



## Introduction to Biological Diversity

## المحاضرة الأولى: مقدمة إلى التنوع البيولوجي

### ما هو التنوع البيولوجي؟

يشير التنوع البيولوجي إلى التنوع الشامل لجميع الكائنات الحية على كوكب الأرض، بما في ذلك النباتات، الحيوانات، الفطريات، والكائنات الدقيقة، ويشير أيضا إلى الجماعات التي تشكلها والمواطن التي تعيش فيها.

يتجلى هذا التنوع في أشكال متعددة والتفاعل في ما بينها، من الكائنات المجهرية التي لا تُرى إلا بالمجهر إلى الأشجار العملاقة والحيتان الضخمة. ينتشر التنوع البيولوجي في جميع البيئات، في الصحارى، المحيطات، الأنهار، الغابات. ولا يزال العدد الفعلي لأنواع الكائنات الحية مجهولاً، حيث تتراوح التقديرات بين 5 إلى 80 مليون نوع، بينما يُرجح أن يكون العدد الأقرب إلى الواقع حوالي 10 ملايين نوع.

تُعد المناطق الاستوائية من أغنى مناطق العالم من حيث التنوع الأحيائي، إذ تحتوي على أعداد هائلة من الحشرات، الثدييات، والنباتات، مقارنة بالمناطق المعتدلة والقطبية. بنحو ثلاثة إلى ستة أضعاف. كذلك تعتبر المناطق الإستوائية من أغنى المناطق بالثدييات والنباتات المختلفة. كما تُعد الأراضي المستنقعات من بين النظم البيئية الأكثر إنتاجية للتنوع البيولوجي، رغم النظرة السائدة التي تصفها بأنها بيئات غير مرغوبة لأنها تأوي الحشرات وتشكل تهديدا للصحة العامة. في الواقع، تلعب هذه الأراضي دوراً مهماً في تنظيم الدورة المائية في مناطق عديدة وتوفير بيئة ملائمة لتكاثر العديد من الأنواع من النباتات والحيوانات.

### مستويات التنوع البيولوجي.

يمكن تقسيم التنوع البيولوجي إلى ثلاثة مستويات متداخلة:

#### 1- التنوع النوعي Species diversity

ويشير إلى تباين الأنواع الحية من نباتات وحيوانات وفطريات وكائنات دقيقة وغيرها من الكائنات الحية. ويشير هذا المستوى إلى عدد أنواع الكائنات الحية التي تعيش على رقعة ما من سطح الكرة الأرضية، وتوزيعها النسبي، والأنواع السائدة فيها.

#### 2- التنوع الجيني Genetic diversity

ويشير إلى التنوع الجيني في النوع الواحد أو. التباين الجيني تحت النوع الواحد، أو مجموعة من الأنواع الحية.

### 3- التنوع البيئي Ecosystem diversity

و يشير إلى جميع المواطن البيئية. تباين النظم البيئية المختلفة للكائنات الحية الموجودة على الكرة الأرضية مثل الغابات الاستوائية أو المعتدلة، والصحاري الباردة أو الحارة، والمواطن البيئية الرطبة، والجبال، والشعب المرجانية، الخ... ويمثل كل نظام بيئي سلسلة من العلاقات المتبادلة المعقدة الموجودة بين المكونات الحية للنظام كالنباتات والحيوان وبين المكونات غير الحية للنظام والتي تشمل أشعة الشمس والهواء والماء والمواد المعدنية والعناصر الغذائية.

#### العوامل المؤثرة في التنوع البيولوجي :

##### 1. عوامل غير حيوية Abiotic factors :

- أ- العوامل البيئية Environmental factors : وتشمل العديد من العوامل في البيئات اليابسة مثلاً تلعب درجات الحرارة والرطوبة والضوء والرياح دوراً مهماً في التنوع البيولوجي ، كما تؤثر بعض العوامل البيئية في البيئات المائية تأثيراً ملحوظاً مثل الضغط ودرجة الملوحة والعكورة والضوء والتيارات المائية وغيرها .
- ب- المساحة : من المعلوم أن ازدياد المساحة يزيد من التنوع البيولوجي في المنطقة البيئية Habitat والعكس صحيح .
- ج- الزمن Time : بلا شك أن الزمن يلعب دوراً أساسياً مع المساحة في عملية التباين البيولوجي فكلما طالت الفترات الزمنية على المساحات المحددة كلما ازداد فيها عدد الأنواع وهذا مؤشر يعرف بنمو الجماعات .
- د- التعاقب البيئي Ecological Succession : يزداد التنوع البيولوجي في التعاقب البيئي كلما اتجهنا نحو الذروة Climax وعليه فإن تتابع البيئات واختلافها من الأسباب المؤدية إلى التنوع البيولوجي .
- هـ - التلوث Pollution : يؤثر التلوث تأثيراً واضحاً في الغالب على التنوع البيولوجي فالمتأمل في التلوث النفطي والحراري على شواطئ البحار والمحيطات ورمي المخلفات الصناعية والبشرية فيها إلا دليلاً على تأثيرها على التواجد الحيوي في تلك البيئات ، كذلك التطور الصناعي على نطاق وسائل النقل والاتصالات والمعدات والأجهزة المنزلية إلا دليل آخر على تأثيرها على الكائنات الحية وبالتالي تأثيرها على التنوع البيولوجي .

##### 2. عوامل حيوية biotic factors :

- أ- الانقراض Extinction : ويعتبر من أهم الأسباب التي أدت إلى التغير في التنوع البيولوجي وبالرغم من أنه عملية طبيعية إلا أنه ازداد في الوقت الحاضر ، ومن أهم الأسباب التي أدت إلى ذلك وعلى سبيل المثال :
  - الصيد Hunting ووضع المصائد .
  - إدخال الحيوانات إلى بيئات جديدة Feral domestic and introduced animals .



- التغيرات البيئية عن طريق تحطيم البيئات Habitat alteration : وهذا من العوامل الحديثة التي أدت إلى التقليل من المساحات المناسبة للحيوانات باختلافها وبلا شك أن كثيراً من تحوير البيئات يجعلها غير مناسبة لأنواع معينة مما يضطرها إلى الهجرة أو الهلاك مما يقلل من التنوع البيولوجي فيها .
- القضاء على الآفات والحيوانات المفترسة Predator and pest control .
- حركة مرور الحيوانات Animal traffic .
- النشاطات البشرية .

ب- الافتراس Predation : إن دور الافتراس في التنوع البيولوجي يتبلور باتجاهين الأول أن توفر الفرائس يدعم تواجد فرائس جديدة في البيئة تؤثر إيجابياً في التنوع البيولوجي ، والثاني أن دور المفترسات في حفظ تعداد الفرائس إلى مستوياتها الدنيا يؤدي بالتالي إلى حفظ حدة التنافس بينها إلى أقل حد وبالتالي يؤدي ذلك إلى دخول فرائس أخرى في مجال المنافسة لتدعم وجود أعداد جديدة من المفترسات في البيئة .

ج- الهجرة Migration : تؤثر الهجرة بنوعها سواء للداخل ( الاستيطان ) أو للخارج ( الاغتراب ) في التباين البيولوجي حيث نلاحظ أن الهجرة إلى الداخل تزيد من معدل التباين البيولوجي بينما نجد أن الهجرة إلى الخارج تقلل من التباين البيولوجي .

د- التنافس Competition : ويعرف بأنه علاقة عدائية كنتيجة للاستخدام المتبادل لموارد طبيعية محدودة في الموطن البيئي يرتبط التنافس بعنصرين أساسيين يؤديان إلى توضيح مدى ارتباط التنافس بالتنوع البيولوجي وهما :

- 1- مدى أوسع الوحدة البيئية Niche breadth لكلا النوعين .
- 2- حجم التداخل Niche overlap في الوحدة البيئية لكلا النوعين، حيث أن هناك قاعدة بيئية تشير إلى أن الأنواع التي تعيش في منطقة معينة مع بعضها البعض وتتداخل في أعشاشها البيئية غالباً ما تتنافس على نفس الموارد وكثيراً ما يقوم أحدها بإزاحة الآخر ويطلق على هذه الظاهرة بالإقصاء التنافسي Competitive exclusion .

## أهمية التنوع البيولوجي

تزود البيئة الطبيعية الانسان بالظروف الأساسية التي لا يستطيع العيش بدونها. فهو يحتاج لأن يتنفس، وأن يأكل، ويشرب، ويسكن في مكان آمن، ويحصل على كل ذلك من الطبيعة.

### 1. الأهمية البيئية:

- 1- تزود النباتات الكائنات الحية مثل الطيور، والحشرات، وغيرها من النباتات والحيوانات، ولفطريات، والكائنات الحية الدقيقة بالمسكن والغذاء.

- 2- تساعد الحشرات والخفافيش والطيور وحيوانات أخرى في تلقيح الأزهار.
  - 3- تعمل الطفيليات والمفترسات كضوابط طبيعية لحجم مجتمعات الكائنات الحية الأخرى.
  - 4- تعمل العديد من الكائنات الحية مثل ديدان الأرض والبكتيريا على إعادة تدوير المواد العضوية والمحافظة على خصوبة التربة.
  - 5- تأخذ النباتات ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتزوده بالأكسجين. إذ تقوم الغابات مثلاً بامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الجو مما يجعلها من العوامل الهامة في تقليل التغير المناخي العالمي.
  - 6- تقلل المواطن الرطبة من الآثار الضارة للسيول بسبب قدرتها على الإحتفاظ بالماء، كما أنها تعمل على تنقية الجداول المائية عن طريق تخليصها من الرواسب والأملاح المعدنية والمواد الغذائية والملوثات.
- 2. الأهمية الاقتصادية:**
- 1- **الغذاء:** يقوم الانسان بصيد العديد من الأنواع (كالغزلان والطيور والأسماك) أو جمعها (كالفواكه والمشروم والزعتر والخ)، أو زراعتها (كالقمح والذرة والخضار)، أو إكثارها في مزارع مائية (كأسماك السلمون). ومن المثير للاهتمام أن من بين ال 80000 نوعاً وهو عدد النباتات الصالحة للأكل، يستخدم الإنسان أقل من 30 منها لتلبية 90 % من احتياجاته الغذائية.
  - 2- **الوقود:** يعتبر الخشب والفحم مثالان على المصادر الطبيعية التي يستخدمها الانسان لانتاج الطاقة.
  - 3- **المسكن والملبس:** يستعمل الخشب وغيره من منتجات الغابات (مثل البلوط والصنوبر) كمواد بناء. وتستخدم الألياف كالصوف والقطن لعمل الملابس.
  - 4- **الدواء:** يحصل الانسان على العقاقير الطبيعية والمصنعة من الكائنات الحية (البنسلين من الفطريات، والكوديين من الخشخاش، والكوينين من لحاء الكينا) ومن أمثلة النباتات المستخدمة في الطب الشعبي: المريمية، والبابونج، والكركم وغيرها.
  - 5- **منتجات أخرى:** مثل الورق وأقلام الرصاص التي تؤخذ من مواد خام تزودها الكائنات الحية الموجودة على الكرة الأرضية.
- 3. فوائد غير مباشرة:**



أ. توفير مياه نقية للشرب: لا تزيد نسبة المياه التي يمكن استعمالها مباشرة والموجودة على الكرة الأرضية عن 1% من المياه الموجودة عليها. وأما الباقي فيتكون من ماء مالح ( 97 %) أو جليد ( 2 %). وتعمل الغابات الموجودة في العالم بصورة متواصلة على سد النقص في المياه التي نستعملها للشرب.

ب . هواء للتنفس: تمتص النباتات الموجودة حول العالم غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء الجوي وتطلق الأكسجين إليه. وتحتاج جميع الكائنات الحية تقريبا الأكسجين في تنفسها.

ت . حفظ خصوبة التربة: تقوم الكائنات الحية الدقيقة بتدوير المواد العضوية في التربة وبالتالي تحافظ على خصوبتها.

ث . تلقيح الأزهار: تقوم أنواع من الحشرات والطيور والخفافيش بنقل حبوب اللقاح من نبات إلى آخر (أو من جزء من النبات إلى جزء آخر) مما يساعد على إخصاب محاصيل الفاكهة والأزهار.

4. الأهمية الثقافية:

أ. تستخدم النباتات والحيوانات كرموز، فعلى سبيل المثال تستخدم على أعلام الدول، واللوحات، والتمائيل، والصور، والطوابع، والأغاني، والقصص الخرافية.

ب . أهمية جمالية وأخلاقية. حيث يبعث النظر إلى الأزهار وشمها السرور في نفس الانسان، كما يسعده الاستماع إلى الطيور وهي تغرد. وأما الأهمية الأخلاقية – باعتبار الإنسان أحد عناصر البيئة – فتكمن في أن الكائنات الحية الأخرى لها الحق في الحياة والبقاء والاستمرار.

5 - genetic reserve التنوع البايولوجي مخزون وراثي إذ يمكن استخدام هذا المخزون في تربية النبات والحيوان (مثلا عن طريق الهندسة الوراثية ونقل الجينات).



## Taxonomy and Scientific Nomenclature

## المحاضرة الثانية: التصنيف والتسمية العلمية للكائنات الحية

### علم التقسيم (التصنيف) TAXONOMY :-

هو العلم الذي يهتم بتشخيص وتسمية الكائنات الحية وتقسيمها الى مجاميع , واشتقت كلمة Taxonomy من Taxis وتعني ترتيب و Nomos وتعني قانون أي قانون الترتيب . أما كلمة Biosystematics فمشتقة من كلمة يونانية معناها نظم التقسيم التي أوجدها علماء التاريخ الطبيعي الاوائل .

ويهدف هذا العلم إلى:

- 1- ترتيب وتصنيف الكائنات الحية في مجاميع متشابهة حتى يسهل دراستها.
- 2- يعني بتسميتها حتى يسهل التعرف عليها بين المشتغلين في الهندسة الزراعية و العلوم.
- 3- كما يعني هذا العلم بالكشف و الإشارة الى درجة التشابه والاختلاف بين مجاميع الكائنات المختلفة وما يترتب على هذا التشابه والاختلاف من علاقة بين هذه المجاميع.

### أهمية علم التصنيف وعلاقته بالعلوم الأخرى

يهتم تصنيف الأحياء بالدراسة العلمية لتنوع الكائنات الحية والعلاقات بين هذه الكائنات , والغرض الاساس منه هو ترتيب هذه الأحياء بشكل متسلسل ومنظم .

يعتمد تصنيف الأحياء على صفات هذه الكائنات وتأتي دراسة هذه الصفات من علوم الأحياء المختلفة منها علم البيئة Ecology والفسلجة Phsiology والكيمياء الحياتية Biochemistry والوراثة Genetics وعلم المظهر Morphology والمناعة Immunology وغيرها من العلوم .

ان أهم ما يتضمنه تصنيف الأحياء هو وصف الكائنات الحية وتسميتها وتصنيفها وتشخيصها وتحديد العلاقات بينها وبالتالي تسهيل التعامل مع الكائنات الحية واعطاء معلومات كافية عن صفاتها وتقديم المعلومات الكافية للعاملين في مجالات الهندسة الزراعية و العلوم.

### اللغة العالمية للتنوع الحيوي universal language of biodiversity

ويختلف الاسم العلمي عن الشائع بان الأول هو تسمية ثابتة وموحدة في كل العالم أما الشائع يمكن أن يتغير من منطقة إلى أخرى لذا فان الأسماء العلمية تعتبر هي المفاتيح الابتدائية للتصنيف وهو عبارة عن فرضيات مستندة على الأشياء (العينات) وصفاتها.



كما تعد الأسماء العلمية مفتاح التنوع الحياتي لذلك يعملون علماء التصنيف على إعطاء الاسم العلمي قيمة كبيرة من خلال تضمينه الكثير من المعلومات بحيث تعطي فكرة واضحة لمستعملي هذا الاسم عن النوع المعني.

### المراحل التاريخية لنظام التصنيف

#### 1- المرحلة القديمة أو الابتدائية :

وهي تبدأ من ما قبل التاريخ اتسمت بتعرف الإنسان على الكائنات الحية التي تعيش حوله مثل بعض الطيور وبعض اللبائن والحشرات والنباتات واهتم الانسان القديم بتلك الأحياء ذات العلاقة المباشرة به ، تعرف عليها بأسلوبه الخاص وقد عرف من الحفريات ومن الرسومات على جدران الكهوف ومن النقوش القديمة أن الانسان كان على علم ببعض الخصائص المهمة لهذه الأحياء .

#### 2- دراسة الأحياء المحلية :

هذه الفترة تميزت بإعطاء أسماء محلية أو أسماء علمية محلية Local Names للحيوانات والنباتات والفطريات وغيرها . هذه الأسماء مختلفة في لغتها ومدلولها من امة الى اخرى ومن بلد الى بلد ومن منطقة لآخرى وعندما تقدم علم الأحياء وازدادت معلومات الإنسان عن الأحياء أصبح من الصعب ان نحدد مدلولات تلك الأحياء لكثرتها لذلك أصبح من الضروري البحث عن نظام علمي موحد لتسمى به الأحياء .

#### 3- مرحلة التسمية العلمية :

مرحلة ليناوس وهو حصيلة جهود علماء آخرين سبقوا ليناوس لكنه استطاع ان يضعه بشكل قانون منتظم يقبله الآخرون ونشره في الطبعة العاشرة لمؤلفه الموسوم بالنظام الطبيعي 1758 واعتبر هذه التاريخ مهم في التسميات العلمية حيث أن الاسماء التي وضعت في هذا التاريخ وبعده اكتسبت شرعية وأشار العالم في قانونه ليس الى الجنس والنوع وانما اشار للمراتب الاخرى مثل العائلة والرتبة والصنف وهذه المراتب لا زالت مستخدمة في التقسيم حتى وقتنا الحاضر .

#### 4- التطور العضوي :

ظهرت نظرية التطور العضوي لدارون وقد اضافت النظرية مفهوم لعلم التصنيف يختلف عن المفهوم السابق الذي كان يقول أن النوع ثابت بينما النظرية تقول الكائنات الحية في تغير مستمر والأحياء الحالية متحررة من أسلاف مشتركة وهذا التغير يؤدي الى ظهور أنواع واشكال جديدة .

#### 5- مرحلة الوراثة :

عندما ظهر علم الوراثة والذي اقترن باسم مندل وتبين أن هناك ما يسمى بالعوامل الوراثية يعود لها السبب في ظهور صفات الأحياء نتيجة تضريب الذكور في الاناث فقد أضاف هذا العالم أن تصنيف الكائنات الحية بالمراتب الدنيا الى العليا له علاقة بالجهاز الوراثي الذي يمتلكه



تلك الأحياء وهذا الجهاز هو المسؤول عن حفظ تلك الصفات أثناء مرورها من الأجداد الى الآباء و ثم الاحفاد وعليه فالنوع يحوي مجموعة من الصفات محفوظة ولكن هذا النوع في مواجهة مستمرة مع ظروف البيئة وإذا حصل تغير في الجهاز الوراثي هذا التغير سوف يحفظ في ذلك النوع ويمر الى الابناء وبذلك تتغير الأنواع باستمرار .

#### 6- مرحلة التصنيف الحديث :

تتميز بمحاولة ايجاد مفهوم علمي محدد للنوع . ان التصنيف القديم كان يركز على النوع بمفهومه النمطي أو الطرازي أي ان النوع متمثل في كائن يحمل صفات هذا النوع . هذا المفهوم عديم الابعاد أهميته قليلة في معرفة العلاقة الطبيعية بين الأنواع والمجاميع فعلم التصنيف الحديث أراد أن يتخطى المفهوم النمطي ويعتمد على المفهوم السكاني للنوع بكل أبعاده كذلك يحاول ان يستنبط العلاقة الطبيعية بين مجاميع الأحياء مستند على مفاهيم العلوم الاخرى كالأجنة والوراثة والفلسفة هذا بالإضافة الى كون علم التصنيف اعتمد التصنيفات الحديثة حاله حال العلوم الاخرى

### النظام الثنائي للتسمية العلمية (The Binomial System of Nomenclature)

نظام التسمية الثنائي الموحد عالمياً للكائنات الحية وفيه يكون لكل نوع من الكائنات الحية اسماً ثنائياً يعطى الاسم العلمي (Scientific name) لأي كائن حي يكتشف لأول مرة بإتباع النظام الثنائي للتسمية. ويعتبر العالم لينياس (Linnaeus) أول من وضع هذا النظام. والذي ينص على أن كل كائن حي يطلق عليه اسماً ثنائياً مكوناً على النحو التالي:

1 – الاسم الأول وهو اسم الجنس (Genus name)، الذي ينتمي إليه هذا الكائن، ويبدأ دائماً بحرف كبير (Capital Letter).

2 – الاسم الثاني وهو الاسم أو اللقب النوعي (Specific name)، أي الاسم الخاص بالكائن، ويبدأ بحرف صغير. والاسمان معاً (الجنس والنوع) هما الاسم العلمي للكائن الحي، ويكتبان بحروف مائلة أو يوضع تحتها خط. مثلاً عليها الذرة الشامي (Zea mays L.).

وتكتب الأسماء العلمية للكائنات الحية بصيغة مشتقة من جذور اللغة اللاتينية أو بصيغة لاتينية لاسم العالم المكتشف للكائن لأول مرة أو بنسبة ذلك للمكان أو إحدى الصفات المميزة للكائن وذلك للأسباب التالية:

- 1- لأنها كانت لغة عالمية للعلماء عندما وضع نظام التسمية الثنائي.
- 2- أما حالياً فهي لغة بائدة غير قابلة للتغيير وهذا يضمن ثبات الاسم وعدم تغيره.
- 3- كما أن ذلك يعطي لكل كائن اسماً علمياً معتمداً بين العلماء ومتعارف عليه بينهم بعكس الأسماء الدارجة (Common names) بين البدو والحضر التي تتغير من مكان لآخر بحيث يمكن أن يطلق عدة أسماء لنفس الكائن بين الشعوب والقبائل المختلفة.

### طوائف التصنيف : Categories of classification :-

- 1- النوع (Species): مجموعة من الكائنات المتشابهة في جميع صفاتها تتلاقح فيما بينها ولا تتلاقح مع الأنواع المختلفة الأخرى.
- 2- الجنس (Genus) وتضم كل الأنواع المتشابهة في جنس واحد.
- 3- العائلة (Family) تضم كل الأجناس المتشابهة في عائلة واحدة.
- 4- الرتبة (Order) تضم كل العوائل المتشابهة في رتبة واحدة.
- 5- الطائفة (Class) تضم كل الرتب المتشابهة في طائفة واحدة .
- 6- الشعبة (Phylum) تضم كل الطوائف المتشابهة في شعبة واحدة
- 7- المملكة أو العالم (Kingdom)

### أنظمة علم التصنيف

هناك ثلاثة أنماط للتصنيف هي :

#### أولاً : التصنيف الاصطناعي Artificial Classification

وهو أقدم أنواع التصنيف ويعد البابليون أول من وضع قوائم تدل تصنيف بدائي لحيوانات ونباتات , أما ارسطو فقد اعطى التصنيف على أساس التشابه في صفات مظهرية معينة . فالتصنيف الذي يركز على صفات مظهرية كاللون و العادات و الشكل الخارجي فهو تصنيف اصطناعي فمثلاً يقسم الحيوانات الى حيوانات برية و حيوانات مائية أو الى حيوانات اكلة اللحوم وحيوانات اكلة الاعشاب . ويعد العلماء العرب مثل القزويني والجاحظ و البصري أول من خطى بالتصنيف خطوات ملموسة نحو التصنيف الاصطناعي .

#### ثانياً : التصنيف الطبيعي Natural Classification

ويعتمد هذا التصنيف على ما بين الأحياء من تشابه طبيعي مثل التركيب الداخلي والتشابه في وظائف الأعضاء والتكوين الجنيني فضلاً عن المظهر الخارجي كما يعكس هذا التصنيف علاقة القرابة بين مجاميع الأحياء ويعكس أيضاً درجة الرقي والتطور لكل كائن حي وموقع هذا الكائن من سلم التطور مع بقية الكائنات القريبة والبعيدة وعليه فقد نجد نبات يعيش في الصحراء أقرب الى نبات مائي أو نبات جبلي من نبات يعيش معه في الصحراء .

#### ثالثاً : التصنيف التطوري أو النشوئي Evolutionary Classification

ويعد هذا النظام خطوة متطورة عن التصنيف الطبيعي حيث يركز على العلاقة الطبيعية والتطورية بين الأحياء لذلك فهذا النظام يرتب الأحياء في سلم تطوري يوضح نشوء بعضها من البعض الآخر مثل الشجرة والعائلة لذلك فهو يضع الأحياء البدائية والأنواع التي تطورت منها . أما النظام المتبع حالياً فهو مزيج من التصنيف الطبيعي والتصنيف التطوري .

## التنوع الوراثي والتطور

### مقدمة :عمليات التطور

التطور هو العملية التي تحدّرت من خلالها الكائنات الحية الحديثة من أسلاف قديمة. وهو مسؤولٌ عن كلِّ من التشابهات الملحوظة التي نراها عبر كلِّ أشكال الحياة والتنوع المدهش لها. ولكن كيف يعمل بالضبط؟ يُعتبر الاختلاف الوراثي أساسياً للعملية، والذي من خلاله يمكن للقوى الانتخابية العمل ليحدث التطور. يتناول هذا القسم آليات التطور مُركّزاً على:

- التحدُّر والاختلافات الوراثية القابلة للتوريث والتي تُمرر إلى الجيل التالي.
- الطفرة، الهجرة (انسياب الموروثات)، الانحراف الوراثي، والانتخاب الطبيعيّ كآلياتٍ للتغيير.
- أهمية التنوع الوراثي.
- الطبيعة العشوائية للانحراف الوراثي وأثار تقليل التنوع الوراثي.
- كيف يؤدي التنوع، التكاثر التفرّقي، والوراثة إلى التطور بواسطة الانتخاب الطبيعيّ.
- كيف يمكن لأنواع المختلفة أن تؤثر على تطور بعضها من خلال التطور المشترك.

لقد عرّفنا التطور على أنه تحدر السلالة من سلفٍ مشتركٍ مع التعديلات. ولكن ما الذي تم تعديله فعلياً؟ فالتطور يحدث فقط عندما يكون هنالك تغييرٌ في تكرار المورثات ضمن كتلةٍ سكانيةٍ مع مرور الوقت. إذ يمكن توريث هذه الاختلافات الوراثية ونقلها إلى الجيل التالي، وهذا ما يمثل الجوهر الحقيقيّ للتطور: تغييراتٌ طويلة المدى.

بمقارنة هذين المثالين على التغيير في كتلٍ سكانيةٍ من الخنافس، أيهما مثلاً على التطور؟

1. خنافسٌ بحميةٍ غذائيةٍ: لتتخيل عاماً أو عامين من الجفاف، حيث يوجد عددٌ قليلٌ من النباتات التي يمكن للخنافس أن تتغذى عليها.

تمتلك كل الخنافس نفس فرص النجاة والتكاثر، ولكن الخنافس في الكتلة السكانية ستكون أصغر بقليلٍ من الجيل السالف بسبب القيود الغذائية.

2. خنافس تمتلك لوناً مختلفاً أغلب الخنافس في الكتلة السكانية (لنفترض نحو 90%) تمتلك مورثاتٍ للون الأخضر اللامع، وعددٌ قليلٌ منها (10%) يملك مورثاً يجعلها تميل أكثر للون البني.

تغيرت الأمور بعد عدة أجيال: فالخنافس البنية أصبحت أكثر شيوعاً مما كانوا ويمثلون حوالي 70% من العدد الكلي للخنافس.

أيّ مثالٍ يوضح الانحدار مع التعديل (أي التغيير في تكرار المورثات مع الوقت)؟

إن التغيير في الوزن بالمثل الأول حدث بسبب عوامل بيئية، وهي تناقص الغذاء، وليس بسبب تغييرٍ في تكرار المورثات. ولذلك فالمثال الأول ليس تطوراً. فحجم الجسم الضئيل في هذه الكتلة السكانية لم يُحدد وراثياً، وسوف ينتج هذا الجيل ضئيل الحجم خنافساً ستنمو إلى الحجم الطبيعيّ لو توافرت كمياتٌ طبيعيةٌ من الغذاء .

أما تغيير اللون في المثال الثاني فهو بالتأكيد تطورٌ: فهذين الجيلين من نفس الكتلة السكانية اختلفا وراثياً. ولكن كيف حدث هذا؟

## التنوع الوراثي:

لم يكن لبعض من الآليات الأساسية للتغير التطوري لتعمل بدون التنوع الوراثي. وهناك ثلاثة مصادر أساسية للتنوع الوراثي وسنتعرف عليها هنا:

1. الطفرات: هي تغيرات في سلسلة الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين. طفرة وحيدة بإمكانها إحداث تغييرات كبيرة، ولكن التغير التطوري يعتمد على تراكم العديد من الطفرات في حالات كثيرة.

2. انسياب الموروثات: وهي عملية انتقال الموروثات بين الكتل السكانية، ويعتبر انسياب الموروثات أحد أهم مصادر التنوع الوراثي.

3. الجنس: باستطاعته إدخال العديد من التغييرات الوراثية للسكان. وعملية الخلط الوراثي تعتبر أيضاً مصدراً مهماً للتنوع الوراثي.

### الطفرات:

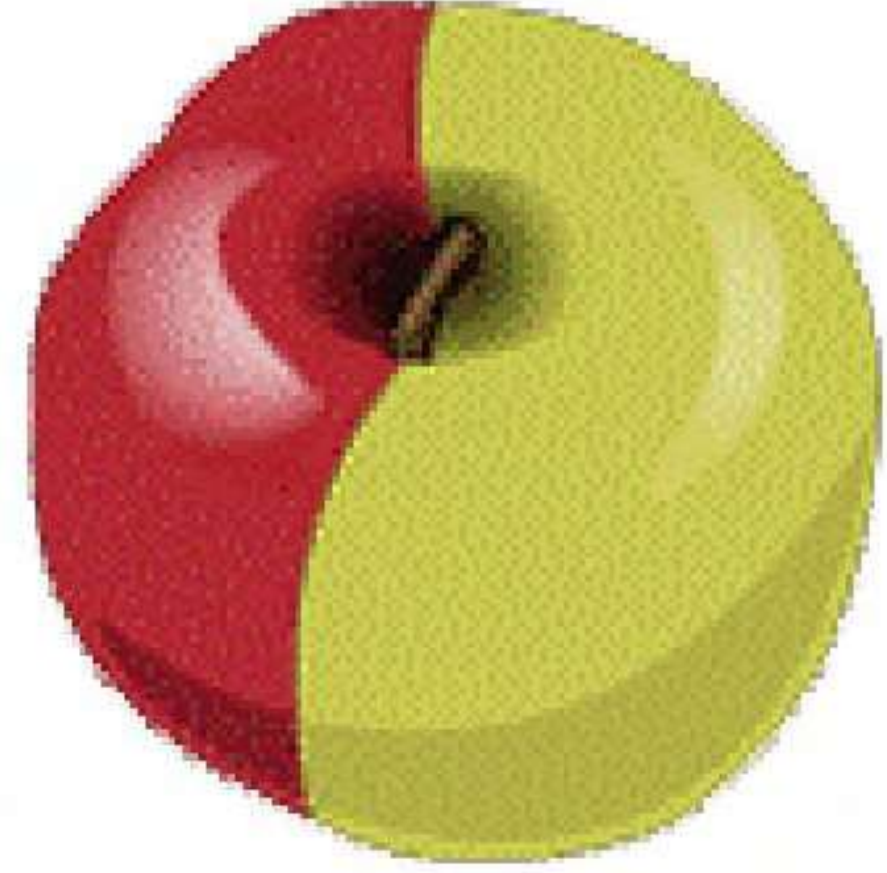
هي تغيرات في الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين، وهو مصدر المعلومات الوراثية في الحياة. فالحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين يؤثر على مظهر الكائن الحي، سلوكه، ووظائف أعضائه، أي جميع جوانب الحياة. لذلك فإنه من الممكن أن يؤدي أي تغيير في سلسلة الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين للكائن الحي إلى تغييرات في جميع جوانب حياته.

### الطفرات عشوائية:

يمكن للطفرات أن تكون مفيدة، محايدة، أو ضارة للكائن الحي، ولكن الطفرات لا تحاول أن تمد الكائن الحي بما يحتاجه. فالطفرات عشوائية في هذا الصدد، فاحتمالية حدوث طفرة معينة من عدمها لا يتعلق بمدى فائدة هذه الطفرة.

### ليست كل الطفرات ضرورية للتطور

هناك إمكانية لحدوث طفرات في أماكن متعددة، وذلك لأن كل الخلايا في أجسادنا تحتوي على الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين. ولكن ليست كل الطفرات ضرورية للتطور. فالطفرات الجسدية تحدث في الخلايا غير التناسلية ولا يمكنها أن تنتقل للنسل. فعلى سبيل المثال، اللون الذهبي في نصف التفاحة الحمراء حدث نتيجة لطفرة جسدية، وبذور هذه التفاحة لا تحمل تلك الطفرة.



الطفرات الوحيدة المهمة للتطور واسع النطاق هي تلك التي يمكن تمريرها للنسل. وتحدث هذه الطفرات في الخلايا التكاثرية مثل البويضات والحيوانات المنوية، وتسمى بطفرات الخلايا الجنسية. يمكن لطفرة الخلية الجنسية أن تحدث عدة تأثيرات:

1. لا تغيير يحدث في النمط الظاهري: بعض الطفرات لا تمتلك أي أثر ملحوظ على النمط الظاهري للكائن. ويمكن أن يحدث هذا في عدة مواضع: فربما تحدث الطفرة في مجال من الحمض النووي الريبوزي منزوع الأوكسجين الذي لا يمتلك وظيفة، أو ربما تحدث الطفرة في منطقة تُشفر بروتيناً ما، ولكنها لم تؤثر على تسلسل الأحماض الأمينية للبروتين في النهاية.



2. تغيير صغير في النمط الظاهري: أدت طفرة واحدة إلى التفاف أذن هذه القطه للخلف قليلاً.

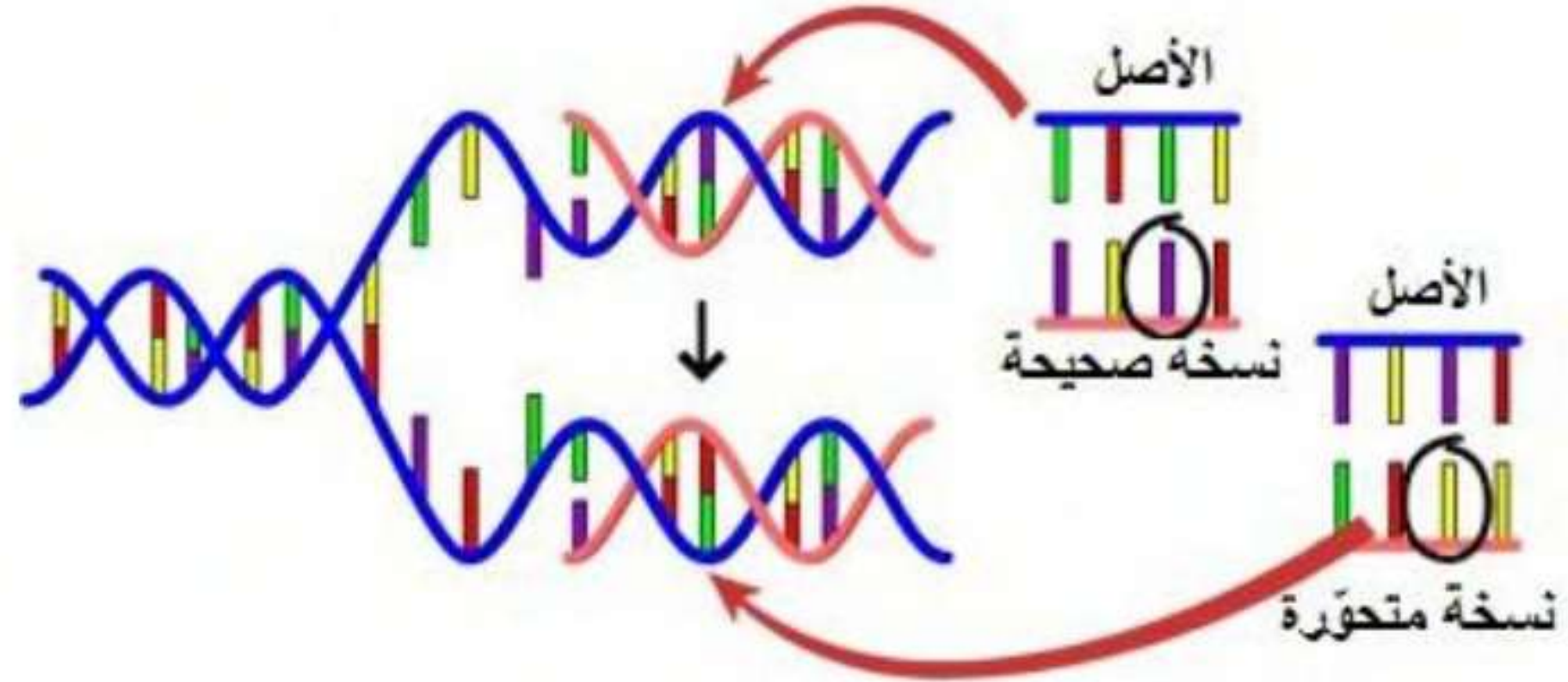
3. تغيير كبير في النمط الظاهري: تسبب الطفرات الفردية بعض التغيرات المهمة جداً في النمط الظاهري مثل مقاومة الدي دي تي (مبيد للبعوض) في الحشرات. وربما يكون للطفرة الفردية تأثيرات سلبية قوية للكائن. وتسمى الطفرات التي تسبب الموت للكائن بالقاتلة، فلا يمكن للطفرات أن تكون سلبية أكثر من ذلك.

هناك بعض أنواع التغيرات التي لا يمكن للطفرات الفردية ولا المتعددة أن تسببها. فلا الطفرات ولا التفكير التواق سيجعل للخنازير أجنحة. ولن تخلق الطفرات "سلاحف النينجا المراهقة المتحولة"، بل ستفعل ثقافة البوب ذلك فقط.

#### أسباب الطفرات:

تحدث الطفرات لأسباب مختلفة:

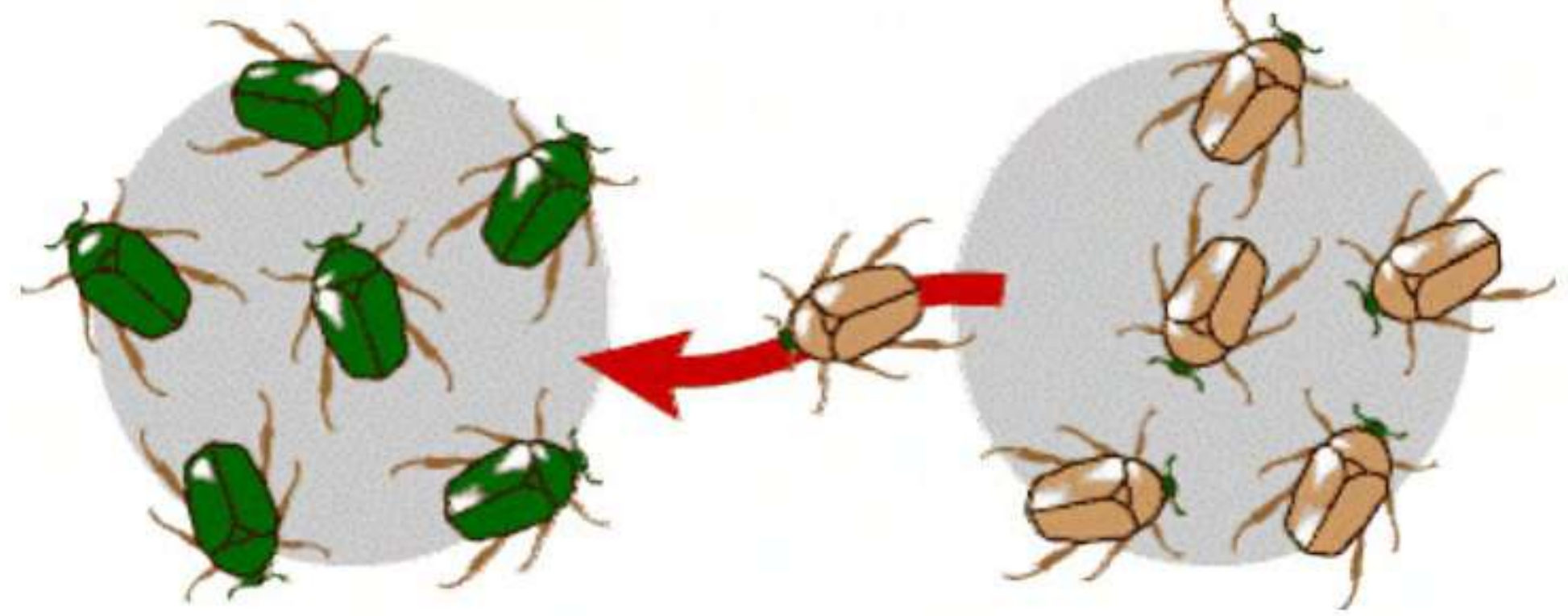
1. فشل استنساخ الحمض النووي الريبوزي منزوع الأوكسجين بدقة: تحدث معظم الطفرات التي نعتقد بأهميتها للتطور "بشكل طبيعي". فعلى سبيل المثال، تنسخ الخلية حمضها النووي الريبوزي منزوع الأوكسجين عندما تنقسم، وفي بعض الأحيان لا تكون النسخة مثالية تماماً. ذلك الاختلاف الصغير عن تسلسل الحمض النووي الريبوزي منزوع الأوكسجين الأصلي هو طفرة.



2. يمكن للتأثيرات الخارجية أن تخلق طفرات: يمكن للطفرات أيضاً أن تنتج بسبب التعرض لمواد كيميائية أو إشعاعية محددة. حيث تتسبب هذه العوامل في تكسر الحمض النووي منقوص الأوكسجين. ولا يكون ذلك غير طبيعي بالضرورة، فالحمض النووي منقوص الأوكسجين يتكسر حتى في أكثر البيئات عزلةً وتحفظاً. وبالرغم من ذلك، قد لا تقوم الخلية بعمل متقن في إصلاح الحمض النووي عندما تقوم به. لذلك سينتهي الحال بخلية بحمض نووي مختلف قليلاً عن الحمض النووي الأصلي، وبالتالي طفرة.

### انسياب الموروثات:

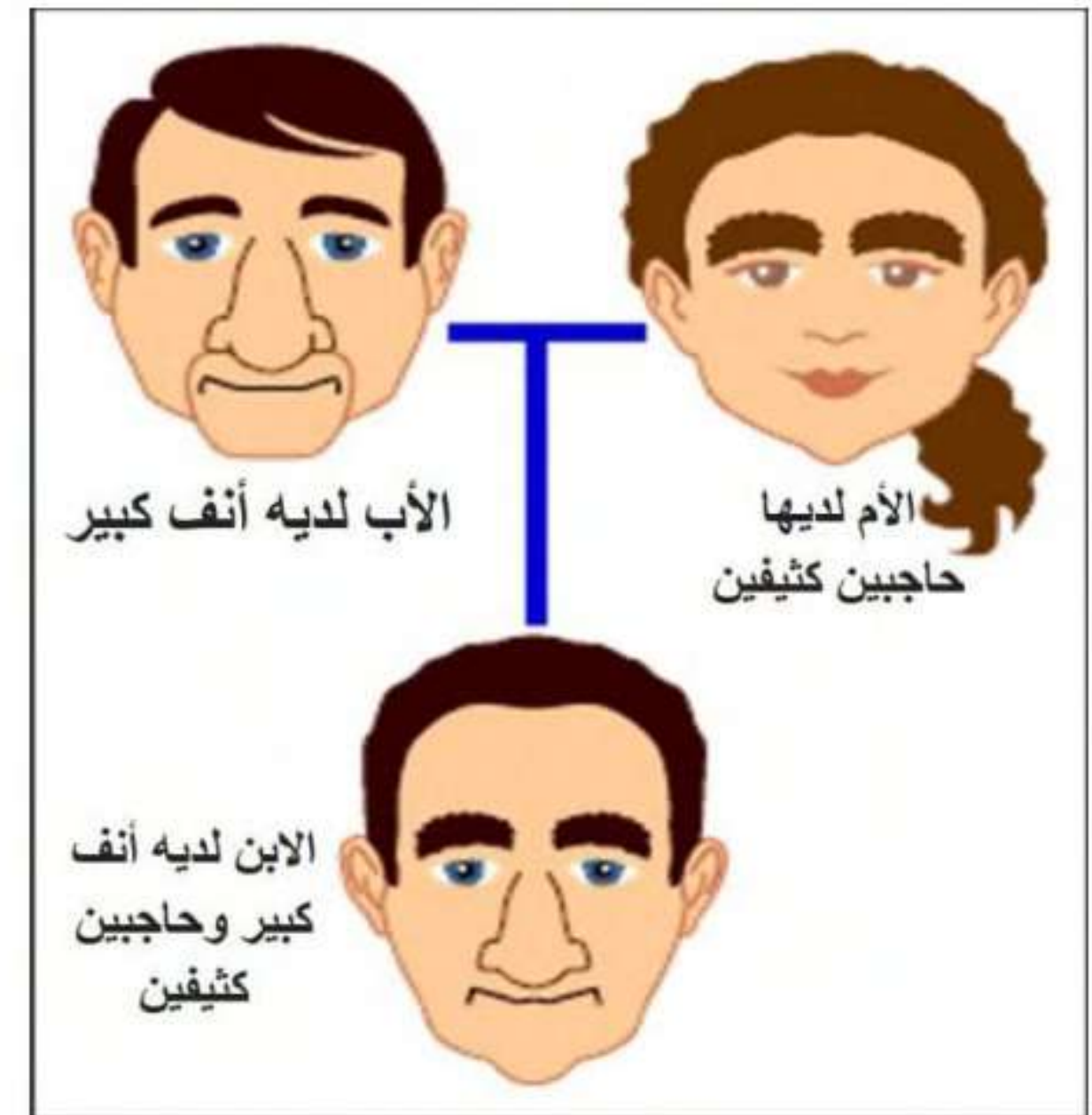
انسياب الموروثات هو أيّ تحريكٍ للأفراد و/أو المادة الوراثية التي يحملونها من كتلةٍ سكانيةٍ إلى أخرى، وتسمى أيضاً بالهجرة. ويشمل انسياب الموروثات الكثير من أنواع الأحداث المختلفة، كنسخ حبة لقاح إلى وجهةٍ جديدةٍ أو انتقال الناس إلى مدنٍ أو دولٍ جديدةٍ. فإذا كانت نسخ الموروثات محمولةً إلى كتلةٍ سكانيةٍ لم توجد فيها هذه النسخ سابقاً، فإن انسياب الموروثات يمكن أن يكون مصدراً مهماً للتنوع الوراثي. وفي الصورة بالأسفل، ترى أن نسخة الموروث للتلون البني تنتقل من كتلةٍ سكانيةٍ إلى أخرى.



## الجنس والخلط الوراثي

### • الجنس والخلط الوراثي:

يمكن للجنس أن يقدم تجميعات موروثاتٍ جديدةٍ في الكتلة السكانية وهو مصدرٌ مهمٌ للتنوع الوراثي. فعلى الأرجح أنك تعرف من التجربة أن الأشقاء ليسوا متماثلين وراثياً مع والديهم أو مع بعضهم البعض (باستثناء التوائم المتماثلة بالطبع). وذلك لأن الكائنات الحية تُحدث بعض "الخلط" الوراثي عندما تتكاثر جنسياً، مما يأتي بتجميعاتٍ جديدةٍ من الموروثات. فعلى سبيل المثال، ربما يكون لديك حاجبين كثيفين وأنفٌ كبيرٌ بما أن أمك تمتلك موروثاتٍ مرتبطةً بالحواجب الكثيفة وأبوك لديه موروثاتٍ مرتبطةً بأنفٍ كبيرٍ. ويمكن لهذه التجميعات أن تكون جيدةً، سيئةً، أو محايدةً. فإذا كان شريكك يميل لتجميع من الحواجب الكثيفة أو الأنف الكبير، فأنت محظوظٌ وحصلت على تجميع فائزٍ هذا الخلط مهمٌ للتطور لأن بإمكانه استحداث تجميعاتٍ جديدةٍ من الموروثات في كل جيلٍ. ولكن بإمكانه أيضاً تفريق تجميعاتٍ جيدةٍ من الموروثات.



## نمو

النمو هي العملية التي يصبح بها الجنين كائناً بالغاً ومن ثم يموت. وخلال النمو، يُعبّر النمط الظاهري للكائن عن النمط الوراثي، مما يعرض الموروثات إلى أثر الانتخاب الطبيعي. وتُعد دراسة النمو مهمة للتطور الحيوي لعدة أسباب:

- **شرح التغيرات التطورية الكبيرة:** تؤثر التغيرات في الموروثات المتحكم بالنمو بشكل كبير على تشكّل الكائن البالغ. ويعتقد العلماء أن التغيرات في موروثات النمو ساعدت في جلب نطاق كبير من التحولات التطورية بسبب الأهمية الكبيرة لهذه التأثيرات. فعلى سبيل المثال، ربما تساعد تغيرات النمو في توضيح كيفية تطور بعض الثدييات ذات الحوافر إلى ثدييات مستوطنة للمحيطات، كيفية غزت نباتات المياه اليايسة، وكيف طورت بعض اللافقاريات المدرعة والصغيرة أجنحة.



بإمكان طفرة أخرى في موروثات النمو أن تتسبب في الطفرات في الموروثات التي تتحكم في نمو ذبابة جعل أقدام ذبابة الفاكهة تأخذ المكان الطبيعي لقرني الفاكهة يمكن أن تتسبب في تغيرات كبيرة في التشكل، الاستشعار، كما هو موضح على اليمين. مثل تكوين زوجين من الأجنحة بدلاً من واحد.

**التاريخ التطوري:** ربما يحتوي نمو الكائن الحي أدلةً حول تاريخه، والتي تُمكن لعلماء الأحياء أن يستخدموها



- لبناء شجرة تطورية.

- **الحد من التغير التطوري:** ربما تقيد عمليات النمو من التطور، مما يمنع بعض الخصائص من التطور في بعض السلالات. فعلى سبيل المثال، ربما يساعد النمو في توضيح سبب عدم وجود رباعيات الأرجل بستة أصابع فعلياً.

#### النمو

النمو هي العملية التي يصبح بها الجنين كائناً بالغاً ومن ثم يموت. وخلال النمو، يُعبّر النمط الظاهري للكائن عن النمط الوراثي، مما يعرض الموروثات إلى أثر الانتخاب الطبيعي. وتُعد دراسة النمو مهمة للتطور الحيوي لعدة أسباب:

- **شرح التغيرات التطورية الكبيرة:** تؤثر التغيرات في الموروثات المتحكم بها بالنمو بشكل كبير على تشكّل الكائن البالغ. ويعتقد العلماء أن التغيرات في موروثات النمو ساعدت في جلب نطاق كبير من التحولات التطورية بسبب الأهمية الكبيرة لهذه التأثيرات. فعلى سبيل المثال، ربما تساعد تغيرات النمو في توضيح كيفية تطور بعض الثدييات ذات الحوافر إلى ثدييات مستوطنة للمحيطات، كيفية غزت نباتات المياه اليابسة، وكيف طورت بعض اللافقاريات المدرعة والصغيرة أجنحة.



- الطفرات في الموروثات التي تتحكم في نمو ذبابة الفاكهة يمكن أن تتسبب في تغيرات كبيرة في التشكل، مثل تكوين زوجين من الأجنحة بدلاً من واحد.
- بإمكان طفرة أخرى في موروثات النمو أن تتسبب في جعل أقدام ذبابة الفاكهة تأخذ المكان الطبيعي لقرني الاستشعار، كما هو موضح على اليمين.

- **تعلم التاريخ التطوري:** ربما يحتوي نمو الكائن الحي أدلةً حول تاريخه، والتي تُمكن لعلماء الأحياء أن يستخدموها لبناء شجرة تطورية.



- لبناء شجرة تطورية.
- **الحد من التغير التطوري:** ربما تقيد عمليات النمو من التطور، مما يمنع بعض الخصائص من التطور في بعض السلالات. فعلى سبيل المثال، ربما يساعد النمو في توضيح سبب عدم وجود رباعيات الأرجل بستة أصابع فعلياً.

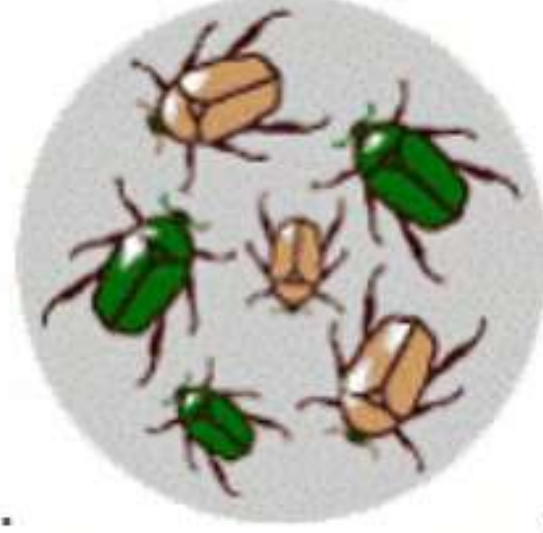
## الانحراف الوراثي

يعد الانحراف الوراثي أحد الآليات الأساسية للتطور بجانب كلٍ من الانتخاب الطبيعي، الطفرات، والهجرة. حيث يترك بعض الأفراد في كل جيل بالصدفة ورائهم بضعة أحفاد أكثر من الأفراد الآخرين، وبالتالي سيتركون موروثات أكثر بالطبع. وستكون موروثات الجيل القادم للأفراد المحظوظين، ولن تكون بالضرورة لأفراد أكثر صحة أو أفضل. وهذا باختصار هو تعريف الانحراف الوراثي. ويحدث لجميع الكتل السكانية، فلا يوجد مفر من تقلبات الصدفة. لقد استخدمنا هذه الرسم الافتراضية في وقت سابق، فالانحراف الوراثي يؤثر على التكوين الوراثي للكائنات ولكن من خلال عملية عشوائية تماماً، أي على عكس الانتخاب الطبيعي. إذاً على الرغم من أن الانحراف الوراثي يعتبر آلية أساسية للتطور، إلا أنه لا يعمل على إجراء أية تكيفات.



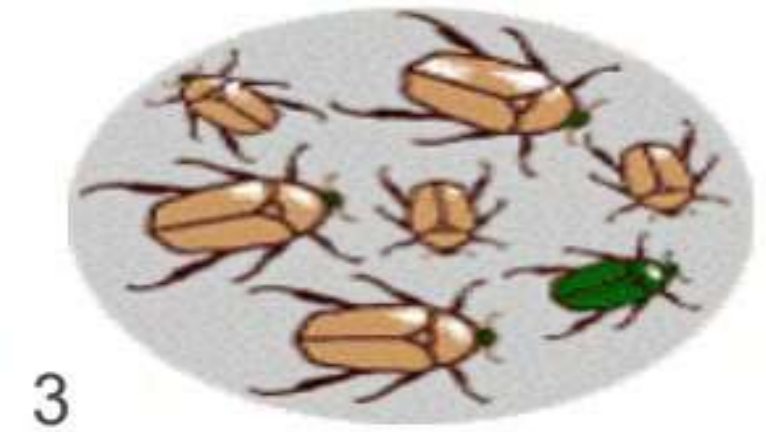
## الانتخاب الطبيعي

الانتخاب الطبيعي هو أحد الآليات الأساسية في التطور، بجانب الطفرات، الهجرة، والانحراف الوراثي. وبالرغم من بساطة فكرة داروين حول التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي إلا أنه غالباً ما يساء فهمها. ولمعرفة آلية هذه النظرية، تخيل هذه الكتل السكانية من الخنافس :



1. هنالك تنوع في الصفات: مثلاً: بعض هذه الخنافس خضراء وبعضها بني .

2. هناك تكاثر تفرقي: ليس لجميع الأفراد أن يتكاثروا لحدود إمكانياتهم القصوى، وذلك لأن البيئة لا تساعد على نمو أعداد غير محدودة من الكتل السكانية. ففي هذا المثال، تميل الخنافس الخضراء لأن تأكلها الطيور وبالتالي ستبقى وستتكاثر أقل من الخنافس البنية.



3

3. هناك توارث: للخنافس البنية الباقية صغارٌ ذوا لون بني لأن هذه السمة تعتمد على الوراثة  
4. النتيجة النهائية: سيكون اللون ذو الفائدة الأكبر، والذي يسمح للخنافس البنية بإنجاب عدد أكبر من الذرية، أكثر شيوعاً، وهو اللون البني. لذا إن استمرت هذه العملية، ستكون جميع الأفراد في الكتل السكانية للخنافس بنية اللون في نهاية المطاف.

الأمر بكل بساطة هو كالتالي: إذا كان لديك تنوع، تكاثر تفرقي، وتوارث، سيكون لديك تطور عن طريق الانتخاب الطبيعي كنتيجة.

### الانتخاب الجنسي:

الانتخاب الجنسي هو "حالة خاصة" من الانتخاب الطبيعي. ويعمل الانتخاب الجنسي على قدرة الكائن الحي في الحصول على شريك (غالباً بأي وسيلة ضرورية) أو التزاوج معه بنجاح. يجعل الانتخاب العديد من الكائنات الحية تبذل أقصى جهودها لممارسة الجنس: فالطاووس (أعلى اليسار) يحافظ على ذيول منمقة، فيل البحر (أعلى اليمين) يقاتل من أجل المناطق، ذبابة الفاكهة تؤدي الرقصات، وبعض الأنواع تقدم هدايا مقنعة. ففي كل حال، من هي تلك الأنثى لصرصار المورون (أسفل اليمين) القادرة على أن تقاوم هدية من صرّة من الحيوانات المنوية؟ ويقوم ذكر العنكبوت الأحمر الظهر (أسفل اليسار) ببذل جهد أكثر تطرفاً عبر إلقاء نفسه حرفياً بين فكي الموت من أجل أن يتزاوج بنجاح. غالباً ما يكون الانتخاب الجنسي قوياً بما فيه الكفاية لإنتاج ميزات تكون ضارة لبقاء الفرد. فعلى سبيل المثال: من المحتمل أن يجذب ريش الذيل والزعانف الغريبة والملونة الحيوانات المفترسة في نفس الوقت التي تجذب فيه الأعضاء المهتمين من الجنس الآخر. يتضح سبب القوة الكبيرة للانتخاب الجنسي عندما تأخذ بعين الاعتبار ما يحدث لموروثات فرد يعيش لعمرٍ مديد ولكنه لم يتزاوج مطلقاً: فعدم وجود نسل يعني عدم وجود موروثات في الجيل التالي، ما يعني أن كل هذه الموروثات للعيش لعمرٍ مديد لم تمرر إلى أي أحد! إن لياقة ذلك الفرد هي صفر.

### الانتخاب هو طريق ذو اتجاهين :

يعمل الانتخاب الجنسي عادةً في اتجاهين، على الرغم من أننا نرى في بعض الحالات انعكاساً لدور الجنس:

- **منافسة الذكر:** يتنافس الذكور على الوصول إلى الإناث، على مقدار الوقت الممضي في التزاوج مع الإناث وحتى على هوية من ستقوم حيواناته المنوية بتخصيب بويضاتها. فعلى سبيل المثال، يقوم ذكر الرعاش الصغير بغسل الحيوانات المنوية المنافسة من الجهاز التناسلي للأنثى عند التزاوج.
- **اختيار الأنثى:** تختار الإناث أي الذكور لتتزاوج معه، مدة التزاوج، وحتى أية حيوانات منوية ستخصب بويضاتها. وتستطيع بعض الإناث أن تخرج الحيوانات المنوية من شريك غير مرغوب به.

### الانتخاب الاصطناعي

كان المزارعون والمربون يستخدمون فكرة الانتخاب لإحداث تغيرات جهرية في ميزات نباتاتهم وحيواناتهم على مدى عقود قبل داروين ووالاس بفترة طويلة. حيث سمح المزارعون والمربون بتكاثر النباتات والحيوانات ذات الصفات المرغوبة فقط، محدثين بذلك تطوراً في سوق المزرعة. تدعى هذه العملية بالانتخاب الاصطناعي، حيث يقوم الناس (بدلاً من الطبيعة) باختيار الكائنات الحية التي تتكاثر. كما هو موضح أدناه، قام المزارعون بزراعة الكثير من المحاصيل المشهورة من الخردل البري، عن طريق انتخابه اصطناعياً خواص معينة:

تم زرع هذه الخضروات الشائعة من أشكال الخردل البري. إذ يعد هذا تطوراً عبر الانتخاب الاصطناعي.



### مفاهيم خاطئة حول الانتخاب الطبيعي

نظراً لقدرة الانتخاب الطبيعي على إنتاج تكيفات مذهلة في الطبيعة، فإنه من المغري اعتباره على أنه قوة قادرة على كل شيء، تحت الكائنات الحية وتدفعهم للأمام في طريق التقدم باستمرار. ولكن الانتخاب الطبيعي ليس بهذا الشكل أبداً في الحقيقة.

أولاً: إن الانتخاب الطبيعي ليس قادراً على كل شيء كما ذكرنا، وبالتالي لا يمكنه إنتاج كائنات مثالية. فإن كانت موروثاتك "جيدة بما فيه الكفاية"، ستحصل على نسل في الجيل القادم، وليس من الواجب عليك أن تحمل موروثات مثالية. ويكون هذا الأمر أكثر وضوحاً عند النظر إلى الكتل السكانية من حولنا: فيمكن للأشخاص أن يحملوا موروثات لأمراض وراثية مختلفة، ربما لا تحمل النباتات الموروثات التي تمكنها من البقاء في فترات الجفاف، وربما لا يكون الكائن المفترس سريعاً بما فيه الكفاية للإمساك بفريسته في كل مرة يجوع فيها. فلا توجد أي كتلة سكانية أو كائن متكيف مثالياً.

ثانياً: من الأدق أن ننظر للانتخاب الطبيعي على أنه عملية وليس "يداً مرشدة". فالانتخاب الطبيعي هو النتيجة البسيطة للتنوع، التكاثر التفرقي، والوراثة، وهي بذلك عملية ميكانيكية وغير واعية تماماً. فليس لها أهداف معينة ولا تسعى للحصول على تحسين أو نظام بيئي متوازن.

التنوع + التكاثر التفرقي + الوراثة = الانتخاب الطبيعي

لذا فإن استخدام مصطلحات مثل: "يحتاج، يحاول، ويرغب" لوصف الانتخاب الطبيعي يعتبر أمراً غير دقيق. إن الكتل السكانية أو الأفراد لا "ترغب أو تحاول" أن تتطور، والانتخاب الطبيعي لا يمكنه أن "يحاول" أن يزود الكائنات بما "تحتاج". بل يختار الانتخاب الطبيعي أي تنوع موجود في الكتل السكانية، والنتيجة هي التطور.

في الكفة الأخرى من الميزان، يُفسر الانتخاب الطبيعي عادةً على أنه عملية عشوائية، وهذا أيضاً سوء فهم. فالتنوعات الوراثية التي تحدث في كتلة سكانية ما تكون بسبب الطفرات الوراثية العشوائية، بينما فعل الانتخاب نفسه يعمل على تلك التنوعات بطريقة ليست عشوائية تماماً: فالتنوعات الوراثية التي تساعد في البقاء والتكاثر تمتلك فرصة أكثر لتكون شائعة من التنوعات التي لا تقوم بذلك. ولهذا لا يكون الانتخاب الطبيعي عشوائياً.

#### التطور المشترك

يُستخدم مصطلح التطور المشترك لوصف الحالات التي يقوم فيها نوعين (أو أكثر) بالتأثير على تطور بعضهما بشكل متبادل. فعلى سبيل المثال، ربما يؤثر تغيير تطوري في تشكّل النبات على تشكّل النباتي الذي يأكل ذلك النبات، والذي بدوره قد يؤثر على تطور النبات، والذي ربما يؤثر تطور النباتي... وهلمّ جرّاً. من المرجح أن يحدث التطور المشترك عندما يكون للأنواع المختلفة تفاعلات قريبة في النظم البيئية مع بعضها البعض. وتشمل هذه العلاقات البيئية:

1. المفترس/الفريسة والطفيلي/الحاضن.
2. الأنواع التنافسية.
3. أنواع التكافل الحيوي.

تمثل النباتات والحشرات حالة تقليدية من التطور المشترك، والذي يكون عادةً متكافلاً حيوياً ولكن ليس دائماً. فكثير من النباتات وملقحاتها تعتمد بشدة على بعضها البعض، كما أن علاقاتها حصرية جداً لدرجة أن علماء الأحياء لديهم سبب جيد للاعتقاد بأن "التطابق" بين الاثنين هو نتيجة لعملية تطور مشتركة.

لكننا نستطيع أن نرى "تطابقات" مهمة بين النباتات والحشرات حتى في غياب التلقيح. فبعض أنواع الأكاسيا في أمريكا الوسطى تملك أشواكاً جوفاء ومسامات في قاعدة أوراقها والتي تفرز الرحيق (انظر الصورة بالأسفل). وتعد هذه الأشواك الجوفاء موقعاً حصرياً لعش بعض أنواع النمل الذي يشرب الرحيق. إلا أن النمل لا يستفيد فقط من النبات، بل يقومون أيضاً بالدفاع عن نبات الأكاسيا الخاصة بهم ضد النباتيين. إن هذا النظام ناتج عن التطور المشترك على الأرجح: فلن تطوّر النباتات أشواكاً جوفاء أو مسامات الرحيق ما لم يتأثر تطورها بالنمل، كما أن النمل لن يطوّر سلوكيات للدفاع ضد آكلة النبات ما لم يتأثر تطوره بالنباتات.



## Ecological Diversity and Ecosystems

## المحاضرة الرابعة: التنوع البيئي والأنظمة البيئية

تنوع النظام البيئي يقصد به عدد الأنواع المختلفة والوفرة النسبية لكل نوع في المجتمع الحيوي. ويعد عدد الأنواع والوفرة النسبية لكل نوع في مجتمع ما من المؤشرات الرئيسية لتنوع النظام البيئي. عندما يتم أخذ هذه العوامل في الاعتبار يمكن أن تساعدنا في فهم صحة النظام البيئي. على سبيل المثال، إذا لم يكن هناك أنواع سائدة واضحة في المجتمع فمن المحتمل أنه لن يكون هناك العديد من مصادر الغذاء المتاحة للكائنات الحية التي تعيش في تلك المنطقة. وهذا يعني بدوره أن أنواعاً معينة من الكائنات الحية ستكافح من أجل البقاء هناك.

وكما زاد عدد الأنواع في النظام البيئي زاد تنوعه. والتنوع البيولوجي مهم لأن النظام البيئي المتنوع يكون أكثر قدرة على الاستجابة والتعافي من الاضطرابات. على سبيل المثال إذا دمرت مساحة من الغابة بسبب حريق أو قطع الأشجار فمن الأسهل على الغابات المتنوعة أن تعود بسرعة أكبر مما هي عليه في حالة الزراعة الأحادية لنوع واحد فقط من الأشجار. ويمكن كذلك استبدال الأنواع النباتية أو الحيوانية التي تختفي من المجتمع ببعض الأنواع الأخرى ذات الصلة ذات السمات المماثلة. وفي الواقع، يقيس علماء الأحياء أحياناً التنوع البيولوجي من خلال النظر في تنوع الأنواع. وقد تحتوي منطقة معينة على أنواع مختلفة من الطيور أو النباتات. وكلما كان النظام البيئي أكثر تنوعاً كانت فرصه في البقاء أفضل مع حدوث التغييرات في تلك البيئة. يمكن أن يعني التنوع أيضاً مجموعة متنوعة من النظم البيئية في منطقة معينة؛ تعد الجبال والمحيطات مثلاً نوعين من أنواع النظم البيئية.

وتتكون النظم البيئية من مجموعات من النباتات والحيوانات والحشرات والكائنات الحية الأخرى التي تعيش معاً في مكان ما. غالباً ما تشتمل المنطقة على سمات مادية مثل مصادر المياه والتربة والأحداث الطبيعية مثل أنماط الطقس. كل نظام بيئي له مجموعة العوامل التي تؤثر عليه. وتشمل هذه العوامل توافر الغذاء والماء وضوء الشمس.

### أهمية تنوع الكائنات الحية في النظام البيئي

تنوع الكائنات الحية في النظام البيئي مفتاح بقائها كلما زادت تنوع النظم البيئية، زادت احتمالية بقائها على قيد الحياة. وذلك لأن تنوع الأنواع يوفر مصادر غذائية مختلفة وموائل لبعضها البعض. كما يسمح التنوع للنظم البيئية بالتكيف بشكل أفضل مع التغييرات في المناخ والطقس والعناصر الأخرى. على سبيل المثال، سيكون النظام البيئي الذي يتضمن أنواعاً عديدة من النباتات قادراً على النجاة من الجفاف بشكل أفضل من نظام يحتوي على نوع واحد فقط من النباتات. وقد كانت هناك دائماً أنظمة بيئية متنوعة للغاية على الأرض.



## الأنظمة البيئية: (Ecosystems)

تُعرف الأنظمة البيئية بأنها الوحدة الأساسية في الطبيعة، وهي تتكوّن من تفاعل متوازن بين الكائنات الحية (كالنباتات، والحيوانات، والإنسان، والكائنات الدقيقة) والعوامل غير الحية (مثل الهواء، والماء، والتربة، ودرجة الحرارة). ويؤدي هذا التفاعل إلى خلق بيئة مستقرة نسبياً تُمكن الكائنات من العيش والتكاثر وتحقيق التوازن البيولوجي.

تتنوع الأنظمة البيئية بشكل كبير تبعاً لاختلاف الظروف المناخية والجغرافية، فمنها أنظمة برية مثل الغابات الاستوائية، والصحارى، والجبال، ومنها أنظمة مائية مثل المحيطات، والأنهار، والمستنقعات. وتلعب كل هذه الأنظمة دوراً أساسياً في الحفاظ على استمرارية الحياة على كوكب الأرض من خلال تقديم خدمات بيئية مهمة، مثل إنتاج الأكسجين، وتدوير المواد الغذائية، وتنقية المياه، وتوفير مواطن للكائنات الحية.

كما أن الأنظمة البيئية تُعد مصدراً رئيسياً للموارد الطبيعية التي يعتمد عليها الإنسان، مثل الغذاء، والدواء، والماء، والمواد الخام. ومع ذلك، فإن العديد من هذه الأنظمة تتعرض حالياً لضغوط شديدة نتيجة الأنشطة البشرية مثل التلوث، وإزالة الغابات، والتوسع العمراني، مما يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي وتهديد التنوع البيولوجي.

إن مختلف الأنظمة البيئية على سطح الأرض تكون مترابطة مع بعضها البعض لذا فعند جمع مختلف الأنظمة البيئية على سطح الأرض سوف نحصل على وحدة حياة كبيرة أو نظام بيئي على مستوى كوكب الأرض (Planetary ecosystem) أو (Ecosphere). من هذا يتضح أن مختلف الأنظمة البيئية وتدرجاتها تكون مترابطة فيما بينها بنسجة حياتية معقدة، ومجموع هذه الارتباطات تساعد في حفظ التوازن الكلي للنظام البيئي. لذا فإن أي خلل أو تخريب أو توجيه ضغوط على نظام بيئي معين في مكان ما من الممكن أن يمتلك تأثيرات معقدة غير متوقعة وبعض الأحيان غير مرغوبة في مكان آخر.

من هنا تبرز أهمية دراسة الأنظمة البيئية وفهمها بشكل جيد من أجل وضع حلول علمية وإستراتيجيات فعّالة للحفاظ عليها، وضمان استدامتها لصالح الأجيال الحالية والمستقبلية.

## أنواع النظم البيئية في العالم Type of ecosystems of the world

### أولاً : النظم البيئية اليابسة Terrestrial Ecosystems

#### 1- التندرا Tundra

وتعني المنطقة البيئية خالية الأشجار وتقع في أقصى شمال الكرة الأرضية في المنطقة القطبية وتمتاز بشتاء قارص وجاف لا يسمح بنمو الأشجار ويكون الثلج مغطياً المنطقة لذا تعرف بالصحراء المتجمدة وتتميز التندرا القطبية بأنها معدومة الحياة نسبياً خلال الشتاء الطويل المظلم



البارد الذي تكون فيه النباتات غير فعالة ، وتبقى الحيوانات على قيد الحياة إما بالاختفاء بالحفر تحت الثلج أو الجليد أو بالهجرة إلى مناطق ذات مناخ أكثر ملائمة ، فصل الصيف قصير ( ابتداء من نهاية أيار إلى نهاية تموز ) تصبح التندرا ذات إنتاجية عالية للحياة الحيوانية والنباتية معا حيث الساعات الطويلة للضوء ودرجات الحرارة الدافئة .

## 2- الغابات Forests

يغطي إقليم الغابات حوالي ثلث اليابسة على الكرة الأرضية وتعتمد هذه الغابات في نوعيتها وتوزيعها على المناخ والتربة

### **أ - الغابات الصنوبرية الشمالية Northern coniferous forests**

هذه الغابات هي أكثر الغابات بعدا نحو الشمال وهي منطقة حيوية لنباتات دائمة الخضرة تجاور منطقة التندرا وتحتل أجزاء من ألاسكا وكندا واسكندنافيا وسيبيريا [ بين خطي عرض 50 – 60 شمالا ] ونظرا للإنتاجية العالية للغابة فإنها تمتاز بتنوع للحيوانات لكنها لا تزال تتميز بتغير موسمي كبير وتذبذبات جماعية واسعة وخصوصا في الثدييات.

### **ب - الغابات المتساقطة الأوراق Deciduous forests**

توجد هذه الغابات في كل من نصفي الكرة الأرضية وتقع منطقة الغابات المتساقطة الأوراق في خطوط العرض الوسطي من منطقة المناخ المعتدل ن وبشكل كبير في الولايات المتحدة واسيا الشرقية وأوربا الوسطي ويعزي تنوع النباتات والحيوانات إلى المناخ الرطب المعتدل

### **ج - الغابات الاستوائية المطيرة Tropical rain forests**

تظهر هذه الغابات في أواسط أمريكا الجنوبية وإفريقيا وشرق الانديز وأجزاء من جنوب آسيا ويتوافر في هذا الإقليم طوال السنة ظروف مناخية مناسبة لنمو هذه الغابات كدرجات الحرارة والرطوبة العالية ، لذا نجد إنتاجية هذا النظام البيئي عالية جدا مقارنة مع النظم البيئية الأخرى أما تنوع الحيوانات والنباتات فهو عال جدا بسبب قدم هذه المجتمعات الحيوية الذي لم يطرأ تغير في مناخها وأيضا بسبب تنوع مصادر الغذاء والتنوع الشديد في المساكن

### **د- الغابات المتوسطة Mediterranean forests**

يسود هذا الإقليم منطقة حوض البحر المتوسط وجنوب كاليفورنيا ووسط تشيلي وجنوب استراليا ويتميز هذا الإقليم بالجفاف معظم فصول السنة وخاصة فصل الصيف وهطول معدلات



متوسطة من المطر خلال الشتاء تتألف أشجارها من الأوراق الدائمة مثل الصنوبر الحلبي والصنوبر الشمري ولأرز اللبناني والسرو والبلوط

### 3- الحشائش Grasslands

#### **أ - حشائش الأقاليم المعتدلة Temperate Grasslands**

يبلغ معدل سقوط الأمطار في هذا الإقليم 250 – 750 ملم في كل عام وهذه الكمية هي أعلى مما يوجد في الصحاري لكنها لا تكفي للغابات ويشمل هذا الإقليم البراري في أمريكا الشمالية والسهول العظمى والسهول الآسيوية والإفريقية البامبا في أمريكا الجنوبية وتتميز هذه المناطق بأنها غنية بالحيوانات العاشبة كبيرة الحجم مثل الغزال والحصان البري والظبي وحيوانات أكلة اللحوم

#### **ب - حشائش الأقاليم الاستوائية السافانا Savannah**

تعتبر بيئة السافانا بيئة انتقالية بين الغابات المدارية وأراضي الحشائش معدل هطول الأمطار متأرجح وقد يصل أحيانا إلى 1250 ملم ويمر على السافانا صيف جاف طويل يمنع تكون الغابات حيث تتكرر الحرائق خلال الصيف وتوجد السافانا بشكل واضح في شرقي إفريقيا وأستراليا وأمريكا الجنوبية ويعتبر هذا النظام من أهم مناطق الرعي في العالم حيث تمثل الحشائش النمط النباتي السائد وأهم الحيوانات الظبي والغزال والحمار الوحشي والزرافة والفيلة والأسود والفهود

### 4- الصحراء Deserts

الصحراء عبارة عن أنظمة حياتية جافة يكون فيها معدل سقوط الأمطار اقل من 250 ملم سنويا وتمتاز بمعدل تبخر عالي يفوق التهاطل ودرجات حرارة مرتفعة. وتتميز الصحاري بتباين حراري كبير سواء يوميا أو فصليا إذ ترتفع درجات الحرارة نهارا وصيفا ارتفاعا كبيرا وتنخفض في الليل وتوجد صحاري حارة مثل صحاري المنطقة الاستوائية [ الصحراء الكبرى والصحراء العربية ] وصحاري باردة مثل [ الحوض العظيم في الولايات المتحدة وصحراء غوبي في آسيا ] ويقتصر وجود الحيوانات على المناطق التي توجد بها حياة نباتية وتسود الأنواع الحفارة من القوارض والزواحف والحشرات والعناكب وتتقي هذه الحيوانات الحرارة المتطرفة والجفاف بالعيش تحت سطح الأرض خلال النهار والتجول في مجال التوطن Home range خلال الليل كما تمتلك بعضها تكيفا استثنائية للحفاظ على الماء ويمكن وجود حيوانات أخرى مثل الغزلان



## ثانيا: النظم البيئية المائية Aquatic Ecosystems

### 1. المحيطات Oceans

تعد من أقدم وأضخم انظم البيئية على الأرض وتشمل هذه المحيطات على تشكيلة هائلة من الكائنات الحية التي تتأثر من ناحية الوفرة والتوزيع بالعوامل المختلفة ( الضوء - المواد الغذائية الحرارة - حركة المد والجزر التيارات المائية)

ويمكن تمييز ثلاثة مناطق حيوية

أ - منطقة ما بين المد والجزر Intertidal Zone

تمتد بين أعلى نقطة يصل إليها الماء وقت المد وأدنى نقطة يصل إليها الماء وقت الجزر وتكون هذه المنطقة غنية بالأكسجين O<sub>2</sub> والمواد العضوية وتكثر فيها الحيوانات الحفارة التي تعيش في الأنفاق وتكون الإنتاجية البحرية هنا أعلى قيمة لها .

ب - منطقة الجرف القاري enrich Zone

وهي المنطقة المحصورة بين خط الجزر والجرف القاري وأقصى عمق تصل إليه هو 180 م فقط تعيش فيها معظم أنواع الأسماك والإنتاجية هنا تكون عالية نسبيا

ج - المنطقة المحيطية Oceanic Zone

تتضمن هذه المنطقة ما وراء الجرف القاري من مياه عميقة إلا أنها تكاد تكون عديمة الإنتاجية أذلا تتوفر فيها المواد اللازمة لعملية التمثيل الضوئي.

### 2- بيئة المياه العذبة

وتقسم بشكل عام إلى \*مياه جارية مثل الأنهار و الجداول و \* مياه راكدة مثل البرك والبحيرات.

### أ - الجداول والأنهار Streams and Rivers

وهي عبارة عن أنظمة نقل جارية تربط اليابسة بالبحار وتحمل هذه الأنهار مواد عضوية وتوفر مجموعة معقدة من المواطن البيئية لمعظم الكائنات الحية لتوفر المادة الغذائية الأساسية .



### تختلف المياه الجارية عن المياه الراكدة في البحيرات و البرك بالاتي:-

1. حركة الماء مستمرة باتجاه واحد .
2. اختلاف في سرعة جريان الماء.
3. تباين كبير في مستوى الماء .
4. قلة العمق مقارنة بالبحيرات .
5. تغير العوامل البيئية على طول مسار الماء .
6. يزداد طول وعرض و عمق المياه الجارية بمرور الزمن .
7. تتوقف إنتاجية المياه الجارية على نوعيه وكمية المغذيات الموجودة .
8. المياه الجارية أنظمة بيئية مفتوحة بينما الراكدة مسطحات مغلقة .
9. تستعمل المغذيات بصورة مؤقتة في المياه الجارية بينما تستعمل لعدة مرات في المياه الراكدة .
10. هنالك تماثل في تركيز الأوكسجين بين طبقات الماء في المياه الجارية بصورة أكثر من المياه الراكدة .
11. المياه الجارية غنية بالأوكسجين مقارنة بالمياه الراكدة بسبب حركة الماء وكبر المساحة المعرضة للهواء .

### ب - البحيرات والبرك Lakes and Ponds

تعتبر البحيرات مناطق محصورة لها حدود أرضية واضحة ويكون لها دفق داخل ودفق خارج لذلك فان المياه لا تكون ساكنة لا كنها تفتقر للجريان الطولي المستمر وتتأثر الأحياء الموجودة في البحيرات بعمق الحوض وطبيعة تضاريسها الأرضية وكذلك نوعية المياه ودرجة الحرارة والضوء

### الفرق بين البرك و البحيرات

البرك	البحيرات
1- مساحتها صغيرة	1- مساحتها اكبر من البرك.
2- سعتها قليلة	2- أكثر سعة من البرك.
3- المنطقة الشاطئية اكبر من المنطقة الشاطئي	3- المنطقة البعيدة عن الشاطئي اكبر من البعيدة عن الشاطئية.
4- المنطقة الشاطئية أكثر إنتاجية .	4- المنطقة البعيدة عن الشاطئي هي الأكثر إنتاجية
لا يوجد في البرك تنضيد حراري بسبب حركة الماء	5- هنالك تنضيد حراري في بعض فصول السنة

تقسم البحيرات اعتمادا على كمية المواد الغذائية الموجودة فيها الى اربعة أنواع هي :-

### أ - البحيرات الثرية

وتمتاز بكونها 1- تحوي نسبة عالية من المواد العضوية



2- تفتقر إلى الأوكسجين الكافي وينعدم أحيانا في الطبقات السفلى .

3- تحتوي كائنات حية مختلفة وبكثافة عالية .

4- أقل عمقا من البحيرات الفقيرة .

#### ب- البحيرات الفقيرة

وتتميز بكونها 1- تحوي كميات قليلة من المواد العضوية .

2- تتميز باحتوائها على الأوكسجين بكميات كافية .

3- تفتقر لوجود الكائنات الحية الكافية نسبة لحجمها .

4- بحيرات عميقة والمنطقة الشاطئية صغيرة .

#### ج- البحيرات المتوسطة الثراء

وتتميز بكون صفاتها وسط بين البحيرات الفقيرة والبحيرات الثرية .

#### د- البحيرات الناقصة التغذية

وتتميز بكونها 1- تحوي مواد عضوية عالقة و مترسبة في قاعها .

2- ليست عميقة .

3- تحوي نسبة عالية من المواد الدبالية لذلك تكون مياهها ذات لون بني

وتميل إلى أن تكون حامضية .

#### ج - المصببات Estuaries

تعد المصببات أنظمة مائية يختلط فيها الماء العذب القادم من اليابسة مع ماء البحر ويحدث له تخفيف في نسبة الملوحة لذا فهي انتقالية بين المياه العذبة والمياه المالحة مما يجعلها بيئة ذات ميزات خاصة وتكون الكائنات الحية التي تعيش هنا قادرة على تحمل التغيرات التي تطرأ على درجة الحرارة ودرجة ملوحتها ومعدل تركيز الرواسب العالقة فيها

# قياس التنوع الحيوي

اعتمد قياس التنوع الحيوي لوقتٍ طويلٍ على مؤشرات بسيطة كعدد الأنواع في وسط معطى أو نسبة الأنواع...

إن تعقد مفهوم التنوع الحيوي و الرهانات الجديدة التي يفرضها و اختفائه أدت لظهور محدودية مع ذلك فهناك الكثير من الثغرات في المعلومات المتعلقة بالتنوع الحيوي والتي تجعل قياسه صعباً و لعل أهمها :

- العدد الكبير جداً من الأنواع على الكوكب
- نقص الوسائل المادية و التقنية و الإمكانيات البشرية خصوصاً في دول الجنوب الفقيرة والتي هي غالباً غنية بالتنوع الحيوي بينما الامكانيات العلمية الكبيرة توجد في دول الشمال الغنية والتي فقدت جزءاً كبيراً من تنوعها الحيوي.
- صعوبة تتبع الأنواع لا سيما المنحركة كثيراً أو الأنواع التي تعيش في التربة أو الأنواع الموجودة في جزر بعيدة ومعزولة و كذلك الفيروسات و البكتيريا.
- عدم وجود أدوات بسيطة تلائم تقييم التنوع الحيوي على مستوى الجينات.
- صعوبة اختيار مؤشرات تشمل كل أوجه التنوع الحيوي معاً.

## تعريف المؤشر :

هو ملخص معلومات معقدة توفر الإمكانية لمختلف الأطراف المعنية (علماء، إداريين، مواطنين..) بأن تتحاور مع بعضها. لا ننسى بأن المؤشر هو نموذج للحقيقة و ليس الحقيقة ذاتها ، لذلك لا بد من أن ترافقه معلومات نوعية و تعليقات و توضيحات.

## دور المؤشر :

- 1.تسهيل الاتصال بين الأطراف المعنية فاللغة مشتركة في هذه الحالة .
- 2.تقييم سياسات حماية التنوع الحيوي.
- 3.بتقديمه معلومات كمية فإن المؤشر يسمح بتحديد عدد و نوعية المعدات الواجب وضعها في وسط ما تعرض للاضطراب بفعل نشاطات الإنسان.
- 4.تقييم لدرجة تكيف أنواع أو أنظمة بيئية مع التغيرات المناخية.
- 5.تعليم و تثقيف المواطنين.

## خصائص المؤشر :

- 1- قوي ودقيق.
- 2- قابل للفهم و الاستعمال من قبل كل الأطراف
- 3- تكلفته بسيطة.
- 4- يوضح الروابط المختلفة بين المكونات المختلفة للنظام البيئي.

## نموذج (موديل) الضغط/ الحالة / الاستجابة :

يخدم كأساس تؤخذ منه مؤشرات التنوع.ويرتكز على مفهوم البيئة:يمارس الإنسان ضغوطات على النظم البيئية و يعدل في كميتها و نوعيتها فتستجيب المجتمعات لهذه التعديلات بإجراءات حماية و وقاية..

## مؤشرات الضغط :

هناك ضغوط مباشرة كالتلوث أو تدمير الموطن.. وضغوط غير مباشرة كنشاطات الإنسان المسببة للتخريب.  
أمثلة عن مؤشرات الضغط (على مستوى النظم البيئية) :

- التدمير ، تجزئة الموطن :
  - o اتصال النظم البيئية (الكوريدورات).
  - o مساحة الغابات.
- الغزو البيولوجي :
  - عدد الأنواع الغازية المساحة التي غطتها
- التلوث :
  - o كمية الأزوت المحمول أو الفوسفور.
- الاستثمار

## مؤشرات الحالة :

- الغنى النوعي .
- مساحة الانتشار .
- احتمال الانقراض...الخ

## مؤشرات الاستجابة :

توضح التقدم في الإجراءات المتخذة في ترميم و حماية و إدارة التنوع الحيوي. أمثلة:  
- المناطق المحمية :

- o عدد المواقع
- o مساحة المواقع
- فعالية إدارة المناطق المحمية

## الأطراف المعنية بمؤشرات التنوع الحيوي :

على المستوى العالمي فإن المركز العالمي لرصد حفظ الطبيعة هو المسؤول عن تجميع و ترتيب المعطيات التي تجمعها المؤسسات الكبرى كمتاحف التاريخ الطبيعي والمنظمات غير الحكومية والاتحاد العالمي للطبيعة وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة ... كذلك شبكة من المؤسسات و الجمعيات ...و كذلك فإن للمواطنين المهتمين بالطبيعة دور في جمع المعطيات فتجربة عد الفراشات في منطقة بروتاني في فرنسا و التي أطلقها متحف التاريخ الطبيعي هي خير مثال. إن برنامج "مراقبة فراشات الحدائق" هو أول تجربة مراقبة شعبية للتنوع الحيوي وهي أداة لاتحاد إجراءات حماية للفراشات و التنوع الحيوي مستقبلاً.

أهم مؤشرات التنوع الحيوي (على مستوى الأنواع) :

### 1. الغنى النوعي:

هو عدد الأنواع الموجودة في موقع معين يعبر عنه بالغنى النوعي الكلي وهو عدد الأنواع النباتية والحيوانية الموجودة في المكان المعني، وكذلك هنالك الغنى النوعي الوسطي وهو العد الوسطي للأنواع الموجودة في العينات المأخوذة. يتعلق الغنى النوعي بنوعية المنطقة وبمساحتها وبوضعها الجغرافي.

### 2. مؤشر الوفرة:

ينتج هذا المؤشر من جرد عدة أنواع ووفرتها في الوسط. إذا كان الوسط صغيرا فيمكن جرد كل الكائنات الحيوية الموجودة فيه ونحصل في مثل هذه الحالة على الوفرة المطلقة. لكن ذلك لا يحدث عادة وغالبا ما نأخذ عينات على مساحة صغيرة ممثلة للموقع لنحصل على الوفرة النسبية. نكرر هذه العملية ونتوسع بها مما يسمح بمعرفة تنوع الأنواع في وسط معين، الاختلاف في النوع الحيوي بين النظم البيئية التي تكون في الوسط، التنوع على مستوى منطقة جغرافية واسعة.

$$P_i = n_j / N$$

$n_j$  هو عدد افراد النوع  $j$ .

$N$  هو العدد الكلي للأفراد.

### 3. معامل التجانس (التعادل) Evenness :

يستخدم لمعرفة مدى التشابه و التجانس في توزيع الأنواع في العينات.

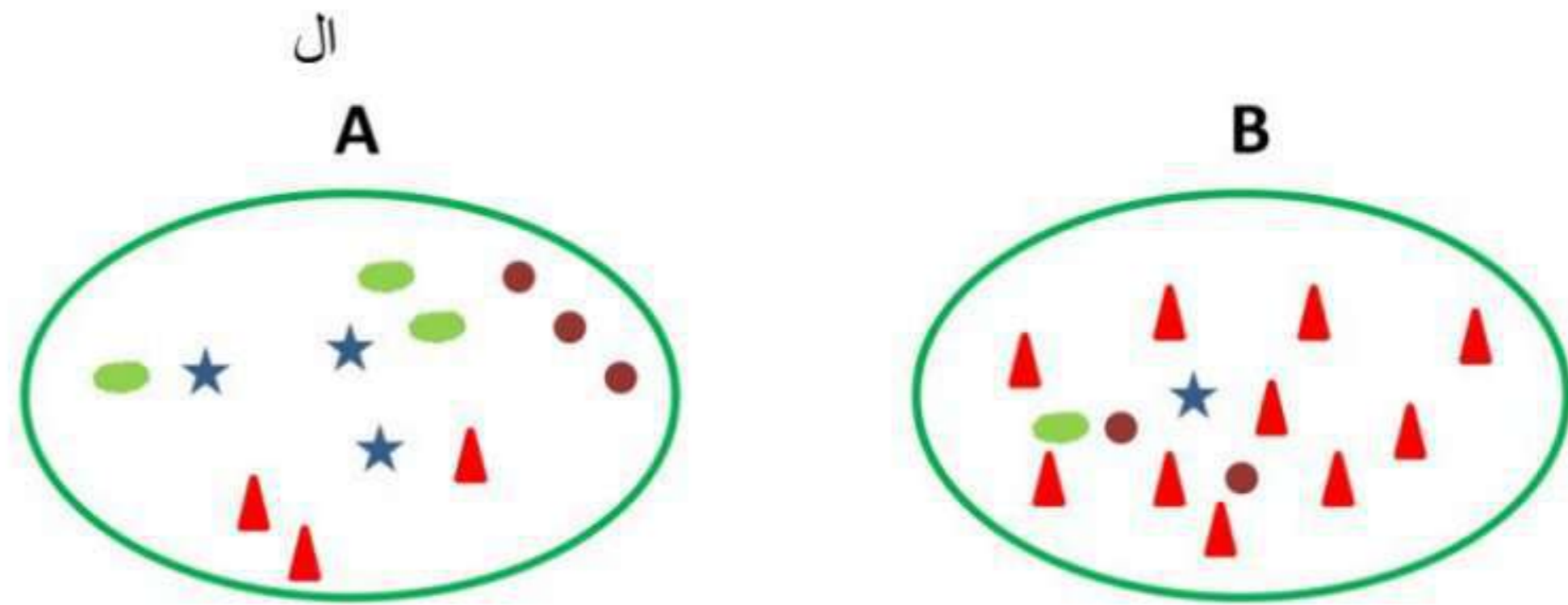
$$E = H / \ln S$$

$H$  معامل شانون ،  $S$  العدد الكلي للأنواع.

$$H = - \sum P_i \cdot \log P_i$$

تتراوح قيمة التجانس بين قيمة 0 - 1 كلما اقترب المعامل الى 1 يدل على الأنواع موزعة بشكل متوازن ولا سيطرة لنوع على نوع آخر.

التنوع الافضل يتحقق عندما يكون لدينا غنى نوعي مرتفع. فإذا كان لدينا نظامين بيئيين (A - B) لهما نفس الغنى النوعي (4 أنواع) و أردنا مقارنة التنوع البيئي بينهما :



نلاحظ أن التجانس (التعادل) ضعيف في النظام البيئي B حيث يسود النوع المثلثي الشكل على الأنواع الأخرى بينما يكون التجانس أفضل في A، إن النظام البيئي A أكثر تعقيداً و ثباتاً و تنوعاً.

#### 4- قيمة الانقراض :

لكل نوع فترة حياة محدودة (5-10 مليون سنة). انطلاقاً من أعداد النوع و فرصته في الحياة يمكن حساب قيمة الانقراض أو احتمال الانقراض العام أي عدد الأنواع التي ستختفي بعد فترة محددة. كلما كان عدد أفراد النوع أقل كلما كانت قدرة النوع على التكيف مع تغير الظروف البيئية أقل و هذا يعني احتمال أعلى لانقراض النوع.

إن معدل الانقراض العام للأنواع هو مؤشر للتنوع الحيوي، و مع أنه مؤشر غير كامل و لا يمكن من خلاله تتبع حالة التنوع الحيوي أو إدارته لكنه مؤشر لدق ناقوس الخطر و التنبيه لاتخاذ الإجراءات الضرورية لحماية الأنواع.

#### 5- مؤشر القائمة الحمراء ILR

إن القائمة الحمراء التي وضعها الاتحاد العالمي لحماية الطبيعة هي قائمة أنواع في خطر. إنها تسمح باستنباط مؤشر القائمة الحمراء الذي يترجم تحسن أو تراجع وضع النوع مع الزمن. هذا المؤشر سهل الحساب فيكفي أن يظهر النوع في القائمة الحمراء مرتين في وقتين مختلفين، فتغير وضع النوع في القائمة يترجم تحسن وضعه أو تراجعه.

إذا أدخلنا عدد الأنواع في كل فئة و تغير وضعها فإن ILR سيظهر التغير العام لمجموعة حيوانية عبر الزمن. مثلاً ILR أظهر أن تنوع العصفير قد تراجع في كل مناطق العالم في العشرين سنة الأخيرة.

#### 6. مؤشرات "العصفير الشائعة"

التحدي : تجميع معلومات كمية عن التوزيع و التغيرات الرقمية في جماعات أنواع العصفير الأكثر شيوعاً. تشكلت شبكة من المراقبين المتطوعين في فرنسا عملت على الأمر و أعطت معطيات كثيرة و مهمة في السنوات الأخيرة. إن أهمية العصفير الشائعة تأتي من كونها :

- تحتل مجالات بيئية واسعة
- تتكون من أعداد كبيرة من الأفراد (بعكس الأنواع النادرة) مما يجعل دورها الوظيفي كبيراً في النظم البيئية وتغيراتها لذلك فإن المؤشرات المأخوذة من هذه الأنواع ستقدم أداة لتقييم آلية عمل الأنظمة البيئية.

- تقع هذه الجماعات في مستويات مهمة في السلسلة الغذائية و بالتالي فهي حساسة لأي اضطراب يطرأ على مكونات النظام البيئي

اضطراب يطرأ على مكونات النظام البيئي، صحة النظام في هذه البيئة يعكس للبيئة

النتائج :

- أظهرت الإحصاءات في فرنسا أنه بين عامي 1001 و 1191 تراجع 12 نوع من العصفير الشائعة من 91 نوع مدروس، وجماعات 9 أنواع قد ازدادت ، و 40 نوع بقي ثابتاً. و هناك أنواع تحتاج لمزيد من المراقبة و لذلك ستراقب.

- تم تصنيف الأنواع حسب توزيعها المكاني (غابات، أوساط زراعية، مدن...)، لوحظ أن الأنواع المتخصصة بأمكان معينة تعاني تراجعاً أكثر من الأنواع العامة.

- تراجعت الأنواع التي تتواجد في الأراضي الزراعية بنسبة 15%، تلتها الأنواع الغابوية بنسبة 19%.

## اتفاقية التنوع البيولوجي

هي معاهدة متعددة الأطراف. أهدافها : 1-

1. حفظ التنوع البيولوجي

2- الاستخدام المستدام لمكونات التنوع البيولوجي.

3- التقاسم العادل والمنصف للمنافع الناشئة عن استخدام الموارد الجينية.

فالهدف العام إذاً هو وضع استراتيجيات وطنية للحفظ والاستعمال المستدام للتنوع البيولوجي وغالباً ما ينظر إليها على أنها وثيقة رئيسية بشأن التنمية المستدامة. افتتح باب التوقيع على الاتفاقية في مؤتمر قمة الأرض في ريو دي جانيرو يوم 5 يونيو عام 1111 م ودخلت حيز التنفيذ يوم 11 ديسمبر 1010 في عام 1113 أثناء المؤتمر العاشر اعتمدت الأطراف في اتفاقية التنوع البيولوجي في أكتوبر في ناغويا باليابان. في 11 ديسمبر عام 1010 أعلنت الأمم المتحدة الفترة من 1010 إلى 1011 عقد الأمم المتحدة المعني بالتنوع البيولوجي. تغطي الاتفاقية جميع النظم الإيكولوجية والأنواع والموارد الوراثية. وترتبط جهود المحافظة التقليدية مع الهدف الاقتصادي من استخدام الموارد البيولوجية على نحو مستدام. يحدد مبادئ التقاسم العادل والمنصف للمنافع الناشئة عن استخدام الموارد الجينية ولا سيما تلك الموجهة للاستخدام التجاري. كما يغطي مجال التوسع السريع للتكنولوجيا الحيوية من خلال بروتوكول قرطاجنة للسلامة البيولوجية ومعالجة تطوير ونقل التكنولوجيا وتقاسم المنافع وقضايا السلامة الأحيائية. الأهم من ذلك أن الاتفاقية ملزمة قانونياً وتلتزم الدول التي تنضم إليها لتنفيذ أحكامها. الاتفاقية تذكر صناع القرار أن الموارد الطبيعية ليست لا نهائية وتحدد فلسفة الاستخدام المستدام. بينما تهدف جهود المحافظة الماضية إلى حماية الأنواع والموائل المعينة. إن الاتفاقية تعترف أن النظم الإيكولوجية والأنواع والجينات يجب أن تستخدم لصالح البشر، ومع ذلك ينبغي أن يتم ذلك بطريقة وبمعدل لا يؤدي إلى انخفاض على المدى الطويل للتنوع البيولوجي.

كما تقوم الاتفاقية بتوجيه صناع القرار على أساس مبدأ الحيطة أنه حيثما يكون هناك تهديد من انخفاض كبير أو فقدان التنوع البيولوجي وانعدام اليقين العلمي الكامل لا ينبغي أن تستخدم سبباً لتأجيل اتخاذ تدابير لتجنب أو تقليل مثل هذا التهديد. تقر الاتفاقية الحاجة إلى استثمارات كبيرة للحفاظ على التنوع البيولوجي والتي من شأنها أن تجلب لنا الحفاظ على الفوائد البيئية والاقتصادية والاجتماعية الهامة. خمسة وتسعين دولة والاتحاد الأوروبي هي أطراف في الاتفاقية. جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة مع استثناء الولايات المتحدة صادقت على المعاهدة. بالإضافة لدول غير أعضاء في الأمم المتحدة (جزر كوك ونيوي وفلسطين). وقعت الولايات المتحدة ولكن لم تصادق على المعاهدة كما لم تعلن عن خطط للتصديق عليها. استراتيجيات التنوع البيولوجي وخطط العمل الوطنية (الاستراتيجيات وخطط العمل) هي الأدوات الرئيسية لتنفيذ الاتفاقية على الصعيد الوطني (المادة 6). تلزم الاتفاقية البلدان على إعداد استراتيجيات وطنية للتنوع البيولوجي (أو أداة ما يعادلها) والتأكد من أن هذه الاستراتيجيات تعمل في تخطيط وأنشطة جميع تلك القطاعات التي يمكن أن يكون لها تأثير (إيجابي وسلب) على التنوع البيولوجي للأنشطة. وحتى 1 فبراير عام 1011 فإن 123 طرف وضعوا استراتيجيات وخطط العمل وفقاً للمادة 6. وعلى الأطراف تحضير التقارير الوطنية عن حالة تنفيذ الاتفاقية.

## المسائل التي تناولتها الاتفاقية :

- التدابير والحوافز على الحفظ والاستخدام المستدام للتنوع البيولوجي.
- تنظيم الحصول على الموارد الجينية والمعارف التقليدية بما في ذلك الموافقة المسبقة عن علم من الطرف الذي يقدم الموارد.
- تقاسم بطريقة عادلة ومنصفة نتائج البحث والتطوير والمنافع الناشئة عن الاستخدام التجاري وغيره للموارد الجينية مع الطرف المتعاقد الذي يوفر هذه الموارد (الحكومات و أو المجتمعات المحلية التي وفرت موارد المعرفة أو التنوع البيولوجي التقليدي المستخدمة
- الوصول إلى ونقل التكنولوجيا بما في ذلك التكنولوجيا الحيوية إلى الحكومات والمجتمعات المحلية التي وفرت موارد المعرفة و / أو التنوع البيولوجي التقليدي.
- التعاون التقني والعلمي.
- تيسيق دليل عالمي للخبرة التصنيفية (المبادرة العالمية للتصنيف).
- تقييم الأثر.
- التثقيف والتوعية العامة.
- توفير الموارد المالية.
- الإبلاغ الوطني عن الجهود المبذولة لتنفيذ التزامات المعاهدة.

## انبثق عن الاتفاقية عدة بروتوكولات و استراتيجيات : بروتوكول قرطاجة :

اعتمد بروتوكول قرطاجة للسلامة الأحيائية في عام 1000. يسعى بروتوكول السلامة الأحيائية لحماية التنوع البيولوجي من المخاطر المحتملة التي تشكلها الكائنات الحية المحورة الناشئة عن التكنولوجيا الحيوية الحديثة بروتوكول السلامة الأحيائية يجعل من الواضح أن المنتجات من التكنولوجيات الجديدة يجب أن تقوم على مبدأ الحيطة والسماح للدول النامية لتحقيق التوازن بين الصحة العامة والفوائد الاقتصادية. على سبيل المثال سوف يسمح للبلدان أن تفرض حظر على الواردات من كائن معدل وراثيا إذا شعروا أن هناك أدلة علمية على عدم أمان المنتج وينطلب المصدرين لتسمية شحنات تحتوي على السلع المعدلة وراثيا مثل الذرة أو القطن. دخل البروتوكول حيز التنفيذ في 11 سبتمبر عام 1003.

### الاستراتيجية العالمية لحفظ النبات

في أبريل عام 1001 اعتمدت الأطراف في اتفاقية التنوع البيولوجي التابع للأمم المتحدة توصيات إعلان غران كناريا للدعوة إلى الاستراتيجية العالمية لحفظ النبات واعتمدت خطة من 16 نقطة تهدف إلى إبطاء معدل انقراض النباتات في جميع أنحاء العالم بحلول عام 1010.  
بروتوكول ناغويا :

بروتوكول ناغويا بشأن الحصول على الموارد الجينية والتقسيم العادل والمنصف للمنافع الناشئة عن استخدامها الملحق باتفاقية التنوع البيولوجي هو الاتفاق التكميلي لاتفاقية التنوع البيولوجي. إنه يوفر إطارا قانونيا شافيا للتنفيذ الفعال وأحد الأهداف الثلاثة لاتفاقية التنوع البيولوجي:

التقسيم العادل والمنصف للمنافع الناشئة عن استخدام الموارد الجينية. اعتمد بروتوكول يوم 29 أكتوبر 1010 في ناغويا بمقاطعة أيشي باليابان ودخل حيز التنفيذ في 11 أكتوبر عام 1014. الهدف منه هو التقاسم العادل والمنصف للمنافع الناشئة عن استخدام الموارد الجينية وبالتالي تسهم في حفظ واستدامة استخدام التنوع البيولوجي.

### انتقادات للاتفاقية :

على الرغم من أن الاتفاقية تنص صراحة على أن جميع أشكال الحياة تغطيها أحكامها فإن دراسة التقارير الوطنية من الاستراتيجيات وخطط العمل المقدمة من الدول المشاركة في التنوع البيولوجي يظهر أنه في الواقع أن هذا لا يحدث. التقرير الخامس للاتحاد الأوروبي على سبيل المثال يشير بشكل متكرر للحيوانات (وخاصة الأسماك) والنباتات ولكن لا يذكر البكتيريا والفطريات على الإطلاق.

## معاهدة التجارة العالمية لأصناف الحيوان والنبات البري المهدد بالانقراض أو سايكس (CITES)

### (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora)

تُعرف أيضاً بـ«اتفاقية واشنطن»، حيث تم توقيعها في العاصمة واشنطن في 3 مارس عام 1123. بدأ العمل بها العام 1125، وهي تعتبر من أهم المعاهدات الدولية الخاصة بالحفاظ على الأنواع البرية من خطر الانقراض. لربطها بين الحياة البرية والتجارة بأحكام ملزمة لتحقيق الأهداف المتعلقة بالحفاظ على الأنواع والاستخدام المستدام لها كمورد طبيعية، وذلك من خلال وضع إجراءات تحد من الاتجار الدولي المفرط بتلك الأنواع. وتضع الاتفاقية نظاماً عالمية فعالة ومنكاملة للتجارة في الحياة البرية بهدف الحفاظ على الطبيعة والاستخدام المستدام للموارد..

## المحاضرة السادسة تنوع بايولوجي نظري.

### العوامل المؤثرة في التنوع الحيوي:

#### التنوع والتوازن البيئي

إن النظام البيئي المتزن هو النظام الذي تكون مكوناته الحياتية متكاملة إلى أقصى حد ، وان اختفاء أو انقراض أو هجرة الأنواع نتيجة للموتات أو التعدي على مساحات طبيعية بسبب العمران والصناعة تعد من مسببات اختلال التوازن البيئي . إن لكل نوع وظائفه المختلفة في السلسلة البيئية فضلا عن دوره في عملية نقل الطاقة من مستوى إلى آخر ، فاختفاء النوع أو الأنواع يحدث فجوة في البيئة تعطل مسار الطاقة الطبيعية ، وبفقدان الطاقة أو تشتيتها يكون النظام البيئي غير متكامل وبالتالي غير متزن . بينما يكون التباين بالأنواع في النظم البيئية المعقدة خاصة في الغابات الاستوائية كبير ويؤدي إلى إنتاج شبكة معقدة من التوازنات الطبيعية لكل نوع . تتعرض الأنظمة البيئية إلى اضطرابات طبيعية كالحرائق والزلازل والفيضانات والجفاف إضافة إلى الاضطرابات الناتجة عن الأنشطة البشرية . إن الاضطرابات التي تتعرض لها جماعات مستقرة نسبيا من الكائنات الحية تكون ضئيلة أو قد تكون الاضطرابات ضخمة بحيث تعطي منحنيات نمو غير مستقرة ، وفي الوقت الحاضر يصعب وجود أمثلة لجماعات مستقرة نظرا لتأثير الإنسان على النظم البيئية . إن تدهور المواطن الطبيعية وانتهاك حرمة المناطق الطبيعية نتيجة النشاطات البشرية يؤدي إلى تناقص حجم جماعات الكائنات الحية تدريجيا ومع استمرار المؤثر يستمر التناقص إلى أن يصبح الكائن الحي مهددا بالانقراض Extinction وبالتالي يختزل استقرار النظام البيئي.

يتأثر التنوع الحيوي بمجموعة من العوامل الحيوية واللاحيوية وهي كالآتي:

#### 1. العوامل اللاحيوية: Abiotic factors

أ-العوامل البيئية : Environmental factors وتشمل العديد من العوامل في البيئات اليابسة مثلا تلعب درجات الحرارة والرطوبة والضوء والرياح دورا مهما في التنوع الحيوي ، كما تؤثر بعض العوامل البيئية في البيئات المائية تأثيرا ملحوظا مثل الضغط ودرجة الملوحة والعمارة والضوء والتيارات المائية وغيرها.

ب-المساحة : من المعلوم أن ازدياد المساحة يزيد من التنوع الحيوي في المنطقة البيئية Habitat والعكس صحيح.

ج-الزمن : Time بلا شك أن الزمن يلعب دوراً أساسياً مع المساحة في عملية التباين الحيوي فكلما طالت الفترات الزمنية على المساحات المحددة كلما ازداد فيها عدد الأنواع وهذا مؤشر يعرف بنمو الجماعات.

د-التعاقب البيئي : Ecological Succession يزداد التنوع الحيوي في التعاقب البيئي كلما اتجهنا نحو الذروة Climax وعليه فإن تتابع البيئات واختلافها من الأسباب المؤدية إلى التنوع الحيوي.

هـ- التلوث : Pollution يؤثر التلوث تأثيرا واضحا في الغالب على التنوع الحيوي فالمتأمل في التلوث النفطي والحراري على شواطئ البحار والمحيطات ورمي المخلفات الصناعية والبشرية فيها إلا دليلا على تأثيرها على التواجد الحيوي في تلك البيئات ، كذلك التطور الصناعي على نطاق وسائل النقل والاتصالات والمعدات والأجهزة المنزلية إلا دليل آخر على تأثيرها على الكائنات الحية وبالتالي تأثيرها على التنوع الحيوي.

#### 2.العوامل الحيوية: biotic factors

أ-الانقراض : Extinction ويعتبر من أهم الأسباب التي أدت إلى التغير في التنوع الحيوي وبالرغم من أنه عملية طبيعية إلا أنه ازداد في الوقت الحاضر ، ومن أهم الأسباب التي أدت إلى ذلك وعلى سبيل المثال:

-الصيد Hunting ووضع المصائد.

-إدخال الحيوانات إلى بيئات جديدة. Feral domestic and introduced animals

-التغيرات البيئية عن طريق تحطيم البيئات : Habitat alteration : وهذا من العوامل الحديثة التي أدت إلى التقليل من المساحات المناسبة للحيوانات باختلافها وبلا شك أن كثيراً من تحويل البيئات يجعلها غير مناسبة لأنواع معينة مما يضطرها إلى الهجرة أو الهلاك مما يقلل من التنوع الحيوي فيها.

-القضاء على الآفات والحيوانات المفترسة. Predator and pest control

-حركة مرور الحيوانات. Animal traffic

-النشاطات البشرية.

ب-الافتراس : Predation إن دور الافتراس في التنوع الحيوي يتبلور باتجاهين الأول أن توفر الفرائس يدعم تواجد فرائس جديدة في البيئة تؤثر إيجابيا في التنوع الحيوي ، والثاني أن دور المفترسات في حفظ تعداد الفرائس إلى مستوياتها الدنيا يؤدي بالتالي إلى حفظ حدة التنافس بينها إلى أقل حد وبالتالي يؤدي ذلك إلى دخول فرائس أخرى في مجال المنافسة لتدعم وجود أعداد جديدة من المفترسات في البيئة.

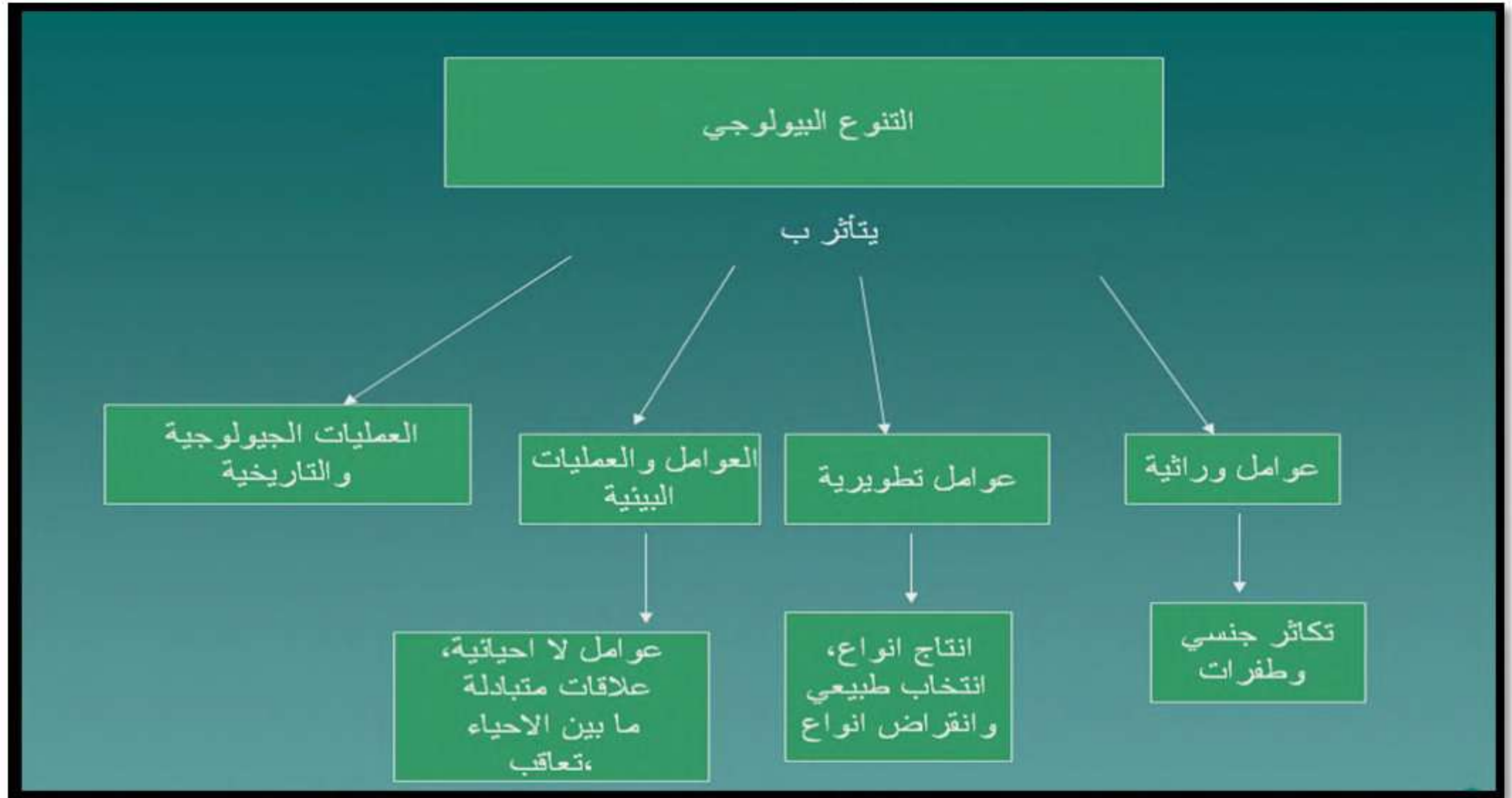
ج-الهجرة : Migration تؤثر الهجرة بنوعها سواء للداخل ( الاستيطان ) أو للخارج ( الاغتراب ) في التباين الحيوي حيث نلاحظ أن الهجرة إلى الداخل تزيد من معدل التباين الحيوي بينما نجد أن الهجرة إلى الخارج تقلل من التباين الحيوي.

د-التنافس : Competition ويعرف بأنه علاقة عدائية كنتيجة للاستخدام المتبادل لموارد طبيعية محدودة في الموطن البيئي يرتبط التنافس بعنصرين أساسيين يؤيدان إلى توضيح مدى ارتباط التنافس بالتنوع الحيوي وهما:

1- مدى اتساع الوحدة البيئية Niche breath لكلا النوعين.

2-حجم التداخل Niche overlap في الوحدة البيئية لكلا النوعين، حيث أن هناك قاعدة بيئية تشير إلى أن الأنواع التي تعيش في منطقة معينة مع بعضها البعض وتتداخل في أعشاشها البيئية غالباً ما تتنافس على نفس الموارد وكثيراً ما يقوم أحدها بإزاحة الآخر ويطلق على هذه الظاهرة بالإقصاء التنافسي Competitive exclusion .

المخطط أدناه ملخص للعوامل المؤثرة على التنوع الحيوي:



شكل 1. ملخص للعوامل المؤثرة على التنوع الحيوي في النظام البيئي.

يمكن تلخيص اسباب أ.نقراض واختفاء العديد من الكائنات الحية كالآتي:

1.أساليب الزراعة الخاطئة.

2.النشاطات العمرانية والحضرية، أن ازدياد عدد السكان والنمو الاقتصادي الذي شيدته العالم خلال العقود الأخيرة أدى إلى اتساع نطاق المد العمراني متمثلاً في البناءات والطرق وخطوط أبراج الكهرباء والإنشاءات والنشاطات الصناعية والنفطية مما أثر على التنوع الحيوي بشقيه النباتي والحيواني والنظم البيئية التي تعيش فيها هذه الكائنات تدعم حياة الإنسان فيها.

3.تجزئة المواطن البيئية Habitat Fragmentation بحيث يؤدي إلى انقطاع الاتصال بين جماعات الكائنات الحية وهذا يجعل كل جماعة تنفرد بخصائص مميزة لها ومن أمثلة تجزئة المواطن:

◆ إقامة السدود.

◆ تشييد السكك الحديدية.

◆ إقامة الطرق العامة التي تمنع حركة الحيوانات داخل مواطنها البيئية.

4. إزالة الغابات Deforestation، وتجفيف بعض المناطق الرطبة والتي تستخدمها الأسماك والطيور كماًوى لهم وتحويلها إلى أراضي زراعية.

5.الصيد الجائر باستعمال السموم والمتفجرات والصعق الكهربائي احد أسباب تدهور المواطن المائية البحرية والعذبة.

6. استخدام المبيدات الحشرية التي لا تقضي علي الآفات فقط وانما يمتد أثرا للإنسان والطيور فهي تبقى في التربة فترة طويلة بشكل صور ضارة غير متحللة فيصل أمد تأثيرها المحتمل إلى الكائنات الحية النافعة مثل بكتريا العقد الجذرية وفطريات الميكورايزا.
- 7.الرعي بطرق غير سليمة مما يؤدي إلى تغيير في التركيب النباتي للمراعي الطبيعية ،
- 8.التنقيب عن النفط باستخدام المتفجرات، كما أنه يتم تنظيف خزانات ناقلات النفط وتفرغ المياه التي توجد بها الشوائب النفطية في مياه البحر.
- 9.إدخال أنواع أو أصناف أو سلالات جديدة Introducing of New Species في موطن بيئي لم تكن موجودة فيه من قبل رغم وجود بدائل محمية لها Native Species ، والكائنات الدخيلة(كائنات غريبة غازية ) هي كائنات غير محلية فقدت موطنها الأصلي لتبدأ العيش في بيئة جديدة وتمتلك مدى بيئي واسع للانتشار والبقاء في البيئات الجديدة وهي تسبب أضرار بيئية واقتصادية ومادية قد تؤثر بصحة الانسان بمجرد ان تصبح خارج نطاق السيطرة.
- امثلة على الانواع الغازية الخطرة في دول الوطن العربي ويقدر عددها بحوالي (551 نوعا )وبعض دول العالم:
- ◆عشب النيل *Echhornia crassipes*
  - ◆زعر الماء *Hydrilla verticilata*
  - ◆النخيل الكناري *Phoenix carariensis*
  - ◆الغراب الهندي *Corvus splendens*
- يؤثر إدخال أنواع جديدة في التنوع الحيوي من عدة أوجه:
- ◆دخول آفات جديدة لم تكن معروفة في البيئة المحلية تؤثر في النبات والحيوانات المحلية على حد سواء.
  - ◆منافسة الأنواع المحلية.
  - ◆التعرية الوراثية Genetic Erosion وهي تبني أصناف نباتية وسلالات حيوانية ذات صفات وراثية مرغوبة للمزارع وأهمال السلالات النباتية والحيوانية المحلية مما يؤدي إلى تدهورها وربما انقراضها.
- 10.التغير المناخي العالمي Global Climatic Change الذي أدى إلى ارتفاع معنوي في درجات الحرارة الهواء مثلا ظهور أمراض الصدا الفطري في أشجار الصنوبر ذي اللحاء الأبيض في إحدى ولايات أمريكا نتيجة تكرار سقوط الأمطار صيفا وارتفاع الرطوبة النسبية.
11. تغير العادات الاجتماعية والغذائية للمجتمعات بسبب عوامل الرخاء الاقتصادي وتغير أسلوب الحياة الذي أدى إلى استغلال جزء محدود من التنوع الجيني بدلا من الاستفادة من المخزون الجيني الكامن.

### ❖ مدى تحمل الكائنات الحية لمعوامل الكيمياء والفيزياء

يعتمد تواجد (Existence) ووفرة (Abundance) وتوزيع (Distribution) أحد أنواع الكائنات الحية على العوامل الكيميائية والفيزيائية في البيئة ولكل نوع من الكائنات الحية مدى تحمل معين بالنسبة لهذه العوامل ويفسر هذه الظاهرة قانون مدى التحمل The Law of Tolerance ويشمل مدى التحمل حداً أمثل Optimum Range يكون في هذا الحد تركيز العامل الكيميائي أو الفيزيائي أفضل ما يكون بالنسبة لحياة ونشاط الكائن الحي ، كما يشمل مدى التحمل أيضاً حداً أعلى و أدنى لمتحمل لا يستطيع الكائن الحي أن يتجاوزه ويسمى المجال بين الحد الأدنى و الأعلى بسعة التحمل Ecological Amplitude، والكائنات الحية من نفس النوع لها نفس مدى التحمل بالنسبة للعوامل الكيميائية والفيزيائية ولكن غالباً ما نجد لبعض الأفراد من مجموعة من نفس النوع مدى تحمل بالنسبة لهذه العوامل قد تزيد أو تقل عن مدى التحمل المعروف في نفس النوع وهذا يعود إلى بعض الاختلافات الوراثية البسيطة (Differences in their genetic make up) .