . ويشمل المركبات العضوية وغير العضوية في المحيط البيئي الذي يجهز مكونات المجتمع الإحيائي بالطاقة والمواد الأولية لاستخدامها في النمو والبقاء.

ان عوامل المحيط تتضمن كل من عامل التربة والعوامل الطبيعية والمناخية التي تتضمن الطاقة الشمسية والغازات الموجودة في الهواء والمياه وعناصر المناخ كدرجة الحرارة والرطوبة والرياح وغيرها.

تركيب النظام البيئي: Structure of Ecosystem

يتكون النظام البيئي من مكونين رئيسين هما:

أولاً: المكونات غير الاحيائية Abiotic components

وتشمل العوامل الظروف الطبيعية الفيزياوية والمكونات الكيمياوية العديدة والمتداخلة مع المكونات غير الإحيائية الرئيسية للنظام البيئي.

ويمكن تقسيم هذه المكونات إلى ما يأتي:

١. **التربة: Soil**
٢. **المياه:** Water
٣. **الغازات: Gases**
٤. **الطاقة الشمسية:** Solar energy
٥. هناك عوامل غير إحيائية أخرى منها عوامل فيزياوية مختلفة ومنها المناخية وغير المناخية التي تؤثر في النظام البيئي كالحرارة والامطار والرياح والغبار والحرائق والهزات الأرضية.

ثانياً: المكونات الاحيائية Biotic components

وتشمل الكائنات الحية كافة المتواجدة في النظام البيئي بأنواعها المختلفة واعدادها واحجامها وطرق تغذيتها.

ويمكن تقسيم المكونات الاحيائية اعتماداً على مصادر تغذيتها (مصدر الطاقة) إلى ثلاثة مكونات هي:

١. الكائنات الحية المنتجة: Preducer organisms

وقد تسمى كائنات ذاتية التغذية Autotrophic organisms

وتشمل الكائنات الحية التي تستطيع صنع غذائها بنفسها مثل النباتات الخضراء وبعض أنواع البكتريا التي لها القدرة على استغلال الطاقة الكيمياوية . في حين ان النباتات الخضراء لها القدرة على استغلال الطاقة الضوئية التي تستقطب من قبل الصبغات الخضراء (الكلوروفيل) في صناعة غذائها العضوي. علماً بأن الحياة بأكملها في النظم البيئية تعتمد على القدرة الإنتاجية لهذه الكائنات.

وفي البيئة المائية فإن الكائنات المنتجة تتمثل بالطحالب Algae والتي تتواجد بأعداد هائلة تضاهي إعداد النباتات على اليابسة.

٢. الكائنات الحية المستهلكة: Consumer Organisms

وقد تسمى هذه الكائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophic organisms

تعتمد هذه الكائنات في غذائها بصورة مباشرة أو غير مباشرة على الكائنات الحية المنتجة لذا تسمى بالكائنات معتمدة التغذية . وتتمثل هذه الكائنات بالحيوانات المختلفة التغذية والحجم والعدد. وقد تسمى هذه الأحياء بالملتهمات Phagotrophs وهي الأحياء التي تلتهم الغذاء وتهضمه داخل اجسامها. وتقسم هذه الكائنات إلى:

- كائنات حية تقتات على النباتات وتسمى آكلات الأعشاب أو العواشب Herbivores وتدعى بالمستهلكات الأولية كالاغنام والابقار.
- كائنات حية تقتات على غيرها من الحيوانات وتسمى آكلات اللحوم أو اللواحم كالنسور والسباع أو الأسود Carnivores وتدعى بالمستهلكات الثانوية والمستهلكات الثالثية والرابعية.
- كائنات حية تعتمد على مصادر غذائية نباتية وحيوانية أي تقتات على النباتات واللحوم وتسمى القوارت Omnivores كالانسان.

٣. الكائنات الحية المحللة: Decomposer Organisms

وهي كائنات غير ذاتية التغذية رمية أو طفيلية. وهذه الكائنات لا تتمكن من التهام الغذاء وهضمه وإنما تقوم بامتصاص الغذاء بعد إفراز انزيمات هاضمة لتكسير مكونات الغذاء إلى مواد بسيطة التركيب.

وتضم هذه الانواع من الأحياء بصورة عامة الأحياء المجهرية مثل البكتريا Bacteria والفطريات Fungi وتسمى هذه الكائنات بالكائنات الطفيلية Parasitic عندما تعتمد في غذائها على كائنات حية. أو تكون كائنات ذات طبيعة رمية Saprophytic Organisms إذ انها تعيش على المواد العضوية الميتة . تتميز الكائنات المحللة (الطفيلية والرمية) بقدرتها على تحليل المواد العضوية المعقدة وتحويلها إلى مركبات عضوية بسيطة

يمكن للنباتات الخضراء ان تمتصها بوصفها مواد غذائية حيوية. وهي بذلك توفر الح لقة الأساسية الأخيرة من الدورة الحياتية الضرورية لتجديد الحياة.

النظام البيئي الدقيق: Micro Ecosystem

يقصد بالنظام البيئي الدقيق بأنه نظام بيئي مصغر له حدود مميزة يمكن التأثير فيه وتكراره في أي وقت، وتحتوي هذه الأنظمة المصغرة على المكونات الأساسية للنظام البيئي. وتكون عادة على نوعين احدهما يشتق مباشرة من الطبيعة وذلك من خلال نمو الكائنات وازدهارها في أوساط صغيرة. والثاني يدام بمختلف أنواع المثبتات الكيمياوية مع توفير التدفق الداخل والخارج للمغذيات والكائنات الحية المنظمة لها . ومن بين الأمثلة على الأنظمة البيئية الدقيقة هي أحواض اسماك الزينة .

الأنظمة البيئية غير الكاملة: Incomplete Ecosystems

تعتبر الأنظمة البيئية التي تملك جميع المكونات الأساسية للنظام البيئي (المكونات الإحيائية وغير الإحيائية) نظماً بيئية متكاملة Complete Ecosystems الا انه توجد بعض الأنظمة البيئية التي ينقصها واحد أو أكثر من هذه المكونات لذا سميت بالانظمة البيئية غير الكاملة. ومن الأمثلة الواضحة لهذه الأنظمة تلك التي تتواجد في الاعماق السحيقة للبحار والمحيطات إذ توجد كائنات محللة واخرى مستهلكة في حين لا وجود للكائنات المنتجة بسبب الظلام لعدم وصول الاشعة الضوئية إلى تلك الاعماق ويكون المستهلك في هذه الحالة مؤلفاً من كائنات تتغذى على ما يسقط من نباتات أو حيوانات ميتة من الطبقات العليا.

ومن الأمثلة الأخرى المتعددة للانظمة البيئية غير الكاملة مثل مناطق الكهوف ذات الظلام الدامس إذ لا يتواجد المنتج لنفس السبب السابق ويلاحظ فيها فقط المستهلك والمحللات. وقد توجد اشكال في الأنظمة غير الكاملة تتألف من الكائنات المنتجة والمحللة فقط مع غياب المستهلك كما هي الحال في ازدهار الطحالب السامة في الأنظمة البيئية المائية إذ تموت الكائنات المستهلكة عند تغذيتها مما يمنع سريان الطاقة خلال السلسلة الغذائية.

المفاهيم المتعلقة بالنوع والفرد:

هناك عدد من المفاهيم ذات العلاقة بالنوع Species والفرد Individual في النظام البيئي فيما يأتي بعضاً منها:

الموطن والمركز البيئي: Habitat and Ecological Niche

يعرف الموطن Habitat بأنه الوسط البيئي أو المكان الذي يعيش فيه أو يلجأ إليه الكائن الحي.

اما المركز البيئي Ecological niche فيعرف بأنه المكان الطبيعي الذي يحتله الكائن الحي فضلاً عن أثره الوظيفي في المجتمع.

وبمعنى آخر فإن المركز البيئي هو أكثر شمولاً من تعبير الموطن. فيعبر عن الموطن انه عنوان الكائن الحي، في حين يكون المركز البيئي حرفته بالمعنى الحياتي. وكان العالم جارلس التون Charles Elton (١٩٢٧) في انكلترا من الأوائل الذين استخدموا تعبير المركز البيئي Niche بمعنى الحالة الوظيفية للكائن الحي في مجتمعه .

المكافئ البيئي Ecological equivalent

تعرف الكائنات التي تحتل المراكز البيئية نفسها أو أخرى مشابهة لها في مناطق جغرافية بالمكافئات البيئية Ecological equivalent.

التوازن البيئي: Environmental Stability

التوازن الطبيعي Homeostasis هو التعبير الذي ينطبق عموماً على ميل الأنظمة الحياتية لمقاومة التغير وتبقى في حالة متوازنة.

لقد اتفق علماء البيئة على ان أي إخلال في التوازن الطبيعي لأي نظام بيئي يعد نوعاً من أنواع التلوث Pollution مما يدل على ان التوازن البيئي ذو أهمية في استقرار مكونات ذلك النظام البيئي ويقصد بالإخلال في التوازن الطبيعي هو التغيرات المفاجئة لإحدى أو أكثر من المكونات الإحيائية أو غير الإحيائية.

ان التوازن الطبيعي على مستوى الكائن الحي هو من المفاهيم المعروفة جيداً في علم وظائف الأعضاء Physiology. وان التوازن بين الكائنات الحية والبيئة يمكن الإبقاء عليه ايضاً بعوامل تقاوم التبدل في النظام البيئي ككل.

ويجب ان نهتم في زيادة الوعي البيئي للإنسان لكي لا يؤثر أو يكون تأثير ه السلبي محدود في النظام البيئي.

المحاضرة الرابعة

الدورات الكيمياوية الأرضية الحياتية Biogeochemical Cycles

بالإمكان تفهم العديد من مبادئ النظم البيئية من خلال تتبع دورة العناصر الرئيسية مثل الكربون والأوكسجين والهيدروجين والنتروجين والفسفور والكبريت بين المكونات الحية وغير الحية للنظام البيئي.

وبالرغم من ان ما يتواجد في داخل جسم الكائن الحي من العناصر قد تجاوز الأربعين عنصراً الا ان اعتماد الحياة على الطاقة يتزامن مع احتياجاتها لما هو متوافر من حوالي عشرين عنصراً ضرورياً لديناميكية الفعاليات الحيوية للكائن الحي . كما ان خمسة عناصر منها وهي الكربون والأوكسجين والهيدروجين والنتروجين والفسفور تمثل أكثر من (٩٧%) من تركيب البروتوبلازم في معظم أنواع الكائنات الحية.

ان انتقال هذه العناصر من الحالة اللاعضوية إلى الحالة العضوية ومن ثم رجوعها إلى الحالة اللاعضوية قد تسبب الاختلاف والتباين بين عدد الكائنات الحية وأنواعها من منطقة إلى أخرى حسب سرعة التحول (سرعة الانتقال) هذه العناصر من حالة إلى حالة أخرى، وكذلك باختلاف كميتها والتي ترتبط وتتغاير باختلاف عوامل محيطية وحياتية عديدة.

ان هذه العناصر والمواد يجري تدويرها في النظام البيئي بصورة مستمرة، لذا فإن جميع المواد أو العناصر الموجودة في أجسام الأحياء كالماء والكربون والنتروجين والأوكسجين وغيرها من العناصر والتي تكون موجودة اساساً في قشرة الأرض أو في الصخور أو في المحيط الجوي يجري تدويرها جميعاً في النظام البيئي بصورة مستمرة، وتمر هذه العناصر والمواد في مسارات متعددة تشمل الكائنات الحية والمياه والهواء والتربة والصخور.

ان متابعة هذا المسار أي مسار انتقال أي عنصر من الحالة اللاعضوية إلى الحالة العضوية ورجوعه إلى الحالة اللاعضوية في الطبيعة تسهّل إدراك العلاقات المتواجدة بين الكائنات الحية والمحيط الذي تتواجد فيه.

تكون بعض الدورات مقتصرة على مواقع محددة اساساً وتسمى الدورات الموقعية Local cycles والأخرى الدورات المحيطية (الشاملة) Global cycles.

تشتمل الدورات الموقعية على العناصر ذات الحركة المحدودة أي العناصر التي لا تمتلك ميكانيكية الانتقال إلى مسافات بعيدة.

في حين ان الدورات المحيطية الشاملة تشتمل على مركبات غازية تتعلق أو تتوثق مع جميع الكائنات الحية على الكرة الأرضية. بمعنى انها تشمل المحيط الحيوي كله.

وهناك ثلاثة أنواع من الدورات يمكن ملاحظتها في النظام البيئي هي:

١. الدورة المائية Hydrologic cycle: التي تمتاز بدوران مركب الماء في الطبيعة.
٢. الدورة الغازية Gaseous cycle: التي يتم فيها تدوير الغازات وتساهم فيها الكائنات الحية ومحيطها.
٣. الدورة الرسوبية Sedimentary cycle: التي يتم فيها تدوير العناصر الكيمياوية وتساهم فيها الكائنات الحية ومحيطها.

ان تحليل دورات العناصر ضمن النظام البيئي هو الوسيلة الصحيحة لفهم النظام البيئي. وقد تقسم الدورات الكيمياوية الأرضية الحياتية اعتماداً على مصدر هذه العناصر إلى نوعين رئيسيين هما:

١. **الدورات الغازية:** حيث يكون الغلاف الجوي هو المصدر والمستودع الأساسي لها.
٢. **الدورات الرسوبية:** حيث يكون سطح الكرة الأرضية هو المستودع الأساسي لها (الصخور والتربة).

وقد تقسم هذه الدورات إلى:

١. **دورات كاملة.**
٢. **دورات غير كاملة.**

أنواع الدورات:

أولاً: دورة الماء: Hydrologic cycle

يعد الماء اساساً لكل الكائنات الحية ويشكل الماء الجزء الأكبر من أجسام وأنسجة معظم الأحياء. ويؤدي الماء دوراً مهماً ليس فقط بالنسبة لنشوء الأنواع في الأحقاب الجيولوجية الغابرة وفي استمرار الحياة في الكرة الأرضية في الوقت الحاضر بل كذلك على المستوى الخلوي والمستوى الجزيئي . ويكون الماء حوالي (٦٠-٩٠%) من الوزن الطري لمعظم الأحياء بصورة عامة.

تصل نسبة الماء في جسم الإنسان بحدود (٦٠-٧٠٥). وتقدر كمية الماء التي تفقد من جسم الإنسان بحدود (٢٥٠٠سم^3) يومياً خلال العمليات الابرازية المختلفة وعملية التنفس. عند ملاحظة انتشار المياه في الكرة الأرضية فإن أكثر من (٧٠%) من سطح الكرة الأرضية تغطيها المياه التي تشكل المحيطات والبحار بصورة رئيسية.

تعتبر المحيطات المصدر الأساسي لدورة المياه في الطبيعة. حيث تتبخر المياه نتيجة للطاقة الحرارية الشمسية من سطوح المحيطات وبقية المسطحات المائية كالبحار والبحيرات والأنهار فضلاً عن التبخر من أجسام الأحياء حيوانية كانت ام نباتية. ويعود هذا الماء المتبخر إلى الأرض مرة أخرى ساقطاً على المسطحا ت المائية المختلفة وعلى اجسام الكائنات الحية (نباتات وحيوانات) وعلى التربة.

تقدر كمية المياه الساقطة على سطح الكرة الأرضية بحدود (٤.٤٦×١٠^{٢٠}) غم سنوياً. منها (٠.٩٩×١٠^{٢٠}) غم تسقط على اليابسة والمتبقي وهو (٣.٤٧×١٠^{٢٠}) غم تسقط على المحيطات والمسطحات المائية الأخرى.

ان الماء المتواجد في أي مكان هو الذي يحدد طبيعة أنواع الكائنات الحية التي يمكن ان توجد فيه ومدى وفرة اعدادها.

قال الله سبحانه وتعالى ((**وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاء كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ**)) .

الدورات الغازية: Gaseous cycles

سنتطرق إلى أهم الغازات ذات العلاقة الوثيقة بحياة الكائنات الحية وبيئتها ودورانها في البيئة وهي:

١. دورة الكاربون: Carbon cycle

يعتبر الكاربون المكون الأساس لكافة لاكائنات الحية فهو يدخل في كل خلية من خلايا الجسم.

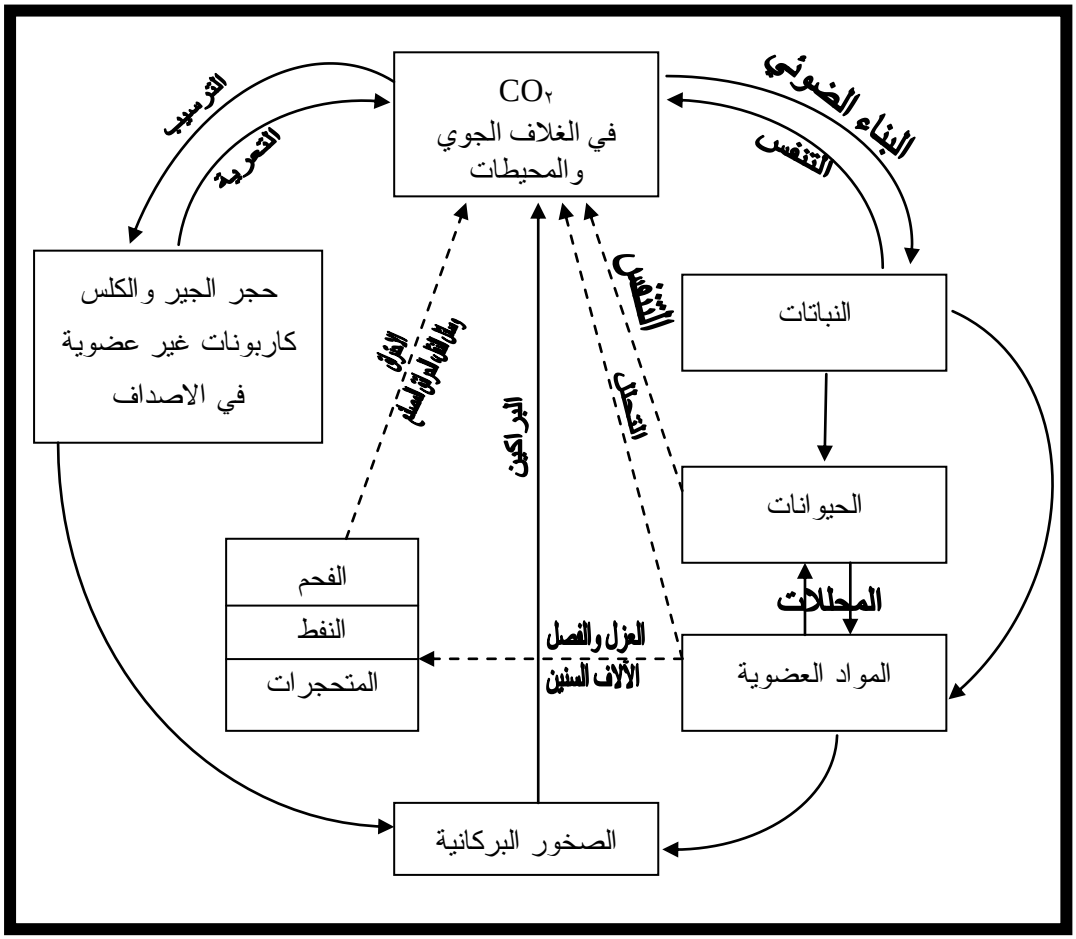
تعد دورة الكاربون من أبسط دورات العناصر بسبب تميز مكوناتها الرئيسية . لكما ان هذه الدورة تعد من الدورات الكاملة وذلك لان الكاربون يعود إلى المحيط البيئي بنفس السرعة التي يزول فيها. ويكون المسار الرئيسي للكاربون في هذه الدورة من المحيط الجوي Atmosphere الذي يكون المخزن الأساس له في الكائنات المنتجة وبشكل رئيسي النباتات الخضراء ومن ثم الكائنات المستهلكة ومن هاتين المجموعتين إلى الكائنات المحللة التي تتمثل بالبكتريا والفطريات ومنا تعود إلى المحيط الجوي.

يكون الكاربون مخزون بشكل غاز $CO_٢$ الموجود في الهواء الجوي أو ذائباً في الماء. وبالرغم من قلة كمية غاز $CO_٢$ في الهواء الجوي حيث تبلغ نسبة حوالي (٠.٠٣%) فإنه يلعب دوراً اساسياً ومهماً لسببين هما:

أ. قدرته على امتصاص الحرارة القادمة من الشمس والمنعكسة من سطح الأرض وبالتالي يقوم بتدفئة طبقات الجو السفلية.

ب. يعتبر المصدر الأساس في عملية البناء الضوئي في النباتات Photosynthesis.

خلال عملية البناء الضوئي فإن الكربون اللاعضوي الذي هو على هيئة غاز ثاني اوكسيد الكربون CO_2 يتحول إلى كربون عضوي يثبت في الخلايا النباتية ويعود الكربون مرة أخرى الى الجو على هيئة غاز CO_2 خلال عمليات التنفس للكائنات الحية المختلفة. وبعد موت الكائنات الحية وخلال عمليات التحلل التي تقوم بها البكتريا والفطريات تتحلل فيها المادة العضوية وتتحول إلى غاز CO_2 فضلاً عن الاكسدة بالعوامل اللاحيائية كارتفاع درجة الحرارة.



دورة الكاربون

هناك مصدر آخر لتجهيز غاز الكاربون بواسطة عمليات الاحتراق واحتراق المواد العضوية من قبل الإنسان كالنيران التي تلتهم الغابات ودخان المصانع ووسائط النقل المختلفة إذ تعمل على إحراق المواد البترولية والفحم وانتاج كميات هائلة من غاز الكاربون وإضافتها إلى مخزون الكاربون في الغلاف الغازي. وهذه بالطبع ليست إضافة طبيعية ثابتة ولكنها تزداد بازدياد الحركة الصناعية.

ان التغيرات القليلة في تركيز غاز ثاني اوكسيد الكربون الجوي تؤدي دوراً كبيراً في التأثيرات الرئيسية في المناخ. إذ ان زيادة تركيز هذا الغاز يؤدي

إلى زيادة في حرارة البيئة والذي يعرف بتأثير البيت الزجاجي Green house effect الذي يؤدي إلى ظاهرة الاحتباس الحراري، وهذا يؤدي إلى ذوبان الكتل الجليدية القطبية أو الجبال الثلجية مما يسبب ارتفاعاً في منسوب المياه في المحيطات الذي يؤدي إلى كوارث وخسائر كبير في المناطق الساحلية فقد تغطى مساحات كبيرة من جملتها مدن ساحلية بالمياه . كما قد تؤدي إلى الإخلال بمستوى انتشار النباتات واحداث التصحر.

٢. دورة النتروجين: Nitrogen

يعتبر الهواء الجوي المخزن الرئيسي للنتروجين الغازي والذي يكون أكثر العناصر شيوعاً ضمن الغلاف الجوي إذ يكون حوالي (٧٨%) بالحجم من الهواء المحيط بالكرة الأرضية، ولهذا فإن دورته الشاملة توفر بديلاً ثابتاً تقريباً لما يثبت من قبل الأحياء الدقيقة التي توفر كل ما يحتاجها النباتات في حياتها تقريباً.

يعتبر النتروجين من أكثر العناصر الغذائية شيوعاً في التربة، وأكثر العناصر الغذائية نقصاناً في التربة، وأكثر العناصر الغذائية التي يمتصها النبات.

مصادر النتروجين يمكن تقسيمها إلى أربعة مصادر هي:

أ. المعادن الأولية والصخور أو مادة الأصل التي تكونت منها التربة.

ب. عملية تثبيت النتروجين الجوي بواسطة الكائنات الحية الدقيقة.

ج. المادة العضوية الناتجة من تحلل مخلفات النباتات والحيوانات.

د. وهناك عامل آخر وهو المصدر الصناعي أي إضافة الأسمدة الصناعية على الرغم ان دورة النتروجين في السلسلة الغذائية معقدة بعض الشيء ولكنها تبدأ بواسطة بعض أنواع البكتريا والطحالب التي تثبت النتروجين من حالته الغازية إلى صورة أملاح النتريت والنترات، وتسمى هذه الكائنات بالكائنات المثبتة للنتروجين. وهي :

ه. أ. البكتريا غير التعايشية المثبتة للنتروجين

Asymbiotic nitrogen fixing bacteria.

أو تسمى البكتريا حرة المعيشة مثل البكتريا الهوائية أزوتوباكتر Azotobacter والبكتريا اللاهوائية كلوستيريديوم Clostridium.

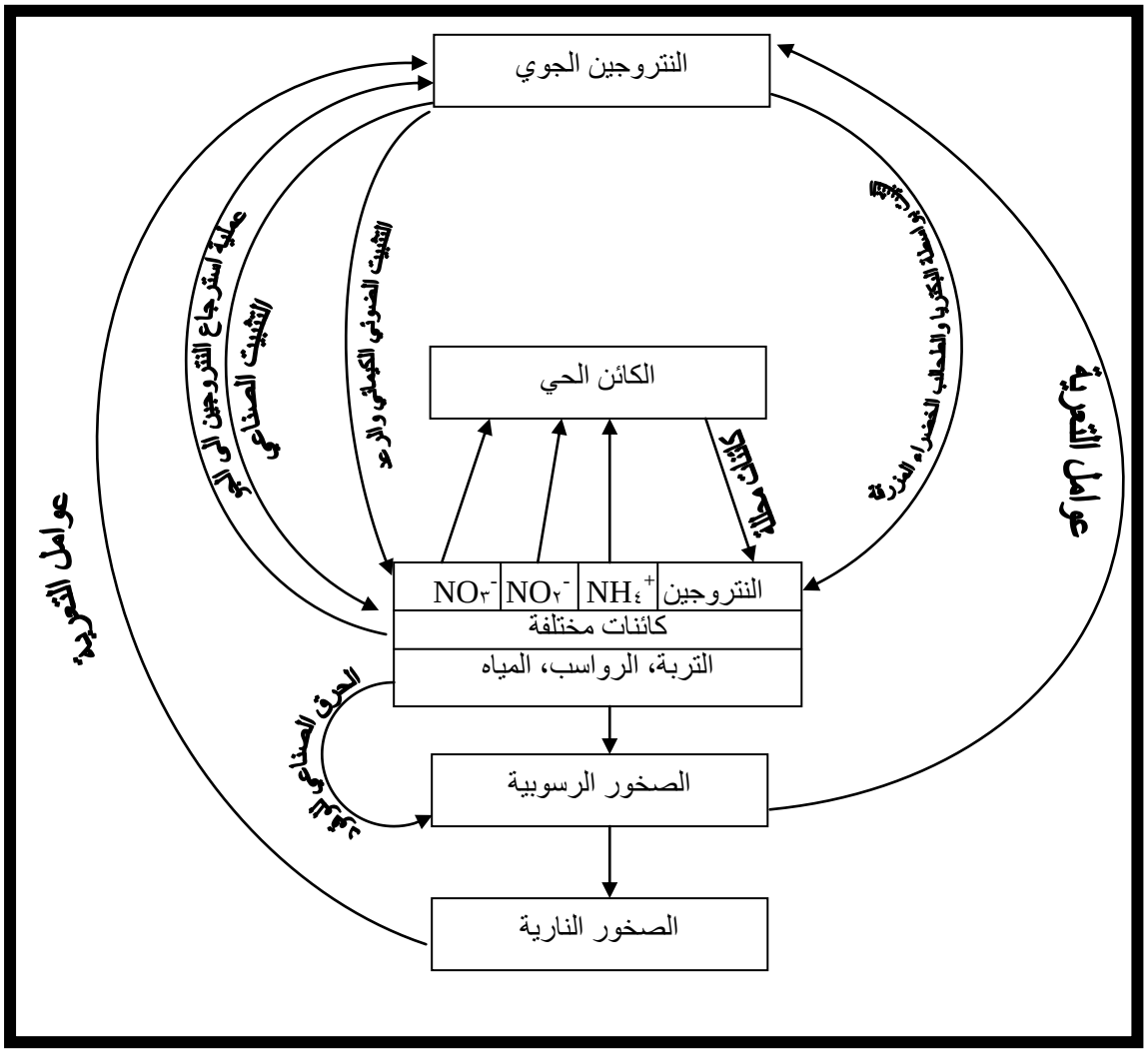
ب. البكتريا التعايشية المثبتة للنتروجين:Symbiotic nitrogen fixing bacteria

المتواجدة في العقد الجذرية لبعض النباتات البقولية كالبرسيم والجت والباقلاء مثل بكتريا لعقد الجذرية رايزوبيوم Rhizobium.

ج. بعض الطحالب الخضراء المزرقة: Blue green algae

تثبت النتروجين مثل الطحالب الانابينا Anabaena في حقول نبات الرز وطحلب الزوستوك Nostoc

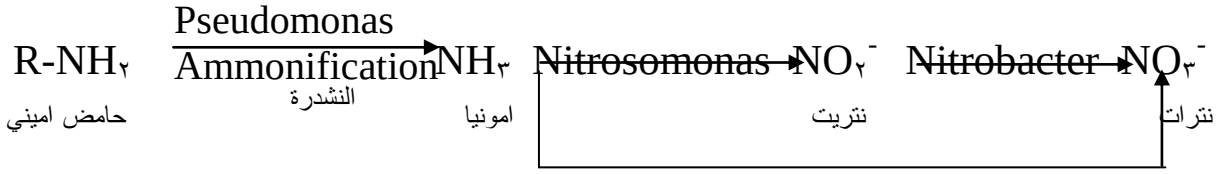
د. ويمكن ان تتم عملية تثبيت النتروجين الجوي بواسطة التأثير المؤين للبرق تسمى Electrification الكهربة، ويصل إلى التربة كأكاسيد للنتروجين.



دورة النتروجين في الطبيعة

ان للبكتريا دوراً واضحاً في عمليات التحلل للمركبات النتروجينية خلال عمليات ثلاثة هي: أ. **النشدرة** Ammonification ، ب .**النترجة** Nitrification ج.**عكس النترجة** Denitrification التي يشارك فيها أكثر من نوع من البكتريا. إذ تساعد بكتريا النشدرة مثل بسيودوموناس Psendomonas في تحلل الحوامض الامينية (-NH_2 group) وانتاج الامونيا NH_3. وهذه الامونيا بدورها تتأكسد وتتحول إلى نتريت NO_2^- بسرعة بواسطة

بكتريا النتريت مثل نايتروسوموناس Nitrosomonas ومن ثم تتحول إلى النترات NO_3^- بواسطة بكتريا النترات مثل نايتروباكتر Nitobacter



Denitrification ← N_2O, NO_2 إلى الجو

عكس النترجة

وهناك بعض الأنواع من البكتريا تساعد على ارجاع النتروجين إلى صيغته في الجو أي تعيد النتروجين المثبت من التربة إلى المحيط الجوي بواسطة عملية تسمى عكس النترجة Denitrification وهي عملية اختزال ميكروبي للنترات أو النتريت إلى غازات النتروجين يفقد ويتطاير في الجو . وهذه البكتريا هي الثايوباسيليس Thiobacillus denitrificans وبكتريا مايكروكوكس Micrococcus denifrificans ان وجود هذه الانواع من البكتريا له أهمية كبيرة في المحافظة على الانسياب الدوري للنتروجين من خلال أي نظام بيئي

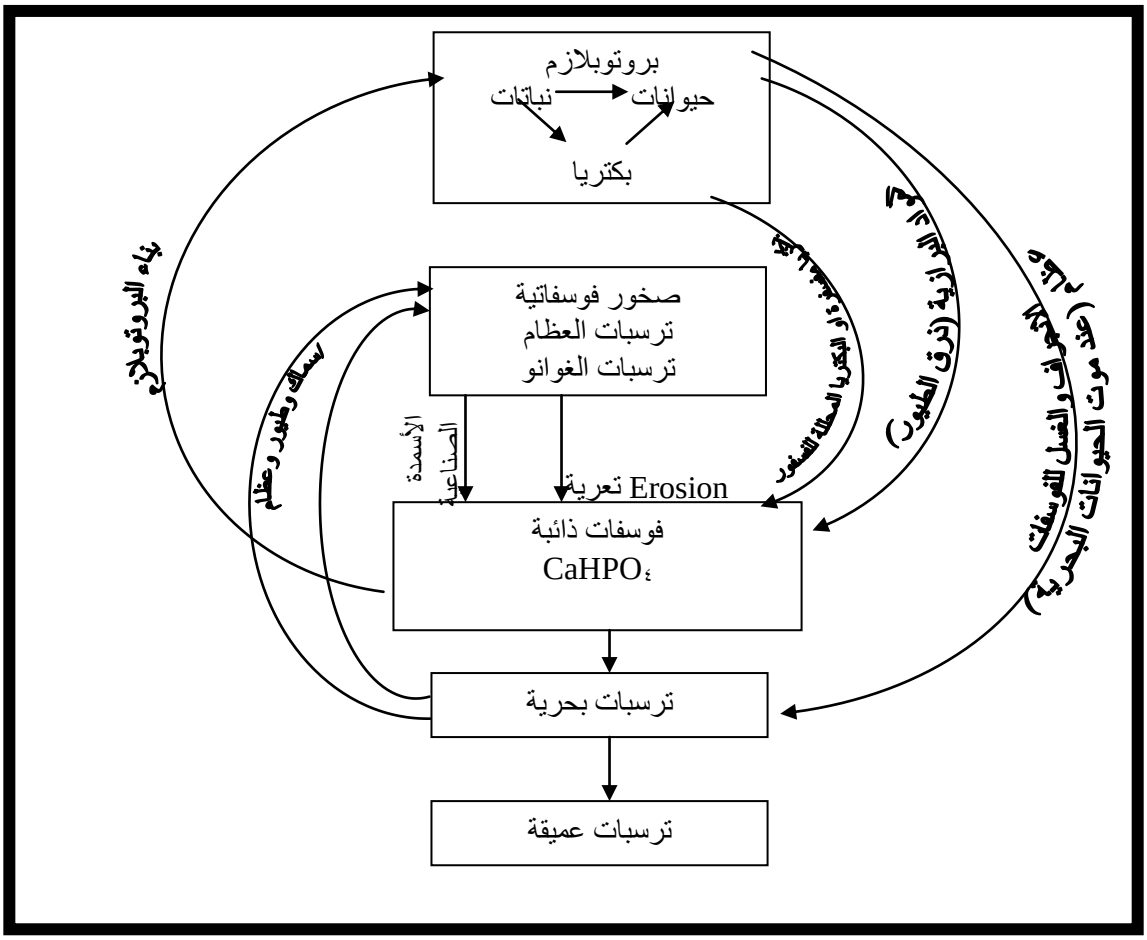
وتعد عملية اخذ النبات للنتروجين في أشكاله اللاعضوية كالنترات مقياساً جيداً للتوازن بين التحلل البروتيني والتأثير البكتيري والإنتاجية الأولية. فعند تواجد النترات في تراكيز عالية في أي مسطح مائي يمكن ان يكون دليلاً على الإثراء الغذائي Eutrophication وهي عملية تشجع نمو الاشنات والنبات في المسطحات المائية نتي جة زيادة المحتوى الغذائي للمياه

ثالثاً: الدورات الرسوبية: Sedimentary cycles

دورة الفسفور: Phosphorus

الفسفور من العناصر الأساسية الضرورية للحياة فهو يدخل في تركيبة الخلية لجميع الاحياء، ويؤدي دوراً رئيسياً في خطوات متعددة في العمليات الايضية فهو من العناصر الأساسية في بنية جزيئة الـــ DNA والـــ RNA . ومن العناصر الأساسية في مركبات الطاقة ATP ثلاثي فوسفات الادينوسين. فضلاً عن اشتراكه في تركيب الليبيدات المفسفرة التي تدخل في تركيب العضيوات والأغشية الخلوية. اما الفسفور اللاعضوي فيكون على هيئة ايونات الفسفور $PO_4^{\equiv}$ و $HPO_4^{=}$ و H_2PO_4 والتي تمتصها النباتات وتثبت في الخلايا خلال

العَمليات الايضيّة. أما الخزين الأساسي للفسفور في الطبيعة فهو الصخور الفوسفاتية (معدن الابتايت Apatite) وبقايا ذرق الطيور (الغوانو) وفضلات الأسماك والعظام والترسبات في الحيوانات المتحجرة. ويتدفق الفسفور من هذه العناصر خلال عمليات التآكل والتعرية Erosion والانجراف فضلاً عن عمليات التنقيب واستخدامات الاسمدة المختلفة. ان الدورة الكيمياوية الأرضية الحياتية للفسفور يمكن ان تتوضع كما في الشكل الأتي:



دورة الفسفور في الطبيعة

المحاضرة الخامسة

قوانين التحمل والعوامل المحدد Tolerance laws & Limiting factors:

يتأثر توزيع الكائنات الحية وانتشارها على الكرة الأرضية بطبيعة تحملها للتغيرات في العوامل البيئية بصورة عامة، والتي تشمل عدد من العوامل كالحرارة والرطوبة والضوء والرياح وطبيعة التربة ونوعية الأحياء المتواجدة في تلك المنطقة وغيرها من العوامل. وعلى هذا الأساس يمكن تفهم أنماط الوفرة والانتشار للمجاميع الحياتية نباتية أو حيوانية.

يلاحظ ان بعض الأنواع من الكائنات الحية ذات مستويات تحمل عالية لعدد من العوامل البيئية مما جعلها تمتلك القدرة على الانتشار الواسع في مناطق مختلفة مثل العصفور وورد الجوري والثيل واشجار اليوكالبتوس. وهناك أنواع أخرى تعيش في منطقة محددة أي انها محدودة الانتشار وذلك لعدم تحملها لبعض العوامل البيئية مثل الدببة واشجار النخيل والبلوط والجوز واللوز.

لقد اهتم علماء البيئة في دراسة تحمل الكائنات الحية أو عدمه للعوامل البيئية المختلفة وعلاقة ذلك في الصفات المورفولوجية والفسيولوجية.

ويمكن القول ان وجود أي كائن حي أو مجموعة من الكائنات الحية واستمرارها في بيئة معينة يعتمد في الأساس على مجموعة متداخلة من العوامل، وان أي من هذه العوامل تكون في مدى التحمل لبقاء ذلك الكائن الحي في المنطقة.

قانون ليبج للحد الأدنى: Liebig's law of the minimum

أوضح العالم الألماني Liebig عام ١٨٤٠ بأن هناك علاقة بين نمو الكائنات الحية وديمومتها في بيئتها الطبيعية وبين توفر الظروف البيئية والعوامل التي يحتاجها الكائن الحي . وينص قانون ليبج Liebig على ان المواد الأساسية المتوافرة في موطن Habitat الكائن الحي بكميات قليلة جداً يقتوب مقدارها من الحد الأدنى الحرج الضروري لحياة الكائن الحي ونموه تعد هي العامل المحدد لذلك النوع من الاحياء.

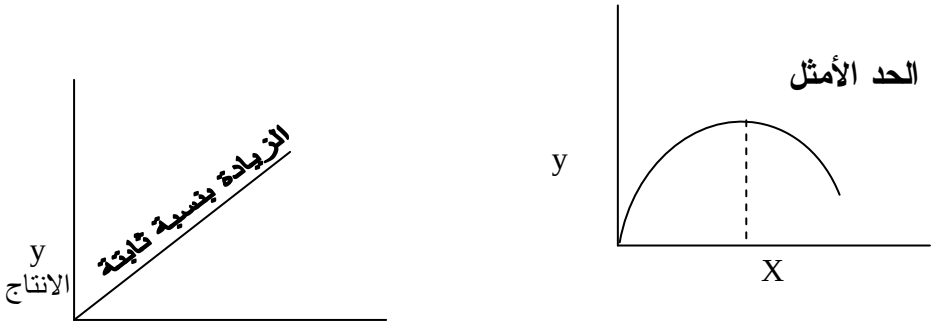
لذا سمي قانون ليبج بقانون الحد الأدنى Law of minimum .

بدأ ليبج عمله على النباتات إذ أشار إلى ان نمو النباتات يعتمد على كمية المادة الغذائية التي توفر لها بمقدار الحد الأدنى.

إذ عرّف limiting factor العامل المحدد بما يلي:

"ان العنصر الغذائي الموجود في التربة أو في وسط النمو بأقل كمية لتلبية حاجة النبات مقارنة بالعناصر الأخرى يكون هو العامل المحدد للإنتاج".

أي ان إضافة أي كمية من العنصر المحدد فإن الانتاج سيزداد بصورة مضطردة ثابتة



ثم وضع العالم Wollny عام ١٨٩٧ قانون الحد الأمثل Law of optimum وهو انه بإضافة العامل المحدد فسيزداد الإنتاج عن الحدود الدنيا ليصل إلى الحد الأمثل ثم يبدأ الإنتاج بالانخفاض بزيادة العامل المحدد للإنتاج.

وقد توسع الباحثون بعدئذ ليشمل عوامل مختلفة أخرى كالعوامل الفيزياوية مثل الضوء والحرارة والرطوبة والعوامل الكيمياوية والبيولوجية فضلاً عن عامل الزمن.

قانون شيلفورد للحد الأعلى: Shelford's law of the maximum

يعتمد تواجد الكائن الحي في موطن ما على أمور عدة، كما ان غياب الكائن الحي أو فشله في التواجد في موطن ما يمكن السيطرة عليه خلال زيادة ان ونقصان نوعاً أو كماً لبعض العوامل والتي يمكن ان تقترب من حدود التحمل لذلك الكائن.

لقد قام العالم شيلفورد في عام ١٩٢١ بتوسيع قانون الحد الأدنى مما جعله يعلن عن قانون الجديد المسمى بقانون شيلفورد للتحمل Shelford's law of tolerance أو قانون الحد الأعلى Law of maximum ويتضمن هذا القانون (ان أي كمية أو عامل يتفوق الحد الأقصى الحرج يستطيع ان يوقف نمو الكائن الحي وتكاثره في بيئيته الطبيعية وبذلك سوف يخرج من تلك المنطقة). لذا فإن قيمة العامل وكميته يجب ان تبقى دون الحد الأقصى الحرج لتحمل الكائن الحي.

ويمكن ان يعرف هذا القانون (ان بقاء أو عدم بقاء الكائن الحي في موطن ما يعتمد على عوامل متداخلة عدة ومعقدة وان زيادة كمية أو نسبة أي من العوامل لتقترب من حدود تحمل الكائن الحي تحدد بقاءه).

من المفهوم أعلاه فإن قانون شيلفورد للتحمل يناقض لحد ما قانون ليبج للحد الأدنى إذ يوضح شيلفورد ان بقاء أو عدم بقاء الكائن الحي لا يحدده قلة أو ندرة العامل فحسب بل ان كثرة العامل كذلك تحدد وجود هذا الكائن الحي.

فعلى سبيل المثال ان ارتفاع درجات الحرارة أو زيادة شدة الضوء أو زيادة كمية سقوط الأمطار غالباً ما تؤدي إلى القضاء على العديد من الكائنات الحية التي لا تتحمل هذه الزيادات وفي مناطق مختلفة. لقد مهد قانون التحمل الطريق إلى تفهم الحدود التي يمكن ان تعيش فيها مختلف الكائنات الحية الراقية منها والواطئة في الطبيعة مما ساعد على إدراك توزيع الأحياء وانتشارها في البيئة الطبيعية.

المفاهيم الأساسية في تطبيقات قانون التحمل:

١. ان الكائنات الحية التي لها مدى تحمل واسع لمعظم العوامل البيئية هي التي تكون أوسع الكائنات الحية انتشاراً في الطبيعة وأكثرها احتمالاً على البقاء.
٢. ان بعض الكائنات الحية تمتلك مديات واسعة للتحمل لبعض العوامل البيئية في حين لها مديات تحمل ضيقة لعوامل أخرى.
٣. ان نقص كمية ما أو عامل ما في الطبيعة يؤثر سلباً أو ايجابياً على مدى التحمل لعامل آخر.
٤. ان مديات التحمل لعامل من العوامل البيئية غالباً ما يتغير مكانياً وزمانياً.
٥. ان العلاقات بين الكائنات الحية المختلفة كالتنافس والتطفل والافتراس لها دور واضح في التأثير على انتشار تلك الأحياء في مديات تحملها.

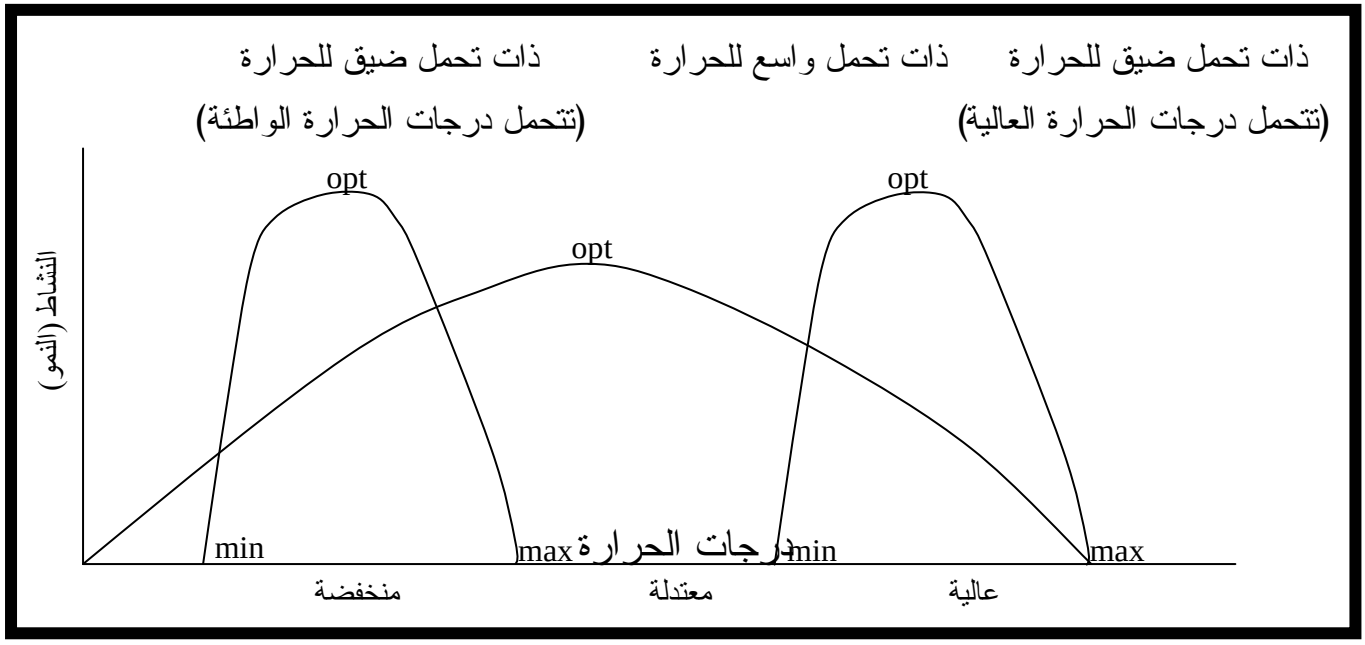
مفهوم الجمع (بين قانون الحد الأدنى والحد الأعلى) للعوامل المحددة:
Combined concept of limiting factors

هناك قانون آخر يتعلق بالعوامل المحددة ومستويات التحمل وهذا القانون ينص على : (ان بقاء الكائن الحي أو عدمه يعتمد على مجموعة من العوامل والظروف البيئية المتباينة، وان أي من العوامل إذا اقترب من حدود التحمل أو تعداه يقال عنه يمثل العامل المحدد).

أي ان العوامل المختلفة من حيث الكمية والنوعية يجب ان تتواجد بحد ادنى في الأقل وذلك في المحيط الذي يتواجد فيه الكائن الحي وان يكون ضمن مدى تحمل الكائن الحي في ذلك النظام البيئي.

أي انه كلما زاد تحمل الكائن الحي للظروف البيئية المحيطة به ازداد انتشاره وتحمله. وان مدى تحمل الكائن الحي للظروف البيئية تختلف باختلاف الكائن الحي.

فلو اخذنا مثالاً على ذلك حيوانات الجمال والبطريق فكلاهما من الكائنات الحية قليلة التحمل أي ذات مدى تحمل ضيق ولكن باختلاف واضح، فالجمال تعيش في المناطق الصحراوية الحارة وتتحمل درجات الحرارة العالية والظروف البيئية القاسية الناتجة عن ذلك ولكنها لا تتحمل البرودة أو الانخفاض الكبير لدرجات الحرارة العالية، علماً بأن انتشار الاثنين يكون محدوداً. وهذا يمكن توضيحه في الشكل الآتي



ان مديات التحمل للعديد من العوامل البيئية تستعمل بشكل واسع من قبل علماء البيئة في وصف الكائنات الحية بالاشارة إلى كونها ضيقة التحمل (Steno) أو تكون واسعة التحمل (Eury) وكما يلي:

العامل البيئي	مدى تحمل ضيق	مدى تحمل واسع
الحرارة	Stenothermal	Eurthermal
الرطوبة	Stenohydric	Euryhydric
الملوحة	Stenohalic	Euryhalic
الغذاء	Stenophagic	Euryphagic

المحاضرة السادسة

العوامل المؤثرة ذات الأهمية كعوامل محددة:

سنتطرق هنا إلى العوامل البيئية اللااحيائية الفيزياوية منها واللكيمياوية ذات الأهمية البالغة والتي لها تأثير محدد على الكائنات الحية وانتشارها.

أولاً: درجة الحرارة Temperature

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل البيئية ذات التأثير المحدد للكائنات الحية، إذ تعد من العوامل الأساسية المؤثرة في العمليات الايضية Metabolism لكل الكائنات الحية كالتنفس والتفاعلات الانزيمية المختلفة.

يلاحظ ان لكل كائن حي درجة حرارة مثلى للنمو Optimum temperature فضلاً عن مدى معين من درجات الحرارة. وهناك اختلافات واسعة بين المديات لتحمل الكائنات الحية المختلفة من درجات الحرارة، إذ ان المدى الحراري يعتمد على عوامل داخلي وخارجية وهي:

أ. الصفات الوراثية.

ب. العمر.

ج. بيئة الكائن الحي.

وقد تتأقلم بعض الأحياء إلى مديات من درجات حرارة عالية أو منخفضة خارج المدى المحدد لذلك الكائن الحي من خلال بعض التكيفات التي تمتلكها الكائنات الحية لمقاومة درجات الحرارة في حديها الأدنى والأعلى وهذه التكيفات هي: Adaptation

١. **التكيفات الفسلجية.**
٢. **التكيفات التركيبية لمقاومة التغير في درجة الحرارة.**
٣. **التكيفات السلوكية.**

ثانياً: الرطوبة: Humidity

يعد عامل الرطوبة ذات أهمية واضحة في بيئة اليابسة، إذ ان الرطوبة يقصد بها توافر جزيئات الماء في الغلاف الجوي أو في سطح التربة أو في اعماقها . ويشمل مفهوم الرطوبة التساقط Precipitation بأنواعه المختلفة كالامطار والثلوج والندى والتي تعد المصدر الرئيسي للرطوبة في التربة.

ان فترة سقوط الأمطار وكمياتها تؤثر في انتشار الكائنات الحية المختلفة خاصة النباتات ومن ثم الحيوانات وصولاً إلى الإنسان. وهناك تفاوت كبير في معدلات التساقط في

مناطق العالم المختلفة، فهناك امطار غزيرة في جميع الفصول في المناطق الاستوائية، في حين هناك أمطار فصلية في المناطق الأخرى.

و يمكن تقسيم العراق اعتماداً على معدلات سقوط الأمطار إلى أربع مناطق رئيسية هي:

١. **الصحاري:** تتمركز في المنطقتين الجنوبية والغربية ويكون معدل سقوط الأمطار سنوياً (أقل من ١٠٠ملم).
٢. **السهول المنبسطة:** وتتواجد في منطقة ما بين النهرين دجلة والفرات في وسط العراق ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي ما بين (١٠٠-٢٠٠ملم).
٣. **المنطقة المتموجة:** وتقع شمال منطقة السهول ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي ما بين (٢٠٠-٥٠٠ ملم).
٤. **المنطقة الجبلية:** وتشمل منطقة السلاسل الجبلية في الشمال والشمال الشرقي من القطر ويتراوح معدل سقوط الأمطار السنوي ما بين (٧٠٠-١٢٠٠ملم).

واعتماداً على توفر الرطوبة يمكن تقسيم النباتات إلى ثلاث مجاميع رئيسية هي:

١. النباتات المائية Hydrophytes تعيش هذه النباتات في وسط مائي.
٢. النباتات الوسطية Mesphytes تحتاج هذه النباتات إلى كميةمعتدلة من الماء.
٣. النباتات الصحراوية Xerophytes تعيش هذه النباتات في بيئة صحراوية قاحلة.

ثالثاً: الضوء: Light

يطلق مصطلح الضوء على الجزء المرئي Visible radiation من الإشعاع الشمسي Solar radiation وهذا الإشعاع يعد مصدراً للطاقة الكلية للارض تقريباً حيث يكون على هيئة موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجي يتراوح بين (٢٩٠-٥٠٠٠) مليميكرون اما الضوء فهو جزء من ذلك الإشعاع ويقع بطول موجي يتراوح بين (٣٨٠-٧٦٠) مليميكرون.

يعد الضوء من العوامل المهمة في النظام البيئي وترجع اهميته إلى:

١. الضوء مصدر للطاقة المهمة في عملية البناء الضوء.
٢. يعمل على بناء الكلوروفيل والصبغات الأخرى وبذلك يكون مسؤول عن تلوين النباتات والحيوانات.
٣. ضروري للابصار فبدونه تتغير أوضاع الكثير من الأحياء وتصرفها.
٤. يؤثر على نمو النباتات من حيث تأثيره على إنبات البذور، موقع وعدد البلاستيدات الخضراء، غلق وفتح الثغور، عملية النتح، عملية التزهير.
٥. يعد الضوء محفزاً للتواقت اليومي أو الفصلي للكائنات الحية نباتية كانت ام حيوانية.

ولفهم أهمية الضوء كعامل بيئي فلابد من التطرق إلى ثلاثة أمور أساسية وهي:

أ. شدة الضوء ب. نوعية الضوء. ج. طول الفترة الضوئية.

شدة الضوء: Light intensity

ان لشدة الضوء وكميته تأثيراً ف ينمو النباتات والكائنات الأخرى . وتزداد شدة الضوء في المناطق الاستوائية بسبب الوضع العمودي لأشعة الشمس وبذلك تزداد درجات الحرارة في حين تقل كلما اتجهنا نحو القطبين.

تتأثر شدة الضوء بعد عوامل منها مكونات الهواء الجوي، طوبوغرافية الأرض، الكساء الخضري، كثافة الغيوم ووجود الضباب والدخان والغبار.

ان الجزيئات الصلبة المنتشرة في الهواء (كالغبار والدخان) لها أهمية كبيرة في التأثير على كمية الضوء بسبب حجبها له حيث تعمل كعازل يقلل من شدة الضوء الساقط على سطح الأرض. فالدخان في الدول الصناعية المتقدمة يحجب حوالي (٩٠%) من الضوء. ان التأثير الأكثر خطورة هو تراكم جزئيات الدخان وترسبها بشكل طبقة أو غشاء رقيق على اوراق النباتات فتحجب كمية الضوء اللازم لعملية البناء الضوء.

بصورة عامة تتفاوت النباتات من حيث احتياجاتها الضوئية للقيام بالفعاليات الحيوية . فمنها ما تعيش تحت ظروف الإضاءة العالية وتسمى (Heliphytes) وهي النباتات التي لا تتحمل العيش في الظل. وهناك نباتات تعيش في ظروف الإضاءة الواطئة وتسمى (Sciophytes) وهي النباتات التي تتحمل الظل.

نوعية الضوء: Light quality

يتألف الضوء (الجزء المرئي من الاشعاء) Visible radiation من عدة ألوان ذات أطوال موجية مختلفة وهي اللون البنفسجي، الأزرق، الأخضر، الأصفر، البرتقالي، الأحمر.

تعد الموجات الحمراء والزرقاء من الضوء ذات تأثير مهم في عملية البناء الضوئي والتي يتم امتصاصها من قبل الصبغات النباتية المسؤولة عن امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيمياوية كما يحدث ذلك في صبغة الكلوروفيل.

اما الموجة الخضراء فلا يتم امتصاصها بل تعكس من قبل الأوراق لذا فإن اللون الأخضر للعين المجردة هو السائد في ألوان الأوراق النباتية.

تختلف الحيوانات في مدى تأثرها بالضوء، فيمكن لبعض الحيوانات العيش في اعماق البحار والمحيطات بعيداً عن الضوء أو العيش في أعماق التربة أو الكهوف وبعضها يحتاج الضوء لحياته.

طول الفترة الضوئية: Photoperiod

تعتبر طول الفترة الضوئية مهمة حيث تؤثر على الفعاليات الموسمية للكائنات الحية . حيث تؤثر الفترة الضوئية على الحيوانات من خلال علاقتها ببعض الفعاليات الفسيولوجية كما

في الطيور إذ تشمل تغير ريشها ولونه وترسيب الدهن أو وضع البيض والهجرة من مكان لأخر حيث تهاجر الطيور شمالاً عندما يطول النهار وجنوباً عندما يقصر النهار . كما ان لطول الفترة الضوئية أهمية كبيرة لعملية التزهير (Flowering) في النباتات حيث هناك ما يعرف بالفترة الضوئية (Flowering) في النباتات حيث هناك ما يعرف بالفترة الضوئية الحرجة Critical phototeriod لكل نبات الذي يزهر عندما يتعرض لها . وعلى هذا الأساس تقسم النباتات إلى ثلاث مجاميع هي:

أ. نباتات النهار الطويل Long-day plants

وهي النباتات التي تزهر عندما تتعرض لفترات ضوئية يومية أطول من الفترة الضوئية الحرجة مثل نبات (الشعير، البرسيم، الشوفان، البنجر، الفجل، السبانغ).

ب. نباتات النهار القصير Short-day plants

وهي النباتات التي تزهر عندما تتعرض لفترات ضوئية يومية اقصر منا لفترة الضوئية الحرجة مثل نبات (الرز، الذرة الصفراء، فول الصويا، قصب السكر، التبغ، الدخن).

ج. نباتات النهار المعتدل Neutral-day plants

هذه النباتات تزهر دون العلاقة بطول الفترة الضوئية أي نباتات ليس لها فترة ضوئية حرجة مثل نبات (الطماطة، الخيار، الفاصوليا، زهرة الشمس، القطن).

رابعاً: الغازات Gases

تعتبر من العوامل البيئية المهمة في البيئات الأرضية والمائية على حد سواء، إذ تعد كميات الأوكسجين المتوفرة عاملاً مهماً للتنفس وهو ضروري للنبات والحيوان والانسان على حد سواء. وان ازدياد معدل التنفس يؤدي إلى زيادة تركيز غاز اوكسيد الكاربون CO_2 في المنطقة، لذلك لابد من حصول توازن بين هذين العاملين لكي تتمكن الكائنات الحية من المعيشة في ظروف مناسبة.

يتراوح تركيز الأوكسجين في الهواء الجوي بحدود (٢١%) فيما يتراوح تركيز ثاني اوكسيد الكاربون بحدود (٠.٠٣%) وكما هو معروف فإن CO_2 يعتبر عامل أساسي مهم في عملية البناء الضوئي. ويصبح الأوكسجين محدداً كلما تعمقنا في التربة أو الترب الغدقة . تختلف الحالة في البيئات المائية لان كميات الأوكسجين O_2 تذوب في الماء.

وبذا تكون في متناول أحياء مائية متنوعة من وقت لأخر ومن مكان لأخر . يعتبر الأوكسجين الذائب من بين أكثر العوامل الكيمياوية الحرجة في تأثيرها على البيئة المائية وذلك لأن معظم الكائنات الحية (باستثناء الكائنات اللاهوائية) تحتاج إلى هذا الغاز لاجل تنفسها. وبصورة عامة تعد متطلبات الأوكسجين للنباتات اوطأ منها للحيوانات المساوية لها في

الوزن، فعندما يحدث تنافس بين النباتات والحيوانات على الأوكسجين المتاح فإن، الحيوانات تموت قبل النباتات بسبب نقص الأوكسجين.

خامساً: التربة Soil

تعد التربة احدى العوامل المهمة والأساسية لنمو الكائنات الحية وانتشارها. فالنباتات تمد جذورها في التربة لتحصل على الماء والعناصر الغذائية . كما ان التربة تعتبر موطناً Habitat للأحياء المجهرية وللحيوانات مثل دودة الأرض والحيوانات الحافرة. وعند تواجد النباتات في التربة فسوف تتواجد الحيوانات التي تعتمد في غذائها على هذه النباتات كغذاء مباشر أو كمضيف تعيش عليه. تعيش في التربة أنواع مختلفة من الحيوانات كالديدان الخيطية وعديدة الاهداب والحشرات والقوارض بالإضافة إلى الكائنات الحية الواطئة كالبكتريا والفطريات والطحالب والابتدائيات.

تنشأ التربة من تفتت الصخور ويشارك في تكوينها الماء والهواء و الأحياء المختلفة . التربة إذن عبارة عن تلك الطبقة السطحية من القشرة الأرضية التي تكونت خلال عملية تفتت الصخور إلى جزئيات صغيرة تشمل كلاً من جزئيات الرمل Sand والغرين Silt والطين Clay .

تعد التربة نظاماً معقداً تحتوي على أربعة مكونات أساسية هي:

١. الدقائق المعدنية Minerals وهي الرمل والغرين والطين وتشكل نسبة ٤٥%.
٢. المادة العضوية Organic mater وتشكل نسبة ٥%.
٣. محلول التربة Soil solution ويشكل بنسبة ٢٥%.
٤. الهواء Air ويشكل نسبة ٢٥%.

سادساً: الملوحة: Salinity

ان للملوحة تأثيرات بيئية واضحة في تحديد الكائنات الحية نوعاً وكماً في البيئات الأرضية أو المائية على السواء.

ان سوء الاستغلال الزراعي للتربة وعمليات الري الزائدة بدون وجود مبازل وكذلك ارتفاع مستوى الماء الارضي وقلة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة كل ذلك يؤدي إلى زيادة تراكم الاملاح على سطح التربة مما يجعلها غير صالحة للزراعة ويقلل من عدد الأنواع النباتية النامية فيها.

ان الترب الملحية هي الترب التي تتجمع فيها كميات كافية من الاملاح وبصفة خاصة الكلوريدات أو الكبريتات التي تعيق نمو النباتات. وهذه الترب عرفت بأنها ذات توصيل كهربائي لمستخلصها المشبع يزيد على (٤مليموز/سم).

للملوحة تأثيرات فسلجية على النباتات وهناك مدى تحمل للملوحة يختلف من نوع نباتي إلى آخر. وتسمى النباتات التي تنمو في الترب المالحية بالنباتات المحلية Halophytes وكلما كان النوع النباتي ذا تحمل أكثر للملوحة كان مدى الملوحة للتربة التي ينمو عليها أوسع وأكبر.

كما وتعتبر الملوحة عاملاً مهماً في البيئة المائية واعتماداً على درجة الم لوحة قسمت المياه إلى ثلاثة أقسام هي:

١. المياه التي ملوحتها اقل من (٠.٥جزء بالالف) هي مياه عذبة Fresh water.
٢. المياه التي ملوحتها بين (٠.٥-٣٠جزء بالالف) هي مياه مويلحة Brackish water.
٣. المياه التي ملوحتها أكثر من (٣٠جزء بالألف) هي مياه مالحة Saling water

ان بعض الأحياء لها قابلية التحمل للمدى الواسع للتغيرات في درجة الملوحة كما هو الحال في الأحياء المائية التي تستطيع العيش في مصبات الأنهار، في حين لا يمكن لأحياء المياه العذبة مثل اسماك الكطان والشبوط والبني العيش في المياه المالحة.

سابعاً: درجة الاس الهيدروجيني: PH

تبدو أهمية درجة الاس الهيدروجيني بشكل أوضح في مواطن خاصة مثل التربة حيث تعيش فيها الأحياء المجهرية كالبكتريا والفطريات وجذور النباتات الراقية. وكذلك له اهميته في البيئة المائية. وتتراوح قيم الأس الهيدروجيني في المياه الطبيعية بين (٤-٩) وهناك مديات أكثر أو اقل ولكنها تشكل حالات نادرة.

وللكائنات الحية مديات محددة من قيم الاس الهيدروجيني في البيئة سواء المائية منها أو اليابسة. ان دودة الأرض حساسة لحموضة التربة وقد وجد ان بعض الأراضي الزراعية خالية تماماً من هذه الدودة في الوقت الذي توجد في أراضي المزارع المجاورة وكل ذلك بسبب حموضة التربة. ان اختفاء دودة الأرض وقلة عدد أحياء التربة يحد ويمنع من عملية التحلل الطبيعية للدبال مما يؤدي إلى تجمع كميات من CO_2 بحيث يؤدي في النهاية التي تواجد المواد العضوية السمية.

ثامناً: الرياح Wind

ان للرياح تأثيرات مختلفة على الكائنات الحية منها ما هو مباشر ومنها غير مباشر خلال تأثيراتها على عدد من العوامل البيئية الأخرى في النظام البيئي، ويمكن ان تكون هذه التأثيرات ايجابية أو سلبية. فقد تؤدي الرياح إلى رفع درجة الحرارة على السفوح الجبلية المغطاة بالثلوج مما يساعد على توفير المياه بعد ذوبان الثلوج أي دعم نمو الحشائش ونباتات أخرى في الوديان والسهول. كما تعمل الرياح على نقل بذور النباتات وانتشارها في مناطق مختلفة، ونقل حبوب اللقاح بين النباتات. عند هبوب رياح شديدة السرعة قد يقود سلباً في بعض مكونات النظام البيئي حيث تعمل الرياح القوية على إزالة الطبقة السطحية العليا من التربة الغنية بالعناصر الغذائية.

تاسعاً: المغذيات Nutrients

تحتاج الكائنات الحية في نموها عدد من المغذيات والتي يمكن تصنيفها إلى مجموعتين (عددها ١٦عنصر)

١. **المغذيات الكبيرة Macronutrients** هي كبيرة مثل الكاربون، ا لهيدروجين، الأوكسجين، النتروجين، الفسفور، الكبريت، الكالسيوم، البوتاسيوم، والمغنيسيوم.
٢. **المغذيات الدقيقة Micronutrients** وتشمل المنغنيز، الزنك، النحاس، البورون، الكلور، و لمولبيديوم، والحديد.

هذه المغذيات تخص النباتات، اما الحيوانات فبالإضافة لهذه المغذيات ف يضاف الصوديوم واليود، ولبعض الأحياء الأخرى كالطحالب العصوية أي الدايتومات Diatoms فيضاف السليكون.

ان كلاً من هذه العناصر المغذية لابد وله دور أو وظيفة في إحدى العمليات الايضية ولا يمكن للكائن الحي إكمال دورة حياته بغياب احد هذه المغذيات، كما تظهر اعراض ن قص لأي عنصر منها، ولا يمكن تصحيح النقص الا بإضافة نفس العنصر. ومن هذه الوظائف تكمن أهمية هذه المغذيات.

تعد المغذيات عوامل محددة سواء في التربة أو في البيئة المائية، وغالباً ما تشكل العناصر المغذية لكل من النتروجين والفسفور عوامل محددة في التربة.

كما ان بعض المغذيات وخاصة الدقيقة منها والتي يحتاجها النبات والحيوان بتراكيز قليلة جداً، قد تكون مثبطة للنمو أو سامة في تراكيز عالية كما هو الحال في العناصر الثقيلة منها الزنك والنحاس والمنغنيز والحديد.

ان الاختلاف في قابلية الترب لتجهيز هذه العناصر في محلول التربة سيؤدي بشكل مباشر أو غير مباشر إلى التباين في الغطاء الخضري الطبيعي.

عاشراً: الحرائق: Fires

تعد الحرائق احدى العوامل المهمة المؤثرة في بيئة اليابسة وخاصة المناطق الحارة والجافة منها مما تؤدي إلى اتلاف وتغير النظام البيئي حيث تنخفض مكونات الكساء الخضري وتتأثر الحيوانات المتعايشة معها. هناك مصدران أساسيان للحرائق احدهما طبيعياً كالبرق، اما الأخر فهو بفعل الإنسان.

قد يكون الحريق في بعض الأحيان مفيداً لعبض المناطق مثل إزالة الانواع النباتية غير المرغوب فيها أو القضاء على بعض الأمراض النباتية ومسبباتها.

تلئون بعض الانواع النباتية أكثر مقاومة للحريق من غيرها من خلال عدة خواص مثل امتلاكها لطبقة سميكة جداً من القلف كما في أشجار الخشب الأحمر Red wood.

توجد ثلاثة أنواع رئيسية للحرائق والتي يمكن ان تتحول من نوع لآخر على وفق الظروف البيئية الموجودة حينها كالرياح والحرارة والرطوبة والكساء الخضري . وهذه الأنواع هي:

١. الحرائق الأرضية: Ground fires تحدث هذه الحرائق في الترب المغطاة بطبقة سميكة من المواد العضوية حيث يتم احتراقها ببطئ وبدون لهب. وقد تؤدي هذه الحرائق إلى موت معظم النباتات التي تمتد جذورها ضمن منطقة الاشتعال.
٢. الحرائق السطحية: Surface تمتد هذه الحرائق بسرعة لتشمل الأعشاب والشجيرات على سطح التربة.
٣. الحرائق التاجية: Crown fires تنتقل هذه الحرائق بين قمم الأشجار كما يحدث في بعض الغابات الكثيفة التي تؤدي إلى قتل معظم النباتات فوق سطح التربة.

المحاضرة السابعة

الإنتاجية: Productivity

من المعروف ان الكائنات الحية على الكرة الأرضية تستمد طاقتها بصورة مباشرة أو غير مباشرة من الشمس التي تنبعث منها الطاقة بصورة مستمرة. ويتم استغلال هذه الطاقة الضوئية اساساً في عملية البناء الضوئي Photosynthesis التي تقوم بها النباتات الخضراء أي التي تحتوي على صبغات الكلوروفيل أو اليخضور . حيث تقوم هذه الصبغات بامتصاص الطاقة الضوئية الصادرة من الشمس وتحويلها إلى طاقة كيمياوية تساهم في عملية تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون على هيئة مركب عضوي وهو سكر الكلوكوز Glucose والتي تتمث ل بصورة مبسطة بالمعادلة الآتية:

$$CO_2 + H_2O + \text{طاقة ضوئية} \xrightarrow{\text{بوجود الكلوروفيل}} C_6H_{12}O_6 + O_2$$

وان هذا المركب يمكن ان يتحول إلى مركبات عضوية أخرى . ويسمى هذا الانتاج **بالانتاج الحيوي** Biological productivity. يتميز الانتاج الحيوي عن الإنتاج الكيمياوي اوالصناعي بكون الإنتاج الحيوي عبارة عن عملية مستمرة في حين ان الإنتاج الكيمياوي أو الصناعي هو عبارة عن دالة نهاية التفاعل.

يقسم **الإنتاج الحيوي** إلى نوعين أساسيين هما:

١. **الإنتاجية الأولية** Primary productivity

وهي المعدل الذي تخزن فيه الطاقة الإشعاعية بفعالية البناء الضوئي والتركيب الكيمياوي للكائنات المنتجة وهي النباتات الخضراء على شكل مواد عضوية يمكن ان تستعمل بوصفها مواد غذائية للكائنات الحيوانية الأخرى.

٢. **الإنتاجية الثانوية** Secondary productivity

وفيها تتحول الطاقة الكيمياوية إلى طاقة كيمياوية أخرى كطاقة متمثلة أو كفضلات . ويشار إلى الإنتاجية الثانوية بأنها معدلات خزن الطاقة على المستويات الغذائية للمستهلك.

خطوات الإنتاجية الحيوية ومراحلها:

تبدأ الإنتاجية الحيوية عندما تبدأ النباتات الخضراء استقطاب الطاقة الض وئية من قبل صبغات الكلوروفيل وتحويلها إلى طاقة كيمياوية تستغل في تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون على هيئة مادة عضوية والتي تم تعريفها بالإنتاجية الأولية.

ومن المهم التمييز بين المراحل الأربعة الآتية للإنتاجية الحيوية وهي:

١. المرحلة الأولى: GPP الإنتاجية الأولية الاجمالية:

ان مجموع الطاقة (المادة العضوية) التي تشبتها النباتات الخضراء في عملية البناء الضوئي والتي من ضمنها كمية الطاقة المستخدمة في عملية التنفس، تسمى الإنتاجية الأولية الاجمالية Gross primary productivity (GPP) والتي تعرف كذلك بالبناء الضوئي الكلي Total photosynthesis أو التمثيل الكلي Total assimilation .

٢. المرحلة الثانية NPP الإنتاجية الأولية الصافية:

ان الإنتاجية الأولية الاجمالية عندما يطرح منها ما يستهلك في عملية التنفس تصبح بما يعرف بالإنتاجية الأولية الصافية Net primary productivity ويرمز لها بـــ (NPP) وتمثل مجموع كمية المادة العضوية المخزونة في الانسجة النباتية.

R يعني Respiration التنفس .GPP-R = NPP

وتعرف كذلك بالبناء الضوئي الظاهر Apparent photo synthesis أو التمثيل الصافي Net assimilation.

٣. المرحلة الثالثة: NCP الإنتاجية الصافية للمجتمع:

تمثل الإنتاجية الصافية للمجتمع Net community productivity مجموع كمية المادة العضوية المختزنة لدى النباتات في المجتمع النباتي والتي لم يتم استخدامها أو استهلاكها من قبل الكائنات معتمدة التغذية (Heterotrophic) أي الكائنات المستهلكة والكائنات المحللة، خلال المدة التي تمت الدراسة وعادة تكون فصلاً للنمو أو سنة . ان الإنتاجية الأولية الصافية تخزن كمادة عضوية في الانسجة النباتية يشكل كتلة حية Bio mass وتقاس بوحدة الوزن في وحدة المساحة (غم/م^{٢}) أو (كغم/دونم)

NCP = NPP – Heterotrophic consumption

٤. المرحلة الرابعة: SP الإنتاجية الثانوية:

يشار إلى معدلات خزن الطاقة في المستويات الغذائية للمستهلك بالإنتاجية الثانوية Secondary productivity وهي مجموع كمية الطاقة العضوية المختزنة في اجسام الكائنات المستهلكة. وبما ان الكائنات المستهلكة Consumers تحصل على الطاقة نتيجة تناولها مواد غذائية جاهزة. لذا فإن مجموع الطاقة المختزنة لدى الكائنات المستهلكة تسمى التمثيل Assimilation وليس الانتاج Production.

وبصورة عامة تمثل الإنتاجية productivity نسبة التغير بالكتلة الحية الـــ Bio mass بالنسبة لموسم نمو معين أو بالنسبة لسنة واحدة. وتقاس الإنتاجية بـــ (غم/م^{٢}/سنة).

العوامل المحددة للإنتاجية:

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على الإنتاجية وهي:

١. **قابلية النبات على تمثيل أو تثبيت ثاني اوكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي** .

هناك طريقتان رئيسيتان لاختزل ثاني اوكسيد الكربون واللتان تمثلان الخطوة الأولى في عملية البناء الضوئي وتعتمدان على نوع النبات وهما:

a. **طريقة كالفن – بنسن** Calvin – Bensen pathway تتبعها نباتات C_3 plants إذ ان غاز CO_2 يثبت على هيئة مركب ثلاثي الكربون هو ٣-Phospho Glyceric Acid ومن امثالتها نبات الحنطة والشوفان والبنجر السكري وفول الصويا.

٢. **طريقة هاتش – سلاك** Hatch – Slack Pathway تتبعها نباتات C_4 plants على هيئة مركب رباعي الكربون هو Oxalic Acetic Acid ومن امثلتها نبات قصب السكر والذرة الصفراء هناك فروقات كبيرة بين هاتين المجموعتين من النباتلت منها تشريحية وفسلجية وبيئية .

٣. **درجة الحرارة.**

٤. **نوع الضوء الساقط وشدته.**

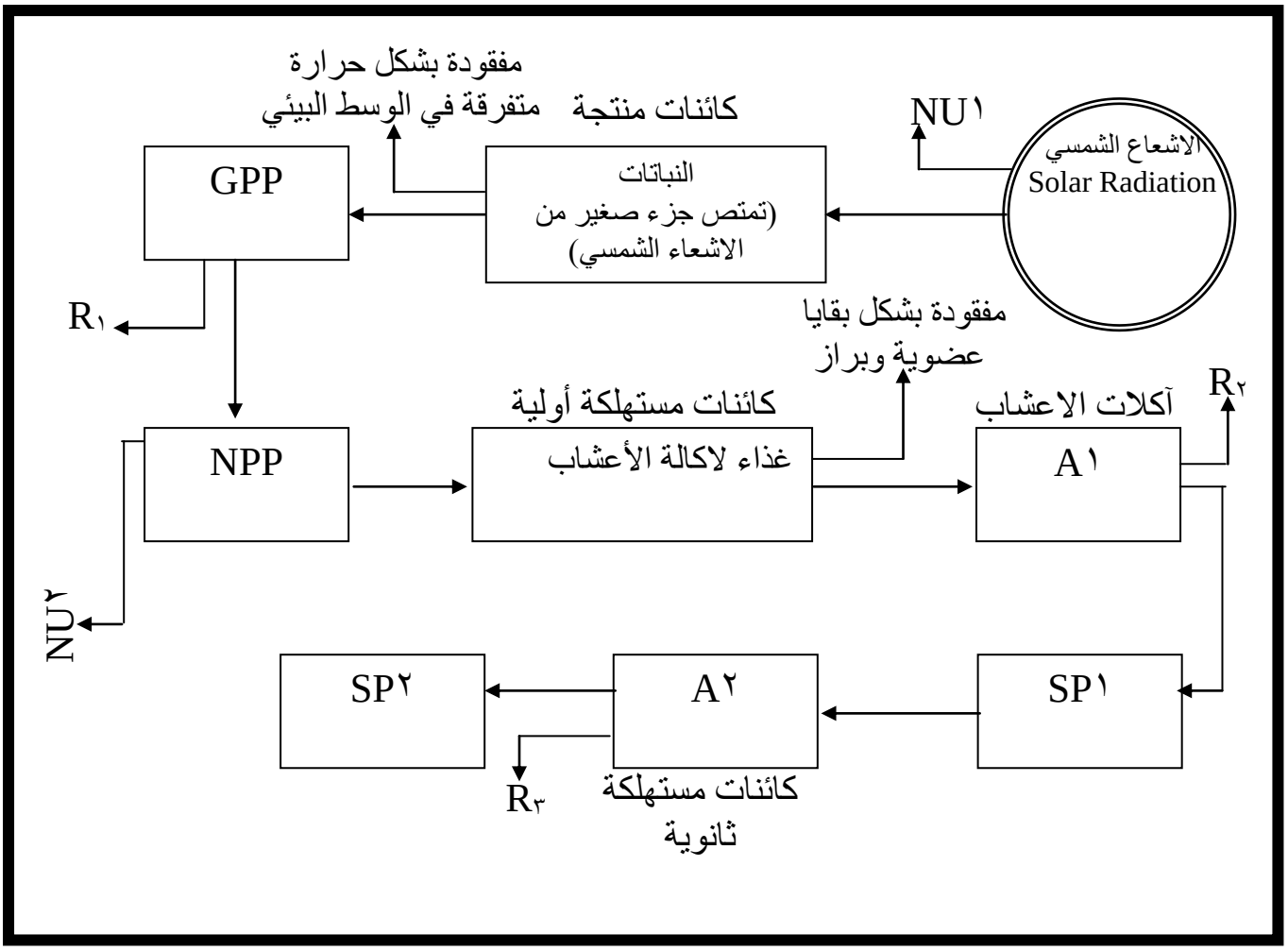
٥. **توفر الماء.**

٦. **تركيز CO_2 و O_2 والعناصر الغذائية المختلفة.**

٧. **هناك عوامل تخص النبات مثل صبغة الكلوروفيل، والمساحة الكلية للورقة، وكثافة النباتات، ومستويات المجتمع النباتي.**

سريان الطاقة Energy Flow في النظام البيئي:

المقصود بسريان الطاقة هو سلوك الطاقة في الأنظمة البيئية، أو كيفية انتقال الطاقة من المصدر إلى المستويات الاغتذائية المختلفة في السلسلة الغذائية . يحتوي مخطط سريان الطاقة عادة على الكميات المفقودة من الطاقة (غير مستفاد منها). ان مصدر الطاقة في الكون (الطبيعة) هو الإشعاع الشمسي Solar Radiation فالشمس تطلق أشعتها باتجاه الكون، والكائنات الحية تأخذ الطاقة من هذه الأشعة وتبدأ بصنع غذائها والقيام بالفعاليات الحيوية . وفيما يلي مخطط مبسط لسريان الطاقة من مصدرها ولغاية مستويات الكائنات المست هلكة موضحاً فيه كميات الطاقة المنتقلة فعلياً والكميات من الطاقة التي تفقد خلال عملية السريان.



مخطط سريان الطاقة في النظام البيئي

$NU_{١}$= Not used طاقة شمسية لم تدخل المحيط الحيوي

Gpp = Gross primary productivity الإنتاجية الأولية الإجمالية

$R_{١}$ = طاقة مفقودة خلال عملية تنفس النبات

NPP = plant Respiration الإنتاجية الأولية الصافية

$NU_{٢}$ = Not used طاقة بشكل مواد عضوية لم تستخدم أو تستهلك وتبقى في الأوراق والأجزاء النباتية، أي لم تأكلها الكائنات المستهلكة.

A١ =Assimilated الطاقة المتمثلة بالهضم لدى الكائنات الحية المستهلكة (آكلات الأعشاب)

$R_{٢}$=consumers Respiration الطاقة المفقودة بالتنفس لاكلات الأعشاب

$SP_{١}$=secondary productivity طاقة في المستوى الاغتذائي الثاني من الانتاج الثانوي (آكلات الأعشاب).

$A_{٢}$=Assimilated الطاقة المتمثلة بالهضم لدى الكائنات المستهلكة

(آكلات الحيوانات).

R_3 = Assimilated الطاقة المفقودة بالتنفس لأكلات الحيوانات

Sp_2 = secondary productivity الطاقة المفقودة بالتنفس الاغتذائي الثالث من الانتاج الثانوي (آكلات الحيوانات).

الشيء المهم في المخطط ان نحسب كمية الطاقة المتوفرة في أي مستوى اغتذائي من المستويات الاحيائية.

سريان الطاقة في المستوى الاغتذائي الأول (النباتات الذاتية التغذية)

$$GPP=NPP + R_1$$

سريان الطاقة في المستوى الاغتذائي الثاني (آكلات الأعشاب)

$$A_1=SP_1 + R_2$$

سريان الطاقة في المستوى الاغتذائي الثالث (آكلات اللحوم)

$$A_2 = SP_2 + R_3$$

الإنتاجية الصافية للنظام البيئي = زيادة الكتلة الحية+ الطاقة المستهلكة بواسطة آكلات الأعشاب+ الطاقة المستهلكة خلال موت بعض الاجزاء أو الافراد.

طرائق قياس الإنتاجية:

بالإمكان قياس الإنتاجية الأولية Primary productivity من خلال قياس كميات ثاني اوكسيد الكاربون المثبتة في النبات خلال عملية البناء الضوئي أو كميات الأوكسجين المتحررة منها أو من خلال الزيادة في كميات المادة العضوية المنتجة كالكاربوهيدرات في الجسم النباتي.

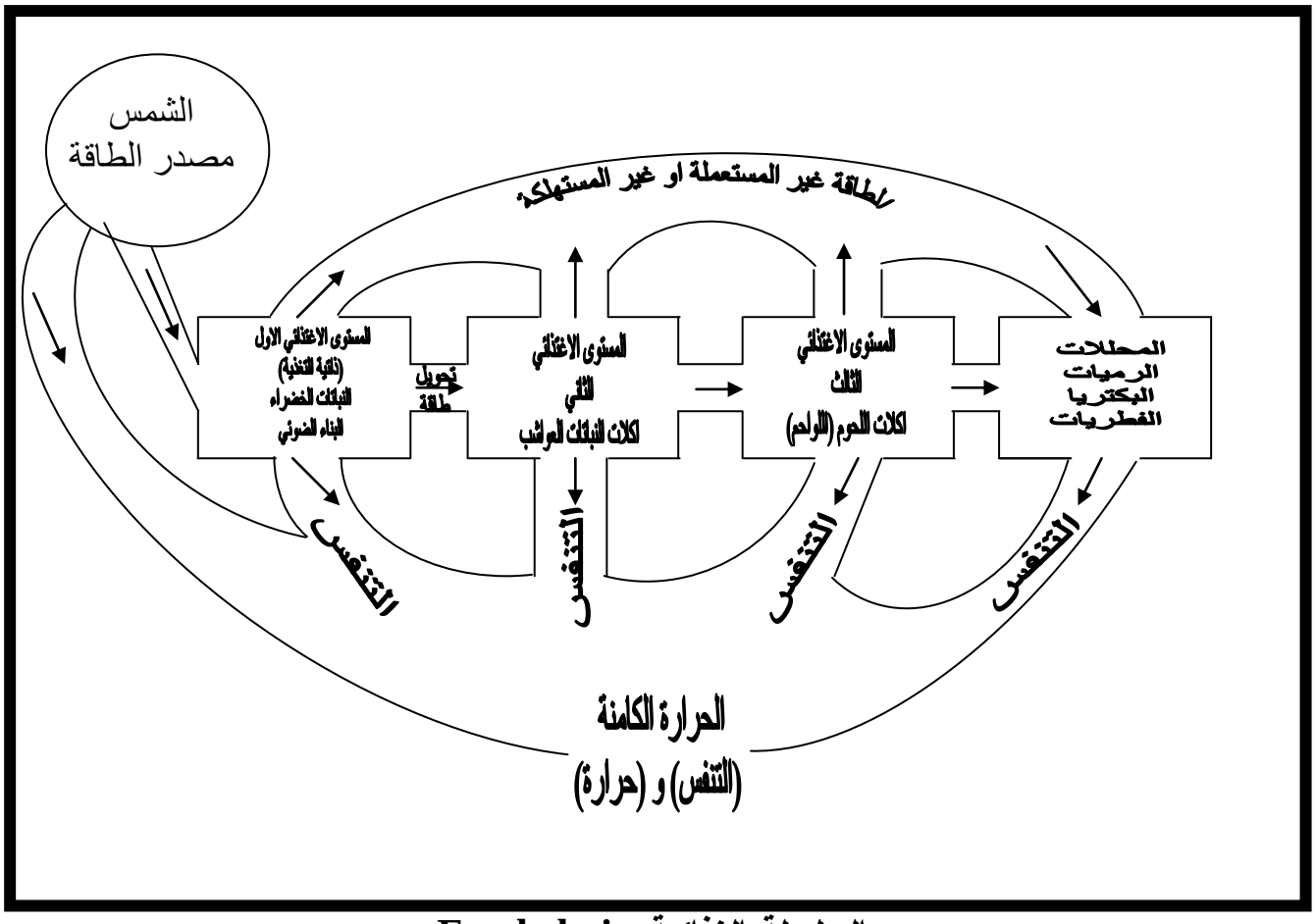
وهناك طرق مختلفة لقياس الإنتاجية من أهمها ما يأتي:

١. **طريقة الحصاد: Harvest method**
٢. **قياس الاوكسيجن Oxygem measurement**
٣. **قياس ثاني اوكسيد الكاربون Carbon dioxide measurement**
٤. **قياس الاس الهيدروجيني: pH measurement**
٥. **قياس المواد الأولية Raw materials measurement**
٦. **طريقة النظائر المشعة Radio – isotope Mehtod**
٧. **قياس الكلوروفيل Chlorophyll measuremen**

المحاضرة الثامنة

السلاسل الغذائية Food chains

ان انتقال الطاقة الغذائية من المصدر النباتي (النباتات) إلى الكائنات الحية المختلفة يتم عبر سلسلة من المستويات المختلفة بحيث يتغذى الكائن الحي من جهة ويُستهلك أو يؤكل من جهة أخرى بصورة مستمرة داخل أو خارج النظام البيئي . وتسمى هذه السلسة بالسلسلة الغذائية Food chain وكما في الشكل الأتي :



السلسلة الغذائية Food chain

أي ان الوصف الخطي للعلاقة الغذائية بين الكائنات الحية المختلفة تسمى بالسلسة الغذائية بحيث يكون العنصر المنتج أو الكائنات الحية ذاتية التغذية القاعدة الأساس لهذه السلسلة . وفي كل مرحلة من مراحل انتقال الطاقة تتبعثر كمية هائلة منها كحرارة وذلك عن طريق التنفس بصورة رئيسية. وبما ان مراحل انتقال الطاقة وخطواتها بين الكائنات الحية محدودة كما هو معروف حيث لا يزيد عادة عن أربع أو خمس خطوات عليه يمكن الجزم انه كلما تقصر

السلسة الغذائية كلما تزيد الطاقة الكامنة المتوافرة للكائنات الحية عدا النباتات، وتعتمد على بعدها أو قربها من مصدر الطاقة (النباتات) بوصفها مصدر للطاقة الغذائية في السلسلة الغذائية. حيث تكون الأغنام والأبقار والدواجن تحتوي على كميات طاقة كامنة عالية لأنها تعتمد في غذائها على الأعشاب (النباتات) بالدرجة الأساسية، مقارنة بالجوارح والكلاب والغراب والتي تحتوي على كميات أقل من الطاقة لان موقعها بعيد عن مصدر الطاقة الغذائية مثال على سلسلة غذائية :

نسر ← ثعبان ← ضفدع ← حشرة ← حشائش

المستوى الاغتذائي:

وهو احد مراحل أو اجزاء السلسة الغذائية يتكون من نوع أو عدة أنواع من كائنات حية تتشابه مع بعضها في طرق تغذيتها.

عند دراستنا للنظم البيئية المتواجدة على الكرة الأرضية، يلاحظ ان الكائنات الحية غير ذاتية التغذية Heterotrophic تكون:

- اما **آكلات أعشاب** Herbivorous التي تتغذى مباشرة على النباتات وتكون معتمدة على الطاقة الغذائية لها (الطاقة الكامنة) في الكائنات ذاتية التغذية Autotrophic.
- أو تكون **آكلات اللحوم** Carnivorous التي يقتصر غذاؤها على منتجات حيوانية وهكذا فإنها تعتمد بصورة غير مباشرة على العنصر المنتج ويكون موقعها بعيداً عن مصدر الطاقة الغذائية.
- أو تكون آكلات اللحوم التي تقتل حيواناً آخر فتعد من المفترسات Predators.
- كما ان هناك بعض الكائنات الحية التي تعتم دفي غذائها على النباتات والحيوانات أي تكون آكلات الأعشاب واللحوم في آن واحد وتسمى **بالكائنات القارتة** Omnivorous مثل الإنسان إذ يستخدم الغذاء والأسهل توفراً والأكثر تواجداً.
- يكون عديم التخصص حيث يتمكن من العيش على مجموعة كبيرة من العوائل Hosts.
- بالإضافة إلى ان هناك حيوانات ونباتات رمية Saprophytic التي تعتمد في مصدر طاقتها على بقايا النباتات والحيوانات الميتة.

يتبين مما ذكر ان السلسلة الغذائية متباينة ومعقدة داخل النظم البيئية المختلفة وبالإمكان تلخيص وتقسيم هذه الأنواع المتباينة من السلاسل الغذائية إلى ثلاثة اقسام رئيسية التي تعتمد على مصدر الطاقة الغذائية، أي اعتماداً على كيفية انتقال الطاقة الغذائية في المراحل المتعاقبة، وهذه الأقسام هي :

١. السلسلة الغذائية الافتراسية Predator chain

هذا النوع من السلاسل الغذائية يتم فيه انتقال الطاقة من النباتات إلى الحيوانات الصغيرة ثم إلى الحيوانات الكبيرة والمفترسة. وتعتمد هذه السلسلة الغذائية على الطاقة الغذائية المتواجدة في النباتات الخضراء.

٢. السلسلة الغذائية التطفلية Parasitic chain

وفيها تنتقل الطاقة الغذائية من النباتات أو الحيوانات الكبيرة إلى الكائنات الصغيرة. وهذا لا يعتمد على المصدر الأساسي في السلسلة الغذائية على الغذاء المخزون في النباتات فقط.

٣. السلسلة الغذائية الرمية Saprophytic chain

وفيها تنتقل الطاقة من الكائنات الميتة بغض النظر عن كونها حيوانية أو نباتية إ لى الأحياء الدقيقة المختلفة. وهنا يكون مصدر الطاقة المنتقلة من كائن حي إلى أخرى عبارة عن المواد العضوية المعقدة الموجودة في باقيا الكائنات النباتية والحيوانية الميتة.

عند ملاحظة السلسلة الغذائية في المناطق القطبية يلاحظ انها قصيرة حيث ان المستوى الاغتذائي الأول الذي يتمثل بالنباتات يكون قليل الأنواع والأعداد وبالتالي يتميز بالكثافة القليلة وانه يستغل من قبل الإنسان وأنواع قليلة من الحيوانات عادة مثل الدب الأبيض والقوارض والثعالب القطبية وطائر النورس . في حين تكون السلسلة الغذائية في المناطق الاستوائية طويلة حيث ان أطول السلاسل الغذائية معروفة في هذه المناطق . ويلاحظ ان النباتات قد تؤكل من قبل حيوانات أرضية متباينة والتي تشمل الحشرات والحمار المخطط والغزلان والثعالب والطيور وغيرها فضلاً عن الإنسان.

اما المستوى الاغتذائي الثاني فإنه بغض النظر عن كونه من الحشرات أو الغزلان أو الطيور فإنها تجهز الطاقة لمجموعة أخرى كبيرة من الحيوانات والتي تتمثل بالطيور الجارحة والثعالب والاسود وغيرها. كما ان الحيوان الواحد (الفريسة الواحدة) يمكن ان يجهز مجموعة متباينة من الكائنات في مستويات اغتذائية مختلفة . وهذا ينطبق على النظم البيئية المائية في المناطق المختلفة.

وتختلف السلاسل الغذائية باختلاف البيئات المختلفة من حيث تركيبها رغم كونها متشابهة المغزى.

الشبكات الغذائية: Food webs

الشبكة الغذائية Food web هي مجموعة من السلاسل بما تنطوي عليه من تداخل وتعقيد وتشابك العلاقات الغذائية فيما بينها. وهي تبدأ بالكائنات المنتجة وتنتهي بالكائنات المحللة.

ان إعداد الكائنات الحية وانواعها لها تأثير كبير في نوعية الشبكة الغذائية من حيث تعقيداتها. لذلك تكون الشبكة الغذائية بسيطة في المناطق التي تحتوي على أنواع قليلة من الكائنات الحيّ، كما في المناطق القاحلة والقطبية . وتتعقد الشبكة الغذائية كلما ازداد عدد الأنواع داخل النظام البيئي كما في المناطق الاستوائية أو في المحيطات، وتكون أكثر تعقيداً في الانهر المنتجة في المناطق المعتدلة.

ومما يزيد من تعقيد الشبكة الغذائية انتحاء بعض كائناته ا إلى أكثر من مستوى تغذوي واحد، كما ان البعض منها يمثل حيوانات عاشبة لاحمة Omnivores تقتات على الحيوان والنبات معاً. أو ان يُظهر بعض احياء الشبكة أنماطاً مختلفة من التغذية في الفصول المختلفة من السنة مما يؤدي إلى زيادة التعقيد في السلاسل والشبكات الغذائية.

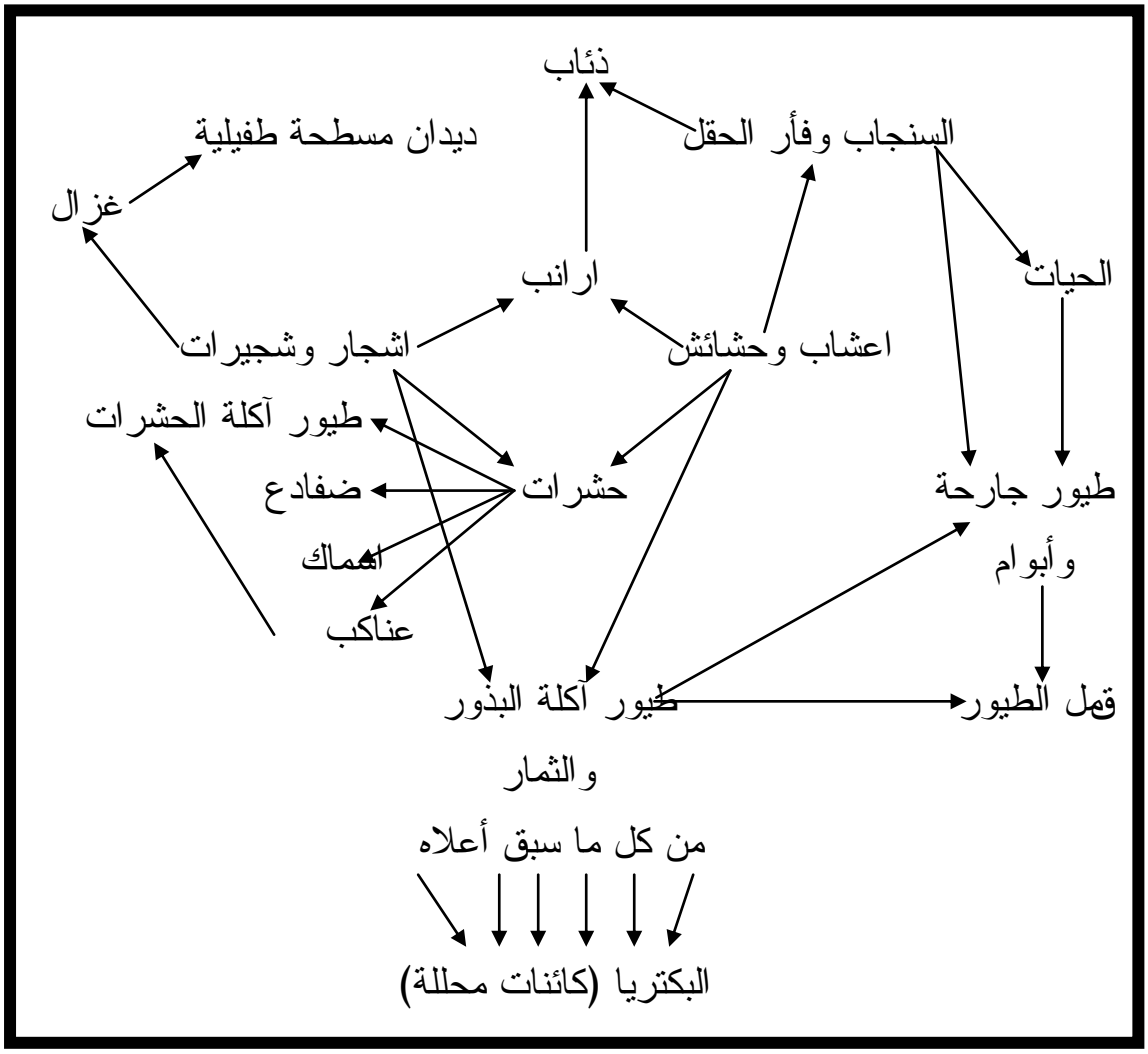
ومن الجدير بالذكر ان الشبكة الغذائية كلما تكون معقدة تكون أكثر ثباتاً واستقراراً، فالحيوانات المفترسة التي تعتمد نوعاً واحداً من الفريسة في تغذيتها تتعرض للخطر عندما يقل عدد أفراد الفريسة بسبب المرض أو أي أسباب أخرى، وقد تنقرض أو تضطر إلى الهجرة عند اختفاء الفريسة بصورة كلية.

التركيب الاغتذائي: Trophical structure

التركيب الاغتذائي عبارة عن مكونات ومحتويات كل مرحلة (أو مستوى اغتذائي) من مراحل السلسلة الغذائية في النظام البيئي.

ان المستوى الاغتذائي في السلسلة الغذائية لأي نظام بيئي يتكون من نوع أو ع دة أنواع من الكائنات الحية والتي تكون فيما بينها التركيب الاغتذائي، إذ ان جميع هذه الكائنات تكون المستوى الاغتذائي، فمثلاً الحزازيات واشجار الغابات والاعشاب المختلفة في غابة معينة يكون جميعاً تركيب المستوى الاغتذائي الأول في ذلك النظام البيئي.

يختلف التركيب الاغتذائي باختلاف مواقع المراحل ضمن السلسلة الغذائية إذ ان الكائنات الحية ذاتية التغذية Autotrophic تشمل المرحلة الأولى في السلاسل الغذائية والتي تعرف بالمنتج Producer وتسمى المستوى الاغتذائي الأول. ويختلف تركيبها باختلاف مواقع السلاسل الغذائية فقد تكون الهائمات النباتية في المحيطات. أو قد تتكون من الهائمات النباتية والنباتات الراقية المائية في البرك والمستنقعات والاهوار . أو قد تتكون من ا لأعشاب والحشائش أو من الأعشاب والأدغال والاشجار في بيئة اليابسة.



شكل يوضح (شبكة الغذاء) Food web

عليه يمكن الجزم بأن التراكيب الاغتذائية الم عقدة تكون أكثر استقراراً وأمناً بالمقارنة مع النظم البيئية البسيطة المعتمدة على أنواع قليلة من الكائنات الحية، إذ يتواجد البديل بالنسبة للمصادر الغذائية في أكثر الأحيان في النظم البيئية المعقدة بينما ينحصر الاع تماد على نوع واحد من الغذاء في النظم البيئية البسيطة.

تدعى النسبة المئوية لتحويل الطاقة من مستوى اغتذائي معين إلى المستوى الاغتذائي الذي يليه **بالكفاءة البيئية** Ecological efficiency أو كفاءة السلسلة الغذائية للجماعة.

المحاضرة التاسعة

الاهرام البيئية Ecological pyramids

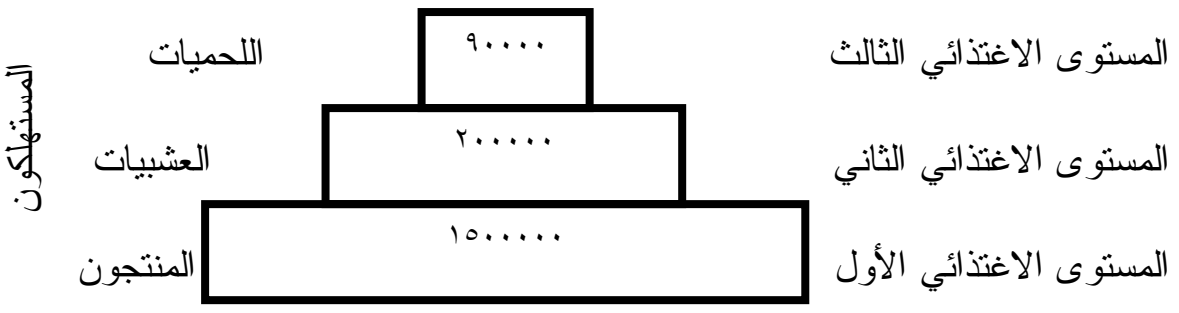
ان دراسة العلاقات الاغتذائية وانسياب الطاقة في النظام البيئي يتم بطريقة مبسطة من خلال استعمال الاهرام البيئية التي تتكون قواعدها من المستوى الاغتذائي الأول (المنتجون)، وتكون المستويات الغذائية المتعاقبة التي تليه بقية اجزاء الاهرام . وبهذا يلاحظ ان ما يحتويه هذه المستوى الأول (القاعدة) من الطاقة أو الكتلة الحية Biomass هو أكثر من المستويات الاغتذائية المتعاقبة الأخرى.

ان الأهرام البيئية هي إحدى الوسائل البسيطة التي تمثل ما يجر ي في النظام البيئي وهي وسيلة أخرى للتعبير لا عن الفعاليات المختلفة بين الأنواع فحسب، بل تعني تفسيراً واضحاً للسلسلة الغذائية والشبكة الغذائية . حيث يمكن في الهرم البيئي توضيح كمية الطاقة المهيئة في أي مستوى اغتذائي إلى المستوى الاغتذائي الأخر والذي يليه من جهة، وكمية الطاقة المتدفقة إلى خارج المستوى الاغتذائي (الطاقة غير المستعملة) وهذا يشمل الطاقة المتحولة إلى الحرارة من التنفس فضلاً عن الطاقة غير المستهلكة من قبل المستوى الاغتذائي. ان التعقيدات الطبيعة تنعكس في الأهرام البيئية في حالات كثيرة مختلفة عندما يلاحظ وجود كائنات حية تتغذى بصورة مختلطة كالإنسان على سبيل المثال حيث يكون عشبي التغذية أو لحمي التغذية باختلاف السنوات والفصول والأيام وحتى باختلاف الوجبات خلال اليوم الواحد. وبذلك يتداخل موضعه ضمن الهرم البيئي من المستويات المختلفة. واحياناً أخرى يلاحظ ان الكائن الحي تختلف تغذيته باختلاف عمره فينتقل من مستوى اغتذائي إلى مستوى اغتذائي آخر.

أنواع الاهرام البيئية:

يمكن تقسيم الأهرام البيئية حسب طرق التعبير عنها إلى ثلاثة أنواع أساسية هي:

١. أهرام الأعداد: The pyramids of Numbers..



٢. أهرام الكتلة الحية: The Pyramids of Biomass

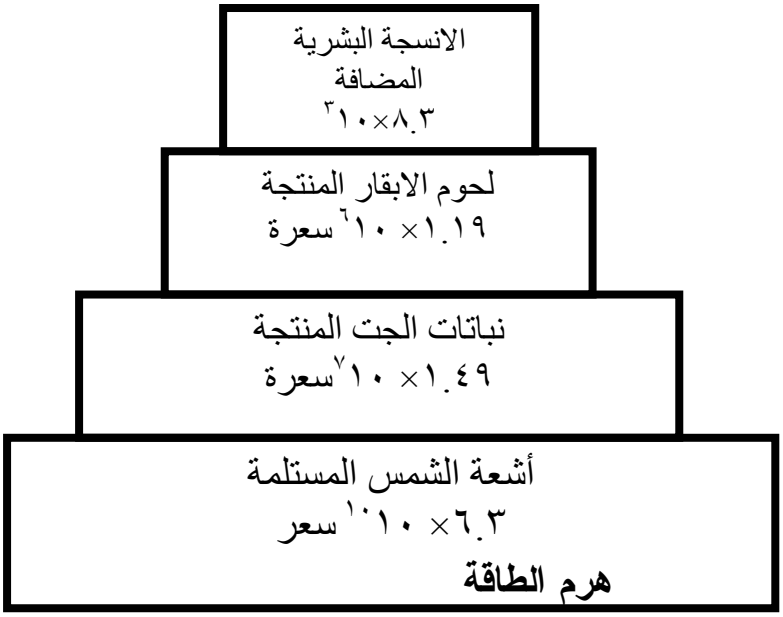
وهو الهرم الذي يبين كمية المادة الحية Biomass للمستويات الاغتذائية الم تتالية معبراً عنها بالوزن الكلي الجاف أو الطري (غم/م^{٢})

٣. أهرام الطاقة: The pyramids of Energy

وهو الهرم الذي يبين معدل انسياب الطاقة في المستويات الاغتذائية المتتالية ويعبر عنه بالكيلو سعرة في المتر المربع في السنة.

تختلف أهرام الطاقة عن أهرام الاعداد أو الكتلة الحية، إذ ان أهرام الطاقة لا تعبر عن الحالة الراهنة (أي لحظة معينة من الوقت) في النظام البيئي، بل هي صورة كلية لمعدلات مرور الطاقة عبر السلسلة الغذائية، فهي تأخذ جميع مصادر الطاقة ومساراتها ضمن السلسلة الغذائية وبذلك يكون الهرم دائماً بوضع صحيح حسب قوانين الديناميكية.

ان هرم الطاقة لا يعبر عن ما تحتويه المستويات الاغتذائية فحسب بل كفاءة النظام البيئي ككل من جهة، وكفاءة الكائنات الحية المكونة لكل مستوى اغتذائي ضمن السلسلة الغذائية من جهة أخرى.



مستويات الدراسة في علم البيئة:

هناك عدة مستويات لدراسة العلاقة بين الكائنات الحية والظروف البيئية المحيطة بها، كذلك دراسة العلاقات البيئية بين الأنواع النباتية بعضها مع البعض الأخر.

- هناك فروع من علم البيئة يختص بدراسة كائن حي واحد **Individual (مفرد) أو فردي** ويشمل ذلك دراسة تاريخ حياته وسلوكه وفسلجته كوسيلة لتكيفه مع العوامل البيئية المحيطة به في البقعة التي يعيش عليها والتي تسمى الموطن.

الموطن Habitat: هو عبارة عن البقعة الطبيعية أو المكان الذي يلجأ إليه أو يعيش فيه الكائن الحي.

- أو يمكن دراسة مجموعة من الكائنات الحية تعود إلى نفس النوع والتي تسمى الجماعة.

الجماعة Population : هي عبارة عن مجموعة من الافراد المتفاعلة معاً تعود إلى نفس النوع وتشغل نفس الموطن البيئي. مثل مجموعة اشجار الضوء أو مجموعة اشجار الحمضيات. ان فرع علم البيئة الذي يختص بمثل هذه الدراسات البيئية يسمى **علم البيئة الفردي** Autecology.

- كما يمكن دراسة مجموعة من الكائنات الحية ذات أنواع مختلفة أو مكونة من عدة أنواع نباتية والتي تسمى المجتمع.

المجتمع Community : هو عبارة عن مجموعة من الكائنات الحية تعود إلى أنواع مختلفة وتشغل موطن بيئي مشترك وذات علاقات مع بعضها ا لبعض ومع العوامل البيئية المحيطة بها. مثل مجتمع الغابة الذي يشمل أنواع مختلفة من الأشجار مثل أشجار الضوء والصفصاف والبلوط وغيرها من الأنواع.

ان فرع علم البيئة الذي يختص بمثل هذه الدراسات يسمى **علم البيئة الجماعي** Synecology أو **علم بيئة المجتمع**.

المحاضرة العاشرة

الجماعة (السكان) Population

الجماعة: هي مجموعة من الافراد تعود إلى نفس النوع Species وتشغل مكاناً معيناً في فترة معينة، أي تشغل نفس الموطن البيئي.

استعمل هذه الكلمة population بادئ الأمر لتعني الجماعة السكانية البشرية أو السكان ثم تطور استخدامها ليشمل كافة الأحياء الأخرى، لذا قد يطلق على الجماعة مصطلح السكان أيضاً. وللجماعة صفات متنوعة وذات طبيعة إحصائية (قابلة للقياس) مثل الكثافة أو الحجم population density or size ومعدل الولادات Natality ومعدل الوفيات أو الهلاكات Mortality وشكل النمو والانتشار.

تتكون الجماعات بعدة طرائق هي:

١. **نتيجة التكاثر.**
٢. **نتيجة النقل بواسطة عوامل المحيط، مثل الرياح، المياه وغيرها.**
٣. **نتيجة للانتقال بواسطة حركة الكائن الحي نفسه (الهجرة).**

خصائص الجماعة السكانية: Population group properties

تتصف الجماعة السكانية بعدة صفات متنوعة هي:

أولاً: الكثافة: Density

تعرف الكثافة بأنها حجم السكان بالنسبة إلى وحدة ما من المكان . وبعبارة أخرى فإن الكثافة السكانية تثمل عدد الافراد أو الكتلة الحية في وحدة المساحة أو الحجم.

فمثلاً يقال (١٨٠) شجرة في الدونم، أو مليون دايتوم في المتر المكعب من مي اه بحيرة، أو (١٥٠) كغم من الأسماك في دونم من مزرعة سمكية.

ان طريقة تقدير الكثافة السكانية لأي نوع يختلف عن تقديرها لنوع آخر . فمثلاً الطريقة المثلى لحساب الكثافة السكانية لنوع من الابتدائيات لا يمكن اعتمداها في حساب الكثافة السكانية لنوع من الحيوانات الفقارية. وعليه يمكن الاستنتاج بأن هناك بعض العوامل المهمة التي يجب الاخذ بها بنظر الاعتبار في تحديد طريقة حساب الكثافة السكانية لأي نوع منها **الحجم والحركة والموقع** قياساً بالانسان.

تؤدي الزيادة في الكثافة إلى ازدياد المنافسة بين الافراد على ضرورات الحياة . وتكون هذه المنافسة بين الافراد الذين ينتمون إلى جماعة واحدة أشد قساوة من المنافسة التي

تحدث بين الافراد الذين ينتمون لجماعات مختلفة لانهم يشغلون نفس مكان العيش ويتطلبون نفس الغذاء ويتعرضون إلى نفس المخاطر.

لقد استخدمت طرائق عديدة مختلفة لقياس الكثافة السكانية ومن أهمها ما يأتي:

١. طريقة الحسابات الكلية : Total Count Method

يمكن استخدام هذه الطريقة مع الكائنات الكبيرة أو الواضحة في بيئة اليابسة، كما تستخدم بصورة عامة في المياه بالنسبة إلى النباتات المائية كالهائمات النباتية.

٢. طريقة المربع Quadrate Method

تتضمن هذه الطريقة حساب أعداد أو اوزان الكائنات الحية الموجودة في مساحة معينة من الأرض تضم النباتات أو الحيوانات للحصول على كثافة مقدرة في تلك المساحة .

٣. طريقة التعليم واعادة الاصطياد: Marking and Recapture Method

تستخدم هذه الطريقة للحيوانات المتحركة والتي بامكانها التنقل من مكان لآخر كالطيور والحشرات والحيوانات البرية المختلفة. تتضمن هذه الطريقة القبض على عينة Sample من(الجماعة)ثم يتم تعليمها بعلامات معروفة تحوي رقماً ومعلومات معينة عن ذلك الفرد. ثم تطلق الافراد المعلمة. ويشترط ان يتم اصطياد الحيوانات المعلمة وغير المعلمة بشكل عشوائي كما ان هذه الحيوانات يجب ان تكون معرضة لنفس المعدلات من الوفيات.

ثانياً: الولادات Natality

تعرف الولادات بأنها قابلية الجماعة (السكان) الغريزية للازدياد.

ويعرف معدل الولادات بأنه مقياس الجماعة الذي يصف المعدل الذي ينتج به افراد جدد.

وتدل الولادات على زيادة السكان تحت ظروف بيئية معينة وتختلف باختلاف حجم وتركيب السكان والظروف البيئية . ويسمى الحد الأعلى من الولادات بالولادات المطلقة أو الولادات الوظيفية Physiological natality والتي تعني انتاج الحد الأعلى النظري من افراد جدد تحت ظروف مثلى، أي بتأثير عوامل وظيفية فقط، والتي تكون ثابتة بالنسبة إلى أي مجموعة سكانية. في حين ان الولادات Natality تشير إلى الزيادة في الس كان تحت ظروف بيئية تكون غير ثابتة والتي يشار إليها عادة بالولادات البيئية والتي تتباين باختلاف الظروف البيئية وتسمى الولادات البيئية Ecological natality .

ثالثاً: الهلاكات: Mortality

تشير الهلاكات إلى موت الافراد في السكان (الجماعة) وهو لحد ما نقيض للولادات . ويمكن التعبير عن الهلاكات بأنه عدد الافراد الميتة من السكان خلال مدة زمنية محدد، أي عدد الوفيات مقسوم على الزمن.

وهناك نوعين من الهلاكات هي:

١. **الهلاك البيئي** Ecological mortality: وهو هلاك الافراد تحت ظروف بيئية معينة، وهو يكون غير ثابت ويعتمد على طبيعة السكان والظروف البيئية المحيطة كما يحدث في الكوارث الطبيعية كالزلازل والبراكين والفيضانات والامراض الوبائية وكذلك الحروب، والجفاف والانخفاض الشديد في درجات الحرارة (الانجماد) أو الارتفاع الشديد في درجات الحرارة وغيرها.

٢. **الهلاك الفسلجي** Physiological mortality : وهو ان الافراد تهلك نتيجة للشيخوخة. وهو ثابت نوعاً ما لأنه يتم تحت الظروف المثلى أو غير المحددة . وقد يستعمل معدل البقاء Survival rate بدل من مصطلح معدل الهلاك Mortality rate ويختلف معدل الهلاكات باختلاف الأنواع وكذلك باختلاف عمر الافراد.

رابعاً: انتشار السكان أو الجماعة Population dispersal

يقصد بالانتشار dispersal هو ترك منطقة النشوء والتحول إلى مناطق أخرى. ويتم الانتشار بواسطة الماء أو الرياح أو الطيران أو التعلق بالحيوانات للانتقال من منطقة إلى أخرى مما يؤدي إلى تجمعها بمنطقة خارج منطقة نشوئها الأصلية، أو إلى تبعثرها وضياعها.

ويعرف **الانتشار** dispersal بأنه حركة الجماعات من مناطق نشوئها وتبعثرها في مناطق جديدة مختلفة عن المناطق الأصلية.

فالانتشار يتضمن حركة الافراد، البذور، السبورات، اليرقات وغيرها.

وهناك مصطلح Dispersion ويعني الانتشار أو التوزيع الداخلي . وهو الكيفية التي تتوزع بها الافراد داخل المجتمع أو الموطن الذي يشغلونه.

ويتم الانتشار Dispersal بثلاثة أشكال هي:

١. **الهجرة الوقتية Migration:** وهي الحركة من مكان إلى مكان آخر ثم العودة الدورية إليه، وقد تسمى الهجرة الموسمية.

٢. **الهجرة الخارجية أو الاغتراب Emigration:** وهي هجرة أو حركة الافراد إلى خارج مناطق نشوئها وعدم العودة إليها.

٣. **الهجرة الداخلية أو الاستيطان Immigration:** وهي هجرة الافراد إلى منطقة معنية لم تكن قد دخلتها من قبل والاستيطان فيها.

ان من أهم أسباب الانتشار هو الهجرة الموسمية كما يحدث في الكثير من الحيوانات كالطيور والحشرات والأسماك. كما ان هناك سبب آخر هو التزاحم Crowding أو زيادة الكثافة السكانية مما يجعل المكان والغذاء غير كافيين لكل الافراد فيدفع بعض الافراد إلى

البحث عن غذاء أفضل ومكان أوسع في منطقة أخرى. هناك بعض الكائنات تحدد في انتشارها بسبب عدم قدرتها على التنقل كالنباتات وبعض الحيوانات الصغيرة، في حين ان السبورات والبذور قد تنتشر لمناطق بعيدة.

يعد انتشار نوع من أنواع التكيف Asaptation إذ يتلائم السكان مع الظروف البيئية المتغيرة. كما يسمح الانتشار بتبادل المادة الوراثية (الجينات) بين المجموعات السكانية.

خامساً: التنظيم السكاني: Population regulation

في جميع الأنظمة البيئية هناك ميل شديد لجميع المجاميع السكانية لان تتطور خلال الانتخاب الطبيعي Natural selection نحو التنظيم الذاتي، وقد يكون من الصعب انجاز ذلك تحت الاجهاد الخارجي.

يتحدد نمو السكان (الجماعة) بواسطة نوعين رئيسيين من العوامل هما:

١. العوامل معتمدة الكثافة: Density – dependent factors

وهي عبارة عن مؤثرات بيئية تتباين فيها شدة الفعل مع كثافة السكان.

بصورةعامة تزداد شدة الفعل بزيادة الكثافة. فعلى سبيل المثال يكون عامل الوفيات الذي يهلك (١٠%) فقط من السكان عند كثافات واطئة فإن،ها تلهك (٧٠%) عند كثافات عالية.

٢. العوامل غير معتمدة الكثافة Density – Independent factors

وهي العوامل التي تؤثر على السكان بغض النظر عن الكثافة. فمثلاً قد يهلك إعصار أو موجة برد أو فيضان (٩٥%) من السكان بغض النظر عن الكثافة سواء كانت واطئة ام عالية.

الاقليمية: Territorialism

يعرف الأقليم بأنه تلك المنطقة التي يتم الدفاع عنها ضد اعداء آخرين عائدين لنفس النوع . فقد يقوم باحتلاله والدفاع عنه من قبل فرد واحد كما في حالة سمك أبي شوكة، أو يقوم بذلك زوج كما في حالة العديد من الطيور، أو يقوم بذلك مجموعة اجتماعية كما في حالة قرود الجبون. وقد يشمل الإقليم معظم مسكن الفرد المحتل بما في ذلك الوكر الذي يعيش فيه . أو قد يشمل فقط منطقة محددة حول موقع العش أو موقع التغذية كما هو الحال في طيور عديدة . ان للاقليمية صفة أساسية وهي ان للحيوانات الفرادى أو المجاميع الحيوانية ملكية سيطرة على بقعة معينة من المكان ويكون لها حقوق استغلال لهذه البقعة وللموارد التي تحويها.

مراتب الهيمنة: Dominance hierarchies

وهي عبارة عن انظمة تسلسل مراتب الفرد في الجماعة حيث تحدد حرية وصول الفرد وافضلياته لاستخدام الموارد الطبيعية.

ففي الوقت الذي تعمل الإقليمية على توزيع الموارد إلى حصص على أساس حيزي، فإن مراتب الهيمنة توزع إلى حصص على أساس تفضيل فردي في الحيز الطبيعي نفسه . يلاحظ ان للحيوانات المهيمنة حرية وصول تفضيلي للغذاء المتاح وللتزاوج أو لمواقع العش ولمحلات الراحة، وغالباً ما تكون الهيمنة واضحة بين الحيوانات عن طريق الإزاحة الجسدية، أي إزاحة احد الأفراد من قبل فرد آخر في موقع التغذية أو موقع الاستراحة. وقد تتضمن الهيمنة استعراضات مختلفة تصل إلى التهديدات بين الأفراد ونادراً ما تتضمن صراعاً مباشراً.

في حالة تأسيس المراتب فعندئذ يتم الحفاظ عليها بواسطة الاستعراض أو بواسطة الذاكرة الاجتماعية. فعندما يوطد احد الحيوانات مرتبة عالية من الهيمنة فإنه لا يحتاج لعرض هذه المرتبة باستمرار على الأفراد الآخرين في مجموعة اجتماعية ثابت. وتصبح المرتبة العالية لبعض الافواد والمرتبة الواطئة لافراد آخرين نمطاً اجتماعياً مقبولاً ضمن المجموعة، وعندما تصبح الظروف غير مستقرة من جراء الموت أو الاغتراب أو الغزو فسيكون هناك إعادة توطيد للمكانة ضمن مراتب الهيمنة.

المحاضرة الحادية عشر

المجتمع: Community

المجتمع: هو تجمع عدد من الكائنات الحية التي تعود إلى أنواع مختلفة وتشغل موطن بيئي مشترك وترتبط بعلاقات مع بضها البعض ومع العوامل البيئية التي تعيش فيها . فهو وحدة منظمة إذ يملك خصائص إضافية على ما تملكه مكوناته من الافراد أو الجماعة.

وبمعنى أخر فإنه يمثل مرتبة من التنظيم الاحيائي أعلى بدرجة من الجماعة (السكان). ونظراً لان المجتمعات الإحيائية Biotic community تشمل الكائنات الحية فقط، لذلك فإنها لا تكون شاملة كالأنظمة البيئية Ecosystems ويعد المجتمع جزءاً حياً من النظام البيئي. تدعى المنطقة الفاصلة بين مجتمعين أو أكثر **بالمنطقة البيئية الانتقالية Ecotone**، وتحتوي هذه المنطقة على الكثير من الأحياء التي تخص المجتمعات المتداخلة فضلاً عن الأحياء التي تختص بها هذه المنطقة والتي تكون غير موجودة في المجتمعات المجاورة لها.

ان مفهوم المجتمع الحيوي يتضمن فهم التفاعل الحاصل سلباً أو ايجاباً بين المجوعات المختلفة في ذلك النظام البيئي. فعندما تتشارك الاحياء في العيش في موطن واحد فإنها تتفاعل بينها بصورة معقدة جداً إذ يتقرر بموجبها بقاء نوع أو بضعة أنواع وفي بعض الأحياء يتهدد حياة المجتمع باكمله اعتماداً على كفاءة الاستغلال والتعايش ونمطه.

يلاحظ احياناً سيادة نوع أو أكثر من الكائنات الحية في المجتمع الحيوي بشكل ملحوظ من الناحية العددية أو الكتلوية. فعلى سبيل المثال قد تكون الغابة سائدة بأشجار البلوط أو الجوز واحياناً أخرى ضمن أشجار البلوط تكون النباتات العالية الكبيرة من نفس النوع هي السائدة، وهنا تحجز الضوء عن النباتات الأخرى ويتحدد حينذاك نموها وتكاثرها في ذلك النظام البيئي.

من السهل تحديد النوع السائد في الأنظمة البيئية البسيطة التي تحتوي على نوع أو نوعين سائدين في كل مستوى اغتذائي. في حين الأنظمة البيئية المعقدة يكون من الصعوبة تحديد الأنواع السائد فيها إذ يصعب تحديد أو تمييز نوع واحد بسيادته على الأنواع الأخرى . كما يلاحظ ان هناك اختلافات واسعة و كبيرة وموسمية واحياناً سنوية في النوع السائد، فمثلاً نلاحظ سيادة نوع معين من النباتات في أغلب أشهر السنة في حين يسود نوع آخر في الأشهر الأخرى.

العلاقات بين الكائنات الحية في المجتمع:

هناك شبكة من التفاعلات والعلاقات التي ترتبط به ا الأنواع المختلفة من الكائنات الحية، إذ لا تتواجد الكائنات الحية المختلفة لوحدها في الطبيعة، بل مع العديد من الأنواع الأخرى وضمن مساحة معينة . وتكون هذه التفاعلات مباشرة وواضحة كما في السلاسل الغذائية، وقد تكون تفاعلات أخرى أكثر تأثيراً ولا تتضمن التغذية بالضرورة. وبعضها يكون تعاونياً ونافعاً لواحدة أو أكثر من الجماعات المتفاعلة، بينما يكون بعضها الأخرى تنافسياً أو محدداً للجماعات المتفاعلة. وتتمثل التفاعلات التعاونية بالتعايش Commensalism وتبادل المنفعة Mutualism والتي تعد انماطاً متخصصة للتكافل Symbiosis.

في حين تتمثل العلاقات التنافسية أو المحددة بالافتراس Predation والتطفل Parasitism بما في ذلك الأمراض المعدية بجميع أنواعها، والتنافس Competition والتضادية Amensalism أو التضاد الحيوي Antibiosis .

بصورة عامة يمكن اختصار جميع هذه العلاقات والتداخل بين الأ نواع بالعلاقات السلبية والعلاقات الايجابية وكما يأتي:

أولاً: العلاقات السلبية Negative relation ships وتشمل:

١. التنافس Competition

يعد التنافس احد التفاعلات بين الجماعات السكانية لنوعين أو أكثر والذي يؤثر عكسياً في نموها وبقائها. ويكون التنافس على نوعين:

أ. التنافس من اجل الموارد Resource competition

يحدث هذا النوع من التنافس عندما تحتاج مجم وعة من الكائنات العائدة لنوع واحد أو لانواع مختلفة إلى المورد نفسه والذي يكون عادة متوافر في البيئة بكميات قليلة.

٢. التنافس المتداخل Interference competition

يحدث هذا النوع من التنافس من اجل الموارد، وتنافس مضادات الحياة، أو التنافس من اجل الضوء. ان التفاعل التنافسي كثيراً ما يتضمن المكان والغذاء والضوء والتعرض للمتفرسات والامراض وغيرها. قد يحدث التنافس بين نوعين أو أكثر فيسمى التنافس البينوعي Interspecific competition أو قد يحصل بين افراد النوع الواحد فيسمى التنافس الضمنوعي Intraspecific competition .

الأهمية البيئية للتنافس:

ان لنتائج التنافس أهمية بيئية كبيرة يمكن اختصارها بالنقاط الآتية:

- يؤدي التنافس بين الأنواع إلى حدوث التوازن البيئي بين النوعين المتنافسين.
- قد ينتج عن التنافس بأن يحل احد النوعين المتنافسين محل النوع الأخر في ذلك المكان ويجبره على الرحيل إلى مكان أخر.
- قد يجبر احد النوعين المتنافسين على استخدام غذاء من نوع أخر من مورد أخر.

ويمكن القول انه لا يمكن لنوعين لهما نفس المركز البيئي Ecological niche ان يبقيا في نفس المكان. أي ان الأنواع المتشابهة فسلجياً أو مظهرياً لدرجة ان يكون لها نفس متطلبات المركز البيئي فلكي يستمرا بالبقاء فيجب ان يحتلا مراكز بيئية مختلفة . أي بمعنى أخرى يجب ان ينعزلا بيئياً، وهذا العزل بين الأنواع المتقاربة جداً يعرف بمبدأ الاقصاء التنافسي Competitive exclusion.

٢. الافتراس Predation

يشير الافتراس إلى اقتناص حيوان لحيوان أخر من اجل الغذاء. ويعتبر الافتراس ذات أهمية من خلال ثلاثة مستويات هي:

أ. ان تأثير الافتراس يحدده نوع الفريسة . ففي حالة تأثيره على الفرائس الت ي تعتبر كآفات مضرة فيعتبر الافتراس ذا فائدة بيئية . اما في حالة تأثيره على الفرائس التي تعتبر مهمة أو ذات أهمية بيئية للإنسان فيعد الافتراس ضاراً.

ب. تساهم بعض حالات الافتراس في تنظيم المجتمعات والوصول إلى حالة التوازن البيئي

ج. يعد الافتراس عامل رئيسي في الانتخاب الطبيعي Natural selection إذ ظهرت الدراسات ان الافتراس يزيل بصورة اختيارية الحيوانات المعمرة والمريضة أو المصابة والضعيفة من جماعة الفريسة. فعند إزالة تلك الافراد والتي يمكن اقتناصها من الجماعة، في حين تكون الحيوانات النشيطة والجيدة اقل عرضة للوقوع ضحية للمفترس، وهذه تعتبر وسيلة من وسائل الانتخاب الطبيعي.

تحاول الفريسة إتباع وسائل معينة لتفادي الوقوع فريسة في يد المفترسات وبطرق مختلفة مثل عمل انفاق تحت سطح الأرض للاختباء من الاعداء، أو من خلال اتكيفات السلوكية والمظهرية مثل تغيير اللون واطلاق رائحة منفرة والصوت والحركة.

ان النباتات لا يمكنها التخلص من اعدائها كما تفعل الحيوانات لكونها ساكنة، ولكن تتواجد في بعض النباتات تحورات مظهرية مثل وجود الشعيرات والاشواك أو الطعم المر والتي من شأنها ابعاد الرعي عنها والتخلص من الحيوانات التي تحاول افتراسها.

٣. التطفل Psrasitism

تشمل العلاقة التطفلية كون كائن حي يعيش بداخل أو على جسم كائن حي أخر بحيث يستمد غذاءه منه وبذلك يؤدي ضرراً له يصل إلى حالة الموت.

لذا يتشابه مفهوم التطفل مع مفهوم الافتراس عندما يؤدي التطفل إلى الموت.

قد يكون الطفيلي طفيلياً مؤقتاً كما في حالة قرادة الخشب، أو قد يكون طفيلياً مقيماً بصورة أكثر دائمية كما في حالة الدودة الشريطية. اما الضرر الذي يسببه الطفيلي للمضيف Host فقد يكون ضئيلاً نسبياً أو ضرراً معيناً ومتفاوتاً وقد يصل احياناً إلى الموت . يكون التطفل ظاهرة شاملة في جميع الكائنات الحية فقد يشمل الحيوانات والنباتات.

٤. التضادية والتضاد الحيوي Amensalism and Antibiosis

تعد التضادية من العلاقات التي يتم فيها تثبيط جماعة واحدة في حين تكون الجماعة الأخرى غير متأثرة. فمثلاً ان تظليل نباتات معينة تحت الاشجار العالية في الغابة، فإن الأشجار العالية سوف تقلل من كمية الضوء ونوعيته الذي يصل إلى سطح الغابة، وبذلك لا يمكن للكثير من النباتات من الحصول على كفايتها من الضوء.

اما التضاد الحيوي Antibiosis فهو نمط معين من التضادية إذ يقوم كائن حي بإنتاج مادة ايضية بوصفها ناتجاً عرضياً تكون سامة لكائنات حية أخرى. ومن الأمثلة على التضاد الحيوي هو البنيسيليوم أو العفن Penicillium الذي ينتج مادة حيوية مضادة تسبب موت العديد من البكتريا. ومن هذا المفهوم استطاع الإنسان تطوير مفهوم المضادات الحيوية Antibiotics في الطب السريري، فعلى سبيل المثال استخدم كل من البنسيلين Penicillin والسترتبومايسين Streptomycin والايرومايسين Aureomycin ضد كائنات حية ممرضة.

ثانياً: العلاقات الايجابية Positive relationships

يطلق على الارتباطات الوثيقة المختلفة بين الكائنات الحية من ا نواع مختلفة مصطلح التكافل Symbiosis والذي يشتمل على نوعين هما:

أ. تبادل المنفعة Mutualism

في هذا الارتباط يستفيد النوعان المتفاعلان من هذه العلاقة والتي قد تكون اجبارية أو اختيارية، وتكون مهمة لبقاء كلا النوعين.

ويتمثل تبادل المنفعة بصورة تقليدية بالترافق بين الطحالب Algae والفطريات Fungi لتكوين الانشات Lichens إذ تجهز الفطريات الهيكل والرطوبة ومواقع التعلق التي تنمو فيها خلايا الطحالب، وتقوم الطحالب بانتاج الغذاء لنفسها وللفطريات معاً.

كما ان العلاقة بين جذور النباتات البقولية وبكتريا تثبيت النتروجين، إذ تجهز الجذور موطناً لمعيشة البكتريا، وتجهز البكتريا النتروجين للنبات بعد تثبيته على هيئة نترات تستطيع جذور النبتات امتصاصه.

وكمثال على التبادل الاجباري هو العلاقة بين الحيوان الأولي السوطي Trichonympha والنمل الأبيض آكل الخشب (الارضة) ، إذ لا يستطيع أي من هذين النوعين من العيش دون وجود الأخر . فالحيوان السوطي يعيش فقط في القناة الهضمية للنمل الأبيض ويقوم بهضم مادة السيليلوز، في حين يقوم النمل الأبيض بتجهيز الحيوان الأولي بموطن وبيئة ثابتة فضلاً عن المواد الغذائية الأساسية، كما يوفر الحيوان الأولي عملية هضم حيوية للنمل الأبيض وهي هضم مادة السيليلوز التي لا يستطيع النمل الأبيض من هضمه.

ب. التعايش Commensalism

في حالة التعايش تكون العلاقة بين نوعين مختلفين احدهما يستفيد ولكن النوع الأخر لا يستفيد وفي نفس الوقت لا يتضرر . وعلى سبيل المثال فإن علاقة سمك الريمورا مع سمك القرش، إذ تتعلق سمكة الريمورا بجلد سمك القرش بوا سطة قرص محجمي قوي ويتم نقلها على نحو واسع وبصورة سريعة بواسطة القابلية الحركية للقرش، كما تلتهم سمكة الريمورا ايضاً بقايا الطعام الموجودة بين فكي القرش، فضلاً عن توفير الحماية لسمكة الريمورا، لذا تستفيد الريمورا في نواحي عديدة ويكون القرش غير متأثر نسبياً . يلاحظ ان عدد من الكائنات الحية الكبيرة يمكن ان توفر موطن أو ملجأ لكائنات حية أخرى . فمثلاً الأشجار الكبيرة في الغابات تعد موطناً لعدد من الحيوانات التعايشية كأنواع مختلفة من الطيور، إذ تسكن فيها وتتكاثر وتضع بيوضها وتربي افراخها دون الضرر لتلك الأشجار.

هناك علاقة أخرى بين الكائنات الحية ليست سلبية ولا ايجابية تدعى علاقة الحياد Neutralism وفيها يسلك كل كائن حي مسلكاً مستقلاً تماماً عن الكائن الحي الأخر، ولا يتأثر احدهما بوجود الأخر.

تباين الأنواع Species diversity

ان عدد أنواع الكائنات الحية على الكرة الأرضية بما في ذلك الأنواع في بيئة اليابسة والبيئة المائية غير محدد بدرجة دقيقة وذلك بسبب ان انواعاً جديدة تكتشف بشكل مستمر، فضلاً عن ان هناك مناطق عديدة في العالم ما تزال غير مدروسة بشكل كامل مثل الغابات الاستوائية. تشير المصادر الحديثة ان التقديرات لعدد الأنواع الكلي المعروفة تصل إلى (١,٥) مليون نوع، ويمكن زيادة العدد على ذلك اضعافاً مضاعفة عند اكتشاف الأنواع الأخرى غير

المعروفة في العالم كما اكدا ذلك كل من بوتكن وكلير (Botkin & Keller, ٢٠٠٠) في كتابهما (علم البيئة). وفيمايلي عدد الأنواع الموجودة في مملكات الكائنات الحية الخمسة وهي:

١. **مملكة الطلائعيات (مونيرا) Kingdom Monera**

وتشمل البكتريا والطحالب الخضراء المزرقة. عدد الأنواع فيها هو (١٠٠)ألف نوع.

٢. **مملكة الابتدائيات (بروتيستا) Kingdom protista**

وتشمل الطحالب والكائنات الحية وحيدة الخلية والفطريات ذات الابواغ الم سوطة . وفيها (٦٠) ألف نوع.

٣. **مملكة الفطريات عدد الأنواع فيها هو (١٠٠) ألف نوع.**

٤. **المملكة النباتية Kingdom plantae وفيها أكثر من (٢٧٠) ألف نوع وتشمل:**

أ. **الحزازيات.** ويوجد فيها (٢٤) ألف نوع.

ب. **السرخسيات.** ويوجد فيها (١٢) ألف نوع.

ج. **الصنوبريات.** ويوجد فيها (٥٥) ألف نوع.

د. **نباتات ذوات الفلقة الواحدة.**ويوجد فيها (٦٥) ألف نوع.

ه. **نباتات ذوات الفلقتين.** ويوجد فيها (١٧٠) ألف نوع.

٥. **المملكة الحيوانية Kingdom Animalia وفيها أكثر من مليون نوع.**

يتأثر التنوع الاحيائي بالعديد من العوامل وهي:

١. حدوث التغيرات الفيزياوية لموطن الكائنات الحية وبعض الاضطرابات الطبيعية. مثل حدوث حريق أو هبوب عواصف قوية، أو تدفع فجائي للمياه إلى بركة.
٢. التغيرات في الظروف البيئية كدرجة الحرارة وسقوط الأمطار وتجهيز المغذيات.
٣. التنوع الكبير في إحدى المستويات الاغتذائية وزيادة في التنوع لمستوى اغتذائي أخر.
٤. التحسن الكبير في عناصر البيئة. مثل تربة غنية بالمواد العضوية.

المحاضرة الثانية عشر

التعاقب البيئي Ecological Succession

التعاقب البيئي هو التتابع المنظم للمجتمعات الحياتية المختلفة عبر فترة من الزمن في بيئة معينة.

أو هو سلسلة من التغيرات الكمية والنو عية والتركيبية في المجتمعات الاحيائية ضمن فترات محددة، وذو اتجاه واحد يحدث في نفس المكان.

وقد يؤدي هذا التغير الحاصل في المجتمعات الإحيائية إلى تكوين المستعمرات في المناطق الجرداء. وتبدأ عملية التعاقب عادة بالرائد الأولي (Pioneer) كالتعاقب الذي يظهر في الأرض الجرداء والتي لم يسبق ان احتلت من أي مجموعة من الكائنات الحية، والذي يسمى بالتعاقب الابتدائي (Primary succession) ويؤدي إلى تكوين مجتمعات متتابعة تنتهي بالتوازن عند الوصول إلى حالة الذروة (Climax).

لقد استخدم مصطلح التعاقب Succession لاول مرة من قبل العالم هلت Hult عام ١٨٨٥ خلال دراساته على المجتمعات الإحيائية جنوب السويد.

اما اسس دراسة التعاقب فقد وضعت من قبل العالم كاولس Cowles عام ١٨٩٩. وقد تم تطوير مبادئ ونظرية التاقب من قبل العالم كليمنت Clement عام ١٩١٦.

الأنواع الأساسية للتعاقب: Basic type of succession

هناك نوعان اساسيان من التعاقب الذي نجده في جميع البيئات الأساسية اعتماداً على طبيعة ومدى تأثير العوامل المحيطة. وهما:

أولاً: التعاقب الابتدائي Primary succession

في هذا النوع تظهر الأحياء ولاول مرة في الموقع البيئي والذي لم تكن قد ظهرت فيه أي كائنات حية سابقاً. ويمثل النوع الاحيائي الذي يظهر ابتداءاً الكائن الرائد (Pioneer) ويطلق على المجموعات الاولى من احياء النباتات والحيوانات وغيرها والتي تنجح في الاستقرار اسم المجتمع الرائد (Pioneer community)

ويطلق علي سلسلة التغيرات التي يمكن تمييزها في ا لمجتمع أثناء التاقب بالمراحل الزمينة أو المسلسلة (Sere) ويسمى كل طور للمجتمع الاحيائي (Serial stage) وعليه تدعى المراحل التسلسلية للتعاقب الأولي بالمراحل الأولية (Prisere) اما المراحل الثانوية فتدعى (Subsere).

وتدعى مراحل التعاقب التي تنتج اساساً من تفاع ل الكائن الحي مع محيطه بذاتية الحدوث (Autogenic)، اما تلك التي تحدث نتيجة عوامل خارجية كتزويدها بالغذاء أو

التسميد مفتعلة الحدوث (Autogenic)، ويدعى التعاقب الذي يحدث في المسطحات المائية بالتعاقب المائي (Hydrach) اما لتعاقب الذي يحدث في الأراضي الجافة فيدعى بالتعاقب الجفافي (Xerach) وتسمى المراحل التسلسلية لها على التوالي بالسلسلة المائية (Hydrosere) والمسلسلة الجافة (Xerosere). اما المجتمع الذي يكون في حالة توازن ديناميكي مع كل ما يحيط به من عوامل ويستطيع المحافظة على حالته لفترة غير محدودة والذي لا يمكن ان يحل محله أي مجتمع احيائي أخر فيسمى مجتمع الذروة Climax community.

ثانياً: التعاقب الثانوي Secondary succession

يحدث هذا النوع من التعاقب عندما يتعرض التعاقب الابتدائي إلى تعكير أو تلف أي يكون الموقع البيئي قد سبق احتلاله من قبل مجتمعات إحيائية الا انها اختفت لأسباب قاهرة نتيجة لعوامل مناخية حادة أو نتيجة لتدخل الإنسان.

ومن امثلة هذه الظروف الحرائق التي تحصل بفعل البرق أو بفعل الإنسان . وك ذلك حدوث الفيضانات أو الغمر الشديد والرطوبة الزائدة . وكذلك حدوث العواصف والأعاصير بأنواعها أو قطع الأخشاب. أو هجر الإنسان للأراضي المكشوفة أو دخول النفايات التجارية والصناعية أو صرف المجاري إلى القنوات أو المياه الساحلية . فضلاً عن الزلازل والبراكين أو أي ظاهرة تزيل التعاقب الابتدائي في أي مرحلة من مرحله.

الظواهر التي تحدث قبل وأثناء مراحل التعاقب البيئي:

قام العالم كليمنت Clement بعد دراسات توصل خلالها إلى ملاحظة عدد من الظواهر قبل واثناء مراحل التعاقب البيئي. ومن هذه الظواهر ما يأتي:

١. التعرية والتجريد Nudation

وهي حالة الأرض الجرداء التي تكون نقطة بدء التعاقب. وعلى الرغم من ان جميع اماكن سطح الأرض لا يمكن ان تخلو من الكائنات الحية ألا ان حدوث الكوارث المدمرة كالبراكين والفيضانات والحرائق وانتشار الأمراض والاوبئة بالإضافة إلى أنشطة الإنسان المتمثلة بالحفر والحرق وإنشاءالبحيرات الاصطناعية، تعمل جميعاً على تكوين العديد من المناطق الجرداء الخالية من الحياة. ان مثل هذه العمليات تدعى بالتعرية والتجريد.

٢. الاجتياح والتوطن Invasion & Ecesis

ويقصد بها غزو المناطق البكر بأنواع البذور أو السبورات بواسطة الهواء أو إملاء أو الحيوانات بحيث يؤدي توطن هذه الأجزاء التكاثرية إلى خطوة الثانية وهي انباتها ونمو

النباتات الناتجة منها وتكاثرها. ثم تأتي الخطوة الثالثة وهي تجمع الأحياء وازدهارها في الموقع البيئي. وهكذا يعتمد نجاح الاجتياح على قابلية الكائنات الحية على التكاثر والتكيف مع ظروف البيئة الجديدة.

ويمكن ان يطلق على انتقال هذه البذور أو السبورات إلى منطقة جديدة بالهجرة والتي تتبعها الخطوة التالية التي يمكن ان تسمى بالتوطن (Ecesis).

٣. التنافس والتفاعل Competition & Reaction

ان الزيادة الحاصلة في عدد الأنواع التي تظهر في البيئة الجديدة تؤدي إلى نوع من التنافس بين افراد النوع الواحد، كما يحدث التنافس بين افراد الأنواع المختلفة سواء تلك التي تأتي إلى البيئة الجديدة ام تلك التي توجد فيها اصلاً.

ان ظاهرة تحوير البيئة تسبب عدم ملائمة الأنواع السابقة لها، بينما قد تصبح البيئة المحورة ملائمة لأنواع وافدة جديدة. وهكذا يستمر التنافس والتفاعل بين الأنواع السابقة الموجودة أصلاً واللاحقة للوصول إلى حالة التوازن الجديدة. وفي النهاية ستكون البيئة الجديدة غنية بالمواد المغذية والعضوية والرطوبة مما يشجع اعداداً اكبر من النباتات والحيوانات للظهور في البيئة حيث تتعزز عمليات التعاقب.

٤. الاستقرارية والذروة Stabilization & Climax

في نهاية التعاقب يصل المجتمع Community إلى حالة الاستقرار حيث تنشأ بين الكائنات الحية علاقات منسقة تبقى تركيب المجتمع Community ثابتاً إلى حد ما. وتعد هذه الحالة مرحلة توازن حركي Dynamic equilibrium وليست حالة سكون، وتدعى هذه الحالة بالذروة Climax.

التعاقب في البيئات الأساسية:

هناك اختلاف في طبيعة التعاقب وأسلوبه باختلاف البيئة الأساسية حيث تؤثر نوعية العوامل البيئية تأثيرا حاسماً، فضلاً عن طبيعة المجتمعات النباتية والحيوانية التي تتكيف للمعيشة في تلك البيئات وتحت تلك الظروف.

لذا اعتماداً على البيئات الأساسية يوجد نوعين من التعاقب هما التعاقب المائي والتعاقب الجفافي وفيما يأتي أهم خصائص التعاقب في أشكال البيئات التي تعود إلى هذه ين النوعين من التعاقب.

أولاً: التعاقب المائي Hydrach Succession

يمكن تتبع التعاقب في البيئة المائية خلال انوعين الاساسيين من المياه وهما المياه العذبة والمياه البحرية وكالاتي:

١. التعاقب في المياه العذبة Fresh Water Succession

تختلف أنماط التعاقب في المياه العذبة تبعا لحجم المسطحات المائية، وطبيعة حركة المياه فيها. حيث تؤدي عمليات التغرين (Silting) دوراً مهماً في إحداث التعاقب . ويقصد بالتغرين هي حالة تراكم المواد الغرينية التي تدخل إلى المسطح المائي بواسطة الأنهار والقنوات والجداول. ويسبب تراكمها مع اشكال التربة الأخرى والصخور إلى ضحالة قاع المسطح المائي. ويتوقف حدوث هذه العمليات على كميات التعرية التي تحدث في القنوات المجاورة التي تصب فيها، فضلاً عن كميات الأمطار ونوعها.

وعند استمرار تراكم المواد الترابية لعدة سنوات متعاقبة يتحول المسطح المائي إلى موطن مستنقعي ويؤدي اخيراً إلى تكوين غابة.

مع التغيرات التي تحدث في الكساء الخضري وتقدم عمر البركة وتكوين المستنقعات، تكون المجاميع الحيوانية قد تغيرت كذلك حيث تتباين مجاميع الحيوانات اللافقرية من ناحية الكمية والنوعية بدءاً من أنواع الذباب مع ظهور الخنافس بانواعها المختلفة. وتظهر أنواع مختلفة من الاسماء التي تتدرج أنواعها مع تدرج التحول في المسطح المائي.

النباتات المائية المغمورة ← النباتات الطافية ← النباتات المائية البارزة ← الشجرات ← الأشجار .

٢. التعاقب البحري Marine Succession

هناك بعض الصعوبات التي تعترض دراسة ظاهرة التعاقب البحري وذلك بسبب طبيعة البحار والمحيطات من ناحية أعماقها السحيقة واتساع مناطقها والتيارات الشديدة والأعاصير. لذا فإن مناطق المد والجزر قد حظيت بدراسة أشمل وذلك للسهول النسبية في العمل فيها. يبدو ان التعاقب يظهر على الأسطح النظيفة في مناطق المد والجزر يمكن ان تشمل التسلسل الأتي:

سطح نظيف ← بكتريا ← دايتومات ← طحالب أخرى ← معويات الجوف ← حيوانات آكلات الطحالب ← رخويات ← رخويات ثنائية المصرع.

ان مثل هذا التعاقب لا يحتاج إلى أكثر من خمس سنوات لاكتماله مقارنة مع السنوات الطويلة التي يحتاجها التعاقب الأرضي أي على اليابسة.

ثانياً: التعاقب الجفافي Xerach succession

يتميز هذا النوع من التعاقب بأن الر طوبة غير متوفرة أو قليلة لا تسد حاجة النباتات والحيوانات وتشمل هذه الظروف المناطق الصحراوية الجافة التي قد تمر عليها عدة سنوات دون سقوط أمطار عليها. وكذلك المناطق الصحراوية الرطبة التي تسند مجتمعات المروج.

وأغلب الأحيان تكون التربة رملية لا تحتفظ عادة بالرطوبة لفترة طويلة . وتكون النباتات الجفافية وبعض الحيوانات خلال تكيفهاتها الفسلجية والموروفولوجية والسلوكية.

ويكون التعاقب الجفافي بصورة عامة أبطأ من غيره لكنه يتميز إلى التقدم نحو المجتمعات ذات الكمية معتدلة الرطوبة في التربة. ويمكن تمييز عدة أشكال من ال تعاقب الجفافي منها:

١. المسلسلة الصخرية Lithosere

تدرس السلسلة الصخرية كأحد أنواع المسلسلات الجفافية (Xeroseres) ويكون قوام الصخرة صلباً وجافاً لا تستطيع النباتات مد جذورها بسهولة وذلك لغياب التربة (Soil) فضلاً عن كونها تظهر مدى واسع من التغيير بدرجات الحرارة مما يجعلها وسطاً غير ملائم لنمو معظم النباتات.

يمكن ملاحظة سطح الصخرة المكشوف وملاحظ تجمعاته الاحيائية حيث تتواجد الاشنات Lichens التي تمثل المكون الخضري في المجتمع الرائد (Pioneer community) مثل الاشنات الشجرية حيث تبدأ عمليات تحلل المواد المعدنية . وتكون المجاميع الحيوانية قليلة الأنواع في هذه المرحلة حيث تقتصر على النحل وبعض العناكب التي تبنى اعشاشها دخل شقوق الصخور وتتعرض إلى ظروف التطرف صيفا وشتاءً مع قلة الحماية.

وبعد ذلك تظهر النباتات الحزازية (Bryophytes) التي تحل محل أنواع من الطحالب الخيطية النامية قبلها على الصخور، وبذلك تكون هذه النباتات الحزازية حصيرة من الدبال (Humus) وبمساعدة الدقائق المعدنية ستصلح وسطاً جيداً لمد جذور النباتات الراقية حالما تصل الأعشاب الصغيرة والحشائش والخنشاريات إلى المنطقة. ومما يزيد التحور في البيئة هو وصول الحيوانات كالحشرات والديدان الخيطية وبذلك يزداد عدد الأنواع نباتية كانت ام حيوانية وتبقى التربة والمنطقة تحت الشجيرات رطبة مما يمهد إلى ظهور المجتمع الغابي (Forest community) حيث تحل النباتات الكبيرة المعمرة وذات العمر الطويل محل النباتات الصغيرة ذات العمر القصير. وتتكون التربة تدريجياً ويزدادا محتواها من الرطوبة ويقل تدريجياً مدى التغاير الحراري ويزداد توفر المواد الغذائية وبذلك يستطيع المجتمع ان يحافظ على نفسه إلى حدود معينة مع شرط عدم تغير الظروف المناخية أو حدوث الكوارث الطبيعية.

الانشات القشرية ← الانشات الشجرية ← الطحالب الخيطية ← النباتات الحزازية
الأعشاب الصغيرة والحشائش والخنشاريات الشجيرات الأشجار

٢. المسلسلة الرملية Sandsere

تدعى ايضاً بمصطلح psamosere يشكل هذا النوع من التعاقب نمطاً أخراً من التعاقب الجفافي. حيث تتواجد الأراضي الرملية على ضفاف الأنهار وسواحل البحار والمحيطات وفي الصحاري كذلك. وتعتبر الترب الرملية غير ثابتة وعرضة للتحول من مكان إلى آخر، كما انها تتميز بجفافها وقلة قابليتها على الاحتفاظ بالرطوبة بسبب كبر قطر جزيئاتها مع غياب المواد المغذية وتوفر نسب متباينة من الأملاح.

يتضمن التعاقب على الكثبان الرملية ثلاث مراحل أساسية وهي:

أ. المرحلة الأولى: وهي عملية ربط جزئيات الرمل السطحية، مما يجعل الكثيب اقل عرضة للانتقال بواسطة الرياح أو المياه، إذ تقوم الاعداد القليلة من الطحالب النامية عليه أثناء سقوط المطر بتجهيز كميات كافية من المادة العضوية مما يساعد على ربط ذرات الرمل. حيث تنمو الجذور الليفية والرايزومات بكثافة تحت سطح التربة وتتشابك فيما بينها لتجعل الطبقة التي تحتها في مأمن من تأثيرات المياه والرياح فضلاً عن إضافتها لمواد عضوية تساعد على الاحتفاظ بالرطوبة وتوفير المواد المغذية.

ب. المرحلة الثانية: تستقر الكثبان الرملية لتظهر فيها أنواع من النباتات الخشبية حيث تمتد الجذور إلى أعماق اكبر للحصول على احتياجات الماء وبذلك تتحقق الحماية من التعرية وتمهد لاضافة أنواع أخرى من النباتات.

ج. المرحلة الثالثة: تتميز هذه المرحلة بالأشجار والحشائش الطويلة وصولاً إل ى مجتمع الذروة الذي تمثله غابات الزان والاسفندان.

٣. تعاقب الحقل المعمر: Old field succession

يتميز هذا النوع من التعاقب بالتنوع والتعقيد في ظهور المجاميع النباتية والحيوانية حيث يسود نمط التعاقب الثانوي هذا بنباتات عشب السرطان وحشيش الحصان حيث يسبقان ظهور القرطيفة البرية والرجيد، وتكون هذه النباتات ذات سيقان طويلة تتراوح ما بين (٦٠-١٢٠) سم حيث تزيح معظم نباتات السنتين الأولى والثانية اما في الحقول المهجورة التي عمرها ثلاثة سنوات فتسود نباتات سمار القشات حيث تحتفظ بسيادتها لبعض سنوات. ولكن بصورة عامة وبعد مرور سنتين أو ثلاث سنوات تظهر في المنطقة أشجار القرانيا واشجار الصمغ الأحمر والاسفندان الأحمر والبلوط الأسود وغيرها.

عند ثبات الأطوار التسلسلية ذات الطراز الغابي في منطقة الحقل القديم فإن مجموعة الحيوانات تتغير هي الأخرى. وتعد حشرات السوس وذوات الذنب القافز أكثر الحيوانات انتشاراً في نثار الغابة وتحت سطح التربة. كما يمكن بسهولة العثور على الديدان الخيطية ويرقات الحشرات كالخنافس والذباب والترمس والنحل فضلاً عن العناكب وخاتم سليمان والعقارب وغيرها من اللافقاريات.

ثالثاً: اشكال التعاقب الدقيق Microsuccession forms

وهو النمط من التعاقب الذي يحصل ضمن الموطن البيئي الدقيق Microhabitat فعلى سبيل المثال عند سقوط جذع خشبي على ارض الغابة فمع مرور الوقت سيهاجم هذا الجذع من قبل مجاميع متعاقبة من الكائنات الحية المختلفة كالفطريات والطحالب والحشرات والديدان الخيطية وعديدات الأرجل والبق والخنافس والقواقع وغيرها.

لقد عرف التعاقب الدقيق في العينات المختبرية منذ محاولات العالم وودروف (Woodroff, ١٩٢١) والذي أضاف ماء بركة يحتوي على خليط من الابتدائيات إلى وسط غذائي من ما تبن مغلي يحتوي على أعداد كبيرة من البكتريا. فلاحظ حالات التعاقب الدقيق في الأحياء الابتدائية حيث تصل أحياء البراميسيوم والاميبا والفورتسلا على التوالي نحو قمة التعداد الجماعي. هناك امثلة عديدة في أنماط التعاقب الدقيق منها براز الأغنام والمواشي في مناطق المروج أو المناطق التي تنشأ فيها قنوات مياه الأمطار أو الثلوج المنصهرة والمتقطعة حيث تزدهر المجتمعات المائية من البكتريا المائية والطحالب والهايدرا والديدان المسطحة والابتدائيات والقواقع ويرقات الحشرات المائية . ومع تناقص المياه والجفاف التدريجي لقاع القناة يحل مكان المجتمعات المائية بعض كائنات اليابسة كالنباتات الراقية المعتدلة الرطوبة Mesophytes والديدان الخيطية والقواقع الأرضية والديدان الحلقية والحشرات . عندها تكون الأشكال المائية متحوصلة وتبقى كامنة بانتظار الفترة الرطبة التالية.

ان المجتمعات الأخيرة من التعاقب الدقيق لا تشكل مجتمع ذروة لأنها تختفي كوحدة متميزة وتكون داخلة في جزء من البيئة الدقيقة . لذا فإن مثل هذا التعاقب يختلف عن اشكال التعاقب الكبيرة التي مر ذكرها مسبقاً.

الذروة: Climax

مفهوم الذروة وضعه العالم كليمنت Clement ويتضمن ان التعاقب بهذا المفهوم سيكون سلسلة من التفاعلات بين الكائنات الحية ومحيطها تنتهي بالوصول إلى العلاقة المنظمة التي تبقى تركيب المجتمع ثابتاً إلى حد ما. وهذه العلاقة يتوقف عليها حدوث التغيرات في المجتمع. ولقد تم وضع ثلاث صفات رئيسية لمجتمع الذروة وهي:

١. الوحدة Unity

ان مجتمع الذروة عبارة عن وحدة متكاملة ويفصح عن نوعية المناخ وطبيعته من جهة، ودليل على نوع الظروف البيئية الأخرى من جهة أخرى.

٢. الاستقرار Stability

مجتمع الذروة ديناميكي أي دائم التغير لكنه يبدو في ظاهرة مستقراً . ولا يمكن ان تحل أي مجموعة من الأنواع في ذلك المناخ المحدد محل الأنواع المكونة لمجتمع الذروة . وبعابرة أخرى يكون مجتمع الذروة لأي منطقة مناخية محتوياً فقط على الأنواع الخاصة بتلك المنطقة كأنواع سائدة.

٣. الأصل وعلاقات التطور النوعي Origin & phylogenetic relations

لقد تصور كليمنت مجتمع الذروة بوصفه كائن حي اطلق عليه اسم الكائن الأمثل Super organism. وان عملية التعاقب عبارة عن عملية مكافئة لنمو هذا الكائن الحي بمراحلها الثلاثة وهي الولادة ، والنمو، والبلوغ . الذي يبدأ منذ بداية التعاقب ومراحل تقدمه وذروته.

يمثل مجتمع الذروة Climax community المجتمع الاخير في السلسلة التعاقبية حيث يستطيع المجتمع حينئذ ان يحافظ على نفسه إلى حدود معينة بشرط عدم تبدل الظروف المناخية للمنطقة بشكل أساس أو ظهور حادثة مأساوية حادة كالحرائق والسيول والأعاصير والبراكين والأمراض وغيرها.

ويمكن التنبؤ بمجتمع الذروة المناخي لأي منطقة ذات ظروف مناخية متشابهة. فعلى سبيل المثال ان غابات الزان والاسفندان هي الذروة المناخية لمجتمعات الذروة الترابية، بينما تزدهر مجتمعات أشجار الجميز والتواليب في المناخات الأكثر دفئاً . اما في الترب الأكثر دفئاً وجفافاً فقد تتمثل الذروة بغابات البلوط والكستناء.

وعلى الرغم من ان الرطوبة تؤدي دوراً مهماً في تحديد مجتمع الذروة، الا ان لبقية العوامل دوراً مهماً أخر، مثل نوع التربة أي نسجتها والتهوية والصرف والموقع الطوبوغرافي والانحدار ومواجهته للشمال أو الجنوب وغيرها.

المحاضرة الثالثة عشر

التلوث البيئي Ecological Pollution

لقد كثرت التحذيرات خلال السنوات الأخيرة من القرن العشرين حول مصير الحياة على الكرة الأرضية، كما وجهت انتقادات كثيرة إلى تدخلات الإنسان في التوازن البيئي الطبيعي. وقد تزايد القلق بسبب استخدام الإنسان للوسائل المؤثرة والناجمة من التطور الهائل للتكنولوجيا والصناعة، الأمر الذي اوجد مستويات غير مألوفة من التدخل لم يسبقها مثيل، مما أصبح يهدد توازن الطبيعة فعلاً.

ونتيجة لتداخل عوامل عديدة في مقدمتها الانفجار السكاني الهائل وما رافقه من أنشطة تنموية وتطور صناعي وزراعي لسد الحاجات المتزايدة لملايين البشر فضلاً عن استنزاف الموارد الطبيعية واستغلال أراضي الغابات والأراضي الزراعية في انشاء المصانع والمعامل واستغلالها كذلك في انشاء المباني السكنية وشق الطرق ومد خطوط المواصلات والاتصالات وغيرها. ولعل من أهم المشكلات التي تواجه إنسان العصر الحالي هي كيفية الحفاظ على التوازن البيئي الطبيعي في بيئته لاجل الحصول على مقومات حياته. وان الإخلال بتوازن البيئة يغير معالمها وعواملها بشكل جذري وقد تكون النتيجة تحولها إلى بيئة غير صالحة لمعيشة الإنسان.

لقد نشطت الدول وشعوبها في بذل قصارى جهودها للحد من تفاقم المشاكل الي تواجه البيئة ومنها مشكلة التلوث البيئي التي أصبحت تهدد كوكبنا الأرضي ادراكاً منها ان مسؤولية مواجهة هذه المشكلة العالمية واجب على الجميع حماية لهذا الكوكب من مخاطرها والسعي للحفاظ على بيئة سليمة وآمنة. وتمثلت جهود دول العالم في عقد المؤتمرات والندوات العلمية ودعم البحوث والدراسات والمؤلفات التي تساهم في الحد من أخطار التلوث عالمياً، فضلاً عن اتخاذ الإجراءات المناسبة ووضع التشريعات القانونية لحماية البيئة والمحافظة على التوازن الطبيعي المتمثل بتكامل مقومات الطبيعة الثلاثة وهي:

١. القشرة الأرضية (اليابسة) أو الغلاف الجوي.
٢. الغلاف الهوائي.
٣. الغلاف المائي.

والتي قدّرها الخالق سبحانه وتعالى هذا التوازن العظيم الذي يفصح في حد ذاته عن عظمة الخالق وحمته بقوله تعالى ((**إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ**))

تعريف التلوث البيئي:

هناك عدة اتجاهات في تعريف التلوث، وان اختلاف هذه التعاريف تعتمد اساساً على حالة المتخصص واتجاه دراسته واهتماماته.

فمثلاً يعرف علماء الحياة (البايولوجيين) مفهوم التلوث بأنه يشمل اي تغيير او تأثير في التوازن الطبيعي لاي نظام بيئي مما يغير او يؤثر في مكونات ذلك النظام البيئي.

او اعتبار التلوث هو الحالة التي توجد فيها مادة او مواد غريبة او اي مؤثر في احدى مكونات البيئة يجعلها غير صالحة للاستعمال او يحد من استعمالها.

اما المشتغلين في الصحة فيعرفون التلوث بأنه اي تأثير ضار على صحة الإنسان بما يشمل غذاؤه او نشاطه الفسيولوجي.

ويعتبر الجغرافيون ان مشكلة التصحر هي إحدى مشاكل التلوث البيئي ال هامة .

ويمكن تعريف التلوث بمفهومه العام كالأتي:

التلوث pollution: هو تعكير أو اضطراب في البيئة يعمل على تغيير صفاتها الطبيعية ويجعلها رديئة الاستغلال والمنفعة وغير مناسبة بشكل أو بأخر للحياة.

ان مخاطر التلوث تصيب المحيط الحيوي من هواء وماء وتربة وبذلك تؤثر في معظم ان لم يكن في كل الأنظمة الطبيعية والاصطناعية.

المصادر الرئيسية للتلوث البيئي:

هناك مصدران رئيسيان للتلوث البيئي هما:

١. مصادر طبيعية أو التلوث الطبيعي.
٢. مصادر من أنشطة الإنسان أو التلوث الصناعي والبشري.

أولاً: التلوث الطبيعي Natural pollution

يقصد بالتلوث الطبيعي ان ليس للإنسان أي دخل فيه . إذ ان الطبيعة عرضة إلى التغير المستمر بسبب عدة عوامل كالرياح والامطار والسيول وحرائق الغابات وثورات البراكين والزلازل والمد والجزر في البحار وما تفرزه من ملوثات اهمها ما يأتي:

١. **الدقائقيات في الهواء:**
٢. **المواد العالقة:**
٣. **حالات التعرية Nudation:**
٤. **زيادة تركيز الاملاح في المياه والتربة.**
٥. **الغازات السامة المنبعثة من البراكين أو العيون المعدنية .**

ثانياً: مصادر التلوث الناتجة من انشطة الإنسان:

وهي مصادر التلوث التي تكون أكثر خطورة حيث يزداد تأثيرها بازدياد تقدم الإنسان العلمي والتكنولوجي والحضاري وتشمل مجالات كثيرة اهمها:

١. **المخلفات المنزلية:** وتشمل المخلفات الناجمة عن النشاطات المنزلية لمخلفات الوقود المنزلي كالفحم والكيروسين والغاز والمنظفات المنزلية.
٢. **المخلفات الصناعية:** من الصناعات التي تكون مصدراً للملوثات هي الصناعات الكيمياوية مثل صناعة الأسمدة والورق والنفط والمطاط والاسمنت واستخراج المعادن من خاماتها وصناعة الحديد والصلب والكبريت والفوسفات والاطارات وغيرها الكثير.
٣. **مخلفات العمليات الزراعية:** للعمليات الزراعية مخلفات كثيرة تشمل بقايا المحاصيل والمخلفات الحيوانية والاسمدة الكيمياوية والمبيدات الكيمياوية.
٤. **مخلفات وسائط النقل المختلفة:** تطرح عوادم السيارات بالإضافة إلى الرصاص ملوثات أخرى كأول اوكسيد الكربون واكاسيد النتروجين والهايدروكاربونات.
٥. **المواد المشعة:** ان الاشعاء الصادر من المواد المشعة الناتجة من المفاعلات النووية وتجارب الانفجارات النووية يؤدي إلى تلوث البيئة.
٦. **الضوضاء:** يؤثر الضوضاء بشكل خاص على الإنسان الذي يعيش في وسط اصوات عديدة حيث وجد ان تأثير الضوضاء على الإنسان واضح في جعله سريع الغضب وقليل القدرة على التركيز الفكري وكثيراً ما ينجم عن ذلك الاصابة بالقرحة وقد يؤدي الضوضاء الشديد إلى الصمم.

أنواع التلوث البيئي:

هناك ثلاثة أنواع رئيسية للتلوث البيئي:

١. **تلوث الهواء** Air pollution.
٢. **تلوث المياه** Water pollution
٣. **تلوث التربة** Soil pollution

أنواع الملوثات البيئية:

١. **ملوثات طبيعية :** مثل الاتربة والغبار، الاشعاء، الضوضاء، الدخان.
٢. **ملوثات كيمياوية:** مثل الابخرة والغازات، الحوامض والقلويات، العناصر الثقيلة ، المبيدات.
٣. **ملوثات إحيائية:** مثل الجراثيم، الفيروسات، البكتريا، الطفيليات، الفطريات.

طبيعة المواد الملوثة: Nature of pollutants

تشمل المواد الملوثة مدى واسعاً من المواد، فقد تكون أ ي مادة مصنعة من قبل الإنسان مادة ملوثة في بعض الأحيان. وقد تكون بعض المواد التي تعتبر ضرورية لحياة الكائنات الحية كالحديد والنحاس والزنك على سبيل المثال لكنها قد تكون ذات سمية عالية عند وجودها بكميات وتراكيز عالية. ولاجل دراسة هذه المواد الملوثة وامكانية التعرف عليها علينا الاخذ بنظر الاعتبار المواصفات الآتية:

أولاً: تركيبها الكيمياوي:

يمكن تقسيم المواد الملوثة حسب تركيبها الكيمياوي إلى نوعين هما:

١. **مواد عضوية:** وتشمل مواد عضوية غنية بالكلور مثل بعض المبيدات الحشرية كالكلوريدين والالديرين والـ DDT كما ان هناك مواد غضوية غنية بالفسفور كالبراثيوم والملاثيون.

٢. **مواد غير عضوية:** قد تكون هذه المواد على هيئة ايونات كالايونات الموجبة مثل الزنك Zn^{++} والنحاس Cu^{+} والحديد Fe^{+++} والايونات السالبة مثل النترات $NO^{-}_{٣}$ والفوسفات $PO_{٤}$. أو تكون غير ايونية مثل العناصر الثقيلة كالزئبق والرصاص والكادميوم والزرنيخ.

ثانياً: درجة تحللها: وتشمل نوعين هما:

١. **مواد قابلة للتحلل:** وهي المواد التي يمكن تحللها أو تكسيرها في البيئة من قبل المحللات كالبكتريا والفطريات. وتكون هذه المواد أقل خطورة في تلوث البيئة. علماً ان تأثيرها السلبي يزول حال تحللها كاملاً من قبل الكائنات الدقيقة.

٢. **مواد غير قابلة التحلل:** وتشمل المواد الكيمياوية والصناعية ذات التأثير التراكمي في البيئة والتي لا يمكن تحللها. مثل مبيدات الحشرات ومبيدات الفطريات ومواد البلاستيك والنايلون وبعض المنظفات.

ثالثاً: درجة سميتها:

تعد بعض المواد الملوثة مواد سمية للكائنات الحية. ويقصد بالمواد السمية انها تلك المواد التي تسبب شللاً لحركة الكائنات الحية وتثبط نموها وتؤدي إلى موتها وذلك من خلال تأثيرها المباشر والفعال على إيقاف وعرقلة الفعاليات الايضية. وتتفاوت المواد السمية في تأثيرها على وفق تركيبها الكيمياوي وتركيزها المؤثر.

المحاضرة الرابعة عشر

تلوث الهواء Air pollution

يعتبر الهواء من أساسيات الحياة فانقطاعه لدقائق معدودة يعد كافياً لهلاك الإنسان. لذا أصبح موضوع تلوث الهواء في مقدمة الموضوعات التي تثير الاهتمام ليس في أوساط العلماء المختصين فحسب بل في الأوساط والمؤسسات الحكومية كافة وحتى بين المواطنين. وقد انشغل العديد من المشرعين في بلدان العالم في سن القوانين المتعددة من اجل المحافظة على نظافة الهواء والوقاية من تلوثه وبالتالي حماية البيئة من التلوث. ان ما يزيد موضوع تلوث الهواء خطورة تأتي في ضعف الوسائل العلمية والتقنية المستخدمة للإقلال أو التخلص منه رغم التقدم الكبير الحاصل أخيراً.

لقد أصبحت مشكلة تلوث الهواء أكثر وضوحاً عندما ازدادت معدلات نمو السكان والمدن وزيادة التقدم الصناعي والتكنولوجي.

تكمن خطورة الهواء عند تلوثه في كونه قد لا يرى ولكن الإنسان يأخذه عن طريق جهاز التنفس وهذا يعني إمكانية وصوله إلى الدم ومن ثم إلى المراكز الحساسة في الجسم خلال عدة ثوان وإحداث تأثير بايولوجي فيه ومن دون ادراك الإنسان لذلك.

ان الاثار الضارة للتلوث الهوائي لا تعود إلى كمية المواد المنبعثة بقدر ما تعود إلى تراكيزها في هذه الاجواء. فقد تنتشر كميات قليلة وبتراكيز عالية ضمن مساحة محدودة فتحدث تلوثاً كبيراً تفوق اضراره على الحالة التي لو تنتشر فيها لمساحات أوسع.

طبيعة الغلاف الجوي:

يتكون الغلاف الجوي من مزيج من الغازات التي تغلف الكرة الأرضية بارتفاع يصل بين (٨٠-١٠٠)كم فوق سطح الأرض. وتتركز معظم كتلة الغلاف الغازي (٩٩,٩%) دون ارتفاع حوالي (٥٠كم).

فالهواء هو ذلك الجزء من الغلاف الجوي الاقرب إلى سطح الأرض والذي عندما يكون جافاً وغير ملوثاً فإنه يتألف من عدة غازات اهمها من حيث النسبة هو غاز النتروجين (N_2) الذي يؤلف (٧٨,٠٩%) ويليه غاز الأوكسجين (O_2) الذي يؤلف (٢٠,٩٤%) ثم مجموعة كبيرة من الغازات بنسب ضئيلة. علماً ان بخار الماء وغاز ثاني اوكسيد الكاربون يختلفان كمياً حسب ظروف عوامل معينة. حيث تبلغ نسبة غاز (CO_2) حوالي (٠,٠٣٢%) وغاز الهيدروجين (H_2) تبلغ نسبته (٠.٥) جزء بالمليون. ونسبة غاز الاوزون (O_2) هي (٠.٠٢) جزء بالمليون.

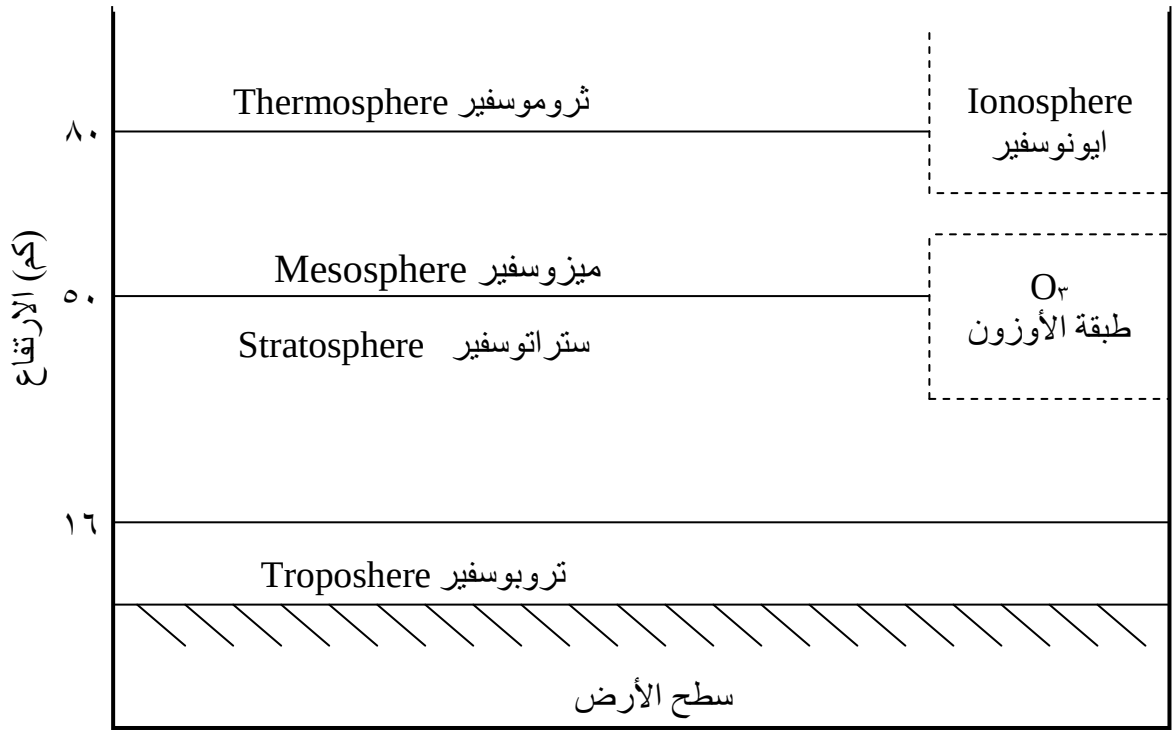
يقسم الغلاف الجوي عادة إلى اربع طبقات هي:

١. طبقة التروبوسفير Troposphere

٢. طبقة الستراتوسفير Stratoshpere

٣. طبقة الميزوسفير Mesosphere

٤. طبقة الثروموسفير Thermosphere



(طبقات الغلاف الجوي)

وهناك طبقة تتداخل مع الطبقة الثالثة من جهة والطبقة الرابعة من جهة أخرى حيث تشغل الجزء العلوي من طبقة الميزوسفير والجزء السفلي من طبقة الثرموسفير وتدعى هذه الطبقة بطبقة الايونوسفير Inonsphere ويعود سبب هذه التسمية لوجود الايوانات الحرة فيها.

مما تقدم يمكن القول ان طبقة Troposhere تضم (٧٥%) من كتلة الهواء الكتلية بينما تحوي طبقة الـــ Stratosphere حوالي (٢٤.٩%) من كتلة الهواء. وتتوزع النسبة الباقية (٠.١%) بين الطبقتين الأخيرتين.

المصادر الرئيسية للتلوث الهوائي:

يمكن تلخيص أهم مصادر تلوث الهواء بما يأتي:

١. احتراق مختلف أشكال الوقود للحصول على الطاقة للاستخدامات الصناعية والتجارية والمنزلية.

٢. الملوثات المطروحة من قبل مختلف وسائط النقل التي تستخدم البنزين أو الديزل .

٣. الفضلات الغازية والغبار والحرارة والدقائق المتطايرة والمواد المشعة وبعض العناصر التي تنفث إلى الاجواء من مداخن المعامل والمصانع ومن المبيدات .

أنواع الملوثات في الهواء:

يمكن تقسيم الملوثات في الهواء إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

أولاً: الدقائقيات: Particulates

يقصد بالدقائقيات كافة المواد المنتشرة في الهواء سواء كانت دقائق صلبة أو مطيرات سائلة عالقة في الهواء. وتتنوع اشكال الدقائقيات وتركيبها الكيمياوي وتأثيراتها السمية أو الصحية وتعتمد حركتها وبقائها في الهواء وكذلك العمق الذي تدخله في الجهاز التنفسي على قطر هذه الدقائق أو القطيرات. ان الغالبية العظمة من الدقائقيات هي ذات منشأ طبيعي مثل الدقائق الترابية والرملية المتطايرة من الأراضي الجرداء والصحاري . اما المصادر غير الطبيعية (البشرية المنشأ) فتشمل عمليات حرق الوقود في الصناعة وانتاج الطاقة وانتاج الاسمنت وطحن الحبوب وغيرها أو في المواصلات وما ينبعث عنها من كميات كبيرة من الدقائق الكاربونية التي تدعى بالسخام soot وقد تصدر من رش المبيدات في الحقول فضلاً عن عمليات الانشاء والبناء وتعبيد الطرق وغيرها.

ان أهم أنواع المجاميع الرئيسية للدقائقيات في الهواء هي:

١. الرمال أو الحبيبات الرملية Grit

وهي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يزيد قطرها عن (٥٠٠) ميكرون أي (٠.٥) ملم.

٢. الغبار Dust

وهي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يتراوح قطرها بين (٢٥-٢٠٠) ميكرون

٣. الدخان Smoke

وهو عبارة عن المواد الدقيقة الناتجة من عمليات الحرق المختلفة والتي تطلق دقائق لا يزيد قطرها عن (٢) ميكرون ويشكل الكاربون غالبيته العظمى.

٤. الهباء الجوي Aerosol

وهي الدقائق الصلبة أو السائلة العالقة في الهواء والتي يقل قطرها عن (١) ميكرون.

٥. الضباب Mist

يشمل الضباب كل من القطيرات السائلة والعالقة في الهواء التي تصل اقطارها إلى (١٠٠) ميركون احياناً ويدعى كذلك بالضباب الدخاني (السديم) smog (fog + somke).

٦. السخام Soot

وهو عبارة عن جزيئات الكاربون المتناهية الدقة التي تتجمع بصورة سلاسل طويلة.

٧. حبوب اللقاح Pollen grains

يلاحظ في الربيع تكثر جسيمات تنطلق من النباتات الزهرية التي هي حبوب اللقاح . وتمتاز دقائقها بكبر حجمها. وقد يتعرض بعض السكان إلى اعراض حالات من الحساسية الجلدية أو تورم العينين أو رشح الانف وغيرها.

ثانياً: الملوثات الغازية Pollutant gases وتشمل:

١. الهيدروكاربونات Hydrocarbons

تتألف الهيدروكاربونات كما يدل عليها اسمها من الكربون والهيدروجين وهي عبارة عن مركبات عضوية غازية أو سائلة أو صلبة. ولا تعد الهايدروكاربونات مواد ملوثة خطيرة بذاتها باستثناء الأنواع الاروماتية منها، غير ان خطورتها تكمن في تفاعلاتها اللاحقة مع الملوثات الأخرى وبوجود أشعة الشمس والأوكسجين والمواد الأخرى.

تنبعث الهايدروكاربونات نتيجة لنوعين من العمليات هما:

أ. الاحتراق غير التام.

ب. التبخر.

٢. غاز احادي اوكسيد الكاربون CO

ينتج هذا الغاز من اتحاد الكربون بالاوكسجين عند الاحتراق غير التام أو تحت ظروف معينة. ومصدر الكربون في هذه الحالات هو الوقود النفطي أو الفحم بانواعه أو الغاز الطبيعي والتي تعد من الأنواع الرئيسية لمصادر الطاقة على وجه الأرض .

يعتبر غاز CO من اكبر الملوثات لاجواء المدن المدن حيث ينبعث من الاحتراق غير الكامل للهيدروكاربونات. كما ينبعث من احتراق وقود السيارات. ويتميز هذا الغاز بقدرته على الاتحاد ع هيموكلوبين الدم HB مكوناً مركب كاربوكسي هيموكلوبين COHB مما يؤدي إلى تقليل كفاءة الهيموكلوبين في حمل الأوكسجين، وبذلك تصاب الكائنات الحية ومنها الإنسان بالدوار ويزداد جهد القلب والتنفس.

٣. ثنائي اوكسيد الكاربون CO_2

ينتج الإنسان كميات كبيرة من هذا الغاز خلال عمليات الاحتراق واستخدام الوقود كالفحم وزيوت البترول والغاز الطبيعي. ومع ذلك لا يعتبر هذا الغاز من المواد الملوثة للجو . ولكنه في حالة زيادة تراكيزه بما يفوق معدلاته الطبيعية (٠,٠٣% حجماً من الهواء) مما يؤدي إلى ارتفاع درجات حرارة الفضاء المحيط بالارض خلال ما يعرف بتأثير البيت الزجاجي Greenhouse effect إذ تنعكس الحرارة المنبعثة من الأرض وتنحصر في الأجواء بسبب غاز ثنائي اوكسيد الكاربون.

ان زيادة درجة حرارة الفضاء الذي يحيط بالارض ببضع درجات كمعدل سنوي سيؤدي إلى ذوبان الجبال الثلجية في القطبين وبدورها تؤدي إلى غرق مساحات من اليابسة ابتداءً من السواحل وما عليها من مدن ومزارع ومصانع والتي تعني حدوث كوارث إنسانية.

٤. أكاسيد النتروجين NO_x

ان من أهم الغازات النتروجينية الملوثة للهواء هي غاز احادي اوكسيد النتروجين NO وثنائي اوكسيد النتروجين NO_2. وفي ظروف درجات الح رارة العالية (أكثر من ١١٠٠م^o) يتم انبعاث هذين الغازين خلال عملية الاحتراق واتحاد غاز الأوكسجين والنتروجين. اما الاشكال الأخرى من اكاسيد النتروجين فليس لها أهمية بيئية، ولعل من اهمها هو غاز اوكسيد النتروز الذي كان يستخدم في الجراحة بوصفه غازاً مخدراً قبل تط ور المركبات المخدرة الحديثة.

وباعتبار ان مصدر الغازين (NO_2, NO) من عملية الاحتراق لذا فإن انبعاثهما ايضاً يتم من جميع وسائط النقل فضلاً عن مصادر أخرى ثابتة مثل محطات توليد الكهرباء وبعض الصناعات التي تحرق الوقود بدرجات حرارة عالية . كما تنبعث ايضاً من معام ل صناعة الأسمدة النتروجينية، ومن الحقول الزراعية بعد عمليات التسميد الكيمياوي أو الحيواني ومن بعض الصناعات الكيمياوية مثل إنتاج حامض النتريك وصناعة المتفجرات وغيرها.

٥. أكاسيد الكبريت SO_x

ان التلوث بأكاسيد الكبريد من أكثر مشاكل تلوث الهواء خطورة على البيئة وبخاصة صحة الإنسان. وتضم هذه الاكاسيد غاز ثنائي اوكسيد الكبريت SO_2 بالدرجة الرئيسية وغاز ثلاثي اوكسيد الكبريت SO_3 بدرجة ادنى. ان غاز SO_2 هو من الغازات ذات رائحة حادة وينتج القسم الأكبر منه عند احتراق أنواع الوقود الذي يحتوي على الكبريت والذي يتأكسد إلى SO_2 ويتأكسد هذا الغاز متحولاً إلى SO_3 الذي عند ذوبانه في الماء يتحول إلى حامض

الكبريتيك H_2SO_4 إذ يساهم هذا الغاز بتكوين الأمطار الحامضية Acid Rains التي تتساقط مسببة الاضرار الجسيمة للنباتات والتربة والمياه.

يسبب غاز SO_2 اضرار بالغة للصحة كالالتهابات الخطيرة في الجهاز التنفسي.

من المصادر الأخرى لغاز SO_2 هو غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S. كما يخرج الغاز ايضاً بعد انفجار البراكين حيث يترسب من المكامن النفطية والغازية والمصادر الجيولوجية الأخرى مثل المياه الكبريتية.

٦. غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S

غاز كبريتيد الهيدروجين ينبعث من مصادر طبيعية مختلفة مثل ثورات البراكين التي تنطلق منه كميات لابأس بها فضلاً عن كميات اكبر منه ناتجة من تحلل المواد العضوية ذات الأصل النباتي والحيواني خاصة في البيئات الرطبة والمائية وتحت تأثير البكتريا اللاهوائية التي تهاجم الكبريتات وتحولها بعملية اختزال إلى كبريتيد. ويمكن ان تحدث نفس عملية التحلل هذه في مواقع طمر النفايات تحت الأرض مما يؤدي إلى ظهور هذا الغاز بشكل ذائب في المياه الجوفية. بمعنى آخر تسبب في تلوث هذه المياه. كما ينبعث الغاز كذلك في مواقع طبيعية وعيون كبريتية لاسيما الساخنة منها، ومن أحواض تصفية مياه المجاري بسبب عمليات تفسخ الفضلات العضوية. ينتج الغاز خلال الأنشطة الصناعية مثل عمليات الدباغة بسبب استخدام بعض المركبات الكيمياوية التي تسبب في انبعاثه. كما ينبعث الغاز من عمليات تصفية النفط الحاوي على تراكيز عالية من الكبريت.

علماً ان كبريتيد الهيدروجين عديم اللون وسام جداً وتبلغ درجة سميته بنفس سمية غاز السيانيد تقريباً. وله رائحة نفاذة وكريهة تشبه رائحة البيض الفاسد. يمكن لهذا الغاز اختراق اغشية الحويصلات الرئوية بسهولة ليصل إلى الدم ومنه إلى أعضاء الجسم كافة مسبباً الصداع والغثيان مع تخرش العينين يصاحبها احياناً حالات من التراخي والكسل أو الخمول العام وقد يؤدي إلى الموت عند استمرار التعرض إلى تراكيز عالية.

المحاضرة الخامسة عشر

ملوثات الهواء ذات الطابع العالمي:

من المعروف ان الهواء متحرك وعند حركته لا يمكن تحديده جغرافياً في دولة واحدة حيث ان الغلاف الجوي للكرة الأرضية يعتبر مشتركاً عالمياً تقوده حركة الكتل الهوائي المتغيرة. فالملوثات الغازية والملوثات الإشعاعية يمكن ان تنتقل من منطقة إلى أخر ى. وفيما يلي بعض الأمثلة على ما يلوث الهواء ويؤثر في مناطق جغرافية عديدة قد تصل إلى كل الكرة الأرضية:

أولاً: الاحتباس الحراري:

مفهوم الاحتباس الحراري لا يختلف عن ظاهرة البيت الزجاجي، فهو يتعلق بزيادة تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي. ان تركيز غاز CO_2 هو في زيادة مستمرة ورغم ان هذه الزيادة هي ضئيلة وليس لها تأثير صحي على الإنسان أو الأحياء الأخرى ولكن خطر هذه الزيادة في كونها ستؤدي تقليل انتشار الحرارة من جو الكرة الأرضية إلى الفضاء الخارجي بفعل تأثير ظاهرة البيت الزجاجي مما يتسبب في ار تفاع معدلات درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية. ان اصطدام موجات الأشعة المرئية بأي حاجز يؤدي إلى تحولها إلى حرارة. يعمل كل من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون وبخار الماء على امتصاص الاشعة المنعكسة من سطح الأرض وبهذه الطريقة يعملان وكأنهما لحافان الكرة الأرضية و يمنعان تسرب الحرارة المنعكسة من سطح الأرض إلى الغلاف الجوي . وبغير هذين اللحافين يحتمل ان تنخفض درجة حرارة الكرة الأرضية إلى (-٤٠م°) بدلاً من المعدل الحالي لدرجة الحرارة وهو نحو (١٥م°) ولكن إضافة كميات أخرى من بخار الماء وغاز ثنائي اوكسيد الكربون يعني إضافة طبقات أخرى من اللحافين مما يؤدي إلى منع التسرب الحراري بدرجات ومعدلات أعلى مما هي عليه في الطبيعة وهذا يعمل على رفع درجة حرارة سطح الأرض والمحيط الذي يعلوها مباشرة بشكل غير طبيعي.

ان ارتفاع معدل درجات الحرارة المتوقع لها على سطح الكرة الأرضية يؤدي في المحصلة النهائية إلى التأثير في مستوى سقوط الأمطار عالمياً وزيادة التصحر وانخفاض معدلات الانتاج الزراعي كما ان رفع درجة حرارة الأرض يؤدي إلى ذوبان الكتل الجليدية في القطبين ويؤدي إلى ارتفاع مستويات المياه في المحيطات وحدوث الفيضانات المدمرة.

ثانياً: طبقة الاوزون في الغلاف الجوي:

طبقة الأوزون عبارة عن غاز الأوكسجين ثلاثي الذرات O_3 وهو احد المكونات الطبيعية للهواء إذ تبلغ نسبته الحجمية (٠.٠٠٢) جزء بالمليون. وله القابلية على امتصاص الاطياف الموجية الاقصر من (٣٠٠) نانومتر أو مليميكرون (الاشعة فوق البنفسجية) القادمة من الشمس. ورغم تركيز غاز الاوزون الضئيل لكنه يعد كافياً وضرورياً لحماية الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية. ويتواجد هذا الغاز في أعلى طبقة الستراتوسفير واسفل طبقة الميزوسفير. ويبلغ أعلى تركيز لهذا الغاز (٠.٠٠٢) جزء بالمليون على ارتفاع (١٦-٣٥) كم. ولقد ظهرت خلال عقد السبعينات من القرن العشرين ظواهر تثير القلق حول مصير هذه الطبقة وذلك ناجم عن مجموعة من النشاطات البشرية التي سببت اطلاق الإنسان لكميات كبيرة من الغازات الملوثة للغلاف الجوي. ومن بين هذه الملوثات كل من:

١. المركبات الكلورية العضوية مثل مبيدات DDT والكلوريدين والالدرين.
٢. مركبات الكلوروفلوركاربونات المعروفة تجارياً باسم غاز الفريون المستعمل في أجهزة التكييف والثلاجات والمجمدات وفي قناني العطور والكولونيا المضغوطة.
٣. وكذلك غاز احادي اوكسيد النتروجين الذي ينطلق من الطائرات النفاثة العملاقة ولاسيما طائرات النقل المدنية التي تفوق في سرعتها سرعة الصوت.

ان هذه الملوثات قد أسهمت في تلاشي طبقة الأوزون من خلال تفاعلات كيميائية متعددة تعمل على تحويل غاز الأوزون إلى الأوكسجين.

لقد تم اكتشاف وجود فجوة (ثقب) في هذه الطبقة فوق القطب الجنوبي ومن ثم فوق القطب الشمالي وكان هذا الاكتشاف دق ناقوس الخطر للمهتمين بسلامة البيئة البشرية ومن بعدهم لعموم البشر. ولقد قدرت لجنة التنسيق التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) انه إذا استمر اطلاق كاربونات الكلور أو كاربونات الفلوركلورية بنسب عالية فإن ذلك سيؤدي إلى استنزاف طبقة الاوزون بنحو (١٠%) في سنة (٢٠٥٠) م ان الزيادة المطردة وغير المنظمة لانتاج هذه المركبات مع عدم اكتراث شركات النقل العالمية لأهمية تلوث الهواء بالغازات المنطلقة من الطائرات الضخمة سيؤدي حتماً إلى احداث اثار خطيرة لا تخص بلداً معيناً وإنما ستجعل البشرية كله ا معرضة إلى مضار الأشعة فوق البنفسجية القاتل لخلايا النبات والحيوان، ثم الإخلال الشديد بالتوازن البيئي فضلاً عن المشاكل الصحية الناجمة عن هذه الحالة المتمثلة بزيادة نسبة الإصابة بالأمراض السرطانية وخاصة سرطان الجلد.

ثالثاً: التلوث الاشعاعي: Radiation Pollution

يعتبر الإشعاع ظاهرة طبيعية يحيط بالإنسان في كل مكان في حياته اليومية. وقد ادى نشاط الإنسان إلى زيادة تراكيزه في بعض المواقع أو بسبب حوادث عرضية أو مشاكل صناعية معينة أو سوء إدارة مما تؤدي إلى حالات تلوث خطيرة.

فالتسرب الإشعاعي خلال الحوادث التي تحدث في المفاعلات النووية أو بسبب التجارب النووية أو النفايات المشعة التي تتسرب من خزانات الصواريخ والمركبات والاقمار الاصطناعية، أو بسبب القمامة الخطرة الناتجة من المصانع التي تستعمل الكيمياويات المعاملة اشعاعياً. حيث تصل هذه الإشعاعات إلى الأرض ملوثة الهواء والماء والتربة والغذاء مما يؤدي إلى مخاطر مميتة وقاتلة للإنسان والكائنات الحية الأخرى ، أو احداث تشوهات واختلالات في النظم الحيوية وحسب مستوى الجرعات الاشعاعية ونوعها .

يعرف **التلوث الاشعائي**: بأنه انبعاث اشعاعات خطيرة نتيجة حوادث تحصل في المفاعلا ت النووية، أو من النفايات المشعة، أو أي مصدر يستعمل في الإشعاع، بجرعات ضارة تعمل على تدمير خلايا الكائن الحي بشكل مباشر عند التعرض للإشعاع بشكل مباشر أو غير مباشر خلال تركيزها في الهواء أو الماء أو التربة أو الغذاء.

أنواع الجسيمات الإشعاعية:

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الجسيمات الإشعاعية هي:

١. جسيمات ألفا (α) Alpha particles :

تتكون هذه الجسيمات من زوج من البروتونات مع زوج من النيوترونات وتكون موجبة الشحنة. مصدرها الطبيعي عنصر الراديوم والثوريوم. وتتميز هذه الجسيمات بكتلتها الكبيرة قياساً بانواع الإشعاع الأخرى ولكن سرعتها اقل منها. وأقل منها في القدرة على اختراق الاجسام التي تصطدم بها. فقد يتعذر عليها اختراق ورقة كتابة اعتيادية، انها لا تتمكن من اختراق الجلد. ولكن الضرر الفعلي يحدث فقط عندما يتم دخول جسيمات هذه الأشعة عن طريق أي من الجهازين الهضمي والتنفسي إلى داخل أجهزة الإنسان والحيوان وبهاتين الطريقتين تصبح هذه الجسيمات في حالة تماس مباشر مع أنسجة وأعضاء الجسم الداخلية وبذلك تسبب الضرب لخلايا هذه الأنسجة.

٢. جسيمات بيتا (β) Beta particles

تنبعث هذه الجسيمات من انوية المخلفات النووية الانحلالية لليورانيو م. وتتألف من الكترونات فقط وبذلك فهي اصغر من جسيمات ألفا بحوالي سبعة الاف مرة تقريباً وتزداد بذلك قابلية اخترقها الحواجز . تتميز بسرعتها الكبيرة جداً فضلاً عن طاقتها العالية . وكلا الصفتين تجعلانها ذات قوة تدميرية كبيرة جداً . ومن صفاتها ايضاً قدرتها على اختر اق الأجسام الحية بعمق سنتمتر واحد. وتكون هذه الجسيمات مشحونة الشحنة السالبة.

٣. أشعة كاما ( ) Gamma ray

تختلف أشعة كاما اختلافا تاماً عن بقية أنواع الإشعاع باستثناء كونها ذات مصدر نووي فهي عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة (٣×١٠^٨) م/ثا ولها

القدرة على اختراق الاجسام الكبيرة بدرجة اكبر من اشعاعات الفا وبيتا . وهي تحمل شحنة متعادلة تشبه النيوترون وتمتاز بأنها ذات طبيعة فوتونية عالية.

مصدرها الصناعي الكوبالت ٦٠ والسيزيوم ١٣٧ واليود المشع ١٣١. تشبه أشعة كاما الأشعة السينية x-ray. وكلا النوعين من الإشعاع (كاما والسينية) يتميزان بقوة اختراق عظيمة إذ يتمكنان من اختراق جسم الإنسان بشكل كامل.

وحدات قياس الإشعاع:

توجد أكثر من وحدة قياس للجرعات الاشعائية الممتصة وهي:

١. الراد Rad

وهو عبارة عن كمية الأشعة التي يمتصها كيلوغرام من المادة المعرضة للإشعاع.

٣. الريم Rem:

وهي عبارة عن كمية الطاقة الإشعاعية التي تحدث تأثيراً بايولوجياً يعادل تأثير (١) راد.

٣. الكراي Gray : الذي يعادل (١٠٠) راد .

٤. السيفرت Sievert

الذي يساوي (١٠٠) راد ويعادل كذلك (١٠٠)ريم أي ان الكراي والسيفرت متساويان كوحدتي قياس الأشعة.

٥. الكوري Curie

المشتق من اسم العالمة السويدية مدام كوري. وتستخدم هذه الوحدة لوصف فعالية المصدر المشع أي معدل الانحلال المتسلسل الاشعاعي في الثانية الواحدة.

٦. الرونتجن Roentegen

وهي وحدات تستخدم لوصف مقدار التعرض إلى الأشعة السينية أو إلى أشعة كاما.

التأثيرات البيولوجية للإشعاع:

تعتمدا لتأثيرات البايولوجية للإشعاع على شدة التعرض ومدته. كما تعتمد خطورة الإشعاع على نوع الخلايا المصابة في عموم الجسم . ففي الخلايا الجسمية على سبيل المثال تفقد سيطرتها على آلية الانقسام مما يقود إلى تكون ورم سرطاني . اما الخلايا الجنسية التي تتعرض إلى الإشعاع فإنها قد تؤدي إلى تشوهات خلقية.

ان الجرعة المميتة من الإشعاع هي بحدود (١٠٠٠٠) راد وتكون نسبة الوفاة (١٠٠%) . وعندما يتعرض الجسم إلى (١٠٠٠٠٠) راد فالموت يكون في الحال أو بعد دقائق من التعرض بسبب تدمير عدد كبير من الانزيمات والفعاليات الحيوية للخلايا والأنسجة.

رابعاً: التدخين Smoking

يعد التدخين ضمن التلوث الذاتي Personal pollution. إذ ان الشخص المدخن يقوم بتلويث ذاته بصيغة طوعية. ومع ذلك تؤدي عملية التدخين إلى تلويث الأماكن التي يرتادها المدخنون وبذلك يصح استخدام تعبير التدخين السلبي passive smoking وهو عبارة عن تعرض الأشخاص الذين يعيشون أو يقيمون مع المدخن وقتياً أو دائمياً إلى التلوث بدخان التبغ المحترق دون رغبتهم.

يحتوي دخان التبغ بأنواعه وطرق تحضيره المختلفة على مجموعة كبيرة ومعقدة من المواد والمركبات يصل عددها أكثر من (٣٨٠٠) مادة كيمياوية اما بشكل غازات أو على هيئة جسيمات. كما ان مركب النيكوتين الموجود في السكائر الذي يعد منبهاً للجهاز العصبي المركزي ويسبب تغيرات فسيولوجية ونفسية متميزة في الإنسان، ويؤثر في الدورة الدموية التي تؤدي إلى أمراض القلب. علماً ان الجرعة القاتلة Lethal dose (LD) من النيكوتين هي (٦٠) مليغرام حيث تكون مميتة إذا حقنت في دم الإنسان.

لذا فالتدخين يعد سبباً في هلاك عدة ملايين من البشر، إذ تقدر منظمة الصحة العالمية (WHO) ان هناك ما لا يقل عن (٢,٥) مليون شخص يموتون سنوياً بسبب أمراض متسببة عن التدخين أو مرتبطة باستخدام التبغ مثل سرطان الرئة، وأمراض القلب والشرايين التاجية ، والانسداد الرئوي المزمن. وتؤكد منظمة الصحة العالمية ان المرأة هي أكثر حساسية لتأثير دخان السكائر من الرجل ويعود ذلك سبب إلى أسباب فسلجية بحتة.

طرق المعالجة والحد من تلوث الهواء:

عندما يراد دراسة أفضل الطرق لمعالجة تلوث الهواء والحد من تلوثه فيجب أولاً ان تؤخذ بنظر الاعتبار ثلاثة أمور مهمة تتعلق بمصادر التلوث والمواد الملوثة وهي:

١. أي من المصادر تبعث اكبر كمية من الملوثات في الهواء.
٢. أي من المواد الملوثة يكون وجودها بأعلى كمية.
٣. ما هي السرعة التي تتراكم فيها الملوثات ويزداد تركيزها.

هناك عدة طرق لمعالجة وصيانة الهواء والحد من تلوث الهواء وهي:

١. ضرورة إصدار القوانين والتعليمات الخاصة بالهواء النقي وتحديد طرق تنقية الهواء من الشوائب الضارة وإلزام كافة المؤسسات الصناعية التقيد بها.
٢. اختيار المواقع المنشآت الصناعية بعيداً عن المناطق السكانية.
٣. تصميم المداخن الضخمة مع الأخذ بنظر الاعتبار الارتفاع المطلوب للمدخنة وسرعة قذف الملوثات من المدخنة، وسرعة واتجاه الرياح السائدة في المنطقة.
٤. ضرورة إيجاد الطرق الفنية التي تقلل من نسبة خروج الشوائب إلى الجو خلال عملية الاحتراق.

٥. معالجة النفايات الصناعية المختلفة قبل إطلاقها إلى البيئة.
٦. ضرورة استخدام الوقود الصلب الذي لا يبعث الدخان عند احتراقه.
٧. إيجاد طرق جديدة لإتمام الاحتراق الكامل لمواد الوقود بحيث لا تؤدي إلى بث شوائب عالقة تعتبر ملوثة للهواء.
٨. وضع القيود الصارمة على إضافة نسبة الرصاص في البنزين المستخدم في السيارات
٩. منع السيارات التي تستخدم وقوداً غير البنزين من المرور في المناطق السكنية.
١٠. نشر الوعي البيئي الخص بالتلوث بين الجماهير واشراكهم في عملية اتخاذ القرارات حول الحد من التلوث.

المحاضرة السادسة عشر

تلوث المياه Water pollution

يعتبر الماء عصب الحياة إذ بدون الهواء والماء لا توجد حياة. وللماء أهمية بالغة حياة الإنسان وباقي الكائنات الحية. وتصل نسبته حوالي (٦٠-٩٠) من الوزن الطري لمعظم الأحياء. وقد ترتفع إلى أكثر من (٩٨%) كما في ثمار بعض النباتات كالخيار والرقي.

ويعتبر الماء الوسط الذي تحدث فيه جميع التفاعلات الحيوية والكيمياوية داخل أجسام الأحياء. وله أهمية خاصة في حياة الإنسان . ويمكن تلخيص بعض مجالات استخدام المياه من قبل الإنسان بما يأتي:

١. يستخدم ثلثي الماء المجهز بواسطة اسالات الماء للأغراض المنزلية المختلفة وتشمل مياه الشرب والطبخ والغسل. اما لثلث الأخر فيتم استخدامه في الصناعة.
٢. تستخدم المياه لأغراض التبريد أو توليد البخار وفي تصنيع المواد .
٣. يستخدم الماء في توليد الطاقة الكهربائية.
٤. يستخدم الماء في الصناعات الغذائية وفي تربية الحيوانات وفي ري المزروعات.
٥. يستخدم الماء للتنقل والتجارة إذ يعتبر احد وسائل النقل المهمة في العالم.
٦. يستخدم الماء لأغراض الترفيه والمتعة والاستجمام.

وعلى الرغم من ان الماء مركب كيمياوي ثابت التكوين فإنه غالباً ما يكون محتوياً على عناصر ومركبات متباينة قد تفيد الكائن الحي، ولكن عند زيادتها عن الحد المطلوب فإنه تسبب التلوث الذي يسبب عدم إمكانية استخدامه في الصناعة أو الزراعة أو لأغراض الشرب والاستخدامات المنزلية وقد لا يصبح صالحاً حتى لمعيشة الأحياء التي تعتمد عليه.

لذا يعرف **تلوث المياه** بأنه تغير واضح في الخواص الفيزيلوية أو الكيمياوية أو البيولوجية للمياه بحيث يصبح غير صالحاً للاستخدام من قبل الإنسان ولا يشكل بيئة ملائمة لبقاء وتكاثر الكائنات الحية. وهناك عدد من الظواهر التي تدل على تلوث المياه هي:

١. قلة الأوكسجين المذاب. **٢- زيادة في درجات حرارة الماء.**
٣-زيادة المواد المغذية الذائبة. **٤- زيادة الكدرة وتأثيرها على تخلل الضوء**
٥-وجود فضلات سمية في الماء. **٦- تغير خواص القاع.**
٧-إنتاج أو نمو غير مرغوب فيه للأحياء المائية أي الإثراء الغذائي.
٨-المحتوى البكتيري العالي، ووجود الطفيليات بحيث تكون مصدراً للأوبئة والأمراض.
٩-زيادة في تركيز الأملاح الذائبة في الماء.

الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه:

تؤدي الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه دوراً مباشراً في توزيع الأحياء وسلوكها وتكيفها. ومن بين أهم هذه الخواص التي لها علاقة بتلوث المياه هي:

١.التوصيل الكهربائي Electrical conductivity

يعتمد التوصيل الكهربائي للمياه على الأملاح المذابة به حيث يتناسب التوصيل الكهربائي طردياً مع هذه الأملاح . ويعبر عن التوصيل الكهربائي بوحدة المليموز /سم أو المايكروسيمنز.سم$^{-1}$. علماً بأن قيمة التوصيل الكهربائي في الماء المقطر تساوي صفر وتزداد كلما ازدادت الأملاح الذائبة في الماء.

٢. الملوحة Salinity

تعود ملوحة المياه إلى وجود مختلف الايونات كالكاربونات والكبريتات والكلوريدات والصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم وغيرها. وتختلف الأحياء المائية في مدى أو قابلية التحمل للملوحة.

٣. الأوكسجين المذاب Dissolved Oxygen

يعد الأوكسجين المذاب من بين العوامل الكيميائية الحرجة في التأثير على البيئة المائية إذ ان الأحياء المائية (باستثناء الكائنات اللاهوائية) تحتاج لهذا الغاز الحيوي لاجل تنفسها. وتتحكم درجة الحرارة والملوحة فضلاً عن الضغ ط في تركيز التشبع بالاوكسجين إذ تزداد تراكيز الاذابة والاشباع بانخفاض درجات الحرارة. تختلف نسب الأوكسجين المذاب في المسطحات المائية حسب نوع وطبيعة المسطح وتيارات المياه . كما ان لنوعية الكائنات الحية النباتية والحيوانية تأثيرها من حيث الاستهلاك والإنتاج. كما ان لطبيعة التلوث اثر واضح في نسب الأوكسجين المذاب فضلاً عن عمليات التحل ل التي تستهلك مقادير هذا الغاز .

وهناك مصطلحين مهمين في قياس كمية الأوكسجين المستهلك وهما:

أ- المتطلب أو الأحتياج الكيمياوي للأوكسجين Chemical Oxygen Demand

ويرمزله **COD** ويعرف بأنه كمية الأوكسجين اللازمة لإتمام الأكسدة الكيمياوية للمواد القابلة على التأكسد الكيمياوي في المياه ويعبر عنه بوحدة ملغم أوكسجين في لتر من الماء .

ب- المتطلب أو الإحتياج البايوكيميائي للأوكسجين Biochemical Oxygen Demand

ويرمزله BOD والذي يعرف كذلك بالمتطلب أوالإحتياج البيولوجي للأوكسجين Biological Oxygen Demand فأنه يعبرعن ما تستهلكه الأحياءالمجهرية الهوائية المعيشة أ. كالبكتريا والخمائرمن الأوكسجين اللازم لتنفسهاأثناء تكسيرهاأو تحللهاللمواد العضوية الموجودة في المياه. علماً انه يمكن استعمال المتطلب البايوكيمياوي للاوكسجين كدليل من أدلة التلوث

للمياه. ويعتبر المسطح المائي نظيفاً أو نقياً عندما لا يزيد المتطلب البايوكيمياوي للاوكسجين عن (٤ملغم/لتر) في حين تكون قيمته البالغة (٥ملغم/لتر) حرجة ما بين المياه الملوثة والمياه النقية، وما زاد عن ذلك فلا يجوز استخدامه لاغراض الشرب . وعندما تكون القيمة (٢٠ملغم/لتر) فإن المياه تعد ملوثة جداً. أي كلما كانت قيمة BOD منخفضة كلما كانت نوعية المياه جيدة.

ب. ٤. الاس الهيدروجيني pH

تختلف الأحياء المائية فيما بينها اختلافاً واسعاً من حيث حاجتها إلى التراكيز المحدد لايون الهيدروجين وتتراوح قيم الاس الهيدروجيني للمياه الطبيعية بصورة عامة بين (٥-٩) واغلبها ما بين (٦,٥-٨,٥) في المياه العذبة. علماً ان معظم احياء المياه العذبة تستطيع التحمل المدى ما بين (٣,٣-١٠,٧) دون أي ضرر ظاهر ولكنها لا تتواجد في هذا المدى بصورة واسعة.

٥. كبريتيد الهيدروجين H_2S

تحتوي بعض المسطحات المائية في طبقاتها القاعدية كميات متميزة من هذا الغاز كلما كما في بعض البحيرات والبرك ومصبات الأنهار . وينتج هذا الغاز بالطبقات التحتية الغنية بالمواد العضوية المتحللة. وتؤدي زيادته إلى تدمير اشكال الحياة باستثناء البكتريا اللاهوائية ويعد وجود غاز كبريتيد الهيدروجين احد أدلة التلوث العضوي.

٦. اللون Colour

تعد المياه النقية عديمة اللون وعكسه يعد ملوثاً بمواد ملونة ذائبة. قد يرجع اللون إلى ذوبان المواد العضوية الناتجة عن تحلل وتفسخ الأحياء المائية وتعرف بالدبال. كما ان مركبات الحديد والنحاس والمنغنيز وغيرها قد تسبب تلون المياه فضلاً عن المواد الملونة والاصباغ التي ترمى إلى المياه مباشرة.

٧. الكدرة Turbidity

ان وجود المواد العالقة من الطين والغرين فضلاً عن الهائمات النباتية والحيوانية يسبب عكورة المياه مما يسبب عرقلة وصول الطاقة الضوئية إلى ابعاد أو اعماق معينة من عمود المياه مما يؤدي إلى تثبيط عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية وتقليل الإنتاجية البيولوجية في ذلك المسطح المائي. وتكون الكدرة أكثر في المياه الجارية كالأنهار بسبب تيار المياه مقارنة بالمياه الساكنة كالبحيرات . تقاس الكدرة بوحدات الكدرة النفلومترية NTU. كما يمكن قياس الكدرة خلال قياس مجموع الدقائق الصلبة العالقة ويرمز له TSS.

العوامل الرئيسية التي تؤدي إلى تلوث المياه:

١. الكثافة السكانية.
٢. كثافة المؤسسات الصناعية وتوزيعها وقربها من مسطح مائي معين.
٣. التطور التكنولوجي في الصناعة والزراعة والطب والعلوم الأخرى.
٤. إهمال الإنسان للحد من التلوث وعدم معاملة المواد الملوثة قبل رميها إلى المسطحات المائية.

الوسائل والطرق التي تؤدي إلى ادخال الملوثات إلى البيئة المائية:

١. طرح فضلات المجاري المنزلية.
٢. طرح المخلفات الصناعية من خلال رميها مباشرة في الأنهار أو البحار.
٣. طرح الفضلات من البواخر ووسائل النقل النهرية.
٤. التسرب من الأراضي للمواد التي تستخدم في الزراعة (مياه المبازل)
٥. عمليات التفريغ للمواد الملوثة من قبل البواخر كحالة اعتيادية جارية حالياً.
٦. من خلال استثمار قاع البحر للنفط أو المعادن الأخرى.
٧. سقوط المواد الملوثة من الجو إلى المياه.
٨. التجارب والمعامل والانفجارات الذرية.
٩. فضلات المستشفيات.

أنواع ملوثات المياه: Water pollutants

هناك العديد من الملوثات التي تعمل على تغيير الصفات الفيزياوية أو الكيمياوية أو البيولوجية للمياه بحيث تجعله غير صالح للاستخدامات المعروفة وهذه الملوثات هي:

أ. الأملاح المغذية:

وهي تلك المواد التي تكون ضرورية لنمو الأحياء المائية وخاصة النباتات المائية، ولكن هذه المواد تصبح مصدراً للتلوث عند زيادة تركيزها في المياه عن الحد الطبيعي إذ تسبب زيادة في إنتاج وازدهار الهائمات النباتية التي تؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication ومن هذه المواد هي املاح الفوسفات والنترات والتي تنتج من استخدام مساحيق الغسيل والمنظفات وان المياه التي تستقبل هذه الأملاح يميل لونها إلى الأخضر أ و الأخضر المزرق.

ب. الفضلات العضوية:

تشكل هذه الفضلات الجزء الأكبر من مخلفات المنازل، وتشمل المركبات العضوية القابلة للتحلل الحيوي والتي تتواجد في مياه المجاري المنزلية. وعندما تتحلل هذه المركبات

عن طريق البكتريا وخاصة الهوائية فإنها سوف تعمل على تقليل كم ية الأوكسجين الذائب في الماء، وبذلك تتأثر الأحياء المائية كافة التي تعتمد في تنفسها عليه.

ومن المعلوم إن هناك اربع عمليات تؤثر في نسب الأوكسجين المتوافر في المياه هي:

i. **التهوية.**
ii. **البناء الضوئي.**
iii. **التنفس.**
iv. **اكسدة الفضلات العضوية.**

إذ تزيد العمليات الأولى والثانية نسب الأوكسجين، في حين تعمل العمليتان الثالثة والرابعة على انقاصه. وتسمى هذه الفضلات أيضاً بالفضلات المتطلبة للاوكسجين Oxygen demanding wastes وهناك طرق متعددة لقياس علاقة الأوكسجين بالتلوث الحاصل في المياه ومنها:

i. **المتطلب الحيوي للاوكسجين** Biological oxygen demand ويرمز له بـــ **BOD**
ii. **المتطلب الكيمياوي للاوكسجين** Chemical oxygen demand ويرمز له **COD**

ثانياً: المخلفات الصناعية:

هناك أنواع كثيرة من ملوثات المخلفات الصناعية تختلف باختلاف نوع الصناعة . ومن الصناعات التي تكون مصدراً للملوثات هي الصناعات الكيمياوية م ثل صناعة الأسمدة والورق والنفط والمطاط واستخراج المعادن من خاماتها وصناعة الحديد والصلب والاسمنت والكبريت والفوسفات وصناعة السكر ومحطات الطاقة الكهربائية وغيرها.

تحوي الفضلات الصناعية اساساً المواد الآتية:

١. **مواد طافية:** وهي المواد التي تطفو فوق سطح الماء كالزيوت والدهون والرغوة.
٢. **مواد عالقة:** وهي المواد التي تبقى عالقة في عمود الماء ولا تترسب الا ببطء شديد وتسبب الكدرة خاصة في الأنهار ومصباتها وما ينتج عن ذلك من تأثير سلبي .
٣. **مواد مذابة:** وهي مواد ذائبة في الماء كالاحماض والقلويات والمعادن والمبيدات الحشرية والسيانيد والفينول وغيرها من المواد التي تشل الحياة المائية .

أنواع الملوثات الصناعية حسب تأثيرها على المياه تقسم إلى:

أ. الملوثات الصناعية التي تؤثر على الصفات الفيزياوية للمياه. وتشمل على:

- ملوثات اللون: وهي عبارة عن ما ترميه مصانع الورق والاصباغ من مواد كيمياوية مختلفة مما يؤدي إلى تكون لون غير طبيعي للمياه المستقبلة لهذه

الملوثات والتي لها تأثيرات بيئية على عدة أمور منها تقليل تخلل الضوء وتغير في نواحي الذوق وغيرها.

- ملوثات الطعم والرائحة: يرجع مصدر الروائح المنبعثة من المياه بصورة رئيسية إلى الغازات الذائبة مثل كبريتيد الهيدروجين والمركبات العضوية المتطايرة. اما الطعم فإنه يعتبر مؤثراً أخر لوجود بعض المواد الكيمياوية كالاملاح المذابة مثل املاح الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس والصوديوم والبوتاسيوم والمواد العضوية.
- ملوثات الكدرة: يعود سبب الكدرة في أي مسطح مائي إلى عدة عوامل منها وجود المواد العالقة القادمة من الفضلات الصناعية، وكذلك الدقائق الغريينية الطينية، وبعض الأحياء المائية كالهائمات النباتية وبعض الحيوانات وبقاياها الميتة.
- ملوثات درجة الحرارة: ترمي بعض المصانع مخلفات مائية ذات درجات حرارة أعلى مما هو موجود في المياه مما قد يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المياه المستقبلة لهذه المخلفات وبالتالي يؤدي إلى موت عدد من الأحياء المائية أو تؤثر على أداء العمليات الايضية.

ب.الملوثات الصناعية التي تؤثر على الصفات الكيمياوية للمياه. وتشمل على:

- ملوثات درجة تركيز الهيدروجين (pH): حيث تطرح المصانع مثل معامل إنتاج الأسمدة مواد كيمياوية ذات طبيعة حامضية أو قاعدية عالية بحيث تؤثر على درجة تركيز الهيدروجين للمسطح المائي مما يؤثر على المكونات البيئية للمنطقة وعلى صلاحية هذه المياه للشرب.
- ملوثات المواد العضوية: يرمى عدد من المصانع الفضلات الحاوية على مواد عضوية. تعمل هذه المواد على تقليل كمية الأوكسجين المذاب عند تحللها من قبل الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا والفطريات ومن امثلة المخلفات العضوية هو ما يطرح من فضلات معامل الورق حيث تحتوي عجينة الورق على المواد السليلوزية.
- العناصر الثقيلة: يطرح عدد من المعامل أو المصانع نفايته المحتوية على عدد من العناصر الثقيلة ذات التأثيرات الضارة والسامة لعدد من الأحياء المائية . مثل الزئبق والمنغنيز والنحاس والزنك وكذلك الكادميوم الذي يدخل في صناعة الاطارات والبطاريات وانتاج الاصباغ.

- الأملاح المغذية: تطرح بعض الصناعات عدد من الأملاح التي تعتبر مغذية للكائنات الحية ولكنها تكون مصدراً لتلوث ذلك المسطح المائي مثل النترات والامونيا والكبريتات وغيرها.

ج. الملوثات البايولوجية (الحيوية):

ان بعض الصناعات تطرح فضلاتها الحاوية على عدة أنواع من البكتريا المرضية والطفيليات المعدية والميكروبات الأخرى مثل معامل الدباغة والجلود، والمجازر بأنواعها، والصناعات الغذائية المختلفة بضمنها صناعة الألبان وكذلك معامل التعليب للمواد الغذائية.

ثالثاً: مخلفات العمليات الزراعية:

تصل إلى بعض المسطحات المائية القريبة من الأراضي الزراعية عدد من المواد الكيمياوية كاملاح الفوسفات والنتروجين من خلال عملية تسميد الأراضي الزراعية وريها وبزلها. فقد تتلوث الأنهار مباشرة من هذه الأملاح التي ستساعد على ازدهار النباتات وتؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي.

كما قد يحدث تلوث البيئة المائية م ن خلال استخدام المبيدات الحشرية ومبيدات الادغال والمبيدات المستعملة لمكافحة الاوبئة مثل الـــ دي دي تي والك لوريدين والم الاثيون وغيرها إذ ان هذه الملوثات تؤثر بنسب متفاوتة على الكائنات الحية المختلفة.

رابعاً: التلوث الحراري Thermal pollution

ان استخدام المياه في محطات توليد الطاقة الكهربائية ومصانع الحديد والصلب ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات تؤدي إلى طرح كميات هائلة من المياه الساخنة في المسطحات المائية القريبة منها مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة تلك المياه وبالتالي يؤدي إلى التأثير على التوازن البيئي لذلك المسطح المائي من خلال تأثيره على العمليات الايضية للاحياء المائية التي قد تحد من نشاطها أو تؤدي إلى قتلها . ومن الملاحظ ان قابلية الماء في الاحتفاظ بالاوكسجين تقل كلما ارتفعت درجة حرارته . لذا فإن فقدان الأوكسجين يعتبر احد العوامل البارزة في التلوث الحراري.

خامساً: التلوث بالنفط Oil pollution

يعتبر النفط من أكثر الملوثات الملحو ضة في المحيطات والبحار. ينتج تلوث المياه بالنفط من خلال تسرب زيوت النفط ومشتقاته إلى المياه نتيجة انفجار الناقلات أو بسبب غرق بعض البواخر أو تنظيف خزاناتها وتسرب النفط منها.

طرق المعالجة والحد من تلوث المياه:

١. التقليل من كميات مياه الفضلات المناسبة إلى المسطحات المائية.
٢. عدم إلقاء المياه الملوثة في الأنهار قبل تنقيتها وتعقيمها.
٣. ضرورة انشاء شبكات مياه المجاري الثقيلة في المناطق السكنية لكي تحول دون تسرب المياه الملوثة بالبكتريا والطفيليات والسموم الكيمياوية والفسفور والفضلات الأخرى إلى المياه الجاري.
٤. إعادة استخدام المياه المستغلة في الصناعة مرة أخرى بعد معاملتها ومعالجتها بالطرق الحديثة.
٥. ضرورة الحفاظ على التربة من الانجراف المائي، إذ ان ازدياد كمية الرواسب في النهر يزيد من نسبة الأملاح في المياه النهرية فضلاً عن ما تسببه من كدرة.
٦. إنشاء محطات مركزية لتنقية مياه المجاري مزودة بمختبرات تعمل على فحص المياه الخارجة من المحطة قبل إرجاعها إلى المسطحات المائية.
٧. ضرورة عمل دورة داخلية للمياه الصناعية قبل وصولها إلى الأنهار أو البحيرات، ثم إتلاف المياه الملوثة جداً من خلال حقنها إلى اعماق سحيقة داخل التربة.
٨. منع إلقاء المياه الملوثة في البحيرات الراكدة والاهار والخزانات المائية.
٩. تجنب إلقاء مياه مبازل الأراضي الزراعية نحو الأنهار، أو معاملة مياه المبازل للتخلص من املاح الفوسفات والنترات.
١٠. العمل على زيادة الوعي البيئي لدى المواطنين وبكافة السبل والوسائل المتاحة واصدار التعليمات والتشريعات الرادعة للحد من التلوث البيئي.

المحاضرة السابعة عشر

تلوث التربة Soil pollution

تتكون التربة من أربعة عناصر رئيسية وهي الماء والهواء والمواد المعدنية والمواد العضوية والتي تكون مرتبة بنظام فيزيائي وكيميائي معقد وبشكل يجعل من التربة قاعدة أساسية صلبة لتثبيت النباتات فضلاً عن تزويدها بما تحتاجه من الماء والعناصر الغذائية الضرورية. تحصل النباتات على العناصر الأساسية لنموها من التربة عن طريق الجذور التي تعمل على امتصاص العناصر الأساسية المغذية من جزيئات التربة.

كما تعتبر التربة موطناً للعديد من الأحياء المجهرية المختلفة كالبكتريا والفطريات والطحالب وكذلك بعض الحيوانات كالديدان مثل دودة الأرض والحشرات وغيرها.

لذا تعد التربة عنصراً مهماً للحياة إذا ما اخذنا بنظر الاعتبار احتضانها جذور النباتات وبالتالي توفر بداية السلسلة الغذائية التي تتمثل بالمنتجات Producers.

لذا فإن الحفاظ على التربة سليمة ونظيفة وخالية من التلوث هي اساساً حفاظاً على حياة الكائنات الحية التي تعيش عليها.

مصادر تلوث التربة:

ان من أهم ملوثات التربة هي ما يأتي:

أولاً: الكيمياويات الزراعية:

وتشمل مجموعتين رئيسين هما:

١. **الأسمدة الكيمياوية.**

٢. **المبيدات.**

ان الاستخدام الخاطئ وبكميات كبيرة للاسمدة الكيمياوية قد أثر سلباً في خصوبة التربة. فقد وجد ان معظم الأسمدة النتروجينية على سبيل المثال لها تأثير في زيادة حموضة التربة، في حين ان الأسمدة الفسفورية والبوتاسيوم لا تترك اثراً على حموضة التربة وقاعديتها . وان الإفراط في استخدام هذه الأسمدة يؤدي الا الإخلال بالتوازن الطبيعي لاحياء التربة المختلفة فقد يؤدي إلى موت جذور النباتات أو موت الحيوانات كالحشرات.

اما عن المبيدات فقد اشارت الاحصائيات الصادرة عن منظمة الاغذية والزراعة الدولية FAO إلى وجود أكثر من (١٠٠٠) مادة كيمياوية تستعمل لابادة الآفات الزارعية والتي تشمل مبيدات فطرية وحشرية ومبيدات ادغال وغيرها. وتمتاز هذه المواد بخاصية التراكم في جزيئات التربة مما قد يؤدي إلى موت أو انقراض عدد كبير من الأحياء كالطيور وحيوانات أخرى، فضلاً عن تراكمها في السلسة الغذائية للكائنات الحية . فعلى سبيل المثال عند استخدام

الـــ DDT احد المبيدات واسعة الانتشار فإن بعضاً منها يسقط على سطح التربة ويجري امتصاصه من قبل ديدان الأرض التي تركزها في جسمها. وعند استهلاك عصافير الشحرور المهاجرة لديدان الأرض الحاوية على هذه السموم في اجسامها مما يؤدي إلى إبادة أعداد كبيرة منها نتيجة تسممها بالمبيد DDT الذي يؤثر في جهازها العصبي ويسبب لها الشلل.

لذا تكمن الخطورة للمبيدات من خلال بقائها في البيئة مدة قد تتجاوز عدة سنوات.

ثانياً: الفضلات المنزلية والصناعية:

من خلال انشطة الإنسان المختلفة بما يشمل ذلك في المجمعات السكنية والصناعية والتجارية يلاحظ ان التربة تصلها فضلات متنوعة اغلبها مواد قابلة على التحلل والتفسخ . وهناك فضلات صناعية خطرة بيولوجيا أو كيمياوياً أو اشعاعياً يتوجب التخلص منها بأسلوب سليم بيئياً. وعند تواكم مثل هذه الفضلات تسبب اضراراً صحية متنوعة حيث تكون مرتعاً للحشرات بخاصة تلك التي تنقل الأمراض للإنسان والأحياء الأخرى.

وقد نشطت الدراسات البيئية حديثاً في مجال تدوير المخلفات Waste recycling واعادة استخدامها وتضم هذه المخلفات الفضلات الصلبة أو السائلة.

تتكون الفضلات الصلبة من خليط من عدة مواد مصدرها المنتجات الزراعية أو مخلفات صناعة الورق أو الزجاج أو البلاستيك أو المعادن وغيرها.

تشمل الفضلات الصلبة حسب مصدرها ما يأتي:

١. القمامة المنزلية Garbge
٢. النفايات المختلفة Rubbish
٣. فضلات الشوارع Street refuse
٤. المعادن Metals
٥. فضلات العمليات الانشائية Demo lition wastes
٦. فضلات الصناعات الغذائية Food industry wastes
٧. فضلات المصانع Factory wastes

ويتم التخلص من الفضلات الصلبة بعدة طرق منها:

١. الطمر الارضي Ground Filling
٢. الحرق Incineration
٣. إعادة الاستخدام أو التدوير Recycling
٤. الطمر البحري Sea Filling
٥. الانحلال الحراري Pyrolysis
٦. التحويل إلى اسمدة عضوية.

ثالثاً: الأمطار الحامضية Acid rains

ان تصاعد غازات الاكاسيد المختلفة إلى الجو مثل اكاسيد الكاربون واكاسيد النتروجين واكاسيد الكبريت يؤدي إلى تفاعلها مع جزيئات بخار الماء وبالتالي تتكون الأمطار الحامضية وتتساقط على شكل حامض الكاربونيك وحامض النتريك وحامض الكبريتيك. وتؤدي هذه الأمطار إلى احداث تغير في طبقة التربة الزراعية وتذيب عدد من العناصر والمركبات التي تسري إلى جوف التربة. وقد تظهر نتيجة لذلك في المياه الجوفية التي قد تستخدم في الشرب أو ري المزروعات. تعمل الأمطار الحامضية على زيادة حامضية التربة (pH) مما يؤثر في حياة احياء التربة ويلحق الضرر في خصوبة التربة ويؤدي إلى موت جذور النباتات.

رابعاً: المعادن الثقيلة Heavy metals

يقصد بالمعادن الثقيلة كافة المعادن التي تزيد كثافتها عن (٥غم/سم^{٣})، وما يقل عن ذلك تدعى بالمعادن الخفيفة Light meatals. فضلاً عن وجود بعض المعادن النادرة Trace النزرة التي تتواجد في القشرة الأرضية بتراكيز قليلة تساوي أو تقل عن (٠,١%). تؤدي بعض هذه المعادن دوراً مهماً في حياة الأحياء وفعاليتها البايولوجية المختلفة.

ولكن تكون هذه المعادن سامة وخطرة في تراكيز معينة رغم كونها ضرورية للحياة في تراكيز واطئة جداً قد لا تتجاوز تراكيز قسماً منها عن (٠,٠٥) ملغم/لتر ومما يزيد من خطورة المعادن الثقيلة في البيئة هو عدم إمكانية تفسخها بواسطة البكتريا والعمليات الطبيعية الأخرى. ولعل أخطر ما فيها يعود إلى قابلية بعضها على التراكم الحيوي Bioaccumulation في أنسجة وأعضاء الكائنات الحية سواء في الحيوانات ام النباتات.

تقذف الصناعات المختلفة اعداداً من المعادن الثقيلة وبكميات مختلفة بهيئة نفايات غازية وسائلة وصلبة ولكنها في النهاية تستقر في بيئة اليابسة وتجد طريقها بسرعة البيئات المائية.

كما ان لبعض المعادن الثقيلة خواص إشعاعية أي انها تكون بمثابة نظائر مشعة، لذا فإن هذه المعادن ستحمل مخاطر مزدوجة من حيث كونها سامة ومشعة في نفس الوقت. كما هو الحال في الزنك ٦٥ المشع، واليورانيوم ٢٣٥. لقد أصبحت دراسة العناصر المشعة في البيئة علماً قائماً بذاته يدعى **علم البيئة الاشعاعي Radiation Ecology**

يمكن توضيح خطورة واهمية المعادن الثقيلة في تلوث البيئة خلال دراسة بعض هذه المعادن بخاصة تلك التي كانت وراء العديد من الكوارث التي حلت في البيئة. وكما يأتي:

١. الزئبق Mercury

يعد هذا المعدن من المعادن التي تعامل معها الإنسان منذ فجر التاريخ. ويعد هذا المعدن السائل الوحيد وله درجة انصهار (-٣٠)م^{o} ودرجة غليانه (٣٥٧)م^{o}. وله قابلية تطاير أعلى من جميع المعادن الأخرى، كما انه من أحسن الموصلات الكهربائية.

ان لمعدن الزئبق القدرة على اذابة معادن أخرى . كما ان هذا المعدن وجيمع مركباته يعد ساماً للاحياء. علماً بأن للمعدن استعمالات عديدة. إذ يقدر مجموع استعمالاته بحوالي (٣٠٠٠) استعمال. إذ يستعمل في صناعة الورق والصناعات الكهربائية مثل إنتاج المصابيح والبطاريات، وصناعات طبية مثل العقاقير وفي طب الاسنان وفي المحارير والبارومترات ولإنتاج مبيدات الفطريات. وتتلوث البيئة بملوثات الزئبق خلال هذه الطرق.

٢. الكادميوم Cadmium

يوجد الكادميوم في الطبيعة بكميات قليلة. وان الاستعمال الرئيس للكاد ميوم يشمل الصناعات الخاصة بالبطاريات والصناعات الكهربائية وطلي سطوح الانابيب المستعملة في نقل المياه. كما ان صناعة البلاستيك تستخدم كميات كبيرة من هذا المعدن. وتحتوي الأسمدة الكيمياوية الفوسفاتية على كمية الشوائب واحدها هو الكادميوم وبذلك يسبب استعمالها إلى تلويث التربة به.

تتلوث بيئة اليابسة بالكادميوم بطريقتين اولاهما تساقط غبار جسيمات الكادميوم المنقول بواسطة الرياح من منطقة إلى أخرى . وثانيهما الترسب الذي يحدث من التربة وخلالها إلى المياه بعد استعمال الأسمدة الفوسفاتية الحاوية على الكادميوم بوصفه إحدى الشوائب.

يمتص الكادميوم من جذور النباتات من التربة. ومن الحيوانات يتركز هذا المعدن من خلال انتقاله في السلسلة الغذائية إذ يتركز في الأنسجة الدهنية وفي العضلات.

ان المعروف عن الكادميوم قدرته على البقاء في داخل الجسم الملوث مدة طويلة تقدر بعشرات السنين. لهذا استأثر هذا المعدن باهتمام الكثير من الجهات الصحية والبيئية في العالم.

٣. الرصاص Lead

يعتبر الرصاص من العناصر ذات الوجود الطبيعي في القشرة الأرضية، ويبلغ معدل تركيزه حوالي (١٦) ملغم/كغم تربة . ويوجد في الطبيعة على شكل خامات معدنية وهي كبريتيد الرصاص PbS وكبريتات الرصاص. ويعد الرصاص واحداً من أهم المعادن الثقيلة لاعتبارين، أولهما استعمالاته الكثيرة، وثانيهما شدة سميته، كما انه يعد من اقدم المعادن التي اكتشفها الإنسان واستخرجها من باطن الأرض . ولقد استعمل الرصاص في أوروبا خلال القرون الوسطى في صناعة أواني الطهي وتقديم الطعام والشراب، مما ادى إلى ارتفاع نسب التسمم في كثير من مناطق أوروبا. يستعمل الرصاص في العديد من الصناعات كالأصباغ والبطاريات وحروف المطابع والاطلاقات النارية واسلاك لحام المعادن، كما انه يستعمل في تغليف أنواع من الأسلاك الكهربائية ولكن المصدر الرئيسي لتلوث البيئة بالرصاص هو وسائط النقل ومن خلال احتراق الوقود (البنزين) الذي يضاف إليه كمية من مركب رابع اثيل الرصاص من اجل زيادة كفاءة الوقود وتحسين اشتعاله . يصل الرصاص إلى جسم الإنسان

عن طريق الغذاء والماء وعن طريق الهواء كذلك . وان امتصاصه من خلال الجهاز التنفسي أعلى من عملية الامتصاص عن طريق القناة الهضمية. ويصل الرصاص إلى الدم عن طريق الجهاز التنفسي والقناة الهضمية، وفي الدم يتم امتصاص (٩٧%) منه من قبل كريات الدم الحمراء وتصل مدة بقائه فيها أربعة اسابيع، كما ان قسماً من الرصاص الموجود في الجسم يتوزع بين الكبد والكليتين ومن ثم يتم طرحه من خلال الادرار أو ترسيبه في العظام. ويؤدي تعرض الامهات الحوامل للتلوث بالرصاص إلى احداث تشوهات خلقية في الاجنة.

وقد وجد ان نسبة الرصاص المترسب في اسنان الأطفال القاطنين في مدينة بغداد أعلى من نسبته في اسنان اقرانهم في القرى والمناطق البعيدة عن بغداد، إذ ان الرصاص المتكون من حرق وقود السيارات في مدينة بغداد له الأثر في هذا الاختلاف.

٤. معادن ثقيلة أخرى:

ان هناك عدد آخر من المعادن الثقيلة مثل النحاس copper والزنك والخارصين Zinc والحديد والتي تعد من العناصر الغذائية الضرورية للكائنات الحية في تراكيز معينة وعند زيادة تراكيز هذه المعادن سوف تسبب اضراراً صحية مختلفة.

ومن الأمثلة الأخرى للمعادن الثقيلة هو الكوبلت والذي يعد ساماً عند وجوه بتراكيز عالية جداً. فضلاً عن معادن القصدير والنيكل والزرنيخ والتي هي الأخرى تعد سامة في تراكيز معينة وتؤثر سلباً في نمو الأحياء خلال تثبيط الأفعال الحيوية المختلفة.