علم البيئة النباتية

دكتور
كمال حسين شلتوت

ISO
9002
Certificate No. 82210
03 / 05 / 2001

المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية

المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية
الحاصلة على شهادة الجودة
ISO 9002
Certificate No.: 82210
03/05/2001

علم البيئة النباتية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

علم البيئة النباتية

تأليف

دكتور/ كمال حسين شلتوت

أستاذ علم البيئة النباتية

قسم النبات - كلية العلوم

جامعة طنطا

تقديم

دكتور/ محمد عبدالفتاح القصاص

كلية العلوم - جامعة القاهرة

الناشر

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

٢٠٠٢

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠٢م - ١٤٢٢هـ

حقوق الطبع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناشر :

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر والمدفوع ٩,٩٧٣,٨٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

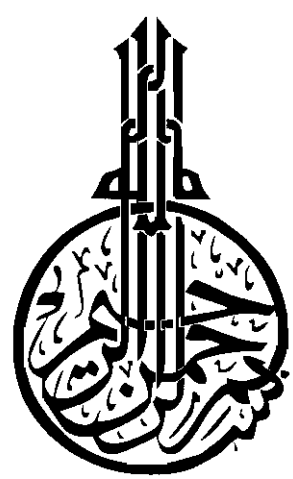
القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٧٤٨٥٢٨٢ - ٢٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

لا يجوز استنساخ أى جزء من هذا الكتاب بأى طريقة
كانت إلا بعد الحصول على تصريح كتابى من الناشر .

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en

salamalhelali@yahoo.com

https://www.facebook.com/salam.alhelali

https://www.facebook.com/groups/
/Biothesis

https://www.researchgate.net/profile/
/Salam_Ewaid

07807137614

تقديم

نشأت دراسات "علم البيئة النباتية" فى مصر مع نشأة كلية العلوم بالجامعة المصرية (جامعة القاهرة الآن) عام ١٩٢٥. وكان أحد الأساتذة البريطانيين (أوليفر) من مؤسسى هذا العلم فى العالم قد قدم للعمل بمصر، وعاش فى الجامعة المصرية من ١٩٢٩ الى ١٩٣٥ واستكمل ما بقى من عمره يعيش في برج العرب حتى ١٩٥٧. وكان من الرواد المصريين الأوائل الأساتذة الدكتور عبد الحليم منتصر والدكتور أحمد مجاهد والدكتور تادرس منقريوس ــ عليهم رحمة الله، الذين قاموا على تدريس هذا العلم في جامعات القاهرة والإسكندرية وعين شمس على مدى العقود المتصلة من ١٩٤٠ الى ١٩٧٠، ونشأت عنهم مدارس علمية أثرت هذا العلم بحثاً وتدريساً في جامعات مصر وجامعات الدول العربية.

بقى تدريس هذا العلم معتمداً على المراجع الأجنبية الأساسية. وفى عام ١٩٦٢ ظهرت ترجمة عربية لأحد هذه المراجع "علم البيئة النباتية" تأليف العالمين الأمريكيين ويفر وكلمنتس، ترجمه الدكاتره مجاهد وتادرس وأبوريه ومنتصر. وفى عام ١٩٩٠ نشر الأستاذ الدكتور / أحمد مجاهد وزملاؤه كتاب "علم البيئة النباتية" ليكون مرجعاً لطلاب درجة البكالوريوس، كذلك قامت جامعات العراق بترجمة عدد من الكتب في هذا المجال، ونشرت جامعة الملك سعود كتاب "علم البيئة" تأليف الدكتور حسين على أبو الفتح في عام ١٩٩١. ونشر الأستاذ الدكتور محمود عبد القوى زهران كتابه "أساسيات علم البيئة النباتية وتطبيقاتها" عام ١٩٩٥.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

لكن المكتبة العربية بقيت في حاجة الى كتاب مرجع، يجمع أطراف الموضوع من مراحل نشأة هذا العلم في أواخر القرن التاسع عشر وتطوره البالغ واتساع آفاقه وتعدد مجالاته العلمية والتطبيقية فى سنوات القرن العشرين، والكتاب الذى بين يدى القارئ محاولة موفقة لمقابلة هذه الحاجة، وسعى ناجح لعرض مفاهيم هذا العلم وقضاياه ومناهج عمله، حتى استقام كمرجع للطالب والباحث.

الجزء الأول من الكتاب يتناول "النظام البيئى" والعمليات الوظيفية التى تربط بين مكوناته الحية ومكوناته غير الحية فى أداء متسق وتوازن دقيق. منهج العرض يحيط بالدقائق التى تسمح بالرصد والقياس فى حيز الموقع الواحد، ويحيط بالكليات التى تسمح بفهم دورات العناصر الغذائية فى مكونات النظام البيئى: الكائنات الحية والتربة والهواء. ثم ينظر في التغيرات التى تطرأ على هذه المكونات في منهج يحيط بالدقائق التى تسمح بالرصد والقياس على مستوى أفراد النوع الواحد وسلوكهم البيئى والاجتماعى، ويحيط بالكليات التى تسمح بمتابعة التغير في المجتمع الاحيائى جميعاً فى مدى الزمن القصير (الموسم – السنة) ومتابعة التطور فى مدى الزمن الممتد (تعاقب المجتمعات).

الجزء الثانى من الكتاب يعرض للعوامل البيئية الفاعلة في النظام البيئى والتى يتأثر بها نمو الأفراد والمجتمعات النباتية، فيشرح العوامل الإحيائية وهى التأثيرات المتبادلة بين الكائنات الحية فى حيز النظام البيئى: علاقة أفراد النوع الواحد، علاقة الأنواع النباتية بعضها مع بعض، علاقة الأنواع النباتية مع الأنواع الحيوانية. ويتناول عوامل التربة والمناخ والتضاريس وآثارها على نمو النباتات وعلى توزيع المجتمعات النباتية. يلم هذا الجزء فى عرض يجمع بين الإيجاز والوضوح خلاصات علوم التربة والمناخ والجغرافية الطبيعية، وهى عناصر يتألف منها علم البيئة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الجزء الثالث يعرض لمناهج دراسات الغطاء النباتى التى تستهدف التعرف على وحداته، وتبنى طرق تصنيف هذه الوحدات بما ييسر فهم بنائها وإدراك العلاقات فيما بينها. تعتمد هذه الطرق على وسائل للوصف وللقياس الكمى، من الطرق ما يعتمد في تصنيف الوحدات على المشاهدة والحكم الشخصى والخبرة، ومنها ما يعتمد على الحسابات والحكم الموضوعى ويستعين في ذلك بطرق الحساب المتقدمة وإمكانات الحساب الآلى. والمؤلف يعرض آراء العلماء في كل مسألة مبيناً محاسن كل رأى ومحاسن ما يرجحه، وفى هذا يفتح للقارئ الطالب والباحث مجالات للمناقشة الناقدة ويعينه على وضع خططه للدراسة والبحث واختيار الطرق المناسبة له.

الجزء الرابع يعرض قضايا التنوع البيولوجى التى شغلت اهتمام المجتمع العلمى والمجتمع الدولى على مدى النصف الثانى من القرن العشرين، وبرزت على وجه الخصوص منذ أقرت حكومات العالم الاتفاقية الدولية عن التنوع البيولوجى عام ١٩٩٢. يعرض هذا الجزء أوجه القضية والاجتهادات العلمية التى أحاطت بها من ناحيتى التقييم والصون. التقييم الذى يحدد أولويات العمل والصون الذى يرسم السبيل لدفع ضرر الفقد عن الموارد الوراثية والانقراض عن الأنواع والتدهور عن النظم البيئية. ويختم الجزء بعرض واف عن جهود مصر في مجالات صون التراث الطبيعى والتنوع البيولوجى وإنشاء المحميات الطبيعية في بقاع مصر وفى بيئاتها المتعددة.

الجهد الذى بذلة المؤلف الأستاذ الدكتور / كمال حسين شلتوت يستحق الثناء، وهو جهد لا يقدر عليه إلا العلماء العاكفين ذوى الجلد والفكر الوقاد، ويستحق الترحيب لأنه يسد ثغرة ويقابل حاجة تشعر بها الجامعات المصرية والعربية.

محمد عبد الفتاح القصاص

كلية العلوم – جامعة القاهرة

مايو ٢٠٠١ م

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مقدمة المؤلف

بسم الله الرحمن الرحيم، والحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام علـــى خاتم النبيين والمرسلين، محمد بن عبد الله المبعوث رحمة للعالمين وبعد:

تعتبر قضية تعريب العلوم رسالة على قدر كبير من الأهمية للحفاظ علـــى هوية الأمة، وعلى كل غيور على هذه الهوية أن يدلـــو بدلـــوه للإســـراع فـــي التعريب كلٌ في مجال تخصصه وذلك لتأصيل العلم وتنمية الابتكـــار والإبـــداع حتى يتسع التعليم أفقياً ليصبح أكثر شمولاً ويعظم رأسياً ليصبـــح أكـــثر عمقـــاً وتوثيقاً. والمتتبع لهذه القضية يجد ارتباطاً وثيقاً بين تدريس العلوم باللغـــة الأم والتقدم العلمى للدول، فالدول التى تدرس علومها بلغتها الأم هـــى التـــى تنعـــم بتقدمها العلمى في هذا العصر.

وهذا الكتاب الذى بين أيديكم هو مشاركة منى فى تعريب العلوم فى مجـــال البيئة النباتية وصون الحياة الفطرية، أما عن محتويات الكتاب فحسبى ما كتبـــه أستاذنا الدكتور / **محمد عبد الفتاح القصاص** أستاذ علم البيئـــة النباتيـــة بكليـــة العلوم جامعة القاهره في التقديم لهذا الكتاب بعد تفضله بمراجعته، فإليـــه أتقـــدم بشكرى الوافر على ما أعطاه لى من وقت في هذا المجال وعلى التسهيلات التى قدمها لى فى مكتبته الخاصة للإطلاع على بعض المراجع التى كانت خير عـــونٍ لى. أتقدم أيضاً بشكرى الخالص لأستاذي الدكتور / **محمد عبد الجـــواد عيـــاد** أستاذ علم البيئة النباتية بكلية العلوم جامعة الإسكندرية لتتلمذي على يديه أولا ثم لتفضله بمراجعة الكتاب ثانياً. اشكر أيضاً زميلى الأستاذ الدكتور/ **أحمد شـــرف**

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الدين عبد الوهاب، أستاذ علم البيئة النباتية بكلية العلوم جامعة طنطا لتكرمه بقراءة مسودة الكتاب ومعاونتى في بعض الأمور المتعلقة بإخراجه، والأستاذ الدكتور / **عصام البدرى** الرئيس السابق للإدارة العامة لحماية الطبيعة التابعة لجهاز شئون البيئة لتزويدى ببعض المعلومات عن المحميات الطبيعية المصرية حديثة الإنشاء واهدائى بعض المطبوعات المتعلقة بالتنوع الحيوى فى مصر، كما أشكر الأستاذ / **أحمد عبد الستار عميرة** الذى قام بطباعه وتنسيق الكتاب باستخدام الحاسب الآلى.

وختاماً أتقدم بشكرى الخالص لزوجتى **وفاء** وأبنائى **أسماء وأنس وسلمى** الذين كانوا يحثوننى دائماً على ضرورة تأليف كتاب فى مجال تخصصى، مما دفعنى للبدء فى هذا العمل، كما كان صبرهم الدائم على عاملاً مهماً لإتمامه، والذى أرجو من الله تعالى أن يبارك فيه وينفع به وأن يمدنا بالصحة والعافية لاستكمال ما تصبو إليه نفوسنا نحو قضية تعريب العلوم.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

كمال حسين شلتوت

كلية العلوم – جامعة طنطا

يونيو ٢٠٠١ م

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

إهداء

كتبت المستشرقة الألمانية زيغريد هونكه (Sigrid Hunke) مؤلفة كتاب

شمس العرب تشرق على الغرب

Allahs Sonne Uper Dem Abendland Unser Arabisches Erbe

"لقد صممت على كتابة هذا المؤلف، وأردت أن أكرم العبقرية العربية وأن أتيح لمواطني فرصة العود إلى تكريمها، كما أردت أن أقدم للعرب الشكر على فضلهم، الذي حرمهم من سماعه طويلاً تعصب ديني أعمى أو جهل أحمق".

فإلى كل محب للعرب والعربية عارف بفضلهما أهدى هذا الكتاب.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المؤلف فى سطور

دكتور كمال حسين شلتوت

* ولد بقرية الدلجمون ــ محافظة الغربية (جمهورية مصـــر العربيـــة) عـــام ١٩٥٢.

* حصل على بكالوريوس العلوم ــ نبات عام ١٩٧٣، ودرجة الماجستير فـــى العلوم ــ بيئة نباتية عام ١٩٧٩، والدكتوراه فى فلسفة العلوم ــ بيئة نباتيـــة عام ١٩٨٣ من كلية العلوم - جامعة طنطا.

* حصل على درجة الأستاذية من كلية العلوم - جامعة طنطا عام ١٩٩٤.

* أعير للعمل بكلية التربية ــ جامعة الملك فيصل بالهفوف ــ المملكـــة العربيـــة السعودية خلال الفترة من ١٩٨٩ حتى ١٩٩٥.

* حصل على جائزة الدولة التشجيعية فى مجال العلوم البيولوجية عام ١٩٩٦.

* حصل على نوط الامتياز من الطبقة الأولى من رئيـــس الجمهوريـــة عـــام ١٩٩٧.

* أشرف على ١٢ رسالة ماجستير ودكتوراه فى مجال علم البيئة النباتية.

* نشر ٥٥ بحثاً فى مجال علم البيئة النباتية فى الدوريات الدوليـــة والعربيـــة والمصرية.

* عضو فى عشر اتحادات وجمعيات علمية دولية وعربية ومصرية.

* اشترك فى ١٨ مؤتمراً دولياً وعربياً ومصرياً.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المحتويات

الجزء الأول : حركية النظام البيئى

الموضوع	الصفحة
المقدمة	٢٣
نظرة تاريخية	٢٧
١ ـ النظام البيئى	٣٤
المستنقع كنظام بيئى مائى	٣٧
أرض الحشائش كنظام بيئى أرضى	٣٩
٢ ـ العمليات الوظيفية فى النظام البيئى	٤١
مقدمة	٤١
سريان الطاقة	٤٣
مصدر الطاقة	٤٤
إنتقال الطاقة	٤٦
الشبكات الغذائية	٥٢
الأهرامات البيئية	٥٤
كفاءة انتقال الطاقة	٥٨
دوران العناصر الغذائية	٦١
الخصائص العامة	٦١
دورة الماء	٦٦
دورة الكربون	٦٨
دورة النيتروجين	٧٠

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع **الصفحة**

دورة الفوسفور ---------- ٧٥

دورة الكبريت ---------- ٧٧

٣ ـ التغيرات الزمنية فى النظام البيئى ---------- ٨٠

التغيرات الزمنية على مستوى الجماعة ---------- ٨٠

مفهوم الجماعة ---------- ٨٠

معدل التوالد ---------- ٨١

معدل الوفيات ---------- ٨٢

الهجرة ---------- ٨٢

كثافة الجماعة ---------- ٨٣

السعة الحملية ---------- ٨٥

التوزيع الموضعى للجماعة ---------- ٨٧

التركيب العمرى ---------- ٨٨

نمو الجماعات ---------- ٩٠

جماعات الإختيار "r" وجماعات الإختيار "k" ---------- ٩٢

العوامل المؤثرة على نمو الجماعة ---------- ٩٣

تذبذبات الجماعة ---------- ٩٤

التغيرات الزمنية على مستوى المجتمع ---------- ٩٧

مفهوم المجتمع ---------- ٩٧

التنظيم الطبقى لمجتمعات الذروة المناخية ---------- ٩٩

تعاقب النبت ---------- ١٠١

أنواع التعاقب ---------- ١٠٤

المجتمع تحت الذروى ---------- ١٠٦

التعاقب العكسى ---------- ١٠٨

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع **الصفحة**

المجتمع بعد الذروى والمجتمع قبل الذروى ---------- ١٠٩
التغير الدائرى فى المجتمعات النباتية---------- ١١٠

الجزء الثانى: العوامل البيئية

١- **المقدمة** ---------- ١١٥
١- **العوامل الأحيائية** ---------- ١٢١
- التفاعلات السالبة ---------- ١٢٢
- التفاعلات الموجبة---------- ١٣٤
- علاقة الحيوانات بالنباتات ---------- ١٤٣
٢- **عوامل التربة** ---------- ١٥٠
- مكونات التربة ---------- ١٥١
- الصفات الشكلية للتربة ---------- ١٥٩
- العلاقات المائية للتربة---------- ١٦٧
٣- **العوامل المناخية** ---------- ١٧٠
- الغلاف الجوى ---------- ١٧٠
- الإشعاع الشمسى ---------- ١٧٤
- الحرارة ---------- ١٧٦
- الماء ---------- ١٨٥
- الضوء ---------- ١٩٣
- الهواء ---------- ٢٠٢
- الرياح ---------- ٢٠٤
٤- **العوامل الموقعية (التضاريس)** ---------- ٢١٢
- الوديان ---------- ٢١٢

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع	الصفحة
– الإرتفاع عن سطح البحر	٢١٢
– التعرض	٢١٤
– الإنحدار	٢١٧
٥- الحرائق	٢١٨

الجزء الثالث : الكساء الخضرى

المقدمة	٢٢٣
١- فرضيات المجتمع النباتى	٢٢٥
الفرضية الشمولية	٢٢٥
الفرضية الفردية	٢٢٦
الفرضية التصنيفية	٢٢٦
المجتمعات العينية والتجريدية	٢٢٧
٢- نظم تقسيم المجتمعات النباتية	٢٢٨
نظام التكوين النباتى	٢٣٠
نظام دانسيرو	٢٣١
نظام كوتشلر	٢٣٣
نظام فوسبرج	٢٣٦
نظام التكوين التركيبى البيئى لليونسكو	٢٣٨
نظام كراجينا للمناطق الحيوية الأرضية المناخية	٢٤٠
مفاهيم أشكال المجتمع النباتى المبنية على سيادة الأنواع	٢٤١
مفهوم العشيرة	٢٤٣
نظام العشيرة النوعية لبرون بلاكيه	٢٤٣
تقسيم الكساء الخضرى باستخدام المقارنة الجدولية	٢٤٦

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع	الصفحة
٣- صفات الكساء الخضرى وطرائق تقديرها	٢٤٩
المساحة الصغرى	٢٥٠
الصفات الوصفية	٢٥٢
التركيب النوعى	٢٥٢
أشكال الحياة	٢٥٣
التنضد	٢٥٩
الموسمية والظواهر الشكلية	٢٦١
الحيوية أو القوة	٢٦٣
التصاحب والتشتت	٢٦٤
الترابط بين النوعى	٢٦٤
السيادة والوفرة	٢٦٨
أشكال الانتشار	٢٧٠
أشكال الجنس	٢٧٢
المظهر العام	٢٧٤
الولاء	٢٧٥
الصفات الكمية	٢٧٧
التنوع	٢٧٧
الكثافة	٢٨٠
التردد	٢٨١
الغطاء	٢٨٨
الحجم	٢٩١
الكتلة الحية	٢٩٣
التواجد أو الثبوت	٢٩٨

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع	الصفحة
النسق	٢٩٩
التحليل العددى للكساء الخضرى	٣٠٧
معاملات التشابه	٣٠٧
طرائق التقسيم	٣٠٩
طرائق التنسيق	٣١٥
التحليل التدريجى المباشر	٣١٩

الجزء الرابع : صون الحياة الفطرية

المقدمة	٣٢٩
١- وقع التغير المناخى	٣٣١
٢- التنوع الحيوى وانقراض الانواع	٣٣٦
٣- أهمية التنوع الحيوى	٣٤٢
٤- حفظ الموارد الطبيعية	٣٤٦
٥- معايير صون الحياة الفطرية	٣٥٦
التنوع	٣٥٨
تعريف التنوع الحيوى	٣٥٨
طرق قياس التنوع الحيوى	٣٦١
التنوع ومساحة المجتمع	٣٦٧
التنوع والوسط المحيط	٣٧١
الندرة	٣٧٤
قياس الندرة	٣٧٦
الفطرة	٣٨٣
مقياس الهيمروبى	٣٨٨

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع **الصفحة**

مقياس التصنع ---------- ٣٩٢
المساحة ---------- ٣٩٦
عدد الأنواع المصانة ---------- ٣٩٧
معدلات الإنقراض ---------- ٣٩٩
إحتياجات المرعى ---------- ٤٠١
تصميم المحميات الطبيعية ---------- ٤٠٣
خطر التدخل البشرى ---------- ٤٠٥
المعايير الأخرى ---------- ٤٠٦
النموذجية أو التمثيل ---------- ٤٠٦
القيمة التعليمية ---------- ٤٠٧
القيمة الجمالية ---------- ٤٠٧
الهشاشة البيئية ---------- ٤٠٨
التفرد ---------- ٤٠٨
القيمة الإحتياطية ---------- ٤٠٨
القابلية للإحلال ---------- ٤٠٩
مقارنة بين معايير الصون ---------- ٤١٠
٦- تطور إنشاء المحميات الطبيعية فى مصر ---------- ٤١٤
٧- محميات الاراضى الرطبة ---------- ٤٢٧
٨- محميات الصحارى ---------- ٤٤٤
٩- المحميات الجيولوجية ---------- ٤٥٧
المراجع ---------- ٤٦١

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

قائمة الجداول

الجزء الأول : حركية النظام البيئى

الموضوع		الصفحة
جدول (١).	متوسط محتوى الطاقة فى بعض المكونات العضوية والكائنات الحية.	٤٣
جدول (٢).	نسبة انتقال طاقة الإشعاع الشمسى إلى إنتاج أولى	٤٦
جدول (٣).	قيم تقديرية للإنتاجية الأولية الكلية للنظم البيئية الرئيسية فى الماء واليابسة.	٦٠

الجزء الثانى : العوامل البيئية

جدول (٤).	تأثير زيادة الكثافة على موت أفراد النوع الواحد.	١٢٥
جدول (٥).	تأثير التنافس على مساحة الأوراق ووزن المجموع الخضرى.	١٢٥
جدول (٦).	مخطط لدورة رعوية كل ثلاث سنوات.	١٤٦
جدول (٧).	التركيب الغازى للهواء الجوى.	٢٠٢
جدول (٨).	مقياس بوفورت لتقدير سرعة الرياح.	٢٠٥
جدول (٩).	تدرج الكساء الخضرى على أحد الجبال الواقعة فى المنطقة الحارة قرب خط الاستواء.	٢١٤
جدول (١٠).	تنوع النباتات الزهرية على السفوح الشمالية والجنوبية لبعض مرتفعات الصحراء الشرقية المصرية.	٢١٥

الجزء الثالث : الكساء الخضرى

جدول (١١).	الوحدات التقسيمية التسلسلية لنظام برون بلانكيه.	٢٤٥
جدول (١٢).	الجدول التفريقى لعشائر حشائش الصيف فى منطقة دلتا النيل (Shaltout *et al.*, 1992). قيمة الأنواع تمثل ٩ مستويات تواجد بمدى مقدارة ١٠%.	٢٤٨

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع	الصفحة
جدول (١٣). الطيف الأحيائى للكساء الخضرى المصرى.	٢٥٩
جدول (١٤). مربع كاى (χ^2) لتحديد معنوية الإرتباط بين نوعين.	٢٦٥
جدول (١٥). توزيع مربع كاى (χ^2 distribution).	٢٦٧
جدول (١٦). مخطط أشكال الانتشار طبقاً لنظام دانسيرو ولمز.	٢٧١
جدول (١٧). طيف أشكال انتشار نباتات الكساء الخضرى المستحدث بمنطقة دلتا النيل.	٢٧٢
جدول (١٨). توزيع t (t-distribution).	٣٠٢
جدول (١٩). طريقة حساب مربع كاى لمائة عينة عشوائية من المربعات تمثل جماعة أحد الأنواع النباتية.	٣٠٣
الجزء الرابع : صون الحياة الفطرية	
جدول (٢٠). التغيرات المتوقعة فى مساحة التكوينات الحيوية الكبيرة تحت الظروف المناخية الجافة طبقاً لنماذج التدوير العام للتغير المناخى.	٣٢٥
جدول (٢١). عدد وحالة الأنواع النباتية مقتصرة التوزيع على بعض الجزر المحيطية.	٣٣٩
جدول (٢٢). أعداد الأنواع الحيوانية المهددة بالإنقراض.	٣٤١
جدول (٢٣). تقسيم مناطق استخدام الأرض فى الحدائق الوطنية الكندية.	٣٤٥
جدول (٢٤). توزيع ومساحة المناطق المحمية بالنسبة للتكوينات الحيوية الكبيرة.	٣٥٣
جدول (٢٥). التوزيع العالمى للحدائق النباتية ذات العضوية فى المنظمة الدولية لصون الحدائق النباتية.	٣٥٥
جدول (٢٦). تكرارية استخدام خصائص الصون المختلفة فى ١٧ دراسة منشورة خلال المدة من ١٩٧١ حتى ١٩٨١.	٣٥٧
جدول (٢٧). مخطط الأنواع النادرة مبنياً على ثلاثة خصائص: المجال الجغرافى، التخصص الموطنى والحجم الموضعى للجماعة.	٣٧٩

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع — الصفحة

جدول (٢٨). مقياس الهيمروبى (Hemeroby scale) مع أمثلة من الكساء الخضرى والمواقع التى ينمو عليها فى وسط أوروبا. ٣٩٠

جدول (٢٩). النظام الشفرى المقترح لتقدير درجة التصنع فى الصحارى المصرية، خاصة الساحل الغربى للبحر المتوسط. ٣٩٤

جدول (٣٠). تقسيم الخصائص العلمية لصون الحياة الفطرية. ٤١٢

جدول (٣١). المحميات الطبيعية فى جمهورية مصر العربية مرتبة حسب التاريخ المبدئى لتأسيسها. ٤١٨

جدول (٣٢). تنوع المواطن (Habitat diversity) فى شبكة المحميات الطبيعية المصرية. ٤٢٠

جدول (٣٣). الأعداد التقريبية للكائنات الحية على المستويين المحلى والعالمى ونسبة الأعداد المحلية إلى الأعداد العالمية (%).—: تعنى عدم التمكن من الحصول على أعداد هذه الكائنات (عن القصاص ١٩٩٧، بتصرف). ٤٢٣

جدول (٣٤). خصائص صون الحياة الفطرية المتمثلة فى شبكة المحميات الطبيعية. ٤٢٦

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

قائمة الأشكال

الجزء الأول : حركية النظام البيئى

الموضوع		الصفحة
شكل (١).	علاقة علم البيئة بالأقسام الرئيسية لعلم الحياة.	٢٤
شكل (٢).	مخطط توضيحى عام لنظام بيئى.	٣٨
شكل (٣).	مخطط سريان الطاقة ودوران العناصر.	٤٣
شكل (٤).	سريان الطاقة خلال سلسلة رعوية (مثال النظام البيئى لأراضى المراعى).	٤٨
شكل (٥).	مسارات السلسلة الغذائية الدبالية ومكوناتها.	٥٠
شكل (٦).	مسرى الطاقة فى النموذج ذو الشعبة الواحدة.	٥١
شكل (٧).	النموذج العالمى لمسرى الطاقة خلال أى مستوى غذائى.	٥١
شكل (٨).	مسارات الطاقة فى النموذج ذو الشعبتين.	٥٢
شكل (٩).	رسم تخطيطى لشبكة غذائية فى أراضى الحشائش.	٥٣
شكل (١٠).	رسم تخطيطى لشبكة غذائية فى مستنقع.	٥٣
شكل (١١).	الأشكال الثلاثة للأهرامات البيئية لسلسلة غذائية افتراضية.	٥٥
شكل (١٢).	دورة الماء.	٦٧
شكل (١٣).	دورة الكربون.	٦٩
شكل (١٤).	دورة النيتروجين.	٧١
شكل (١٥).	دورة الفوسفور.	٧٦
شكل (١٦).	دورة الكبريت.	٧٨
شكل (١٧).	إنتشار الجماعات.	٨٣
شكل (١٨).	عشرون فرداً فى منطقة بيئية مساحتها ٢٠ وحدة مربعة.	٨٤

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع	الصفحة
شكل (١٩). التوزيع الموضعى للجماعة.	٨٧
شكل (٢٠). مخطط افتراضى للمراحل العمرية الثلاثة.	٨٩
شكل (٢١). منحنى النمو الأسى ومنحنى النمو السيجمويدى.	٩١
شكل (٢٢). منحنى نمو جماعة الجمرة.	٩٢
شكل (٢٣). مخطط يوضح مراحل التعاقب المختلفة: مثال التعاقب المائى.	١٠٥
شكل (٢٤). مخطط تمثيلى للعلاقات التعاقبية بين المجتمعات النباتية السائدة فى مختلف المواطن بالساحل الغربى للبحر المتوسط بمصر.	١٠٧
الجزء الثانى : العوامل البيئية	
شكل (٢٥). مدى تحمل الكائن الحى للعامل البيئى.	١١٧
شكل (٢٦). تأثير التنافس على إمتصاص الفسفور فى نبات التنوب.	١٢٦
شكل (٢٧). استجابات الفريسة للمفترس.	١٣١
شكل (٢٨). النباتات آكلة الحشرات.	١٣٢
شكل (٢٩). الأشنات ــ أشكال مختلفة من الترابط بين الفطريات والطحالب: أ ــ احتضان الفطريات للطحالب، ب ــ التفاف الفطريات حول الطحالب، جـ ــ اختراق الفطريات للطحالب.	١٣٥
شكل (٣٠). التحالف الغذائى بين الطحلب والفطر المكونين للأشنة.	١٣٦
شكل (٣١). الفطور الجذرية الداخلية والخارجية.	١٣٧
شكل (٣٢). العقد الجذرية فى نبات من الفصيلة القرنية.	١٣٨
شكل (٣٣). التحالف الأيضى لنظام النمل ــ فطر.	١٣٩
شكل (٣٤). تأثير الحماية الكاملة على الكساء الخضرى للمنخفضات غير الملحية بالساحل الشمالى الغربى لمصر.	١٤٥
شكل (٣٥). مخطط لمقطع فى التربة يوضح الطبقات المتعاقبة.	١٥٥
شكل (٣٦). الأنواع المختلفة لبناء التربة.	١٦٠
شكل (٣٧). مثلث القوام (Texture triangel).	١٦٤
شكل (٣٨). طبقات الغلاف الجوى واختلاف درجات الحرارة فيها.	١٧١

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع	الصفحة
شكل (٣٩). الطيف الإلكترومغناطيسى للأشعة الشمسية التى تصل إلى الأرض بالنسبة للضوء المرئى.	١٧٦
شكل (٤٠). علاقة الضوء بتعاقب النبت فى إحدى غابات نيو إنجلاند (جنوب شرق استراليا).	٢٠٠
شكل (٤١). علاقة الضوء بتوزيع النباتات المائية.	٢٠١
شكل (٤٢). الشكل العَلَمى للنباتات (Flag shape) ١ ــ الصنوبر و ٢ ــ التنوب.	٢٠٨
شكل (٤٣). مخطط مبسط لأحد مصدات الرياح.	٢١١
شكل (٤٤). التدرج فى التكوينات النباتية لمنطقة جبلية غابية وأخرى صحراوية.	٢١٣
شكل (٤٥). أثر الإرتفاع عن سطح البحر والتعرض على الكساء الخضرى لجبال علبة بجنوب غرب مصر.	٢١٦
شكل (٤٦). الكثافة المطلقة وتردد أفراد نبات السمار (Juncus acutus) فى مواقع لم تتعرض للحرق (غ م) وأخرى تعرضت للحرق (م) شمال دلتا النيل.	٢١٩
الجزء الثالث : الكساء الخضرى	
شكل (٤٧) الرموز المستخدمة فى عمل مخططات قطاعية توضح مجموعات الخصائص الستة الأساسية فى نظام دانسيرو لوصف الكساء الخضرى.	٢٣٢
شكل (٤٨) ملخص نظام فوسبرج لتقسيم الكساء الخضرى.	٢٣٧
شكل (٤٩) مخطط افتراضى يوضح العلاقة بين المجتمع الاتحادى والمجتمعات الاشتراكية المكونة له.	٢٤٢
شكل (٥٠) نظام البقع المتداخلة لتحديد المساحة الصغرى.	٢٥٠
شكل (٥١) منحنيات النوع والمساحة لإحدى أراضى المراعى.	٢٥١
شكل (٥٢) تمثيل تخطيطى لأشكال الحياة طبقا لرو نكير.	٢٥٤

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع		الصفحة
شكل (٥٣)	التوزيع النسبى لأشكال حياة النظم البيئية الكبيرة فى العالم.	٢٥٨
شكل (٥٤)	مخطط قطاعى لغابة.	٢٦٠
شكل (٥٥)	الظواهر الدورية للنباتات السائدة فى بيئة المنخفضات غير الملحية بمنطقة العميد بالساحل الشمالى الغربى لمصر من سبتمبر حتى أغسطس ١٩٧٨.	٢٦٢
شكل (٥٦)	عرض تخطيطى لقيم التقدير المشترك للغطاء والوفرة طبقا لمقياس برون بلانكيه.	٢٦٩
شكل (٥٧)	مقارنة بين مقياس برون بلانكية ومقياس دومين كارجينا للغطاء والوفرة.	٢٧٠
شكل (٥٨)	"قانون الترددات". البيانات الكلية لعدد من المجتمعات النباتية الإسكندنافية.	٢٨٢
شكل (٥٩)	طريقة الربع مركزى النقطة.	٢٨٣
شكل (٦٠)	طريقة المتوسط الجارى لتقدير العدد الكافى من المربعات أو النقاط اللازمة لتحديد كثافة وتردد الجماعات النباتية.	٢٨٦
شكل (٦١)	المنساخ.	٢٨٩
شكل (٦٢)	هيكل تردد النقطة	٢٩٠
شكل (٦٣)	طريقة تقاطع الخطوط لتقدير الغطاء النباتى.	٢٩١
شكل (٦٤)	التوزيع الحجمى لنبات المثنان (Thymelaea hirsuta) المنتشر على طول الساحل الغربى للبحر المتوسط.	٢٩٤
شكل (٦٥)	التوزيع المكانى للجماعة.	٣٠٠
شكل (٦٦)	مربع المسافة الأقليديسية (S^2_E) بين موقعين (Q_2, Q_1).	٣٠٨
شكل (٦٧)	رسم متفرع مبنى على محتوى معلومات المجموعات.	٣١٤
شكل (٦٨)	مثلث يوضح كيفية تنسيق المواقع هندسيا على محور واحد طبقا لطريقة براى وكيرتس.	٣١٦
شكل (٦٩)	رسوم تنسيقية باستخدام محور واحد، ومحورين، وثلاثة محاور مستخرجة بطريقة التنسيق القطبى لبيانات مستنقع ملحى فى نيوجرسى.	٣١٨

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع	الصفحة
شكل (٧٠) مخطط افتراضى للتضاريس والمجتمعات النباتية فى أحد المواقع بمقاطعة نيلسون (شمال داكوتا).	٣٢١
شكل (٧١) توزيع ١٦ نوع نباتى على طول تدرج نظام الصرف فى مقاطعة نيلسون (شمال داكوتا).	٣٢٣
شكل (٧٢) البيانات الأصلية (أ) والمنحنيات الملساء (ب) لأربعة أنواع من الأشجار فى الغابات المرتفعة شمال ويسكونسون على مدى تدرج تعاقبى. •: البلوط الأسمر Δ : البلوط الأبيض، o : البلوط الأحمر، × : اسفندان السكر.	٣٢٦
الجزء الرابع : صون الحياة الفطرية	
شكل (٧٣) التوزيع العالمى لمراكز التنوع النباتى (عن Groombridge 1992).	٣٣٨
شكل (٧٤) الإتجاهات العالمية فى زيادة عدد ومساحة المواقع المحمية خلال المدة من سنة ١٨٧٥ حتى ١٩٩٠.	٣٥٢
شكل (٧٥) التوزيعات الثلاثة الهامة لمنحنيات السيادة والتنوع.	٣٦٥
شكل (٧٦) تدرج بيئى إفتراضى لتسعة أنواع (S_1-S_9) وتوزيعها فى ثلاثة عشر موقعا (C_1-C_{13}).	٣٧٠
شكل (٧٧) الطيف الهيمروبى لنبات Euphorbia peplus كمثال لنبات مرتبط بالمواقع شديدة التأثر بنشاطات الإنسان.	٣٩١
شكل (٧٨) الطيف الهيمروبى لنبات Prunus serotina كمثال لنبات مرتبط بالمواقع قليلة التأثر بنشاطات الإنسان.	٣٩١
شكل (٧٩) الطيف الهيمروبى لنبات Poa palustris كمثال لنبات غير مرتبط بدرجة محددة من درجات الهيمروبى.	٣٩٣
شكل (٨٠) عدد الأنواع الموجودة تحت مستويات مختلفة من الهيمروبى.	٣٩٣
شكل (٨١) تطور إنشاء المحميات الطبيعية فى مصر فى الفترة من عام ١٩٨٣ حتى عام ١٩٩٩.	٤١٧

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموضوع الصفحة

شكل (٨٢) خريطة المحميات الطبيعية المصرية الإحـــدى والعشـــرين ١ : رأس محمد، ٢ : الزرانيق، ٣: الأحراش، ٤: علبة، ٥: العميد، ٦: سالوجا ــ غزال، ٧ : أشتوم الجميل، ٨ : سانت كـــاترين، ٩: وادى الريان، ١٠ : بحيرة قارون، ١١ : الغابة المتحجـرة، ١٢ : وادى العلاقـى، ١٣ : قبـــــة الحســـنة، ١٤ : وادى الأسيوطى، ١٥ : كهف سنور، ١٦ : أبو جالوم، ١٧ : نبـــق، ١٨ : طابا، ١٩ : الـــبرلس، ٢٠ : جـــزر النيـــل، ٢١ : وادى دجلة. ٤١٩

شكل (٨٣) تنسيق المحميات الطبيعية المصرية بالنسبة للمساحة والتنـــوع الموطنى. ٤٢١

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الجزء الأول: حركية النظام البيئى

(Ecosystem Dynamics)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المقدمـــة

يهتم الإنسان منذ خلقه الله سبحانه وتعالى بكل ما يؤثر فى حياته من قـــوى طبيعية وحيوية. وقد بدأت المدنية فى الحقيقة منذ أن عـــرف الإنســـان كيـف يستخدم النار والوسائل الأخرى بذكاء ليحور ويبدل فى الظروف البدائية التـــى تحيط به. وفى وقتنا الحالى أصبح من الضرورى على الإنسان أن يتعرف علـى كل ما يحيط به من تعقيدات فى الظروف البيئية ويتعلم كيفية الإستغلال المنظـم لمصادر الطبيعة حتى يضمن لحضارته الإستمرار والبقاء. وعلم البيئة هو أحـد الفروع الأساسية لعلم الأحياء بغض النظر عن الموضـــع التصنيفـــى للكائنـــات الحية. ويمكن تحديد مكانة علم البيئة بالنسبة للدراسات الأحيائية مجتمعة وذلـــك بتعريف مختلف المستويات التى تتضمنها تلك الدراسات وهى كما يلى:

١ ــ الجزئ (Molecule)

٢ ــ العضية (Organelle)

٣ ــ الخلية (Cell)

٤ ــ النسيج (Tissue)

٥ ــ العضو (Organ)

٦ ــ الجهاز (System)

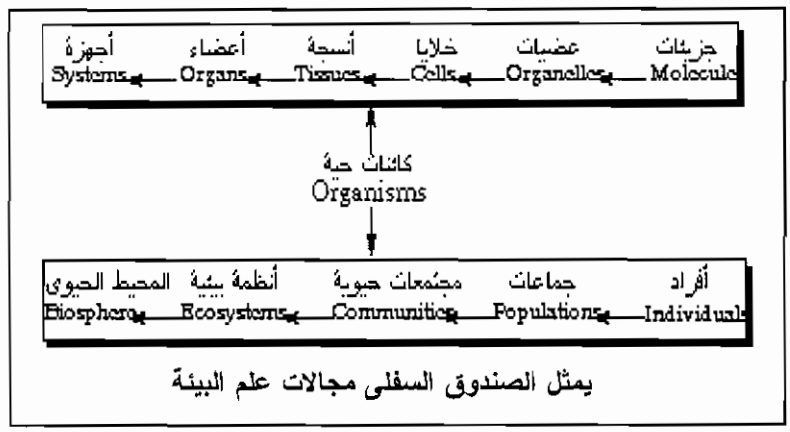
٧ ــ الفرد (Individual)

٨ ــ الجماعة (Population)

٩ ــ المجتمع (Community)

١٠ ــ النظام البيئى (Ecosystem)

١١ ــ المحيط الحيوى (Biosphere)

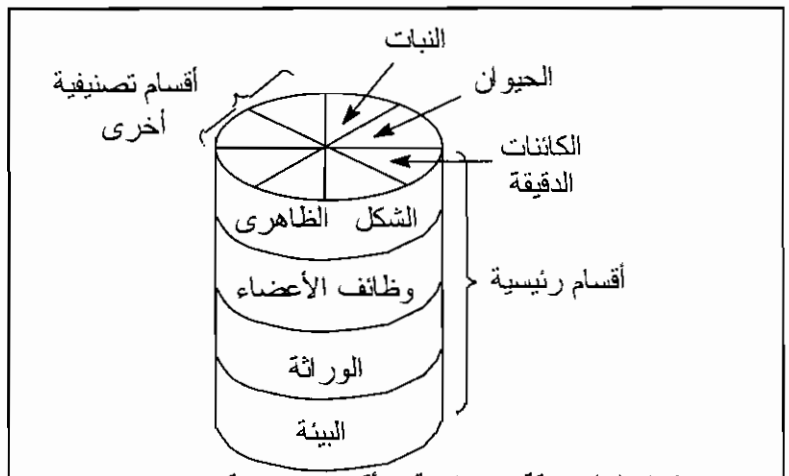


يمثل الصندوق السفلى مجالات علم البيئة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يهتم علم البيئة بدراسة المستويات الخمسة الأخيرة إبتداءاً من الفرد حتى المحيط الحيوى. وهذه الدراسات تجرى طبقاً لإتجاهات متعددة تكمل إحداها الأخرى، فمنها الدراسات الثابتة (Static) مثل دراسة التركيب الحالى للنظام البيئى، والدراسات المتحركة (Dynamic) من الناحية الوظيفية (مثل سريان الطاقة ودوران العناصر) ومن الناحية الزمانية (مثل التعاقب والتطور).

لتحديد مكانة علم البيئة بالنسبة لباقى العلوم الأحيائية الأخرى، يمكن تمثيل علم الأحياء باسطوانة تنقسم أفقياً إلى مجموعة الأقسام الرئيسية المتعلقة بمختلف الكائنات الحية والتى لا تختص بمجموعة تصنيفية محددة مثل : علم الشكل الظاهرى (Morphology)، علم وظائف الأعضاء (Physiology)، علم الوراثة (Genetics)، علم الأجنة (Embryology)، وعلم البيئة (Ecology). تقسم الاسطوانة أيضاً إلى أقسام رأسية تعرف بالأقسام التصنيفية (Taxonomic divisions) والتى يعبر كل قسم منها عن وحدة أحيائية ذات صفات معينة (شكل ١). ومن هذه نذكر ثلاثة أقسام كبيرة هى علوم النبات (Botany)، والحيوان (Zoology)، والكائنات الدقيقة (Microbiology) وهناك علوم تصنيفية فرعية نذكر منها علوم الطحالب (Phycology)، والفطريات (Mycology)، والبكتريا (Bacteriology)، والحشرات (Entomology)، والطيور (Ornithology) وغيرها.



شكل (١) علاقة علم البيئة بالأقسام الرئيسية لعلم الحياة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مما سبق يتضح أن علم البيئة هو أحد الأقسام الرئيسية لعلم الحياة ويعتبر بمثابة جزء أساسى لا يستغنى عنه لدراسة كل الكائنات الحية بغض النظر عن وضعها التصنيفى.

كما يمكن تقسيم علم البيئة طبقاً لتصنيف الكائنات التى تدرس إلى علم بيئة النباتات (Plant ecology)، علم بيئة الحيوانات (Animal ecology) وعلم بيئة الكائنات الدقيقة (Microbial ecology)، والتى بدورها يمكن تقسيم كل منها إلى أقسام تصنيفية أصغر فأصغر. إلا أن الإتجاه الحديث هو دراسة بيئة الكائنات الحية مجتمعة سواء كانت حيوانية أو نباتية أو دقيقة، بل أن الدراسات البيئية أصبحت أكثر شمولاً بحيث تتضمن كل ما هو غير حى فى المنطقة، أى دراسة ما يسمى بالنظام البيئى (Ecological system : Ecosystem).

إستخدمت كلمة بيئة (Ökologie : Ecology) لأول مرة سنة ١٨٦٩ بواسطة عالم الأحياء الألمانى إيرنست هيكل (Ernst Heakel) قاصدا بها علاقة الحيوان مع المكونات العضوية وغير العضوية فى البيئة. إلا أن هذا العلم لم يصبح قائماً بذاته له أساتذته ومذاهبه إلا فى أوائل القرن العشرين. ولم يشتهر استعمال هذه الكلمة فى المقالات العلمية وحتى فى الصحف اليومية إلا منذ خمسين عاماً فقط. تستمد كلمة "Ecology" معناها من الكلمة اليونانية "Oikos" ومعناها منزل، والحقيقة أن المقصود الحرفى لها هو دراسة الكائنات الحية فى أماكن تواجدها. وغالباً ما يعرف علم البيئة على أنه دراسة العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية بعضها البعض من جهة وبين الوسط التى تعيش فيه من جهة أخرى.

لابد أن يلم عالم البيئة بالعديد من مجالات المعرفة لما لهذا العلم من اتصالات وثيقة بباقى العلوم الأخرى مثل علم وظائف الأعضاء، والوراثة، والتصنيف، إلخ. فالباحث البيئى مثلاً يهتم أساساً بسلوك وتوزيع وحيوية الكائنات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

فى أماكن تواجدها، إلا أنه يهتم أيضاً، ولكن بدرجة أقل، بالعوامل الوراثية التى يتسبب عنها تباين فى التوزيع البيئى لأفراد جنس أو نوع معين من الكائنات. أما الفرق بين الباحث البيئى وباحث علم وظائف الأعضاء فتتلخص فى أن الأول يهتم بجماعات الكائنات وأقل عدد يخصه فى دراسته هو الفرد، أما باحث علم وظائف الأعضاء فيولى أكبر اهتماماته بما يدور داخل الخلية أو النسيج أو العضو أو الجهاز من الكائن الحى. ومن ثم فإن الهدف الذى يود أن يحققه باحث علم وظائف الأعضاء هو معرفة الوسط الداخلى للكائن الحى، بينما هدف الباحث البيئى معرفة الوسط الخارجى الذى يحيط بهذا الكائن ويؤثر على سلوكه وبالتالى على مايجرى بداخل أنسجته وخلاياه (الغنيمى ١٩٧٧).

ترتكز الدراسات البيئية فى وقتنا الحاضر بثقل كبير على الكثير من العلوم الأساسية، فمثلاً التقدم فى مجال الكيمياء والطبيعة والرياضيات والحاسب الآلى يمد الدراسات البيئية بالعديد من التقنيات ذات الأثر الفعال على تطوير النظريات البيئية التقليدية أو استحداث نظريات جديدة. كما أن علوم المناخ والجيولوجيا والأراضى هى أيضاً ذات علاقة وطيدة بالدراسات البيئية ولابد للمتخصص أن يكون على علم بها لما لها من تأثير على حياة الكائنات الحية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

نظرة تاريخية

إن الدراسة الأولى فى علم البيئة ارتبطت مع إنسان ما قبل التاريخ الذى حاول أن يفهم البيئة المحيطة أثناء بحثه عن الغذاء والملبس والمأوى. ومن الصعب جداً أن يفصل الكائن الحى عن بيئته المحيطة، فبيئة الكائن الحى هى حالته التى يعيشها فى موطنه البيئى. ومع تطور المعارف الإنسانية تزايدت أهمية الظروف البيئية وتزايد تأثر الإنسان بها فى جميع مجالات حياته. وقد جاء علم البيئة كامتداد لدراسات التاريخ الطبيعى التى كانت تُركز على تسمية الكائنات وإعطاء وصفاً لها ولبيئتها. أما علم البيئة اليوم فيركز على الدور الوظيفى لكل كائن فى بيئته المحيطة بشكل خاص وفى البيئة العامة بشكل عام.

كان للحضارة اليونانية دوراً مهماً فى علم البيئة، فقد نشر العالم اليونانى **أبو قراط الملقب بأبى الطب (٤٦٠ ــ ٣٧٧ ق.م)** كتاباً بعنوان "**عبر الأجواء والمياه والأماكن**" إدراكاً منه بتأثير هذه العوامل على حياة الكائنات الحية وخاصة الإنسان. وقد كان **لأرسطوطاليس (٣٨٤ ــ ٣٢٢ ق.م)** وتلاميذه دور كْبير فى تأليف كتب التاريخ الطبيعى التى يتحدثون فيها عن عادات الحيوانات ووصفها وبيئتها التى تعيش فيها، ولعل أشهر مؤلفاته فى هذا المجال كتاب "**الحيوان**" وهناك العديد من العلماء اليونانيين الذين بذلوا دوراً عظيماً فى مجال علم الحيوان والنبات.

شهدت الفترة التى يشار إليها من قِبَل بعض علماء الغرب بفترة الركود الفكرى والعصور المظلمة أبحاثاً ودراسات كثيرة فى علم البيئة قام بها علماء العرب والمسلمين، وقد اعترف بها قليل من علماء الغرب المنصفين. قد يُفهم

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

من عناوين هذه الكتب أنها تتحدث عن الحيوانات والنباتات، ولكن الذى يتفحص محتواها من الداخل يجد أنها تبحث فى سلوك وبيولوجية وبيئة هـــذه الكائنـــات وكيف تتأثر ببعضها البعض وبالبيئة المحيطة بها. ويلاحظ فى إسهامات علمـــاء العرب والمسلمين فى علم البيئة ما يلى **(نقلاً عن حاتوغ ــ بوران وأبو ديـــة ١٩٩٣)**:

١ ــ استفاد العلماء العرب والمسلمين من ترجمة علوم اليونان والهند والفـــرس وغيرهم فى ميدان النبات والحيوان والبيئة ودرسوها وطوروا الكثير مـــن النظريات والآراء العلمية البحثية والتطبيقية، ووضعوا إســـهامات جديـــدة وأرسوا قواعد هذه العلوم للحضارة الغربية الحديثة.

٢ ــ استند علماء العرب والمسلمين على التجربة والدراســـات الميدانيـــة فـــى الحقل، لذا نرى أنهم أرسوا أيضاً قواعد البحث العلمى فـــى مثـــل هـــذه العلوم.

٣ ــ لم يفصلوا بين علم الحيوان وعلم النبات ولا بيـــن الكثـــير مـــن العلـــوم المرتبطة بها كالجيولوجيا والصيدلـــة والطـــب وعلـــم المنـــاخ والتربـــة والزراعة، لإدراكهم بالعلاقة الوثيقة بين الحيوان والنبات والعناصر غـــير الحية.

الإسهامات التى قدمها العرب والمسلمين كثيرة ويصعب حصرها ومنها مـــا يلى:

١ ــ **درس الأصمعى** (٧٤٠ ــ ٨٣٠ م) بعض أصناف الحيوانات البريـــة والبحرية الأليفة والمتوحشة وقد أسهب فى دراسة بيولوجية الخيل والإبل. وقـــد كان **الجاحظ** (٧٦٧ – ٨٦٩ م) يلاحق الحيوان فى بيئته فيصف سلوكه ويتحـدث عن بيولوجيته، ويعد الجاحظ أول من تحدث عـــن أســـس المكافحـــة الحيويـــة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(Biological control) حين قال فى كتابه "**الحيوان**": "**فعلمت أن الصواب فى جمع الذباب مع البعوض، فإن الذباب يُفنيه**". وقد كان الجاحظ ينظر إلى الحيوان عند ولادته فيتحدث عن نشأته وموطنه وكيفية تربيته وإطعامه لصغاره، وكان يراقب الحيوان فى الحر والبرد والشمس والظل، كذلك كان يتحدث عن علاقته بالإنسان.

٢ ــ **أبدع أبو حنيفة الدينورى (توفى سنة ٨٩٤ م)** فى كتاب "**النبات**" فى تصنيف النباتات وشرح بيئتها وأماكن وجودها وقدَّر قيمتها الإقتصادية. أما **أبن جلجل (٩٧٦ ــ ١٠٠٩ م)** فقد ركز على بيئة الحشائش والأعشاب واستخداماتها فى علم الصيدلة والطب.

٣ ــ **كما يعتبر المجريطى (٩٥٠ ــ ١٠٠٨ م)** أول من وضع كتاباً أبرز فى عنوانه كلمة البيئة وذلك فى كتابه "**فى الطبيعيات وتأثير النشأة والبيئة على الكائنات الحية**". ويُعد المجريطى أول من تحدث فيما يعرف اليوم بمراتب السيادة لدى الحيوانات (Dominance heirarchy) فيتحدث عن أن بينها رئيساً ومرؤساً، فيقول : "**إن الحيوانات فيها التفاضل موجود كوجوده فى بنى آدم وفيها رؤساء وقادة فى كل جنس من أجناسها**".

٤ ــ أما **ابن سينا (٩٨٠ ــ ١٠٣٦ م)** فى كتابه "**الشفاء**" فقد درس الحيوانات المائية والبرمائية وعنى بالحيوانات المائية التى قسمها الى لُجية وشطية، وقسّم الشطّية الى طينية وصخرية. وتحدث ابن سينا ايضا فيما يسمى اليوم بعلم البيئة القديمة (Paleoecology) حيث استخدام الحفريات البحرية (Fossils) استخداماً صحيحاً للدلالة على ان أجزاء من الأرض كان يغمرها البحر فى سالف الأزمان. وقد درس ابن سينا بيئة بعض النباتات الطبية وركز على مواطن النباتات من حيث التربة التى تنمو فيها سواءً كانت مالحة أو غير مالحة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٥ ــ **إهتم ابن البيطار (١١٩٧ ــ ١٢٤٧ م)** فى كتابه "**الجامع لمفـــردات الأدوية والأغذية**" بدراسة النباتات وبيئتها. فقد فحص النباتات فى مختلف البلاد، خاصة شمال أفريقيا، واهتم بوصفها وصفاً دقيقاً كما يفعـــل علمـــاء التصنيـــف النباتى فى وقتنا الحاضر. وقد اتبع منهجاً علمياً لا يقل دقة عن المناهج الحديثـــة ويتضح ذلك من مقدمة كتابه سالف الذكر والتى كتب فيها "**استوعبت جميع مـــا فى الخمس مقالات من كتاب الأفضل ديقوريدس بنصه، وكذا فعلت أيضاً بجميع ما أورده الفاضل جالينوس فى الست مقالات من مفرداته بنصه، ثـــم ألحقـــت بقولهما من أقوال المحدثين فى الأدوية النباتية والمعدنية والحيوانية مـــا لـــم يذكراه، ووضعت فيه عن ثقات المحدثين وعلماء النباتيين مـــا لـــم يضعـــاه، وأسندت جميع تلك الأقوال إلى قائلها، وعرفت طريق النقل فيها بذكر ناقلـــها، فما صح عندى بالمشاهدة والنظر وثبت لدى ادخرته كنزاً سريا، وأما ما كـــان مخالفاً فى القوى والكيفية والمشاهدة الحسية فى المنفعـــة والماهيـــة نَبَذْتَـــهُ ظهرياً، ولم أحاسب فى ذلك قديماً لسبقه ولا محدثاً اعتمد على صدقه.**"

٦ ــ **أما القزوينى (١٢٠٨ ــ ١٢٨٣م)** فى كتابه "عجـــائب المخلوقـــات وغرائب الموجودات" فقد تحدث عن تأثير البيئة على الحيوان، وتحـــدث عـــن العلاقات الطيبة والعدائية بين الحيوانات أو ما يعرف اليوم بالتداخلات الحيويـــة (Biological Interactions)، فيقول عن حيوان الببر : **(حيوان هندى)، أقوى من الأسد وبينه وبين الأسد معاداة وإذا قصد الببر النمر فالأسد يعاون النمر، وبين العقرب والببر مصادقة وربما اتخذ العقرب فى شعر الببر بيتـــاً**. ويقـــول فـــى موضوع البيئة الحيوانية فى كتابه "**آثار البلاد وأخبار العباد**" متحدثاً عن الطيـــور "**والصقر والبازى والعقاب لا تفرخ إلا على رؤوس الجبال الشامخة، والنعامـــة والقطا لا يفرخان إلا فى الفلوات، والبطوط وطيور الماء لاتفرخ إلا فى شـــطوط الأنهار**"... **إلخ)**. ورغم أن علماء الغرب ينسبون علـــم التكـــافل (Symbiosis)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

للفيلسوف الألمانى جيتة لأنه تحدث عن التكافل بين نوعين مختلفين من الحيوانات، إلا أن القزوينى يعد أول من تطرق لهذه لنظرية.

٧ ــ **تحدث كمال الدين الدميرى (١٣٤٤ ــ ١٤٠٥م)** عن علم التكافل بين الأحياء، حيث جاء فى كتابه "**حياة الحيوان**" عند الكلام عن حيوان الضب "**وبينه وبين العقارب مودة، فذلك يؤويها فى جحره لتلسع المتحرش به إذا أدخل يده لأخذه**".

استمرت بعد ذلك دراسات التاريخ الطبيعى فى الحضارة الغربية ونشأت مجموعتان من الباحثين هما: الطبيعيون القاريون (Continental naturalists) والطبيعيون الجزيريون (Island naturalists). ويعتبر العالم همبولدت (V. Humboldt: 1804) من الطبيعين القاريين الذين درسوا التوزيع الجغرافى فى أمريكا الجنوبية وجمع عينات نباتية وسجل الظروف المحيطة بها كدرجة الحرارة والإرتفاع عن سطح البحر. درس العالم بيتس (H.W. Bates: 1825-1892) مجموعات النمل المختلفة فى أمريكا الجنوبية، كما درس البريطانى فوربس (E. Forbes : 1815 - 1854) نباتات وحيوانات البحر المتوسط ونشر عام ١٨٤٦ بحثاً يتعلق بالبيئة القديمة (Paleoecology) للجزر البريطانية فى البحر المتوسط . وقد حفز العالم السويسرى أجاسيز (L. Agassiz : 1807 - 1873) طلاب جامعة هارفرد بالولايات المتحدة إلى العودة إلى الطبيعة بدلاً من الإكتفاء بالدراسة المختبرية أو الإعتماد على الكتب، وقد نشرت أعماله فى كتاب بعنوان "**إسهامة فى دراسة التاريخ الطبيعى بالولايات المتحدة**"، ومن إنجازاته تأسيس محطة الحيوان عام ١٨٧٣ م كأول مختبر بحرى فى الولايات المتحدة. وقد اندفعت الكثير من الجامعات بعد ذلك لتأسيس مختبرات بحرية لدراسة الحيوانات المختلفة. ويعد داروين (C. Darwin : 1808 - 1882) من الطبيعيين الجزيريين،

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

حيث قام على ظهر الباخرة بيجل بزيارة مجموعة من الجزر المتفرقة (Galapagos islands).

وفى نهاية القرن التاسع عشر برز مصطلح المجتمع (Community) الذى يشير إلى تفاعل نوعين أو أكثر من الكائنات الحية فى قطعة محددة من البيئة، وقد نشر العديد من الدراسات فى علوم بيئة المجتمعات الحيوية، البيئة القديمة (Paleoecology)، الجغرافيا الحيوانية (Zoogeography) وعلم المحيطات (Oceanography). وبرز من علماء البيئة الجغرافية فى أوروبا العالمان وارمينج (E. Warming : 1895) و شيمبر (A.F.W. Schimper : 1898) اللذان وضعا أساساً لدراسة المجتمعات النباتية. وبعد ذلك تطورت دراسات البيئة فى أوربا بشكل منفصل عن أمريكا، ويعد العالم كولتر (H.M. Coulter) وتلميذه "كوليز" (H.C. Cowles) من الرواد فى دراسة المجتمعات النباتية وظاهرة التعاقب البيئى للنباتات (Succession). وفى الجزء الأول من القرن العشرين احتكرت بعض الجامعات الأمريكية علم البيئة عن طريق علماء مبدعين مثل كليمنتس (F.C. Clements) الذى ركز على دراسة تعاقب المجتمعات النباتية، فى حين أن العلماء الأوروبيين مثل برون بلانكيت (Braun-Blanquet : 1932) اهتموا بدراسة مكونات وتوزيع المجتمعات النباتية.

مما سبق نلاحظ أن الإهتمام تركز فيما مضى على دراسة نباتات اليابسة، غير أن الإهتمام بدراسة النباتات المائية تزايد بعد أن نشر العالم الأوروبى ثينمان (Thienemann) فى العشرينات أبحاثه حول مفهوم المستويات الغذائية (Trophic levels) وعلاقة المنتجات والمستهلكات بذلك. وكذلك يعتبر فوريل (Forel) فى الثلاثينات أول من استخدم مصطلح علم المياه العذبة (Limnology). وفى أمريكا تقدمت دراسات بيولوجية المياة العذبة على يدى فوربس (S.A. Forbes) و بيرج (E.A. Birge) اللذان درسا عملية التمثيل الضوئى والتنفس

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

والتحلل واهتما بقياس الطاقة فى البحيرات واستخدما مصطلح الإنتاجية الأولية (Primary production). كما يعد ليندمان (R.L. Lindman) أول من وضع مفهوم الديناميكية الغذائية (Trophic dynamics) فى نهاية الثلاثينات. وتبع هؤلاء علماء أبدعوا فى موضوع سريان الطاقة (Energy flow) مثل هتشينسون (G.E. Hutchinson : 1957 - 1969) و أودم (E.P. Odum) واللذان درسا دورات العناصر الغذائية فى الطبيعة، كما برز فى هذا الموضوع أوفينجتون (Ovington : 1962) فى بريطانيا و العالمان رودن و بازيليفيك (Rodin & Bazilievic : 1967) فى روسيا.

يعتبر العالم البريطانى تانسلى (A. Tansley) أول من طور مفهوم النظام البيئى (Ecosystem)، ثم كانت نظريات لوتكا (Lotka : 1925) و فولتيرا (Volterra : 1926) على ديناميكية الجماعات. ودرس جوس (Gause : 1935) العلاقة بين المفترسات والفرائس وعلاقة التنافس، أما نيكلسون (A.J. Nicholson) فقد درس العلاقات بين أفراد النوع الواحد. ويعتبر العالم جليسون (H. Gleason) أول من وضع مصطلح العش البيئى (niche) وتطور هذا المفهوم على أيدى إلتون (C. Elton : 1927) و هتشنسون (G. Hutchinson : 1957).

وقد اتسع علم البيئة وتعددت فروعه ونشط الباحثون فى كل أنحاء العالم وانتشرت كذلك مراكز أبحاث البيئة والمحميات الطبيعية، ومع تفاقم مشاكل البيئة فى عصرنا الحاضر تدخل الإقتصاديون والساسة فى محاولة للسيطرة على هذه المشاكل فأقاموا المؤتمرات البيئية العالمية والجمعيات البيئية التى تنادى بوقف التلوث وإصلاح ما تم تدميره فى النظام البيئى. لذا فنحن نعيش عصراً يمكن تسميته عصر البيئة (Ecology era)، حيث انتشرت المعلومات البيئية عن طريق وسائل الإتصال المعروفة لتصل إلى كل المواطن تحث على المشاركة فى حماية البيئة على كوكب الأرض: "**ظهر الفساد فى البر والبحر بما كسبت أيدى الناس ليذيقهم بعض الذى عملوا لعلهم يرجعون**" (الروم ٤١).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

١ النظام البيئى

يعرف النظام البيئى على أنه أى وحدة مساحة من المحيط الحيوى (Biosphere) ممثلاً فى الغلاف الأرضى (Lithosphere) أو المائى (Hydrosphere) أو الجوى (Atmosphere)، بما عليها من كائنات حية (النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة، والتى تسمى بالمجتمع الحيوى: Biotic community، بحيث تتفاعل فيما بينها من جهة وفيما بينها وبين العوامل الطبيعية السائدة فى المنطقة (عوامل التربة والمناخ) من جهة أخرى، بما يسمح بوجود نظام ثابت تتبادل فيه المادة بين المكون الحى وغير الحى فى دورة متكاملة ينشأ عنها سريان للطاقة ودوران للعناصر مما يؤدى إلى وجود مستويات غذائية محددة أو مايسمى بالسلسلة الغذائية (Food Chain). ومن ثم يتضح أن النظم البيئية يمكن أن تدرس على مستويات مختلفة، فمثلاً يمكن اعتبار المحيط الحيوى بأكمله نظام بيئى متكامل، كما أن المحيطات والبحيرات والأنهار والغابات والصحارى يعتبر كل منها نظام بيئى متكامل جدير بالدراسة.

تعتمد الحيوانات ومعظم الكائنات الخالية من الكلوروفيل فى غذائها على النباتات الخضراء، وتعتمد هذه النباتات الخضراء فى غذائها على طاقة الشمس وثانى أكسيد الكربون والماء والمواد الخام الذائبة فى محلول التربة (كيفية قيام النباتات الخضراء بتكوين المواد الكربوهيدراتية والبروتينية والدهون وغيرها من المواد المعقدة من اختصاص علم وظائف الأعضاء). و المعادلة التى توضح

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

كيفية تكوين سكر الجلوكوز من ثانى أكسيد الكربون والماء والطاقة الضوئية مع انطلاق الأكسجين معروفة منذ زمن طويل (البناء الضوئى):

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O + Energy \underset{\text{هدم}}{\overset{\text{بناء}}{\rightleftharpoons}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

ومن ثم فإن عملية البناء الضوئى تتضمن اختزان جزء من الطاقة الضوئية فى صورة مواد غذائية وهى عملية لا تتم إلا فى وجود الضوء وجهاز إنزيمى مصاحب لمادة الكلوروفيل. كما أنه من المعروف أيضاً أن بناء الأحماض الأمينية والبروتينات يتم فى نفس الوقت الذى يتم فيه بناء الجلوكوز. وتمثل هذه العملية حلقة الوصل بين المكونات غير الحية والمكونات الحية للنظام البيئى. أما التنفس فهو عملية حيوية معاكسة فى إتجاهها لعملية البناء الضوئى إذ فيها تتأكسد المواد الغذائية المختزنة مطلقة ما بها من طاقة تجعل النمو والحركة ممكنة وتمد الجسم باحتياجاته من الحرارة. ولا تقتصر عملية التنفس على كائن معين بل هى عملية حيوية لازمة لكل الكائنات.

تعرف المواد الأولية التى تتكون منها التربة (مثل الماء والعناصر الغذائية) والغلاف الجوى الذى يحيط بها (مثل الحرارة والضوء والمطر والغازات الهوائية) بالمكون غير الحى (Abiotic component) للنظام البيئى، وتسمى هذه العناصر مجتمعة بمستودع الغذاء (Food pool)، أما الكائنات الحية (النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة) فتعرف فى مجموعها بالمكون الحى (Biotic component) أو المجتمع الحى (Biotic community) للنظام البيئى. ومن الوجهة الوظيفية فإن المكون الحى للنظام البيئى يتكون من ثلاثة مستويات رئيسية هى:

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أ ــ **الكائنات المنتجة** (Producers) وهى كائنات ذاتية التغذية (Autotrophs) غالباً ما تحتوى على الكلوروفيل وبالتالى قادرة على القيام بعملية البناء الضوئى وإنتاج الغذاء (النباتات الخضراء).

ب ــ **الكائنات المستهلكة** (Consumers) وهى كائنات مستهلكة للغذاء أو إعتمادية التغذية (Heterotrophs)، وهى غالباً من الحيوانات التى تعتمد فى تغذيتها على النبات بطريق مباشر أو غير مباشر. تنقسم الكائنات المستهلكة عموماً حسب مستواها الغذائى إلى كائنات مستهلكة من المستوى الأول وهى التى تعتمد مباشرة فى غذائها على النباتات ويطلق عليها آكلات العشب (Herbivores)، وكائنات مستهلكة من المستوى الثانى وهى التى تعتمد فى غذائها على حيوانات مستهلكة من المستوى الأول ولذا يطلق عليها آكلات اللحوم (Carnivores)، وهناك كائنات من المستوى الثالث، والرابع حسب تدرج المستويات الغذائية فى النظام البيئى كما هو موضح بالمخطط التالى:

العشب	← حشرة آكلة عشب	← ضفدعة	← ثعبان	← نسر (طير جارح)	
كائن منتج	مستوى أول	مستوى ثان	مستوى ثالث	مستوى رابع	

كائنات مستهلكة تمثل أربعة مستويات غذائية

جـ ــ **الكائنات المحللة** (Decomposers) وهى أيضاً من الكائنات المستهلكة إعتمادية التغذية لكنها تقوم بتحليل بقايا الكائنات الأخرى محولة ما بها من مواد غذائية معقدة التركيب إلى مواد بسيطة تستخدم جزءاً منها فى بناء أنسجتها وتعيد الجزء الأكبر إلى التربة. وينتمى إلى هذه المجموعة العديد من الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والفطريات وتسمى بالكائنات المستهلكة الصغيرة (Microconsumers) تمييزاً لها عن الكائنات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المستهلكة الكبيرة (Macroconsumers) مثل الحيوانات الراقية. والمخطط التالى (شكل ٢) يوضح العلاقات بين مكونات النظام البيئى المختلفة:

المستنقع كنظام بيئى مائى (Pond Ecosystem)

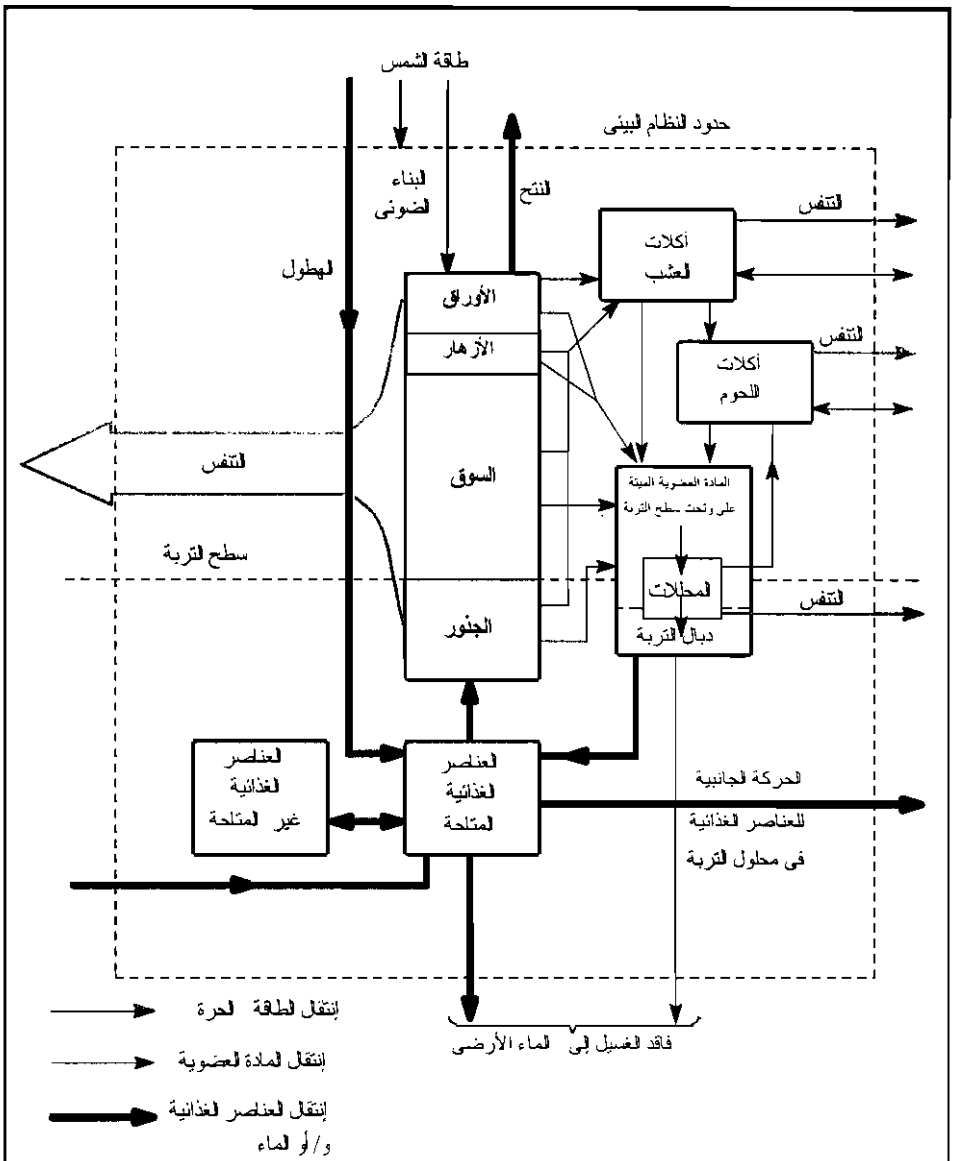
يحتوى المستنقع على نباتات بذرية وغير بذرية وطحالب وفطريات وبكتريا وحيوانات لا فقارية وفقارية كمكونات للجزء الحى فى هذا النظام البيئى. ومن جهة أخرى فإن الماء والعناصر الغذائية المذابة فيه بالإضافة إلى الطاقة الضوئية والغازات الذائبة فى الماء وفى الهواء المحيط تمثل المكون غير الحى للنظام البيئى للمستنقع. وعند قيام الباحث البيئى بدراسة نظام البحيرة فإنه يأخذ عينات من مائها على أعماق مختلفة لفحصها كما يلى:

١ ــ فصل الهائمات النباتية (Phytoplankton) من عينة الماء بالقوة الطاردة المركزية، من أجل التعرف على الأنواع المكونة لها وكمياتها.

٢ ــ ترشح عينة أخرى من الماء ثم يذاب ما على ورقة الترشيح فى الأسيتون لتعيين كمية الكلوروفيل والأصباغ الأخرى. وتحديد كمية الكلوروفيل على الأعماق المختلفة يعكس قدرة الكائنات المحتوية على الكلوروفيل عند هذه الأعماق على تثبيت ثانى أكسيد الكربون وبالتالى على صنع المواد الغذائية. وكمية الكلوروفيل عند مختلف الأعماق هى محصلة للعديد من العوامل البيئية مثل كمية الضوء والحرارة والعناصر الغذائية المذابة فى الماء. ومن جهة أخرى فإن تحديد كمية الكلوروفيل يمكن أن يكون دليلاً على وزن أو كتلة الكائنات الحية المنتجة فى الأعماق المختلفة.

٣ ــ وبالمثل فإن عينة ثالثة من الماء تستغل فى تحديد عدد ووزن كل من الكائنات المستهلكة الصغيرة والتى تعرف باسم الهائمات الحيوانية (Zooplankton).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٢) مخطط توضيحى عام لنظام بيئى (Moore and Chapman 1986)

٤ ــ أما الحيوانات الكبيرة والأسماك فيمكن جمعها بشـــباك خاصـــة وتحديـــد أنواعها وكمياتها.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٥ ــ بالنسبة للنباتات الكبيرة الحجم المغمورة والطافية والظاهرة فيمكن جمعها بطرق متعددة لتحديد أنواعها وكمياتها مثل طرق الحصاد المباشر باستخدام مربعات معلومة المساحة أو شباك أو حواجز.

٦ ــ أما تحديد نوعيات وكميات الكائنات الدقيقة الأخرى مثل البكتريا والفطريات فتحتاج لتقنيات معقدة للتعرف عليها.

٧ ــ كما أن المكونات غير الحية من عناصر غذائية وطاقة ضوئية تحتاج إلى قياسات موسمية دقيقة ومستفيضة وعلى أعماق مختلفة وفى مواقع تختار بتنظيم معين وطبقاً لخطة مدروسة.

أرض الحشائش كنظام بيئى أرضى (Grassland Ecosystem)

فى مثل هذه النظم من الأنسب للباحث أن يقوم بدراسة الكائنات المنتجة (الحشائش والأعشاب المصاحبة لها)، والكائنات المستهلكة (حيوانات الرعى البرية والمستأنسة) كل على حده ثم ربط كل منها بالآخر وبالكائنات المحللة (مثل البكتريا والفطريات)، وأخيراً ربط هذا كله بطبيعة وكيمياء التربة والظروف المناخية السائدة فى المنطقة. تؤخذ عينات الدراسة من العديد من المواقع بحيث تمثل كل أو معظم المتغيرات فى البيئة المحيطة (Environment) حتى يمكن تحليل النتائج إحصائياً. وعادة ما يتم اختيار هذه المواقع بطرق معيارية تضمن تمثيل كل بقعة فى المنطقة المدروسة دون تحيز.

ومن الجدير بالذكر عند مقارنة النظام البيئى الأرضى بالنظام البيئى المائى ما يلى:

١ ــ تميل الكائنات المنتجة الأرضية أن تكون أقل عدداً، ولكن أكبر حجماً (كأفراد وككتله حية بالنسبة لوحدة المساحة). يتضح هذا عند مقارنة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أراضى الغابات ذات الأشجار الضخمة بالمحيط المفتوح حيث الهائمات النباتية أصغر حتى من مثيلاتها الموجودة بالمستنقع.

٢ ــ تستهلك المنتجات الأرضية قدر كبير من طاقتها الإنتاجية فى تكوين أنسجة دعامية، وبناء على ذلك فإنها تشارك بقدر أكبر فى النسيج التركيبى للنظام البيئى عند مقارنتها بالمنتجات المائية.

٣ ــ معدل أيض المنتجات الأرضية، بالنسبة لوحدة الحجم أو الوزن، أقل من مثيله بالنسبة للمنتجات المائية. فحينما يكون أيض المستنقع عند الذروة يمكن أن تتضاعف كمية الهائمات النباتية فى اليوم الواحد، بينما النباتات الأرضية ذات العمر الأطول يكون عائد إنتاجها أقل.

٤ ــ توجد جماعات الكائنات الدقيقة المترممة بكمية أكبر فى التربة عنها فى الرواسب تحت الماء المفتوح، حيث أن الفتات الليفى للنباتات الأرضية صعب التحلل عند مقارنته بفتات الهائمات النباتية ذى الأجزاء الصغيرة سهلة التحلل والإستهلاك بواسطة الحيوانات الصغيرة.

٥ ــ يميل عدد ووزن الكائنات المستهلكة الكبيرة أن يكون متقارباً فى كل من النظم البيئية الأرضية، وذلك حينما تكون الطاقة المتاحة فى كليهما متساوية.

٦ ــ يلزم لتثبيت جرام واحد من ثانى أكسيد الكربون فى النظام البيئى لأراضى الحشائش أو الغابات مرور ما يقرب من ١٠٠ جرام من ماء التربة خلال الأنسجة النباتية ومن ثم إلى الهواء (من خلال عملية النتح) مما يتطلب إنفاق قدر كبير من الطاقة الشمسية فى هذه العملية. وفى المقابل لا تحتاج الهائمات النباتية المغمورة لمثل هذا الحجم من الماء.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ العمليات الوظيفية فى النظام البيئى

مقدمة

ترتبط الكائنات الحية التى تعيش فى النظام البيئى بواسطة علاقات تحكمها احتياجاتها من المواد الغذائية والطاقة اللازمة. ويمكن تعريف الطاقة من وجهة النظر الميكانيكية بأنها القدرة على أداء العمل. وتحدد الصفات السلوكية للطاقة فى نطاق قانونين من قوانين الديناميكا الحرارية (Thermodynamics). يشير القانون الأول إلى أن "**الطاقة تتحول من صورة إلى أخرى ولكن لاتفنى أو تستحدث**"، بينما يشير القانون الثانى إلى أن "**تحول الطاقة من صورة إلى أخرى (مثل تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة مختزنة فى بروتوبلازم الخلية) يصاحبه دائما فقد جزء منها فى صورة طاقة حرارية تصبح غير متاحة للإستخدام**"، وبالتالى لا يوجد تحول كامل بنسبة ١٠٠% لصور الطاقة.

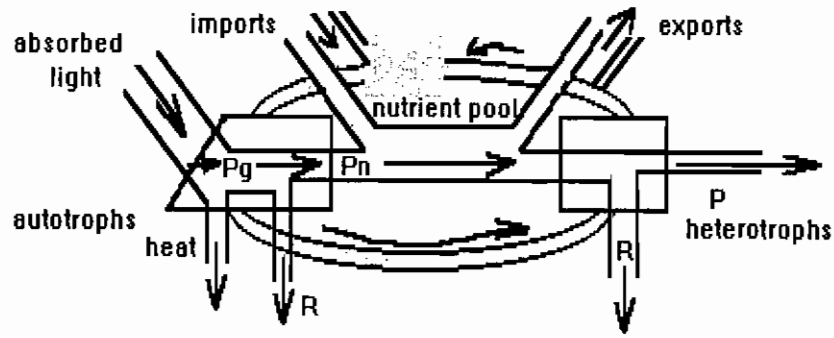
يصاحب التباين فى متطلبات الحياة المختلفة تحول طاقة من صورة إلى أخرى. ويعد الجزء المرتبط بتحولات الطاقة بين مكونات النظام البيئى الجزء الأهم من وجهة النظر البيئية. فأشكال العلاقات بين المكونات المختلفة مثل تلك التى تربط بين النباتات والحيوانات آكلة العشب، أو بين المفترسات وفرائسها، إلى جانب أنواع وأعداد الكائنات الحية فى بيئة ما، تمثل جميعا علاقات محددة من انتقال الغذاء (المواد المحملة بالطاقة) من كائن إلى كائن آخر وهى عملية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تحكمها نفس القوانين الأساسية التى تحكم انتقال الطاقة وتحول صورها فى النظم غير الحية (كالمحركات والسيارات). ومن هذا المنطلق فإن الكائنات الحية تشبه الآلات الميكانيكية من حيث احتياجاتها لقدر من الطاقة للقيام بعملها. ولهذا يقوم بعض المهتمين بالبيئة باعتبار النظم البيئية على اتساعها ممثلة لآلة مستمرة فى العمل بفعل ما تستقبله من طاقة إلى جانب ما تحتويه من عناصر غذائية (عبد الرازق والمراغى ١٩٩٥).

تستمد الكائنات الحية احتياجاتها من العناصر الغذائية من المكون اللاأحيائى للنظام البيئى. وغالباً ما تعود هذه المواد فى نهاية الأمر إلى مصادرها مرة أخرى بفعل عمليات تحلل البقايا والموتى من الكائنات، وهذا يتيح بدروه حركة دورانية ثابتة للعناصر الغذائية بين مكونات النظام البيئى يشترك فيها كل من المكونين الأحيائى وغير الأحيائى فيما يسمى بالدورات الأحيائية الأرضية الكيميائية (Biogeochemical cycles). تمثل الشمس المصدر الأساسى للطاقة اللازمة لإتمام هذه الدورات حيث تقوم كائنات البناء الضوئى باستغلال طاقة الإشعاع الشمسى بشكل مباشر فى تحضير مركبات عضوية غنية بالطاقة التركيبية، والتى يتم تمريرها عبر الكائنات الحية الأخرى بشكل يكون ناتجه النهائى سريان للطاقة فى اتجاه واحد ودوران للمادة الغذائية. وتمثل الكائنات الحية بالنسبة لمسرى الطاقة عوامل نقل بين المكونات الأحيائية للنظام البيئى. يصاحب كل خطوة من خطوات انتقال الطاقة بين هذه العوامل فقد كمية منها على شكل طاقة حرارية تتشتت فى الفراغ ولا تستطيع الكائنات الحية استخدامها مرة أخرى كمصدر للطاقة اللازمة للقيام بمناشطها الحيوية. والمخطط التالى يوضح تلازم عمليتى سريان الطاقة ودوران العناصر داخل النظام البيئى (شكل ٣).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٣). مخطط سريان الطاقة ودوران العناصر

سريان الطاقة (Energy flow)

يستخدم فى قياس الطاقة وحدات عالميـــة مثـــل الجـــول (Joule) والسُـــعر (Calory). ويعرف السُعر على أنه كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام من الماء درجة مئوية واحدة (١٠٠٠ سُعر = كيلو سُعر). أما الجـــول فيعـــادل ٠,٢٣٩ سُعر (١ سُعر = ٤,١٨٤ جول). يوضح جدول (١) محتـــوى الطاقـــة بالجول فى بعض المكونات العضوية والكائنات الحية:

جدول (١). متوسط محتوى الطاقة فى بعض المكونات العضوية والكائنات الحية.

المكونات والاحياء	جول لكل جرام مادة جافة
أولاً : المكونات العضوية	
الكربوهيدرات	١٦,٧
البروتينات	٢٠,٩
الليبيدات	٣٨,٥
ثانياً : الأحياء	
نباتات أرضية	١٨,٨
طحالب	٢٠,٥
لافقاريات	١٢,٦
حشرات	٢٢,٦
فقاريات	٢٣,٤

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مصدر الطاقة (Source of energy):

بالرغم من أن مركز الأرض يحتفظ بقدر كبير من الطاقة نتيجة لارتفاع درجة حرارة محتوياته فإن كل الطاقة الموجودة على سطحها تصل إليها من الشمس التى تعتبر مفاعل نووى شديد الضخامة والقوة يَطلِق العديد من أشكال الطاقة إلى الفضاء. لايصل من طاقة الإشعاع الشمسى إلى الكرة الأرضية سوى جزء ضئيل (حوالى ١/٢٠٠ مليون) من الموجات الكهرومغناطيسية ذات الأطوال الموجية واسعة المدى. ويبلغ مقدار الطاقة التى تستقبلها الأرض من الإشعاع الشمسى حوالى ١٠,٨ مليون ك جول/ متر٢/سنة، ويتم انعكاس مباشر لحوالى ٤٠% منها بفعل السحب والغبار الجوى والأسطح اللامعة للأرض، خاصة الصحارى والغطاءات الجليدية، يتم ذلك دون حدوث أى تأثير حرارى لهذه المكونات (تسمى هذه الظاهرة بإسم "البيدو" : Albedo). يتم امتصاص ما يصل إلى ١٥% من طاقة الإشعاع الشمسى الواصل إلى الكرة الأرضية وتحويلها إلى طاقة حرارية فى الغلاف الجوى خاصة فى طبقة الأوزون (Ozonosphere)، وبفعل بخار الماء المحمول فى طبقات الجو الأخرى، حيث يمتص الأوزون الموجود فى طبقة الإستراتوسفير (Stratosphere) عادة الموجات فوق البنفسجية القصيرة (أقل من ٠,٣ ميكرون) ذات التأثير القاتل على المادة الحية. أما باقى الإشعاع، ويمثل ٤٥% من الإشعاع الذى يصل إلى الكرة الأرضية، فيخترق الطبقة السفلى للغلاف الجوى (Troposphere) إلى سطح الأرض. وعموماً توجد ثلاثة أنواع رئيسية من الموجات التى تخترق الغلاف الجوى لتصل إلى سطح الأرض: ١ ــ الموجات الضوئية المرئية، ٢ ــ بعض موجات الأشعة تحت الحمراء القريبة الطول من الموجات الضوئية، ٣ ــ جزء صغير من موجات الأشعة فوق البنفسجية. وتبلغ أطوال الموجات الكهرومغناطيسية التى تصل إلى سطح الأرض من ٠,٣ ميكرون إلى ١٠ ميكرون (أى ٣٠٠ إلى ١٠,٠٠٠ مليميكرون)، حيث تقع أطوال الموجات المرئية (الضوء) من ٣٩٠ إلى ٧٦٠ مليميكرون.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تعتبر نوعية الطاقة الإشعاعية التى تصل إلـــى ســطح الأرض (الطــول الموجى أو اللون) وشدة الإشعاع (كمية الطاقة التى تحملـــها) وطــول الفــترة الزمنية التى تتعرض لها (طول الفترة الضوئية) عوامل بيئية ذات تأثيرات هامة على الكائنات الحية. فتتأثر الحيوانات والنباتات بالموجات الضوئية ذات الأطوال المختلفة وتتجاوب معها، حيث تتكون أجهزة مختلفة للرؤية الملونة فـــى بعــض أنواع الحيوانات دون غيرها، وتُظهِر النباتات الخضراء بعض الإختلافات فـــى عملية البناء الضوئى ونواتجها وخاصة النباتات المائية. ينتج عن اختراق الضوء للماء تصفية للموجات الحمراء والزرقاء لتبقى الموجات الضوئية الخضراء ذات الإمتصاص الضعيف بواسطة كلوروفيل الطحالب الخضـــراء، بينمـــا تســتطيع الطحالب الحمراء بما تحتويه من صبغات خاصة من اســـتغلال هــذه الطاقـــة الضوئية، وبالتالى يمكنها أن تعيش فى أعماق أكبر من تلك التى تعيـــش فيـــها الطحالب الخضراء.

يمثل الضوء، أو الموجات المرئية، حوالى ٤٥% من الإشعاع الذى يصـــل إلى سطح الأرض، والذى يمثل بدوره الطاقة الإشعاعية النشطة فى عملية البنـاء الضوئى. وفوق ذلك فإن جزء صغير جداً من تلك الطاقة وتحت الظروف المثلى (حوالى ٥% من الإشعاع الواصل إلى الأرض أو ما يقابل ١٠% من الإشـــعاع النشط) يتحول بفعل عملية البناء الضوئى (Photosynthesis) التـــى تقــوم بـــها النباتات إلى إنتاج أولى كلى (Gross primary production). أما كميـــة المـــادة العضوية التى يتم اكتسابها من عملية البناء الضوئى بعد احتساب الفقد الناتج عن التنفس (تسمى بالإنتاج الأولى الصـــافى : Net primary production) فتتبـــاين قيمتها ما بين ٥٠% إلى ٨٠% من الإنتاج الأولى الكلى. وكمـــا هـــو موضـــح بجدول (٢) فإن المتوسط العالمى لكمية الطاقة التى يتم تثبيتها بواسطة النباتـــات الخضراء على الأرض لايتعدى ٠,١ من مجموع الإشعاع الشمسى الـــذى يصـــل الأرض.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٢) نسبة انتقال طاقة الإشعاع الشمسى إلى إنتاج أولى

الخطوات	مجموع طاقة الإشعاع	الممتص بالنباتات	الإنتاجية الأولية الكلية	الإنتاجية الأولية الصافية
القصوى	١٠٠	٥٠	٥	٤
متوسط أمثل	١٠٠	٥٠	١	٠,٥
متوسط عالمى	١٠٠	٥٠ <	٠,٢	٠,١

إنتقال الطاقة (Energy transfer):

تمثل الجزيئات العضوية المحتوية على الطاقة والتى تنتجها الكائنات ذاتية التغذية (Autotrophs) المصدر الرئيسى من المادة والطاقة للكائنات غير ذاتية التغذية (Heterotrophs) والتى تعيش معاً فى النظام البيئى. فعلى سبيل المثال يمكن أن يتغذى أحد الحيوانات على نبات ما، فإذا ما افتُرس هذا الحيوان بحيوان آخر، فإن الطاقة تنتقل إلى الأخير. وهكذا يتم انتقال الطاقة من خلال مراحل متتابعة بين الكائنات الحية، يتغذى كل منها على الكائن الحى السابق له ليحصل على احتياجاته من المواد الأولية والطاقة فيما يعرف بالسلسلة الغذائية (Food chain). وتعرف كل مرحلة من مراحل السلسلة الغذائية بإسم المستوى الغذائى (Trophic level)، حيث تحتل الكائنات ذاتية التغذية المستوى الغذائى الأول وتسمى بالمنتجات الأولية (Primary producers)، ويطلق إسم المستهلكات الأولية (Primary consumers) على الكائنات فى المستوى الغذائى الثانى، والمستهلكات الثانوية (Secondary consumers) على الكائنات فى المستوى الغذائى الثالث. وعادة يوجد أربعة أو خمسة مستويات. غذائية ونادراً ما تتعدى ستة مستويات.

١ ــ **المنتجات الأولية**. كائنات ذاتية التغذية من النباتات الخضراء أساساً بما فى ذلك الطحالب الخضراء. تقوم هذه الكائنات بتحويل الطاقة الضوئية (طاقة الإشعاع الشمسى) إلى طاقة كيميائية مخزنة فى التركيبات العضوية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المختلفة التى تكون أنسجتها عن طريق عملية البناء الضوئى (التمثيل الضوئى Photosynthesis). وهناك قدر يسير من الطاقة يتم الحصول عليه بواسطة بكتريا البناء الكيميائى (Chemosynthesis) باستخدام المركبات غير العضوية. وتعد الطحالب المنتجات الأولية الرئيسية فى النظم البيئية المائية، وأهمها وأكثرها إنتاجاً الطحالب وحيدة الخلية التى تعيش فى الطبقات السطحية من المحيطات والبحيرات وتسمى الهائمات النباتية (Phytoplankton). يقابل هذا على اليابسة منتجات أولية كبيرة الحجم من النباتات عاريات ومغطاة البذور والتى تمثل الغابات والأراضى النجيلية وغيرها من أشكال الكساء النباتى.

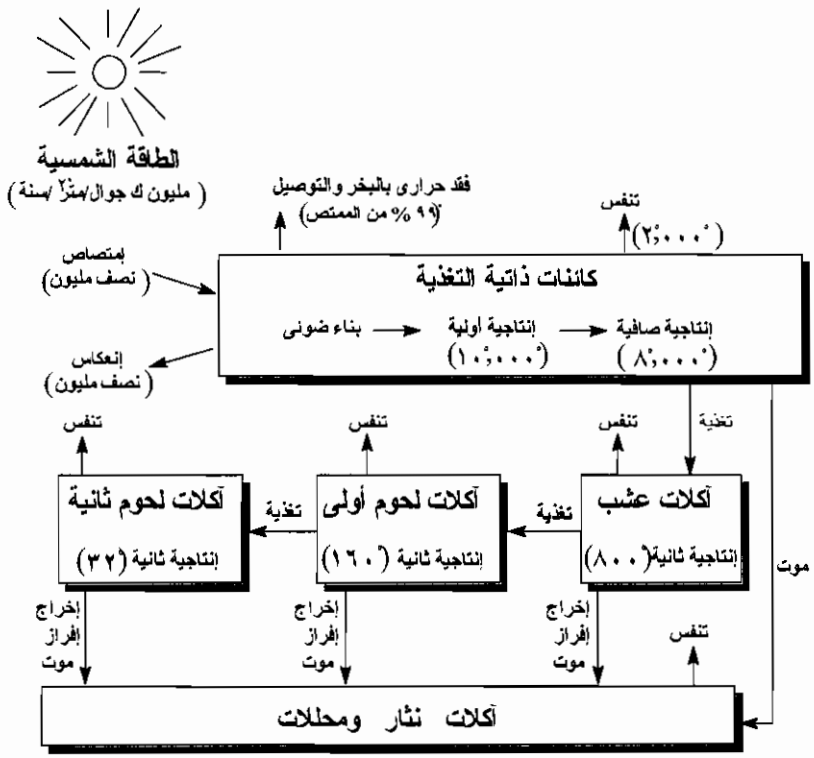
٢ ــ **المستهلكات الأولية :** تتغذى على المنتجات الأولية وتعد بذلك من آكلات العشب (Herbivores). ينتمى إليها أنواع مختلفة من الحيوانات كالحشرات والزواحف والطيور والثدييات التى تعيش على اليابسة. أما فى النظم المائية المالحة والعذبة، فإن آكلات العشب تتمثل فى أشكال الهائمات الحيوانية (Zooplankton) والقشريات ويرقات الحشرات المائية والحيوانات الأخرى. ويمكن أن يضاف إلى المستهلكات الأولية الكائنات المتطفلة على النباتات مثل الفطريات وبعض أنواع النباتات الأخرى والحيوانات التى تعتمد فى غذائها على النبات العائل.

٣ ــ **المستهلكات من المرتبة الثانية والثالثة :** تتغذى المستهلكات من المرتبة الثانية على آكلات العشب وتعد لذلك من آكلات اللحوم (Carnivores)، وتتغذى مستهلكات المرتبة الثالثة على مستهلكات المرتبة الثانية وتعد من آكلات اللحوم أيضاً، وفى كلا المرتبتين قد تقوم الكائنات باقتناص فريستها للحصول على غذائها (كائنات مفترسة : Predatory)، أو تأكل جثث الحيوانات الميتة (كائنات مترممة : Saprophytic) أو تعيش متطفلة على عوائلها من الحيوانات الأخرى (كائنات متطفلة : Parasitic). ونلاحظ فى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

السلسلة الغذائية النموذجية أن آكلات اللحوم تزداد حجماً عند كل مستوى غذائى لاحق (مثال : نبات ← ذبابة ← عنكبوت ← طائر آكل حشرات ← بومة).

٤ ــ **المحللات وآكلات النثار** : يوجد بشكل عام نوعان أساسيان من سلاسل الغذاء هما السلاسل الغذائية الرعوية (Grazing food chains) والسلاسل الغذائية النثارية (Detritus food chains). وكما هو موضح بشكل (٤) تحتل النباتات الخضراء المستوى الغذائى الأول من السلسلة الرعوية، وهى بذلك تتيح لآكلات العشب الحصول على غذائها.



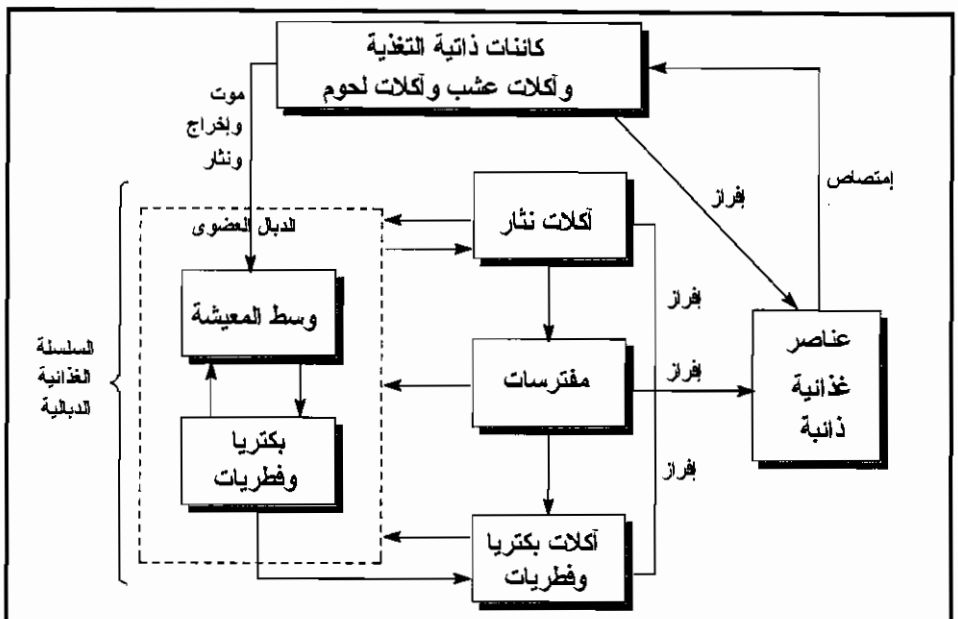
شكل (٤). سريان الطاقة خلال سلسلة رعوية (مثال النظام البيئى لأراضى المراعى).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أما السلاسل النثارية فتعتمد على ما تحتوية النباتات والحيوانات الميتة من طاقة ومواد أولية، وينطبق هذا أيضاً على المواد الخارجية والبقايا المفرزة من الأحياء خلال نشاطها. ويتم تحلل هذه المواد العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة من الفطريات والبكتريا التى تعيش مترممة على البقايا (تسمى هذه الكائنات بالمحللات : Decomposers)، تقوم هذه الكائنات بإفراز إنزيمات هاضمة خلال البقايا والمواد الميتة وتعيد امتصاص نواتج عملية الهضم. ويعتمد معدل هذه العمليات على الوسط الذى يتم تحليله والمناخ السائد. وعادة ما يتم استهلاك المادة العضوية لإخراجات الحيوانات وجثثها فى خلال أسابيع قليلة، بينما تحتاج الأشجار الميتة وفروعها المتساقطة إلى سنوات طويلة. وغالبا مايكون معدل عملية التحلل سريعاً فى البيئات الرطبة والحارة كما فى مناطق الغابات الإستوائية المطيرة، وبطيئاً فى البيئات الباردة والجافة.

تسمى جزيئات المواد عند المستويات المختلفة من التحلل بإسم الدبال (Humus) والذى يختلط بحبيبات التربة المعدنية معطياً لها اللون الداكن. تقوم العديد من الحيوانات الصغيرة بالحصول على غذائها من هذا المكون (مثال دودة الأرض وديدان أخرى)، وهى تساهم بذلك فى إضافة حلقات إلى عملية تفتيت وتكثير هذه المواد. ويطلق على الكائنات الحية التى تستخدم الدبال إسم آكلات النثار (Detritivores). وبسبب التداخل والنشاط المتبادل لكلاً من المحللات الحقيقية (البكتريا والفطريات) والحيوانات آكلات النثار فإنه عادة وبغرض التيسير يطلق عليهما معاً إسم المحللات. ومن جهة أخرى فإن آكلات النثار من الحيوانات الصغيرة قد تصبح هى الأخرى غذاء لحيوانات أكبر، ويمثل هذا نوعاً آخر من السلاسل الغذائية النثارية (شكل ٥).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



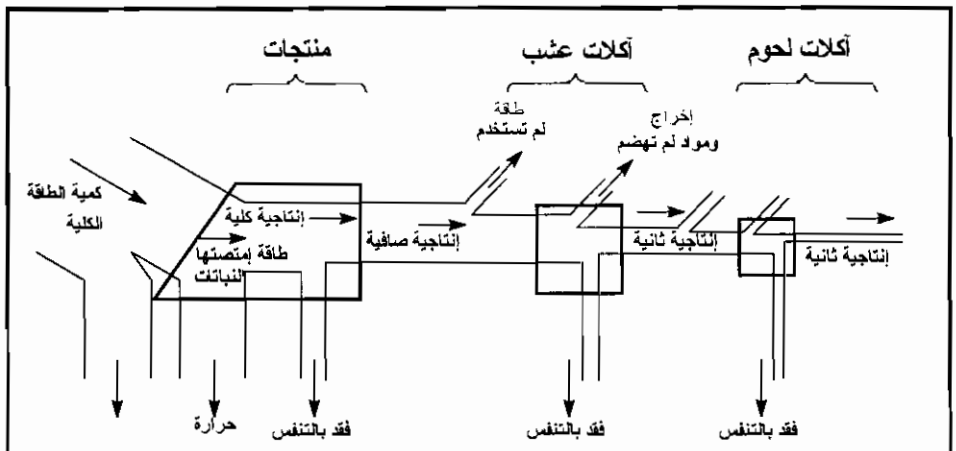
شكل (٥). مسارات السلسلة الغذائية الدبالية ومكوناتها.

نتيجة لوجود كتلة كبيرة من المواد التركيبية والتدعيمية بنباتات النظم البيئية الأرضية فإن دبالها يحتوى على كم كبير من الألياف المقاومة لعمليات التحلل بفعل الكائنات غير ذاتية التغذية بالتربة. ومن جهة أخرى فإن سيل البقايا ونثار الهائمات النباتية فى النظم المائية يتكون من جزيئات صغيرة يسهل تحللها، ويتم استغلال الجزء الأكبر منها فى تغذية الحيوانات البحرية الصغيرة فى الطبقات العليا من الماء. ولهذا يمكننا توقع وجود أكبر عدد من مجموعات الكائنات المترممة والمحللة فى تربة اليابسة عنها فى الترسيبات البحرية للماء المفتوح. بينما تكاد أن تتساوى أعداد المستهلكات الكبيرة فى نظم كلاً من اليابسة والماء.

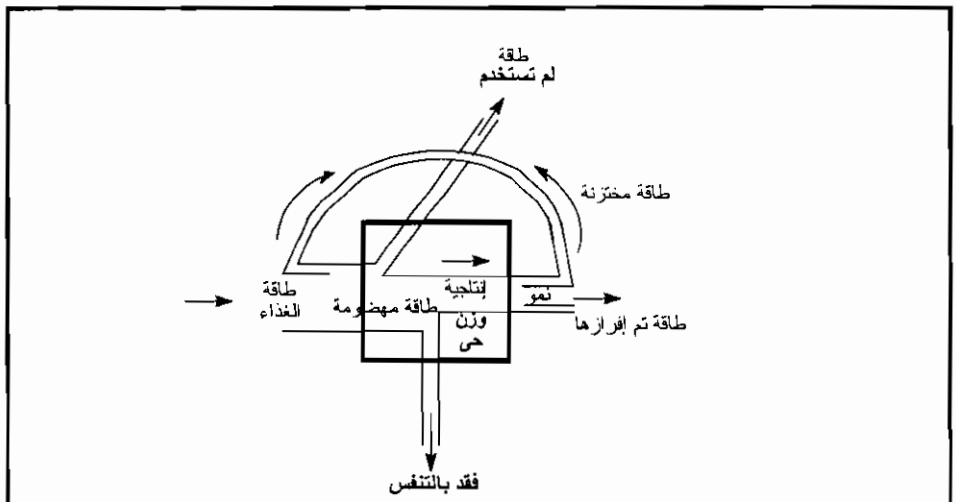
يمكن توضيح أساسيات السلاسل الغذائية وعلاقتها بقانونى الديناميكا الحرارية، الذين سبق الإشارة إليهما، باستخدام المخططات الخاصة بنموذج تدفق الطاقة ذات الشعبة الواحدة (Single channel model) حيث تمثل "الصناديق"

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المستويات الغذائية المختلفة بينما تمثل "القنوات" مسار تدفق الطاقة إلى كل مستوى غذائى وخروجها منه، تبعاً للنموذج الكلى لمسرى الطاقة (شكل ٦، ٧).



شكل (٦). مسرى الطاقة فى النموذج ذى الشعبة الواحدة.

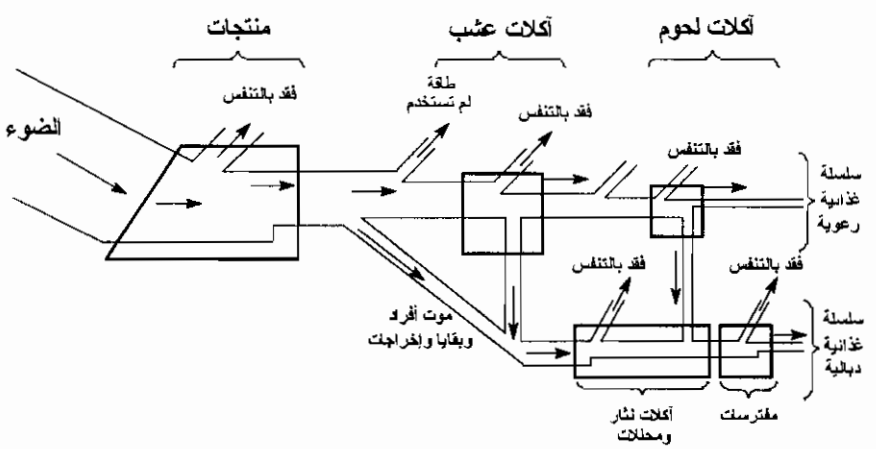


شكل (٧). النموذج الكلى لمسرى الطاقة خلال أى مستوى غذائى.

يتضح من هذين الشكلين توازن الداخل والخارج من تدفقات الطاقة بما يتوافق مع القانون الأول للديناميكا الحرارية. بينما يتضمن كل تحول للطاقة،

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

بدخول أحد المستويات الغذائية، تشتت قدر منها على شكل حرارة غير متاحة (ناتجة عن عملية التنفس) وهو ما يتوافق مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية. كما يمكن الفصل بين السلسلة الغذائية الرعوية والسلسلة الغذائية النثارية فى النظم البيئية باستخدام المخططات الخاصة بتدفق الطاقة ذات الشعبتين (Y-shaped flow diagram) كما يتضح من شكل (٨).



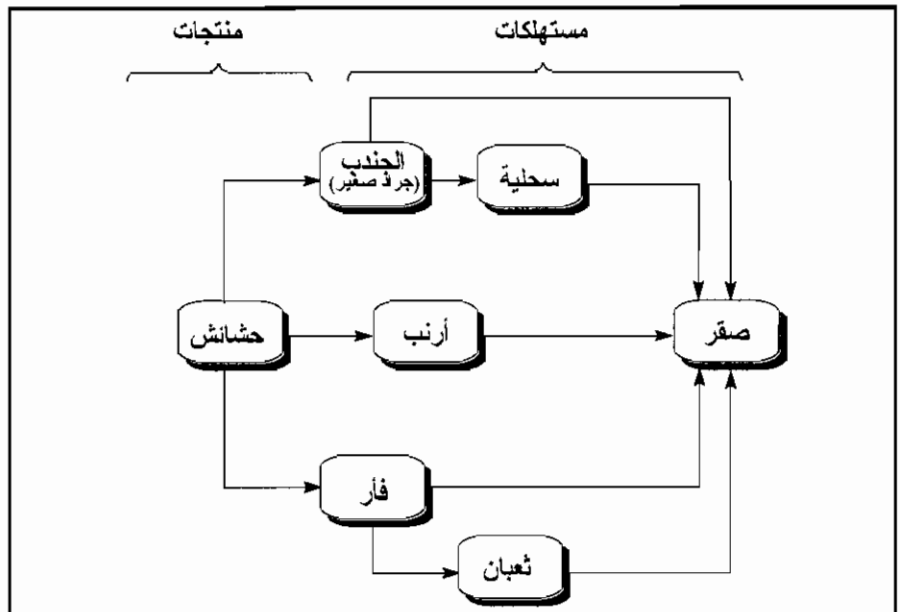
شكل (٨). مسارات الطاقة فى النموذج ذو الشعبتين

الشبكات الغذائية (Food webs) :

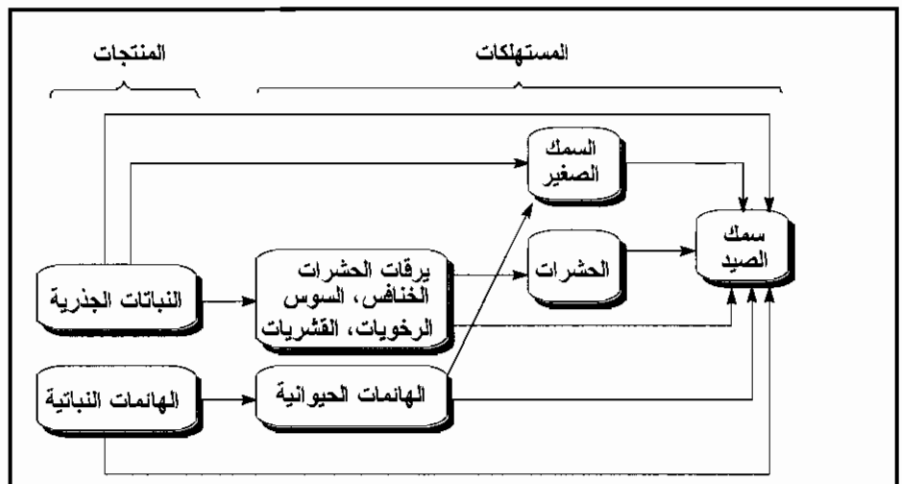
عادة ما يتم عند مناقشة السلاسل الغذائية تبسيط الأمر بتحديد نوع واحد من الغذاء لكل كائن حى ممثل فى السلسلة، إلا أن هذا لا يحدث فعلاً فى الطبيعة حيث تتداخل العلاقات الغذائية بشكل أكثر تعقيداً فى النظام البيئى. وبالتالى فإن الكائن الحى الواحد يمكن أن يتغذى على أكثر من نوع من الكائنات الحية الأخرى فى نفس السلسلة الغذائية أو فى عديد منها فى الأوقات المختلفة. ويظهر مثل هذا التداخل بصورة أكثر وضوحاً عند المستويات الغذائية العليا من آكلات اللحوم. ومن أمثلة ذلك ما نجده فى حالة الإنسان الذى يتغذى على نباتات وحيوانات وفطريات. تسمى الكائنات متعددة المصادر الغذائية بإسم كائنات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المستوى الغذائى الخليط (Omnivores). بناءاً على ماسبق فإن السلاسل الغذائيــة الحقيقية تتداخل وتتشابك بشكل كبير لينتج عنها ما يسمى بالشبكة الغذائية (Food web) كما هو موضح بالشكلين (٩، ١٠).



شكل (٩). رسم تخطيطى لشبكة غذائية فى أراضى الحشائش.



شكل (١٠). رسم تخطيطى لشبكة غذائية فى مستنقع.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الأهرامات البيئية (Ecological pyramids) :

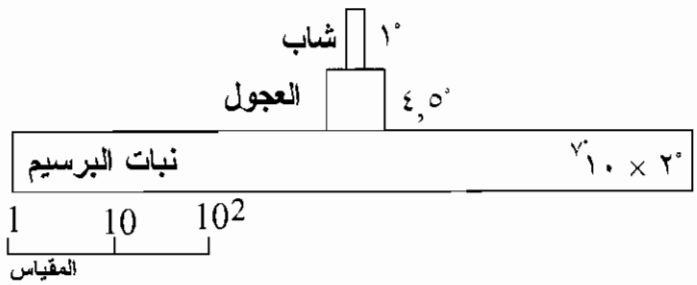
يمكن توضيح العلاقات الغذائية للنظام البيئى وعملية انتقال الطاقة خلال مكوناته الأحيائية فى شكل كمى للتركيب الغذائى. ويتم ذلك على صورة الكتلة الحية القائمة فى وحدة المساحة، أو على صورة كمية الطاقة المثبته فى وحدة المساحة ووحدة الزمن للمستويات الغذائية المتتابعة. ويتم التعبير عن هذه القياسات عادة على شكل مخططات توضيحية تسمى بالأهرامات البيئية (شكل ١١)، والتى تمثل قواعدها المستوى الغذائى الأول (المنتجات) لتصبح أساساً للمستويات اللاحقة التى توضع أعلاها وصولاً إلى قمة الهرم. وتمثل هذه الأهرامات شكلاً مبسطاً عند مقارنة النظم البيئة المختلفة، بالإضافة إلى إمكان إظهار التباينات الموسمية الناشئة عن أحد المكونات فى أحد النظم البيئية. ويمكن تمثيل الأهرامات البيئية للنظم البيئية باستخدام أعداد أو كتلة أو طاقة الكائنات الحية (Odum 1971).

١ ــ **هرم الأعداد (Pyramid of numbers)**. عادة ما يفوق عدد الكائنات الصغيرة عدد الكائنات الكبيرة فى مساحة محددة من النظام البيئى. ويمكن استخلاص التباين فىأعداد الحيوانات لمراتب حجمية مختلفة على شكل هرمى يسمى هرم الأعداد، خاصة مع الإحتمال الأكبر أن الكائن المفترس أكبر حجماً من فريسته. ويتم الحصول على قراءات هرم الأعداد الممثل للمستويات الغذائية المختلفة بعد الكائنات الموجودة فى مساحة معينة، ثم توزيعها فى مجموعات تمثل المستويات الغذائية المختلفة. وينتج عن ذلك غالباً شكلاً تتناقص فيه الأعداد عند كل مستوى غذائى أعلى من سابقه. وتوضع النباتات بدورها عند القاعدة (المستوى الغذائى الأول). وغالباً ما يفوق أعداد أفراد النباتات مايليها من أعداد الحيوانات فى المستوى الغذائى الثانى. ومن أهم المشكلات فى استخدام هرم الأعداد صعوبة تحديد المستوى الغذائى الممثل لكل كائن، إلى جانب التباين الكبير فى أحجام المنتجات (قارن مثلاً بين أحجام الأشجار والهائمات النباتية)،

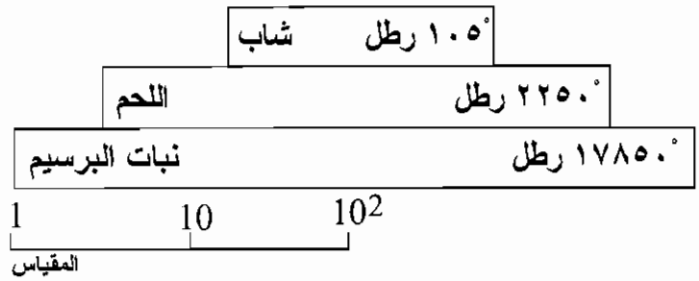
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وأخيراً فإن أعداد الكائنات فى المستويات المختلفة تتباين بشدة مما يصعب معه أحياناً تمثيله فى الهرم الغذائى بنفس المقاييس.

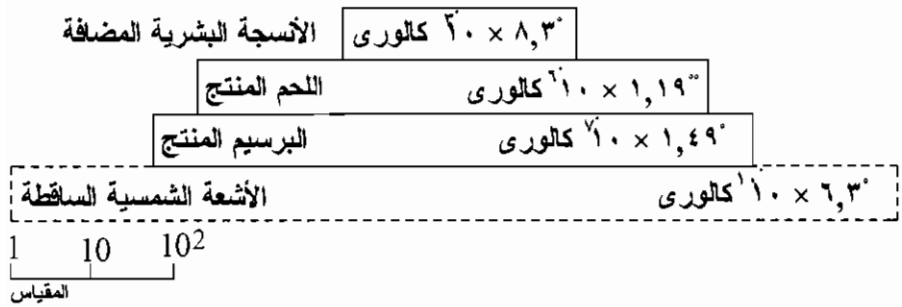
هرم الأعداد



هرم الكتلة



هرم الطاقة



شكل (١١). الأشكال الثلاثة للأهرامات البيئية لسلسلة غذائية افتراضية: "برسيم حجازى ــ عجل ــ شاب" محسوبة على أساس مساحة ١٠ إيكرات وعام واحد ومرسومة على مقياس لوغاريتمى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ ــ **هرم الكتلة (Pyramid of biomass)**. يمكن التغلب على مشاكل استخدام هرم الأعداد باستخدام هرم يسمى هرم الكتلة يمثل فيه الوزن الكلى للكائنات (مجموع الكتلة الحية) فى مساحة معينة موزعاً على المستويات الغذائية المختلفة. ويستلزم تمثيل هذا الهرم القيام بتقدير أوزان أفراد ممثلة للكائنات الحية المختلفة مع إجراء تعداد شامل لهذه الكائنات فى المساحة المحددة وبذلك يمكن تقدير الوزن الكلى لها بعملية حسابية. كما يتطلب للحصول على تمثيل صحيح أن يكون ذلك مقدراً بالوزن الجاف (يتم سواء بتجفيف العينات قبل وزنها أو بحسابها من الأوزان الرطبة بعد معرفة نسب الرطوبة لكل منها). تمثل المستطيلات فى الرسم الهرمى أوزان الكائنات الممثلة لكل مستوى غذائى منسوبة إلى وحدة المساحة أو وحدة الحجوم. تسمى الكتلة الحية المقاسة عند زمن محدد بإسم الوزن القائم (Standing biomass) وأحياناً تسمى وزن المحصول القائم (Standing crop biomass). ويجب ملاحظة أن الوزن القائم لاينبئ عن معدل الإنتاجية (Productivity) أو معدل الإستهلاك (Consumption)، ويرجع ذلك إلى الآتى:

أ ــ إذا تساوت بشكل تقريبى قيمة معدل الإستهلاك (النقص نتيجة الإغتذاء على المحتوى) وقيمة معدل الإنتاج لأحد المستويات الغذائية، فإن الوزن القائم لا يمثل إنتاجية كائنات هذا المستوى. وعلى سبيل المثال فإن الوزن القائم لنباتات أحد المراعى الخصيبة ذات الإنتاجية المرتفعة والتى تتعرض لعمليات رعى مكثف قد يكون أقل من الوزن القائم لنباتات مرعى أقل خصوبة وفى نفس الوقت أقل تعرضاً لعمليات الرعى.

ب ــ فى حالة المنتجات الصغيرة، مثل الطحالب، يرتفع معدل الإستعواض (Turnover rate) لما تفقده من مكوناتها الأحيائية، والذى يمثل أساساً معدل النمو والتكاثر. وكمثال لهذا تستطيع النباتات الدقيقة فى البحيرة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الضحلة أن تستعوض أفرادها (تستطيع استبدالهم) فى يوم واحد عند الدرجات المثلى من عملية الأيض. ويقابل هذا معدلاً مرتفعاً من الإستهلاك والموت فى هذه المجموعة من الكائنات. ولهذا فإنه بالرغم من صغر الوزن القائم لهذه الكائنات مقارنة بالمنتجات الكبيرة مثل الأشجار، فإن معدل الإنتاجية لكلى المجموعتين يكاد أن يتساوى.

جـ ــ تستثمر النباتات الأرضية ذاتية التغذية جزءاً كبيراً من طاقتها الإنتاجية فى بناء أنسجة تدعيمية، نظراً لأهمية الدعامة لأفرع وأوراق النباتات عندما تنمو فى الهواء عن مثيلاتها التى تنمو فى الماء. ولاتحتاج هذه الأنسجة التدعيمية إلى قدر كبير من الطاقة للحفاظ عليها نظراً لحتوائها على قدر كبير من السيليلوز واللجنين المقاوم للإستهلاك. وبالتالى يكون معدل الأيض لوحدة الحجوم أو الأوزان فى النباتات الأرضية أقل بكثير عنه فى النباتات المائية.

٣ ــ **هرم الطاقة (Pyramid of energy)**. يعتبر هرم الطاقة أكثر الوسائل دقة فى تمثيل العلاقات بين الكائنات الممثلة لمستويات غذائية مختلفة للأسباب التالية:

أ ــ إدخال مقياس معدل الإنتاج عند تمثيل الهرم مقارنة بغيابه فى الأهرامات الممثلة للأعداد أو الأوزان والتى تمثل فقط الحالة الراهنة للكائنات عند نقطة محددة من الزمن. ولهذا فإن كل قياس عند أحد المستويات الغذائية فى هرم الطاقة يمثل فى الحقيقة كمية الطاقة منسوبة لوحدة المساحة أو الحجوم والتى تسرى من خلال هذا المستوى فى وحدة الزمن.

ب ــ غالباً ما تختلف كمية الطاقة الموجودة فى وزن محدد من أنواع الكائنات المختلفة مما ينتج عنه عدم صحة المقارنات المعتمدة على الأوزان فقط.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جـ ــ يسهل باستخدام أهرامات الطاقة إجراء مقارنات بين الأهمية النسبية لجماعات الأنواع المختلفة الموجودة فى نفس النظام البيئى. كما يمكن إضافة الدخل الكلى للطاقة الشمسية عند قاعدة هرم الطاقة كوحدة توضيحية إضافية.

وعلى الرغم من اعتبار هرم الطاقة أكثر الأهرامات البيئية دقة فى تمثيل العلاقات بين المستويات الغذائية المختلفة إلا أنه يعد أكثرها صعوبة من حيث تحصيل المعلومات اللازمة للقيام بتمثيله وتقدير قيم الطاقة فى وحدة الأوزان من الكائنات الحية.

كفاءة انتقال الطاقة (Efficiency of energy transfer):

يتم دخول الطاقة إلى المكون الأحيائى من النظام البيئى عبر المنتجات الألولية والتى تقوم باختزانها فى صورة مواد عضوية يمكن أن تستخدم كمادة غذائية. ويسمى معدل اختزان الطاقة على هذه الصورة بإسم الإنتاجية الأولية (Primary productivity). ويمثل هذا المقياس أهمية كبيرة للنظام البيئى حيث يحدد كمية الطاقة الكلية القابلة للسريان خلال المكون الأحيائى من هذا النظام، ويحدد بالتالى كمية الوزن القائم للأحياء التى يمكن أن يعولها هذا النظام وإمدادها باحتياجاتها الضرورية لمناشطها المختلفة.

تختلف كمية الطاقة الشمسية التى يستقبلها سطح الأرض بتباين خطوط العرض واختلاف صفات الموقع. كما تختلف كمية الطاقة التى تستقبلها النباتات باختلاف مواصفات الطاقة الضوئية الساقطة عليها وتركيب وكثافة الكساء النباتى فى المواقع المختلفة (جدول ٣). ويمتص حوالى ١ ــ ٥% من طاقة الإشعاع الشمسى بواسطة الكلوروفيل حيث يستخدم فى إنتاج الجزيئات العضوية. ويطلق على المعدل الذى يتم به اختزان النباتات للطاقة الكيميائية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المثبته إسم الإنتاجية الأولية الكلية (Gross primary productivity)، ويستخدم من هذه الإنتاجية الكلية ما يقابل ٢٠ ــ ٥٠% لحظياً فى عملية التنفس (احتياج بقاء المكونات الأحيائية) ليبقى الجزء المكتسب المسمى بالإنتاجية الأولية الصافية (Net primary productivity) الذى يختزن فى أنسجة النباتات متاحاً للمستوى الغذائى اللاحق. كذلك فإن الحيوانات آكلات العشب وآكلات اللحوم تفقد قدراً من الطاقة التى تكتسبها بعملية الغذاء نتيجة لعمليات التنفس والإخراج والإفراز ويبقى جزءاً متاحاً لعمليات الإنتاج على شكل نمو واستعواض أجزاء وتكاثر. ويطلق على الإنتاج فى هذه الكائنات غير ذاتية التغذية إسم الإنتاجية الثانوية (Secondary productivity).

تتمثل قياسات الإنتاجية (Measurment of productivity) فيما يلى:

١ ــ **معدل النمو النسبى (Relative growth rate)** : حيث ينتج عن عملية البناء الضوئى زيادة فى الوزن الجاف للنبات مسبباً النمو، ويعرف معدل النمو النسبى كمقدار اكتساب زيادة فى الوزن منسوباً إلى الوزن الكلى للنبات فى وحدة الزمن كما يتضح من المعادلة التالية:

$$\text{معدل النمو النسبى} = \frac{\text{الزيادة فى الوزن الجاف فى وحدة الزمن (ن)}}{\text{الوزن الجاف للنبات}}$$

$$\text{حيث (ن)} = \frac{\text{الوزن الجاف بعد زمن (ز) - الوزن الجاف عند البداية}}{\text{طول الفترة الزمنية للقياس (ز)}}$$

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٣). قيم تقديرية للإنتاجية الأولية الكلية للنظم البيئية الرئيسية فى الماء واليابسة.

النظام البيئى	المساحة (مليون كم٢)	الإنتاجية الكلية (ك سعر/م٢/سنة)	الإنتاج الكلى (١٠× ١٦ ك سعر/ سنة)
محيطات مفتوحة	٣٢٦	١٠٠٠	٣٢,٦
مناطق شاطئية	٣٤	٢٠٠٠	٦,٨
مناطق الغمر	٠,٤	٢٠٠٠	٦,٨
شعاب مرجانية	٢	٢٠,٠٠٠	٤,٠
المجموع	**٣٦٢,٤**	–	**٤٣,٦**
صحارى وتندرا	٤٠	٢٠٠	٠,٨
حشائش ومراعى	٤٢	٢٥٠٠	١٠,٥
غابات جافة	٩,٤	٢٥٠٠	٢,٤
غابات صنوبرية	١٠	٣٠٠٠	٣,٠
زراعات بدائية	١٠	٣٠٠٠	٣,٠
غابات رطبة	٤,٩	٨٠٠٠	٣,٩
زراعات مدعمة	٤,٠	٢٠ ,٠٠٠	٢٩,٠
المجموع	**١٣٥,٠**	–	**٥٧,٤**
المتوسط الكلى للمحيط الحيوى	٥٠٠	٢٠٠٠	١٠٠

٢ ــ **معدل البناء الضوئى (Net assimilation rate : NAR)**. يطلق عليه إسم وحدة معدل الأوراق (Unit leaf rate)، ويربط بين الزيادة فى الوزن الجاف للنبات ومجموع مساحة أوراقه طبقاً للمعادلة التالية :

$$\text{معدل البناء الصافى} = \frac{\text{الزيادة فى الوزن الجاف فى وحدة الزمن}}{\text{مجموع مساحة الأوراق}}$$

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ **الوزن القائم (Biomass)**. يمثل الوزن الكلى الجاف لجميع الكائنات فى النظام البيئى. وعلى الرغم من صعوبة قياس الوزن القائم بشكل دقيق إلا أن تقدير هذه الأوزان له فائدة عند مقارنة الأراضى المختلفة أو النظم البيئية المتباينة.

٤ ــ **معامل مساحة الأوراق (Leaf area index)**. يمثل قياس مساحة الأوراق الكلية فوق وحدة المساحة من سطح الأرض، وزيادة قيمة هذا المعامل للنباتات يعنى زيادة الكمية الممتصة من الطاقة الضوئية الساقطة على الأرض.

تمثل النسب بين كميات تدفق الطاقة عند مواقع مختلفة على طول السلسلة الغذائية قيم بيئية هامة نستطع باستخدامها تفسير بعض الظواهر البيئية، تسمى هذه النسب معاملات الكفاءة البيئية (Ecological Efficiency)، ومنها ما يعبر عن كفاءة تثبيت الطاقة الضوئية الممتصة بواسطة النباتات الخضراء، أو كفاءة انتقال الطاقة بين المستويات الغذائية المتتابعة.

دوران العناصر الغذائية (Nutrient Cycling)

الخصائص العامة:

يوجد فى الطبيعة ما يزيد على ٩٠ عنصراً كيميائيا منها ما يقرب من ٤٠ عنصراً تستخدمها الكائنات الحية كعناصر هامة لحياتها. تحتاج الكائنات الحية إلى بعض هذه العناصر بكميات كبيرة نوعاً ما وتعرف بإسم العناصر الكبرى (Macronutrients) مثل الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والبوتاسيوم، وتحتاج إلى البعض الآخر بكميات صغيرة أو حتى ضئيلة جداً وتسمى بالعناصر الصغرى (Micronutrients) مثل الزنك والبورون والأسترانشيوم. ولا دخل لهذا التقسيم بكون العنصر أساسى من حيث الأهمية لوظائف الحياة أو غير أساسى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ترتبط قدرة الكائنات الحية على استخدم العناصر الغذائية بوجودها على سطح القشرة الأرضية أو بالقرب من السطح، أو مذابة فى ماء المحيطات والمياه العذبة. ولهذا السبب فإن استمرارية الحياة وتلبية متطلباتها تستلزم إعادة ما تستخدمه الكائنات من عناصر فى عملياتها الأيضية مرة أخرى للطبيعة بحيث تصبح متاحة للكائنات مرة أخرى. وبهذا تبقى العناصر الغذائية داخل النظام البيئى متنقلة بين مكوناته بشكل مستمر. ويتم ذلك من خلال دورات أكبر وأشمل وفى مسارات دائرية مميزة للعناصر الكيميائية فى المحيط الحيوى. تتبادل العناصر مواقعها من المكونات غير الحية إلى الكائنات الحية ثم إلى المكونات غير الحية مرة أخرى. تعرف هذه الدورات بإسم الدورات الحيوية الأرضية الكيماوية (Biogeochemical cycles)، وللتبسيط يطلق عليها إسم دورات العناصر الغذائية (Nutrient cycles).

توجد العناصر الغذائية عادة بأشكال مختلفة فى المكونات الطبيعية للنظم البيئية (الهواء و التربة و الماء). فعلى سبيل المثال، يوجد الأكسجين بشكله الجزيئى (O_2) مذاباً فى الماء، ولكنه يمكن أن يدخل فى تركيب كيميائى مع الهيدروجين مكوناً الماء (H_2O)، أو يظهر على شكل أكاسيد مثل أكسيد الحديد (F_2O_3) وأملاح مثل كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) عند وجوده فى التربة، كما أنه يدخل كمكون فى معظم المركبات العضوية فى المحيط الحيوى. وتجدر الإشارة إلى أن أكثر من ٩٠% من الأكسجين الموجود فى الأرض يوجد على هيئة صخور جيرية رسوبية من كربونات الكالسيوم وهو شكل يكاد يكون غير متاح للمحيط الحيوى (ما عدا الجزء الذى يتم إطلاقه أثناء ثورات البراكين). وفى المقابل يوجد الشكل الرئيسى للنيتروجين فى صورة جزيئية ممثلة بالآزوت الجوى (N_2)، إلا أن الشكل المتاح للإستخدام بواسطة النباتات هو مركبات النترات (NO_3) الذائبة فى محلول التربة والماء.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يمثل الأكسجين احتياج أساسى لحياة الكائنات الحية ويرتبط فـــى وجـــوده ودورته بدوران معظم العناصر الأخرى فى الطبيعة. وتوجـد طريقتـــان تدفـــع بالأكسجين إلى الهواء الجوى : الأولى تفكك جزيئات بخار الماء فـــى طبقـــات الجو العليا عند تعرضها للطاقة الإشعاعية المرتفعـــة إلـــى جزئيـــات أكســـجين وهيدروجين. ويتم تصاعد الهيدروجين الناتج إلى الفضاء الخارجى لكونه مـــن الغازات الخفيفة، بينما يتسبب تعرض الأكسجين الناتج لطاقة الإشعاع المرتفعـــة فى تكوين قدر قليل من غاز الأوزون (جزئ من ثلاثة ذرات مـــن الأكســـجين: O_3)، ويدخل فى مكونات طبقة الأوزون. أما الطريقة الثانية فترجع إلى عمليـــة البناء الضوئى بواسطة النباتات الخضراء، وتشمل هذه العملية اســـتخدام طاقـــة الإشعاع الشمسى فى أطلاق جزيئات الأكسجين المكونة للماء إلى الهواء الجوى، بينما يتم معادلة ذلك بإنتاج مركبات كربونيـــة مختزلـــة (باســـتخدام جزيئـــات الهيدروجين الناتج) والتى تمثل محصلة عملية البنـــاء الضوئـــى مـــن المـــادة العضوية.

تحتفظ الطبقة السفلى من الغلاف الجوى بنسبة شبه ثابته من غاز الأكسجين (٢١%). ونسبة الأكسجين فى الهواء الجوى تزيد عن نسبة ثانى أكسيد الكربون (٠,٠٣%) إلا أن الأكسجين والكربون يرتبطان فـــى وجودهمـــا وتفاعلاتـــهما ودورانهما ارتباطاً كبيراً، حيث تمثل معظم عمليات الأكسدة والاختزال فى دورة الكربون إما استهلاك أو إطلاق للأكسجين الجوى. كما توجد عمليـــات أخـــرى ينتج عنها إطلاق الأكسجين إلى الهواء الجوى منها على سبيل المثـــال نشـــاط البكتريا المتخصصة فى اختزال الكبريتات أو النترات، ويقابل ذلـــك اســـتهلاك الأكسجين الجوى فى عمليات أكسدة المعادن ونشاطات بكتريا الكبريت والكائنات الحية المثبتة للنيتروجين.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

قد يحدث أحياناً عدم اتزان لدورات بعض العناصر فى النظم البيئيـــة ممـــا ينتج عنه تجمع هذه العناصر فى بعض مكونات هذه النظم. مثال ذلك ما يحـــدث أثناء تكوين الفحم والترسبات العضوية جزئية التحلـــل (peat) وتجمـــع المـــواد العضوية الميتة فى ترسيبات البحيرات والسبخات والبحار الضحلة تحت ظروف تمنع تحللها بواسطة الكائنات الدقيقة. كذلك يحدث تجمع للعناصر الغذائيـــة فـــى الكتلة الحية النباتية للغابات حديثة التكوين طوال فترة نموها. ومن جهة أخـــرى قد يحدث إزاحة للعناصر الغذائية الموجودة فى الطبقات السطحية مـــن التربـــة بتأثير عمليات التعرية نتيجة للتدخل غير الطبيعى فى بعض النظم البيئية الهشـــة (Fragile ecosystems).

ترتبط معظم العناصر ومركباتها فى دوراتها، عدا النيتروجين والأكســـجين وثانى أكسيد الكربون والماء، بالقشرة الأرضية وتتبع نسقاً يسمى بنسق الـــدورة الرسوبية (Sedimentary cycle). يرتبط هذا النسق أساساً بمجموعة من العمليات الرئيسية مثل التعرية (Erosion) والترسيب (Sedimentation) وبنـــاء الجبـــال (Mountain building) والنشاط البركانى (Volcanic activity)، إلـــى جـــانب عمليات الإنتقال البيولوجى. ومـــن البديـــهى أن العنـــاصر المتاحـــة للـــدوران والإستخدام فى النظم البيئية هى تلك التى توجد فى أنواع الصخور التى يمكن أن تظهر على سطح القشرة الأرضية. بينما تبقى العناصر الكيميائية الموجودة فـــى الأعماق (Mantle layer) بعيدة عن متناول الدورات لتصبح عناصر نادرة علـــى السطح. ولا توجد معلومات واضحة عن عملية مرور وانتقال المواد فى الطبقات العميقة من القشرة الأرضية، بينما أمكن فى العديد من الحالات دراســـة انتقـــال وتحرك المواد الصلبة فى الهواء (مثل الغبار والسناج وغيرها) والـــذى يطلـــق عليه إسم السقط (Fallout) الناتج إما طبيعياً أو بفعل الإنسان. يتميز نسق الدورة الرسوبية المشار إليها بنزعة إنحدارية من داخل القارات فى اتجـــاه المحيطـــات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(Downhill tendency)، ويتسبب هذا الإنحدار الرسوبى فى تحرك الرسوبيات من داخل كل قارة إلى مايجاورها من المحيطات. تتميز كل قارة بقيم خاصة من درجات الإنحدار الرسوبى، فمثلاً تعتبر قارة آسيا أكثر القارات فقداً للتربة بسبب هذه الظاهرة. ونتيجة لذلك فإن الأراضى المنخفضة من القارات والمسطحات المائية المحيطة بها تكتسب قدراً كبيراً من العناصر الذائبة على حساب الأراضى المرتفعة (نقلاً عن عبد الرازق والمراغى ١٩٩٥).

تعتبر عملية دوران العناصر الغذائية أهم وظائف النظم البيئية بعد سريان الطاقة. تلخص كل دورة منها حركة العنصر خلال المكون الأحيائى للنظام فى مسارات السلاسل الغذائية. وتتضمن عمليات بناء الجزيئات العضوية المعقدة التى تدخل هذه العناصر فى تركيبها، وعمليات التحلل التى تسبب تكسير هذه المركبات مرة أخرى إلى جزيئات عضوية بسيطة ومن ثم إلى أشكال غير عضوية (عناصر غذائية) يمكن استخدامها مرة أخرى فى بناء المادة الحية للكائنات.

يجب الإشارة إلى أن دور الكائنات الدقيقة (البكتريا والفطريات) فى عملية دوران العناصر الغذائية يرتبط بإعادتها من شكلها العضوى إلى الشكل غير العضوى (تحليل المادة العضوية) حتى تصبح متاحة لامتصاص النبات لها مذابة فى الماء. وعندما تقوم هذه الكائنات بهذا الدور فإنها تقوم أيضاً بالحصول على الطاقة اللازمة لعملياتها الأيضية والحيوية المختلفة وهى نفس الوظيفة التى تقوم بها الكائنات غير ذاتية التغذية.

إلى جانب الجزء الحر والنشط من العنصر (Labile pool) الذى يدخل مباشرة فى عمليات الأيض للمكون الأحيائى للنظام البيئى يوجد لكل دورة من دورات العناصر جزء أكبر يمثل مستودع العنصر (Reservoir pool). ويكون تبادل المحتويات بين المستودع والجزء الحر من العنصر محدوداً ومن خلال

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

عمليات شديدة البطء عادة كما يظهر على سبيل المثال من عملية تعرية الصخور الفوسفاتية او تثبيت النيتروجين الجوى إلى نترات عن طريق البرق فى العواصف الرعدية. تنقسم هذه الدورات من حيث مكان مستودع العنصر إلى دورت ذات مستودعات رسوبية فى القشرة الأرضية (Sedimentary reservoirs)، وأخرى ذات مستودعات غازية سواء فى الجو أو ماء المحيطات (Gaseous reservoirs). ومن أمثلة الدورات الرسوبية دورات الفوسفور والكبريت، ومن الدورات الغازية النيتروجين (فى الجو) والكربون (فى الجو والماء) والهيدروجين (فى الماء). تتميز الدروات الغازية عموماً بمقدرة أكبر على استعادة الإتزان سريعاً إذا ما تعرضت للإضطراب (بسبب سهولة التعامل مع الكم الضخم من العنصر المحمول فى الهواء أو ماء المحيطات). بينما تبدو الدورات الرسوبية سريعة التأثر بالإضطرابات بسبب وجود الجزء الأكبر من محتواها فى القشرة الأرضية (مستودع خامل إلى حد كبير وذو نشاط محدود فى إطلاق مكوناته).

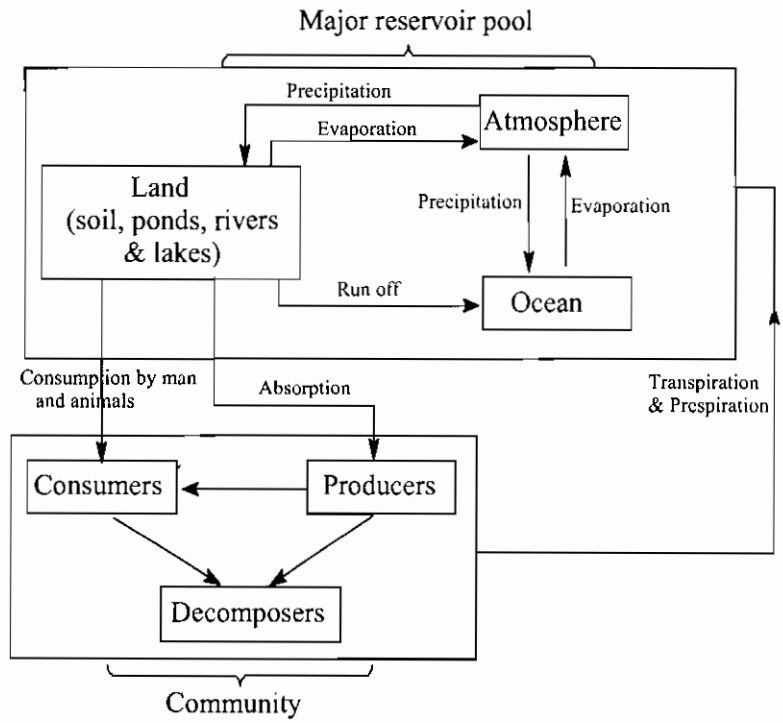
دورة الماء (Hydrological cycle) :

تعتبر من أكثر الدورات الطبيعية وضوحاً، وتتضمن حركة الماء من المسطحات المائية من بحار ومحيطات وغيرها، ومن التربة وأسطح الأجسام على الأرض إلى الجو بعمليات البخر والنتح، ثم عودته مرة أخرى إلى مصادره بعملية التكثيف وسقوط الأمطار (شكل ١٢). وكمية الماء فى المحيط الحيوى ثابتة إلى حد كبير، ولهذا يعاد استخدام الماء كل مرة خلال دورانه فى الطبيعة. ويمثل ماء المحيطات حوالى ٩٧% من مجموع الماء على الأرض، بينما يوجد الجزء الباقى (٣%) موزعاً على البحيرات و المجارى المائية والجليد القطبى والثلاجات، إلى جانب الماء الموجود بين حبيبات التربة والماء الجوفى وبخار الماء المحمول جواً والماء الموجود فى أجسام الكائنات الحية. تلعب حركة الكتل

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الهوائية دوراً هاماً فى دورة الماء عن طريق نقل الهواء المشبع ببخار الماء من فوق المحيطات إلى داخل القارات حيث تسقط حملها من الماء على شكل أمطار.

عند مقارنة الميزان المائى (Water balance) لليابسة مع المسطحات المائية الكبرى (المحيطات) نجد أن اليابسة تستقبل كماً من الأمطار يزيد فى مجموعة عن الكمية الكلية التى تم فقدها بعمليتى البخر والنتح، يقابل هذا قدر مماثل من العجز فى الميزان المائى (Water deficit) للمحيطات حيث تقل كمية الأمطار الساقطة عليها عن كمية الماء المفقود بالبخر، ولذا فإن معظم بخار الماء المحمول جواً يتحرك بفعل الرياح من المحيطات فى اتجاه اليابسة كأمطار داخل القارات. ومما يؤدى إلى توازن دورة الماء عودته من اليابسة إلى المحيطات عن طريق عملية الجريان السطحى (Run-off).



شكل (١٢). دورة الماء.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

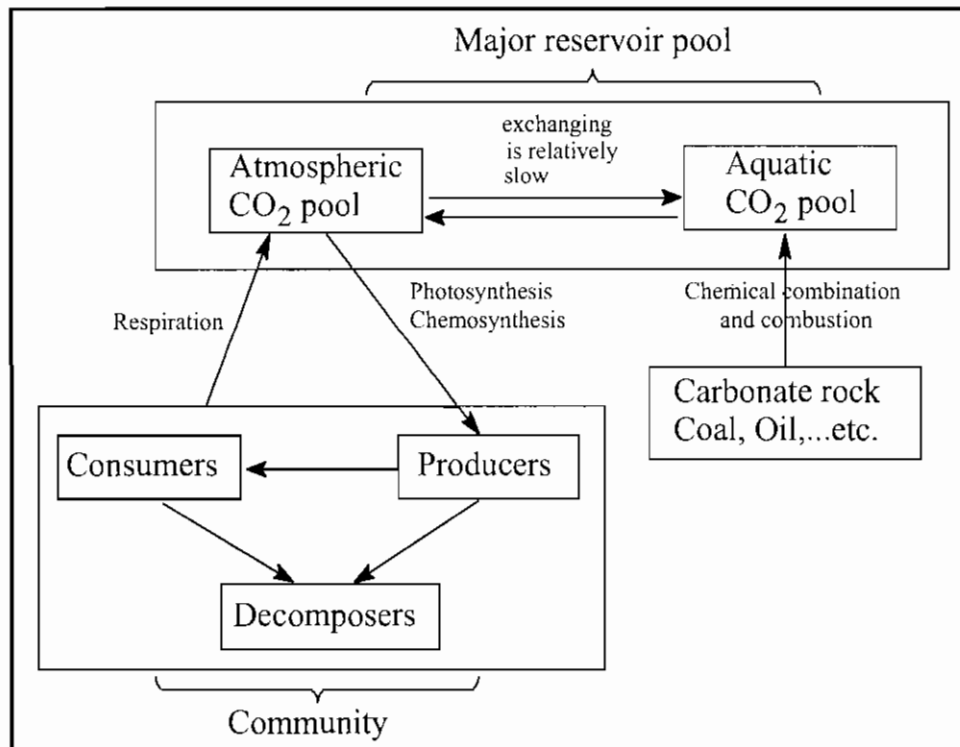
دورة الكربون (Carbon cycle) :

تعتبر هذه الدورة محكمة ومتكافئة تحت الظروف الطبيعية، حيث يتم فيها تثبيت الكربون الجوى فى عملية البناء الضوئى بنفس المعدل الذى يعود به إلى الجو بعملية التنفس واحتراق المادة العضوية. ويتمثل المصدر الرئيسى للكربون فى الشكل الغازى المحمول جواً (ثانى أكسيد الكربون: CO_2) بينما يعتبر الجزء الذائب من هذا الغاز فى ماء المحيطات والبحار مصدر ثانوى بالرغم من كبر حجمه، حيث يتصل الهواء الجوى مباشرة بماء المحيطات والبحار ويوجد تبادل حر لغاز CO_2 عند الطبقة الفاصلة بين الهواء والماء (شكل ١٣). تحتفظ تلك المسطحات المائية بما يوازى ٥٠ مرة ضعف محتوى الهواء من CO_2، كما يتم تنظيم تركيز هذا الغاز فى ماء البحر بتأثير النشاط البيولوجى والذى يصاحبه ترسيب التركيزات الزائدة من الغاز على شكل صخور كربونية، وتقابل كمية ما يستخدم فى هذه الصخور من CO_2 آلاف أضعاف كميته فى الهواء الجوى. ولهذا تعتبر المسطحات المائية نظام ضخم قوى التأثير فى موازنة نسبة غاز CO_2 فى الهواء الجوى على المدى الطويل نظراً لبطء معدل هذه العمليات. ومن جهة أخرى يوجد جزء من الكربون مختزناً على شكل صخور رسوبية ونارية، وفى شكل فحم وبترول فى أعماق التربة. تتبادل هذه التركيبات محتواها من الكربون مع المكونات الأخرى للنظام البيئى بمعدلات بطيئة جداً، وبالتالى لا يظهر لها دور بارز فى دورة الكربون الطبيعية.

بدأ الإتزان الطبيعى لدورة الكربون فى الإختلال خلال الفترة الأخيرة كرد فعل لتأثير الإنسان المتزايد على الطبيعة، حيث اتضح من قياسات عديدة وجود ارتفاع فى تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى بمعدل متزايد خلال عشرات السنين الأخيرة. ومن تلك القياسات بيانات مرصد هاواى، الذى يمثل موقعاً جيداً لمثل هذه القياسات لوجوده وسط كتلة جيدة التقليب من هواء المحيط الهادى بعيدة عن أنشطة الإنسان الصناعية. كما أظهرت الدراسات أن كمية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

CO_2 التى تم إطلاقها إلى الهواء الجوى منذ اكتشاف الوقود الحفرى والبترول والغاز الطبيعى حوالى ٢٨% من المحتوى الحالى للغاز فى الهواء الجوى. وهذه الكمية كافية بالتأكيد لتعليل الزيادة فى تركيز الغاز والتى تم قياسها فى المراصد المختلفة. ومن ناحية أخرى تساعد عمليات احتراق الوقود المختلفة خاصة الوقود الحفرى وإزالة الغابات وحرق الترسيبات العضوية وتجفيف المستنقعات وحرث الأراضى البرية فى إطلاق كميات كبيرة من غاز CO_2 كانت مختزنة فى تلك النظم البيئية. ورغم أنه عادة ما يتم موازنة ما يطلق من غاز CO_2 بسبب هذه العمليات مع ما يستخدم بواسطة النباتات حديثة النمو إلا أن المناشط الحديثة للإنسان فى هذا المجال جعل إزالة النموات النباتية يتم بمعدلات أسرع من معدلات استبدالها بأخرى.



شكل (١٣). دورة الكربون.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

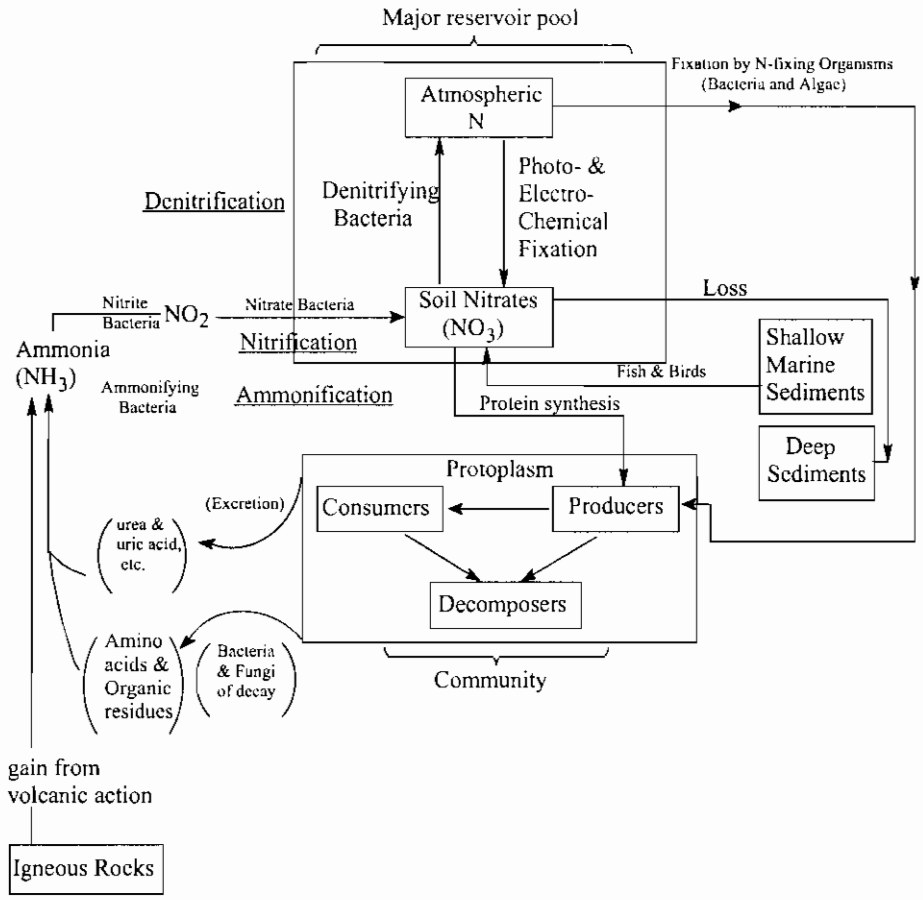
دورة النيتروجين (Nitrogen cycle):

يوجد الجزء الرئيسى من النيتروجين فى الشكل الغازى حيث يصل حجمه إلى حوالى ٧٩% من حجم غازات الهواء. وهذا المخزون الكبير من النيتروجين الجزيئى فى الجو غير متاح لمعظم الكائنات الحية. بينما يمثل الجزء القليل من النيتروجين المثبت فى صورة تركيب غير عضوى من النترات (NO_3) فى التربة وماء المحيطات الشكل الأساسى الذى يمكن أن تستخدمه الكائنات الحية فى النظم البيئية.

يتم تحويل النيتروجين الجوى إلى نترات ثابتة تركيبياً أثناء العواصف الرعدية أو بواسطة التثبيت البيولوجى للنيتروجين الجوى فى النظم البيئية. بينما يعود النيتروجين إلى الهواء الجوى مرة أخرى عن طريق نشاط بعض أنواع البكتريا التى تستخدم النترات كمستقبلات للهيدروجين أثناء عملية أكسدة المادة العضوية التى تقوم بها للحصول على الطاقة اللازمة لحياتها (شكل ١٤). ولهذا فإن الكائنات الحية تلعب دوراً كبيراً فى حفظ توازن النيتروجين فى الهواء الجوى. وعموماً لا تحتوى الأنسجة الحية على أكثر من ٣% من مجموع النيتروجين المتاح للنظام البيئى، حيث تقوم الكائنات بعمليات الأيض النيتروجينى لنسبة أقل من ١% من مجموع النيتروجين المستخدم فى دورته الطبيعية. ولهذا يصل معدل التحول (Turnover rate) للنيتروجين إلى ما يزيد عن ١٠٠ سنة.

تمر عملية التكسير والتحلل الأحيائى للمركبات النيتروجينية العضوية إلى أشكالها غير العضوية بخطوات عديدة ومتلاحقة، وتقتصر بعض هذه الخطوات على وجود أنواع متخصصة من الكائنات الدقيقة (من البكتريا) لإتمامها وصولاً إلى تركيب النترات. توجد ثلاثة تفاعلات أساسية فى دورة النيتروجين هى إطلاق النيتروجين (التأزوت) والتثبيت والتحلل.

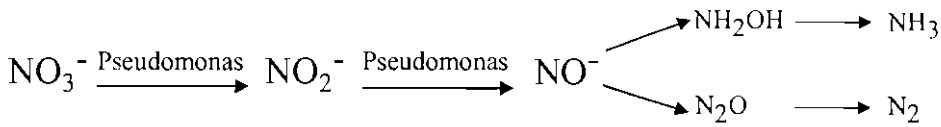
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (١٤). دورة النيتروجين.

أ ــ إطلاق النيتروجين (التأزوت: Denitrification): تعتبر عملية مقابلة للتنفس ولكن تحت ظروف لاهوائية (Anaerobic) حيث تقوم البكتريا المتخصصة باستخدام النترات (NO_3) كمصدر للأكسجين بديلاً عن تركيبه الجزيئى المحمول جواً. وينتج عن هذه العملية إطلاق الطاقة التى تستخدمها هذه الكائنات فى عملياتها الحيوية. تتميز هذه العملية بنفس كفاءة عملية التنفس إلا أنها تقتصر على البكتريا غير الهوائية من النوع *Pseudomonas denitrificans*، إلى جانب بعض بكتريا الكبريت اللاهوائية.

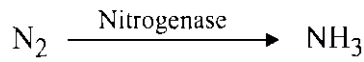
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



يوجد فى النظم المائية أيضاً أنواع متخصصة من البكتريا تستخدم النترات التى فى القيعان لاستقبال الهيدروجين (عملية اختزال) وإطلاق الأكسجين بحيث يصبح متاحاً لتنفسها فى وسط معيشتها اللاهوائى.

ب ــ التمثيل أو التثبيت (Assimilation or fixation). تمثل عملية اقتناص وتثبيت النيتروجين الجوى الجزيئيى على شكل مركبات نترات متاحة للإستخدام من خلال عمليات تحتاج إلى الكثير من العمل الكيميائى. كما تحتاج هذه العملية إلى كمية كبيرة من الطاقة يتم الحصول عليها فى الهواء الجوى من طاقة البرق خلال العواصف الرعدية، ويعقبها عدة عمليات يتحول فيها النيتروجين إلى أكاسيد النيتروجين والتى تتحول إلى حمض نيتريك فى وجود الرطوبة الجوية، والذى يسقط مع الأمطار ويتفاعل مع العناصر المعدنية فى التربة معطياً نترات تضاف إلى النظم البيئية. وهذا القدر من النترات غالباً ما يكون صغيراً وذا أهمية قليلة فى الوفاء باحتياجات هذه النظم، وفى المقابل تعد عملية التثبيت الحيوى للنيتروجين الجوى هى أساس إمداد تلك النظم باحتياجاتها من النترات.

يتم الحصول على كمية الطاقة المرتفعة لإتمام تنشيط النيتروجين أيذاناً ببدء تثبيته أحيائياً من أكسدة المادة العضوية باستخدام إنزيم النيتروجينيز (Nitrogenase)، ويتبع ذلك ربط الناتج بالهيدروجين لإنتاج أمونيا تذوب فى الماء وتصبح متاحة فى العمليات الأيضية الخاصة بالبكتريا والنباتات.



مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ولهذا يتم فى النباتات البقولية على سبيل المثال (تمتلك خاصية تكوين العقد الجذرية البكتيرية) إمداد البكتريا المثبتة للنيتروجين بحاجاتها من المواد السكرية لإنتاج الطاقة اللازمة فى إجراء هذه العملية، وفى المقابل تحصل تلك النباتات على حاجاتها من النترات مما تنتجه بكتريا العقد الجذرية المصاحبة لها. وفى الحقيقة تستهلك النباتات فى الحصول على النترات من البكتريا قدراً كبيراً من الطاقة أكبر مما لو كانت تقوم بعملية تثبيت النيتروجين ذاتياً، وربما يرجع ذلك إلى ما تقوم به هذه النباتات من امتصاص النترات من التربة مباشرة فى حالة استخدام المخصبات الزراعية النيتروجينية بديلاً عما يمكن أن تنتجه لها بكتريا العقد الجذرية المصاحبة.

يوجد عدد محدود نسبياً من أنواع الكائنات الحية التى يمكنها تثبيت النيتروجين الجوى، إلا أن أعداد هذه الأفراد عادة ما يكون كبيراً ومنتشراً. ومن هذه الأنواع البكتريا المثبتة للنيتروجين (الحرة والتكافلية) والطحالب الخضراء المزرقة، ومن البكتريا التى تعيش حرة الأنواع الهوائية التابعة لجنس أزوتوباكتر (*Azotobacter*)، الأنواع اللاهوائية التابعة لجنس كلوستريديوم (*Clostridium*). أما البكتريا التكافلية فيمثلها أنواع الجنس ريزوبيوم (*Rhizobium*)، ومن الطحالب الخضراء المزرقة (Cyanobacteria) أنواع للأجناس أنابينا (*Anabaena*) ونوستوك (*Nostoc*)، هذا إلى جانب بعض أنواع أخرى منها بكتيرات قرمزية (*Rhodospirillum*) وأكتينوميسيتات (Actinomycetes).

جـ ــ تحْلل مركبات النيتروجين العضوى. تمثل سلسلة من التفاعلات التى تتم فى النظم البيئية متضمنة تحويل مكونات المواد العضوية الميتة إلى أمونيا ثم إلى مركبات نيتريت ونترات، وهىعملية مكملة لتحلل المادة العضوية ويصاحبها إطلاق كمية من الطاقة الحرة مع كل خطوة من خطوات التحول، وتستطيع

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

بعض أنواع الكائنات الحية الدقيقة استخدام هذه الطاقة فى عملياتها الأيضية، وبالتالى يصاحب كل خطوة من هذه التفاعلات نوع متخصص من البكتريا تقوم باستغلال هذه الطاقة. ويتضمن تحلل مركبات النيتروجين العضوى عمليتى التحول إلى أمونيا (Ammonification) والنترتة (Nitrification)، وتبدأ هذه العمليات من مركبات نيتروجينية عضوية، مثل الأحماض الأمينية (Amino acids)، يتم تحولها إلى أمونيا أولاً ويعقب ذلك أكسدة إضافية للأمونيا بعملية النترتة لينتج كمية إضافية من الطاقة. تقوم بهذه العملية أنواع متخصصة من البكتريا مثل النيتروزوموناس (*Nitrosomonas*) التى تقوم بتحويل الأمونيا إلى نيتريت، والنيتروباكتر (*Nitrobacter*) التى تقوم بتحويل النيتريت إلى نترات، وفى الحالتين تحصل تلك الكائنات على حاجتها من الطاقة اللازمة لحياتها كناتج من تلك العمليات:

$$NH_4^+ + O_2 + H^+ + 2\,e^- \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} NH_2OH + H_2O$$

$$NH_2OH + H_2O \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} NO_2^- + 5\,H^+ + e^-$$

$$NO_2^- + H_2O \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} H_2O.NO_2^- \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} NO_3^- + 2\,H$$

أصبح للإنسان دور كبير فى التأثير على التوزيع الطبيعى للنيتروجين بسبب تزايد المضاف منها إلى التربة على شكل مخصبات نيتروجينية صناعية، والمنصرف إلى الماء، إلى جانب تصاعد غازات أكاسيد النيتروجين (نواتج احتراق الوقود وبعض عمليات الصناعة) إلى الجو بما لها من تأثير ملوث للهواء النقى، وفى تكوين الرذاذ الحمضى (Acid spray).

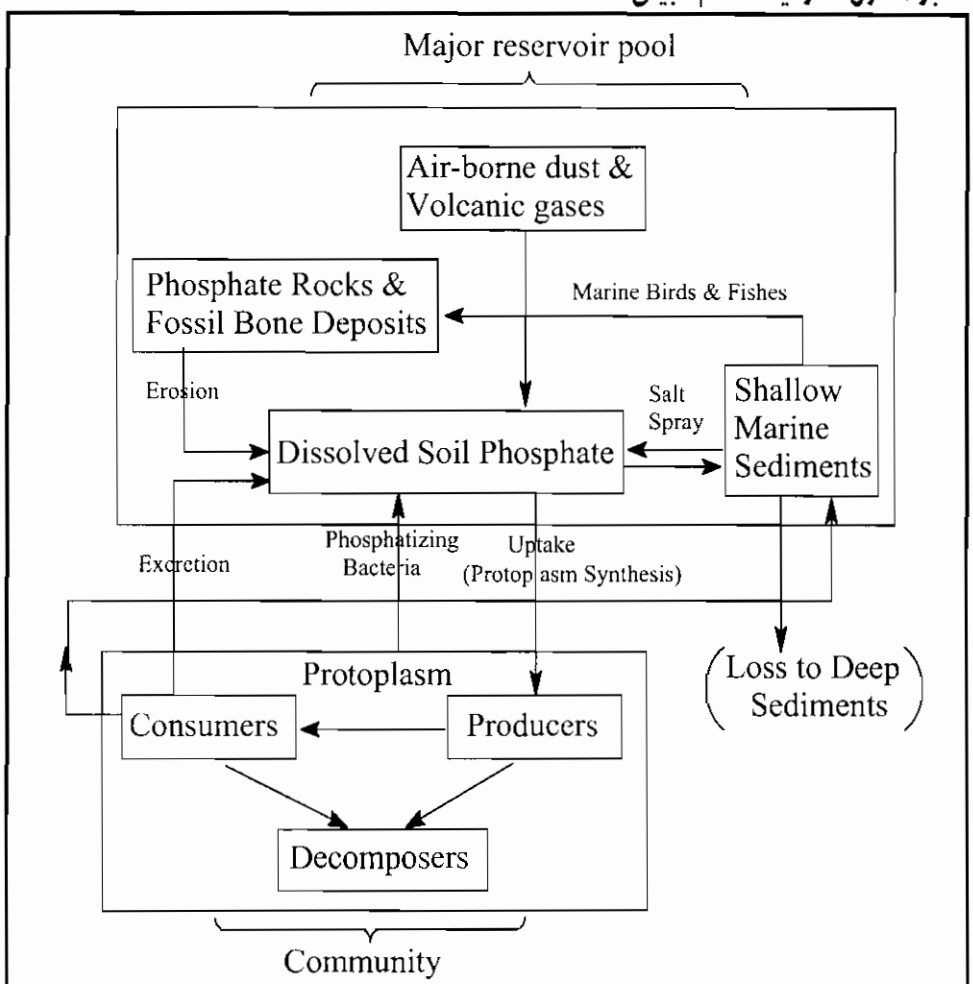
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

دورة الفوسفور (Phosphorus cycle):

يمثل الفوسفور عنصراً هاماً لنمو الكائنات الحية وعمليات التمثيل الغذائى بها. ويوجد المخزون الرئيسى للفوسفور على شكل صخور فوسفاتية تكونت فى العصور الجيولوجية القديمة، ويتم إطلاقه فى النظام البيئى بواسطة عمليات التعرية التدريجية لهذه الصخور إلى جانب ما ينطلق من خلال الغازات البركانية كمصدر إضافى غير رئيسى للعنصر. وعادة يجرف جزء كبير من هذا العنصر إلى البحار والمحيطات مع ماء الجريان السطحى (Run-off) حيث يعاد ترسيب جزء منه فى الترسيبات الضحلة للشواطئ، بينما يذهب قدر كبير إلى الترسيبات العميقة لهذه الأجسام المائية بعيداً عن متناول الدورة لفترة طويلة. كما يتم حجب جزء من الفوسفور أحيائياً عن الدورة بسبب استخدامه فى تكوين العظام والأسنان المقاومة للتحلل والتآكل لفترات طويلة نسبياً، إلا أن جزءاً من الفوسفور المزاح إلى البحار والمحيطات يتم إعادته إلى النظام البيئى مرة أخرى بواسطة انتقال الطيور والحيوانات البحرية بين المكونين ومن خلال إخراجاتها وبقاياها، وأيضاً عن طريق صيد الأسماك للإستهلاك الآدمى، واستخدام الطحالب والأسماك الزائدة فى تسميد الأرض فى بعض المناطق (شكل ١٥).

يلعب الأكسجين دوراً هاماً فى دورة الفوسفور حيث يتسبب وجوده بوفرة ذائباً فى الماء فى تكوين مركبات فوسفاتية غير قابلة للذوبان مما يؤدى إلى ترسبها وبعدها عن الإستخدام المباشر للكائنات الحية. وإذا استمرت هذه الظروف فإن الترسبات الفوسفاتية تتجمع لتعطى صخوراً فوسفاتية يمكن أن تعود مرة أخرى إلى مسارات دورة الفوسفور فى النظام البيئى عن طريق عملية التعرية، وفى الوقت الحاضر عن طريق التخصيب الصناعى للمحاصيل وإلقاء المنظفات فى مياه المجارى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (١٥). دورة الفوسفور.

تعتبر دورة الفوسفور أقل تعقيداً من دورة النيتروجين، ويرجع ذلك إلى أن تحول الفوسفور العضوى الموجود فى الدبال بالتربة والماء إلى الشكل العنصرى (غير العضوى) من خلال عمليات التمعدن (Mineralization) تتم فى خطوة واحدة بواسطة بكتريا الفسفرة (Phosphatizing bacteria)، والتى تعمل على المادة العضوية الموجودة بالتربة والماء. وحيث أن الفوسفور لا يُحْمَل طبيعياً فى الهواء بأى صورة من أشكاله، فإن دورة هذا العنصر ترتبط أساساً بالتربة والمكون المائى من النظام البيئى. وأحياناً تُحْمَل مركبات الفوسفور لفترات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

قصيرة فى الهواء المحيط بالبراكين النشطة على هيئة غبار فقط يتم ترسبه فـــوق التربة.

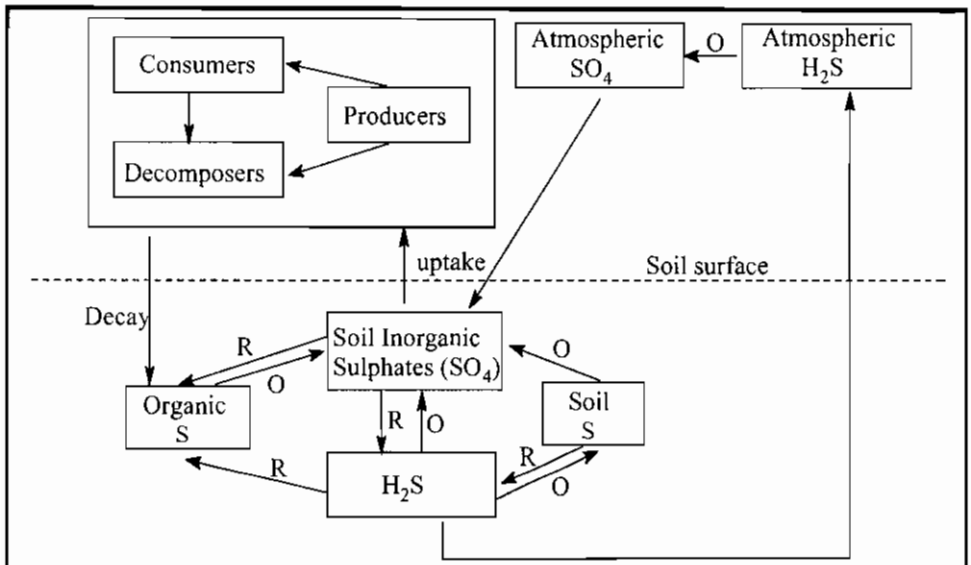
يتسبب الإنسان بمناشطه المختلفة فى الإسراع فى عملية فقد الفوسفور بعيداً عن متناول الدورة الطبيعية. فبالرغم من جمع الإنسان لجزء كبير من الفوسـفور المزاح إلى ماء البحار والمحيطات عن طريق صيد الأسماك، إلا أنه يؤدى إلـــى فقد وإزاحة مخزونه عن طريق عمليات التنقيب واستخراج الصخور الفوســفاتية واستخدامها فى إنتاج السماد الذى يضيع جزء كبير منه إلى المـــاء الأرضـــى. بالرغم من أن الفوسفور يمثل أحد العناصر الغذائية التـــى تحتاجـــها الكائنـــات بكميات كبيرة نوعاً، إلا أن كمية المتاح منه ضئيل فى التربة، لذا يجب مراعـــاة إعادة ما يفقد منه فى البحار والمحيطات أو تعويضه بمصدر آخر (مثل التســميد الفوسفورى) بما يتناسب مع كمية الإزاحة حتى تحتفظ الدورة باتزانها الطبيعى.

دورة الكبريت (Sulfur cycle):

تمثل دورة الكبريت إحدى الدورات التى تظهر الروابط بين الهواء الجـــوى والكتل المائية الكبيرة والقشرة الأرضية بسبب وجود دورات نشطة للكبريت بين وداخل هذه المكونات. ومثال على ذلك وجود تفاعل مســـــتمر بيـــن العمليـــات الأرضية الكيميائية والمناخية من جهة (مثـــل التعريـــة والترســـيب والإزاحـــة والأمطار) والعمليات الحيوية من جهة أخرى (مثل الإنتاج والتحلل) من خـــلال دورة الكبريت. ولهذا تعتمد المكونات الطبيعية للنظام البيئى من هـــواء ومـــاء وتربة على بعضها البعض لتكمل دورها فى تنظيم دورة الكبريت على النطـــاق العالمى. هذا إلى جانب وضوح الدور الذى تلعبه الكائنات الدقيقـــة فـــى هـــذه الدورة، حيث تقوم كائنات دقيقة متخصصة بدور أساسى فى الجـــزء الدورانـــى السريع (المكون الحر) من الكبريت وعلى شكل حلقة متصلة من العمليات التـــى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تقوم هذه الكائنات فيها بعملية أكسدة أو اختزال كيميائى (شكل ١٦). تعد عملية الأكسدة والإختزال المصاحبة لدورة الكبريت مرتبطة بالعلاقة المتبادلة بين اليابسة والبحار والترسيبات المختلفة. ويتم استرداد جزء كبير من الكبريت الموجود فى البحار إلى اليابسة عن طريق الهواء الجوى نتيجة للعمليات الحيوية التى تقوم بها البكتريا عند قيعان البحار وإطلاقها غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) إلى الهواء الجوى.



شكل (١٦). دورة الكبريت.

يوجد المخزون الرئيسى للكبريت فى التربة خاصة فى الصخور الرسوبية فى أعماق التربة، بينما يوجد منه مخزون صغير محمولاً فى الغلاف الجوى. ينتج عن عملية أكسدة مركبات الكبريتيد وغازات الكبريت المنطلقة من البراكين كمية من الكبريتات (SO_4) الثابتة التركيب، والقابلة للذوبان والدوران فى النظم البيئية المختلفة مع استخدامات الكائنات الحية لها (الشكل المتاح من الكبريت لاستخدام الكائنات الحية هو الكبريتات). كما تزاح الكبريتات الذائبة فى الماء من النظم الأرضية عن طريق القنوات والأنهار إلى البحار لترسب على قيعانها،

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

حيث تقوم أنواع متخصصة من البكتريا اللاهوائية مختزلة الكبريتات بنزع الأكسجين من المركب واستخدامه فى تنفسها. ومن أمثلة الأنواع التى تقوم بذلك سبوروفيبريو (Sporovibrio) والتى تعيش فى المناطق عديمة الأكسجين مثل طين قيعان المستنقعات والبحيرات والمناطق الشاطئية الغنية بالمادة العضوية.

$$H_2S \underset{\text{لاهوائى Sporovibrio}}{\overset{\text{هوائى Thiobacillus}}{\rightleftharpoons}} SO_4$$

تحتاج الكائنات الحية لكميات قليلة نسبياً من الكبريت مقارنة بالنيتروجين والفوسفور حيث لا يعتبر عاملاً محدداً لبقاء أو نمو هذه الكائنات. ومن جهة أخرى قد يؤثر الكبريت فى مدى إتاحة بعض العناصر الأخرى للكائنات، فعلى سبيل المثال يتسبب وجود بعض مركبات الكبريت، مثل كبريتيد الحديدوز، فى تحويل الفوسفور فى التربة من شكل غير ذائب إلى الشكل القابل للذوبان مما يزيد من الكمية المتاحة من الفوسفور للكائنات الحية.

يتسبب إحراق الوقود الحفرى من فحم وبترول فى إطلاق غاز أكسيد الكبريت (SO_2) السام إلى الجو، مما يؤثر وبشكل حاد على الكائنات الحية فى النظم البيئية المحيطة بمصادر تلك العملية. هذا إلى جانب حدوث تفاعل بين هذا الغاز وبخار الماء المحمول جواً ينتج عنه تكوين حمض كبريتيك (H_2SO_4) مخفف يسقط على اليابسة والمسطحات المائية فى بعض المناطق الصناعية على هيئة مطر حمضى (Acid rain) يتسبب فى كثير من الأضرار لمكونات النظم البيئية الحية وغير الحية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

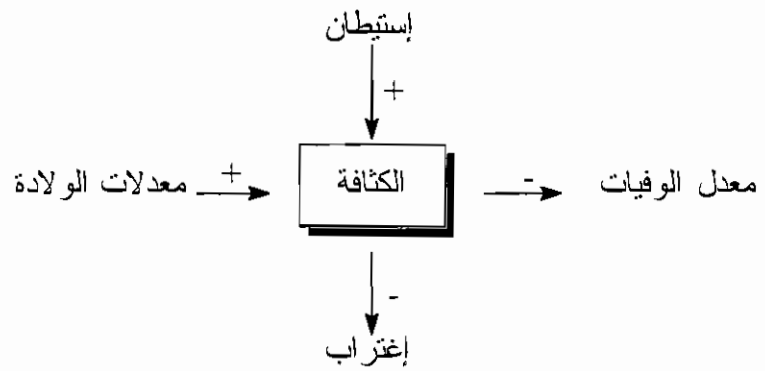
١ التغيرات الزمنية فى النظام البيئى

التغيرات الزمنية على مستوى الجماعة

مفهوم الجماعة (Population concept) :

تُعد الجماعة اللبنة الأساسية فى علم البيئة حيث تكوّن المجتمعات ومن ثم النظم البيئية. وتعّرف على انها مجموعة من أفراد أحياء تتبع نوع واحد وتعمل داخل إطار واحد من حيث الزمان والمكان على حد سواء، وهذه الأفراد تتفاعل فيما بينها وتنشئ علاقات وتداخلات حيوية تنظم نموها وتكاثرها وانتشارها، وهكذا نتحدث عن جماعة الفئران فى حقل زراعى وعن جماعة العصافير فى غابة وعن جماعة نباتات الأوركيد. وعند الدراسة الأولية للجماعات الحياتية يكون من المفيد التعرف على خواص معينة للجماعات تميزها عن باقى حلقات الطيف البيولوجى فنرى أن لها تنظيم تركيبى ووحدة وظيفية وطراز من النمو تختلف بموجبه الجماعات بعضها عن البعض، ويكون تركيب الجماعة قابلاً للتجديد من حيث أعداد الأفراد والكثافة والإنتشار المكانى والمجاميع العمرية والنسب الجنسية وتنظيم التوالد. كما ويكون تركيب الجماعة محدد من حيث معدلات الولادة والوفيات والتغيرات من خلال الهجرة أو الإستيطان. ويعتبر العلماء المعايير الرئيسية التى تتحكم فى كثافة الجماعات السكانية هى معدلات الولادة (Natality)، والوفيات (Mortality)، والإستيطان (الهجرة للداخل: Immigration) والإغتراب (الهجرة للخارج :Emigration).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



معدل التوالد (Natality):

يؤدى التوالد إلى زيادة أحجام الجماعات، ويقصد به إنتاج أفراد جديدة بطرق عدة مثل الولادة والفقس فى الحيوانات، والإنبات فى النباتات، والإنشطار فى الكائنات الدقيقة. يرتبط بنسبة المواليد مفهومين أولهما السعة التكاثرية المدخرة (Fecundity) وهى صفة فسيولوجية تدل على القدرة التكاثرية المدخرة لكائن ما، وثانيهما الكفاءة التكاثرية الفعلية (Fertility) وتقاس على أساس عدد أفراد الذرية فى زمن محدد لكائن ما. وهناك ما يسمى بمعدل التوالد الحقيقى أو البيئى (Realized or ecological natality) فمثلاً يمكن أن يكون معدل التوالد الحقيقى للإنسان فى بلد ما هو ولادة واحدة كل ثمانية سنين لكل أنثى خلال فترة الخصوبة (يختلف هذا الرقم اعتماداً على عادات الجماعات البشرية)، أما معدل التوالد المدخر أو الفسيولوجى (Potential or physiological natality) فهو ولادة كل ٩ ــ ١١ شهر لكل أنثى خلال فترة الخصوبة. ويقدر معدل التوالد عن طريق حساب عدد الأفراد المولودة لكل أنثى فى وحدة زمن معينة، ويعتمد هذا القياس على نوع الكائن المراد دراسته، فبعض الأنواع تتوالد مرة واحدة فى السنة وبعضها مرات عديدة والبعض الآخر يتوالد بشكل مستمر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

معدل الوفيات (Mortality):

نظراً لاختلاف أسباب الوفيات فإن هناك ما يسمى بالعمر المدخر أو الفسيولوجى (Potential or physiological longivity) وهو عمر الكائن الحى المتوقع تحت ظروف بيئية مثالية، والذى ينتهى بالشيخوخة (Senescence). أما العمر الحقيقى أو البيئى (Realized or ecological longivity) فتؤثر فيه ظروف بيئية كثيرة منها الإفتراس والأمراض وأخطار بيئية أخرى، وبالتالى ينتهى عمر الفرد قبل أن يتقدم عمره ويصل للشيخوخة. وعلى سبيل المثال فإن العمر المتوقع لنوع من الطيور المغنية آكلة الحشرات (European robin) فى بيئته الطبيعية هو سنة واحدة فقط، ولكن تحت ظروف مثالية فى المختبر يمكن أن يصل العمر إلى ١١ سنة. وهناك مقياس مباشر لاحتساب معدل الوفيات بطريقة مباشرة عن طريق وضع علامات لمجموعة من الأفراد وملاحظة كم يعيش منها على مدى فترة زمنية محددة. والطرق غير المباشرة كثيرة فمثلاً إذا عرفنا الوفرة النسبية للفئات العمرية المتتابعة فى جماعة ما يمكن احتساب معدل الوفيات بين هذه الفئات كما يلى:

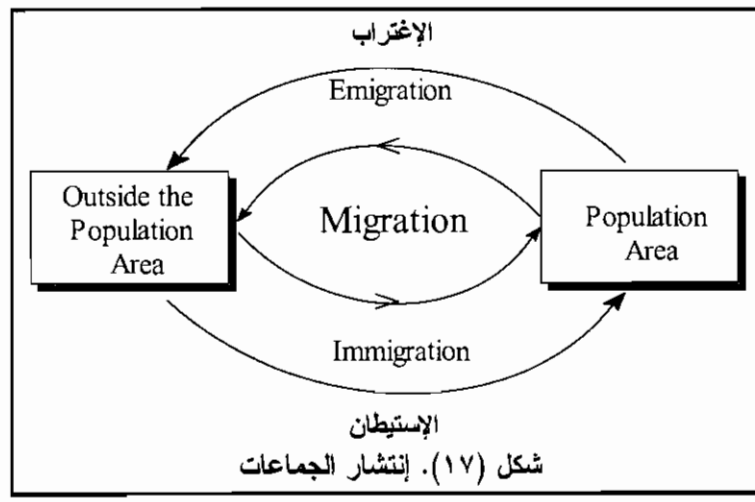
$$\text{معدل البقاء للفئة العمرية بين ٢ ـ ٣ سنة (مثلا)} = \frac{\text{الوفرة النسبية للكائن بعمر ٣ سنوات}}{\text{الوفرة النسبية للكائن بعمر سنتين}}$$

الهجرة (Migration) :

يعبر عنها بانتشار الجماعات (Dispersal) وتشمل الإستيطان (Immigration) أى الهجرة إلى داخل الجماعة البيئية، والإغتراب (Emigration) وتمثل الهجرة إلى خارج الجماعة البيئية (شكل ١٧). وغالباً لاتؤخذ الهجرة فى الحُسبان عند دراسة ديناميكية الجماعات على اعتبار أن معدل الإغتراب فى كثير من الأحيان يساوى معدل الإستيطان. ومن ناحية بيئية تعد هذه الظاهرة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

هامة جداً لسببين أولهما، انها تقلل من التزاوج الداخلى (Inbreeding) وثانيهما أنها تزيد من نسبة إنسياب المورثات (Gene flow) فتسمح بتغير الصفات (Variation) وإنتاج أفراد ملائمة للبيئة. وقد تكون ظاهرة الهجرة ذات أهمية لبعض الجماعات وذلك عندما تكون محصلة الهجرة تميل نحو الإغتراب أو الإستيطان، مما قد يغير من معايير هذه الجماعات، ويكون هذا عادة تحت ظروف اعتيادية للجماعة المستوردة أو الجماعة المُصدرة.



شكل (١٧). إنتشار الجماعات

وبصورة عامة عند احتساب حجم الجماعة يجب أن يؤخذ بالحسبان معدل النقص (Loss rate) ومعدل الزيادة :

معدل النقص فى الجماعة = نسبة الوفيات + نسبة الإغتراب

معدل الزيادة فى الجماعة = نسبة المواليد + نسبة الإستيطان

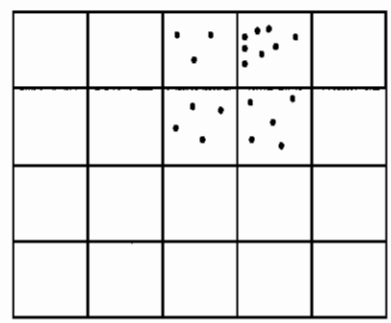
كثافة الجماعة (Population density) :

تعبر كثافة الجماعة عن العدد الكلى للأفراد التى تقطن منطقة معينة من المواطن البيئية لفترة زمنية معينة. وتعد الكثافة ذات أهمية بالنسبة لتوزيع وحجم

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الجماعة، ففى جماعات عديدة تكون الحدود الدقيقة للجماعة غير معروفة وبالتالى يعبر عنها فقط بالكثافة.

وعلى الرغم من أن الأرقام التى تُعبر عن الكثافة تُعد ذات قيمة من حيث أنها تعطى دليلا عن حجم جماعة ما إلا أن هذه الأرقام لا تعطى صورة للطراز التوزيعى داخل الموطن. فمثلاً لنفرض أن لدينا منطقة بيئية قسمت إلى ٧ مربعات وهناك ١٨ فرداً من نوع ما فى هذه المربعات. عندئذٍ تكون النتيجة أن الكثافة هى ٣ أفراد لكل مربع، ولكن يمكن لجميع هذه الأفراد أن تتواجد فى مربع واحد، لذا يجب الربط هنا بين نتائج الكثافة والتكرار أو التردد (Frequency) لنحصل على فكرة أساسية عن العدد الكلى للأفراد بالإضافة إلى توزيعها بالنسبة لبقعة معينة. ونعنى بالتكرار بيئياً هو النسبة المئوية للبقع النموذجية التى يحتلها نوع معين بغض النظر عن عدد أفراده. ومن المهم هنا التمييز بين الكثافة الخام (Crude density) التى تعبر عن العدد الكلى للأفراد الموجودة فى المساحة الكلية، والكثافة التخصصية أو البيئية (Specific or ecological density) وتعبر عن عدد الأفراد فى المساحة المسكونة فقط (Utilized area). ويبين شكل (١٨) أن الكثافة الخام للجماعة هى فرد لكل وحدة مربعة، أما الكثافة البيئية فهى ٢٠ فردا تحتل ٤ وحدات مربعة (أى خمسة أفراد لكل وحدة مربعة).



شكل (١٨). عشرون فرداً فى منطقة بيئية مساحتها ٢٠ وحدة مربعة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

السعة الحملية (Carrying capacity) :

قد تصل جماعة أى نوع إلى الكثافة القصوى المعروفة بنقطة التشبع، وهى ثابتة، حتى لو زادت كمية الغذاء أو عدد أماكن المأوى. وغالباً ما يكون الوصول إلى نقطة التشبع فى أماكن التوالد حيث تحد المساحة الثابتة من عدد الأزواج المتناسلة القادرة على التوطن فى موطن بيئى معين. ويؤدى التزاحم الزائد للجماعات المحصورة فى المواطن البيئية الضيقة إلى تكوين نقطة تشبع، كما أنه قد يؤدى تحت ظروف متطرفة إلى الوحشية كأن تأكل الأم صغارها أو بيضها أو يرقاتها.

تعرف السعة الحملية على أنها العدد الكلى للأفراد التابعة لنوع ما والتى تعيش فى موطن بيئى تحت ظروف معينة. وإذا تغيرت هذه الظروف، إما بالسلب أو الإيجاب، فإن السعة سوف تتغير تبعاً لذلك بالنقصان أو الزيادة على التوالى. فإذا تغيرت المنطقة بالإتجاه الأحسن مثل تحسن المأوى وزيادة الغذاء وزيادة مناطق التوالد للجماعات تزداد السعة الحملية إلى أن تصل إلى نقطة لا يمكن أن تتغير بعدها. وتتغير السعة الحملية مع مرور الوقت نظراً لأن التغيرات الموسمية تُغير الوسط المحيط من ناحية توفر الطعام والمأوى وغير ذلك، فمثلاً إذا أخذنا فى الحسبان دورة حياة إحدى الحشرات من العث وكان الطور اليرقى يتغذى على الأوراق النباتية فإن السعة الحملية تتحدد هنا بكمية الأوراق الخضراء، وفى أطوار أخرى حيث تتغذى على الأزهار فإن السعة تتحدد بكمية الأزهار الموجودة فى الموقع وهكذا. وعموماً تؤدى الزيادة العددية المضطردة إلى خفض الكثافة لعدة أسباب منها:

- **التنافس**، حيث يصبح حاداً وخصوصاً على الطعام والمأوى والفراغ والتزاوج مما يؤدى إلى موت الأفراد الضعيفة فى الجماعة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

- **الافتراس**، حيث يصبح أكثر شدة نظراً لزيادة أعداد الفريسة وسهولة الحصول عليها مما يؤدى إلى زيادة السعة الحملية للكائن المفترس إلى أن تنقص جماعة الفريسة فى الحجم.
- **الأمراض والتطفل**، حيث تكون الفرصة مواتية نظراً لزيادة وازدحام الكائنات العائلة مما يؤدى إلى نقص فى الكثافة.

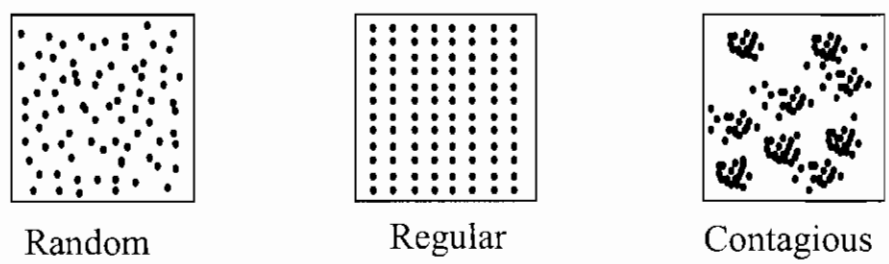
أما النقص العددى فيؤدى فى أغلب الأحيان إلى زيادة الكثافة بسبب توفير الغذاء والمأوى والفراغ والتزاوج، ويحدث هذا عادة فى الكائنات الإنفرادية (Solitary organisms). أما بالنسبة للكائنات الإجتماعية (Social organisms) فإن النقص العددى يؤدى إلى تراجع أو تدمير للكثافة، حيث يعد السلوك الإجتماعى لبعض الأنواع عاملاً بيئياً ضرورياً يجب المحافظة عليه لبقاء الجماعة. فنحل العسل المعروف (*Apis mellifera*) يحتفظ بدرجة حرارة ثابتة داخل الخلية عن طريق قيام بعض الأفراد بتحريك أجنحتها فى الصيف لتبريد الخلية، وتتجمع حول بعضها فى الشتاء لتوفير الدفء، وبالتالى فإن الحفاظ على درجة حرارة ثابتة يتم عن طريق الحفاظ على مستوى عددى معين داخل الخلية.

وعندما تتعدى الجماعات فى نقصها نقطة معينة فإنها قد تنقرض فى منطقة ما لفترة من الزمن ويعتمد تواجدها مرة أخرى على مقدرتها على العودة من مناطق أخرى مجاورة أو حين يقوم الإنسان بنقل أفراد قليلة من نقاط بعيدة (كما حصل لبقر المها العربى ولحيوانات أخرى). وبصورة عامة تكون الأنواع الإجتماعية التى تنتقل عادة على هيئة أسراب أو قطعان أو تحافظ على وجودها بشكل خلايا أو مستعمرات هى التى تتأثر (من ناحية التناسل) بالتعداد الجماعى المنخفض. وقد وجد أن بعض الثدييات مثل فأر الحقل تصبح عقيمة عندما تكون فى جماعات صغيرة نتيجة لزيادة التزاوج الداخلى. ويعتبر هذا العامل أيضاً من العوامل التى تحد من حجم الجماعة وقد تؤدى إلى انقراضها.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التوزيع الموضعى للجماعة (Local distribution) :

يعتبر التوزيع الموضعى للأفراد ضمن الجماعة عاملاً مهماً بالنسبة لحجم الجماعة وكثافتها، ويرتبط التوزيع المكانى بسلوك الكائنات الحية، ويمكن تحديده لجماعة ما فى منطقة معينة بطرق عدة منها رسم خارطة، حيث تقسم المنطقة إلى وحدات مربعة ويحدد تواجد أفراد الجماعة فى المنطقة على خارطة لها مقياس رسم يمثل أبعاد هذه المنطقة (بالملليمترات أو الميكرونات فى حالة الكائنات المجهرية، بوصات أو أقدام فى حالة اللافقاريات، أميال فى حالة الطيور والثدييات، ومئات الأميال فى حالة الحيتان). يتخذ توزيع الإفراد داخل الجماعات ثلاثة أنماط هى التوزيع العشوائى والمنتظم والكتلى (شكل ١٩):



شكل (١٩). التوزيع الموضعى للجماعة

١ ــ **التوزيع العشوائى (Random distribution)**. يحدث بشكل نادر فى الطبيعة، ويمكن حدوثه فقط عندما يكون الموطن البيئى متماثل من حيث الموارد الطبيعية التى تهم الكائن الحى وفى نفس الوقت عدم ميل الأفراد للتجمع.

٢ ــ **التوزيع المنتظم (Regular distribution)**. حيث تترتب الأفراد بنمط منتظم يكفل أقل تنافس ممكن. ينتج هذا من شدة التنافس فى موارد الموطن البيئى الطبيعى. ونراها بشكل واضح فى بعض النباتات الصحراوية حيث تفرز

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

بعض الأنواع مواد كيميائية تعرف بالمواد المثبطة (Allelopathic substances) تمنع اقتراب نوع آخر من أجل استغلال افضل للموارد القليلة المتاحة.

٣ ــ **التوزيع الكتلى (Contagious distribution)**. حيث تتجمع الأفـــراد على شكل تكتلات وقد تكون هذه التكتلات موزعة عشوائياً أو منتظمة أو تتحيز فى منطقة معينة على شكل تجمعات، والذى يقرر ذلك هو السلوك المتبـع بيـن الأفراد داخل التكتل من جهة، وعلاقة التكتلات مع بعضها من جهة أخرى. تنتج هذه التكتلات عادة عن علاقات زوجية وعائلية بين الأفراد كأن يحتفـظ الذكـر بأنثاه وصغاره فى بقعة معينة من الموطن البيئى. وإذا كان هناك تنـافس علـى مورد طبيعى معين بين التكتلات المختلفة، ينتج ما يسمى بالتكتل المنظـم، أمـا إذا كان هناك تماثل بالموارد الطبيعية فى جميع بقع الموطن البيئى ينتج ما يسـمى بالتكتل العشوائى وهذا نادراً ما يحدث لعدم وجود التمـاثل البيئـى التـام فـى المواطن البيئية. ونستنتج مما سبق أن التكتل فى التوزيع الموضعى ينتـج عـن سببين رئيسيين هما:

١ ــ عدم تجانس البيئة من حيث توزيع الغذاء أو المأوى كأن يتجمع النمل فـى مناطق معينة حول بقايا محاصيل الحبوب.

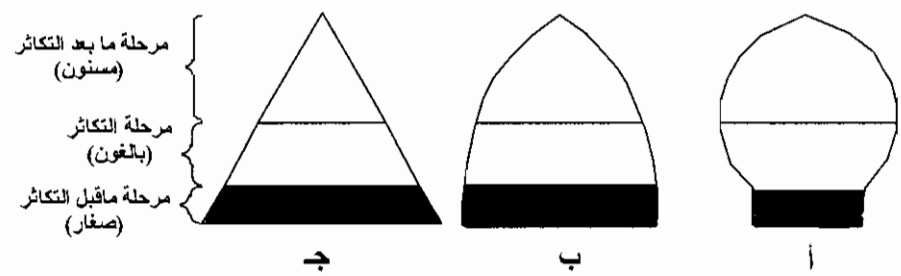
٢ ــ السلوك الاجتماعى للنوع، فالنباتات الريزومية وقطعان السمك وأسـراب الطيور وقطعان الثدييات جميعها تتكتل تبعاً للسلوك الاجتماعى. ويمكـن القول أن معظم الحيوانات والعديد من النباتات فى البيئة الطبيعية تظـهر طراز التكتلات أو اللاعشوائية فى التوزيع.

التركيب العمرى (Age structure) :

يعرف التركيب العمرى للجماعة على أنه نسبة الفئات العمريـة المختلفـة بالنسبة لبعضها ضمن الجماعة ككل. ويتم رسم أشكال تمثل التركيب العمـرى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

بحيث تبين العلاقة بين النسبة المئوية للجماعة و الفئة العمرية التى تناسبها. ويمكن ان يبين الشكل أيضاً النسبة المئوية للذكور والإناث. يمثل التركيب العمرى صفة هامة من صفات الجماعات وهو يؤثر بشكل كبير على معدلات التوالد والوفيات. ولهذا فإن النسبة بين مختلف المراتب العمرية (على سبيل المثال القديم والأوسط والحديث) فى الجماعة يمكن استخدامها فى الإستدلال على صفات هامة منها تحديد الحالة التكاثرية الراهنة للجماعة (قدرة الجماعة على إنتاج أفراد جديدة)، إستقراء مستقبل الجماعة حيث يدل وجود أعداد كبيرة من الأفراد حديثة العمر على أن الجماعة متزايدة وذات نمو سريع (Rapidly expanding). على الجانب الآخر يدل التوازن بين نسب توزيع الأفراد فى المراتب العمرية المختلفة على الثبات التقريبى للجماعة (Stationary)، أما وجود نسبة مرتفعة من الأفراد المسنة فيدل على أن الجماعة معرضة للتناقص والفناء (Declining). يرمز إلى التركيب العمرى للجماعة بثلاثة مراحل بيئية أساسية (شكل ٢٠): مرحلة ما قبل التكاثر (Prereproductive)، ومرحلة التكاثر (Reproductive)، ومرحلة ما بعد التكاثر (Postreproductive). ويمكن للجماعة أن تتعرض لتغيرات فى التركيب العمرى، فإذا ما حدث ذلك بزيادة معدل التوالد أو الوفيات، فإنه غالباً ما يتبعه عودة تلقائية إلى شكل التوزيع العمرى المميز لهذه الجماعة.



شكل (٢٠). مخطط افتراضى للمراحل العمرية الثلاثة (أ) عدد الأفراد فى تناقص، (ب) عدد الأفراد ثابت تقريباً، (جـ) عدد الأفراد فى تزايد.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

نمو الجماعات (Population growth):

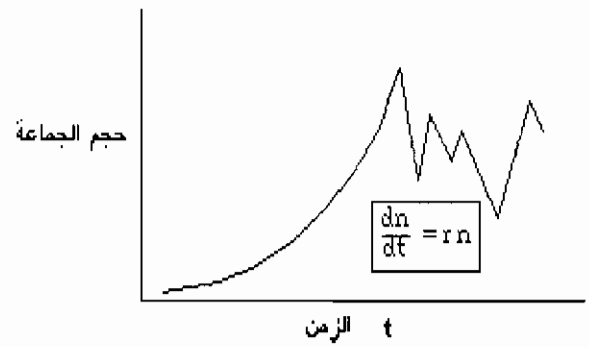
تمتاز الجماعات بأنها كياناً ثابتاً فعند أى نقطة زمنية تمارس الجماعات نمواً واتساعاً أو انحداراً وتقلصاً، وجميع الكائنات الحية لها القدرة على نمو جماعى محسوس. وعادة ما يظهر النمو فى الكائنات الحية على شكل زيادات رياضية أسية وخصوصاً فى المراحل الأولى من نمو الجماعات. وتعرف الزيادة الأسية على أنها التضاعف العددى الإبتدائى (العدد الأساسى) تبعاً للنسبة التى يدل عليها الأس. ومن الواضح أن النمو الأسى لا يمكن أن يستمر لفترة طويلة فسرعان ما تختلف ظروف التوالد تبعاً لظروف الوسط. ويعرف النموذج الذى يعبر عن نمو الجماعة بمنحنى نمو الجماعة (Population growth curve).

أدت الدراسات الكثيرة على نمو الجماعات النباتية والحيوانية إلى التعرف على طرازين للنمو هما (شكل ٢١):

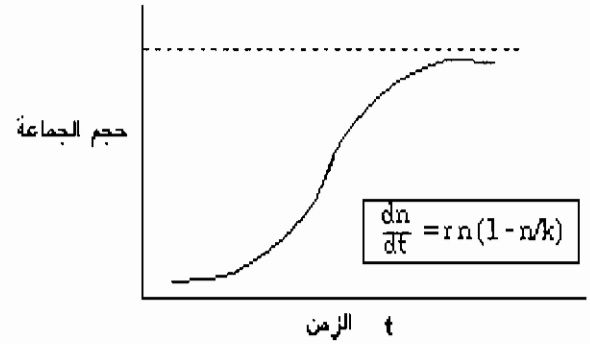
١ ــ منحنى النمو الأسى (Exponential growth) الذى يسمى أحياناً منحنى شكل "J" أو منحنى النمو المالثوسى (Malthusian growth). يُعْبِر عن زيادة أسية فى المراحل المبكرة من النمو مع انحدار مفاجئ فى مرحلة متأخرة (يصور طوراً من النمو السريع يتعذر الإحتفاظ به).

٢ ــ منحنى النمو السيجمويدى (Sigmoid growth) الذى يسمى أحياناً منحنى شكل "S" أو منحنى النمو اللوجستيكى (Logistic growth). يُعْبِر عن طور من النمو البطيئ التدريجى فى المراحل المبكرة إلى أن يصل حداً أقصى ثم يقل تدريجياً وبشكل منتظم.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



منحنى النمو الأسى (شكل J)



منحنى النمو السيجموىدى (شكل S)

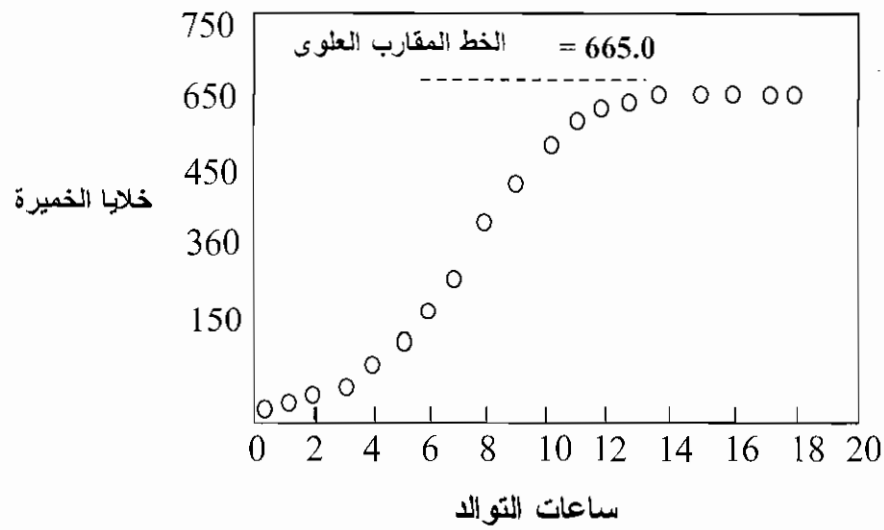
(n = حجم الجماعة، t = الزمن، r = أعلى معدل زيادة، k = مستوى التشبع)

شكل (٢١). منحنى النمو الأسى ومنحنى النمو السيجموىدى.

ومما يجدر ملاحظته أن المنحنى السيجموىدى والمنحنى الأسى لا يختلفان فى المراحل الأولى لنمو الجماعة. فهما يُظهران بداية بطيئة تتبعها فترة نمو أسى أو هندسى. إلا أنهما يختلفان أساساً فى المراحل العليا أو المراحل المتحكمة بالنمو، فيتميز المنحنى الأسى على الأغلب بنمط سريع لنمو محدد، بينما يتميز المنحنى السيجموىدى بنمط منظم وتدريجى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

دلت الدراسات السابقة أن يقبل علماء الأحياء منحنى السيجمويدى ويعتبروه قانون نمو الجماعة، واستعمل للتنبؤ بالمستويات المستقبلية للجماعات الطبيعيـــة والتجريبية عن طريق استخدام ما يسمى بالخط المقارب العلـــوى للمنحنـــى أو مستوى الجماعة العلوى (Asymptote) حيث يَثْبُتْ النمو تقريباً. ويسمى علمـــاء البيئة مستوى الجماعة العلوى بالسعة الحمليـــة (Carrying capacity) للمنطقـــة المدروسة، كما يلاحظ فى الشكل (٢٢)، حيث أن الخط المقارب العلوى لخلايـــا الخميرة يصل إلى ٦٦٥ خلية بعد حوالى ١٤ ساعة بعد التوالد :



شكل (٢٢). منحنى نمو جماعة الخميرة.

جماعات الإختيار "r" وجماعة الإختيار "k" :

تعرف الجماعات التى تميل لإظهار نمو أسى بجماعات الإختيـــار "r" (r-selection) وتشير إلى المعدل الموروث للزيادة فى المعادلة dn/dt = r n حيـــث: dn/dt = التغير فى الجماعات ضمن وحـــدة زمنيـــة (t)، r = معـــدل الزيـــادة الموروث أو الجزء من المنحنى الذى تزداد فيه الجماعة ضمن فترة زمنيـــة (t).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تكون هذه الجماعات قادرة على نمو سريع أو انفجارى، وتتكاثر على فترات قصيرة، وعدد صغارها كبير، وتنضج جنسياً عند أعمار مبكرة، ويبدو أنها تنتهز الظروف البيئية المناسبة لتحقيق نمو سريع، كما يكون بمقدورها استخدام الموارد الجديدة بسرعة أو غزو مناطق جديدة عندما تسمح الفرصة بذلك، إلا أنها غالباً ما تتعرض لوفيات عالية وانخفاضات مفاجئة. يعتبر فأر المنزل (*Mus musculus*) مثال لأنواع هذا الإختيار.

تعرف الجماعات التى تميل لإظهار نمو سيجمويدى تدريجى بجماعات الاختيار k (k-selection) ويشير الحرف "k" إلى الخط المقارب العلوى للمعادلة السيجمويدية. وعادة ما تحرز هذه الجماعات نجاحاً تطورياً وبيئياً نتيجة لنمو متوازن مُحافظ متفادية دورات الإزدهار والإخفاق للأنماط الأسية، كما أن لها ميلاً أقل نحو النمو المفاجئ، وقد تُظهر أيضاً نمواً أكثر ثباتاً لفترة من الزمن. وهى تتكاثر بصورة أقل تكراراً، وعدد صغارها قليل نسبياً، وتميل للنضوج الجنسى عند عمر أكبر، وكثيراً ما تتصف برعاية أكبر للصغار، كما تُظهر معدلات وفيات أقل فى الأطوار المبكرة. وقد تبدى الأنواع المتقاربة تطورياً إختيارات مختلفة وبالتالى تُظهر استراتيجيات مختلفة لبيئة الجماعة.

العوامل المؤثرة على نمو الجماعة

أ ــ العوامل المستقلة عن الكثافة (Density-independent factors). هى العوامل التى تؤثر على نمو الجماعة بغض النظر عن كثافتها وهى فى أغلبها عوامل مناخية، فقد يُهلك إعصاراً أو موجة برد ٩٥% من أفراد الجماعة بغض النظر عن كثافتها السكانية. وبعد البحث الدقيق فى موضوع العوامل المستقلة عن الكثافة تبين أنها قد تكون معتمدة على الكثافة بصورة غير مباشرة، فعلى سبيل المثال فى حالة حدوث فيضان أو عاصفة شديدة أو قحط أو انفجار بركانى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

فإن أفراداً قليلة هى التى يكون لها ملاجئ حماية بصورة غير اعتيادية تمكنها من البقاء حية. فإذا كان عدد مواقع الملاجئ الوقائية محدوداً فإنه يكون بالإمكان أيواء نسبة من جماعة قليلة الكثافة بواقع أعلى منه فى جماعة كثيرة الكثافة، بناء على ذلك يمكن اعتبار كل أو معظم العوامل التى تتحكم فى حجم ونمو الجماعة عوامل معتمدة على الكثافة بصورة مباشرة أو غير مباشرة.

ب ــ العوامل المعتمدة على الكثافة (Density dependent factors). هى عبارة عن مؤثرات بيئية تتباين فيها شدة التأثير على نمو الجماعات مع تباين كثافة الجماعة وهى فى أغلبها عوامل أحيائية مثل التنافس (Competition)، التطفل (Parasitism)، الإفتراس (Predation) والتكافل (Symposis). فعلى سبيل المثال: العامل الذى يُهلك ١٠% فقط من جماعة قليلة الكثافة و٧٠% من جماعة كثيرة الكثافة يسمى عاملاً معتمداً على الكثافة. وتؤدى العوامل المعتمدة على الكثافة إلى تنظيم الجماعات إما بطريقة خفض معدل المواليد (Natality) أو بطريقة زيادة معدل الوفيات (Mortality).

تذبذبات الجماعة (Population fluctuations) :

هى عبارة عن سلسلة متواصلة من الزيادة والنقصان فى حجم الجماعة. وقد تكون هذه التذبذبات موسمية (أى متعلقة بالمناخ الموسمى) أو غير موسمية (لا تتعلق بالمواسم والفصول). تكون مواسم تكاثر الحيوانات فى المناطق المعتدلة خلال موسمى الربيع والصيف، ومن ثم يتميز هذان الموسمان بنمو الجماعة وازدياد حجمها، بينما تتوقف الحيوانات عن إنتاج الصغار فى أواخر الخريف والشتاء. وفى المناطق الإستوائية رغم عدم تميز المواسم (من حيث درجة الحرارة) إلا أن موسمية التكاثر موجودة فى العديد من النباتات والحيوانات، وعلى سبيل المثال تمتلك العديد من الحشرات الإستوائية ذروات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

حادة من الوفرة تتوافق مع الفصول التى تهب فيها الرياح الموسمية، كما وجد أن الحيوانات الفقارية تتميز بفترات تناسل ومواسم ولادة تترافق على الأغلب مع الرياح الموسمية أيضاً. وفى المناطق الإستوائية والمعتدلة يبدو أن هناك قاعدة مهمة وهى أن الصغار تتواجد فى أكثر أوقات السنة ملائمة من حيث الغذاء والمناخ، وهكذا يولد الأيل والظبى الصغير عندما يبدأ العشب والكلأ بالنمو وتفقس أنواع من الطيور عندما يكون غذاؤها من الحشرات متاحاً، وتنبت البذور وتخرج النباتات من كمونها فى موسم سقوط الأمطار وتحسن درجات الحرارة.

وفى النظم البيئية المائية، تمر أيضاً جماعات عديدة بتذبذبات موسمية واضحة، وعلى سبيل المثال تظهر الهائمات النباتية (Phytoplankton) والحيوانية (Zooplankton) زيادات ربيعية وخريفية حادة فى تعداد الجماعة، وتعرف مثل هذه الزيادات الحادة بالنبضات (pulses) وهى ترتبط فى بعض الأحيان بتغيرات الحرارة والإنقلابات فى الطبقات المائية التى تعيد دوران المواد الغذائية.

تكون تذبذبات الجماعة غير الموسمية على طرازين : تذبذبات عشوائية وتذبذبات دورية. وقد تكون التذبذبات العشوائية عبارة عن اضطرابات ضئيلة لجماعة مستقرة نسبياً أو قد تكون تغيرات ضخمة فى الوفرة بحيث تعطى منحنيات غير مستقرة. ويصعب وجود أمثلة على الجماعات المستقرة فى العالم المعاصر نظراً لتأثير الإنسان على النظم البيئية. ولكننا نقترب من هدفنا عندما ندرس النظم البيئية المعقدة، وخاصة فى الغابات الإستوائية، حيث يؤدى التباين الكبير للأنواع إلى إنتاج شبكة معقدة من التوازنات الطبيعية لكل نوع. وقد نجد مثالنا فى الطيور أو الثدييات الكبرى حيث أن هناك تبايناً نوعياً ضخماً بالإضافة إلى توفر موارد غذائية زائدة مما يؤدى إلى استقرار فى حجم الجماعة. وعندما تحدث حالة من عدم الإتزان المؤقت تستطيع الكائنات الرجوع إلى حالة الإتزان

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

بعد فترة قصيرة، ولذا فإنه من الأفضل دراسة التذبذبات على فترات طويلة حيث يلاحظ فى الجماعات المستقرة نزعة الرجوع إلى المستويات النموذجية.

ويُعتبر تدهور المواطن البيئية وانتهاك حرمة المناطق الطبيعية واستعمال المبيدات الكيماوية والصيد الجائر من المسببات الأساسية للتذبذبات العشوائية لجماعات الكائنات الحية. ويبدأ التدهور البيئى بأن يتناقص حجم الجماعة تدريجياً، ومع استمرار المؤثر يستمر التناقص إلى أن يصبح الكائن الحى مهدداً بالإنقراض (Endangered). وإذا لم يتدخل الإنسان لإنقاذ الكائن الحى ومعالجة أسباب تدهوره سيؤدى ذلك إلى إنقراضه ومن ثم إلى نقص التنوع الحيوى (Biodiversity) و اختزال استقرار النظام البيئى، كما يمثل الإنقراض فقدان مادة حياتية فريدة لايمكن تعويضها. وفى المقابل قد يؤدى تدخل الإنسان إلى زيادة تنوع الكائنات الحية مما يساهم فى زيادة التذبذبات العشوائية مرة أخرى، وهذا ما يحدث بالنسبة للمحاصيل الزراعية والحيوانات المستأنسة مثل الكلاب، والقطط، والمواشى، وبعض الطيور.

يطلق على التذبذبات الدورية للجماعات مسمى انقلاب الجماعة، ويعنى به أن تصل الجماعة إلى الأعداد القصوى على فترات زمنية تكاد تكون منتظمة. ويحدث خلال التذبذب الدورى للجماعة دخول أفراد جدد عن طريق التوالد أو عن طريق الإستيطان (العودة من منطقة جغرافية مجاورة)، وفى نفس الوقت فقد أفراد أخرى عن طريق الوفاة أو الإغتراب. ويتوقف مدى انقلاب أى جماعة على عدة عوامل أهمها معدل الوفيات، ومعدل المواليد، وطبائع وسلوك النوع، ومدى انتشار النوع، والهجرة.

تسمى عملية انتقال أفراد الجماعة بعيداً عن منطقتها المأهولة، حيث تزايد ضغط الجماعة نتيجة للتنافس على الموارد الطبيعية، بالإنتشار (Dispersal). والإنتشار مهم جداً لجميع الكائنات الحية لأنه يساعد على بقاء النوع ويمنع إبادة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الجماعة عن طريق ما يسمى بالتحطيم الذاتى (Self-destruction)، أو الإفتراس أو التنافس نتيجة للإزدحام وقلة الموارد الطبيعية. كما أن القدرة على الإنتشار تساعد أفراد الجماعة على التواجد فى مناطق أكثر استقراراً من ناحية المأوى والغذاء، خصوصاً فى المناطق التى يحدث فيها تغيرات موسمية، الأمر الذى يؤدى إلى تغيير فى المأوى والغذاء. وقد أضيف سبب آخر لانتشار الأفراد هو وجود نمط سلوكى موروث فى كل نوع يدفع لانتقال الأفراد إلى مناطق جديدة، وقد لاحظ علماء البيئة ذلك على ذبابة الفاكهة حيث وجدوا أنها تميل إلى الإنتشار بعيداً عن المناطق المأهولة بالرغم من وجود غذاء وظروف مناخية ملائمة وكثافة مناسبة فى الموطن الأصلى.

التغيرات الزمنية على مستوى المجتمع

مفهوم المجتمع (Community Concept) :

إن تجمع جماعات أنواع مختلفة من الكائنات الحية فى موطن معين يشكل وحدة حية نطلق عليها إسم المجتمع الحيوى (Biotic community)، فمثلاً يتكون مجتمع الغابة من نباتات طويلة شاهقة وأخرى قصيرة وشجيرات وأعشاب وحيوانات متنوعة تشمل جماعات من اللافقاريات (قواقع، ديدان، خنافس، فراش)، والزواحف (سحالى، أفاعى)، والطيور المتنوعة والثدييات (غزلان، قوارض، أرانب، ثعالب). إن وجود هذه الكائنات مع بعضها فى وحدة حيوية متفاعلة تشكل المجتمع الحيوى، وهنا لا يؤخذ بعين الإعتبار العوامل غير الحية، أما إذا اعتبرت فنُطلِق على هذه الكتلة المتداخلة النظام البيئى (Ecosystem).

لا تمتلك جميع الكائنات الحية الموجودة فى المجتمع الحيوى نفس الأهمية البيئية من ناحية تأثيرها فيما حولها. يعتبر النوع ذو السيادة البيئية (Ecological dominancc) هو الأهم بالنسبة للمجتمع، حيث تدل السيادة البيئية على دور هذا

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

النوع فى عملية تدفق الطاقة عبر المجتمع. يعتقد العديد من العلماء أن النوع السائد بيئيا هو الذى يتحكم بشكل رئيسى فى مصير المجتمع، وإذا عزلناه تحدث تغيرات مؤثرة، وفى المقابل فإن عزل أى نوع آخر غير سائد قد لا يؤثر، أو يكون تأثيره غير ملحوظ على حيوية المجتمع. ويعتقد بعض العلماء أنه يمكن اعتبار الكتلة الحية (Biomass) مقياس دقيق للسيادة البيئية. وتعتمد طبيعة المجتمعات الحية على عاملين أساسيين: ١ ــ مدى تأقلم وتكيف أفراد المجتمع للبيئة الطبيعية المحيطة، ٢ ــ مدى علاقة الكائنات الحية المكونة لهذا المجتمع مع بعضها البعض. وكما أن للجماعات صفات خاصة فإن للمجتمعات أيضاً صفات خاصة بها مثل نمط النمو (Growth form)، التنوع (Diversity)، السيادة (Dominance)، الوفرة (Abundance) والحيز البيئى (Ecological niche).

من المعروف أن كل بقعة على سطح الأرض كانت فى يوم من الأيام مساحة عارية لا تحتوى على أى كائن حى، قد تكون هذه البقعة جزء من قاع محيط ارتفع فوق سطح الماء أو تكونت من صهير بركان تدفق فوق سطح الأرض، أو حتى نتيجة لترسيب المواد الغرينية التى تحملها مياه الأنهار، أو بقعة انكشفت لأول مرة بعد ذوبان ما كان يغطيها من جليد. مثل هذه المناطق من سطح الكرة الأرضية لا تحتوى على التربة بمعناها العلمى ولكنها تمثل تكويناً جيولوجياً خالياً من الحياة والمادة العضوية، وتسمى من وجهة نظر علم البيئة بالفراغ البيئى (Ecological void). وبمرور الزمن نجد أن هذه المناطق تصبح مأهولة بالنباتات والأحياء الأخرى وتحتوى على تربة قادرة على مد هذه الحياه بمستلزماتها. هذا التغير الذى حدث جاء نتيجة لعدة عوامل أهمها عملية تجوية الصخور مصطحبة بالعوامل الأخرى التى تعمل على بناء التربة والغطاء النباتى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ومن أجل الوصول إلى مرحلة الإتزان بين التربة والغطاء النباتى وظروف المناخ المحيط فإن الأمر يستلزم الكثير من التغيرات المعقدة التى قد تتطلب وقتاً من الزمن يقدر بعدة قرون فى معظم الأحيان. يسمى هذا الغطاء النباتى المتزن مع خواص التربة والمناخ بمجتمع الذروة المناخى (Climax community). والأساس الذى بنى عليه هذا التعريف هو أنه عند ترك قطعة من الأرض لمدة طويلة دون تدخل من قبل الإنسان وحيواناته المستأنسة وكذلك دون حدوث تغيرات جوهرية فى المناخ فإن سلسلة كاملة من المجتمعات النباتية (Seral communities) الواحدة تلو الأخرى تسود هذه البقعة من الأرض. وفى النهاية يأتى مجتمع نباتى ليبقى دون تغيير يذكر مستغلاً إمكانات المنطقة بأقصى ما يمكن دون حدوث خلل أو تدهور فى خواصها. هذا المجتمع الأخير يسمى بمجتمع الذروة المناخى الذى تسوده أنواع نباتية لها القدرة الكافية على استغلال المنطقة ومنافسة غيرها تحت الظروف السائدة.

التنظيم الطبقى لمجتمعات الذروة المناخية (Eyre System):

وجد العالم أير (Eyre) أنه من الأنسب تقسيم الغطاء النباتى الذروى المناخى على مستوى العالم إلى قسمين أحدهما يضم مجتمعات الغابات والثانى يضم المجتمعات الأخرى التى لا تشمل الغابات. هذان القسمان الكبيران يمكن تقسيمهما بالتالى طبقاً لطبيعة الأنواع النباتية التى تكون كل قسم، فمثلاً هناك غابات المناطق الإستوائية المطيرة (Tropical rain forests) التى توجد فى حوض الأمازون والكنغو وأندونسيا. وهذا النوع من الغابات يسميه "أير" التكوين النباتى النوعى (Specific plant formation) وهو يختلف من حيث الأنواع النباتية الداخلة فى تكوينه عن التكوين النباتى النوعى الذى يغطى غرب أوربا وشرق أمريكا والمعروف بإسم الغابات النفضية الصيفية (Deciduous summer forests).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

فى كل من هذه التكوينات يوجد العديد من الأنواع النباتية السائدة تشترك كلها فى صفاتها الوظيفية والشكلية. فمثلاً فى حالة نباتات التكوين النباتى النوعى للغابات الإستوائية المطيرة نجد أنها نباتات دائمة الخضرة ذات أوراق عريضة، ولكن بالرغم من ذلك فإن الأنواع النباتية التى تسود منطقة حوض الأمازون مثلاً تختلف عن تلك التى تسود منطقة حوض الكونغو أو جنوب شرق آسيا، وقد قسم "أير" هذا التكوين النباتى النوعى إلى ثلاث أقسام فرعية كل منها يسمى تكوين نباتى (Plant formation) :

١ ــ الغابات الإستوائية المطيرة الأمريكية (American tropical rainforests).

٢ ــ الغابات الإستوائية المطيرة الأفريقية (African tropical rainforests).

٣ ــ الغابات الإستوائية المطيرة الهندية الماليزية (Indo-Malysian tropical rainforests).

وبالمثل فإن الغطاء النباتى الذروى المناخى لغرب أوربا والذى يكون مع ذلك الذى يسود شرق أمريكا تكوين نباتى نوعى واحد يسمى الغابات النفضية الصيفية (Deciduous summer forests) يمكن تقسيمه إلى تكوينين نباتيين أحدهما يختص بغرب أوربا والآخر بشرق أمريكا، وفى كلا التكوينين تكون النباتات أوراقها عريضة ومتساقطة فى فصل الشتاء، إلا أن الأنواع النباتية الداخلة فى تركيب التكوين الأول تختلف عن أنواع التكوين الثانى.

ولما كانت التكوينات النباتية ذاتها غير متجانسة فإنها تقسم إلى وحدات أصغر، ففى انجلترا مثلاً يوجد العديد من المجتمعات النباتية بالرغم من أن الجميع يتبع التكوين الصيفى لغابات غرب أوربا متساقطة الأوراق. ففى الوديان الطينية للأراضى الوسطى (Midland) توجد غابات البلوط (Oak forests) التى يسودها نبات البلوط (*Quercus ruber*)، وفى المناطق الجنوبية ذات الأراضى جيدة الصرف يسود المجتمع النباتى نبات الزان (*Fagus sylvatica*). تسمى هذه

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المجتمعات النباتية الفرعية بالعشائر النباتية (Plant associations)، وتعطى هذه العشائر أسماء مستمدة من إسم جنس النباتات السائدة (حسب نظام برون بلانكيت: Braun-Blanquet system). ومن الجدير بالذكر ما يلى:

١ ــ كل غطاء نباتى فى مستوى التكوين النوعى يوجد فى مناطق ذات صفات مناخية خاصة ويتميز باحتوائه على أنواع نباتية ذات طرز حياة خاصة تتناسب والخواص العامة للمناخ السائد. فمثلاً فى المناطق التى تتميز بفترة برد فى أحد فصولها نجد أن التكوين النباتى النوعى الذى يسودها من النوع المتساقط الأوراق، إذ أن الأوراق النباتية الخضراء سوف لا تتحمل فترة البرد، هذا بالإضافة إلى أن وجودها فى هذا الفصل البارد يعتبر عديم الفائدة بسبب صعوبة نقل المواد الغذائية التى تكونها الأوراق إلى باقى أجزاء النبات لبرودة الجو وتعثر سريان العصارة.

٢ ــ التكوينات النوعية يفصلها عن بعضها مناطق جغرافية واسعة، ونتيجة لهذا البعد الذى امتد عبر ملايين السنين أصبح لكل تكوين الأنواع النباتية الخاصة به والتى تميزه عن باقى التكوينات الأخرى.

٣ ــ العشائر النباتية التى تدخل فى نطاق أى تكوين واحد تشغل مناطق تربتها ذات صفات خاصة تختلف فيما بينها فى الخواص الطبيعية أو الكيميائية أو كلاهما معاً، وهذه الإختلافات فى خواص التربة هى التى تسببت فى وجود توزيع خاص للنباتات السائدة نتج عنه تكوين العشائر المختلفة.

تعاقب النبت :

يوجد فى كثير من مناطق العالم أغطية نباتية لا تمثل مجتمعات الذروة المناخية لهذه المناطق، ولكن بدلاً من ذلك توجد أغطية نباتية ليست فى حالة اتزان مع التربة التى تعيش عليها أو مع الظروف المناخية المحيطة بها. فمثلاً حدث فى إحدى الجزر الأندونيسية الواقعة بين جزيرتى جاوة وسوماترة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

والمسماه كاراكاتوا (Krakatua) بركان هائل سنة ١٨٨٣ أطاح بجزء كبير من الجزيرة وغطى الباقى برماد بركانى كثيف، وتسبب عنه فقد الحياة على هذه الجزيرة بكل صورها. كما أن التربة البركانية التى غطت سطح الحزيرة ليست تربة بمعناها الفعلى، ولكنها عبارة عن مادة جيولوجية خالية تماماً من أى أثر للحياة. وبعد فترة من الزمن بدأت الحياة تدب على الجزيرة من جديد فى صورة كائنات بدائية قادرة على التواجد تحت هذه الظروف الجديدة وقادرة على النمو والحياة فوق هذه التربة المعدنية. وقد بدأت الحياة فعلاً فى صورة طحالب خضراء مزرقة غطت الجزيرة بعد بضع سنين من توقف البركان وانخفاض حرارة الأرض. يطلق على هذا المجتمع النباتى البدائى إسم المجتمع الرائد (Pioneer community)، وهو مجتمع قادر على التواجد على هذه الصخور المعدنية طالما كان الوسط رطباً. أعقب هذا المجتمع مجموعة من مجتمعات إنتقالية (Seral communities) من الحشائش ثم الشجيرات ثم الأشجار الجفافية نسبياً. والآن أصبح يغطى سطح الجزيرة غطاء نباتى يماثل أو يقترب بدرجة كبيرة من المجتمع النباتى الذروى المناخى (Climax community) الذى كان يغطى المنطقة قبل حدوث البركان وهو الغابات الإستوائية المطيرة، وإن كانت بعض النباتات السائدة فى المناطق المجاورة لم تستطع الوصول بعد إلى الجزيرة والنمو عليها.

من الواضح أن سلسلة كاملة من المجتمعات النباتية تعاقب أحدها وراء الآخر حتى مرحلة مجتمع الذروة المناخى. وفى كل مرحلة كان المجتمع النباتى الإنتقالى يضيف شيئاً فى عملية بناء التربة كما كان يعمل على تغيير الوسط المحيط (Environment) بحيث يصبح أكثر ملائمة للمجتمع القادم الذى يتميز بكثرة احتياجاته ومتطلباته عن سلفه. يستمر هذا التعاقب حتى نصل فى النهاية إلى مجتمع غير قادر على فعل أى تغيير فى الظروف البيئية المحيطة، بل

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يصبح فى حالة اتزان معها يفيدها بقدر ماتفيده ويستغلها بقدر ما يعطيها، وبالتالى يبقى دون تغير طالما لم تتغير الظروف المحيطة، هذا المجتمع الأخير هو مجتمع الذروة المناخى لهذه المنطقة. والحلقة المكونة من جميع المجتمعات النباتية المتعاقبة فى تسلسل من البداية حتى مجتمع الذروة المناخى يطلق عليها سلسلة التعاقب (Prisere). ومن الواضح أن أهم الفروق بين المجتمعات الإنتقالية ومجتمع الذروة المناخى هو أن المجتمع الإنتقالى ليس فى حالة اتزان مع الوسط الذى يعيش فيه، بينما مجتمع الذروة المناخى يكون فى حالة اتزان تام مع هذا الوسط كما ذكر سابقاً.

وكمثال آخر تقوم مياه الفيضانات فى بعض المناطق بانجلترا بانتزاع النباتات ونقل التربة فتتعرى الصخور الجرانيتية المكونة لسفوح بعض الجبال وبهذا تنكشف مناطق جرانيتية عارية وسط مناطق أخرى غير معراة ومغطاة بنباتات الذروة المناخى الممثلة لهذه المناطق (غابات البلوط: Oak forests). فى مثل هذه المناطق المعراة لايمكن بأى حال من الأحوال أن تغطى سطوحها مباشرة بأشجار البلوط، ولكن تبدأ عليها سلسلة من المجتمعات النباتية أولها عبارة عن نباتات بدائية قادرة على مقاومة الجفاف المتكرر، وحيث أن السطوح الصخرية لا تحتفظ بماء المطر وتجف بسرعة مما يجعلها فى درجة جفاف قد تفوق ما يسود صحارى شمال أفريقيا. والمجتمعات النباتية التى تعيش تحت هذه الظروف هى الأشن القشرية البرتقالية، وهى نباتات مقاومة للجفاف وقادرة على الإلتصاق بالصخور المعراة. وسرعان ما يعمل هذا المجتمع الأشنى على تكوين طبقة رقيقة من التربة تسمح لمجتمع الحزازيات بالتواجد والتكاثر. وهذا المجتمع الأخير يعمل بدوره على تحسين التربة وزيادة معدل ما تحتفظ به من الماء مما يؤدى إلى وجود وسط أكثر ملائمة لمعيشة مجتمع آخر أكثر احتياجاً للماء والمواد الغذائية، ولذا نجد أن مجتمع الحشائش يلى مجتمع الحزازيات، ومن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الحشائش المشهورة فى هذا التعاقب الفوستوكا (Festuca ovina)، بالإضافة إلى بعض الحوليات والنباتات الموسمية. وهكذا يأتى مجتمع ويزول آخر حتى نصل فى النهاية إلى مجتمع الذروة المناخى الذى يتكون من أشجار البلوط ذات الجذور العميقة القادرة على البقاء والمنافسة وحفظ التوازن مع الظروف البيئية السائدة.

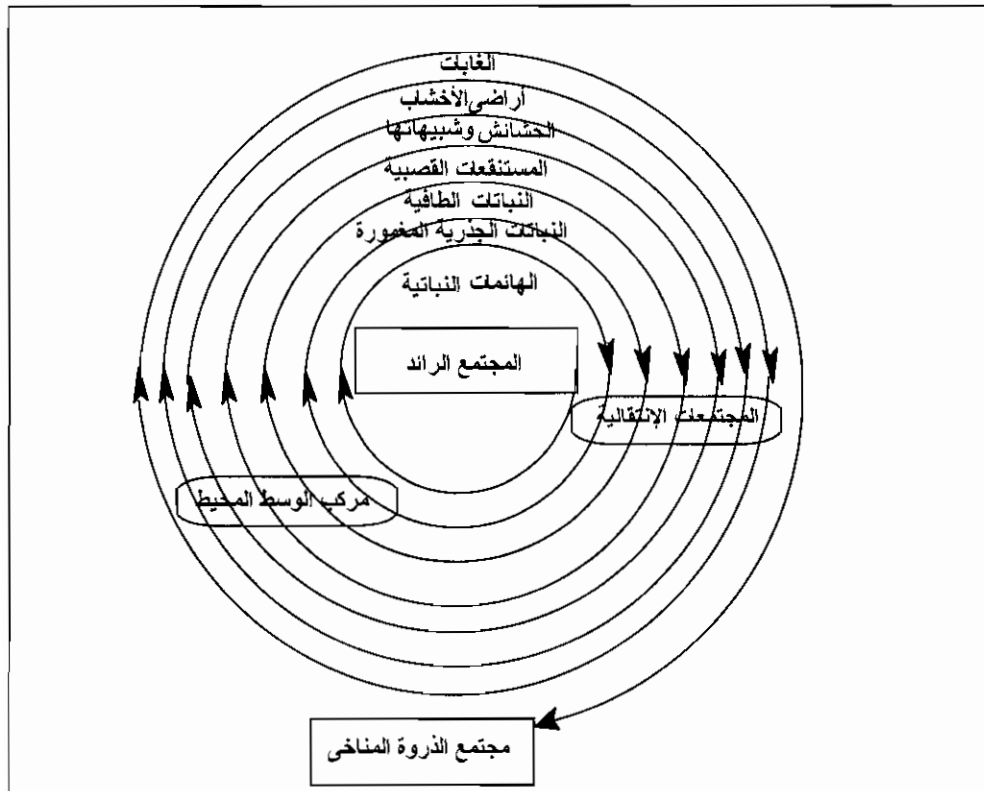
أنواع التعاقب:

يعرف التعاقب الذى يبدأ على أوساط جفافية بإسم التعاقب الجفافى (Xerosere)، وينقسم إلى قسمين أحدهما يبدأ على سطح صخرى كما هو الحال فى المثال السابق ويسمى التعاقب الصخرى (Lithosere) والآخر يبدأ على سطح رملى ويسمى تعاقب الكثبان الرملية (Psammosere). ولكن نظراً لطبيعة تكوين هذه الكثبان الرملية فإن ما ينمو عليها من نباتات يختلف تماماً عن تلك التى تنمو على المسطحات الصخرية. ففى انجلترا وشمال أفريقيا نجد أن المجتمع النباتى الرائد الذى يبدأ فى غزو الكثبان الرملية هو من النجيليات ويعرف بإسم قصب الرمال (*Ammophila arenaria*). وهو نبات لا يقاوم الجفاف فحسب ولكن يتميز بجذوره الشدادة التى تجذب النباتات داخل الرمال كلما جرَفت الرياح الرمال السطحية. يلى هذا المجتمع مجتمعات نباتية أخرى تختلف باختلاف الظروف السائدة، وخاصة فيما يتعلق بكمية المطر، حتى تصل فى النهاية إلى مجتمع الذروة المناخى.

يعرف التعاقب الذى يحدث فى المناطق الرطبة أو المغطاه بمياه بالتعاقب المائى (شكل ٢٣)، وينقسم إلى قسمين أحدهما يحدث فى المياه العذبة ويسمى تعاقب المياه العذبة (Hydrosere)، أما الثانى فيحدث فى المياه المالحة ويعرف بإسم تعاقب المياه المالحة (Halosere). فى حالة المياه العذبة يبدأ ظهور

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المجتمعات الأولية حينما يكون قاع البحيرة على بعد عدة أقدام من سطح المـــاء. فنبات البشنين (*Nymphaea alba*) على سبيل المثال يعمل على الإسراع من رفع قاع البحيرة بترسيب المواد الغرينية، وبهذا تصبح الظروف مناسبة لنمو مجتمـع آخر من النباتات يسوده نبات البـــوص (*Phragmites australis*) وذيـــل القـــط (*Typha* sp.) وهذا المجتمع الجديد من شأنه أن يعمل على زيـــــادة رفـــع قـــاع البحيرة فتصبح مناسبة لمجتمع أكثر تقدماً وتعقيداً، وهكذا يستمر قاع البحيرة فى الإرتفاع مع مواسم تعاقب المجتمعات الإنتقالية حتى يصبح أرضاً عالية يغطيـــها مجتمع الذروة المناخى للوسط التى تتواجد فيه .



شكل (٢٣). مخطط يوضح مراحل التعاقب المختلفة: مثال التعاقب المائى

(نقلاً عن Sharma 1981)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وفى المياه المالحة يبدأ التعاقب بنبات خريزة (*Salicornia* sp.) وذلك فى المناطق المنحسر عنها موج البحر، وبعد أن يكون سطح التربة قد غسل قليلاً بفعل مياه المطر. وبتوالى تحسن صفات التربة عن طريق غسل الأملاح وزيادة المادة العضوية فإن سلسلة من المجتمعات النباتية تتوالى على المنطقة ويساهم كل منهم فى دفع عجلة التحسين دفعة تلو الأخرى حتى نصل فى النهاية مجتمع الذروة المناخى.

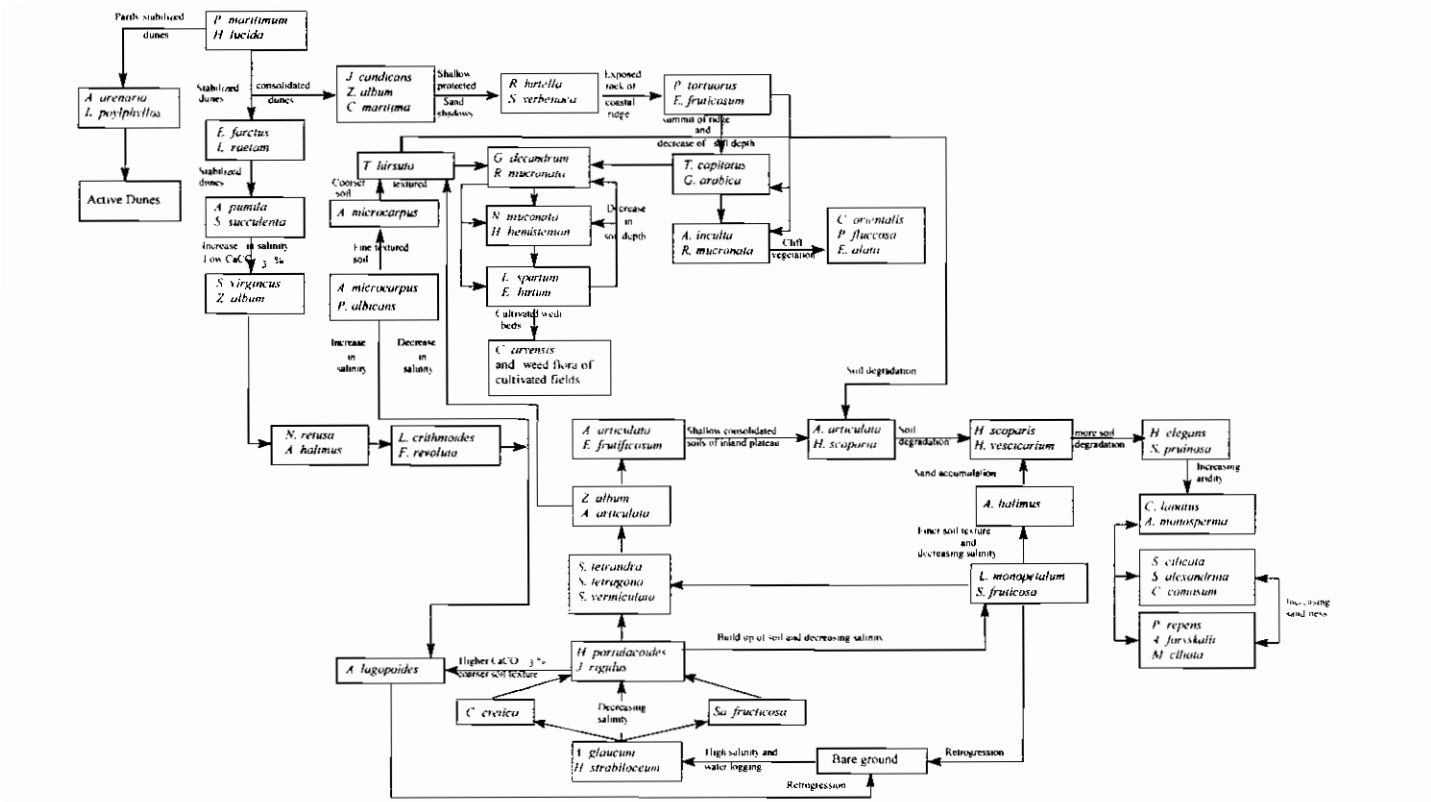
والشكل (٢٤) يوضح مختلف العلاقات التعاقبية المفترضة بين المجتمعات النباتية السائدة فى مختلف المواطن بالساحل الشمالى الغربى للبحر المتوسط بمصر (Hammouda 1988) يمثل الكثبان الرملية الساحلية (Coastal sand dunes) والهضاب الصخرية (Rocky palteaux) والمستنقعات الملحية (Salt marshes).

المجتمع تحت الذروى (Subclimax community):

لا يكون الغطاء النباتى فى المناطق ذات التضاريس المختلفة متجانساً فى جميع الأماكن، ولكن بدلاً من ذلك توجد مساحات يغطيها مجتمع الذروة المناخى وأخرى تتبادل معها وتغطى بمجتمعات نباتية لم تصل بعد إلى هذا المستوى من الغطاء النباتى المستقر. ويرجع السبب فى ذلك بصفة أساسية إلى أن سطح الأرض قد يكون شديد الإنحدار، أو أنه مسطح ولكن الماء الأرضى قريب من سطح التربة مما يجعلها فى حالة تشبع مستمر. وفى حالة المنحدر الشديد يكون من الصعب تكوين ونمو التربة بالقدر الكافى إذ أنها تجرف باستمرار معرضة بذلك المادة الأصلية للجو، وتسمى مثل هذه السطوح المعراة دائماً بإسم التربة الهيكلية (Skeletal soil). لهذا السبب نجد أن المجتمع النباتى يصبح غير قادر على النمو والإرتقاء إلى المجتمعات المتقدمة فى سلم التعاقب بل يظل حبيساً أو مغلولاً عند حلقة مبكرة فى سلسلة التعاقب.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٢٤). مخطط تمثيلى للعلاقات التعاقبية بين المجتمعات النباتية السائدة فى مختلف المواطن بالساحل الغربى للبحر المتوسط بمصر

وفى حالة قرب مستوى الماء الأرضى من سطح التربة نجد أيضاً أن المجتمع النباتى يصبح غير قادر على التبدل والرقى ويظل عند مرحلة أقل من تلك التى تمثل مرحلة الغطاء الذروى المناخى. ففى انجلترا مثلاً توجد بعض المناطق يسودها نبات الصفصاف (*Salix* sp.)، بينما المناخ السائد فى هذه المناطق يسمح بوجود غطاء ذروى مناخى من نبات البلوط (*Quercus* sp.)، ولكن نظراً لتشبع التربة بالماء بصفة مستمرة، توقف التعاقب عند هذه المرحلة من سلسلة التعاقب. مثل هذه المجتمعات التى أصبحت غير قادرة على أن تتبدل بغيرها من المجتمعات الأكثر رقياً فى سلم التعاقب بسبب الظروف السابقة تسمى بالمجتمعات تحت الذروية (Subclimax communities). لو فرضنا أن الظروف المائية فى التربة تحسنت وذلك بانخفاض مستوى الماء الأرضى أو بعمل مصارف صناعية فإن المجتمع الحبيس يبدأ فى التغيير ليعطى مجتمعاً جديداً أكثر تقدماً فى سلم التعاقب.

التعاقب العكسى (Plagiosere):

يوجد فى مساحات شاسعة من العالم مجتمعات نباتية تسبب فى وجودها الإنسان وما يملكه من حيوانات رعوية. وقد أوضحت دراسة المجتمعات النباتية منذ العصور الوسطى حتى وقتنا هذا أن أراضى انجلترا المكسوة الآن بحشائش المراعى كانت فيما مضى مغطاة بغطاء نباتى من الأشجار يمثل غطاء الذروة المناخى. ولما أدخل الإنسان حيوانات الرعى كان لها كبير الأثر فى تغيير المجتمع النباتى وذلك نتيجة عدم وجود الفرصة أمام بادرات الأشجار للنمو والإزدهار، ومن ثم فكلما ماتت شجرة أو اقتلعت لا يحل غيرها محلها. وفى النهاية أصبحت الحشائش والنباتات الأخرى المتأقلمة مع الحيوانات الرعوية صاحبة السيادة وتلاشت الأشجار تماماً فى هذه المناطق.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

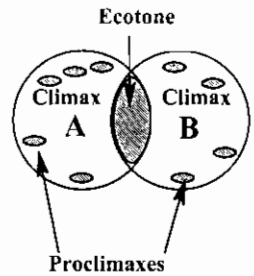
نتيجة لهذا الرعى الجائر تدهور الغطاء النباتى الأولى الممثل للذروة المناخية وحل محله مجتمعات متتالية فى سلم التعاقب العكسى حتى وصل فى النهاية إلى مجتمع فى حالة اتزان مع المناخ السائد والحيوانات الرعوية المنتشرة. هذا المجتمع الأخير يسمى المجتمع المعكوس (Plagioclimax community = disclimax communiy). أما سلسلة المجتمعات التى حدثت حتى أدت إلى هذا المجتمع الأخير فتعرف باسم سلسلة التعاقب العكسى (Plagiosere). وإذا توقف الرعى فى هذه المناطق فإن سلسلة أخرى من المجتمعات تبدأ فى التواجد الواحد تلو الآخر حتى الوصول إلى مجتمع الذروة المناخى.

المجتمع بعد الذروى والمجتمع قبل الذروى :

لو تصورنا منطقة مناخية على سطح الأرض فإننا نجدها غالباً تتجاور من جهة بمنطقة مناخية أكثر حرارة وأشد جفافاً، ومن جهة أخرى بمنطقة مناخية أقل حرارة وأكثر مطراً، ومن ثم فإن المنطقة التى تجاور المنطقة الرطبة قليلة الحرارة تتمتع بمناخ أكثر برودة ومطراً ومن ثم يكسوها غطاء نباتى أغنى من الغطاء الطبيعى للمنطقة ويسمى هذا المجتمع بالمجتمع بعد الذروى (Post-climax community). أما المناطق المجاورة للجهة الأخرى حيث الحرارة والجفاف فإنها تتأثر جزئياً بهذا المناخ غير الملائم فنجد أنها تكتسى بغطاء نباتى أقل غزارة وغنى من الغطاء الطبيعى للمنطقة ويسمى هذا الغطاء النباتى بالمجتمع قبل الذروى (Pre-cilmax community). مثال آخر للمجتمع بعد الذروى هو الغطاء النباتى الذى ينمو على حواف القنوات المائية التى تعبر الصحارى، إذا أن وجود المياه فى هذه القنوات يغير من طبيعة الغطاء النباتى بالصحراء ويحيله إلى غطاء نباتى يعبر عما يمكن أن تكون عليه الصحراء لو تحولت إلى مناطق رطبة، ومعنى هذا أن ما يحدد طبيعة الغطاء النباتى فى هذه

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الحالة هو عامل الرطوبة. وعادة ما تسمى مناطق التداخل هذه بين مجتمعات الذروة المناخية المختلفة بإسم المناطق الإنتقالية (Ecotones) والمجتمعات التى تقطنها بإسم المجتمعات الذروية الأولية (Proclimaxes).



التغير الدائرى فى المجتمعات النباتية (Cyclic vegetational changes) :

ليس من الدقة وصف مجتمعات الذروة المناخية بأنها ذات وضع ثابت ليست لها القدرة على أن تتغير. فبالإضافة إلى عوامل البيئة المحيطة والتى من شأنها أن تنظم التركيب الشامل للمجتمعات النباتية فإن هناك أيضاً عوامل داخلية متأصلة فى كل مجتمع (Interinsic factors) تعمل على إحداث تغييرات مستمرة فى نوعيته وتركيبه ولكن على نطاق موضوعى محدود. هذا التغيير المحدود لا يؤدى إلى تعاقب من النوع السابق الذكر ولكنه يرمز إلى تسلسل دائرى من مراحل أو أحداث فى مختلف المواقع من الغطاء النباتى. هذه الأحداث يمكن أن ترى متكررة على امتداد الغطاء النباتى، والمجموع الشامل لهذه المراحل تكون أو تعبر عن التركيب الكلى للغطاء النباتى. ومن ثم فبينما يعبر التعاقب عن تغير مستمر ذو اتجاه واحد يؤدى فى النهاية بالغطاء النباتى إلى مرحلة اتزان، فإن التغير الدائرى داخل الغطاء النباتى يرمز إلى تذبذبات دائرية داخل هذا الغطاء حول قيمة وسطية.

أعطى العالم وات (Watt) مثالاً تقليدياً كنموذج للتغير الدائرى فى الغطاء النباتى يعرف بدورة التلال والمنخفضات (Hammock and hollow

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(cycle). ترمز هذه الدورة إلى سلسلة من الأحداث تؤدى إلى سلسلة من المظاهر فى طبيعة الغطاء النباتى تكون فى مجموعها تركيب ذو نسق قطعى (mosaic)، وكل قطعة تعتبر حلقة مرتبطة زمنياً بما يجاورها من قطع أخرى والكل فى حركة دائرية. وقد أمكن أيضاح العلاقة بين هذه المراحل بفحص الترسبات العضوية فى أحد المجتمعات النباتية بانجلترا. وقد وجد أن المرحلة الأولى من النموات النباتية سادها نوع يسمى سفاجنم كابيداتام (*Sphagnum capidatum*) الذى يغزو المستنقعات المائية المنخفضة. إلا أن هذا النوع سرعان ما يحل محله نوع آخر والذى بدوره يستبدل بنوع ثالث يسمى سفاجنم بابيلوزم (*Sphagnum papillosum*). وعند هذه المرحلة من التعاقب الدقيق (Micro-succession) تكون المجتمعات النباتية قد استطاعت أن تبنى تربة تعلو سطح الماء، وعندئذ يغزو هذه التربة نبات يسمى كاللونا فولجانز (*Culluna vulgaris*) وأنواع أخرى من النباتات المشابهة، كما يظهر أيضاً نوع من الأشن يعرف بإسم كلادونيا أربيسكولا (*Cladonia arbuscula*). إلا أن هذا الغطاء النباتى لا يستمر طويلاً فسرعان ما يبدأ نبات كاللونا فى الموت والتحلل كما تبدأ التربة فى التعرض لعوامل التعرية التى تزيلها تدريجياً مكونة فى النهاية منخفض يمتلئ بالماء مرة أخرى، وفى نفس الوقت تعمل التربة المنقولة على بناء تل آخر فى مكان مجاور. ومن ثم فإن هذا النوع من الأنظمة البيئية يتكون من مجموعة من التلال والمنخفضات المتجاورة والمتباينة الغطاء النباتى، وكل مرحلة أو مظهر مرتبط زمنياً بما يجاوره من مراحل والتى فى مجموعها تكون نظام بيئى مستقر ومتزن مع الظروف البيئية المحيطة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الجزء الثانى: العوامل البيئية

(Ecological Factors)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المقدمـــة

تمثل العناصر غير الحية فى النظام البيئـــى (عوامـــل التربـــة والمنـــاخ) المصادر اللازمة للكائنات الحية، وبالتالى فإن تفاعل هذه العوامل معاً وتأثيرهـــا المشترك على الكائنات الحية هو أساس تكوين المجتمع الأحيائى والشكل النهائى الذى يوجد عليه فى الوسط الذى يعيش فيه. تعتمد العمليات الحيوية مثل النمـــو والتغذية والبناء الضوئى والتنفس وامتصاص العناصر الغذائية وغيرها، علـــى مدى التغير فى العوامل المؤثرة. ويختلف تأثير كل من هذه العوامل على أحـدى العمليات الحيوية تبعاً لنوع العامل المؤثر من حيث كونه تأثير مطلق (ينتـــج عنـــه زيادة مطردة فى معدل العملية الحيوية وصولاً إلى أقصى درجة ممكنـــة يثبـــت بعدها التأثير) أو كونه عاملاً ذا قيمة مثلى لمعدل العملية الحيوية وبالتالى ينقص المعدل قبل وبعد هذه القيمة، أو أن يكون عاملاً متبايناً فى التأثير وينتـــج عنـــه اشتراك الشكلين السابقين فى التأثير على العملية الحيوية. ولدراســـة العوامـــل البيئية يلزم التعرف على مجموعة من المبادئ العامة التى تحكم عملية تأثيرهـــا على الكائنات الحية وتأثرها بها وهى (عن Odum 1971):

(١) قانون ليبيج للقيمة الصغرى (Libig's law of minimum)

يشير هذا القانون إلى أن نشاط الكائنات الحية وبقائها يستلزم وجود مـــواد أساسية تحصل عليها هذه الكائنات لتنمو وتتكاثر. وتختلف كميـــات مـــا يلـــزم

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

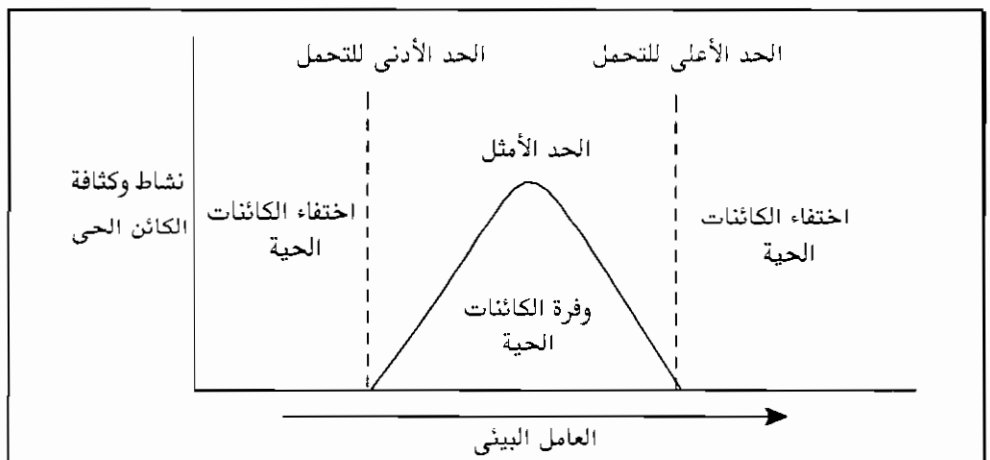
الكائنات الحية من هذه المواد بإختلاف أنواعها وأحوالها. يُعَرِف قانون ليبيج للقيمة الصغرى العامل المحدد (Limiting factor) من هذه المواد المختلفة بأنه **العامل المتاح بكمية تقارب الحد الأدنى لإحتياج الكائن الحى**، ومثال ذلك الماء فى المناطق الجافة. وقد اجتمع رأى العلماء على أن نمو وإنتاجية النباتات فى مجتمع معين لا يعتمد فى الدرجة الأولى على العوامل البيئية المتوفرة بمواطنها (مثل العناصر الغذائية، الحرارة، الرطوبة) وإنما يكون مرتبطاً بشكل أكبر بالعامل المحدد، سواء كان ممثلاً فى أحد العناصر الغذائية فى التربة، أو فى درجة الحرارة، أو كمية الرطوبة المتاحة...أو غيرها من العوامل. ومن المعلوم أن العوامل البيئية، سواء المتوفرة أو المحددة، لا تعمل منفصلة عن بعضها البعض، وأنما يوجد تفاعل بينها يؤدى إلى تأثير مشترك على النباتات يسمى تداخل العوامل (Factor interaction). فعلى سبيل المثال يحدث فى بعض الحالات أن يؤدى وجود عامل بيئى بوفرة فى النظام البيئى إلى تغيير تأثير العامل المحدد بدرجة كبيرة، كما أن بعض النباتات تستطيع أن تستبدل بعض العناصر الغذائية قليلة الوجود فى الوسط بأخرى متوفرة قريبة التركيب الكيميائى بهذه العناصر. وكمثال على ذلك فإن بعض النباتات تحتاج إلى كمية أقل من العناصر النادرة مثل الزنك (Zn) عندما تنمو فى الظل عنها عندما تنمو فى ضوء الشمس المباشر. وعلى هذا فإن نقص الزنك فى حالة نمو هذه النباتات تحت ظروف ظليلة يكون أقل تأثيراً، كعامل محدد، بالمقارنة بنموها تحت ظروف مشمسة مع ثبات بقية العوامل البيئية فى كلا الحالتين.

(٢) قانون شيلفورد للتحمل (Shelford's law of tolerance)

يشير هذا القانون إلى أن العامل المحدد لحياة الكائن الحى قد لا يرتبط فقط بوجود أحد العوامل بكمية ضئيلة فى الوسط، ولكن يمكن أن تؤدى زيادة كمية العامل زيادة كبيرة إلى التأثير كعامل محدد أيضاً، كما فى حالة زيادة الحرارة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

والضوء والماء والأملاح (شكل ٢٥). يُعَرِف قانون شيلفورد حدود التحمل للعوامل البيئية بأنها "درجات بيئية دنيا وقصوى تبديها الكائنات الحية لتحمل تباينات كل من العوامل المختلفة، وينحصر بينهما مدى من التحمل يمثل الفرق بين الحدود الدنيا والقصوى لتحمل الكائن لأحد هذه العوامل". ولهذا يمكن إعتبار أن حدود التحمل لأحد العوامل (Limits of tolerance) تقابل تأثير العامل المحدد لوجود الكائنات الحية. وتتأثر هذه الحدود هى الأخرى بتداخل العوامل مما يؤدى إلى زيادة مدى تحمل الكائنات لأحد العوامل إعتماداً على تأثير عامل آخر بطريقة غير مباشرة. فمثلاً يمكن أن يرتبط توزيع أحد النباتات بدرجة الحرارة أو الماء أو عنصر غذائى معين، فى حين قد يرتبط توزيع أحد الحيوانات الرعوية بدرجة الحرارة أو الماء إلى جانب تأثير نمط توزيع غذائه النباتى، وتأثير الحيوانات المنافسة والمفترسات والطفيليات.



شكل (٢٥). مدى تحمل الكائن الحى للعامل البيئى

وهناك بعض النقاط الأساسية الهامة والمكملة لقانون التحمل يمكن تلخيصها فى الآتى:

أ ــ تظهر الكائنات الحية مدى تحمل واسع لأحد العوامل بينما تظهر مدى تحمل ضيق لعامل آخر فى نفس الوقت.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ب ــ غالباً ما تكون الكائنات الحية ذات مدى التحمل الواسع لمعظم العوامل البيئية أكثر الأنواع انتشاراً فى المناطق الجغرافية والبيئية المختلفة.

جـ ــ عندما يعيش أحد الأنواع تحت ظروف توجد بها قيمة أحد العوامل البيئية بدرجة غير مثلى له فإنه ينتج عن ذلك غالباً اختزال لحدود التحمل بالنسبة للعوامل البيئية الأخرى إلى قيم أضيق من المعتاد لها.

د ــ تمثل فترة التكاثر فى الكائنات الحية فترة حرجة فى حياتها، وعندها تكون العوامل البيئية ممثلة لعوامل محددة للكائن الحى أكثر من أى وقت آخر، ويرجع ذلك غالباً إلى انخفاض حدود التحمل الخاص بالوحدات التكاثرية من بذور وبيض وأجنة وبادرات ويرقات عنها بالنسبة للنباتات والحيوانات البالغة فى غير حالة التكاثر.

(٣) تعويض تأثير العوامل (Factor compensation)

إلى جانب الفعل المشترك للعوامل وتأثيرها على نمو الكائنات وتوزيعها فى المجتمعات المختلفة، فإن لهذه الكائنات تأثير على العوامل البيئية المحيطة بها. وعادة لايعيش الكائن الحى تحت رحمة الظروف البيئية المحيطة به بل أنه فى كثير من الأحيان يغير فيها ويغير فى نفسه مما يؤدى إلى تخفيف التأثيرات المحددة لحياته مثل درجات الحرارة والرطوبة والعوامل الأخرى. يحدث ذلك عن طريق تكيف الكائنات بما يتناسب مع هذه العوامل، إلى جانب تطوير وتحسين الظروف البيئية المحيطة بها. ففى كثير من الأحيان يمكن لهذه الكائنات أن تعمل على خفض تأثير العوامل البيئية كعوامل محددة، بحيث يستطيع المجتمع أن يوجد فى مكان لم تكن حدود التحمل تسمح بوجوده فيه من قبل. ينطبق مثل هذا التأثير غالباً على مستوى المجتمعات الحية ككل عنه على مستوى الأفراد. كمثال نأخذ المجتمع النباتى للغابات، حيث تغير الأشجار الكبيرة من الظروف البيئية حول النباتات تحتها فتنخفض شدة الضوء وتزيد كمية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الرطوبة مما يساعد النباتات ذات درجة التحمل الأقل بالنسبة للضوء والرطوبة على المعيشة فى هذا المكان.

يظهر تأثير تعويض العوامل جليا فى بعض الأنواع ذات المدى الواسع من الإنتشار فى أوساط تتميز بدرجات متفاوته من قيم العوامل البيئة. تحت هذه الظروف يوجد بكل من هذه الأوساط مجموعة من أفراد النوع الواحد تعيش متكيفة تكيفا خاصا مع هذه الظروف. وغالبا ما يكون لمجموعة الأفراد التابعة للنوع الواحد مدى تحمل لكل عامل بيئى يختلف من وسط إلى الآخر بما يتناسب مع تكيف كل منها. وتسمى كل مجموعة تظهر مثل هذا النمط من التكيف الخاص لظروف كل بيئة بإسم **الطراز البيئى** (Ecotype). وهذا التكيف الخاص بكل طراز بيئى قد يكون شكليا أو وظيفيا ويظهر فى الأفراد دون نقل الصفات للأبناء، أو قد يتم تثبيت صفات التكيف التى يبديها هذا الطراز فى التركيب الجينى للأفراد وفى هذه الحالة يسمى بالطراز الوراثى (Genotype).

(٤) المفهوم المشترك للعوامل المحددة (Limiting factors)

يعتمد وجود الكائنات الحية ونجاحها فى البقاء على مجموعة مركبة من العوامل المتداخله. ولهذا فإن معرفة العوامل ذات التأثير المحدد لحياة الكائن يؤخذ فى نطاق إشتراك العوامل كلها فى التقدير، حيث تتداخل تأثيرات العوامل لتحدث تأثيرات مشتركة ليس من السهل فصلها عن بعضها، ومجمل التأثير المشترك لعاملين أو أكثر قد يزيد عن التأثير الفردى للعوامل (Synergism). ويعتبر هذا المفهوم تجميعاً لقانونى ليبج وشيلفورد (الحد الأدنى وحدود التحمل) وتعميماً لقوانين العوامل المحددة.

(٥) ظروف التواجد كعوامل منظمة (Conditions of existence)

لا تقوم الكائنات الحية بالتكيف فقط مع البيئة أو تعويضها بما يتوائم مع درجات تحملها وإنما فى كثير من الأحيان تستخدمها فى توقيت نشاطها وتنظيم

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

دورات حياتها وبذلك تستفيد بأقصى درجة من الظروف البيئية الجيدة. فعلى سبيل المثال يعتبر المطر فى المناطق الصحراوية أحد العوامل التى يصعب التنبؤ به إلى درجة كبيرة، وعلى الرغم من ذلك فإن النباتات الحولية، والتى تمثل العدد الأكبر من الأنواع النباتية فى الصحارى، تستطيع استخدام هذا العامل البيئى فى تنظيم توقيت نشاطها. فنجد أغلفة بذور الكثير من الحوليات الصحراوية يغطيها قدر من مثبطات الإنبات والذى يجب أن يغسل بكمية معينة من ماء المطر حتى يمكن لهذه البذور أن تنبت. وقد وجد أن هذا القدر من ماء المطر اللازم لغسيل المثبطات مكافئ للقدر من الماء اللازم لسد احتياجات هذه النباتات، ولإكمال دورة حياتها وصولاً لتكوين البذور مرة أخرى. وقد لوحظ أنه عند وضع مثل هذه البذور فى صوبة ذات نسبة مرتفعة من الرطوبة الأرضية فإنها غالباً لا تنبت كما هو متوقع، بينما تنبت سريعاً إذا رشت بالماء بطريقة تماثل رخات المطر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

١ العوامـل الأحيائيـة

لا تتأثر الكائنات الحية بعوامل التربة والمناخ فقط وإنما تتأثر أيضاً بالوسط الحيوى الذى يحيط بها؛ ذلك أن الكائنات سواء كانت تعيش فى وسط بـــرّى أو مائى تتفاعل باستمرار مع بعضها البعض من جهة ومع مكونات البيئـــة غـير الحية من جهة ثانية. ويطلق على مجمل التفاعلات المتبادلة بين الكائنات الحيـــة المختلفة إسم العوامل الأحيائية (biotic factors). وعادة تقسم التفـــاعلات بيـــن الكائنات الحية إلى الأقسام التالية :

١ ــ **التعايش المحايد** Neutralism (0 0) : لا يتأثر أحد النوعين بالآخر تأثيراً سالباً أو موجباً.

٢ ــ **التنافس** Competition

أ ــ **التنافس المثبط المشترك** Mutual inhibition (ــ ــ) : يثبط كـــل من النوعين نشاط الآخر (تأثير سالب مشترك).

ب ــ **التنافس على استخدام المصدر المتاح** Resource use (+ −):

يستفيد أحد النوعين (الأقوى منافسة) بينما يتضرر الآخر (الأضعـــف منافسة)

٣ ــ **إضرار لا نفعى** Ammensalism (0 −) : لا يتأثر أحد النوعيـــن بينمـــا يتضرر الثانى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٤ ــ **التطفل** Parasitism (− +) : وفيه يستفيد أحد النوعين وهو الطفيل (Parasite) بينما يتضرر الآخر وهو العائل (Host).

٥ ــ **الإفتراس** Predation (− +) : يستفيد أحد النوعين وهو المفترس (Predator) بينما يتضرر الآخر وهو الفريسة (Prey) وذلك عن طريق الهجوم المباشر من الأول على الثانى، ولكن لا يعتمد أحدهما على الآخر اعتماداً لازماً.

٦ ــ **المعايشة** Commensalism (0 +) : يستفيد أحد النوعين وهو المعايش (Commensal) بينما لا يتضرر الآخر وهو العائل (Host).

٧ ــ **التكافل الإختيارى** Protocooperation (+ +).: يستفيد كلا النوعين ولكن العلاقة بينهما غير إجبارية.

٨ ــ **التكافل الإجبارى** Mutualism (+ +).: يستفيد كلا النوعين والعلاقة بينهما إجبارية حيث لايستطيع أن يعيش أحدهما بمعزل عن الآخر.

ومن الممكن جمع هذه التفاعلات فى مجموعتين أولهما تضم مجموعة التفاعلات السالبة (Antagonism)، وهى التفاعلات التى ينتج عنها إضرار بنوع واحد على الأقل من كلا النوعين المتصاحبين، والثانية مجموعة التفاعلات الموجبة (Symbiosis) وهى التفاعلات التى ينتج عنها على الأقل إفادة لأحد النوعين وعدم الإضرار بالنوع الآخر.

التفاعلات السالبة

(١) التنافس (Competition) :

يغير أى نوع من الأنواع النباتية أثناء حياته وأثناء قيامه بالعمليات الحيوية المختلفة من الوسط المحيط به، وتظهر هذه التغيرات عن طريق إمتصاص الماء

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

والمواد المعدنية وتلقى الضوء وإفراز مركبات كيميائية مختلفة فى الوسط المحيط وترسب بقايا النبات على سطح التربة وفى داخلها، ويؤثر النبات بشكل غير مباشر من خلال هذه التغيرات التى يحدثها فى الوسط المحيط به على النباتات الأخرى، ويمكن عادة تمييز نوعين من التأثيرات غير المباشرة وهى:

أ) تأثير نبات على آخر من خلال التنافس على الماء والضوء والمواد المعدنية وغيرها.

ب) تأثير نبات على آخر من خلال إفراز مركبات كيميائية متعددة أو من خلال المواد الناتجة عن تحلل أجزاء النبات الميته وهو ما يسمى بالإفراز المثبط (Allelopathy).

يمتص النبات الماء والعناصر المعدنية وثانى أكسيد الكربون، كما يملك الخواص المتعددة التى تمكنه من إشباع احتياجاته من الضوء، وبهذه العمليات يقلل النبات من إمكانية تزويد النبات الذى يعيش معه فى مجتمع نباتى واحد بهذه العوامل الضرورية لنمائه وتكاثرة. وإذا كانت المصادر اللازمة لنمو النباتات لا تفى بإحتياجات جميع الأنواع التى تستوطن البيئة نفسها فإنه ينشأ بين هذه الأنواع تنافس على المتطلبات الضرورية من عوامل البيئة. **التنافس هو الوضع الذى ينشأ عندما تنمو النباتات فى موطن واحد يكون فيه عامل أو أكثر من العوامل الضرورية غير كاف لسد احتياجات جميع الأنواع**، أى أن التنافس يحدث عندما يجتمع أفراد من نوع أو أنواع كثيرة من النباتات تكون احتياجاتها من الضوء أو الماء أو المواد الغذائية أكثر مما يتوافر فى البيئة التى تعيش فيها هذه النباتات. فإذا توافر عامل من العوامل كالماء فى المستنقعات مثلاً، فإنه لا يحدث تنافس على ذلك العامل. ويعتبر التنافس صفة عامة لجميع المجتمعات النباتية، ولا وجود له فى المراحل الأولى من تشكل تلك المجتمعات عندما تكون النباتات لا تزال متباعدة، ويزداد بالتدرج مع زيادة عدد الأفراد وزيادة كثافة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المجتمع النباتى ويستمر التنافس قائماً بعد أن يصل الغطاء النباتى إلى حالة الإستقرار (Steady state).

يكون التنافس شديداً بين الأفراد التى تتشابه احتياجاتها والتى تستمد من المورد نفسه فى وقت واحد. ولا يحدث التنافس إلا على أسس متكافئة تقريباً، فلا تنافس بين عائل وطفيل يعيش عليه ولكن التنافس يحدث بين طفيلين أو أكثر على العائل نفسه، كما لا ينافس نبات شجرى سائد فى الغابة عشباً حولياً صغيراً ينمو فى مستوى الطبقة السفلى فى الغابة، بل يمكن اعتبار النبات العشبى مستفيداً من الوسط الذى يهيئه له النبات الشجرى، ذلك أن العشب من نباتات الظل لا يستطيع النمو ما لم يتوفر له الظل الذى يؤمنه له النبات الشجرى السائد. ولكن النبات العشبى يمكن أن ينافس بوادر الأشجار، ذلك أن البوادر تعيش إلى جانب العشب وتشاركه نفس المورد والضوء والمواد الغذائية المعدنية. والتنافس إما أن يكون بين أفراد النوع الواحد أو بين أفراد الأنواع المختلفة.

التنافس بين أفراد النوع الواحد: تتنافس أفراد النوع الواحد فيما بينها خاصة وأنها تتشابه فى احتياجاتها الغذائية والمائية ومتطلباتها من الضوء. يحدث التنافس عندما تكون كثافة أفراد النوع عالية وتكون الإختلافات بينها من حيث إرتفاع وامتداد الأوراق وتغلغل الجذور وانتشارها طفيفة فى مراحل النمو الأولى، ولكن الإختلاف فى هذه العوامل وفى القدرة على إنتاج البذور والثمار تزداد مع الوقت من جرّاء التنافس بينهما. ومقياس التنافس بين الأفراد التى تنمو معاً يمكن أن يكون على أساس عدد الأفراد التى تموت (Mortality)، أو على أساس القدرة على إنتاج الأفراد والحيوية (Natality and Vitality). وتبين التجارب المختلفة أنه كلما كان عدد الأفراد فى وحدة المساحة أكبر كلما ازدادت شدة التنافس وبالتالى ازداد عدد الأفراد التى تموت نتيجة لذلك. ففى تجربة على

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

القمح كان عدد الأفراد الميته من بداية التفرع وحتى الإزهار كما هو موضح فى جدول (٤) :

جدول (٤). تأثير زيادة الكثافة على موت أفراد النوع الواحد

الكثـــــافة	عدد الأفراد الميتـــــه
٨٥ كجم / هـ	%٩
١٣٠ كجم / هـ	%٢٥
١٧٠ كجم / هـ	%٥١

ولا تقتصر نتيجة التنافس على زيادة عدد الأفراد الميته وإنما على قـــوة نمـــو النبات وإنتاجه ومساحة الأوراق وعمق المجموع الجذرى وغيره، ففى تجربـــة أخرى على القمح أيضاً زرع فى المتر المربع الأول ٧ أفراد وفى الثـــانى ٦٩٤ فرداً فكانت النتيجة كالتالى (جدول ٥) :

جدول (٥). تأثير التنافس على مساحة الأوراق ووزن المجموع الخضرى

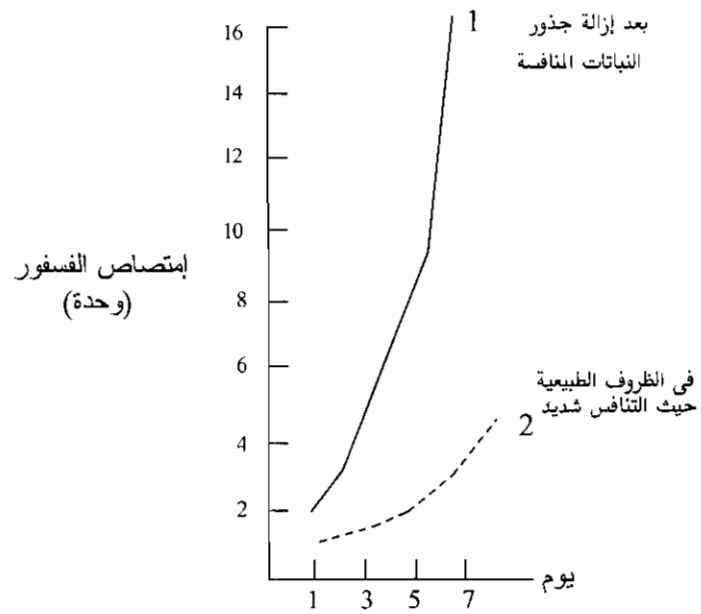
عدد الأفراد فى المتر الواحد	متوسط عدد الأوراق للنبات الواحد	متوسط مساحة الأوراق للنبات الواحد	متوسط وزن المجموع الخضرى للنبات الواحد
٧	٢٩,٥	٢٦٦٠ سم٢	٤٧,٦ حم
٦٩٤	١,٢	٥٠ سم٢	١,١ جم

التنافس بين الأنواع المختلفة: يكون التنافس أشد بين الأنواع ذات طـــرز الحياة المتشابهه، كالنباتات النجيلية، أو الأشجار، منه بين الأنواع ذات الطـــرز غير المتشابهه، كما هو الحال بين نبات نجيلى وآخر من ذوات الفلقتين. فالتنافس يكون حاداً بين شجيرة وشجيرة أو بين شجرة وشجرة مما يؤدى إلـــى اختـــزال عدد وحجم الأفراد أو حتى اختفاء نوع أو أكثر من الأنواع. وصفـــات الجـــذر

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

والساق والأوراق هى التى تحدد عادة القدرة التنافسية، فكلما زاد الإختلاف بين الأنواع فى صفة أو أكثر من الصفات كلما انخفضت حدة التنافس، فمثلاً يقل التنافس كثيراً أو ينعدم بين نبات ذى مجموع جذرى وتدى عميق وآخر ذى مجموع جذرى سطحى، ولهذا السبب يمكن أن تنمو النباتات معاً دون أن يحدث بينهما تنافس شديد إلا فى طور البادرة.

وفى الدراسات العديدة التى تمت فى الغابات خاصة على التنافس الجذرى عن طريق تقطيع جذور النبات المنافس تبين أن الأشجار البالغة فى الغابات لا تظلل الأشجار الفتية فقط، وإنما أيضاً تنافسها على الماء والمواد الغذائية، هذا هو السبب فى نمو الأشجار الفتية نمواً بطيئاً. فمثلاً فى غابات التنوب (Picea) يكون التنافس حاداً بين الأنواع النباتيه من أجل المواد الغذائية وخاصة النيتروجين والفسفور كما هو موضح بالرسم التالى (شكل ٢٦) :



شكل (٢٦). تأثير التنافس على إمتصاص الفسفور فى نبات التنوب

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ترتبط قدرة أى نوع من النباتات على المنافسة بخواصه الإحيائيـــة، ومـــن الخواص التى تساعد نوعاً ما على النمو فى منطقة شدة التنافس فيها مرتفعـــة، كبر حجم البذور، فالبذور الكبيرة لها جنين كبير يعطى بادرة كبيرة ذات مجموع خضرى جيد النمو مما يساعد على تكوين كميات كبيرة مـــن المـــواد الغذائيـــة بفضل عملية البناء الضوئى. تحتوى البذور الكبيرة أيضاً على كميات كبـــيرة مـــن المواد الغذائية تساعد على سرعة نمو النبات فى المراحل الأولى مـــن عمـــره. وتشير دراسات جرايم (Grime 1973) نقلاً عن مجاهد وآخرون ١٩٨٧ إلـــى أن أهم الخواص التى تميز النباتات ذات القدرة التنافسية العالية:

أ ــ قامة عالية.

ب ــ صورة نمو تجعل النباتات أكثر قدرة على إستغلال البيئة فـــوق وتحـــت سطح التربة (غالباً ما تكون ريزومات كبيرة متشعبة أو نمو عشبى فـــى شكل كتلة ضخمة).

جـــ ــ سرعة النمو.

د ــ قدرة كبيرة على ترسيب البقايا النباتية (litter) فوق سطح التربة.

(٢) الإفراز المثبط : (Allelopathy):

إن تأثير نبات على آخر عن طريق إفرازه لمواد كيميائية هو مـــا يعـــرف باسم اليلوباثى (Allelopathy) ويمكن تعريفه بأنه تأثير نبات على نبـــات آخـــر ينموان معاً فى نفس المجتمع النباتى من خلال تغيير الوسط نتيجة إفراز مـــواد مختلفة فى هذا الوسط ناتجة عن نشاط النبات التمثيلى. وقد عرَّفه مولـــش بأنـــه التأثيرات الضارة والنافعة المتبادلة بين النباتات بما فيها الكائنات الدقيقة والناتجة عن إفراز النباتات لمواد كيميائية. بعض الباحثين الآخرين (طبقاً لمـــا ورد فـــى مجاهد وأخرون ١٩٨٧) إستعملوا هذا المصطلح للدلالة على التأثيرات الضـــارة التى يلحقها نبات راق بنبات راق آخر نتيجة لإفراز مواد كيميائية مثبطة للنمـــو

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

فى الوسط المحيط، بينما عرفه رايس بأنه الأثر الضار الذى يلحقه نبات بنبات آخر (بما فيها الكائنات الدقيقة) عن طريق إفرازه لمواد كيميائية فى الوسط المحيط. قد تفرز المواد الكيميائية من المجموع الجذرى أو الخضرى أو من كليهما كما قد تفرزها البذور والثمار، وتكون هذه الإفرازات فى صورة سائلة أو صلبة أو غازية. ومعظم المواد الكيميائية المفرزة هى مركبات فينولية (Phenolic compounds) وألدهيدات (Aldehydes) وكومارينات (Coumarins) وجلوكوسيدات (Glucosides) وتربينات (Terpenes).

ويتوقف تأثير الإفرازات النباتية الغازية والسائلة والصلبة على تركيبها الكيميائى وعلى تركيزها فى الوسط المحيط، كما يتوقف تأثيرها أيضاً على عوامل الوسط المحيط. ومن أمثلة ذلك تأثير شجرة الكافور (*Eucalyptus* sp.) على الغطاء النباتى العشبى الذى يعيش تحتها، فقد بينت إحدى الدراسات فى جنوب كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية وفى منطقة حوض البحر المتوسط، أن نمو الأعشاب يضعف كثيراً عندما تنمو تحت أشجار الكافور وعلى مسافة قليلة منها، ويعود ذلك حسب آراء هؤلاء الباحثين إلى وجود مركبات فينولية تفرزها أوراق الكافور وتصل إلى التربة عن طريق غسل الأمطار للأوراق أو مع الأوراق الساقطة. وقد وجد أن تأثير أشجار الكافور على النباتات العشبية يختلف بإختلاف التربة التى ينمو فيها الكافور، فإذا كان الكافور ينمو فى تربة رملية فإن تأثير إفرازاته يكون ضعيفاً، وربما يعود هذا إلى التحلل السريع للمركبات الفينولية بواسطة الكائنات الدقيقة فى التربة الرملية جيدة التهوية أو إلى غسلها. وتستطيع بذور بعض النباتات عند إنباتها أن تفرز مركبات كيميائية تعوق أو توقف أحياناً إنبات بذور الأنواع الأخرى. كما أن للإفرازات الجذرية لبعض النباتات تأثيرات على النباتات الأخرى التى تنمو معها فى نفس المجتمع النباتى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(٣) التطفل (Parasitism):

فى هذه الحالة يستفيد الطفيل من العائل بما يمتصه من مواد غذائية وهو بهذا يلحق الضرر بالعائل، ومثال ذلك تطفل نبات الحامول (*Cuscuta* sp.) على سوق بعض النباتات مثل البرسيم، وتطفل نبات الهالوك (*Orobanche* sp.) على جذور نباتات أخرى مثل الفول. وهذه النباتات المتطفلة خالية من اليخضور وتسبب ضرراً بالغاً بالعائل وقد تقضى على المحصول تماماً فى كثير من الأحيان. توجد بعض النباتات نصف ــ متطفلة (semi-parasitic) مثل نبات إيوفرازيا (*Euphrasia* : Scrophulariaceae) وهو نبات يحتوى على اليخضور وبذا يستطيع أن يبنى المواد الكربوهيدراتيه بنفسه، ولكنه يحصل على ما يلزمه من ماء وأملاح عن طريق الممصات التى يرسلها إلى العائل. وهذا النوع من التطفل أقل ضرراً من التطفل الكامل. ويوجد أيضاً تطفل الكائنات الدقيقة على النباتات مسببة لها أضراراً بالغة قد تودى بحياة النباتات العائلة إذا كانت فى حالة لا تسمح لها بمقاومة تلك الطفيليات مما يؤدى إلى حدوث تغيير فى تكوين الغطاء النباتى أو زواله على الإطلاق. (مثل فطر صدأ القمح الذى يصيب نبات القمح).

ومن أمثلة تطفل الحيوان على النبات تطفل الديدان الإسطوانية أو الثعبانية (النيماتودات) التى تسبب أمراض تعقد الجذور فى نبات الحبوب، وكذلك تطفل الحشرات والمفصليات الأخرى من يرقات وديدان وأنواع المن والعناكب والخنافس التى تصيب النباتات بأمراض متنوعة قد تقضى عليها.

(٤) الإفتراس (Predation) :

الإفتراس هى عملية إلتهام كل أو جزء من الفريسة الحية (Prey) عن طريق الهجوم المباشر عليها بواسطة المفترس (Predator). وإذا أطلقنا هذا التعريف فإنه لاشك يشمل تغذية الحيوانات آكلة الأعشاب على النباتات فيصدق

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

عليها أنها مهاجمة كائن حى لكائن آخر واستخدامه لغذائه، إلا أن العرف خصص اصطلاح الإفتراس عندما تكون الفريسة حيواناً حياً. وتعتمد حدة الإفتراس على نوع العلاقة القائمة بين الفريسة والمفترس والتى يطلق عليها اصطلاح استجابات الفريسة للمفترس. وهناك ثلاثة أشكال من هذه الإستجابات هى:

١ ــ الإستجابات العددية : حيث تزداد كثافة المفترس (مثل البوم Snowy owls) مع زيادة كثافة الفريسة (مثل اللاموس Lemmings).

٢ ــ الإستجابات العمرية : تعتمد العلاقة الإفتراسية بين الحيوانات بشكل كبير على أعمارها، فعلى سبيل المثال تعتبر الفريسة الصغيرة أفضل من الكبيرة بالنسبة للحيوان المفترس.

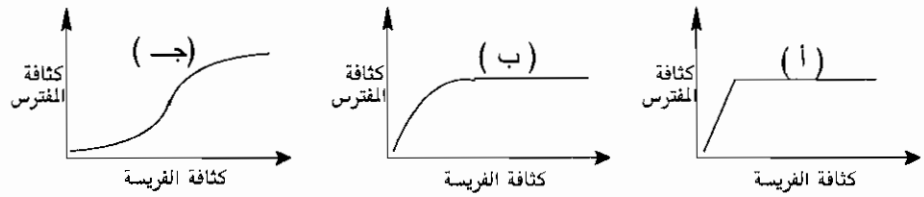
٣ ــ الإستجابات الوظيفية : للتغير فى كثافة الفريسة تأثير مباشر على حياة المفترس وسرعته على الإفتراس. وقد بينت الدراسات السابقة وجود ثلاث طرز من العلاقات بين كثافة الفريسة وكثافة المفترس وهى (شكل ٢٧):

أ ــ علاقة طردية بين عدد الحيوانات القابلة للإفتراس والحيوانات المفترسة حتى تصل العلاقة إلى نقطة تصبح الزيادة فى عدد الحيوانات القابلة للإفتراس لا تغير من عدد الحيوانات المفترسة (مثال ذلك الحيوانات المائية التى تتغذى على الكائنات الدقيقة بعملية الترشيح).

ب ــ يبدأ هذا الطراز بزيادة سريعة فى عدد الحيوانات المفترسة مع ازدياد عدد الحيوانات القابلة للإفتراس، وهذه الزيادة الأولى يتبعها انخفاض تدريجى حتى تصل إلى مستوى ثابت مثال ذلك حشرة فرس النبى المفترسة (Praying mantis).

جـ ــ يتميز هذا الطراز بالتغيرات التالية فى سرعة عملية افتراس: بطيئة، سريعة، بطيئة، ثابتة، (علاقة سيجموديةS).

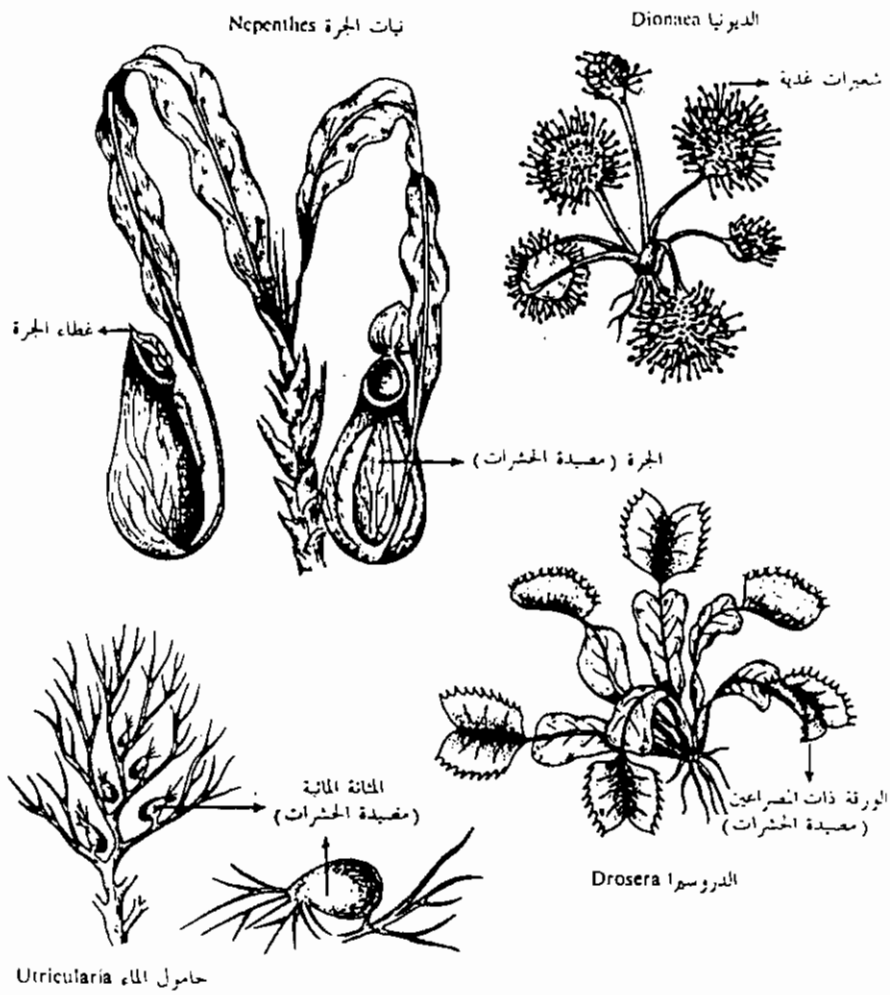
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٢٧). استجابات الفريسة للمفترس

ولا تقتصر علاقة الافتراس على علاقة الحيوانات ببعضها البعض، ولكن على علاقة النباتات بالحشرات ومن أمثلة ذلك النباتات آكلة الحشرات (Insectivorous)، وهى من النباتات الزهرية التى تتحول أوراقها إلى أعضاء ذات أشكال خاصة تناسب اصطياد الحشرات وهضمها وامتصاص نواتج الهضم الذائبة. ومن هذه النباتات نبات القدر أو الجرة (*Nepenthis*) الذى يتحور فيه جزء من الورقة إلى مايشبه الجرة ذات الغطاء وتكسو جدرانها الداخلية زوائد شعرية تتجه إلى أسفل الجرة، وتمتلئ الجرة عادة بماء المطر وعند سقوط حشرة فيها فإن الزوائد الشعرية تمنعها من الخروج وتفرز الورقة عليها إنزيمات هاضمة تقوم بهضم مكونات جسم الحشرة فتمتصها الورقة. ومن أنواع النباتات آكلة الحشرات الأخرى الدروسيرا (*Drosera* sp.) والديونيا (*Dionaea* sp.) وحامول الماء (*Urticularia* sp.) وغيرها (شكل ٢٨).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٢٨). النباتات آكلة الحشرات

يلعب الافتراس دوراً هاماً فى المحافظة على توازن النظام البيئـــى وذلـك بالتخلص من الأفراد الضعيفة داخل النواع الواحد، أما الأفراد القوية فهى تقـاوم الإفتراس، وبذلك يساعد الإفتراس على تحسين النوع ويؤدى فى نفس الوقت إلى تقليل العدد والتخلص من الإزدحام مما يقلل من العبء الزائـد علـى مصـادر الوسط الذى تعيش فيه.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ومن الأمثلة التى توضح بجلاء دور عملية الإفتراس فى المحافظة على التوازن البيئى نذكر حيوان الأيل الكبير (Moose) الذى يعيش فى الجزيرة الملكية الواقعة فى البحيرة العظمى فى ولاية أونتاريو بكندا (مساحتها ٢١٠ كم٢). كانت مجموعة الأيائل تتعرض لتذبذب كبير فى عدد أفرادها يتراوح بين ١٠٠٠ ــ ٣٠٠٠ فرد بسبب عدم وجود كائن مفترس ينظم عددها بما يتلائم مع مصادر الوسط المتاحة. وقد مرت مجموعة الأيائل بدورات متتابعة من التضخم العددى الذى يؤدى إلى حدوث رعى جائر ومن ثم نقص حاد فى الإنتاجية النباتية مما يؤدى بدوره إلى موت عدد كبير من الحيوانات، يلى ذلك عودة الكساء الخضرى للنمو وزيادة الإنتاجية النباتية مرة أخرى ومن ثم زيادة عدد الأيائل، وهكذا فى تتابع مرتبط بتذبذب حاد فى عدد الأيائل والإنتاجية النباتية. وفى عام ١٩٤٩ دخل إلى الجزيرة قطيع من الذئاب انتهز فرصة تجمد المياه فى البحيرة وعبرها إلى الجزيرة، ومنذ ذلك الحين أدت عملية إفتراس الذئاب للأيائل إلى ضبط التذبذب الحاد فى مجموعة الأيائل وثبات عدد القطيع ما بين ٦٠٠ إلى ٩٠٠ فرد وهو العدد الذى يمكن لمصادر الغذاء فى الوسط تحمله دون حدوث نقص حاد فى الموارد. وقد ثبت عدد الذئاب عند ٢٠ إلى ٢٥ فرد فقط وهو العدد الكافى لضبط تعداد مجموعة الأيائل. ومن جهة أخرى كان قطيع الأيائل يحتوى على الأفراد القوية، حيث أن ٩٤% من الأفراد التى افترستها الذئاب كانت إما أفراداً حديثة الولادة أو مريضة أو مسنة.

وتحت الظروف الطبيعية يندر أن يؤدى الإفتراس إلى انقراض نوع من الفرائس، وإنما يكون هناك توازن بين عدد المفترس وعدد الفريسة. ومع ذلك يمكن أن يحدث الإنقراض تحت تأثير عوامل أخرى كما هو الحال فى تدخل الإنسان لوقاية الزراعة من أضرار أنواع معينة من الكائنات الدقيقة أو الحشرات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أو القوارض. وذلك بتربية أعداد وفيرة من أعدائها الطبيعيـــة وإدخالـــها إلـــى الوسط، أو إدخال عدو جديد لم يكن موجوداً من قبل فتفترسها وتحد من أعدادهـــا وقد تؤدى إلى انقراضها. وتعرف هذه الطريقة **بطريقة المقاومـــة البيولوجيـــة للآفات**، ومن آثارها الجانبية أن عدد أفراد النوع المفترس قد يزداد زيادة كبـيرة تحوله إلى آفة أخرى تحتاج بدورها إلى المقاومة.

(٥) الأستغلال (Exploitation):

ترتبط علاقة الإستغلال بالغذاء أو بالمأوى. والحالة الأولى يندرج تحتـها علاقات التطفل والإفتراس. أما الحالة الثانية فقد لوحظ أن بعض أنواع النمـــل تستعمل نوعاً آخر من النمل كعامل مستعبد عندها فتستغله فى جمع غذائها وبناء أعشاشها، كما أن بعض أنواع الطيور مثل الوقـواق (Cuckoo) وطـير البقـر (Cow birds) لا تبنى بنفسها الأعشاش التى تضع فيها الإناث البيض، وإنما تقوم بهذه المهمة أنواع أخرى من الطيور الصغيرة.

التفاعلات الموجبة

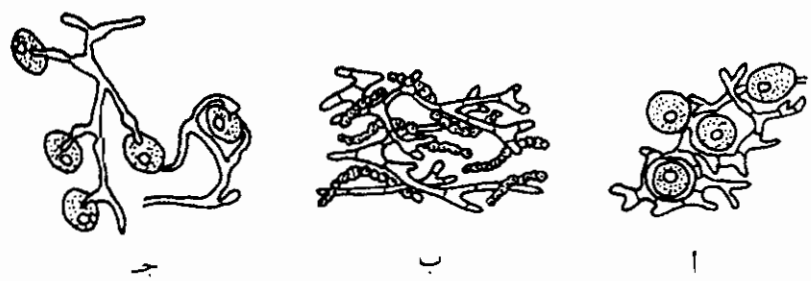
(١) التكافل الإجبارى (Mutualism) :

أ ــ **الأشن (Lichens)**. يتحد الفطر فى هذه الحالة (غالباً من الفطريـــات الزقية ونادراً من الفطريات البازيدية) مع طحلب أخضر مزرق مكونين بذلـــك جسماً لكائن واحد يسمى بالأشن، أى أن الأشن يتكون من نوعين مختلفين تمامـاً من الكائنات الدقيقة ينتمى كل منهما لمجموعة غير تلك التى ينتمى إليها الآخـــر (شكل ٢٩). وفى مثل هذه الحالة يمد الطحلب الفطر بـــالمواد الكربوهيدراتيـــة، بينما يمد الفطر الطحلب بالمواد الغذائية الأخرى وأهمها المواد البروتينية (شـكل

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

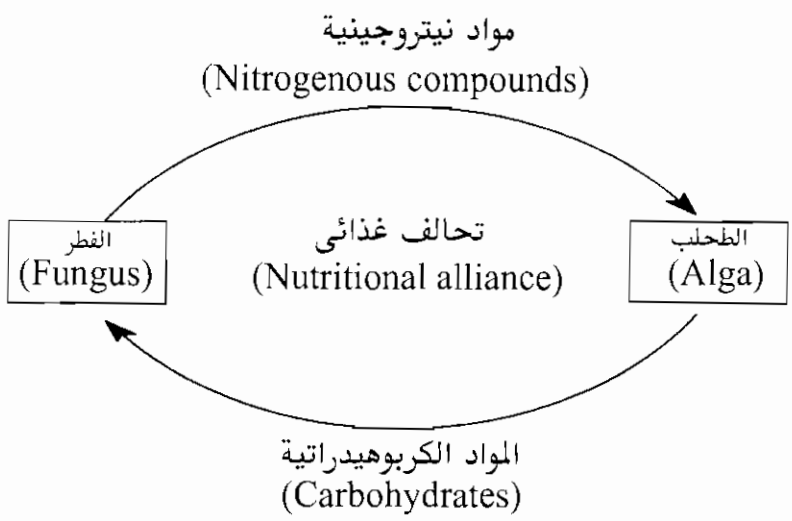
٣٠). وقد تكون الأشن مستقلة فى تغذيتها تماماً، وقد تكون متطفلة على غيرها من النباتات التى تلتصق على سيقانها فيرسل الفطر فى هذه الحالة الممصات إلى أنسجة العائل ليمتص منها المواد الغذائية.

ب ــ علاقة الكائنات الدقيقة بالنباتات الزهرية. يمكن النظر إلى علاقة الكائنات الدقيقة فى التربة بالنباتات الزهرية على أنها إحدى صور التكافل الإجبارى بين الكائنات الحية، وفيها تستفيد الكائنات الدقيقة من الإفرازات التى تفرزها جذور النباتات الزهرية فى التربة، كما تستفيد النباتات الزهرية من العناصر الغذائية التى تقوم بتوفيرها هذه الكائنات أثناء تحليلها المواد العضوية المعقدة التى توجد فى المواد الدبالية بالتربة. ويستدل على هذا التكافل اللصيق بوجود أعداد هائلة من هذه الكائنات الدقيقة فى التربة المجاورة للجذور النشطة (Rhizosphere) إذا ما قورن هذا العدد بمثيله فى التربة البعيدة عن هذه الجذور.



شكل (٢٩). الأشنات ــ أشكال مختلفة من الترابط بين الفطريات والطحالب: أ ــ احتضان الفطريات للطحالب، ب ــ التفاف الفطريات حول الطحالب، جـ ــ اختراق الفطريات للطحالب.

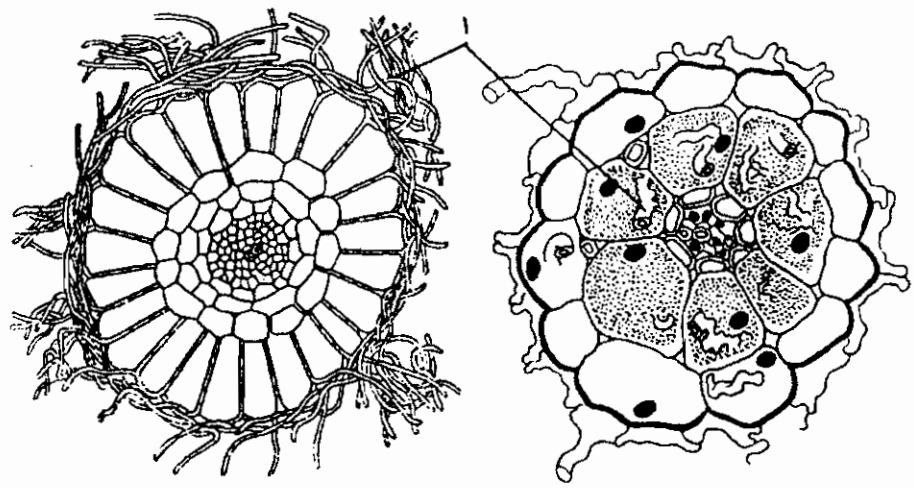
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٣٠). التحالف الغذائى بين الطحلب والفطر المكونين للأشنة.

جـ ـ الفطور ـ الجذرية (Mycorrhiza). مثل آخر للحياة التكافلية يظهر فى علاقة جذور بعض النباتات بالفطريات وهى علاقة تميز العديد من النباتات الوعائية والحزازيات التى ترتبط تغذيتها بتغذية بعض أنواع الفطريات الراقية، وهذه الظاهرة تسمى التغذية الفطرية (Mycotrophy). وفى هذا النوع من التكافل تتحد خيوط الفطر مع الأجزاء الأرضية من النباتات وخاصة الجذور لتكون تركيباً يسمى الفطور الجذرية (Mycorrhiza) ومثل هذا التركيب الثنائى يشابه إلى حد ما الأشن (شكل ٣١). وغالباً ما يكون الفطر بازيدى أو طحلبى. وفى نبات الصنوبر ترجع أهمية الفطر فى كونه يمد الصنوبر بالماء والمواد الغذائية وربما ببعض المواد المعقدة، كما يستفيد الفطر من نبات الصنوبر بأن يحصل منه على المواد الغذائية وبعض الهرمونات والمواد الكربوهيدراتية. والجدير بالذكر أن لهذه الظاهرة (أى ظاهرة التغذية الفطرية) أهمية كبرى فى بقاء نبات الصنوبر ونموه وازدهاره. وإذا ما تغيبت الفطر اللازمة لتكوين الميكوريزيا من منطقة ما كان ذلك كفيلاً بمنع الصنوبر من التواجد الفعال، وإن كانت بذوره تستطيع الإنبات فى غياب الفطر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



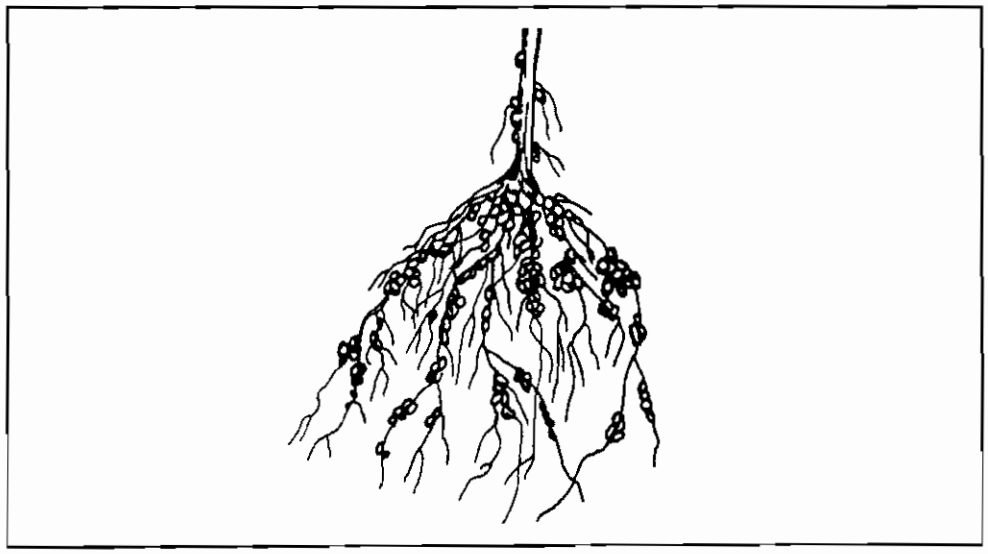
فطور جذرية خارجية　　فطور جذرية داخلية

شكل (٣١). الفطور الجذرية الداخلية والخارجية.

فى نباتات الأوركيدات (Orchids) نجد أن البذور صغيرة جداً وذات أجنة فى غاية الدقة مع قليل من المواد الدهنية، وهى لا تستطيع أن تنبت إلا فى وجود الخيوط الفطرية لجنس ريزوكتونيا (*Rhizoctonia*) الذى يدخل فى تكوين الفطور الجذرية الخاصة بهذه النباتات، ولكن وجد أيضاً أن هذه البذور تستطيع أن تنبت دون حاجة إلى وجود هذا الفطر إذا ما أمدت بالمواد السكرية ونظمت درجة حامضيتها. ومن ثم فإن البعض يعتقدون أن أهمية الفطر تنحصر فى كونه قادر على تحويل المواد الكربوهيدراتية إلى مواد سكرية. كما أنه يقوم بتنظيم درجة الحموضة لتكون فى حدود خمسة فأقل، وهو بهذا يساعد على وجود ظروف مناسبة لإنبات ونمو البذور. ولكن يظن بعض الباحثين أن أهمية الفطر للأوركيدات تنحصر فى مدها بالفيتامينات التى يستطيع هذا الفطر تصنيعها.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

د ــ العقد البكتيرية الجذرية (Bacterial nodules). أما فى حالة العقد البكتيرية فتتكون بدخول البكتريا من جنس ريزوبيم (*Rhizobium*) أنسجة الجذور الخارجية للنباتات والتى غالباً ما تنتمى للبقوليات عن طريق الشعيرات الجذرية. وتكون البكتريا فى بداية تكوين العقد متطفلة تماماً على النبات العائل. وعندما يكتمل نمو العقدة فإن البكتريا تقوم بتثبيت النيتروجين الجوى (شكل ٣٢)، مما يؤدى إلى زيادة خصوبة التربة وبالتالى يزداد الإنتاج النباتى. وفى حالة التربة الفقيرة بالمواد النيتروجينية يتسبب غياب بكتريا العقد الجذرية فى فشل نمو النبات العائل.

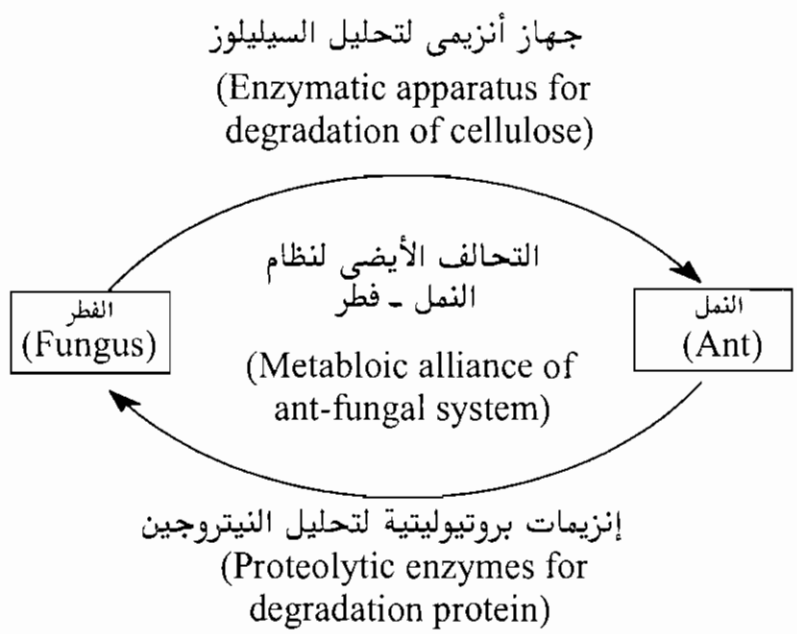


شكل (٣٢). العقد الجذرية فى نبات من الفصيلة القرنية

هـ ــ نظام النمل ــ فطر (Ant-fungal system). لوحظ أن أعشاش بعض أنوع النمل الإستوائية تحتوى على نمو فطرى مكثف بسبب عملية الإخراج التى تخصب الأوراق والبقايا النباتية التى جمعها النمل، مما يؤدى بالتالى إلى إزدهار نمو الفطر داخل الأعشاش والذى يقوم بدورة بالإسراع فى عملية التحلل الطبيعى لهذه البقايا. ومن الناحية البيوكيميائية يشارك الفطر عن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

طريق إنزيماته فى تحليل السليلوز، بينما تحتوى بقايا الإخراج البرازى للنمل على بعض الإنزيمات البروتيولوتية، والتى لا توجد فى الفطر ويحتاجها، وهى هامة لعملية تحليل البروتينات. ويعتبر هذا النوع من التكامل بين النمل والفطر تحالفاً أيضياً مؤداه تكامل أيض الكربون والنيتروجين لكلا الكائنين (شكل ٣٣).



شكل (٣٣). التحالف الأيضى لنظام النمل ــ فطر.

(٢) التكافل الإختيارى (Protocooperation):

مثال ذلك شقائق النعمان (Sea anemone) التى تعيش على دروع بعض أنواع الكابوريا (*Eupagurus prideauxi*) التى تحملها إلى أماكن غذائية جديدة، وفى هذه الحالة تحمى شقائق النعمان الكابوريا من الأعداء عن طريق الوخزات اللاسعة التى تصيب بها الكائن الذى يريد إفتراس الكابوريا. مثل هذه العلاقة ليست إجبارية، ويمكن لكلا الكائنين أن يعيشا بعيداً عن بعضهما.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(٣) المعايشة (Commensalism) :

أ ــ **النباتات العالقة (Epiphytes)** . تتخذ النباتات العالقة من فروع الأشجار والشجيرات وسط نمو تنبت فيه بذورها وتنمو فيه كما تستخدمها دعامة تتعلق عليها. تختلف النباتات العالقة عن الطفيليات فى كونها لا تستمد من عوائلها المواد الغذائية أو الماء، كما تختلف عن المتسلقات فى كونها لا تتصل إطلاقاً بالأرض طوال فترة حياتها وتعتمد هذه النباتات العالقة على مياة المطر والندى فى حياتها. وإذا لم يتوفر الماء فإن عليها أن تقاوم الجفاف أو تفنى من العطش. المواد الغذائية لهذه النباتات هى المواد الذائبة فى ماء المطر ومصدرها الجو، وكذا ما تذيبه هذه المياه من أنسجة القلف المتحللة وبعض الجسيمات الصغيرة التى تحملها الرياح فتجمعها هذه النباتات من حولها. وتوجد النباتات العالقة على سيقان أو أفرع أو حتى أوراق النباتات الحاملة (Phorophytes).

تكون النباتات العالقة فى المناطق الجافة الباردة قليلة ومعظمها من الطحالب والأشن والحزازيات، أما فى المناطق الرطبة الحارة فإن عددها يزداد كثيراً، ولذا فإن الغابات الإستوائية غنية جداً بالنباتات العالقة التى تتدرج من نباتات محبة للرطوبة وقلة الضوء (Sciophytic hygrophytes) تتواجد على الأجزاء السفلى من الأشجار، إلى نباتات جفافية محبة للضوء (Heliophytic xerophytes) تستطيع مقاومة الجفاف ويلزمها الضوء لتنمو طبيعياً. توجد هذه النباتات العالقة ومن بينها بعض أنواع الصبار فى أعلى الأشجار حيث الضوء الشديد والجفاف المتكرر. قد تنشر النباتات العالقة جذورها فوق الدعامة لتجمع أكبر قدر من الماء والمواد الغذائية، وقد تقوم السيقان والأوراق أيضاً بعملية امتصاص الماء والمواد الغذائية الذائبة. وفى النباتات العالقة المتخصصة كما فى نبات الديسكيديا (Dischidia : Asclepiadaceae) نجد أن الأوراق تتحول إلى ما يشبه الجرة التى تجمع الماء والمواد الغذائية الذائبة وتمتد إليها الجذور لتمتصها.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وهناك من الكائنات الدقيقة ما يعلق على أنسجة وتجاويف الحيوانات دون أن تسبب أضراراً مثل الميكروبات التى توجد داخل أمعاء الحيوانات.

ب ــ النباتات نصف ــ العالقة (Hemi-epiphytes). هى نباتات تحتل مكاناً وسطاً بين النباتات العالقة (Epiphytes) والنباتات المتسلقة (Lianas)، وتبدأ حياتها إما على شكل نباتات متسلقة أو على شكل نباتات عالقة، فمثلاً بعض أنواع الفصيلة القلقاسية (Araceae) تنمو فى البداية على شكل نباتات متسلقة عادية ولكن بعد فترة من نموهما يموت الجزء السفلى من الساق وتنقطع الصلة بين النبات والتربة ويتحول النبات من نبات متسلق إلى نبات عالق. تشكل بعض النباتات العالقة التى تنمو على الأشجار جذوراً عرضية هوائية تمتد لتصل إلى التربة وتبدأ بامتصاص الماء والأملاح المعدنية مثل نبات التين البنغالى (*Ficus benegalensis*). ومن هذه النباتات ما يعرف بالأشجار الخانقة (Stranglers)، يبدأ هذا النبات (مثل شجرة التين البرازيلى الخناق) حياته كبذرة تنبت وتعطى بادرة متسلقة على جذوع أشجار الغابة أو فروعها لها أوراق تنمو إلى أعلى نحو ضوء الشمس ونوعان من الجذور : جذور تنمو حول فرع الشجرة أو جذعها وجذور تتدلى نحو أرض الغابة. ويمتص النوع الأول من الجذور الماء والغذاء مما يتجمع فى شقوق قلف الشجرة، ولا يعنى ذلك تطفلاً على الشجرة، حتى إذا ما وصل النوع الثانى من الجذور إلى أرض الغابة ووجد له مكاناً فى تربتها، إزداد نمو النبات بسرعة وبدأت الجذور تغلظ وتقوى وتزداد تفرعاتها والتفافها حول الشجرة الداعمة حتى تغطيها بشبكة متماسكة قوية، مما يؤدى إلى توقف نمو الشجرة الداعمة، والإعتصار المتزايد لجذعها الناجم عن استمرار نمو وتغلظ شبكة الجذور الهوائية الملتفة حولها، وفى النهاية تموت الشجرة الداعمة خنقاً بينما تستمر جذور التين الخناق فى النمو والتغلظ حتى تخفى جذع الشجرة الداعمة. تنمو من الجذور ساندات جانبية تمكن التين من الإعتماد على نفسه، فيصبح نباتاً مستقلاً قائماً بذاته. تصل بعض هذه النباتات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الخناقة إلى أحجام ضخمة تنافس فى الطول وضخامة الجذع أشجار الغابة. مثل هذه العلاقة لايمكن اعتبارها، خاصة فى مراحلها الأخيرة، إحدى صور التعايش الإيجابى بين النباتات وإنما تمثل إحدى صور التفاعلات السالبة بين الكائنات الحية.

جـ ـ النباتات المتسلقة (Lianas) . النباتات المتسلقة عبارة عن نباتات ضعيفة السيقان تحتاج إلى دعامات لكى تنمو إلى أعلى، وتنبت بذور النباتات المتسلقة فى التربة وتنمو سوقها بعد ذلك بسرعة دون أن تتشكل فيها أنسجة دعامية كثيرة، وترتفع إلى أعلى لتصل إلى المكان المناسب لها من حيث شدة الإضاءة. تتسلق هذه النباتات دعاماتها من النباتات المختلفة بواسطة :

- الأشواك أو المحاجم (Suction discs). كما فى نبات كالامس (*Calamus*) الذى يصل طوله من ٢٠٠ إلى ٢٤٠ متراً.
- الجذور العرضية (Adventitious roots). حيث تنمو على الساق وتدخل فى شقوق قشرة الأشجار مثل نبات الفانيلا (*Vanilla*).
- التفاف سيقان النباتات المتسلقة حول جذوع الأشجار.
- المحاليق (Tendrils). وهى عبارة عن أعضاء خاصة متحورة تمكن النباتات المتسلقة من تثبيت نفسها بجذوع وأفرع الأشجار.

تمكن هذه الوسائل النباتات المتسلقة من الوصول إلى مستوى تيجان الأشجار حيث الإضاءة مرتفعة، ولكنها تستطيع فى أطوار نموها الأولى تحمل الإضاءة المنخفضة فى مستوى الطبقات السفلى. وعندما تصل النباتات المتسلقة إلى مستوى تيجان الأشجار حيث الإضاءة المرتفعة، فإنها تشكل تاجاً كثيف الأوراق لدرجة قد تصبح معها عبئاً ثقيلاً على النباتات التى تسندها. تكثر النباتات المتسلقة فى الغابات المدارية وخاصة المناطق المفتوحة من الغابة وعند حوافها كما تشكل عند حواف الأنهار أيكة (Thicket) يصعب اختراقها. وكثيراً

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ما يصل طول النباتات المتسلقة فى الغابات المدارية إلى ٧٠ متراً أو أكثر ويمكن مشاهدتها كالحبال المتشابكة التى تربط أشجار الغابات بعضها ببعض.

علاقة الحيوانات بالنباتات

أ- عملية الرعى (Grazing process)

يتأثر الكساء الخضرى فى مظهره وتكوينه طبقاً لما يتعرض له من استغلال من قبل حيوانات الرعى. ويواجه الدراسون والقائمون على استغلال مناطق الرعى الكثير من المشاكل البيئية وخاصة عندما يحاولون الحفاظ على النظام البيئى فى حالة توازن حتى يستمر فى الإنتاج بكفاءة. ومن الصعوبات التى تؤثر على هذا التوازن وتعمل على تغيير نوعية الغطاء النباتى نتيجة لرعى الحيوانات وجود اختلاف كبير فى مدى استساغة الحيوانات للنباتات المختلفة، فبعض النباتات تحبها الحيوانات والبعض الآخر لا تكاد تقترب منه، وبين هذا وذلك تدرج واضح فى مدى استساغة الحيوانات الرعوية للنباتات. وإذا ما تركت الحيوانات ترعى بدون إدارة جيدة للمرعى فسرعان ما يتعرض الكساء الخضرى لتغيير شامل فيما يحتويه من أنواع نباتيه نظراً لفناء بعضها وسيادة البعض الآخر الذى لا يرعى. وبزوال النباتات الصالحة للرعى تعطى النباتات التى لا ترعى الفرصة للنمو والإزدهار حيث يخلو الوسط من النباتات التى تنافسها. ويضر الرعى الجائر بالنباتات نتيجة الإزالة المستمرة للأجزاء الخضرية التى تقوم بالبناء الضوئى إما عن طريق أكلها أو لكونها حساسة للوطء الواقع عليها من قبل الحيوانات. ويساهم الجفاف مع الرعى فى مضاعفة الضرر أذ يكون من الصعوبة بمكان أن تنتج هذا النباتات أية محصول عندما تتعرض لعاملى الرعى الجائر المستمر والجفاف، ولكن قد يكون الرعى فى حد ذاته (على ألا يكون جائراً) عاملاً مساعداً على الأقلال من فقد الماء نتيجة للنتح بسبب فقد النباتات بعضاً من أجزاءها الخضرية مما يعطيها الفرصة لأن تقلل

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

من احتياجاتها المائية وبالتالى زيادة قدرتها على تخطى فصول الجفاف دون أن تتعرض لأذى.

يختلف تأثير الرعى على طبيعة الكساء الخضرى بإختلاف صورة نمو الأنواع النباتية التى يتكون منها. فالحوليات عندما ترعى رعياً غير منظم تختفى بسرعة إذ تحت هذه الظروف قد لا تأخذ النباتات الفرصة لأن تكمل دورة حياتها وبالتالى تتناقص بذورها تدريجياً حتى تصبح معدومة تماماً فى المنطقة المرعية. ومن بين العشبيات نجد أن الأنواع النجيلية تقاوم الرعى أكثر من الأنواع العشبية غير النجيلية، ويرجع هذا إلى أن البراعم التجديدية للنجيليات توجد على الريزومات المدفونة فى التربة ولذا لا تتأثر كثيراً بالرعى بل قد يساعد الرعى الرشيد على نمو هذه النجيليات. والرعى لا يضر النباتات المعمرة إذا كان منظماً، أى إذا سمح للنباتات بعد رعيها أن تستعيد بناء ما فقدته من أجزاء خضرية، أما إذا توالت عمليات الرعى دون أن تتمكن النباتات من إستعادة أجزاءها الخضرية أدى ذلك إلى استهلاك ما كان مخزوناً من مواد غذائية فى أجزائها الأرضية، وبمرور الوقت ومع استمرار هذا الفقد تصبح النباتات فى حالة لا تستطيع معها متابعة الحياة الطبيعية وقد تفنى تماماً.

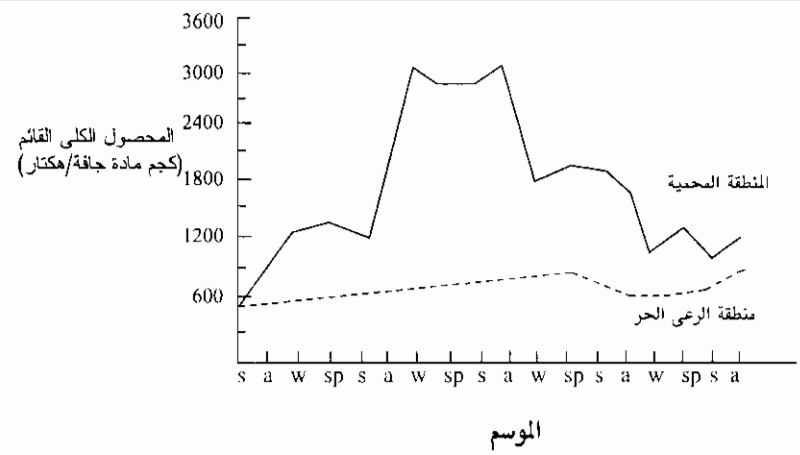
يتأثر المظهر العام لمنطقة ما نتيجه لإختلاف مدى الدرجة التى ترعى بها نباتاتها، فالرعى فى المناطق الشجرية غالباً ما يسبب زيادة فى عدد وحجم الشجيرات، وذلك نتيجة لإزالة الأعشاب التى تنافس هذه الشجيرات على الموارد الغذائية بما فى ذلك الماء. أما الرعى فى المناطق العشبية فيتسبب عنه ضعف عام فى الغطاء النباتى، وتسود عندئذ الأنواع التى لا تؤكل أو التى تستطيع أن تكمل دورة حياتها فى فترة قصيرة فلا تعطى الحيوانات فرصة للقضاء عليها.

لنوع حيوان الرعى أيضاً الأثر الكبير على الغطاء النباتى فهو لا يؤثر فقط فى كمية الغطاء النباتى أو الأنواع النباتيه التى يتكون منها بل يؤثر أيضاً فى مظهره العام. فالأغنام مثلاً تفضل أن ترعى الأعشاب غير النجيلية، والبقر

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

والخيول تستسيغ النجيليات، والماعز والغزال تفضل الشجيرات الخشبية ذات الأوراق العريضة. بالإضافة إلى ذلك، فإن الطيور والقوارض وغيرها من آكلات البذور تؤثر هى الأخرى تأثيراً ملموساً على نوعية الغطاء النباتى. فمن المعلوم أن مقدرة النبات على إنتاج البذور تختلف من عام لآخر طبقاً لما تمليه عليه الظروف المحيطة. وإذا ما كان إنتاج البذور ضئيلاً فإن الطيور والقوارض والكائنات الأخرى قد تستهلكه تماماً مما قد يسبب فناء النبات نفسه. ويقاسى المشتغلون بتنمية المراعى وإكثارها، عن طريق بذر البذور، من فعل الطيور والقوارض ولذا يصبح فى بعض الأحيان استخدام السموم أمر مسموح به.

يعالج المختصون فى تنمية المراعى مشكلة الرعى الجائر غير المنظم بحماية المنطقة من الرعى لفترة زمنية قد تمتد عدة سنوات يستعيد خلالها الغطاء النباتى الطبيعى حيويته ويزيد من غطائه وإنتاجه، وخاصة فيما يتعلق بالنباتات المرغوبة من قبل حيوانات الرعى، يلى ذلك إتباع **نظام الدورات الرعوية**، حيث أن الحماية التامة من الرعى ليست فى صالح الكساء الخضرى أيضاً كما يتضح من الشكل ٣٤ (Shaltout and El-Ghareeb 1985):



شكل (٣٤). تأثير الحماية الكاملة على الكساء الخضرى للمنخفضات غير الملحية بالساحل الشمالى الغربى لمصر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تطبق الدورة الرعوية فى تعاقب زمنى محدد (كل عامين أو ثلاثة مثلاً) وفيها يرعى جزء من الأراضى ويترك الآخر ليستعيد ما فقده من أجزاء خضرية، ثم تبدأ الحيوانات فى رعى الجزء الذى استعاد ما فقده بينما يترك الجزء الذى تم رعيه ليستريح ويستعيد ما فقده هو الآخر، وهكذا تنتقل حيوانات الرعى من منطقة لأخرى فى تعاقب منظم ومدروس كما هو موضح بالمخطط التالى (جدول ٦).

جدول (٦). مخطط لدورة رعوية كل ثلاث سنوات.

المنطقة المراد تطبيق الدورة الرعوية عليها	قطاع (أ)	قطاع (ب)	قطاع (جـ)
العام الأول	رعى	حماية	حماية
العام الثانى	حماية	رعى	حماية
العام الثالث	حماية	حماية	رعى

ب ـ التأثير الميكانيكى (Mechanical effect)

تؤثر الحيوانات أثناء سيرها على الأرض أو عند حفر جحورها تأثيراً ميكانيكياً مباشراً على النباتات التى تتغذى عليها، كما تؤثر تأثيراً غير مباشر عن طريق وطء التربة أو إثرائها بالمادة العضوية، وأهم هذه التأثيرات ما يلى:

الوطء (Trampling) . يلعب وطء الحيوانات دوراً بالغاً فى بعض المجتمعات النباتية كالمروج والسهول والسافانا وأشباه الصحارى والصحارى. ويتوقف التأثير على عدد الحيوانات وشدة الرعى. فالوطء المعتدل يمكن أن يؤثر تأثيراً إيجابياً، حيث يساعد على سرعة تفتيت البقايا العضوية وطمرها فى الطبقة السطحية للتربة. كما أن الوطء المعتدل يغطى البذور بطبقة رقيقة من التربة تحميها من تأثيرات العوامل الخارجية. وخاصة درجات الحرارة المتطرفة، وتوفر لها رطوبة أفضل بالمقارنة بالبذور التى تبقى مكشوفة على

مع أطيب تحيات د. سلامة حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

سطح التربة. أما الوطء الشديد فقد يسبب إنخفاض كثافة الغطاء النباتى ويؤدى أيضاً إما إلى تراص التربة أو زيادة تخلخلها (كما فى حالة التربة الرملية). وتراص التربة الطينية بسبب زيادة الوطء يزيد من فقد التربة للماء عن طريق التبخر والإنسياب السطحى (Run-off) وبالتالى يؤدى إلى إنخفاض الإنتاج النباتى، كما قد يسبب زيادة ملوحة التربة بسبب التبخر المرتفع. أما خلخلة الطبقة السطحية للتربة فيزيد من عملية حتها وتعريتها، وتصبح مادة سهلة الإنتقال بواسطة الرياح مما يؤدى إلى تعرية البذور وموت النباتات.

المخلفات العضوية (Organic residues). تلقى الحيوانات كميات كبيرة من المخلفات العضوية (مثل البول والبراز) على سطح التربة أو فى داخلها، وهى أكثر غناً بالنيتروجين من البقايا النباتية والحيوانية الميتة (Litter). وبعد تحلل هذه المخلفات تصبح التربة غنية بالمادة الغذائية اللازمة لنمو النباتات. كما أن المخلفات الحيوانية كثيراً ما تحتوى على البذور التى تتحسن ظروف إنباتها كثيراً نتيجة لمرورها من خلال الجهاز الهضمى للحيوان. ولكن المخلفات الحيوانية وخاصة مخلفات الحيوانات الثديية الكبيرة كثيراً ما يكون لها تأثير سلبى على النباتات، ذلك أنها تغطى النباتات وخاصة البوادر وتحجب عنها الضوء كما تقلل من تهوية التربة، لذا غالباً ما تموت النباتات الصغيرة والبوادر التى تغطى بهذه المخلفات. كما أن بعض المخلفات قد تحوى مواد مثبطة لنمو النباتات أو قد تتشكل هذه المواد المثبطة نتيجة لتحلل المخلفات العضوية، ومثال ذلك مخلفات الطيور وبول الحيوانات وخاصة الثدييات الكبيرة.

جـ. عملية التلقيح (Pollination)

تعتبر عملية نقل حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم (التلقيح Pollination) أحد التأثيرات المتبادلة النافعة بين الحيوانات والنباتات. والأزهار إما أن تلقح ذاتياً إذا انتقلت حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسمها، أو أن تلقح خلطياً إذا تم انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم زهرة أخرى، ولذا فإن الأزهار

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وحيدة الجنس تكون خلطية التلقيح، وكذلك الأزهار الخنثى التى تنضج فيها المتوك والمياسم فى أوقات مختلفة. يتم التلقيح الخلطى عن طريق الحيوانات (خاصة الحشرات) والرياح وأحياناً الماء (خاص بالنباتات المائية المغمورة).

تعتبر الحشرات من بين الحيوانات الرئيسية التى تقوم بعملية التلقيح، كما تقوم الطيور الطنانة أيضاً بهذا الدور، وأهم الحشرات التى تقوم بعملية التلقيح هى نحل العسل والنحل الطنان والفراش والدبابير والخنافس. وتشير الدراسات إلى أن هناك إرتباطاً وثيقاً فى بعض الأحيان بين إنتشار النباتات وبين تواجد الحشرات التى تقوم بعملية التلقيح. ومن الأمثلة الواضحة على ذلك بعض نباتات الفصيلة القرنية وبعض أنواع فصيلة حنك السبع والتى يحدد رقعة إنتشارها فى المناطق القطبية وجود النحل الطنان الذى يقوم بعملية التلقيح. وفى استراليا زرع نبات النفل (*Trifolium pratense*) لكنه لم يعط بذوراً لأنه نقل إليها دون وجود حشرات تقوم بعملية التلقيح بدلاً من حشرات النحل الطنان التى كانت تقوم بعملية تلقيحه فى موطنه الأصلى قبل نقله.

تلعب الطيور بالإضافة إلى الحشرات، دوراً مهماً فى التلقيح خاصة فى مناطق الغابات الإستوائية المطيرة، وذلك لأن الرياح داخل الغابات الكثيفة قليلة السرعة أو ساكنة، إضافة إلى الأمطار الدائمة التى تجعل من انتقال حبوب اللقاح بواسطة الرياح أمراً صعباً، أضف إلى ذلك أن أفراد النوع الواحد لا تكون قريبة من بعضها البعض وإنما تفصلها مسافات متباعدة.

د. عملية الإنتشار (Dispersal)

إن عملية انتشار بذور وثمار النباتات عن طريق الحيوانات هى واحدة من العلاقات النافعة بين الحيوانات، والنباتات. ويمكن لأنواع كثيرة من الحيوانات، بسبب تنقلها الدائم واعتمادها فى تغذيتها على النباتات، أن تلعب دوراً مهماً فى انتشار الأنواع النباتية. ويتم انتشار بذور وثمار النباتات بواسطة الحيوانات عن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

طريق: ١ ــ الإنتقال داخل الجهاز الهضمى للحيوانات (Endozoochores)، ٢ــ الإلتصاق بجسم الحيوانات (Epizoocores)، ٣ ــ إدخار المواد الغذائية وبناء الأعشاش (Synzoochores).

غالباً ما تكون البذور والثمار التى تنتقل عن طريق الجهاز الهضمى للحيوانات صالحة للأكل وذات ألوان جذابة، كما أنها ذات قصرات سميكة تستطيع مقاومة العصارات الهاضمة وبالتالى تبقى محتفظة بقدرتها على الإنبات بعد خروجها من الجهاز الهضمى للحيوانات. وبذور بعض النباتات لا تستطيع امتصاص الماء إلا إذا مرت داخل القناه الهضمية للحيوانات، وذلك لأن العصارات الهاضمة ترقق أغلفة البذور وبالتالى يصبح إنباتها أسرع وأسهل. وتشكل ثمار الأكاشيا (*Acacia* sp.) والقعقاع (*Lagonychium* sp.) فى المناطق الجافة وشبه الجافة مادة غذائية مهمة للحيوانات، الأمر الذى يساعد على انتشار بذورها وترقيق قصرتها وذلك بعد خروجها من الجهاز الهضمى للحيوانات، وهذا يجعلها أكثر إنفاذاً للماء فيسهل إنباتها، وكثيراً ما تشاهد بذور هذه النباتات نامية داخل روث الحيوانات فى الزرائب التى تبيت فيها الحيوانات، أو فى الطرق التى تسلكها الماشية إلى أماكن تجمع مياه الشرب.

أما البذور والثمار التى تنتقل بالإلتصاق الخارجى بجسم الحيوانات فغالباً ما تملك تكيفات تمكنها من ذلك كالكلابات مثل نبات الضريسة (*Tribulus terrestris*) ونبات الشبيط (*Xanthium* sp.) أو تكون ذات سطوح لزجة كالدبق (*Viscum album*) والهدال (*Loranthus*) وغيرها. إضافة إلى أن بذور وثمار بعض الأنواع النباتية يمكنها من الإنتقال مع الأوحال التى تلتصق بأقدام الحيوانات ومناقير الطيور. وتستطيع كثير من الحيوانات التى تدخر البذور والثمار لفصل الشتاء أن تسهم فى انتشارها، فعند حملها الوحدات التكاثرية (Diaspores) إلى جحورها كثيراً ما يسقط بعضها، كما أن هذه المدخرات كثيراً ما تزيد عن حاجتها وبالتالى قد تنمو وتتكاثر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ عوامل التربة

تعرف التربة، من وجة نظر علم النبات، على أنها الجزء من الطبقة الأرضية التى يمكن أن تتواجد فيها الحياة النباتية. ويختلف سمك هذه الطبقة فقد يكون غشاءاً رقيقاً أو سطح قطعة صخرية أو قد يكون طبقة سميكة تصل إلى عشرات الأقدام. سطح التربة عادة غير صلب إلا أنه يزداد صلابة بالعمق. وتحتوى التربة على قدر كبير من المواد العضوية النباتية والحيوانية تعتبر مصدر الطاقة للكائنات الدقيقة التى تقوم بتحويل المواد الغذائية من صورها المعقدة إلى صورة بسيطة يستطيع النبات أن يستعملها كغذاء.

الصخور التى تكون القشرة الأرضية هى عبارة عن خليط من المعادن ونتيجة لعوامل التعرية تتفتت هذه الصخور لتعطى المعادن الداخلة فى تركيبها. والمعدن يمكن أن يعرف بتلك المادة التى تتكون من جزيئات متشابهه، وقد يكون المعدن عنصرياً وهو الذى يتكون من عنصر منفرد كالذهب والماس، أو مركباً مثل ملح الطعام (الهاليت) الذى يتكون من كلوريد الصوديوم ومعدن الكاولين الذى يتكون من سليكات الألومنيوم المائية. وأثناء عملية التجوية (Weathering) التى تحدث بعوامل عدة (مثل الحرارة والبرودة المتعاقبة، تكوين الثلوج فى ثنايا الصخور، إذابة الصخور بالأحماض الذائبة فى ماء المطر مثل حمض الكربونيك، وفعل الجذور الميكانيكى والحيوى) تحدث تغيرات طبيعية وكيميائية، وبإضافة المادة العضوية إلى نواتج عملية التجوية تتكون التربة وتتحدد صفاتها.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تسمى الصخور التى تتكون منها التربة بمادة الأصل أو الصخور الوالدة (Parent rocks). قد تبقى التربة حيث تتكون وعندئذٍ تكون المادة الأصلية الموجودة تحت هذه التربة هى الصخور الوالدة للتربة السطحية وتسمى التربة فى هذه الحالة تربة موقعية (Residual soil). ومن جهة أخرى قد تحمل التربة إلى مكان آخر غير التى تكونت فيه بفعل عامل أو أكثر من العوامل البيئية، عندئذ تكون الطبقات الموجودة أسفلها، سواء كانت هذه الطبقات تربة حقيقية أو طبقات جيولوجية، لا تمت إلى الطبقة السطحية بصلة، بينما الصخور الوالدة لهذه التربة قد تكون على بعد أميال من موقعها الحالى، ومثل هذه التربة تعرف بالتربة المنقولة (Transported soil). ويمكن تمييز الأنواع الآتية من الترب المنقولة طبقاً للعوامل التى تعمل على نقلها:

١ ــ تربة منقولة بفعل مياه البحار (Marine deposit)

٢ ــ تربة منقولة بفعل المياه العذبة (Alluvial deposit)

٣ ــ تربة منقولة بفعل حركة الثلاجات (Glacial deposit)

٤ ــ تربة منقولة بفعل الرياح (Aeolian deposit)

٥ ــ تربة منقولة بفعل الجاذبية الأرضية (Colluvial deposit)

٦ ــ تربة مكونة من مواد عضوية متراكمة (Cumulose deposit)

مكونات التربة

بالرغم من أن التربة تتكون من مواد تختلف فى تركيبها وتكوينها وخصائصها إلا أن هناك خمسة مكونات أساسية تتكون منها جميع الأراضى هى:١- المواد المعدنية (بفعل عوامل التعرية)، ٢- المواد العضوية (بفعل تحلل الكائنات الميته)، ٣- محلول التربة (العناصر المذابة فى الماء)، ٤- الهواء (يوجد بفراغات التربة)، و ٥- الكائنات الدقيقة (تعيش فى التربة متكافلة أو

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

متطفلة أو مترممة). والتربة قد ينظر إليها على أنها مادة ثابتة وأن كل ما تتكون منه وتحتويه فى حالة ثبات، ولكن الحقيقة ليست كذلك فإن كل ما فى التربة يتغير ويتبدل. فدرجة الحرارة مثلاً غير ثابتة والمحتوى المائى يتغير بإستمرار، كما أن هناك تغير دائم فى محتوى التربة من العناصر الغذائية نظراً لإمتصاصها بواسطة النباتات أولاً ثم ترسبها نتيجة لعمليات التجوية المستمرة للصخور، هذا بالإضافة إلى ما تسببه الكائنات الأخرى مثل الديدان والقوارض من تغير دائم عن طريق مخلفاتها العضوية.

أولاً : المواد المعدنية (Minerals)

تتكون القشرة الأرضية من مجموعة مختلفة من الصخور، والتى يتكون بعضها من مجموعة من المعادن بينما يتكون البعض الآخر من بقايا مواد عضوية متحللة. وقد أمكن حصر العناصر التى تتركب منها المعادن والصخور بالقشرة الأرضية فى أكثر من ١٠٠ عنصر (كل العناصر المكونة لجدول مندليف تقريباً)، وتختلف النسب التى توجد بها هذه العناصر من معدن لآخر ومن صخر لآخر كما دلت على ذلك التحليلات الكيميائية لعينات من الصخور المختلفة على سطح الأرض. والأكسجين هو العنصر الأساسى حيث يوجد فى الصخور المكونة للقشرة الأرضية بنسبة حوالى ٤٧%، يليه السيليكون (٢٨%) ثم الألومنيوم (٨%) ثم الحديد (٥,٥%)، وتتناقص هذه النسب تدريجياً إلى حوالى ٠,١٤% فى حالة الهيدروجين. وإجمالاً فإن عشرة عناصر فقط تكون حوالى ٩٩% من كمية العناصر الكلية بالقشرة الأرضية وهى: الأكسجين، السليكون، الألمونيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، الماغنسيوم، التيتانيوم والأيدروجين. تكون بقية العناصر الأخرى حوالى ١%، والتى لها أهمية اقتصادية مثل الذهب والفضة والنحاس والكبريت والنيكل (العناصر الصغيرة أو النادرة).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ثانيا : المواد العضوية (Oraganic matter)

المادة العضوية هى عبارة عن قطع صغيرة من بقايا النباتات والحيوانات تحولت بفعل عملية التدبل (Humification) إلى أجزاء غاية فى الدقة، وبإستمرار هذه العملية تصبح المادة العضوية فى حالة تحلل كبير وفى اتزان مع الوسط الذى توجد به لتكون ما يعرف باسم الدبال (Humus). ينتج عن استمرار عملية التحلل انفراد المواد الأصلية المكونة لهذه البقايا النباتية والحيوانية مثل ثانى أكسيد الكربون والنوشادر (الأمونيا) والميثان والفسفور والكبريت وغيرها من العناصر. وتتأكسد النشادر إلى مركبات النيتروز (Nitrose compounds) ثم مركبات النترات (Nitrate compounds).

الأمونيا	أكسدة ←	نتروز	أكسدة ←	نترات
(NH_3^+)		(NO_2^-)		(NO_3^{--})

ولما كان تحلل المواد العضوية فى التربة عبارة عن تفاعلات كيماوية تقوم بها الكائنات الحية، فإن أى عامل يؤثر على نشاط ونمو هذه الكائنات يؤثر بدوره على سير عمليات تحلل المواد العضوية، وأهم هذه العوامل ما يلى: التهوية، الحرارة، درجة القلوية والحموضة، وطبيعة المواد المتحللة وتركيبها الكيميائى.

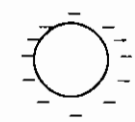
الدبال (Humus). يعتبر الدبال ذو تركيب طبيعى وكيميائى ثابت تقريباً، إلا أن هذا التركيب يختلف من مكان إلى آخر طبقاً للظروف البيئية وطبيعة الكائنات الحية التى توجد فيه. ودراسة الصفات الخاصة بالدبال صعبة لعدم إمكانية فصل الدبال عن الأرض دون أن يحدث له تغيير فى خواصه المختلفة. الدبال مثل معدن الطين فى كونه **ذو سعة إدمصاصية كاتيونية عالية**

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(Cation adsorption capacity)، إلا أنها تفوق بكثير السعة الإدمصاصية الكتيونية للطين. وترجع أسباب هذه الصفة إلى إنحلال مجاميع الكربوكسيل والأيدروكسيل التى تدخل فى تركيبه كما هو موضح من المعادلات الآتيه:

$$R\text{-}COOH \longrightarrow R\text{-}COO^- + H^+$$

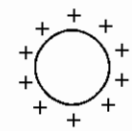
$$R\text{-}OH \longrightarrow R\text{-}O^- + H^+$$



كما أن الدبال أيضاً لـه **سعة إدمصاصية أنيونية (Anion adsorption capacity)** قد تكون فى بعض الأحيان عالية مصدرها تأين مجاميع الأمين والأيدروكسيل كما هو واضح من المعادلات الآتية:

$$R\text{-}NH_2 + H^+ \longrightarrow R\text{-}NH_3^+$$

$$R\text{-}OH + H^+ \longrightarrow R\text{-}OH_2^+$$

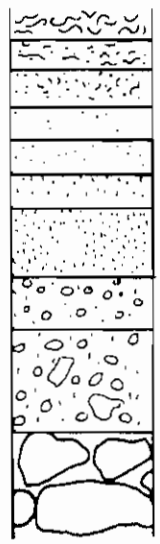


ونظراً لإرتفاع السعة الإدمصاصية للدبال فهو مصدر كبير للعناصر الغذائية التى يحتاجها النبات والتى لا يجد النبات صعوبة فى الحصول عليها خلال عملية تعرف بإسم التبادل الكتيونى والأنيونى بين الدبال من جهة ومحلول التربة أو جذور النبات من جهة أخرى.

قطاع التربة (Soil profile): تتكون التربة من طبقات، يمكن تحديدها حيث تختلف غالباً فى لونها، تسمى نطاقات التربة (Soil horizons). النطاق العلوى منها (A-horizon) هو عبارة عن بقايا النباتات والحيوانات (المادة العضوية) التى تحللت إلى أجزاء غاية فى الدقة (الدبال) بفعل عملية التدبل (Humification) وينقسم هذا النطاق فى التربة الناضجة إلى عدة طبقات محدودة تمثل مراحل عملية التدبل. يلى ذلك النطاق تحت العلوى (B-horizon) الذى يتكون من المعادن التى تحللت من المادة العضوية بفعل عملية التعدن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(Mineralization) واختلطت بمادة الأصل. تصل المواد الذائبة التى تحمل المعادن من الطبقة السفلى للنطاق العلوى إلى النطاق تحت العلوى أثناء عملية الغسيل التى تتعرض لها التربة بفعل ماء المطر أو الرى. أما النطاق السفلى (C-horizon) فيمثل غالباً مادة الأصل غير المتحورة التى قد تكون موجودة فى هذا المكان أصلاً أو منقولة بفعل عامل أو أكثر من العوامل البيئية سالفة الذكر (شكل ٣٥).



أوراق مفككة وبقايا عضوية متحللة	أ ـ صفر صفر	A00
مواد عضوية متحللة جزئيًا أو كليًا	أ ـ صفر	A0
نطاق أسود اللون غني بالمواد العضوية الدبالية	أ ١	A1
نطاق معادن فاتحة اللون كثير الرغويات	أ ٢	A2
نطاق انتقالي إلى النطاق B ب	أ ٣	A3
نطاق انتقالي إلى النطاق A ا	ب ١	B1
نطاق أسود كثير الرغويات	ب ٢	B2
نطاق انتقالي إلى النطاق C ج	ب ٣	B3
نطاق الصخور المفتتة ـ المهد الصخري	ج	C
نطاق المهد الصخري غير المفتت	د	D

شكل (٣٥). مخطط لمقطع فى التربة يوضح الطبقات المتعاقبة.

تتأثر طبيعة قطاع التربة وسمك نطاقاته بعوامل متعددة من أهمها ما يلى:

١ ــ تعبر طبيعة قطاع التربة وسمك نطاقاته عموماً عن مناطق مناخية وتضاريسية محددة. فأراضى الحشائش مثلاً تختلف عن الغابات فى كون عملية التدبل فى الحالة الأولى عالية بينما عملية التعدن تكون بطيئة (تراكم الدبال يؤدى إلى سوء التهوية ومن ثم إلى إضعاف النشاط الميكروبى المسئول عن عملية تحرر العناصر).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ ــ تؤثر تضاريس المنطقة تأثيراً عالياً على قطاع التربة. فالمناطق التلالية (وخصوصاً إذا أسئ أستخدامها بواسطة الإنسان) يتكون بها طبقة رقيقة من النطاقين العلوى وتحت العلوى بسبب تعرضها لعملية النحر، أما الأراضى المسطحة فيغسل الماء النازل عليها المواد بسرعة إلى الطبقات العميقة، وأحياناً تتكون طبقة صلبة بفعل تراكم المعادن (hard pan) لا تستطيع جذور النباتات وكذا الحيوانات والماء أن تخترقها بسهولة.

٣ ــ الأراضى ذات الصرف السئ يتراكم فيها الدبال وبذا تكون التهوية الأرضية رديئة مما يؤدى إلى الإقلال من معدل تحلل العناصر. فى مثل هذه الحالة يصبح نقص الأكسجين، وزيادة غاز ثانى أكسيد الكربون، وتراكم المواد السامة عوامل محددة فى عملية نضج التربة. فبعض المواقع رديئة الصرف يمكن أن تصبح عالية الإنتاج إذا تم تحسين الصرف فيها.

ثالثا : المحلول الأرضى (Soil solution)

يعرف المحلول الأرضى بأنه الماء المذاب فيه الأملاح والغازات والممسوك فى الأرض ضد قوى الجاذبية الأرضية. وهذا المحلول يكون غالباً وتحت الظروف الطبيعية فى حالة توازن مع مادة الأرض. ويحتوى عادة على جميع العناصر التى تلزم لنمو النباتات ولو بتركيزات مخففة جداً. يتوقف تركيز محلول التربة على عوامل عدة منها : الرطوبة الأرضية، تركيز العنصر بمادة التربة، المركبات المحتوية على هذا العنصر، الكساء الخضرى السائد وعمره.

تؤدى كثرة مياه الأمطار إلى غسيل الأملاح بالتربة وإحلال الأيدروجين محل الكتيونات المدمصة على سطح الطين وأيضاً إلى إنخفاض الرقم الهيدروجينى (pH) للمحلول الأرضى. كما يتوقف تركيز الأملاح على كمية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الرطوبة الأرضية فيكون مركزاً عند الرطوبة المنخفضة ومخففاً عند التشبع، ولكن مثل هذه القاعدة ليست عامة، فبالنسبة لمركبات الفوسفات مثلاً: لوحظ أن زيادة تركيز المحلول الأرضى من عنصر مثل الكالسيوم يؤدى إلى تقليل الكمية الذائبة من الفوسفات، نظراً لإمكانية حدوث عملية التبادل الكتيونى الذى يتم فيها إخراج الكالسيوم إلى المحلول الأرضى بكميات تؤدى إلى ترسب الفوسفات، وبالتالى إلى تقليل القدر المذاب منها فى محلول التربة (تداخل العوامل). أما بالنسبة للكتيونات المختلفة الشحنة فالملاحظ أن نسبة $\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{K^{+} + Na^{+}}$ تزداد فى المحلول مع إرتفاع تركيز المحلول الأرضى، بسبب نقص نسبة البوتاسيوم والصوديوم وارتفاع نسبة الكالسيوم والمغنسيوم، نتيجة لما يحدث من تبادل للكتيونات على سطح حبيبات الطين.

رابعاً : هواء التربة (Soil air)

تمثل الفراغات التى بين حبيبات التربة ما لايقل عن ٣٥% من حجمها الكلى الحقيقى. وهذه الفراغات إما شعرية تحدد كمية الماء الذى يمكن للتربة الإحتفاظ به بعد المطر أو الرى، أو غير شعرية تحدد كمية الهواء الذى يتخلل التربة. وفى حالة تشبع التربة تماماً بالماء تمتلئ الفراغات الشعرية وغير الشعرية بالماء مما ينتج عنه طرد الهواء وينتج عن ذلك ظروف لاهوائية (Anaerobic) فى التربة تؤدى إلى اختزال العديد من العناصر المعدنية مثل الحديد والكبريت والنيتروجين، كما تنشط الكائنات اللاهوائية مما يؤدى إلى زيادة إنتاج ثانى أكسيد الكربون وتحول التربة إلى النوع الحامضى، هذا إلى جانب انخفاض إنتاج الدبال بسبب صعوبة عمليات التحلل تحت الظروف اللاهوائية، ويتسبب التعرض المستمر لمثل هذه الظروف لمدد طويلة فى موت النباتات.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وغالباً ما تكون مكونات هواء التربة مقاربة لمكونات الهواء فى الجو نظراً لحرية تبادل الهواء بينها، ولكن عادة ما يحدث نقص نسبى فى محتوى هواء التربة من الأكسجين وزيادة نسبية فى محتواه من ثانى أكسيد الكربون نتيجة لعملية التنفس التى تقوم بها الكائنات الحية فى التربة مثل جذور النباتات وديدان الأرض والحشرات والكائنات الدقيقة، وأيضاً نتيجة لعمليات الأكسدة المصاحبة لعملية تحلل المواد العضوية بالتربة.

خامساً : الكائنات الدقيقة (Microorganisms)

تلعب الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والفطريات والطحالب والحيوانات الأولية دوراً هاماً فى التربة، ولكى تكون التربة صالحة لنمو النباتات يجب أن تحتوى على مثل هذه الكائنات. فالفطريات وبعض الكائنات الدقيقة الأخرى تعمل بواسطة خيوطها الفطرية وإفرازاتها العضوية على تجميع حبيبات التربة ومن ثم زيادة تهويتها. كما تقوم الكائنات الدقيقة بتفكيك وتحليل بقايا النباتات والحيوانات، من خلال عملية التحلل (Decomposition) التى تتم باستمرار وكفاءة داخل النظم البيئية، وتحولها إلى مركبات بسيطة يمكن للنباتات الإستفادة منها. ومن أهم الأدوار التى تقوم بها الكائنات الدقيقة فى التربة هى المساعدة فى تدوير بعض العناصر الغذائية الهامة مثل النيتروجين والفسفور.

تمر عملية التكسير والتحلل الأحيائى للمركبات النيتروجينية العضوية داخل التربة بخطوات عديدة ومتلاحقة لايتم بعضها إلا بمساعدة أنواع متخصصة من البكتريا، حيث تقوم بكتريا النوشادر (Ammonifying bacteria) بتحويل المواد النيتروجينية المتحللة بفعل الكائنات الدقيقة (أحماض أمينية وبقايا قاعدية) إلى النشادر (Ammonification process)، ثم تقوم بكتريا النيترات (Nitrification bacteria) بتحويل النشادر إلى نيترات (Nitrification process) وهى الصورة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الوحيدة التى يمكن للنباتات امتصاص النيتروجين عليها من التربة. تحول أنواع من البكتريا (بكتريا التأزوت Denitrifying bacteria) النيترات إلى الصورة العنصرية للنيتروجين (Denitrification process) ، فى حين تقوم أنواع أخرى (بكتريا العقد الجذرية Bacterial nodules) بتثبيت النيتروجين الهوائى فى التربة على هيئة نيترات صالحة لتغذية النباتات.

تلعب الكائنات الحية الأخرى التى تعيش فى الأرض مثل ديدان الأرض والحشرات والقوارض دوراً فى تطوير وبناء التربة، فهى من ناحية تساعد فى زيادة تهوية التربة عن طريق الحفر المستمر الذى يزيد من حجم فراغات التربة، كما أن مرور جزء كبير من التربة خلال أجسام هذه الكائنات أثناء التغذية يغير من صفات التربة، كما تقوم بدفع بقايا الكائنات الحية مثل أوراق النباتات إلى باطن التربة لتصبح جزءاً من المادة العضوية مما يزيد من كمية الدبال بالتربة.

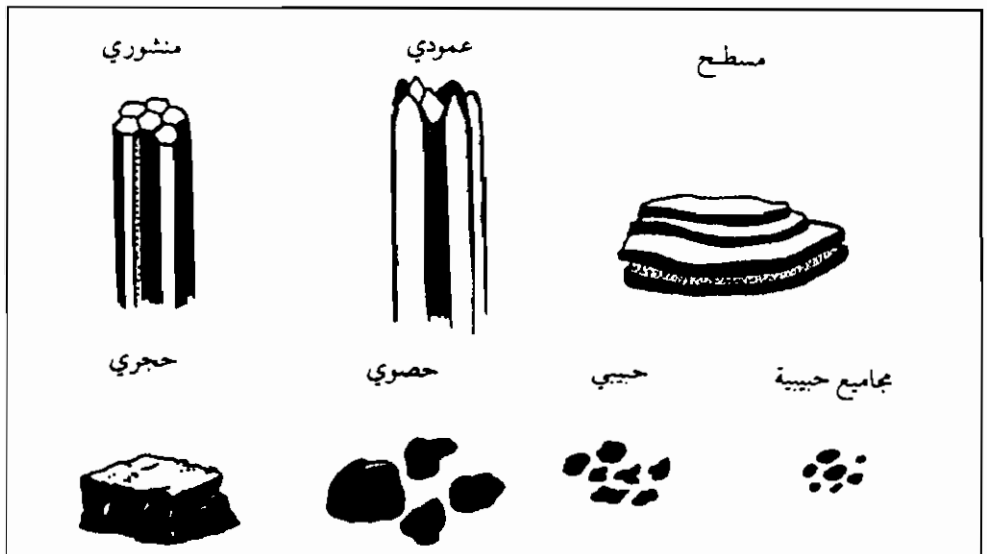
الصفات الشكلية للتربة

(١) صفة البناء (Soil structure) :

يقصد بإصطلاح بناء التربة تنظيم مادة التربة فى كتل حيث الحبيبات الفردية المكونة لهذه الكتل تتماسك بقوة أكبر من القوة التى تربط الكتل نفسها بعضها البعض، أو بمعنى آخر تكون قوة الربط بين الحبيبات الفردية لكل كتلة أقوى من تلك التى تربط الكتلة كجسم قائم بذاته بما يجاورة من كتل. والكتل تتراوح فى الحجم بين أجسام ميكروسكوبية إلى أجسام تصل إلى عدة بوصات للقطر، وتختلف عن بعضها البعض فى الشكل والثبات وفى درجة قابليتها للإنفصال عن بعضها. وبإختصار فمفهوم البناء ما هو إلا وصف العلاقات الفراغية والمكانية للحبيبات وتحديد طبيعة تجاورها فى التربة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ينقسم بناء التربة إلى قسمين : **بناء كبير** (Macro structure) وهو الذى يمكن وصفه بالعين المجردة أو بواسطة عدسة ذات قوة صغيرة، و **بناء دقيق** (Micro structure) وهو الذى لا يمكن وصفه إلا بمساعدة عدسة ذات قوة عالية. وأهم أنواع البناء ما يلى (شكل ٣٦):



شكل (٣٦). الأنواع المختلفة لبناء التربة.

١ ــ **بناء طبقى أو مسطح (Platy)**. وفيه تكون شكل الحبيبات المركبة على هيئة طبقات، أى أن المحور الرأسى أقل من المحور الأفقى. يوجد هذا النوع من البناء فى الطبقة السطحية للأراضى الرملية.

٢ ــ **بناء منشورى (Prismatic)**. وفيه تكون الحبيبات المجتمعة على شكل كتلة مستطيلة قائمة يكون فيها البعد الرأسى أكبر من البعد الأفقى، وقد يصل طول هذه الكتل إلى ستة بوصات، ويسمى هذا البناء أحياناً عمودى (Columnar) عندما تكون قمة الكتل مستديرة. يوجد مثل هذا النوع من البناء فى النطاق الذى يحتوى على نسبة عالية من الطين.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ **بناء كتلى (Cubical)**. وفيه تكون الكتل متساوية المحاور الرأسية والأفقية وتصل فى الطول من ١ ــ ٢ بوصة، وعندما تبتل التربة تنتفخ وقد تغلق المسافات البينية بين هذه الحبيبات المركبة. يوجد هذا البناء فى الأراضى المتوسطة.

٤ ــ **بناء حبيبى (Granular)**. وهو أما دقيق وفيه لا يزيد قطر الحبيبة عن ٥ مم وتكون ذات حواف مستديرة أو زوايا حادة، أو خشن وفيه تكون الحبيبة ذات قطر يتراوح بين ٥ ــ ١٢ مم. وهذه الحبيبات توجد فى صورة غير متماسكة وعندما ترج التربة تنفصل عن بعضها بسهولة، ولا تغلق المسافات بين الحبيبات عندما تبتل التربة.

٥ ــ **بناء مصمط** (Massive) . يميز الأراضى التى ليس لحبيباتها تنظيم مميز، ويطلق عليها أحياناً الأراضى عديمة البناء. يوجد هذا النوع فى الأراضى الطينية شديد التماسك.

معامل البناء (Structural index). لدراسة صفة البناء فى الأراضى أهمية عظمى كمدلول على درجة خصوبتها، حيث يعتبر البناء محصلة الصفات الأرضية المختلفة، فهو يتوقف على درجة ثبات الصفات الأرضية والتى تتوقف بدورها على نوع وكمية الكتيونات المتبادلة والذائبة وكذا على نوع الطين الداخل فى تكوين هذه الأراضى. وهناك مصطلح يسمى معامل البناء يقدر بتحديد نسبة الطين فى التربة مرتين: الأولى بعد عمل التفرقة الكاملة للعينة (ولتكن ٤٠%)، والثانية بدون عمل هذه التفرقة (ولتكن ١٥%) وعندئذ يكون معامل البناء هو:

$$\text{معامل البناء} = \frac{\text{كمية الطين بعد التفريق} - \text{كمية الطين قبل التفريق}}{\text{كمية الطين بعد التفريق}} \times ١٠٠$$

$$\frac{١٥ - ٤٠}{٤٠} \times ١٠٠ = ٦٢,٥ \%$$

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(٢) صفة التماسك (Soil consistency):

يستعمل هذا الإصطلاح للتعبير عن درجة تماسك الحبيبات المكونة للأراضى،وبالتالى عن القوة التى تبديها ضد العوامل التى تعمل على تفريقها عن بعضها. وفيما يلى الإصطلاحات التى توصف بها الأرض كلما ازداد تماسكها (أى قوة التماسك بين حبيباتها البسيطة أوالمركبة):

أ ــ مفككة (Friable). وذلك عندما يكون من السهل تفتيت عينة الأرض الجافة باليد إلى الوحدات التى تتكون منها. تتصف الأراضى الرملية المفككة والأراضى الرملية الغرينية بهذه الصفة.

ب ــ متماسكة (Compact). كتل الأرض الجافة يكون من الصعب تفتيتها باليد، وإذا عمل قطاع بالسكين فإن الحواف تكون خشنة والزوايا مهشمة، وتكون التربة من الصعب تقليبها بالجاروف. يوجد مثل هذا النوع من الأراضى فى النطاقات السفلية للأراضى الطينية والغرينية الثقيلة.

جـ ــ شديدة التماسك (Highly Compact). لا يمكن استعمال الجاروف فى تقليبها ولابد من استخدام الفأس، ولايمكن تكسير كتل التربة الجافة باليد، وعندما تقطع بالسكين فإن سطح القطع يكون نظيفاً لامعاً والزوايا سليمة. يوجد مثل هذا التماسك فى الأراضى الطينية عديمة البناء.

(٣) صفة قوام التربة (Soil texture):

يعين قوام التربة بواسطة التحليل الميكانيكى وهى عملية الغرض منها فصل حبيبات عينة من التربة إلى مجاميع مختلفة الأحجام (Soil separates). توجد

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

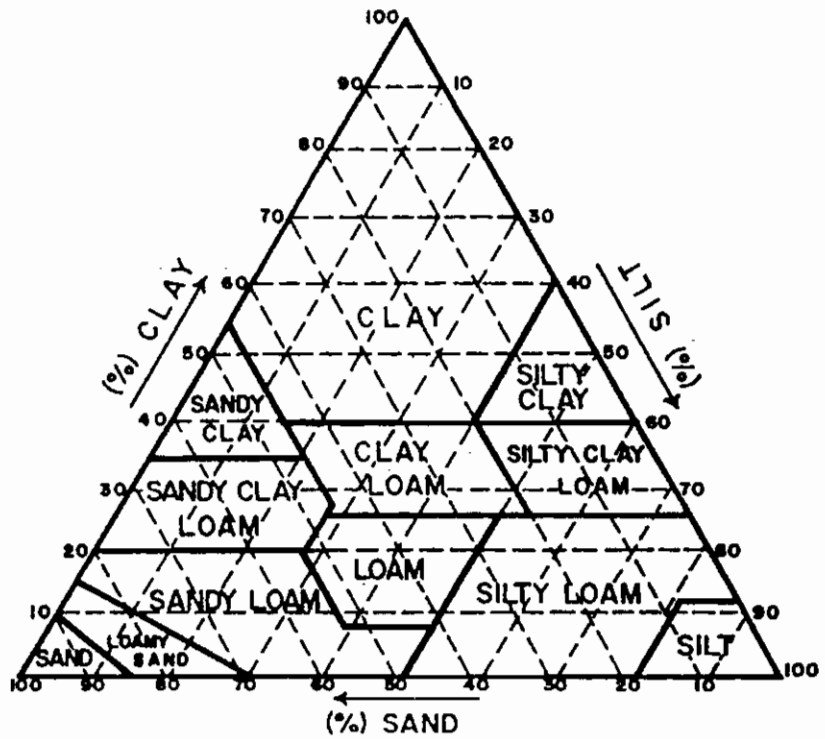
عدة مقاييس لتقسيم وتسميه قوام التربة حسب طول قطر الحبيبات، ومن أشـــهر هذه النظم النظام الدولى حيث تقسم الحبيبات المكونة للتربة إلى المجاميع الآتية:

١ ــ حصى ناعم (Fine gravel)	أكثر من ٢ مم للقطر
٢ ــ رمل خشن (Coarse sand)	من ٢ – ٠,٢ مم للقطر
٣ ــ رمل ناعم (Fine sand)	من ٠,٢ – ٠,٠٢ مم للقطر
٤ ــ طمى (Silt)	من ٠,٠٢ – ٠,٠٠٢ مم للقطر
٥ ــ طين (Clay)	أقل من ٠,٠٠٢ مم للقطر

تحديد إسم التربة بإستخدام صفة القوام

إسم التربة المستمد من طبيعة قوامها يعكس بصفة عامـــة نســب الرمــل والطمى والطين التى تحتويها التربة. ويمكن الإستعانة فى تحديــد هــذا الإســم باستخدام مثلث القوام (Texture triangle)، وهو مثلث متساو الأضلاع مقسم من الداخل إلى عدة أقسام كل واحد منها يمثل اسماً من أسماء التربة كما هو مبيـــن بالرسم (شكل ٣٧). ولإستخدام المثلث تتبع الطريقة الآتية: نفرض أن العينة التى استعملناها تحتوى على ٥٤% رمل و٢٧% طمى و ١٩% طين، عندئــذ يحــرك وضع المثلث حتى يمثل رأسه ١٠٠% رمل ويرسم خط موازى للقــاعدة يمــر بالرقم ٥٤% رمل، ثم يحرك المثلث مرة أخرى حتى يمثل رأسه ١٠٠% طمــى ويرسم خط موازى للقاعدة يمر بالرقم ٢٧% طمى، تقاطع هذان الخطان يحــدد إسم قوام التربة. ومن الممكن مراجعة هذه النقطة بتوقيع المكون الثــالث (١٩% طين) والذى يجب أن يتقاطع مع الخطين السابقين فى نفس النقطة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٣٧). مثلث القوام (Texture triangle)

(٤) الكثافة الظاهرية أو الجسمية للتربة (Apparent or bulk density):

تحدد الكثافة الظاهرية (الكثافة الجسمية) للتربة بقسمة وزن جزء من التربة المجففة عند درجة ١٠٥°م على حجم هذا الجزء من التربة دون إحداث أى تغيير فى طبيعة بناءه (وحدة وزن/وحدة حجم). ومن المعلوم فى هذه الحالة أن الفراغات التى بين حبيبات التربة تكون جزءاً من حجم التربة الذى استعمل فى تقدير كثافتها الظاهرية. ولقياس هذه الخاصية تستخدم اسطوانة معدنية ذات حافة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

سفلى حادة وتضغط فى التربة دون احداث أى تغيير ملموس فى بنائها، ثم يقسم وزن التربة (المقدر بالجرامات) على حجم اللإسطوانة (المقدر بالسنتيمتر المكعب):

$$\text{الكثافة الظاهرية (جم/سم}^3\text{)} = \frac{\text{وزن التربة المجففة فى الفرن (جم)}}{\text{حجم التربة بما فيها من مسام (سم}^3\text{)}}$$

وتختلف الكثافة الظاهرية للتربة بين ١ ــ ١,٦ جرام/سم^3، ويعود هذا الإختلاف إلى التباين فى كمية القنوات والفراغات الموجودة بالتربة. وكقاعدة عامة يمكن القول بأن التربة ذات التركيب الدقيق للجزيئات والتى تحتوى على مسافات بينية كثيرة (مثل التربة الطينية) يكون لها كثافة ظاهرية أقل من تلك التى للأراضى ذات التركيب الخشن (مثل التربة الرملية). وقد وجد أن الكثافة الظاهرية للأراضى الطينية تقع تقريباً بين ١ ــ ١,٣ جرام/سم^3، بينما تتراوح فى حالة الأراضى الرملية بين ١,٢ ــ ١,٦ جرام/سم^3. تؤثر المواد الدبالية على تغير الكثافة الظاهرية للتربة، فبزيادة كمية الدبال تقل الكثافة الظاهرية.

(٥) الكثافة الحقيقية أو النوعية للتربة (Real or specific density):

يعبر عن الكثافة النوعية للتربة بوزن وحدة الحجوم من المادة الصلبة المصمطة للتربة وعادة يعبر عنها بالجرامات لكل سم^3. ومن ثم فإن كان لدينا جسم مصمط له حجم قدرة ١ سم^3 فإن وزن هذا الجسم بالجرامات يعبر عن كثافته النوعية. تتراوح الكثافة النوعية للتربة المعدنية بين ٢,٦ ــ ٢,٨ جم/سم^3 بمتوسط ٢,٦٥ جم/سم^3، أما الأراضى التى تحتوى على نسبة عالية من الدبال فإن كثافتها النوعية تقترب من ٢,٥ جم/سم^3 أو أقل. والطريقة التقريبية لتحديد الكثافة النوعية للحصى مثلاً هى بأخذ كمية من الحصى ذات وزن معلوم ووضعها فى مخبار مدرج به ماء، وملاحظة الزيادة فى حجم الماء،

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وعندئذ تكون الكثافة النوعية للحصى تساوى وزن الحصى مقسوماً على حجم الماء المزاح وهو ما يكافئ حجم الحصى. وعلى سبيل المثال إذا كان وزن الحصى = ٣٠٠ جم وحجم الماء المزاح هو ١١٣ سم^{٣} فإن الكثافة النوعية = ٣٠٠/١١٣ = ٢,٦٥ جم /سم^{٣}:

$$\text{الكثافة الحقيقية (جم/سم}^{٣}\text{)} = \frac{\text{وزن التربة المجففة فى الفرن (جم)}}{\text{حجم التربة بدون المسام (سم}^{٣}\text{)}}$$

(٦) مسامية التربة (Soil porosity) :

مسامية التربة يقصد بها القدر من التربة المشغول بالماء أو الهواء وليس بالمادة المعدنية أو العضوية. ومسامية التربة تحدد من العلاقة الآتية التى تربط الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية للتربة:

$$\text{المسامية (٪)} = \frac{\text{الكثافة الحقيقية} - \text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} \times ١٠٠$$

وصفة المسامية لا تعطى فى الحقيقة مدلولاً صحيحاً عن مدى تهوية التربة، وقد يظن أنه كلما زادت مسامية التربة كلما زادت تهويتها، ولكن هذا غير صحيح دائماً، فالتربة الطينية تصل مساميتها إلى ٦٠% ومع ذلك فهى ضعيفة التهوية وتعانى نقصاً شديداً فى كمية الأكسجين الموجود فيها. يرجع ذلك إلى كثرة الفراغات الشعرية الدقيقة فى التربة الطينية والتى يكون معظمها ممتلئ بالماء الشديد الإلتصاق بحبيبات التربة والذى لايفقد بسهولة حتى يحل الهواء محله. وعلى النقيض من ذلك فإن التربة الرملية مساميتها أقل، إلا أن معظم القنوات الواسعة تسمح بفقد الماء بسرعة (ماء الجاذبية الأرضية) ومن ثم بمرور الهواء مما يؤدى إلى زيادة تهوية التربة. ولمعالجة ردائة تهوية التربة الطينية يضاف

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

إليها المواد الجيرية أو مواد أخرى من شأنها أن تعمل على تجميع الحبيبات الدقيقة الفردية لتكون حبيبات مركبة كبيرة الحجم تحصر بينها فراغات كبيرة غير شعرية ومن ثم تتحسن التهوية.

العلاقات المائية للتربة (Soil-Water Relationships)

ينقسم المحتوى المائى للتربة إلى عدة أقسام هى :ـ

(١) ماء الجاذبية الأرضية (Gravitational water) :

هو الماء الذى يشغل الفراغات الكبيرة غير الشعرية وينفذ إلى الطبقات السفلى من الأرض بفعل الجاذبية الأرضية تاركاً هذه الفراغات لتمتلئ بالهواء. وعادة ما يتسرب هذا الماء من التربة بعد سقوط الأمطار وبالتالى فإن فائدته بالنسبة للنباتات محدودة. لاتتجاوز المدة اللازمة للتخلص من هذا الماء عدة ساعات فى التربة الخفيفة بينما قد تصل إلى ٢ ــ ٣ أيام فى التربة الثقيلة. وعند احتواء التربة على ماء الجاذبية الأرضية تكون قد وصلت إلى درجة التشبع القصوى ويعرف المحتوى المائى للتربة فى هذه الحالة **بالسعة المائية القصوى (Maximum water holding capacity).**

(٢) الماء الشعرى (Capillary water) :

يوجد الماء الشعرى على هيئة أغشية حول حبيبات التربة كما يملأ الفراغات الشعرية والزاويا التى بين الحبيبات، وبعد رشح ماء الجاذبية تصل التربة إلى ما يسمى بالسعة الحقلية (Field capacity) من الماء. وفى هذه الحالة يكون الماء التى تحتفظ به التربة شعرياً ومعظمه يكون ممسوكاً بقوة بسيطة على سطح الحبيبات مما يجعل من السهل على النبات إمتصاصه. ومع ذلك فإن جزءاً من هذا الماء يشغل فراغات شعرية دقيقة جداً

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ويكون ممسوكاً بقوة كبيرة تجعل من الصعب على النبات إمتصاصه من التربة. وبناءاً على ما سبق فإن كمية الماء الشعرى بالتربة الطينية تكون أكبر بكثير منها فى التربة الرملية.

(٣) نقطة الذبول (Wilting point):

هى كمية الماء التى تحتويها التربه عندما تبدأ علاقات الذبول الدائم على النبات الذى ينمو فيها، ويعبر عنها كنسبة مئوية. تتوقف قيمة نقطة الذبول على عدة عوامل منها نوع التربة وكمية المادة العضوية بها. ويعتقد أن نقطة الذبول الدائم واحدة لكل النباتات إذا ما استعمل نوع واحد من التربة، ولكن هذا ليس صحيحاً دائماً، إذ أنه يعنى أن كل النباتات لها نفس الإحتياجات المائية ونفس القدرة على مقاومة الجفاف. وهناك علاقة تربط بين معامل الماء الهيجروسكوبى ومعامل الذبول (معامل الماء الهيجروسكوبى = ٠,٦٨ معامل الذبول)، وعلاقة أخرى تربط بين السعة الحقلية ومعامل الذبول (السعة الحقلية = ١,٨٤ معامل الذبول). ولكن هذه العلاقات تنطبق فقط على نوع التربة والنباتات التى استعملت فى إجراء التجارب وبالتالى فهى ليست منطبقة على كل الحالات.

(٤) الماء الهيجروسكوبى (Hygroscopic moisture):

هو الماء الذى يوجد على هيئة أغشية رقيقة حول حبيبات التربة بعد تجفيفها فى الهواء. ومن المعتقد أن سمك هذه الأغشية لا يزيد عن ٣ ــ ٥ ميكرون. ومعظم الماء الهيجروسكوبى ممسوك بواسطة قوة شد سطحى كبير حول الحبيبات ومن ثم فليس لديه القدرة على الحركة أو الإنتقال، كما أنه لا يسهم بدرجة ملموسة فى العمليات الحيوية التى تجرى بالتربة ومن ثم لاتستطيع النباتات الإستفادة به. وتقدر الدرجة القصوى للماء الهيجروسكوبى بواسطة معرفة الزيادة فى وزن كمية من التربة سبق أن جففت عند درجة ١٠٥°م حتى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ثبات وزنها، وذلك بعد وضعها فى جو مشبع تماما ببخار الماء لمدة ثلاثة أيـــام على الأقل. **وكمية الرطوبة الجوية التى تمتصها كمية من التربة المجففة فـــى الفرن عند ١٠٥°م وزنـها ١٠٠ جرام تسمى معامل الماء الهيجروسكوبى لهذه التربة (Hygroscopic coefficient)**. وهذا المعامل دليل هـــام لمعرفـــة قـــوام التربة، ففى التربة الرملية الغرينية يكون حوالى ١,٥% بينما فى التربة الطينية يصل إلى ١٥%، أما فى التربة العضوية فيرتفع حتى ٧٠%.

(٥) بخار الماء (Water vapor):

قد يشغل الماء فى صورته الغازية (بخـــار المـــاء) الفراغـــات الموجـــودة بالتربة، ويعتقد أن بعض النباتات تستفيد منه فى الحصول على بعض احتياجاتها من الماء.

(٦) الماء المتحد كيميائيا بمعادن التربة (Chemically combined water):

من أمثلة ذلك ماء التميـــؤ (Water of hydration) الموجـــود فـــى معـــدن الليمونيت الذى يتركب من أكسيد الحديدك المائى ($2\ Fe_2O_3.\ 3\ H_2O$)، وهـــذا النوع من الماء لا يمكن التخلص منه بتجفيف التربة عند درجة ١٠٥°م، ولكـــن قد يحتاج الأمر إلى تجفيف التربة عند درجة لا تقل عن ١٠٠٠°م. وهذا المـــاء غير ذى فائدة فى تلبية الإحتياجات المائية للنباتات.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ العوامل المناخية

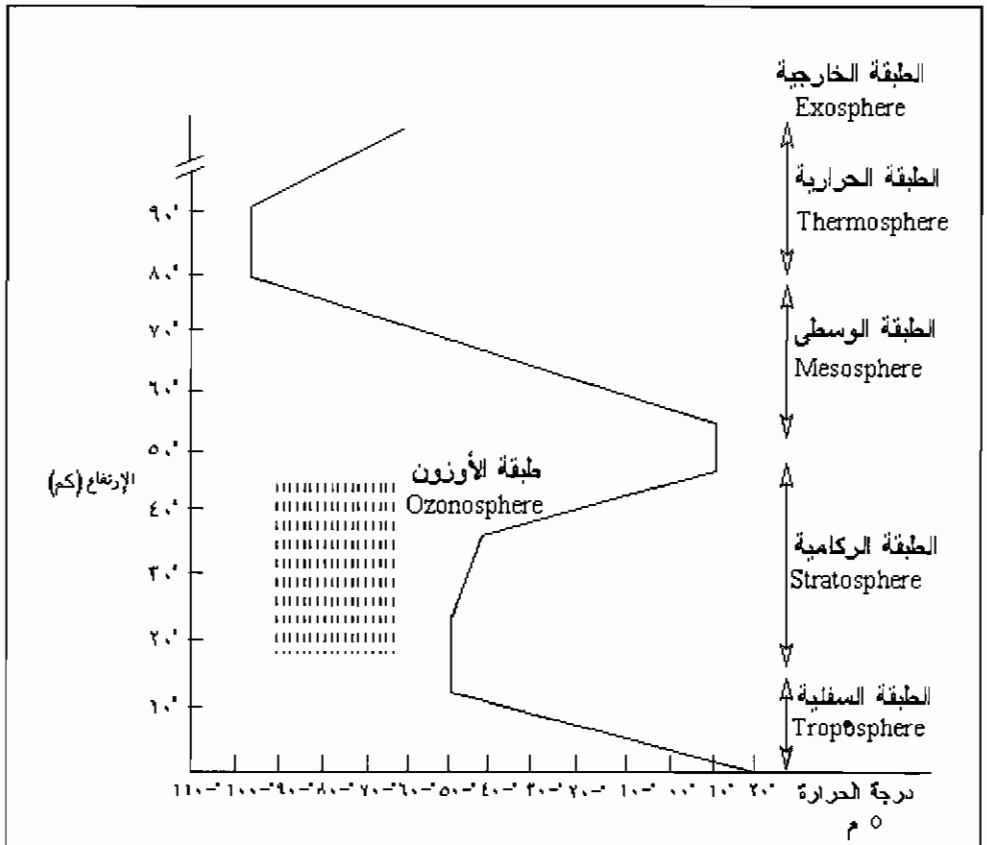
تعتبر دراسة الظواهر الجوية (المناخية) من قبل المشتغلين بعلوم الأحياء من أهم الدراسات حيث أن الصورة الحالية لكل مظاهر الحياه المختلفة على الأرض هى محصلة التفاعل المستمر والمتبادل بين عوامل التربة والمناخ. ويعتبر الغلاف الجوى للأرض هو المنطقة التى تحدث فيها هذه الظواهر وتتفاعل فيما بينها وتعطى تأثيراتها المشتركة على الكائنات الحية والمكونات غير الحية للأرض.

الغلاف الجوى (Atmosphere)

يحيط بالكرة الأرضية غلاف غازى سميك يشاركها فى دورانها الدائم، وتظهر فى طبقته السفلى جميع الظواهر والتقلبات المناخية التى لها علاقة مباشرة بالحياة على سطح الكرة الأرضية. تنخفض كثافة الهواء تدريجياً بالإرتفاع عن مستوى سطح البحر، ولهذا تقل كمية الهواء تدريجياً حتى تنعدم فى الطبقات العليا من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية. يتجمع ما يقرب من نصف كمية هواء الغلاف الجوى فى الكيلومترات الخمس الأولى، وثلاث أرباع كتلته فى الكيلومترات العشر الأولى، وتسعة أعشار كتلته فى العشرين كيلومتراً التى تعلو سطح الأرض. ويوجد الهواء على ارتفاعات كبيرة ولكنه يتخلخل بالإرتفاع فوق مستوى سطح الأرض. أثبتت الدراسات التى أجريت بالأقمار

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الصناعية والمحطات الفضائية أن الهواء يمتد إلى ارتفعات تصل إلى عشـــرين ألف كيلومتر غير أن كثافته تنخفض إلى درجة تصبح شبه معدومة بحيـــث تمـــاثل كثافة الفضاء الخارجى. يتكون الغلاف الجوى من عدة أغلفة تتميز عن بعضـــها بنظامها الحرارى ومكوناتها وهى (شكل ٣٨):



شكل (٣٨). طبقات الغلاف الجوى واختلاف درجات الحرارة فيها.

(١) الطبقة السفلية (Troposphere)

هى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى التى يصل إرتفاعها فى المتوسط إلـــى ١٠ كيلومترات فوق سطح الأرض، إلا أن هذا الإرتفاع ليـــس متســـاوياً فـــوق

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أجزاء الكرة الأرضية حيث يبلغ متوسط هذه الطبقة فوق القطبين حوالى تسعة كيلومترات، أما فوق عروض المناطق المعتدلة فيتراوح بين ١٠ و ١٢ كيلومتراً، ويصل إلى ١٥ ــ ١٧ كيلومتراً فوق خط الإستواء. تتميز هذه الطبقة من الغلاف الجوى بهبوط درجة الحرارة فيها بمعدل يقترب من ٠,٦ درجة مئوية لكل مائة متر ارتفاع، وهكذا إذا كان متوسط درجة حرارة الهواء فى الجزء الأسفل من الطبقة السفلية الملامس لسطح الأرض ٢٦ درجة مئوية عند خط الأستواء فإن درجة حرارة الجزء العلوى فيه تكون حوالى ٧٠ درجة مئوية تحت الصفر. وتحتوى الطبقة السفلية على ٧٥ ــ ٨٠% من كتلة الهواء الجوى، كما أنها الطبقة الوحيدة من طبقات الغلاف الجوى التى تحتوى على بخار ماء.

(٢) الطبقة الركامية (Stratosphere):

يصل ارتفاع هذه الطبقة إلى ٥٠ كيلومتراً فوق سطح الأرض، وتزداد درجة حرارتها مع الإرتفاع لتصل عند حدها الأعلى من ١٠ ــ ٣٠°م فوق الصفر، كما ينعدم وجود بخار الماء فى هذه الطبقة. وتتصف الطبقة الركامية بإحتوائها على الأوزون الذى يتشكل عن طريق تفاعلات كيموضوئية (Photochemical reactions) حيث يتحول الأكسجين الجزيئى إلى أكسجين ذرى بواسطة الطاقة الشمسية وخاصة الأشعة فوق البنفسجية (uv). ثم يتفاعل الأكسجين الذرى مع الأكسجين الجزيئى ويشكل الأوزون حسب المعادلات التالية: $O_2 \xleftarrow{uv} O + O$، $O_2 + O \longrightarrow O_3$ + طاقة ↑. وخلال هذه العملية تمتص بعض الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet rays) وبذلك لا تنفذ إلى سطح الأرض. وبناء على ما سبق فإن جزيئات الأوزون غير ثابته إذ تمتص الأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسى وتتفكك إلى أكسجين جزيئى وأكسجين ذرى ($O_3 \xleftarrow{uv} O + O_2$) وعندما تعود هذه الجزيئات لتكون الأوزون مرة أخرى تنطلق طاقة فى صورة حرارة، وبهذا يكون صافى تأثير

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

امتصاص الأشعة فوق البنفسجية هو تحرير الحرارة ومن هنا كانت خاصية ارتفاع درجة الحرارة فى الطبقة الركامية.

(٣) الطبقة الوسطية (Mesosphere):

ترتفع هذه الطبقة إلى ٨٠ كيلومتراً فوق سطح الأرض وفيها تهبط درجة الحرارة مع الإرتفاع لتصل إلى ٩٥ درجة مئوية تحت الصفر، ويكون ضغط الهواء فى حدوده العليا أقل مائتى مرة مما هو عليه عند سطح الأرض. تحتوى الطبقات السفلية والركامية والوسطية معاً وإلى ارتفاع ثمانين كيلومتراً فوق سطح الأرض على حوالى ٩٩,٥% من كتلة الهواء الجوى. فى الطبقات الأعلى من ذلك يوجد الهواء بكميات قليلة جداً.

(٤) الطبقة الحرارية (Thermosphere):

تعلو الطبقة الوسطى حتى ٤٠٠ كم فوق سطح الأرض وتتصف بدرجات حرارة عالية تصل إلى أكثر من ألف درجة، مئوية نتيجة لإمتصاص الأكسجين الذرى للأشعة فوق البنفسجية. تتميز هذه الطبقة أيضاً بدرجات شديدة من تأين الهواء، ولذا تسمى أيضاً الطبقة المتأينة (Ionosphere)، ويعود هذا بدورة إلى تأثير الأشعة فوق البنفسجية، إذ أن امتصاصها من قبل جزيئات غازات الغلاف الجوى يؤدى إلى انبعاث عمليات شحن الذرات والإلكترونات. لهذه الطبقة أهمية بالغة بالنسبة للإتصالات نظراً لقدرتها على عكس الموجات اللاسلكية وإعادتها إلى الأرض.

(٥) الطبقة الخارجية (Exosphere):

تشكل هذه الطبقة الغلاف الغازى الخارجى وفيها تكون حركة جزيئات الغازات سريعة جداً ونظراً لسرعة جزيئات الغازات ونتيجة تخلخل الهواء فى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تلك الإرتفاعات يمكن للجزيئات أن تتحرر من تأثير الجاذبية الأرضية وتخرج من الغلاف الجوى إلى الفضاء الخارجى، يلاحظ هذا بالنسبة للهيدروجين حيث يعتبر الغاز السائد فى الأسطح العليا من الطبقة الخارجية. وبينت عمليات الرصد بمساعدة الصواريخ والأقمار الصناعية أن الهيدروجين المتطاير من هذه الطبقة يشكل حول الأرض ما يعرف بالتاج الأرضى حيث ينتشر إلى مايقرب من العشرين ألف كيلومتر.

المحيط الحيوى (Biosphere) : يتركز وجود الكائنات الحية المختلفة فى طبقة رقيقة من الكرة الأرضية تسمى بالمحيط الحيوى، ويعرف بأنه الغلاف الذى توجد فيه الحياه. تشمل حدود المحيط الحيوى جزءاً من الغلاف الجوى (Atmosphere) وجزءاً من القشرة الأرضية (Pedosphere) وكامل الغلاف المائى (Hydrosphere). يميل العلماء حالياً إلى تحديد المحيط الحيوى بالمجال الذى يحدث فيه نشاط مركز للكائنات الحية وتمتد حدوده من ٣٠ ــ ٥٠ متراً فوق سطح التربه، ومن ١٠ ــ ١٢ متراً فى باطنها كما يشمل كامل عمق البحيرات، وإلى عمق من ٣٥٠ ــ ٤٠٠ متر فى البحار والمحيطات. وللمحيط الحيوى، الذى يشمل كل النظم البيئية (Ecosystems) الموجودة فى العالم، أهمية كبيرة ليس فقط لأنه الوسط الذى تعيش وتتكاثر فيه الكائنات الحية وإنما بإعتباره المكان الذى تجرى فيه التغيرات الأساسية الفيزيائية والكيميائية التى تطرأ على المواد غير الحية من الكرة الأرضية.

الإشعاع الشمسى

(Insolation or Solar Radiation)

الشمس هى مصدر الحياه على الأرض ولولاها لخلت الأرض من الحياه بمظاهرها المتنوعة. فالشمس هى التى تسبب تباين درجات الحرارة فى مختلف الأماكن، ونتيجة لهذا التباين يقل الضغط فى بعض الأماكن بينما يرتفع فى أماكن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أخرى فتهب الرياح من مناطق الضغط العالى إلى مناطق الضغط المنخفض. كذلك تسبب الأشعة الشمسية تسخين سطح الأرض مما يؤدى إلى صعود الهواء مكوناً السحب. ينعدم الإشعاع الشمسى قبيل الشروق وبعد الغروب بينما يبلغ نهايته العظمى عند الظهر.

مكونات أشعة الشمس:

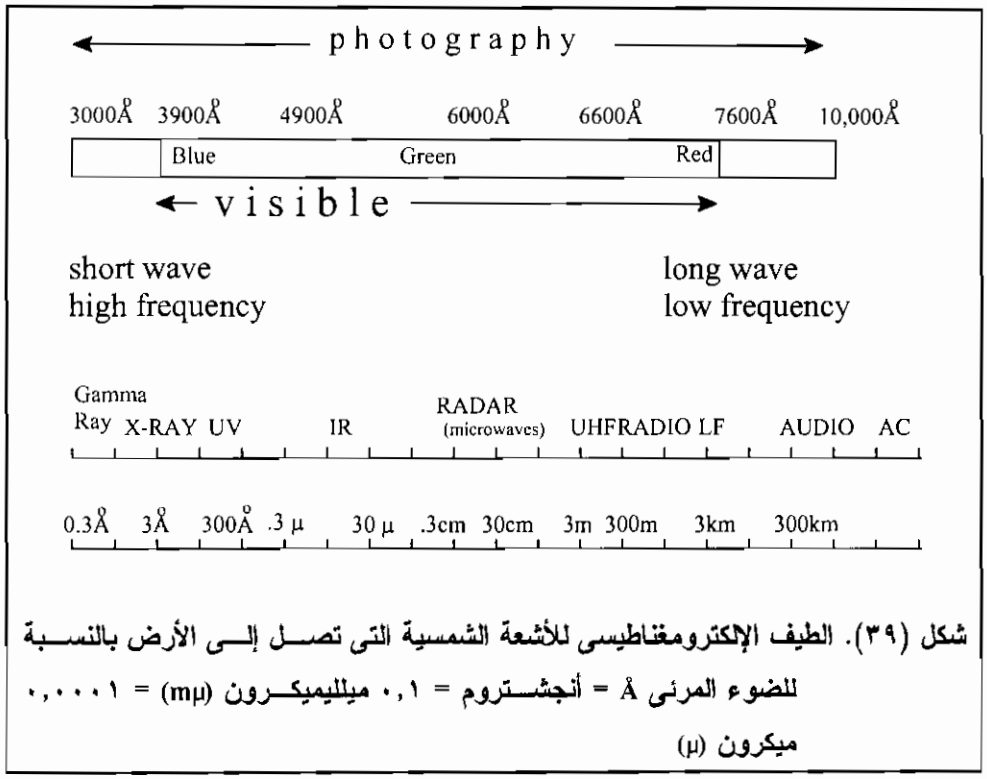
يتكون الإشعاع الشمسى من أشعة مختلفة فى طول الموجة، أقصر هذه الأشعة هى فوق البنفسجية (Ultra-violet) ذات التأثير الكيميائى على الكائنات الحية، وأطولها الأشعة تحت الحمراء (Infra-red) وهى ذات تأثير حرارى (شكل ٣٩). وهذان النوعان من الأشعة لا يمكن رؤيتهما، ولكن العديد من الأشعة ذات الأطوال التى تقع بين هذين النوعين يمكن رؤيتها (٣٩٠٠Å ــ ٧٦٠٠Å). عندما تقترب أشعة الشمس من الغلاف الجوى آتية من الفراغ الخارجى فإن أغلب الأشعة فوق البنفسجية (القصيرة) يمتصها غاز الأوزون (O_3) وغاز الأكسجين (O_2) الموجودان فى طبقات الجو العليا، أما أغلب الأشعة تحت الحمراء (الطويلة) فيمتصها بخار الماء الموجود فى الطبقة السفلية القريبة من سطح الأرض. يحدث أيضاً انعكاس لجزء من الأشعة الشمسية بواسطة السحب والغبار الموجود فى الجو، لذا فإن جزءاً بسيطاً من الإشعاع الشمسى هو الذى يصل إلى سطح الأرض.

ثابت الإشعاع الشمسى:

هو أقصى مقدار للإشعاع الشمسى الساقط عمودياً على السنتيمتر المربع الواحد من السطح الخارجى للغلاف الجوى، ويبلغ هذا المقدار حوالى ٢ سعر / الدقيقة. ويلاحظ أن ثابت الإشعاع الشمسى يختلف على حسب حالة الشمس

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

نفسها. أما كمية الإشعاع الشمسى التى تصل إلى وحدة المساحة من سطح الأرض فتتوقف على ما يأتى (بإعتبار القياس على السطح الأفقى): ١ ــ ثابت الإشعاع الشمسى، ٢ ــ شافية الجو، ٣ ــ خط العرض، ٤ ــ الوقت من اليوم والسنه، و ٥ ــ مسار الأشعة ومقدار ميلها.



شكل (٣٩). الطيف الإلكترومغناطيسى للأشعة الشمسية التى تصل إلى الأرض بالنسبة للضوء المرئى Å = أنجشتروم = ٠,١ ميلليميكرون (mμ) = ٠,٠٠٠١ ميكرون (μ)

الحرارة (Temperature)

المدى الحرارى على سطح الكرة الأرضية :

تختلف درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية اختلافاً كبيراً من مكان لآخر، وقد سجلت أقل الدرجات وقدرها -١٢٩ ف (- ٥٥°م) فى منطقة أنتاركتكا بالقطب بالجنوبى (Antarcatica) ،أما أعلى الدرجات فقد سجلت فى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الصحراء الليبية وقدرها ١٣٦ ف (٥٨°م) فى الظل. وهاتان الدرجتان تمثلان طرفى الخيط للمدى الحرارى على سطح الكرة الأرضية. ولكن فى أى منطقة على سطح الأرض يكون المدى الحرارى أقل من ذلك بكثير. والجدير بالذكر أن درجة الحرارة قد تنخفض أو ترتفع بمقدار يزيد على عشرة درجات فى مدة قصيرة لا تزيد عن ساعة. وتختلف درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية بإختلاف خط العرض. وبصفة عامة فإن درجات الحراة تقل كلما بعدنا عن خط الأستواء، كما تقل أيضاً كلما ارتفعنا عن سطح البحر، هذا مع العلم بأن مناطق القطب الجنوبى تتصف بمتوسطات منخفضة فى معدلات درجات الحرارة إذا ما قورنت بمناطق القطب الشمالى.

درجات الحرارة الواجب تسجيلها فى الدراسات البيئية :

مما يجدر ذكره أنه عند استخدام الترمومترات فى قياس درجات الحرارة يجب تجنب سقوط أشعة الشمس المباشرة عليها بقدر الإمكان، كما أنه من الواجب تعريض الترمومتر للرياح والهواء الطلق تعريضاً تماماً. ولما كانت درجة الحراة من العوامل التى قد تتغير بسرعة من وقت لآخر فإن القراءات المنفردة تعتبر قليلة المغزى، ولذلك يفضل استعمال ترمومترات مسجِلة تسمى مسجلات حرارية (Thermographs) ومنها أجهزة تسجل درجات الحرارة تسجيلاً مستمراً.

أما فيما يتعلق بما ينبغى تسجيله من درجات الحرارة فإن **المتوسطات السنوية** لدرجات الحرارة تعتبر قليلة الأهمية فى دراسة الكساء الخضرى، وذلك لأنها لا تأخذ فى الإعتبار التغيرات التى تحدث أثناء الفصول المختلفة. وتعتبر **المتوسطات الشهرية** أعمق مغزى فى التعبير عن عامل الحرارة. ولكن **المتوسطات الشهرية للحدين الأقصى والأدنى** تعتبر من أهم ما يسجل فى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

محطات الأرصاد المناخية لما لها من علاقة وثيقة بنشاط الكائنات الحية. ومن المعلوم أن درجة حرارة الهواء قرب سطح الأرض تتأثر بمعاملى الإشعاع والتوصيل، ولذا فإنها لا تصل إلى حدها الأقصى وقت الظهيرة كما هو الحال فى الإشعاع الشمسى والضوء، بل تتأخر إلى الساعة الثانية أو الثالثة، كذلك لا تصل درجة الحرارة إلى حدها الأدنى عند حلول المساء ولكن قبيل شمس اليوم التالى.

أما عن حرارة التربة، وهى كما نعلم موصل ردئ (أى يسخن ويبرد ببطئ)، فإن درجة حرارة الطبقات السطحية قد تبلغ أقصاها فى الساعة الخامسة أو السادسة مساءاً، وفى الطبقات البعيدة عن سطح التربة تبلغ درجة الحرارة أقصاها فى ساعة متأخرة عن ذلك. وعموماً فأن الطبقات السطحية تتعرض لتقلبات شديدة فى درجات الحرارة على مدار اليوم أو السنة وتقل حدة هذه التقلبات كلما تعمقنا فى باطن الأرض، أى أن باطن التربة يتمتع بدرجة حرارة أكثر ثباتاً إذا ما قورن بالطبقات السطحية. ولكى يكون هذا الموضوع أكثر فهماً يمكن القول أنه عند شروق الشمس يبدأ سطح التربة بإكتساب الحرارة بمعدل أكبر من معدل فقده لها وبذلك ترتفع درجة حرارة الأرض، وبعد مضى عدة ساعات يصبح معدل كسب التربة للحرارة عن طريق أشعة الشمس الساقطة عليها معادلاً لما تفقده بواسطة الأشعة المرتدة والتوصيل. يستمر هذا التوازن الحرارى لبعض الوقت حتى تميل أشعة الشمس ويصبح الإشعاع ضعيفاً، عندئذ يختل التوازن الحرارى ويصبح مقدار ما يفقد من حرارة الأرض أكبر مما يكتسب، فتبدأ درجة حرارتها فى الإنخفاض. وعند غروب الشمس لا يكون هناك مصدراً للكسب الحرارى بينما تستمر الأرض فى فقدها للحرارة أثناء الليل وبالتالى تنخفض درجة حرارتها بإستمرار. ومما يساعد على زيادة هذا الإنخفاض بخر الماء الموجود بين حبيبات التربة والذى يؤدى هو الآخر لخفض

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

درجة حرارة التربة، وفى أحيان كثيرة تقل درجة حرارة التربة عن درجة الهواء الملامس لها. وهكذا فبينما كانت درجة حرارة سطح التربة أعلى من درجة حرارة الهواء أثناء النهار، فإنها تصبح أقل منها أثناء الليل.

أهمية الحرارة فى حياة النباتات:

من الحقائق الثابته أن أكثر درجات الحرارة ملائمة لنمو النباتات هى الدرجات السائدة فى المواطن الطبيعية لهذه النباتات. ولذلك فمعظم نباتات المناطق المعتدلة تنمو جيداً بين درجتى حرارة ١٥ و ٢٠°م، بينما تزدهر نباتات المناطق القطبية والجبال العالية فى درجات تعلو قليلاً عن درجة التجمد. ومن ثم لا تتحمل النباتات البقاء إلا إذا بقيت درجة حرارة الوسط المحيط فى حدود معينة، فإذا جاوزت الحدود إرتفاعاً أو هبوطاً فإن النباتات تسارع بالنضج أو تهلك تماماً. وعموماً يوجد ثلاث مستويات من درجات الحرارة الرئيسية فى حياة النباتات (Cardinal temperatures) وهى:

١. **الدرجة المثلى**. وعندها تكون العمليات الحيوية داخل النبات فى أعلى معدلاتها.
٢. **الدرجة الصغرى**. وهى أقل درجة تحتها تسير العمليات الحيوية بمعدل لا يذكر.
٣. **الدرجة العظمى**. وهى أعلى درجة فوقها تسير العمليات الحيوية بمعدل لا يذكر.

١ـ الدرجة المثلى (The optimum temperature):

تختلف هذه الدرجة بإختلاف الأنواع النباتية. كما أنه لا توجد درجة واحدة لجميع العمليات الطبيعية والكيميائية التى تجرى داخل النباتات، فالدرجة المثلى لعملية التنفس أعلى من الدرجة المثلى لعملية التمثيل الضوئى. وكمثال على ذلك

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تكون الدرجة المثلى لعمليتى البناء الضوئى وتخزين المواد الغذائية فى نبات البطاطس هى ٢٠°م بينما عند هذه الدرجة تكون سرعة التنفس ١٢%، أما عند درجة ٤٨°م فإن درجة التنفس تصل إلى أقصاها بينما تتوقف عملية التمثيل الضوئى تماماً. وبما أن عمليتى النمو والإزهار تعتمدان على ما يمكن بناؤه من المواد الغذائية وليس على ما يهدم، فإن الدرجة المثلى للنباتات هى تلك التى تصل فيها عملية التمثيل الضوئى وتخزين المواد الغذائية أقصاها.

٢ـ الدرجة العظمى (The maximum temperature):

تختلف درجة الحرارة العظمى التى يستطيع النبات تحملها دون أن يصيبه ضرر بإختلاف النوع، ويبدو أن هذه الدرجة صفة مرتبطة بخواص البروتوبلازم وكذلك بالعلاقات المائية للنباتات من حيث المورد المائى المتاح للجذور والتأثير التبريدى لفقد الماء من الأوراق. تؤدى بعض نباتات المناطق الحارة وظائفها الحيوية فى درجات حرارة تصل من العلو إلى درجة تموت عندها نباتات المناطق المعتدلة أو الباردة حتى ولو عرضت لها لفترة لا تزيد عن عدة ساعات. ومما يجدر ذكره أنه فى النوع الواحد تكون النباتات أقل تحملاً لدرجات الحرارة المتطرفة فى بعض أطوار حياتها وأكثر تحملاً فى أطوار أخرى. فالنبات غالباً ما يكون أقل مقاومة للحرارة فى حالته النشطة عندما تكون أنسجته غضة. كما أن البذور تستطيع تحمل درجات حرارة عالية قد تصل إلى ١٠٠°م عندما تكون جافة، بينما إذا عرضت هذه البذور لدرجات حرارة أقل وهى منقوعة فإنها تفقد حيويتها. تؤدى درجات الحرارة العالية إلى تجفيف النباتات، كما أنها تحدث عدم توازن بين عمليتى التمثيل الضوئى وتخزين المواد الغذائية من جهة وبين التنفس من جهة أخرى، مسببة بذلك نقصاً شديداً فى الفائض الغذائى، كما أنها تؤذى السيتوبلازم وتقتله. فعندما يتعرض النبات لدرجة حرارة أعلى من الدرجة القصوى فإنه يدخل فى طور خمول يكون

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مصحوباً أحياناً بشحوب فى اللون، وقد يعزى هذا الخمول فى حياة النباتات إلى توقف عمل الإنزيمات بفعل ارتفاع درجات الحرارة.

تكيف النباتات مع الحرارة المرتفعة : تكيف النباتات نفسها بوسائل عدة كى تقاوم درجات الحرارة العالية نذكر منها ما يلى:

١ ــ الأوراق تكون ذات نصل رقيق مما يساعد على فقد الكثير من الماء عن طريق عملية النتح، وبالتالى لا ترتفع درجة حرارة النباتات أكثر من خمسة درجات زيادة على درجة الهواء المحيط بالأوراق.

٢ ــ اتخاذ الأوراق وضع لا يسمح لأشعة الشمس بأن تسقط عمودية عليها، وهذا يسبب نقصاً فى درجة حرارة الأوراق بمعدل يصل إلى ٥ درجات مئوية بالمقارنة مع أوراق أخرى تتخذ وضعاً متعامداً على أشعة الشمس.

٣ ــ لون الأوراق الفضى يساعد على انعكاس قدر كبير من أشعة الشمس.

٤ ــ وجود غطاء من الشعيرات، والتى قد تكون ميتة، تحمى ما تحتها من الخلايا الحية من وهج الشمس.

٥ ــ إحتواء السيتوبلازم على كمية كبيرة من المواد الكربوهيدراتية (حتى يتم تعويض ما يحرق منها بسبب إرتفاع درجة الحرارة).

٦ ــ وجود الثغور فى مواضع غائرة ومحمية بشعيرات كثيفة حتى تقلل من كمية فقد الماء.

٣ ـ الدرجة الصغرى (Minimum temperature):

لكل نوع من النباتات بل لكل عضو ولكل عملية حيوية تجرى داخل النباتات درجة حرجة صغرى عندما تنخفض درجة الحرارة أقل منها فإن عملية نمو النباتات والعمليات الحيوية الأخرى مثل التنفس، وأحياناً التمثيل الضوئى تسير ببطئ شديد وقد تتوقف، وقد يؤدى هذا إلى شحوب النبات. وعندما تزداد درجة الحرارة إنخفاضاً فإن السيتوبلازم قد يفقد حيويته تماماً، والسبب فى هذا

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يرجع جزئياً إلى تكوين قطرات من الثلج بين المسافات الخلوية على حساب ماء السيتوبلازم مسبباً تغير نظامه وجفافه وترسبه. وفى بعض الأحيان قد يكون انكماش الخلايا قاتل فى حد ذاته.

تختلف قدرة الأنواع النباتية على مقاومة درجات الحرارة المنخفضة من نوع لآخر. فالقطن مثلاً يصيبه الأذى إذا ما تعرض لدرجة حرارة منخفضة حتى ولو لم تصل لدرجة التجمد، بينما لا تصاب بعض النباتات القطبية بأذى على الإطلاق حتى وإن تجمدت تماماً من شدة البرودة. ومما يجدر الإشارة إليه أن بعض البذور وأبواغ النباتات اللازهرية لا يمكن أن يتجمد عصيرها الخلوى حتى لو تعرضت لدرجة حرارة تصل إلى ــ ١٩٢°م، مثل هذه الأنواع النباتية شديدة المقاومة لدرجة الحرارة المنخفضة.

تختلف قدرة النباتات على تحمل درجات الحرارة المنخفضة باختلاف مراحل نموها. فبادرات الأشجار أقل مقاومة من النبات الكامل. أما بالنسبة للحشائش فقد يكون العكس صحيحاً. ومن أهم التحورات التى يكيف به النبات نفسه ليقاوم البرودة وجود طبقة من الشمع وغطاء من الشعيرات، كما أن صغر الخلايا يساعد على تحقيق هذه المقاومة.

التواقت الحرارى (Thermoperiodism):

يعرف التواقت الحرارى على أنه مدى استجابة النباتات للتغيرات اليومية فى درجة الحرارة. ويتمثل مدى هذه الإستجابة فى العمليات الحيوية المختلفة. والحقيقة أن الكثير من النباتات قد كيفت عملياتها الحيوية مع التغيرات اليومية فى درجة الحرارة بحيث لم تعد تستطيع أن تقوم بعملياتها الحيوية اليومية على الوجة الأكمل لو عرضت أثناء سير هذه العمليات لظروف غير التى تعودت عليها (كتثبيت درجة الحرارة اليومية). وعلى سبيل المثال وجد أن إنبات معظم بذور النباتات يتم بمعدل أسرع وكمية أكبر لو تعرضت البذور أثناء إنباتها

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

لدرجات حرارة متغيرة، كما أن نمو وإثمار نبات الطماطم يكون أفضل عند تعريضه لدرجة حرارة ٢٦,٥°م نهاراً وحوالى ١٨°م ليلاً.

الإرباع (Vernalization):

تحتاج بعض نباتات إلى التعرض لدرجة حرارة باردة أثناء أو بعد الإنبات بوقت قصير وذلك حتى تتمكن من أن تكمل دورة حياتها بسرعة. فمثلاً إذا زرعت بذور نبات القمح الشتوى فى الربيع لا يزهر النبات قبل حلول موسم الجفاف والصقيع مما يؤدى إلى فشل المحصول. وقد تمكن العلماء عام ١٨٥٨ من تحويل القمح الشتوى (أى الذى لابد أن يزرع فى فصل الشتاء) إلى قمح ربيعى (أى إلى قمح يمكن أن يزرع فى الربيع) ويعطى محصولاً سريعاً. وقد حدث هذا التحول الفسيولوجى فى حياة النبات باستنبات البذور تحت درجات حرارة تقترب من الصفر، فإذا ما زرعت هذه الحبوب بعد ذلك فى فصل الربيع فإن النباتات الناتجة تستطيع أن تمر بجميع مراحل النمو العادية كما لو كانت البذور قد زرعت فى فصل الشتاء أو الخريف. ومثل هذه المعاملة تسمى الإرباع، وتعرف **عموماً على أنها "عملية كسب أو تعجيل النمو بمعاملة باردة"**.

يعتقد أن حياة النبات الحولى تشتمل على سلسلة من المراحل تتم فى تتابع محكم، فلا يبدأ ظهور طور قبل أن يستكمل الطور السابق له تماما. وفى القمح الشتوى مثلاً تعتبر درجة الحرارة المنخفضة ضرورية لإتمام مرحلة معينة من مراحل النمو، ويبدو أن الإرباع يسبب الإسراع فى إتمام هذه المراحل مما يؤدى إلى الإنتقال المبكر من النمو الخضرى إلى الإزهار والإثمار. ويعتقد أيضاً أن الإرباع مرده إلى أصل هرمونى يتكون فى الجنين ويتوقف تكوينه فى الحبوب الشتوية على درجة الحرارة المنخفضة وقت الإنبات.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

درجة الحرارة وأثرها على طبيعة الكساء الخضرى:

عندما ترتفع درجة الحرارة صيفاً فوق الحد الذى يسمح بنمو النباتات فإن الحوليات (Therophytes) تنهى حياتها الخضرية وتعطى بذوراً تحتوى أجنة محمية بأغطية تستطيع أن تعيش داخلها بسلام إلى الفصل المناسب لإنباتها، أما النباتات المعمرة فغالباً ما يكون لها ريزومات وكورمات مطمورة (مثل النباتات المختفية : Cryptophytyes) وتبقى فى حالة سكون بعد موت الأجزاء الهوائية حيث يجدد النبات نشاطه عند حلول الموسم المناسب. وغالباً ما يكون الإعتدال فى الحرارة مصحوباً بزيادة فى رطوبة الأرض.

ومما يجدر ذكره أن درجة الحرارة تؤثر فى تحديد الأنواع النباتية التى تستوطن منطقة ما من المناطق (فلورة المنطقة : Flora) أكثر من تأثيرها فى تحديد أنواع التكوينات النباتية (Plant formations) التى يتكون منها الكساء النباتى. فمثلاً قد توجد تكوينات الحشائش أو الغابات أو الصحارى فى أكثر من منطقة حرارية ولكن الأنواع النباتية التى تدخل فى تركيب كل تكوين من هذه التكوينات تختلف من منطقة إلى أخرى حسب درجة الحرارة. كذلك تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة فى توزيع نباتات المحاصيل، فحدود إنتاج القطن أو قصب السكر أو البنجر مثلاً على نطاق تجارى مرتبط بدرجة الحرارة، وهذا ينطبق أيضاً على القمح مما يجعل توزيع هذه المحاصيل مقصوراً على المناطق التى لا تختلف درجة حرارتها إبان موسم نمو ذلك المحصول عن هذا الحد.

↑ محصول البنجر ↑

شمال مصر

↓ محصول قصب السكر ↓

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الماء (Water)

للماء أهمية كبرى فى فسيولوجيا النبات فهو:

١. يذيب المعادن الموجودة فى التربة مكوناً بذلك مايسمى بمحلول التربة (Soil solution)، الذى يدخل إلى أنسجة النباتات ناقلاً إليها العناصر الغذائية اللازمه لبقائها ونموها.

٢. يعمل على تسهيل عمليتى الإذابة والتأين للأملاح الموجودة داخل النبات، مسهلاً بذلك حدوث التفاعلات الكيميائية المعقدة التى تجرى داخل الأنسجة والخلايا.

٣. من المواد الأساسية لحدوث عملية التمثيل الضوئى (Photosynthesis).

٤. يعمل أيضاً على بقاء خلايا النبات فى حالة إمتلاء (Turgidity)، وهى الحالة التى بدونها لا تستطيع الخلايا القيام بوظائفها الحيوية.

٥. ضرورى لبقاء البروتوبلازم حياً، إذ القليل جداً من الأنسجة يستطيع البقاء حياً إذا ما انخفضت نسبة الماء فيه عن ١٠%.

٦. وجوده فى أنسجة النباتات يعمل كملطف لدرجة الحرارة ومنظم لها داخل الأنسجة، إذ للماء المقدرة على امتصاص قدر كبير من الحرارة دون إرتفاع كبير فى درجة حرارته، ومن ثم فإن حرارة الوسط داخل الأنسجة المشبعة بالماء تبقى دون أن تتغير كثيراً إذا ما ارتفعت درجة حرارة الوسط التى تعيش فيه، ومن ثم تبقى العمليات البيولوجية داخل الأنسجة مستمرة دون أن تتأثر كثيراً لإرتفاع درجة حرارة الجو.

والماء داخل التربة متصل مع الماء داخل الأنسجة النباتية والجهاز بأكمله فى حركة مستمرة إلى أعلى نتيجة لفقد الماء من النبات فى عملية النتح. ومما

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يجدر ذكره أن الماء الذى يدخل النبات يفقد معظمه خلال عملية النتح. أما مـــا يدخل فعلاً فى العمليات الكيميائية داخل الأنسجة فلا يزيد غالباً عـــن ٥% مـــن كمية الماء الممتص.

ومن الناحية البيئية فإننا نهتم فقط بدخول الماء وخروجه من النباتـــات إذ أن هذه العمليات ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالعوامل البيئية المحيطة. وسنتكلم فيمـــا يلـــى عن بعض الصور التى يوجد عليها الماء.

الرطوبة غير المرئية (Invisible humidity):

هى كمية بخار الماء الموجودة فى الهواء والتى يعبر عنها بالرطوبة النسبية (Relative humidity)، وهى اصطلاح لا يعبر عن كمية بخار الماء الموجود فى الجو كوزن معلوم، ولكنه يعبر عنها كنسبة مئوية لكمية بخار الماء اللازم لتشبع الجو تحت نفس الظروف المناخية السائدة.

$$\text{الرطوبة النسبية } (\%) = \frac{\left(\begin{array}{c}\text{كمية بخار الماء الموجودة فى ١ م٣ من الهواء}\\ \text{تحت الظروف المناخية السائدة}\end{array}\right)}{\left(\begin{array}{c}\text{كمية بخار الماء اللازمة لتشبع ١ م٣}\\ \text{من الهواء تحت نفس الظروف المناخية}\end{array}\right)} \times ١٠٠^{\circ}$$

والجدير بالذكر أن الهواء الساخن يحمل كمية أكبر من بخار الماء إذا ما قـــورن بالهواء البارد. وقد دلت القياسات أن مقدرة الهواء علـــى حمـــل بخـــار المـــاء يتضاعف كلما ارتفعت درجة حرارته بمقدار ٢٠ درجة فهرنهيتية، ومن ثم فـــإن حجماً من الهواء الساخن الرطب إذ برد فإن الرطوبة النسبية ترتفع حتى تصـــل إلى درجة التشبع (الرطوبة النسبية = ١٠٠%) بالرغم من أن الوزن الحقيقـــى لبخار الماء فى هذا الحجم من الهواء لم يتغير. وإذا ما استمر تبريد الهواء أكـثر

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

من هذا فإننا نصل إلى ما يسمى **بنقطة الندى** وعندها يتكثف بخار الماء الذى لا يستطيع الهواء حمله إلى قطرات ندى. وهكذا فإن متر مكعب من هواء مشبع بالماء (١٠٠% رطوبة نسبية) عند درجة حرارة ٨٠°ف، يفقد نصف ما يحمله من بخار الماء على هيئة ندى إذا انخفضت درجة حرارته من ٨٠ إلى ٦٠°ف، ولكن بالرغم من هذا الفقد فى كمية الماء المطلقة الموجودة فى المتر المكعب من الهواء، فإن الرطوبة النسبية عند درجة ٦٠° ف ما زالت ١٠٠%. وباختلاف درجة الحرارة على مدار اليوم والليلة فإن الرطوبة النسبية تختلف أيضاً.

العجز فى درجة التشبع (The saturation deficit):

هو اصطلاح آخر يعبر عن رطوبة الجو ويعتمد على أن الرطوبة النسبية يمكن أن يعبر عنها بما يقابلها من ضغط فى بخار الماء. والعجز فى درجة التشبع يساوى الفرق بين ضغط بخار الماء السائد وبين ضغط بخار الماء عند التشبع (أى عندما تكون الرطوبة النسبية = ١٠٠%) تحت نفس الظروف المناخية. فمثلاً عند درجة ١٥°م يكون ضغط بخار الماء عند التشبع مساوياً ١٢,٧٣ مم زئبق. فإذا ما كانت الرطوبة النسبية عند هذه الدرجة = ٧٥% فإنها تعادل بخار ماء ذا ضغط = ٧٥ × ١٢,٧٣/١٠٠ = ٩,٥٥ مم زئبق، وبالتالى فعند هذه الدرجة من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة يكون العجز فى درجة التشبع مساوياً ١٢,٧٣ – ٩,٥٥ = ٣,١٨مم زئبق.

العجز فى درجة التشبع (مم زئبق)	=	ضغط بخار الماء عند تشبع الهواء تحت الظروف المناخية السائدة	-	ضغط بخار الماء الفعلى تحت نفس الظروف المناخية

والجدير بالذكر أن نقص التشبع يزداد بارتفاع درجة الحرارة بالرغم من أن الرطوبة النسبية فى الجو قد تكون ثابته، فمثلاً عند درجة ٢٥°م يكون ضغط

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

بخار الماء عند التشبع يساوى ٤٢,٠ مم زئبق، ومن ثم فإن ضغط بخار الماء عند نفس درجة الحرارة ورطوبة نسبية قدرها ٧٥% يساوى ٧٥ × ٤٢ /١٠٠ = ٣١,٥ مم زئبق، ويكون العجز فى درجة التشبع هو ٤٢ ــ ٣١,٥ = ١٠,٥ مم زئبق. ومن الناحية البيئية فإن قياس العجز فى درجة التشبع يحمل مغزى أكبر مما تحمله الرطوبة النسبية، إذ أن هناك علاقة طردية مباشرة بين عجز التشبع وقوة التبخير الجوية التى تعمل على سحب ماء النبات.

عند مقارنة نقص التشبع فى مختلف المناطق على سطح الكرة الأرضية، فإننا نجد أن المناطق القطبية والجبلية تتميز بأقل درجات النقص، بينما تتميز الصحارى بأقصى الدرجات. وقد دلت الدراسات البيئية أن طبيعة توزيع المجتمعات النباتيه تتوقف إلى حد كبير على مقدار نقص تشبع الهواء ببخار الماء وذلك عند ثبات العوامل المناخية الأخرى.

العوامل التى تؤثر على الرطوبة الجوية: تتأثر الرطوبة الجوية بالإضافة إلى عامل الحرارة، بعدة عوامل بيئة أخرى مثل سرعة الريح، طبيعة الكساء الخضرى، والمحتوى المائى للتربة.فالرياح الجافة تقلل الرطوبة لطردها الهواء الرطب المحيط بالنباتات واستبداله بالهواء الجاف، وفى ذلك تنشيط للنتح. ولما كانت شدة الرياح تزداد بالإرتفاع فإن الأشجار العالية تعانى كثيراً من الجفاف بينما لا تتعرض النباتات المنخفضة والزاحفة لمثل هذا الجفاف، كما يقل معدل نمو النباتات على سفوح الجبال المواجهة للرياح الشديدة، مقارنة بالسفوح البعيدة عن تأثير الرياح الجافة. أما الرياح الرطبة فإنها تجعل الجو رطباً، وإذا هبت على منطقة بصفة مستمرة فإنها تخلق جواً يسمح بنمو النبات الوسطية (Mesophytes) فى بيئة لولا وجود هذه الرياح ما نما فيها سوى النباتات الجافة (Xerophytes). يؤثر التعرض لأشعة الشمس أيضاً على الرطوبة الجوية فالسفوح الجنوبية بنصف الكرة الشمالى التى تتعرض لأشعة الشمس أطول وقت

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ممكن تأخذ نصيباً وافراً من الحرارة ولذلك تكون رطوبتها الجوية أقل من رطوبة السفوح الشمالية، وغالباً ما تتعرض السفوح الجنوبية لرياح جافة أيضاً، وبهذا يعمل التعرض لأشعة الشمس والرياح الجافة على انخفاض رطوبتها مما يجعلها أقل ملائمة لنمو النباتات الوسطية والتى قد توجد بوفرة على السفوح الشمالية الأكثر رطوبة.

البخر (Evaporation):

تمثل قوة التبخير الجوية كما سبق أن ذكرنا مقدرة الهواء الجوى على التجفيف سواء كان تجفيف للتربة أو للنباتات. يتناسب التبخر فى الهواء الساكن مع العجز فى درجة التشبع أى نقص ضغط بخار الماء فى الجو. يرتبط النتح فى كثير من الأحيان ارتباطاً وثيقاً بالتبخير، وقياس العاملين معاً (**البخر ــ نتح:** Evapotranspiration) ومعرفة النسبة بين كمية المطر والنتح ــ بخر تلقى ضوءاً كبيراً على اقتصاديات المياه فى المجتمعات النباتية.

المطر (Rainfall):

لعل المطر هو أهم العوامل المناخية ذات الأثر فى حياة النباتات وفى توزيع التكوينات النباتية وطبيعة تركيبها وخاصة فى المناطق الصحراوية حيث يكون المطر عاملاً محدداً. والاختلاف فى كمية ما تحصل عليه منطقة ما من أمطار عن منطقة مجاورة لها لا ينعكس فقط على اختلاف الأنواع النباتية التى تسود هاتين المنطقتين، ولكن أيضاً على مقدار التغطية النباتية لأراضى هاتين المنطقتين. ويبدو هذا التباين واضحاً فى وفرة وطبيعة الكساء الخضرى نتيجة لاختلاف كمية المطر على الساحل الشمالى للبحر المتوسط بمصر، حيث توجد أحزمة متتالية من الكساء الخضرى تختلف فيما تحتويه من أنواع نباتية وكذا فى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مقدار تغطيتها للتربة حسب بعدها جنوباً عن ساحل البحر وبالتالى حسب مايصل إليها من ماء المطر. يبدو تأثير المطر واضحاً أيضاً فى بعض المناطق الجبلية التى تعترض فيها الجبال طريق الرياح المحملة بالرطوبة (مثل منطقة جبال علبة جنوب ــ شرق مصر)، فالجانب المواجه للريح يتساقط عليه المطر بغزارة أما الجانب المعاكس فيقل مطره كثيراً. ولذلك قد تنمو الغابات الكثيفة فى مواجهة الريح بينما لا توجد سوى تكوينات صحراوية أو أنواع من حشائش المراعى على الجانب الآخر.

توزيع المطر على فصول السنة المختلفة يعطى الكساء الخضرى مظهراً موسمياً. فإذا كانت كمية المطر موزعة بالتساوى على فصول السنة المختلفة وذات تأثير وفاعلية متساوية، كما هو الحال فى المناطق الإستوائية فإننا لا نجد فرقاً فى مظهر الكساء الخضرى على مدار السنة. أما إذا كانت كمية المطر تختلف من فصل لآخر كما هو الحال فى صحارينا، حيث المطر شتاءً والجفاف صيفاً، فإننا نجد فصل الربيع هو الفصل الذى يتميز بكساء خضرى نشط ومزدهر، أما فى فصل الصيف تصبح الأرض جرداء إلا من بعض النباتات الجافة المعمرة، وبعض هذه الأنواع المعمرة قد تدخل فى طور كمون تفقد خلاله معظم أو كل أجزاءها الهوائية وتقضى فترة الصيف على هيئة درنات أو كورمات أو ريزومات أرضية مختفية فى الأرض (النباتات المختفية Cryptophytes).

فاعلية المطر (Effectivity of precipitation). تستمد الأراضى معظم رطوبتها من المطر، ولكن الأنواع المختلفة من الأمطار ليست ذات تأثيرات متساوية فى رفع المستوى الرطوبى للتربة. فإذا كان المطر مستمراً وببطء فإن التربة يكون أمامها الفرصة لأن تمتص أكبر قدر ممكن منه وتكون نسبة ما يفقد عن طريق الجريان السطحى أقل ما يمكن، وبالطبع كلما زادت كمية المطر

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

زادت فرصة تغلغله فى باطن التربة بعيداً عن السطح المعرض للجفاف السريع. يعنى هذا فى مجمله أن المطر المستمر ببطء على منطقة ما له فاعلية فى مد النباتات بقدر كبير وفعال من الرطوبة الأرضية. وعموماً تتوقف فاعلية كمية ما من المطر على عدة عوامل أهمها:ـ

١ ـ **التوزيع على مدار السنة.** فإذا فرضنا أن منطقة ما تحصل سنوياً على كمية من المطر تساوى ١٥٠مم فإننا نجد كمية الغطاء النباتى وصور حياته والأنواع الداخلة فى تركيبه تختلف باختلاف توزيع هذه الكمية على مدار السنة.

٢ ـ **نوع التربة.** فالتربة الرملية يتسرب المطر خلالها ليصل إلى أعماق قد تكون فى الغالب بعيدة عن جذور النباتات فلا تستفيد منها. أما التربة الطينية شديدة التماسك فلا ينفذ الماء خلال مسامها بل يجرى على سطحها لينزل إلى نهر أو بحر أو منخفض، وبالتالى لا توجد فرصة لماء المطر كى يتعمق إلى مناطق الجذور. وتعتبر التربة متوسطة القوام أكثر قدرة على الإستفادة من المطر من أى نوع آخر من الترب.

٣ ـ **درجة إنحدار التربة.** تنحدر كمية المطر التى تسقط على سفوح الجبال لتتجمع فى الوديان والمنخفضات مما يجعلها تستقبل أضعاف ما تسجله محطات الأرصاد من بيانات عن معدل سقوط الأمطار، وبالتالى تكون فاعلية الأمطار كبيرة فى الوديان والمنخفضات وضعيفة على المنحدرات.

٤ ـ **الكساء الخضرى.** يؤثر الكساء الخضرى أيضاً على فاعلية المطر، فالأشن والحزازيات قد تمتص كميات المطر التى تنزل على منطقة ما ولا تسمح لها بالتسرب إلى باطن التربة فلا تستفيد منها النباتات ذات الجذور العميقة. من جهة أخرى تعمل الأشجار ذات الأغصان والأوراق الكثيرة على احتجاز كميات كبيرة من ماء المطر فلا تصل إلى الأرض لتستفيد

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

منها النباتات العشبية والحوليات. كما أن بعض النباتات مثل الـــذرة لـــه أوراق طويلة ومثلثة الشكل تعمل كقنوات تجميع للماء من مساحة كبـــيرة لتلقى بها فى منطقة محدودة حول سيقان النبات. تؤثر الصفـــات الشـــكلية والتشريحية للنباتات أيضاً على فاعلية المطر فإذا كانت النباتات لها القدرة على الإقلال من النتح كان ذلك كفيلاً بالمحافظة على الرطوبة الأرضيـــة وبالتالى زيادة فاعليه المطر.

٥ ــ **العوامل المناخية.** تؤثر العوامل المناخية مثل الرياح ودرجـــة هبوبـــها، درجة الحرارة، كمية بخار الماء فى الجو، ومقدار العجز فى درجة التشبع تأثيراً عظيماً على فاعلية المطر.

تقدير فاعلية المطر. قام الباحثون بمحاولة قياس فاعلية المطـــر، وأفضـــل طريقة هى قياس مدى تعمق ماء المطر فى التربة ومدى بقائه فى حالة تســـمح بأن تستفيد منه البذور فى إنباتها، والنباتات فى نموهـــا (الطريقـــة المباشـــرة). تختلف فاعلية المطر من نبات لآخر تبعاً للنوع طالما كانت الظروف المناخيـــة الأخرى واحدة. ومع أن الطريقة المباشرة هى الطريقة المثلى، إلا أن البـــاحثين حاولوا إيجاد علاقة حسابية تحدد فاعلية المطر وذلك بربط كمية ما يسقط منـــه فى مكان ما بالعوامل الجوية الأخرى السائدة مثل البخـــر، درجـــة الحـــرارة، والعجز فى درجة التشبع . ومن هذه العلاقات ما يلى:

١ ــ فاعلية المطر = $\frac{\text{كمية المطر (مم)}}{\text{كمية البخر (مم)}}$ وقد استخدم ترانسو هذه المعامل عام ١٩٠٥

٢ ــ فاعلية المطر = $\frac{\text{كمية المطر (مم)}}{\text{درجة الحرارة (°م)}}$ **ويسمى معامل لانج للمطـــر (The Lange rain factor).**

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ فاعلية المطر = كمية المطر (مم) / العجز فى درجة التشبع (مم زئبق) ويسمى معامل ماير (Mayer quotient).

الدليل المطرى الحرارى لـ "إمبرجية". قام العالم الفرنسى إمبرجيه (Emberger) بمحاولة ربط كمية المطر بمتوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة ومتوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة، ووضع هذه العلاقة التى سماها الدليل المطرى الحرارى **(Pluviothermic index)**:

$$Q^2 = \frac{P}{(\frac{M+m}{2})(M-m)} \times 1000 = \frac{2000P}{M^2-m^2}$$

M هى متوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة. و m هى متوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة. وكلما صغرت قيمة Q كلما كانت الجفافية شديدة. وإذا طبقنا هذه المعادلة على بلادنا نجد أن قيمة Q للإسكندرية (P = ١٩٢,٢ مم ، M = ٣٠,٤°م، m = ٩,٣°م) هى ٢١,٤ وللقاهرة (P = ٢٣,٨ مم، M = ٣٥,٤°م، m = ٩,٦°م) هى ٦,٤. ومن ثم يبدو واضحاً أن المناطق الصحراوية المجاورة للقاهرة شديدة الجفافية إذا ما قورنت بالمناطق الساحلية المجاورة للإسكندرية وهذا يفسر الإختلاف الكبير فى طبيعة نمو الكساء الخضرى فى كلا المنطقتين.

الضوء (Light)

تستمد النباتات الخضراء الطاقة اللازمة لإنتاج الغذاء على الأرض بطريقة مباشرة وغير مباشرة من ضوء الشمس وذلك عن طريق عملية البناء الضوئى (Photosynthesis)، أما البكتريا ذاتية التغذية فتحصل على الطاقة اللازمة لبناء ما تحتاج إليه من مواد غذائية بطريقة البناء الكيميائى (Chemosynthesis) حيث

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تقوم بصنع المواد الكربوهيدراتية من غاز ثانى أكسيد الكربون باستخدام الطاقة التى تنطلق من العمليات الكيميائية التى تقوم بها مثل عملية الأكسدة.

تمثل مادة اليخضور (Chlorophyll) حلقة الإتصال الأساسية بين جميع الكائنات الحية وبين الطاقة الشمسية من خلال مقدرتها على إمتصاص الطاقة من ضوء الشمس وتثبيتها فى صورة طاقة كيميائية مختزنة فى المواد السكرية الأولية. للضوء تأثيرات هامة أخرى على النباتات خاصة ما يتعلق بتميز الأنسجة والأعضاء وطريقة تركيبها. والحقيقة أن الماء قد يكون هو العامل الوحيد الذى ينافس الضوء فى مدى تأثيره على التركيبات الشكلية والتشريحية للنباتات.

تستعمل النباتات ذات النمو النشط حوالى ١% من كمية الضوء فى عمليات البناء الضوئى. وفى حالة عدم تمكن النباتات من القيام بعملية التمثيل الضوئى نتيجة لغياب الضوء فإن وزنها يبدأ فى التناقص، إذ أن عملية التنفس، وهى عملية لا تتوقف أبداً، تستنزف المواد الغذائية المختزنة فى أنسجة النبات، وبالتالى إذا لم يكن هناك تعويض فلابد وأن يتناقص وزن النبات. ولكى يحافظ النبات على بقائه لابد من أن يقوم ببناء قدر من المواد الغذائية تسمح له على الأقل بألا يتناقص وزنه، ويأتى ذلك بمد النبات بالضوء الكافى. والدرجة التى تكون عندها كمية الضوء كافية فقط لأن تعيد القدر من ثانى أكسيد الكربون المتصاعد فى عملية التنفس إلى النبات خلال عملية التمثيل الضوئى تسمى بدرجة أو **نقطة التعويض** (Compensation point). وتختلف كمية الضوء اللازمة لتحقيق ذلك من نبات إلى آخر. وفى بعض الأحيان عندما يكون الجو ملبداً بالغيوم تكون كمية الضوء التى تصل إلى النباتات أقل من أن تحقق هذا التوازن فيتناقص وزن النباتات. وإذا استمر عدم التوازن هذا فإنه يتسبب فى حدوث خلل عام فى النظام البيئى. ومما سبق يتضح أن النباتات لكى تنمو طبيعياً

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

لا بد وأن يزيد فيها معدل البناء الضوئى عن معدل التنفس، وبمعنى آخر لا بد وأن تزيد كمية الضوء الواصلة إلى النباتات عما يسمى بنقطة التعويض. وعلى سبيل المثال كمية الضوء عند درجة التعويض لنبات الصنوبر هى ١٨٣٠ شمعة، ولكى ينمو النبات بصورة طبيعية لا بد وأن تصل كمية الضوء إلى ضعف هذه الكمية تقريباً.

نباتات الشمس (Heliophytes) ونباتات الظل (Sciophytes):

تسمى النباتات التى تنمو نموا حسناً عند تعرضها لضوء الشمس الكامل نباتات الشمس (Heliophytes)، أما النباتات التى تنمو أفضل عند درجات أقل من ضوء الشمس فتسمى نباتات الظل (Sciophytes). وقد تستطيع بعض الأنواع النباتية المحبة للضوء أن تنمو بدرجة حسنة أيضاً تحت ظروف ظليلة مثل هذه النباتات تسمى النباتات متحملة الظل **(Facultative sciophytes)**. أما النبات التى لا تستطيع النمو بصورة طبيعية إلا تحت ظروف الإضائة الكاملة تسمى نباتات الشمس الحقيقية **(Objective heliophytes)**. وبالمثل توجد نباتات متحملة الشمس **(facultative heliophytes)** ونباتات الظل الحقيقية **(Objective sciophytes)**. ولكننا يجب ألا نرجع مثل هذه الإختلافات بين النباتات إلى عامل الضوء فقط، فقد يرجع ذلك إلى تأثير الضوء غير المباشر على درجة الحرارة أو الرطوبة أو النقص فى النيتروجين أو ثانى أكسيد الكربون أو غير ذلك من العوامل الأخرى.

إنتاج اليخضور (Production of chlorophyll):

يعتبر إنتاج اليخضور أول رد فعل تستجيب به النباتات لعامل الضوء ويستثنى من ذلك البكتريا والفطريات وهى التى لم تنشأ فيها القدرة على تكوين اليخضور أصلاً أو فقدت منها هذه القدرة بتأثير عامل التطفل أو الترمم. ومن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ناحية أخرى توجد أنواع من السوطيات وحيدة الخلية تنتج اليخضور دون أن تتعرض للضوء، ولكنه يخضور لا يستطيع أن يؤدى عمله فى وظيفة تمثيل المواد الكربوهيدراتية إلا إذا تعرض للضوء. وبإستثناء هذه السوطيات وحدها لا تنتج النباتات الراقية اليخضور إلا فى وجود الضوء، ويختفى اليخضور إذا طال وضع هذه النباتات فى الظل.

الشحوب اليخضورى (Etiolation):

يتكون اليخضور كما سبق أن ذكرنا عندما يوجد الضوء ويقل أو ينعدم عندما يقل أو ينعدم الضوء، ولكن ما هو جدير بالذكر فى هذا المجال أن نباتات الظل غالباً ما يصيبها الضرر تحت ظروف ضوء الشمس الساطع، إذ أنها لا تستطيع بناء صبغات اليخضور بمعدل يعادل تحللها. تتمثل هذه الحالة بوضوح فى نبات الرصن (*Selaginella* sp.)، حيث نجد أن اللون الأخضر للأوراق يصير شاحباً أثناء الظهيرة بسبب تحلل اليخضور بمعدل أكبر من معدل تكوينه، ولذلك فقد يعزى ولو جزئياً فشل نباتات الظل من أن تنمو فى المناطق المشمسة لعدم التوازن بين إنتاج وتحلل اليخضور، وتكون النتيجة إصابة النباتات بالشحوب اليخضورى، ومن ثم عجزها عن القيام بعملية التمثيل الضوئى بالمعدل المطلوب، مما يؤدى إلى اختلال التوازن بين التنفس والتمثيل فيتوقف نمو النبات أولاً، ثم يبدأ فى التناقص فى الوزن وفى النهاية يفنى تماماً. وفى نبات القمح وجد أن النباتات عندما تنمو تحت ظروف ضوء شديد يصبح لونها شاحباً، وقد عزى هذا إلى أن العصارة الخلوية تحت هذه الظروف تصبح حامضية التفاعل (نقص الرقم الأيدروجينى pH) مما يؤدى إلى تعثر عملية نقل أيونات الحديد، وبالتالى تتأثر صناعة اليخضور داخل الأنسجة ويصاب النبات بالشحوب اليخضورى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تنظيم عملية فتح الثغور :

معظم النباتات يلزمها الضوء لفتح الثغور، إلا أن هناك أنواع نباتية يمكنها فتح ثغورها أثناء الليل متأثرة بعوامل أخرى غير الضوء. يعتمد تأثر فتح أو قفل الثغور بالضوء على مدى امتلاء الخلايا الحارسة، الأمر الذى يتوقف على عملية التمثيل الضوئى، وهى العملية التى لا بد أن تتم فى وجود الضوء.

تكوين الاكسينات :

النباتات التى تنمو بعيدة عن الضوء تكون كميات كبيرة من الأكسينات وبالتالى نجدها تستطيل بسرعة، غير أن الأنسجة المتكونة عندئذ تكون ضعيفة كما هو الحال فى النباتات التى تنمو بين الأشجار الكثيفة، أما النباتات التى تنمو تحت ظروف شديدة الإضائة فتكون أقل حجماً وأصلب عوداً.

تكوين الانثوسيانين :

لوحظ فى كثير من النباتات وجود علاقة موجبة بين شدة الضوء وتكوين صبغ الأنثوسيانين الأحمر اللون. تعمل هذه الصبغة، التى تكون مركزة فى طبقات القشرة الخارجية، على إنعكاس الضوء فلا تسمح لجزء منه بالدخول إلى الأنسجة الداخلية. تعكس هذه الأصباغ بصفة خاصة الأشعة تحت الحمراء ذات التأثير الحرارى المرتفع مما يؤدى إلى تلطيف درجة حرارة الأنسجة الداخلية. وقد وجد أن درجة حرارة الأنسجة التى توجد تحت البقعة الحمراء تقل عدة درجات إذا ما قورنت بدرجة حرارة الأنسجة المجاورة التى توجد تحت البقع الخضراء.

أثر الضوء على الصفات الشكلية والتشريحية للنباتات :

تؤدى زيادة شدة الضوء إلى :ـ

١ ـ تكوين غطاء سميك على البشرة سواء من مادة الكيوتين أو الشمع أو الشعيرات الكثيفة، وقد توجد أيضاً أكثر من طبقة من الكيوتين تحت البشرة، كما هو الحال فى الكثير من النباتات الصحراوية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ ــ كثرة الأفرع وصغر حجم الأوراق والخلايا المكونة لها. ولما كانت شدة الضوء تسبب نمو أوراق الشاى والتباكو لأحجام صغيرة وخشنه الملمس فإن نمو هذه النباتات تحت ظروف ظليلة يكون له أهمية إقتصادية مرجوة.

٣ ــ نمو النسيج العمادى بدرجة كبيرة وربما على جانبى الورقة، ويكون ذلك مصحوباً بضعف فى النسيج الإسفنجى.

٤ ــ نسبة المساحة الكلية للأوراق إلى مساحة الأنسجة الدعامية والتوصيلية قليلة.

٥ ــ عدد وحجم العقد البكتيرية يفوق نظيره فى النباتات المحبة للظل.

التواقت الضوئى (Photoperiodism) :

لفترة الضوء التى يتعرض لها النبات أثناء اليوم الكامل أهمية كبرى فى حياة كثير من النباتات. **ويعرف التواقت الضوئى على أنه مدى استجابة النباتات للتغير اليومى فى فترة الإضاءة.** تسمى النباتات التى لا تنمو نمواً طبيعياً إلا تحت ظروف تزيد فيها فترة الضوء عن حد معين (١٤ ساعة مثلاً) **نباتات النهار الطويل** (Long-day plants)، مثل السبانخ والبنجر والفجل والبطاطس ومعظم نباتات المناطق المعتدلة التى تزهر فى أواخر الربيع وبداية الصيف. أما النباتات التى لا تستطيع أن تنمو طبيعياً إلا تحت ظروف تكون فيها فترة الإضاءة أقل من حد معين (١٠ ساعات مثلاً) فتسمى **نباتات النهار القصير** (Short - day plants)، مثل بعض أنواع التبغ وقصب السكر وفول الصويا والبنفسج ومعظم نبات المناطق المعتدلة التى تزهر فى أوائل الربيع أو أواخر الصيف. . بالإضافة إلى ذلك فإن هناك نباتات لا تتأثر بفترة الإضاءة اليومية وتعرف بالنباتات المتعادلة أو **نباتات النهار المحايد** (Day-neutral plants) مثل القطن والطماطم وعباد الشمس.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

عندما تنمو نباتات النهار القصير تحت ظروف تزيد فيها فترة الضوء عن الحد الملائم لها فإنها تعطى نمو خضرى ضخم مع تأخر أو توقف إنتاج الأزهار، وتسمى هذه الحالة التعملق (Giantism). وفى إحدى التجارب على فول الصويا، وهو أحد نباتات النهار القصير، أعطى أزهاراً بعد ١١٠ يوماً إذا ما زرع ونمى تحت فترة إضاءة قدرها ١٢ ساعة يومياً، بينما أعطى أزهاراً بعد ٢٧ يوماً فقط من زراعتة حينما كانت فترة الإضاءة اليومية خمس ساعات فقط. وفى تجربة أخرى على فول الصويا أيضاً قام أحد الباحثين بزراعته على فترات متفاوته ابتداءً من فصل الربيع حتى بداية فصل الصيف فوجد أن الأزهار كلها بدأت فى الظهور فى وقت واحد تقريباً فى نهاية فصل الصيف بغض النظر عن موعد الزراعة. وكان الإستنتاج أن تكون الزهور والثمار يعتمد على تعريض النباتات لنهار قصير وهو الذى يتحقق فى نهاية فصل الصيف ومن ثم بدأت النباتات فى التزهير والإثمار. تستخدم ظاهرة التواقت الضوئى اقتصادياً لإنتاج الأزهار والثمار فى غير موسمها الطبيعى حتى تكون ذات قيمة إقتصادية مرتفعة.

تتكون المجتمعات النباتية من خليط من الأنواع النباتية بعضها تابع لنباتات النهار الطويل وبعضها تابع لنباتات النهار القصير والبعض الآخر نباتات متعادلة. ومن ثم فإننا نجد أن المجتمع النباتى فى منطقة ما (مثل منطقة الساحل الشمالى الغربى لمصر) يظهر بعدة مظاهر مختلفة على مدار السنة (حيث تتعاقب الفصول التى تختلف فى نسبة طول الليل والنهار).

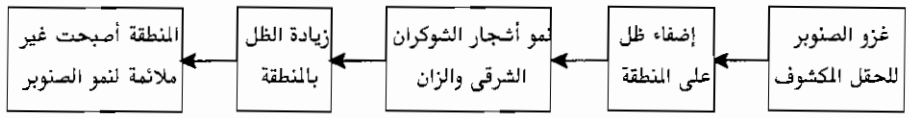
العلاقات الضوئية فى المجتمعات النباتية :

يوجد الكساء الخضرى فى المناطق الرطبة من العالم على هيئة طبقات تعلو أحداها الأخرى فتغطى الأشجار الشجيرات وتغطى الشجيرات الأعشاب وهكذا

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

حتى نصل إلى طبقة الحزازيات التى تغطى سطح التربة. وتحت هذه الظروف نجد أن معظم النباتات التى تدخل فى تكوين مثل هذه المجتمعات من نباتات الظل (Sciophytes). وعلى العكس من ذلك ففى المناطق الصحراويه ذات الكساء الخضرى المفتوح فإن معظم النباتات تكون من نباتات الشمس (Heliophytes).

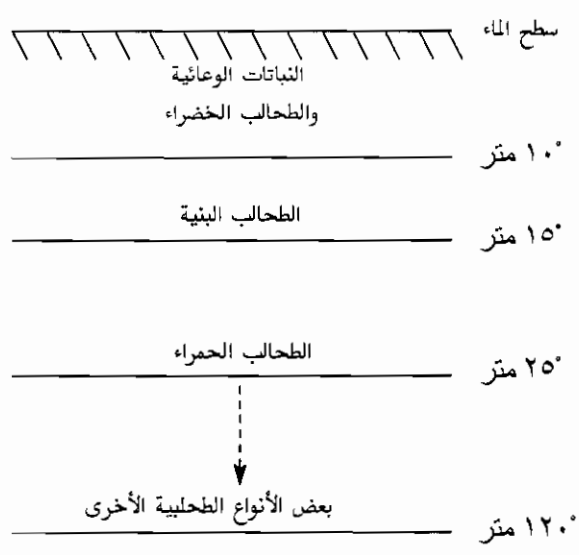
يتوقف نجاح نوع ما من النباتات على مدى احتياج بادراته من الضوء، فإذا ما نمت نباتات محبة للضوء فى ظروف لا تسمح بتوفير الضوء الكامل كان ذلك كفيلاً بعدم نجاحها، بينما البادرات المحبة للظل تجد فى هذا المكان وسطاً مناسباً لنموها وازدهارها. وهكذا تظهر أهمية الضوء فى تحديد الأنواع النباتية التى يمكن أن تتواجد فى مكان ما. وقد وجد فى منطقة نيوانجلاند (جنوب شرق استراليا) أنه عندما يترك حقل لإستعادة غطائه النباتى الطبيعى دون تدخل من قبل الإنسان فإن أول نبات يغزو هذه الحقل وينمو بنجاح هو نبات الصنوبر (*Pinus strobus*) وهو نبات محب للضوء. تضفى أشجار الصنوبر على المنطقة من الظلال ما يكفى لتغير ظروف الوسط فيصبح مناسباً لنمو بادرات نبات الشوكران الشرقى (*Thuga canadensis*) ونبات الزان (*Fagus grandifolia*). وتزيد هذه النباتات من كمية الظل فى المنطقة إلى درجة لم تعد تسمح بنمو بادرات الصنوبر، وهكذا يصبح نبات الصنوبر عاجزاً عن أن يجدد نفسه ومن ثم عاجزاً عن البقاء بصورة مستمرة فيبدأ بالزوال، وفى خلال عدة قرون يفنى تماماً من هذا الحقل الذى بدأ بنفسه الحياة فيه (شكل ٤٠).



شكل (٤٠): علاقة الضوء بتعاقب النبت فى إحدى غابات نيو إنجلاند (جنوب شرق استراليا).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يلعب الضوء دوراً محدداً لمدى العمق الذى يمكن أن تنمو عنده النباتات المائية فى البحار والمحيطات. فالطحالب الحمراء مثلاً لها احتياجات ضوئية قليلة إذا ما قورنت بالطحالب البنية، ومن ثم فإن الطحالب الحمراء يمكن أن تتواجد على عمق يصل إلى ٢٥ متراً بينما الطحالب البنية لا تستطيع بناء احتياجاتها من المواد الكربوهيدراتية على عمق يزيد عن ١٥ متراً (شكل ٤١). يعتقد أن سبب نجاح الطحالب الحمراء فى النمو تحت الأعماق الكبيرة هو وجود الصبغات الحمراء التى تزيد قدرة صبغات اليخضور على الإستفادة من الضوء الخافت. وهناك بعض الأنواع الطحلبية الأخرى تستطيع أن تتواجد بنجاح على عمق يصل إلى ١٢٠ متراً من المياه الصافية (حيث لاتزيد قوة الضوء عند هذا العمق عن ٠,٥% من ضوء الشمس). أما النباتات الوعائية التى توجد فى المياه العذبة فلا تتعمق فى الغالب لأكثر من ١٠ متر فى المياه شديدة الصفاء. توجد طبقات مختلفة من الأنواع النباتية على امتداد هذا العمق، يحدد مدى كل طبقة الإحتياجات الضوئية للنباتات المكونة لها.



شكل (٤١). علاقة الضوء بتوزيع النباتات المائية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الهـــواء (Air)

يتميز الهواء الجوى بثبات كبير، والهواء عبارة عن مزيـــج مـــن غـــازات يشكل النيتروجين ما يزيد قليلاً عن ٧٨% منها، والأكسجين تقترب نسبته مـــن ٢١%، والأرجون تقترب كميتة من ١%. ويوضح جدول (٧) التراكيز النســـبية للمكونات المختلفة للهواء الجوى العادى الجاف عند مستوى سطح البحر.

جدول (٧). التركيب الغازى للهواء الجوى.

الغـــاز	التركيز (ppm)	الغـــاز	التركيز (ppm)
نيتروجين	٧٨٠٩٠٠	كريبتون	١
أكسجين	٢٠٩٤٠٠	أكسيد النيتروز	٠,٥
أرجون	٩٣٠٠	هيدروجين	٠,٥
ثانى أكسيد الكربون	٣١٥	زينون	٠,٠٨
نيون	١٨	ثانى أكسيد النيتروجين	٠,٠٢
هيليوم	٥.٢	أوزون	٠,٠١ ــ ٠,٠٤
ميثان	١ ــ ١,٢		

الأهمية البيئية للغازات المكونة للهواء

يعتبر النيتروجين الجوى وسطاً خاملاً بالنسبة للنباتات الخضراء، فلا توجـد أدلة تثبت قدرة النباتات الخضراء على استخدامه فى تكوين المركبات العضويـــة النيتروجينية ولكن توجد بعض البكتريا التكافلية التى تعيش داخل جذور النباتـــات القرنية لها القدرة على بناء المواد العضوية النيتروجينية من النيتروجين الجوى. وتوجد أيضاً بعض الفطريات والطحالب الخضراء المزرقة لـــها القـــدرة علـــى تحويل النيتروجين إلى مركبات عضوية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وأهم غازات الهواء ذات التأثير البيئى على النباتات الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، فالأكسجين ضرورى لعملية التنفس وثانى أكسيد الكربون ضـــــرورى لعملية البناء الضوئى.ونظراً لأن كمية الأكسجين فى الهواء كبيرة (٢١% مـــن حجمه) فإن التغيرات التى يمكن أن تطرأ على كميته ليست لها أهمية بيئية كبيرة على النباتات. ولا يعانى المجموع الخضرى الهوائى للنباتات أى نقص فى كمية الأكسجين، والأمر مختلف بالنسبة للنباتات المائية وأجزاء النبات المطمورة فـــى التربة. فكمية الأكسجين فى هواء التربة أقل منها فى الـــهواء الجـــوى نتيجـــة لاستهلاك اكسجين هواء التربة فى عمليات تنفس المجموع الجـــذرى للنباتـــات والكائنات الدقيقة وفى عمليات تحلل المادة العضوية الموجودة فى التربة، إضافة إلى أن بعض خواص التربة تعوق تهويتها مثل زيادة الرطوبة وتراص حبيبـــات التربة وغيرها، لذا نجد أن النباتـــات التـــى تعيـــش فـــى الأوســـاط الرطبـــة (Hygrophytes) والنباتات المائية (Hydrophytes) تمتلك بعض الخواص التـــى تمكنها من التغلب على نقص الأكسجين فى مواطنها.

أما بالنسبة لغاز ثانى أكسيد الكربون فإن تركيزه فى الهواء المحيط بالنبـــات ليس ثابتاً فى الأوقات المختلفة، ففى الأوقات التى يكـــون فيـــها معـــدل البنـــاء الضوئى مرتفعاً يلاحظ إنخفاض تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء المحيـــط بالنباتات، وعلى العكس من ذلك يزداد تركيزه ليلاً حين تتوقف عمليـــة البنـــاء الضوئى. ويعود عدم ثبات تركيز ثانى أكسيد الكربـــون فـــى الـــهواء المحيـــط بالنباتات إلى التوزيع غير المتساوى للمصادر المطلقة والمستهلكة لـــه. يتكـــون ثانى أكسيد الكربون نتيجة لتنفس النباتات والحيوانات والإحتراق ومن الـــبراكين ومياه بعض الينابيع، ومن المصادر الهامة له أيضاً ما يعرف بتنفس التربـــة إذ يتشكل فى التربة نتيجة لتنفس جذور النباتات والكائنات الحية التى تعيش فيـــها وكذلك نتيجة لتفكك البقايا النباتية والحيوانية بفعل الكائنات الدقيقة. تنطلق مـــن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التربة كميات أكبر من ثانى أكسيد الكربون كلما كانت غنية بالمادة العضوية وجيدة التهوية والرطوبة وكانت درجة حرارتها ملائمة لنشاط الكائنات الدقيقة. وتبين القياسات أن التربة الغنية بالمادة العضوية وجيدة التهوية تطلق أكثر من ٢٠ كيلوجراماً من ثانى أكسيد الكربون لكل هكتار فى الساعة الواحدة.

يتعرض تركيز ثانى أكسيد الكربون إضافة إلى ذلك، لتغيرات يومية وفصلية، فتركيزه نهاراً داخل المجتمعات النباتية أقل من تركيزه ليلاً بسبب توقف عملية البناء الضوئى، كما أن تركيزه فى غابات المناطق المعتدلة متساقطة الأوراق خريفاً أعلى منه فى الصيف بسبب ارتفاع معدل البناء الضوئى صيفاً وانخفاضة خريفاً نظراً لسقوط الأوراق. من جهة أخرى تنطلق كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكربون نتيجة تحلل الأوراق الساقطة فى الخريف مما يؤدى إلى رفع تركيزه أيضاً.

الرياح (Winds)

تعتبر الرياح عامل بيئى هام خاصة فى المناطق المسطحة الساحلية أو أعالى الجبال. تؤثر الرياح على النباتات بطريقة مباشرة عن طريق التأثير فى معدلات النتح والبخر، والأضرار الميكانيكية، وكذا المساعده على نثر حبوب اللقاح والوحدات التكاثرية من مكان لآخر. أما تأثيرات الريح غير مباشرة على درجة الحرارة، وحمل كتل الهواء البارد والساخن من مكان لآخر، وتسيير السحب وتغيير إتجاهاتها، فلة أكبر الأثر فى طبيعة وكمية المطر التى تهطل على منطقة ما.

تقسم الرياح إلى درجات حسب سرعتها طبقاً للمقياس الذى وضعة الأدميرال الإنجليزى فرانسيس بوفورت (F. Beaufort) فى سنة ١٨٠٥ كما هو موضح بالجدول (٨):

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تتأثر سرعة الريح بطبيعة التضاريس والغطاء النباتى وبعوامل أخـــرى مثل القرب أو البعد عن سواحل المحيطات والبحار. كما أن ســـرعة الريـــح تـــزداد بإنتظام كلما إرتفعنا فوق سطح البحر.

جدول (٨). مقياس بوفورت لتقدير سرعة الرياح.

نوع الريح	السرعة (كم/الساعة)	وصف الريح
١ ــ ساكنة	صفر ــ ٢	يتصاعد الدخان عمودياً
٢ ــ هادئة	٢ ــ ٧	يحرك الريح الدخان فقط
٣ ــ هيفاء	٧ ــ ١٤	تخشخش أوراق الأشجار وتشعر بالريح على الوجه
٤ ــ خفيفة	١٤ ــ ٢١	تتحرك أغصان الأشجار الصغيرة وتنتشر الرايات
٥ ــ معتدلة	٢١ ــ ٢٩	تتحرك أوراق الشجر الصغيرة ويتصاعد الغبار
٦ ــ نسماء	٢٩ ــ ٣٨	تميل الشجيرات وتظهر الموجات الصغيرة على سطح الماء
٧ ــ شديدة	٣٨ ــ ٤٧	تتحرك فروع الشجر الكبيرة
٨ ــ شديد جداً	٤٧ ــ ٥٧	يتحرك الشجر بأكملة ويتضايق الإنسان فى سيرة
٩ ــ هوجاء	٥٧ ــ ٦٩	تتكسر الأغصان من الأشجار
١٠ ــ عاصفة	٦٩ ــ ٨٢	يحصل بعض التلف للمبانى
١١ ــ عاتية	٨٢ ــ ٩٦	تقتلع الأشجار
١٢ ــ ربوع	٩٦ ــ ١١٩	نادرة الحدوث فى الوطن العربى
١٣ ــ إعصار	أكبر من ١١٩	نادرة الحدوث فى الوطن العربى

أثر الرياح على التربة :

أ ــ تكوين التربة (Soil formation). تنقل الرياح الجسيمات الدقيقة مـــن التربة من مكان لآخر. وفى مصر يسود المنطقة الساحلية ثلاث أنواع من الرياح هى : الشمالية الغربية والشمالية الشرقية والجنوبية، والأخيرة غالباً مـــا تـــهب بعنف حاملة معها كميات كبيرة من جسيمات التربة الدقيقة من داخل الصحـــراء الجنوبية إلى المناطق الساحلية، وتختلط هذه التربة الناعمة المفككة (loess soil)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع تلك التى تأتى بها الرياح الشمالية من حبيبات الكثبان الكلسية الموازية لساحل البحر، وينتج عن هذا الخلط تكوين تربة أكثر خصوبة، والتى تزيد عمقاً عاماً بعد عام مسببة بذلك علواً فى التربة وتغييراً فى خواصها الطبيعية والكيماوية ومن ثم فى كسائها الخضرى.

تحمل الرياح الحبيبات الكلسية من شاطئ البحر لتلقى بها بعيداً فى صورة كثبان مستطيلة موازية للشاطئ بإرتفاع قد يصل إلى عدة أمتار. وهذه الكثبان الشاطئية ليست ثابتة بل فى نمو وتقدم مستمر على حساب ما يجاورها من أراض أخرى، وهى بهذا تغطى مساحات من الأراضى قد تكون أكثر خصوبة وإنتاجاً. وتعمل الرياح أيضاً على بناء نوع مشابه من الكثبان الرملية بنقل الحبيبات الرملية من الصحراء الداخلية مكونة كثبان رملية داخلية متحركة قد تهدد فى كثير من الأماكن السكان وممتلكاتهم ومصادر مياههم وتقطع طرق مواصلاتهم. وتعتبر واحات الوادى الجديد بالصحراء الغربية لمصر من أكثر المناطق تعرضاً لمشاكل زحف الرمال حيث تتواجد بها كثبان رملية ضخمة مثل غرد أبو محرق بالإضافة إلى منطقة بحر الرمال الأعظم.

ب ــ تآكل التربة (Soil erosion). يمنع الكساء الخضرى المستديم تآكل التربة وانتقالها بفعل الرياح، ولكن عندما يخف الكساء أو يزال ولو فى مواضع محدودة فإن الرياح تحدث تآكلاً فىالتربة وتسبب تعرية جذور النباتات القريبة منها، مما يؤدى إلى موتها وتوسيع الرقعة العارية. وتنقل التربة المتآكلة إلى أماكن أخرى حيث تتجمع حول نباتات جديدة قد تستطيع أن تتغلب على الأضرار الناجمة عن تجمع التربة فوقها وحولها بإنتاج أجزاء خضرية جديدة على مستوى يعلو سطح الرمال المترسبة، ولكن لاتستطيع بعض النباتات تحمل نقص التهوية الناتج عن ردم الأجزاء الخضرية فتموت وتندثر. تُكَون النباتات التى تتحمل ترسيب الرمال (Sand-binding plants) كثباناً رملية صغيرة أو كبيرة حسب الأنواع وتكون جذوراً عرضية على الساق فى مستويات تزداد إرتفاعاً مع استمرار ترسيب الرمال. وتشاهد هذه الكثبان بكثرة على السواحل وفى السهول الصحراوية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جـ ــ تملح التربة (Soil salinization). تصطدم المياه، بفعل تحريك الرياح لها، بالصخور على شواطئ البحار والمحيطات فيعلو الرذاذ الملحى (Salt spray) إلى الجو وتحمله الرياح إلى المناطق المجاورة حيث يهبط فىالنهاية على الأرض الممتدة من الساحل إلى الداخل. تختلف كمية الرذاذ الملحى المنقولة من البحر إلى البر من منطقة لأخرى حسب موقع المنطقة من البحر واتجاه الريح وسرعتها. ومثل هذه العناصر الملحية المتطايرة فى الجو تذيبها مياه الأمطار وتنقلها إلى الأرض حيث تزيد ملوحتها. تؤثر الملوحة التى تضاف إلى التربة على طبيعة الغطاء النباتى من حيث النوع والمظهر العام. ولما كانت الأنواع النباتية تختلف فى مقدرتها على مقاومة الملوحة فإننا نجد أن المجتمعات النباتية التى تعيش فى هذه المناطق ذات طابع خاص تتميز به عن المجتمعات النباتية الأخرى. وعندما تهب الرياح المحملة بالرذاذ الملحى أو تسقط الأمطار التى تحمل معها بعض الأملاح فإن الماء يتبخر وتبقى طبقة رقيقة من الملح تؤثر على شكل وتكوين التربة، وبالتالى على ما يمكن أن ينمو عليها من نباتات.

أثر الرياح على النباتات:

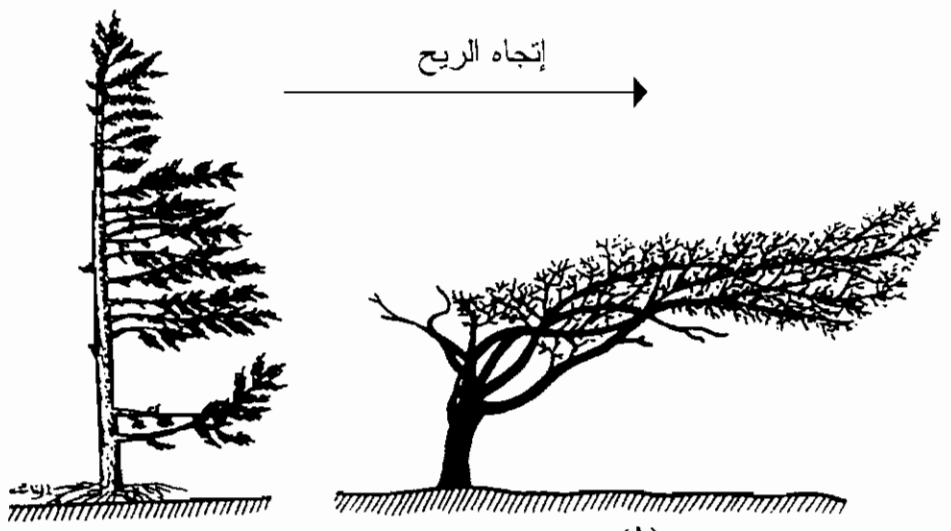
أ ــ التجفيف (Desiccation). تؤثر الرياح الجافة على النباتات بأن تزيد سرعة التبخر من سطح النباتات، ويتناسب هذا الفقد للماء طرديـاً مع الجذر التربيعى لسرعة الريح. كما تساعد الريح الجافة على زيادة النتح، حيث أنها تعمل على إزالة الهواء المشبع بالماء من حول النباتات. وكلما كانت النباتات طويلة كلما كانت أكثر تعرضاً للتأثير التجفيفى للرياح، ومن ثم فإن النباتات التى توجد فى المواطن المعرضة دائماً لرياح شديدة تتخذ غالباً شكلاً مميزاً (عادة ما يكون وسادى المظهر).

ب ــ التقزم (Dwarfing). النباتات التى تنمو تحت ظروف تتواجد فيها رياح جافة لا يمكن لخلاياها أن تحتوى على القدر الكافى من الماء اللازم لنموها إلى الحجم الطبيعى، فتبدو النباتات فى صورة متقزمة، لكن ليس من الضرورى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أن يصاحب هذا التقزم أى تغير للمظهر الطبيعى للنبات. وقد يكون النبات شديد التقزم لدرجة أن شجرة عمرها يزيد عن القرن قد لا يتعدى طولها عدة أقدام. تعمل الرياح بالإضافة إلى ذلك إلى إتمام عملية التلقيح وإسراع عمليتى التزهير والإثمار مما يزيد من عدد الأفرع الثانوية.

جـ ــ التشويه (Deformation). أثناء نمو النبات فإن هبوب الرياح من ناحية واحدة غالباً ما يغير موقع وشكل الأفرع التى تتكون على الساق (شكل ٤٢)، وينتج عن هذا التشوه ردائة الخشب التى تنتجه هذه الأشجار ومن ثم رخص ثمنه. وتحت هذه الطروف فإن استغلال المناطق المعرضة للرياح الشديدة يستوجب بناء مصدات للرياح لكسر حدتها، وبالتالى منع حدوث هذا التشوه فى الأشجار المرغوب فى استزراعها بهذه المناطق.



شكل (٤٢). الشكل العَلَمى للنباتات (Flag shape): ١ = الصنوبر و ٢ = التنوب.

د ــ التكسر (Breaking). تتوقف قابلية النباتات للكسر تحت وطأة الرياح على تركيبها التشريحى، فإذا كان الخشب هشاً قليل التغلظ فإن الأشجار تكون

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أكثر عرضة للكسر، أما النباتات التى تحتوى على كثير من الأنسجة الإسكلرنشيمية، وخاصة إذا كانت مرتبة فى أغماد سميكة حول الإسطوانة الوعائية أو فى أجزاءها الخارجية، فإن قابليتها للتكسير بفعل الرياح تكون أقل. تتعرض للكسر بفعل الرياح بصفة خاصة الأشجار المصابة بأمراض حشرية أو فطرية. وقد تقتلع الأشجار والشجيرات تماماً تحت تأثير الرياح، يشاهد ذلك كثيراً فى صحارينا المكشوفة، حيث التربة الرملية جافة سهلة التآكل والنباتات ضحلة الجذور، ويحدث ذلك عندما تهب العواصف التى تزيد سرعتها عن ٦٠ كم /الساعة، إذ تقتلع الرياح النباتات إقتلاعاً فى لمح البصر ويكون أثرها فى تدمير الكساء الخضرى بالغ الخطورة.

هـ ــ البَرْى (Abrasion). يحدث البرى نتيجة لحمل الرياح لحبيبات التربة وقذفها بشدة على النباتات مسببة بريها. يعانى عدد كبير من نباتاتنا الصحراوية الشئ الكثير من هذه المشكلة، فالحبيبات الرملية تحدث ثقوباً بأوراق النباتات كما أن حبيبات الرمال الدقيقة تستقر أحياناً فى فتحات الثغور وتبقيها مفتوحة بإستمرار. وفى الأشجار الخشبية يبرى القلف فى الناحية المواجهة للريح، وأحياناً يظهر أثره كحفرة غائرة على سطح الجذع فى مواجهة الرياح لأن تأثير البرى يكون شديداً قرب سطح الأرض، وكثير ما تتلف المحاصيل المزروعة فى التربة الرملية المعرضة للرياح لهذا السبب.

مصدات الرياح (Wind breaks):

للرياح كما سبق أن ذكرنا أثر كبير على نقل التربة من مكان لآخر، وهذا الأثر غير مرغوب فى بعض الأحيان. كما أوضحنا أيضاً أثره الضار على النباتات ومن ثم كان لابد من أن تتخذ الوسائل للإقلال من فعل الرياح وذلك ببناء ما يسمى "مصدات الرياح". ومما هو جدير بالذكر أن سرعة الرياح تتناقص بقدر كبير بفعل الغطاء النباتى حتى ولو كان بحجم الأعشاب. ففى مناطق الغابات قد تنخفض سرعة الريح إلى أكثر من ٢٠% من سرعتها

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en

salamalhelali@yahoo.com

https://www.facebook.com/salam.alhelali

https://www.facebook.com/groups/
/Biothesis

https://www.researchgate.net/profile/
/Salam_Ewaid

07807137614

الأصلية. ونتيجة لهذا الإقلال من سرعة الريح تقل مقدرتها على جرف التربة، وتقوم بترسيب ما تحمله من أتربة مما يؤدى فى بعض الأحيان إلى خصوبة الأراضى التى تمر عليها (فعلها فى هذا كفعل طمى النيل حينما ينتشر فوق الأراضى التى يرويها). وهذه الظاهرة واضحة فى صحارينا، حيث نجد أن بعض النباتات تعمل كمصائد للتربة (Sand-binding plants) فتكون حولها بدايات لكثبان صغيرة قد تزداد فى المساحة والإرتفاع لتكون ما يشبه الأكوام المتناثرة وسط الصحراء (Sand mounds). وإذا ما ساعدنا الرياح على هذا البناء بوضع عدد إضافى من النباتات أو العوائق الصناعية فإننا قد نتمكن من تحويل أراضى منخفضة ملحية لا قيمة لها إقتصادياً إلى أراضى خصبة ذات أهمية أكبر من الناحية الإقتصادية.

جرى إقامة مصدات للرياح لحماية المزارع والمناطق السكنية فى بعض مناطق الساحل الشمالى الغربى لمصر مثل برج العرب، ومن أهم النباتات التى زرعت لهذا الغرض الكافور (*Eucalyptus* spp.)، والكازورينا (*Casuarina* spp.). تقام مثل هذه المصدات بزراعة الأشجار فى صفوف متعامدة على اتجاه الرياح. يمتد تأثير الحاجز الواحد من الأشجار لمسافة تصل إلى ٢٥ مرة طول الشجر المزروع، ومن ثم فإذا اصطفت هذه الأشجار على مسافة لا تزيد عن هذا الحد كان ذلك كافياً لإعطاء المنطقة حماية كاملة من أثر الرياح (شكل ٤٣).

ولمصدات الرياح فوائد عدة نذكر منها:

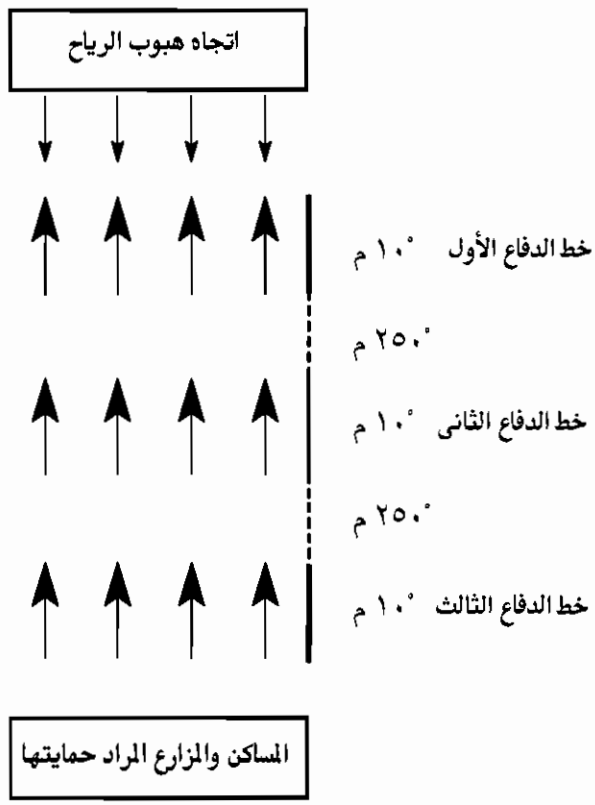
١ ــ الإقلال من النتح والبخر وبالتالى زيادة فاعلية الماء المتاح بالمنطقة.

٢ ــ الإقلال من الأضرار الميكانيكية للنباتات عموماً والأشجار خصوصاً مثل التشوه والكسر والبرى.

٣ ــ كسر حدة الريح مما يسبب ضعف قدرتها على جرف التربة الأمر الذى قد يقلل من خصوبتها عندما يحدث.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ولكن يجب أن نعلم أن النباتات التى تستخدم فى بناء مصدات الرياح تستنفذ قدراً من خصوبة التربة، كما تلقى بالظل على النباتات القريبة منها. ومن ثم يجب إستخدام أشجار من نوع خاص ويفضل غالباً الأنواع المخروطية (مثل الحور *Populus* spp.)، كما يجب أن يزرع بجوار هذه الأشجار النباتات التى تستخدم فى إنتاج الأعلاف الخضرية التى لا يقل إنتاجها الخضرى بل قد يزيد تحت هذه الظروف الظليلة.



شكل (٤٣). مخطط مبسط لأحد مصدات الرياح

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٤ العوامل الموقعية (التضاريس)

للإختلافات الموقعية أثر كبير على الكساء الخضرى لأنها تقسم الموطن العام (Major habitat) إلى مواطن موضعية متباينة (Micro-habitats) قد لا يتعدى مساحة بعضها عدة سنتيمترات مربعة. وفيما يلى ذكر بعض الآثار المترتبة على هذه الإختلافات الموقعية:

الوديان (Wadis)

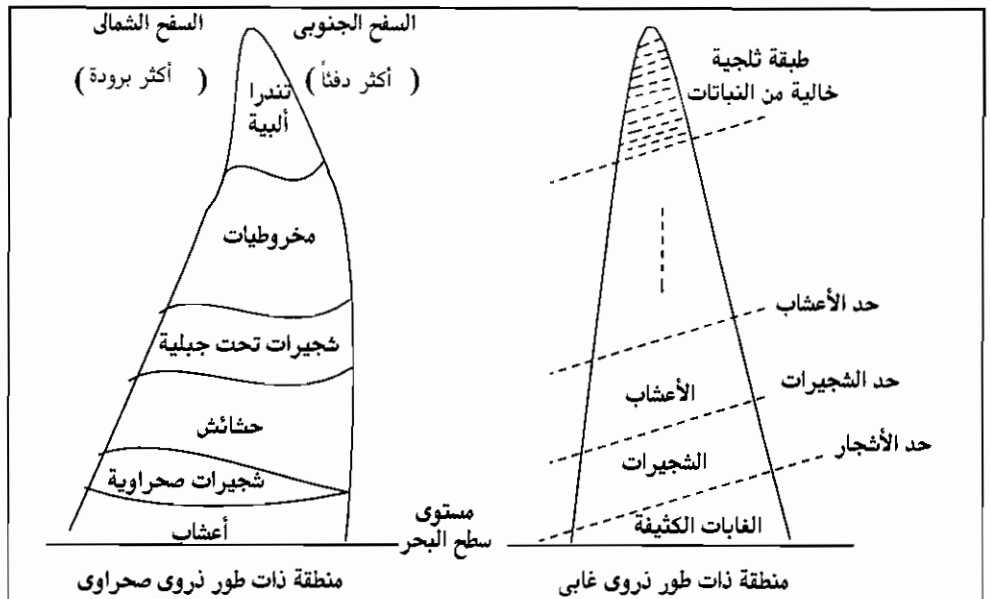
إختلاف الكساء الخضرى فى الوديان عنه فى المرتفعات والسفوح المجاورة لها يعود إلى حماية الوديان من العوامل الجوية المختلفة فهى غالباً محمية من تأثير الرياح كما أن تربتها عميقة وخصبة، وماؤها وفير، ومن ثم فإنها تتمتع بغطاء نباتى كبير متعدد الأنواع إذا ما قورن بالمرتفعات والسفوح المحيطة بالوادى. وإذا ما كانت الوديان ممتدة فى إتجاه الريح فإن الرياح بما تسببه من سرعة فى البخر والنتح يكون لها تأثير سئ على الكساء الخضرى، مما يجعل النباتات ضعيفة والتغطية النباتية أقل من السفوح المجاورة.

الإرتفاع عن سطح البحر (Altitude)

يؤدى الإرتفاع عن سطح البحر إلى خفض فى درجة الحرارة بمعدل ٦°م تقريباً لكل ١٠٠٠ متر. وفى المناطق المعتدلة يؤدى الإرتفاع عن سطح البحر

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

إلى قصر دورة حياة النباتات (فصل النمو)، كما أن قدرة البذور على الإنبـــات والبادرات والبراعم على النمو تقل تدريجياً بالإرتفاع. وفى المنـــاطق الجبليـة العالية يختلف طراز التكوينات النباتية تبعاً للإرتفاع عن سطح البحر، والشـــكل (٤٤) يبين التدرج فى التكوينات النباتية لمنطقتين جبليتين إحداهـــا صحراويـة والأخرى غابية:



شكل (٤٤). التدرج فى التكوينات النباتية لمنطقة جبلية غابية وأخرى صحراوية

فى أحد الجبال العالية الواقعة فى المنطقة الحارة قرب خط الإستواء يمكـــن مشاهدة المناطق النباتية الموضحة فى جدول (٩)، مرتبة من أسفل إلـــى أعلـــى حسب إرتفاعها فوق سفح الجبل من مستوى سطح البحر إلى القمـــة مـــن هـــذا التقسيم يتضح أنه فيما بين مستوى سطح البحر وإرتفاع ٦٠٠ متر يوجد كســـاء خضرى استوائى حقيقى وتظهر أشجار النخيل والموز، وأعلى من ذلـــك تـــأتى منطقة كساء خضرى مدارى أقل انتماء للمنطقة الإستوائية من سابقة، فيه تظـهر السراخس الشجرية وينمو التين بوفرة. وفوق هذا النطاق تنمو نباتات المنـــاطق

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تحت المدارية مثل الغار (myrtile) والآس (laurel)، ثم تأتى منطقة معتدلة دافئة تنمو بها غابات دائمة الخضرة، تليها إلى أعلى منطقة غابات متساقطة الأوراق، ثم شجيرات قطبية (ألبيه)، فمنطقة أعشاب قطبية، وأعلى من ذلك توجد القمم الجرداء التى تغطيها الثلوج بسبب البرد الشديد وليس لها غطاء نباتى يذكر.

جدول (٩). تدرج الكساء الخضرى
على أحد الجبال الواقعة فى المنطقة الحارة قرب خط الاستواء

مدى الارتفاع عن سطح البحر		الكساء الخضرى	المنطقة الجغرافية المماثلة
من صفر	إلى ٦٠٠ متر	منطقة نخيل وموز	المنطقة الإستوائية
من ٦٠٠ متر	إلى ١٢٥٠ متر	منطقة أشجار سرخسية وتين	المنطقة المدارية
من ١٢٥٠ متر	إلى ١٩٠٠ متر	منطقة الآس والغار	المنطقة تحت المدارية
من ١٩٠٠ متر	إلى ٢٦٠٠ متر	منطقة غابات دائمة الخضرة	المنطقة المعتدلة الدافئة
من ٢٦٠٠ متر	إلى ٣٢٠٠ متر	منطقة غابات متساقطة الأوراق	المنطقة المعتدلة
من ٣٢٠٠ متر	إلى ٣٨٠٠ متر	منطقة مخروطيات	المنطقة المعتدلة الباردة
من ٣٨٠٠ متر	إلى ٤٤٥٠ متر	منطقة شجيرات قطبية	المنطقة تحت القطبية
من ٤٤٥٠ متر	إلى ٥٠٥٠ متر	منطقة أعشاب قطبية	المنطقة القطبية
أكثر من	٥٠٥٠ متر	ثلوج دائمة	القمم الجرداء

التعرض (Exposure)

فى نصف الكرة الشمالى تكون السفوح الشمالية أبرد كثيراً من السفوح الجنوبية، لأنها محجوبة عن أشعة الشمس الحادة أثناء النهار، وهذا الإختلاف فى درجة التعرض للشمس يسبب إختلافاً كبيراً، ليس فقط فى شدة استضاءة السفحين ولكن أيضاً فى درجة حرارتهما وفى الرطوبة النسبية. وهذا الإختلاف فى المناخ يصحبة إختلاف فى الكساء الخضرى. فعلى السفح الشمالى لجبال أوربا توجد نباتات الزان العالية الكثيفة وتحتها طبقة أرضية من نباتات محبة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

للرطوبة مع وجود الكثير من الأشن. أما على السفوح الجنوبية توجد النباتات الجفافية، وهى نباتات حوض البحر المتوسط ذات الأوراق الجلدية والخواص الجفافية الأخرى. ولكن نجد بصفة عامة السفوح الجنوبية تحمل فى أجزائها المرتفعة نفس التكوينات النباتية التى توجد على السفوح الشمالية، والسبب فى ذلك انخفاض درجات الحرارة بالإرتفاع وزيادة الرطوبة النسبية مما يؤدى إلى إيجاد ظروف مناخية تشبه تلك التى توجد على السفوح الشمالية.

وفى الصحراء المصرية قام بعض الباحثين بدراسة طبيعة الغطاء النباتى على السفوح الشمالية والجنوبية للمرتفعات الموجودة فى الصحراء الشرقية على طريق مصر ــ السويس (جدول ١٠)، ويتضح من هذه البيانات أن النباتات بنوعيها معمرة وحولية توجد بكثرة على السفح الشمالى، ويلاحظ أيضاً أنه على السفح الشمالى توجد نباتات معمرة أكثر من النباتات الحولية، والعكس صحيح بالنسبة للسفح الجنوبى. يرجع هذا الإختلاف إلى أن السفوح الجنوبية أشد قسوة من الناحية المناخية، حيث التربة شديدة الحرارة والبخر والنتح شديدين، ومن ثم تكون فاعلية المطر أقل ما يمكن.

جدول (١٠). تنوع النباتات الزهرية على السفوح الشمالية والجنوبية لبعض مرتفعات الصحراء الشرقية المصرية.

التعرض	السفح الشمال (حرارة أقل رطوبة أعلى)						السفح الجنوبى (حرارة أعلى ورطوبة أقل)					
رقم الملاحظة	١	٢	٣	٤	٥	المتوسط	١	٢	٣	٤	٥	المتوسط
عدد الأنواع المعمرة	٦	١٤	١٨	٤٦	٢١	١٥	٢	٥	٤	٦	صفر	٣,٤
عدد الأنواع الحولية	١٢	١٢	١١	١٣	١٢	١٢	٩	١٠	١١	١٤	صفر	٨,٨
كل الأنواع	١٨	٢٦	٢٩	٢٩	٣٣	٢٧	١١	١٥	١٥	٢٠	صفر	١٢,٢

وفى الركن الجنوبى الشرقى لمصر على الحدود السودانية يتضح التباين الكبير بين الكساء الخضرى على السفوح الشمالية الشرقية والسفوح الجنوبية الغربية لجبال علبة. يتميز الكساء الخضرى للسفوح الشمالية الشرقية بالوفرة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

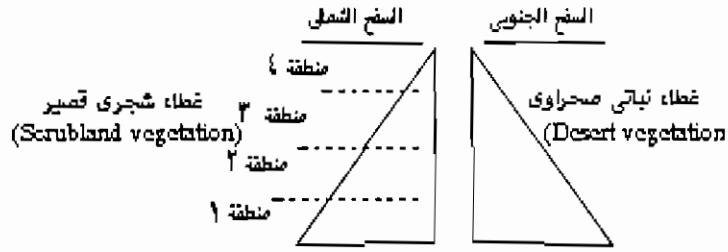
ويمكن اعتباره من نوع الأشجار القصيرة (Scrubland) التى تتباين فى كثافتها طبقاً للظروف الموضعية للمكان، والنبات السائد هو شجرة السيال من النوع *Acacia tortilis* أما الكساء الخضرى للسفوح الجنوبية الغربية فهو أقل وفرة وذو غطاء مفتوح مثل النوع الذى يميز الصحارى والنبات السائد هو طُرف (*Aerva javonica*) (Kassas and Zahran 1971). وعلى السفوح الشمالية الشرقية يمكن تمييز أربعة مناطق حسب الإرتفاع، علماً بأن حدود ارتفاع كل منطقة غير ثابت طبقاً لمستويات مطلقة وإنما يعود إلى مجموعة مركبة من العوامل الموقعية مثل الإرتفاع ودرجة الإنحدار وهذه المناطق هى (شكل ٤٥):

١- منطقة قاعدية يسودها شجرة إيواب (*Euphorbia cuneata*)

٢- يلى ذلك منطقة فوق قاعدية يسودها شجرة ماجوج (*Euphorbia nubica*)

٣- يليها إلى أعلى حزام يسوده شجرة عرض (*Acacia etbaica*)

٤- ثم المنطقة القمية والتى تكسوها مجموعة متنوعة من النباتات ذات طراز النمو المفترش (Patched plant growth). العديد من نباتات هذه المنطقة لا ينتمى إلى الأوساط الجافة مثل السراخس والحزازيات المنبطحة (Liverworts) والقائمة (Mosses).



شكل (٤٥). أثر الإرتفاع عن سطح البحر والتعرض على الكساء الخضرى لجبال علبة بجنوب غرب مصر

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الإنحدار (Slope)

يؤثر إنحدار سطح التربة على الكساء الخضرى، فالسطح المنحدر يفقد مـــاء المطر بسرعة، وإذا كان صلباً فى تكوينه فإن أى كمية من التربة تتكون خـــلال عمليات التعرية تنجرف إلى أسفل الوادى تاركة ورائها ما يسمى بالتربة الهيكلية (Skeletal soil) ، وهى تربة ضحلة غير ناضجة وغير خصبة . أمـــا الكثبـــان الرملية الموازية للساحل فإنها تعانى نقصاً شديداً فى الماء وخاصة فى المنـــاطق المرتفعة، ولذا فإنها فى معظم الأحيان تكون عارية تماما من النباتات. يرجع هذا النقص الشديد فى الماء إلى سرعة نفاذيته خلال الكثبان الرملية. وعادة ما يتجمع الماء عند قاعدة الكثبان الرملية بحيث يمكن إستغلاله فى زراعة بعض أشـــجار التين والزيتون أو فى الشرب.

وفى جبال المناطق المعتدلة كجبال الألب السويســـرية نجـد أن المجتمـع الذروى الغابى للكساء الخضرى لا يسمح به مناخ هذه المناطق إلا فى الجـــهات التى تقل درجة أنحدارها عن ١٠ أو ١٥ درجة، أما فىالمنحدرات الأشـــد مـــن ذلك فلا يكون هناك مجال لتراكم الدبال وارتفاع حامضية التربة نظراً للإزالـــة المستمرة للدبال، وهما من العوامل اللازمة لبلوغ الطور الذروى الغابى فى هـذه المناطق. ويؤثر الإنحدار أيضاً فى درجة التعرض للإشعاع الشمسى. وقد وجـد فى بعض المناطق أن الأراضى المستوية تحصل على ما يقرب مـــن ضعـف الطاقة الشمسية التى تحصل عليها السفوح الرأسية، مما له أكـبر الأثـر علـى درجة حرارة التربة وبالطبع على الكساء الخضرى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٥ الحرائـق

تعود الحرائق إلى أسباب مختلفة منها أسباب طبيعية ومنها ما هو من فعل الإنسان. فالحرائق الطبيعية الناتجة عن البرق وغيره من العوامل قليلة بالمقارنة بالحرائق التى يحدثها الإنسان والتى تصل نسبتها إلى حوالى ٩٧% من مجموع الحرائق. تعتبر الحرائق الطبيعية (Natural fires) أحد العوامل البيئية ذات التأثير الكبير على الغابات والأراضى النجيلية فى المناطق المعتدلة والإستوائية ذات المواسم الجافة. وتنقسم الحرائق الطبيعية حسب تأثيرها على الكساء الخضرى إلى:

أ ــ حرائق تيجان الأشجار (Crown fires). يحدث هذا النوع غالباً تدميراً شاملاً للكساء الخضرى، ويبدأ المجتمع النباتى الجديد فى النشأة والنمو عن طريق سلسلة من التعاقب (Succession) تستغرق وقتاً طويلاً.

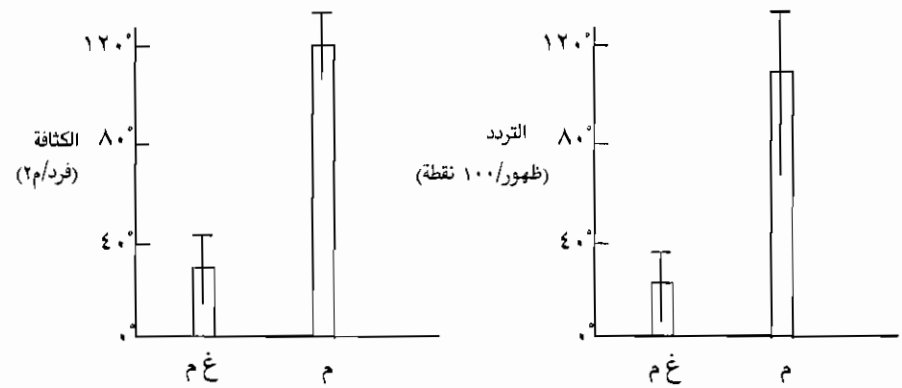
ب ــ الحرائق السطحية (Surface fires). يرتبط تأثير هذا النوع من الحرائق بنوعية الكساء الخضرى. حيث أنها تكون أكثر تأثيراً على أنواع معينة منها على أنواع أخرى ذات مقاومة عالية، مما يتيح للنباتات المقاومة للحرائق فرصة أكبر للنمو والإنتشار خصوصاً وأن الحرائق السطحية تساعد البكتريا على سرعة تحليل الأجزاء النباتية الكبيرة ومن ثم أتاحة العناصر الغذائية للنباتات. هناك شواهد عديدة تدل على الدور الهام للحرائق فى تكوين عدة أشكال من الكساء الخضرى منها مثلاً بعض أراضى السافانا والأراضى النجيلية والشجيرية، حيث تساعد الحرائق على إنبات بعض أنواع البذور دون غيرها، سواء بالتأثير المباشر على كمون البذور أو بتأثير غير مباشر ناتج عن القضاء على منافسة أنواع أخرى من النباتات أو حرق مواد نباتية تعوق نمو هذه

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

البذور. ومن ناحية أخرى تؤثر حرائق الغابات على الأنواع المختلفة من الكائنات مثل الحشرات والطفيليات والفطريات.

يوجد نوع آخر من الحرائق الزراعية المقصودة التى يشعلها الإنسان لتوسيع رقعته الزراعية أو للقضاء على حشائش المحاصيل. وقد يحدث الإنسان الحرائق للتخلص من النباتات غير المرغوبة رعوياً أو المنهكة للتربة فيستفيد من رمادها فى تسميد التربة، ثم يستبدلها بعد ذلك بنباتات أكثر فائدة لرعى الحيوانات أو لتحسين خواص التربة. فالحرائق المقصودة فى مناطق الأعشاب النجيلية فى أمريكا والسهوب فى أوربا مكنت من القضاء على الشجيرات التى لا ترعاها الحيوانات، ثم استبدلت بنباتات عشبية ذات قيمة غذائية وإنتاج أعلى بكثير من إنتاج النباتات المحروقة.

وقد أجرت مجموعة من الباحثين المصريين تجربة ميدانية لدراسة تأثير الحرائق المقصودة على نبات السمار (*Juncus rigidus*) بشمال منطقة دلتا النيل، وقد أظهرت النتائج أن النبات كان أكثر وفرة وانتشاراً فى المناطق التى تعرضت حديثاً للحرق من المناطق التى لم تتعرض للحرق مطلقاً. والشكل (٤٦) يوضح نتائج هذه التجربة (El-Demerdash et al. 1987).



شكل (٤٦). الكثافة المطلقة وتردد أفراد نبات السمار (Juncus acutus) فى مواقع لم تتعرض للحرق (غ م) وأخرى تعرضت للحرق (م) شمال دلتا النيل.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تمارس النباتات المتأقلمة مع الحرائق استراتيجية تعرف باسم "استرح وانتظر (Sit and wait strategy)" حيث تحيا هذه النباتات بأقل كمية من الكتلة الحية الهوائية لمدد طويلة قبل أن تؤدى الحرائق إلى إطلاق سريع للعناصر، عندئذ تقوم هذه النباتات بسحب سريع للعناصر (بسبب النمو الجيد للأعضاء تحت سطح الأرض مثل الريزومات) حتى يمكنها الاستفادة من المستويات المتزايدة للضوء التى نشأت عقب الحريق. وعلى الجانب الآخر يحتمل أن تستحث الحرائق النمو الخضرى للنبات السائد فى المنطقة إلى المدى الذى يؤدى لحدوث تنافس طبيعى قد يؤدى بدوره إلى فناء النباتات قليلة الوجود (Abrahamson 1980). وعموماً يعتبر نمو النباتات بالوسائل الخضرية عقب الحرائق عملية شائعة فى منطقة البحر المتوسط، وقد تتكون نتيجة لذلك أراضى حشائش أو سبخات كثيفة وحيدة النوع الذى ينتمى فى الغالب إلى الفصيلة السعدية (Cyperaceae) أو فصيلة ذيل القط (Typhaceae) أو السمارية (Juncaceae).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الجزء الثالث: الكساء الخضرى

(Vegetation Science)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المقدمـــة

تتواجد النباتات مع بعضها فى مجموعـــات متكـــررة تســـمى المجتمعـــات (Communities) والتى يمكن وصفها بطريقة فضلى عن طريق ملاحظة تمـــاثل طرائق نمو أكثر النباتات سيادة، أو أضخمها أو أكثرها تمييزاً لمجتمع معين. لذا فالمجتمع النباتى لا يوصف عن طريق التسجيل المبسط لكل الأنوع المكونة لـــه، لكن يوصف اعتماداً على بيانات تفصيليه عن الأنواع ذات المشاركة الأعظم فى تركيبه وتكوينه والتى يميز بها.

المجتمع النباتى أو الكساء الخضرى (Vegetation) عمومـــاً ليـــس مكافئـــاً لفلورة منطقة ما (Flora)، حيث تعود الفلورة فى أبسط أشكالها إلى قائمة الأنواع أو الوحدات التصنيفية الموجودة فى منطقة ما، وفى شكلها الموثـــق يمكـــن أن تتدرج من قائمة موثقة للنباتات إلى معالجة تصنيفية كاملـــة بمفـــاتيح تعريفيـــة ومعلومات عن شكل النباتات وتسميتها. وكقاعدة، لا تعطى الفلورات معلومـــات عن المجتمعات التى تتواجد فيها النباتات فى الطبيعة، ولا تعلـــق علـــى وفـــرة وأهمية وتفرد الأنواع، بمعنى أن كل الأنواع لها نفس الوزن. يفترض العديد من علماء الكساء الخضرى أن النباتات فى المجتمع لها بعض التأثير على بعضـــها البعض، و لها شئ مشترك من وسطها المحيط. يدل هذا ضمناً على وجود عـــدم استقلال، بمعنى أن التأثير الكلى للمجتمع أعلى من مجموع التـــأثيرات المفـــردة للأنواع، ولذا فإن المجتمعات تعتبر كيانات متكاملة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

للأغراض العملية، يمكن اعتبار المجتمعات النباتية كأقسام جزئية من الكساء الخضرى، فأينما أظهر الغطاء النباتى تغيرات مكانية واضحة، إلى حد ما، يمكن للإنسان أن يميز مجتمعات نباتية مختلفة. قد تعود هذه التغيرات إلى: ١ ــ تغيرات مكانية فى التركيب النوعى، ٢ ــ تغيرات فى حيز وارتفاع النبات، ٣ ــ تغيرات فى أشكال النمو أو الحياة، ٤ ــ استجابات موسمية لخصائص الكساء الخضرى الأخرى والتى يمكن بالتالى أن تتطابق مع تغيرات مكانية فى الوسط المحيط. أياً كانت خصائص الكساء الخضرى الداخلة فى إحداث مثل هذه التغيرات فإنها تعتبر جزءاً من تحديد ووصف و تفسير المجتمع النباتى.

يتعرض هذا الباب لعلم الكساء الخضرى (Vegetation science) كما يسمى فى أوروبا، أو بيئة المجتمعات النباتية (Plant synecology) كما يسمى فى إنجلترا وأمريكا. وأحياناً يسمى هذا العلم بعلم النبات الاجتماعى (Phytosociology or Phytocoenology). والمادة الموضوعية لهذا العلم هى دراسة تركيب ونمو الكساء الخضرى عموماً، والمجتمعات النباتية وتوزيعها الجغرافى والعلاقات البيئية المتحكمة فيها على وجه الخصوص.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

١ فرضيات المجتمع النباتى

المجتمع الحى (Biotic Community) هو عبارة عن مجموعة من الجماعات (Populations) تعيش فى منطقة محددة أو وسط طبيعى، وهو يعتبر وحدة منظمة إلى حد أن له خصائص إضافية زيادة على خصائص الأفراد والجماعات المكونة له. ويعمل المجتمع كوحدة مترابطة خلال التحولات الأيضية. ومن الخصائص الرئيسية للمجتمعات الحية ما يلى: ١) تغير من مظهرها بصورة مستديمة، ٢) تتلاحم المجتمعات واحداً مع الآخر تدريجياً لدرجة عدم وجود حدود واضحة بينها، ولكن من الممكن وجود مثل هذه الحدود إذا حدث تغير حاد فى الوسط الذى تعيش عليه، ٣) المفهوم العلمى للمجتمع الحى مهم لأنه حيثما يذهب المجتمع تذهب معه الكائنات. لذا، غالباً ما تكون الطريقة المثلى للتحكم فى كائن معين هى تحوير المجتمع الذى يعيش فيه، وليس الهجوم المباشر على هذا الكائن بعينه. وفيما يلى ملخصاً لفرضيات المجتمع النباتى كما وردت فى مولير ــ دومبوا وإلينبرج (Muller - Dombios & Ellenberg, 1974).

الفرضية الشمولية (Holistic viewpoint)

اعتقد كليمنتس (Clements) أن المجتمع مثل الكائن، يولد وينمو وينضج ويتكاثر ويموت. ومن وجهة نظره، أن كل مجتمع ذروى مناخى يمكن أن يعيد نفسه (يتكاثر) فى أى وقت عن طريق مراحل تنموية متكررة بنفس النسق. ومن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الجدير بالذكر الإشارة إلى عدم إمكانية مقارنة خصائص ونضج ووفاة المجتمع بمثيلاتها الخاصة بالكائن. فمجتمعات الأنواع النباتية، التى تعتبر بمثابة الأعضاء فى هذا التشبيه، تستبدل جزئياً أو كلياً إلى مجتمعات أخرى من خلال حوادث كارثية، أو تغير تدريجى فى الوسط المحيط، أو من خلال الإحلال التنافسى بين الجماعات. وقد أضاف تانسلى (Tansely) أن المجتمعات النباتية يمكن وصفها ككيانات عضوية باستخدام مصطلح شبة كائن (Quasi-organism)، وأكد أن المجتمعات تتصرف فى نواحى كثيرة كوحدات متكاملة، وكذلك يجب دراستها. وقد أوصله ذلك إلى مفهوم النظام البيئى (Ecosystem).

الفرضية الفردية (Individualistic viewpoint)

ادعى جليسون (Gleason)، أنه طالما يعتمد وجود المجتمع النباتى على خصائص محددة للوسط المحيط والكساء الخضرى المجاور، وأن الوسط المحيط يتغير بصورة مستديمة مكانياً وزمانياً، لذا فإنه لا يوجد مجتمعين يمكن اعتبارهما متشابهين أو وثيقى الارتباط ببعضهما، ومن ثم يجب التعامل مع كل مجتمع بصورة فردية فى إطاره الزمانى والمكانى.

الفرضية التصنيفية (Systematic viewpoint)

وضع برون بلانكيه (Braun-Blanquet) وآخرون فىاعتبارهم تقسيم المجتمعات النباتية بطريقة مشابهة لتقسيم الكائنات إلى وحدات تصنيفية (مثل أنواع، أجناس، فصائل). وبناءاً على هذه الفرضية تبنى العلاقة بين المجتمعات على أساس بعض الخصائص التركيبية أو درجة التشابه بين الأنواع المكونة لها. لذا فمن المقنع ربط المجتمعات الفردية المعرفة طبقاً لهذا النظام بمجتمعات أكبر بناءاً على مدى التشابه بينهما.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المجتمعات العينية والتجريدية (Concrete and abstract communities)

الفواصل الحادة نادرة بين أى من الظواهر الطبيعية المترابطة، ولكن يبدو من المقبول الآن بصفة عامة أن الغطاء النباتى أو المجتمع النباتى العينى (Concrete Community) يمكن ان يظهر فواصل حادة (Discontinua) أو نسق تغير تدريجى (Continua). أما وحدات الكساء الخضرى التجريدية أو المجتمعات التجريدية (Abstract communities) فليس لها وجود ثابت مطلق فى الطبيعة مثل الوحدات التى تستخرج بواسطة طرائق التحليل العددى (مثل التقسيم والتنسيق)، فهى تعتبر إلى حد ما شبيهة بالمتوسطات الحسابية، وعليه فإنها يمكن أن تظهر تطابق أقل أو أعلى لأفراد العينة الممثلة لها، والتى فى حالة وحدة الكساء الخضرى التجريدى تعتبر المجتمعات العينية الفردية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ نظم تقسيم المجتمعات النباتية

يمكن تقسيم المجتمعات النباتية بناءاً على إحدى أو بعض خصائص الكساء الخضرى أو خصائص الموطن (أو الوسط المحيط) أو كلاهما معاً.

أولاً : خصائص الكساء الخضرى

أ) الخصائص المظهرية والتركيبية مثل:

١ ــ أشكال حياة أو نمو معينة.

٢ ــ الطبقات الرأسية (التنضد).

٣ ــ التغيرات الدورية أو الموسمية (مثل تساقط الأوراق)

ب) خصائص التركيب النوعى مثل:

١ ــ النوع المفرد، كأن يكون النوع الأكثر سيادة (من ناحية الارتفاع أو الغطاء أو كلاهما)، أو الأكثر تكرارية أو عدداً.

٢ ــ مجموعات معينة من الأنواع قد تشتق بطريقة إحصائية مثل الأنواع دائمة التواجد (Constant) أو التفريقية (Differential) أو الدليلية ــ التشخيصية (Indicator - Diagnostic). وقد تشتق هذه المجموعات بدون المعالجة الإحصائية مثل الأنواع ذات الأهمية البيئية الواحدة (مثل النباتات الملحية، أو المائية أو نباتات الكثبان الرملية) أو الأنواع ذات التوزيع الجغرافى الواحد.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جـ) خصائص العلاقات العددية. ويطلق عليها مسمى معاملات المجتمع (Community Coefficients) مثل معاملات التصاحب والتشابه وقد يتم ذلك بين:

١ ــ الأنواع المختلفة.

٢ ــ المجتمعات المختلفة.

د) الطور الذروى المناخى المتوقع. ويحدد ذلك عن طريق:

١ ــ مجموعات متوافقة من أشكال الحياة.

٢ ــ خصائص التركيب النوعى.

ثانياً : خصائص الموطن أو الوسط المحيط

أ) عوامل موقعية محددة مثل:

١ ــ عوامل المناخ

٢ ــ العلاقات المائية

٣ ــ عوامل التربة

٤ ــ العوامل الناشئة عن النشاط البشرى.

ب) مجموعة متوافقة مع العوامل الموقعية المختلفة.

ج) الموقع الجغرافى للمجتمعات (خطوط الطول والعرض والارتفاع عن سطح البحر).

ثالثاً : خصائص تجمع بين الكساء الخضرى والموطن (أو الوسط المحيط). ويتم ذلك عن طريق:

أ) التحليل المستقل لكل من مكونات الكساء الخضرى والموطن ثم الربط بينهما بعد ذلك.

ب) التحليل المشترك لمكونات الكساء الخضرى والموطن معاً مع التركيز على العلاقات المتبادلة بينهما من المنظور الوظيفى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وفيما يلى وصفاً موجزاً لبعض نظم تقسيم المجتمعات النباتية (نقلاً عن: Mueller-Dombios & Ellenberg 1974, Kent & Coker 1992).

نظام التكوين النباتى (Formation Concept)

يحدد التوجه الأوروبى مصطلح التكوين النباتى بناءاً على الخصائص المظهرية (Physiognomy) للكساء الخضرى، بمعنى الاعتماد على خصائص الكساء الخضرى نفسه، وتضاف خصائص الوسط المحيط للتحديد والوصف الدقيق فقط. وعلى الجانب الآخر يحدد التوجه الأمريكى نفس المصطلح بناءاً على الخصائص الجغرافية والمناخية، بمعنى الاعتماد على خصائص من خارج الغطاء النباتى الحالى. وبالمفهوم الأمريكى يستخدم فقط مظهر الكساء الخضرى لمساحات تتبع منطقة مناخية أو جغرافية محددة كدليل عام للمنطقة ككل. وطبقاً لكليمنتس (Clements)، يعبر التكوين النباتى عن الغطاء النباتى العام لمنطقة ما يمكن أن تشتمل على تغيرات مظهرية عديدة يعتقد أنها تنتمى إلى الشكل المظهرى السائد والذى يتحكم فيه المناخ العام للمنطقة. فعلى سبيل المثال قد يكون الشكل المظهرى السائد أراضى حشائش (Grasslands)، ومع ذلك قد يوجد فى المنطقة مواقع غابة مفتوحة أو أراضى شجيرات إلا أنها تعتبر جزءاً من تكوين أراضى الحشائش، هذا إذا وجدت فى نفس مناخ أراضى الحشائش. وطبقاً للمفهوم الأوروبى فإن مثل هذه المنطقة لا يطلق عليها مسمى تكوين نباتى وإنما منطقة كساء خضرى (Vegetation Region) والتى عادة ما تحتوى على مجموعة من أشكال الكساء الخضرى الفعلية.

وبالمغايرة مع تفسير كليمنتس، يستخدم مصطلح التكوين النباتى طبقاً للمفهوم الأوروبى للإشارة إلى وحدة كساء خضرى يمكن عمل خريطة محددة لها، والتى يمكن أن تحدد بسهولة بناءاً على خصائص أشكال الحياة النباتية السائدة، أو مجموعات مشتركة منها. وقد استخدم فوسبرج (Fosberg 1961)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

واليونسكو هذا المفهوم فى وضع نظاميهما. أما المفهوم المنـــاطقى الفسيفســائى للتكوين النباتى طبقاً لكليمنتس فمن الأنسب تسميته منطقة مناخية أرضية حيويــة (Biogeoclimatic zone) كما عرفت بواسطة كراجينا (Krajina 1985).

نظام دانسيرو (Dansereau System)

يقسم الكساء الخضرى طبقاً لنظام دانسيرو عن طريق ستة مجموعات مــن الخصائص، تحتوى كل مجموعة على عدد من الخصائص يمكـــن اســتخدامها لوصف مواقع الكساء الخضرى فى الحقل كما يتضح فما يلى :

١ ــ شكل الحياة (الأشجار، الشجيرات، الأعشــاب، الحزازيــات، المتعلقــات، والمتسلقات)،

٢ ــ حجم النبات (طويل، متوسط، قصير، ويحدد ذلك كمياً طبقاً لشكل الحياة)،

٣ ــ الغطاء النباتى (عارى، خفيف جداً، متقطع، حزمى، متصل)،

٤ ــ الوظيفة (متساقط، نصف متساقط، دائم الخضرة، دائم الخضرة عصــيرى، عديم الأوراق)،

٥ ــ شكل وحجم الورقة (إبرية، نجيلية، صغيرة، كبيرة ــ عريضة، مركبـــة، غير محددة)،

٦ ــ بنية الورقة (شفافة، غشائية، قاسية، عصيرية).

ولا يحتاج هذا النظام إلى معلومات تفصيلية عن الأنواع الموجودة، ما عــدا الأنواع السائدة، مما يسمح باستخدامه بسرعة وعلى مساحات واســعة بواســطة دارسين قليلى الخبرة. توصف الأنواع السائدة الموجودة فـــى منطقــة مــا أولاً باستخدام الرموز والأشكال والظلال الموضحة فى شكل (٤٧) لعمـــل مخطــط لقطاع رمزى، ثم يستخدم بعد ذلك النظام الكتابى المصاحب للخصائص الفرعيـــة فى كل مجموعة. وبالرغم من أن نظام دانسيرو سهل الاستخدام ومنطقى إلا أنــه

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

لا يطبق على نطاق واسع، وقد يرجع ذلك جزئياً إلى الرموز التجريدية المستخدمة فى المخططات القطاعية بالإضافة إلى أن هذه الطريقة غالباً ما تحتاج إلى تحوير لتلائم ظروف خاصة.

LIFE FORMS		LEAF SHAPE AND SIZE	
T	Trees	n	Needle
F	Shrubs	g	Graminoid
H	Herbs	a	Small
M	Bryophyta	h	Large, broad
E	Epiphyta	v	Compound
L	Lianes	q	Thalloid
FUNCTION		**LEAF TEXTURE**	
d	Deciduous	f	Filmy
s	Semi-deciduous	z	Membranous
e	Evergreen	x	Sclerophyll
j	Evergreen-succulent, leafless	k	Succulent or fungoid
SIZE		**COVERAGE**	
t = tall (T = to 25.0 m, F = 2.8, H = 2.0 m+)		b = Barren i = Discontinuous	
m = medium (T = 10.25 m, F, H = 0.5 - 2.0 m)		p = Tufts, groups	
l = low (T = 8.1 m, F, H = to 50 cm)		c = Continuous	

شكل (٤٧). الرموز المستخدمة فى عمل مخططات قطاعية توضح مجموعات الخصائص الستة الأساسية فى نظام دانسيرو لوصف الكساء الخضرى (نقلاً عن Kent & Coker 1992).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

نظام كوتشلر (Kühler System)

يشتمل نظام كوتشلر على مفهوم التقسيم التسلسلى الـــهرمى (Hierarchical Approach)، فهو يبدأ بتقسيم الكساء الخضرى إلى قسمين كبيرين أساسيين همـــا كساء خشبى أو كساء عشبى، ثم يقسم الكساء الخشبى إلى سبعة أقســـام فرعيـــة والكساء العشبى إلى ثلاثة أقسام فرعية. وهذه الأقسام العشرة يمكن تقسيمها إلـــى مجموعات أصغر بناءاً على كونها تظهر أولا تظهر سيادة شكل حياة متخصص كما يتضح فيما يلى (عن Kent & Coker 1992) :

مراتب أشكال الحياة

أولاً : أشكال الحياة الأساسية

كساء خشبى (a)

١ــ عريض الأوراق دائم الخضرة	(B)
٢ ــ عريض الأوراق نفضى	(D)
٣ ــ إبرى الأوراق دائم الخضرة	(E)
٤ ــ إبرى الأوراق نفضى	(N)
٥ ــ عديم الأوراق	(A)
٦ ــ نصف نفضى	(S)
٧ ــ مختلط	(M)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

كساء عشبى (b)

١ ــ النجيليات وأشباهها	(G)
٢ ــ الأعشاب	(H)
٣ ــ الأثن والحزازيات	(L)

ثانيا : أشكال الحياة الخاصة

١ ــ المتسلقات	(C)
٢ ــ عصيريات الساق	(K)
٣ ــ النباتات الخصلية (الحزمية)	(T)
٤ ــ الخيزرانيات (البامبو)	(V)
٥ ــ المتعلقات	(X)

المراتب التركيبية

أولا : خصائص الأوراق

١ ــ قاسية (Sclerophyll)	(h)
٢ ــ ناعمة (Soft)	(w)
٣ ــ عصيرية (Succulent)	(k)
٤ ــ كبيرة (أكبر من ٤٠٠ سم٢)	(l)
٥ ــ صغيرة (أقل من ٤ سم٢)	(s)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ثانيا : التنضد (الطبقة الرأسية)

١	أقل من ٠,١ م	(١)
٢	٠,١ م ــ ٠,٥ م	(٢)
٣	٠,٥ م ــ ٢ م	(٣)
٤	٢ م ــ ٥ م	(٤)
٥	٥ م ــ ١٠ م	(٥)
٦	١٠ م ــ ٢٠ م	(٦)
٧	٢٠ م ــ ٣٥ م	(٧)
٨	أكبر ٣٥ م	(٨)

ثالثا : الغطاء النباتى

١ ــ متصل (أكبر من ٧٥%)	(c)
٢ ــ متقطع (٥٠ ــ ٧٥%)	(i)
٣ ــ رقعى (٢٥ ــ ٥٠%)	(p)
٤ ــ نادر (٥ ــ ٢٥%)	(r)
٥ ــ عارى أو مبعثر (١ ــ ٥%)	(b)
٦ ــ غير موجود أو شديد الندرة (أقل من ١%)	(a)

يمكن باستخدام هذه القائمة من الخصائص وصف أى موقع للكساء الخضرى تركيبياً عن طريق معادلة مكونة من حروف وأرقام تعبر عن هذه الخصائص (وهى المدونة على يسار كل خاصية). وقد زعم كوتشلر أن نظامه

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يصف مجتمعات فعلية، كما يمكن تطبيقه لعمل خرائط نباتية ذات مقاييس مختلفة.

نظام فوسبرج (Fosberg System)

أحد أهم سمات هذا النظام أنه مؤسس تحديداً، مثل نظامى دانسيرو وكوتشلر، على خصائص الكساء الخضرى مع تجنب إدخال خصائص الوسط المحيط. يقسم الكساء الخضرى طبقاً لهذا النظام باستعمال مفتاح يبدأ بثلاثة بدائل هى كساء مغلق (Closed)، أو مفتوح (Opened) أو خفيف (Sparce)، ولذا فإن الاعتبار الأول قد أُعطىَ للفراغات أو لغطاء الكتلة الحية. تسمى هذه المجموعات بالمجموعات التركيبية الأولية (Primary structural groups). تنقسم بعد ذلك كل مجموعة تركيبية أولية إلى عدد من وحدات الكساء الخضرى وتسمى بالصفوف التكوينية (Formation classes). فعلى سبيل المثال تتميز المجموعة التركيبية الأولية المغلقة إلى ١٧ صفاً تكوينياً فردياً على أساس الاختلافات فى ارتفاع طبقات الكساء الخضرى ومدى اتصالها أو عدم اتصالها، ولكن يلزم على الأقل أن تكون إحدى هذه الطبقات المكونة لوحدة الكساء الخضرى متصلة أو مغلقة لكى تتميز كل هذه الصفوف التكوينية عن المجموعة التركيبية الأولية المفتوحة. وقد تم تحديد ٣١ صفاً تكوينياً فى المفتاح الأول (شكل ٤٨). وبعد ذلك يتم التقسيم الجزئى لهذه الصفوف التكوينية باستخدام مفاتيح منفصلة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

Closed	Vegetation	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Forest			x	x	x	x	x	x	■
B	Scrub			x	x	x	x	x	■	
C	Dwarf scrub			x	x	x		■		
D	Open forest with closed lower layers			Closed						O
E	Closed scrub with scattered trees			x	x	x	x	x	■	S
F	Dwarf scrub with scattered trees			x	x	x		■		S
G	Open scrub with closed ground cover			Closed					O	
H	Open dwarf scrub with closed ground cover			- Closed -				O		
I	Tall savanna			— Closed —				s	s	S
J	Low savanna			- Closed -			s	s	s	S
K	Shrub savanna			— Closed —				Sparse		
L	Tall grass			x	x	x	■			
M	Short grass			x	x	■				
N	Broad leaved herb vegetation			x	■	ao	ao			
O	Closed bryoid vegetaion			■	s	s				
P	Submeged meadows	ao	■							
Q	Floating meadows	■	x							

Open	Vegetation	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Steppe forest			Ao	ao	ao	ao	ao	ao	O
B	Steppe scrub			ao	ao	ao	ao	ao	O	
C	Dwarf steppe scrub			ao	ao	ao		O		
D	Steppe savanna			ao	ao	—O—		ao	ao	S
E	Shrub steppe savanna			ao	ao	ao	ao	s	S	
F	Dwarf shrub steppe savanna			ao	ao	O		S		
G	Steppe			—— O ——						
H	Brryoid steppe			O						
I	Open submerged meadows	s	O							
J	Open floating meadows	O	s							

Sparse vegetation		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Deser forest			s	s	s	s	s	s	S
B	Deser scrub			s	s	s	s	—S—		
C	Desert herb vegetation			——S——						
D	Sparse submeged meadows		S							

شكل (٤٨). ملخص نظام فوسبرج لتقسيم الكساء الخضرى (عن Müller-Dombois & Ellenberg, 1974)

■ Closed, O Open, S Sparse, x Absent to closed,

ao Absent to open, s Absent to sparse, Absent,

1 : Floating aquatic, 2: Submerged aquatic, 3: Bryoid, 4: Broad leaved herbs,
5: Short grass, 6: Tall grass, 7: Dwarf shrub, 8: Shrub, 9: Tree

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

نظام التكوين التركيبى البيئى لليونسكو

وضعت منظمة اليونسكو هذا النظام كقاعدة لعمل خريطة للكساء الخضرى العالمى بمقياس ١ : مليون على هيئة وحدات كساء خضرى تدل على أوساط محيطة أو مواطن متوازنة فى أجزاء مختلفة من العالم. وقد سجلت وحدات الكساء الخضرى طبقاً للتسلسل التالى:

Formation class	**صف تكوينى**
↓	
Formation sub-class	**تحت صف تكوينى**
↓	
Formation group	**مجموعة تكوينية**
↓	
Formation	**تكوين**
↓	
Sub-formation	**تحت تكوين**

وبناء على ما سبق تم تقسيم الكساء الخضرى العالمى إلى سبعة صفوف تكوينية هى:

١ ــ غابات مغلقة.

٢ ــ غابات مفتوحة أو أراضى أخشاب.

٣ ــ أرضى أشجار منخفضة أو شجيرات.

٤ ــ أراضى شجيرات متفرقة وأشباهها.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٥ ــ مجتمعات الأعشاب الأرضية.

٦ ــ الصحارى ومناطق الكساء الخضرى الخفيف.

٧ ــ تكوينات النباتات المائية.

ويتضح مما سبق أن حيز (Spacing) وارتفاع شكل النمو السائد قد عوملت كخصائص متوازنة فى الفصل بين التكوينات النباتية. ينقسم كل صف تكوينى خشبى جزئياً إلى تحت صفوف تكوينية فرعية على أساس كون الكساء الخضرى دائم الخضرة أو متساقط الأوراق، وقد قسمت تحت الصفوف الفرعية بعد ذلك إلى مجموعات تكوينية عن طريق المناخ التى تتواجد فيه، فعلى سبيل المثال مُيز من بين الغابات المغلقة دائمة الخضرة ما يلى:

١ ــ الغابات الاستوائية المطيرة.

٢ ــ الغابات الاستوائية وتحت الاستوائية الموسمية.

٣ ــ الغابات الاستوائية وتحت الاستوائية شبه متساقطة الأوراق.

٤ ــ الغابات المعتدلة المطيرة وغيرها.

تنقسم كل من المجموعات التكوينية، بعد ذلك، إلى عدد من التكوينات، فعلى سبيل المثال تنقسم المجموعة التكوينة للغابات الاستوائية المطيرة إلى ما يلى:

١ ــ الغابات الاستوائية المطيرة الواطئة.

٢ ــ الغابات الاستوائية المطيرة شبه الجبلية والجبلية.

٣ ــ الغابات الاستوائية المطيرة السحابية.

٤ ــ الغابات الاستوائية المطيرة شبه الألبية.

٥ ــ الغابات الاستوائية المطيرة الفيضية.

٦ ــ الغابات الاستوائية المطيرة الرطبة.

٧ ــ الغابات الاستوائية المطيرة المستنقعية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المستوى الأقل من التكوين هو تحت التكوين، والذى يعتبر هو والتكوين الوحدات الأساسية للخريطة النباتية. فعلى سبيل المثال تنقسم الغابات الاستوائية المطيرة السحابية إلى تحت التكوينات التالية:

١ ــ تحت تكوين عريضات الأوراق.

٢ ــ تحت تكوين إبريات أو صغيرات الأوراق.

نظام كراجينا للمناطق الحيوية الأرضية المناخية
(Krajina Biogeoclimatic Zonation Scheme)

اشتق مفهوم المناطق الحيوية الأرضية المناخية (Biogeoclimatic zones) من مفهوم مناطق الكساء الخضرى (Vegetation Zones). فمناطق الكساء الخضرى تشير إلى غطاء الكساء الخضرى الموجود فى إقليم أو منطقة جغرافية لها مناخ عام متجانس، وعادة ما يشتمل غطاء الكساء الخضرى على عدد من المجتمعات النباتية على هيئة فسيفساء نباتية. ولذا فإن مفهوم "منطقة الكساء الخضرى" يختلف كلية عن مفهوم التكوين النباتى الذى يدل على مجتمع نباتى محدد من الناحية التركيبية أو المظهرية. يُعرف كراجينا المنطقة الحيوية الأرضية المناخية على أنها مساحة جغرافية يتحكم فيها بصفة اساسية نفس المناخ العام وتتصف بنفس الترب ولها ولكسائها الخضرى نفس الطور الذروى المناخى. ومن الناحية الجوهرية يمكن اعتبار مثل هذه المناطق كنظام بيئى ضخم ذى امتداد مناطقى أو إقليمى واسع والذى يحتوى على عدد من النظم البيئية الأصغر. لذا فإن نظام كراجينا لا يعتبر مخطط كساء خضرى وإنما يعتبر مخطط لنظام بيئى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مفاهيم أشكال المجتمع النباتى المبنية على فكرة سيادة الأنواع

يمكن اعتبار النوع النباتى المفرد سهل الملاحظة أبسط وسيلة نوعية للتفريق بين المواقع حتى إذا كانت المنطقة فقيرة بالأنواع النباتية. ومن هذه الأشكال وصف العلماء شكلين من المجتمعات هما المجتمع الاشتراكى (Sociation) والمجتمع الاتحادى (Consociation). يعرف المجتمع الاشتراكى على أنه مجتمع نباتى متكرر الوجود ذو تركيب نوعى متجانس بحيث يوجد نوع واحد سائد على الأقل فى كل طبقة من طبقاته. وقد أشار دى ريتز (Du Rietz) إلى المجتمع الاتحادى (Consociation) فى حالة وجود نوع واحد سائد فى الطبقة العليا للكساء الخضرى فقط. وبناءاً على ذلك يمكن أن يعرف المجتمع الاتحادى على أنه مجتمع يحتوى على عدد من المجتمعات الاشتراكية العينية والتى يسود طبقتها العلوية نفس النوع النباتى بينما تساد طبقاتها الأخرى بأنواع مختلفة (شكل ٤٩). ومثل هذه المجتمعات التى تعرف على أساس سيادة نوع واحد فقط (المجتمعات الاتحادية) يمكن أن تشغل مواطن متباينة تبايناً شديداً. علاوة على ذلك فإن مفهوم النوع السائد المفرد لا يمكن تطبيقه فى مناطق عديدة. ومن الأفضل استخدام مفهوم للسيادة النوعية أكثر مرونة، حيث يمكن تحديد المجتمعات باستخدام نوع سائد أو أكثر فى كل مجموعة من مجموعات أشكال الحياة السائدة (Synusia). بسبب استخدم أكثر من نوع سائد لتحديد هذه المجتمعات فقد أطلق عليها كليمنتس مسمى العشائر (Associations) والتى عادة ما تكون كبيرة جداً وظروف مواطنها غير متجانسة، كما أنها تختلف كلية عن المفهوم الأوروبى للعشيرة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

شكل (٤٩) مخطط افتراضى يوضح العلاقة بين المجتمع الاتحادى (Consociation) والمجتمعات الاشتراكية (Sociation) المكونة له.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مفهوم العشيرة (Association Concept)

من الممكن التفريق بين العديد من وحدات الكساء الخضرى بسهولة إذا أخذ فى الاعتبار الأنواع المصاحبة إلى جانب الأنواع السائدة. تسمى الوحدات التى تعرف بمثل هذه الطريقة بالعشائر (Associations). وبالمغايرة مع المجتمع الاشتراكى (Sociation)، لا تظهر العشيرة نوع سائد واحد فى كل طبقة، لكن يستخدم بدلاً من ذلك أكثر من نوع فى كل طبقة لتحديد العشيرة. ومن المتفق عليه تطبيق مصطلح العشيرة على المجتمعات التى تتميز بما يلى : ١ ــ تركيب نوعى محدد، ٢ ــ مظهر متجانس، ٣ ــ ظروف موطنية متجانسة. ومع ذلك فإن الوفاء بهذه المتطلبات الثلاثة غالباً ما يكون غير ممكن، لكن من الممكن تحديد مجموعات معينة من الأنواع تتواجد تواجداً مشتركاً متكرراً فى عدة أماكن بالمنطقة، ثم توضع المجتمعات التى لها نفس مجموعات الأنواع فى مجموعة واحدة. يمكن تمييز مثل هذه المجموعات إما بمقارنة عدد كبير من عينات الكساء الخضرى مقارنة جدولية (Tabular comparison) أو بطرائق أخرى مثل التحليل متعدد المتغيرات (Multivariate analysis) الذى يشتمل على تقنيات التقسيم والتنسيق (Classification and ordination). وبناء على ما سبق يمكن تعريف مجموعة العشيرة كوحدة من الكساء الخضرى مشتقة من عدد من عينات أو مواقع الكساء الخضرى التى لها عدد معين من الأنواع الكلية يتكرر وجوده فيما بينها. يمكن تحديد العشيرة المفردة (بمعنى المجتمع العينى) فى الحقل عن طريق وجود عدد معين من الأنواع التابعة للمجموعة التشخيصية (Diagnostic Group).

نظام العشيرة النوعية لبرون بلانكيه

إستخدم برون بلانكيه العشيرة كوحدة أساسية فى نظامه التقسيمى للمجتمعات النباتية (Syntaxonomy). تعرف العشيرة عن طريق تركيبها النوعى، وخاصة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الأنواع المميزة التى تنفرد بها (Character species)، وأيضاً عن طريق عدد غير محدد من الأنواع التفريقية (Differentiating species). ومن الجدير بالذكر الإشارة إلى أن العشيرة لا تمثل أصغر وحدة كساء خضرى يمكن تعريفها طبقاً لهذا النظام.

استخدمت هذه الطريقة أيضاً فى تحديد وحدات الكساء الخضرى الأخرى الأعلى أو الأقل من مستوى العشيرة. واختصاراً يتكون هذا النظام من إعداد قوائم بالنباتات الموجودة فى المواقع، وبعد ذلك تجهز هذه القوائم على هيئة جداول تركيبية، ومن هذه الجداول تحدد الأنواع ذات التواجد المشترك فى عدة مواقع ويركز عليها، ولا تهمل الأنواع الفريدة لكل موقع (Unique species) لكنها لا تعطى نفس قيمة الأنواع ذات التواجد المشترك فى مجموعة المواقع. تعتبر مجاميع الأنواع ذات التواجد المشترك هى مفتاح تحديد وحدات الكساء الخضرى. وسوف يتم شرح هذه الطريقة تفصيلياً فيما بعد تحت عنوان تقسيم الكساء الخضرى باستخدام المقارنة الجدولية.

يتم تسمية المستويات المختلفة للمجتمعات النباتية طبقاً لهذا النظام باستخدام إسم جنس أهم النباتات المميزة كما يتضح من جدول (١١). وكما يتضح من هذا الجدول أيضاً يمكن جمع عشيرتين أو أكثر ذوات العدد الأكبر من الأنواع المشتركة تحت تحالف واحد، وكذلك تجمع التحالفات المتشابهة تحت رتبة واحدة، والرتب المتشابهة تحت طائفة واحدة وبالتساوى يمكن تقسيم العشيرة جزئياً إلى تحت عشائر وتحت العشيرة إلى متغيرات والمتغيرات إلى سحن. وللمساعدة فى عملية التسمية على نطاق واسع طبقاً لنظام برون بلانكيه، تم عمل نظام تسمية شفرى، وهو عبارة عن مجموعة من القواعد تحكم عملية تسمية الواحدات التقسيمية التسلسلية طبقاً لهذا النظام.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

فى مصر استعان تـــادرس وتلاميـــذه (Tadros 1953, Tadros & Atta 1955a,b) بهذا النظام فى تحديد بعض المجتمعات النباتية على ســـاحل البحـــر المتوسط غرب الإسكندرية. فعلى سبيل المثال، ذكر تادرس وعطا (Tadros & Atta 1958) أن الكساء الخضرى فى منطقة مريوط. ينتظم تحت تحالف نبـــات المتنان وأطلق عليه إسم *Thymelaeion hirsutae*، والذى يشـــتمل علـــى ثلاثـــة عشائر هى : عشيرة المتنان (*Thymeletum hirsutae*)، وعشيرة الينم والعنصـــل (*Plantagineto- Asphodeletum micocarpae*)، وعشـــــيرة العجـــــرم (*Anabasidetum articulatae*). إلا أن تطبيق هذا النظام فى مصر قد قل جـــداً مما يستدعى أن يعاد الاهتمام به خاصة أن معظم بلاد البحر المتوسط تستخدمه، مما يؤهلنا لعمل مقارنات حقيقية بين مجتمعات النباتات عندنا ومثيلاتها فى بـــلاد جنوب أوروبا.

جدول (١١). الوحدات التقسيمية التسلسلية لنظام برون بلانكيه.

المثال	النهاية المضافة	المستوى التصنيفى	
		المصطلح الأجنبى	المصطلح العربى
Molinio-Arrhenatheretea	-etea	Class	الطائفة
Arrhenatheretalia	-etalia	Order	الرتبة
Arrhenatherion	-ion	Alliance	التحالف
Arrhenatheretum	-etum	Association	العشيرة
Arrhenathertum brizetosum	-etosum	Sub-association	تحت العشيرة
Saliva variant of Arrhenathertum brizetosum	—	Variant	المتغير
Arrhenathertum brizetosum bromosum erecti	-osum	Facies	السحنة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تقسيم الكساء الخضرى باستخدام المقارنة الجدولية

يمكن تلخيص طريقة المقارنة الجدولية (Tabular comparison) لتقسيم مواقع الكساء الخضرى فى منطقة ما إلى عدد من العشائر النباتية (المجتمعات النباتية) فى الخطوات التالية:

١ ــ إعداد الجدول الخام (Raw table)، وهو الجدول الذى يشتمل على المعلومات المتعلقة بالتركيب النوعى لكل المواقع التى تم فحصها لمنطقة ما بغرض معرفة المجتمعات النباتية الممثلة لها.

٢ ــ إعادة كتابة الجدول الخام على صورة جدول ثباتية (Constancy table) بعد تحديد الأنواع التى تتواجد فى نسبة عالية من المواقع موضع الدراسة. يتم تحديد هذه النسبة بطريقة توفيقية، فمثلاً يمكن تعريف الأنواع الثابتة على أنها تلك التى تتواجد فى ٦٠% من المواقع على الأقل.

٣ ــ استخلاص الأنواع ذات التواجد المتوسط ومنها يتم تحديد الأنواع التفريقية (Differential species). يتم فى هذه المرحلة استبعاد الأنواع نادرة الوجود (Rare species) والتى يتم تحديدها بطريقة توفيقية أيضاً، فعلى سبيل المثال يمكن تحديد الأنواع النادرة على أنها تلك التى تتواجد فى أقل من ١٠% من المواقع.

٤ ــ من بين الأنواع ذات التواجد المتوسط، يتم نقل الأنواع التى يتكرر وجودها فى عدد من المواقع إلى جوار بعضها عن طريق تحريك المواقع والأنواع، مثل هذه المجموعة من الأنواع تسمى الأنواع التفريقية لأنها تفرق بين مجموعة من المواقع ومجموعة أخرى. يتم بعد ذلك وضع الأنواع بمواقعها فى جدول يسمى الجدول التفريقى (Differentiated table) حيث ترتب الأنواع التفريقية فيه من الأعلى إلى الأقل تواجداً.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٥ ــ الأنواع المتبقية هى الأنواع الثابتة والنادرة وتلك التى لها تواجد متوسط ولكن لا تظهر تصاحب واضح مع الأنواع التفريقية.

٦ ــ يمكن بعد ذلك مقارنة الجداول التفريقية مع جداول مشابهة للكساء الخضرى فى المناطق الأخرى، مما يؤدى إلى تحديد الاتجاهات التشخيصية لتوزيع الأنواع ومن ثم يمكن تحديد الأنواع المميزة (Character species) أو التشخيصية (Diagnostic species) داخل نفس الأقليم النباتى (Floristic province)، ويعرف النوع المميز بأنه الذى له تركيز عالى واضح فى شكل معين من أشكال الكساء الخضرى.

وقد استخدم شلتوت وآخرون (Shaltout et al. 1992) طريقة المقارنة الجدولية فى تحديد العشائر النباتية المصاحبة للمحاصيل الصيفية الأساسية (القطن والأرز والذرة) فى منطقة دلتا النيل وتوصلوا إلى تحديد ثلاثة عشائر هى : عشيرة الأمرنش *(Amaranthus viridis)*، وعشيرة تيل شيطانى ــ سسابان (*Hibiscus trionum – Sesbania sesban* association). وكلاهما تمثل حشائش حقول القطن والذرة، وعشيرة دنيبة– عجيرة *(Echinochloa crus-galli – Cyperus diformis)* – التى تمثل حشائش حقول الأرز ذات التنوع الفريد عن بقية حشائش المحاصيل الصيفية (جدول ١٢).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (١٢). الجدول التفريقى لعشائر حشائش الصيف فى منطقة دلتا النيل (Shaltout et al., 1992). قيمة الأنواع تمثل ٩ مستويات تواجد بمدى مقدارة ١٠%.

Stand	*Amaranthus virridis* association																															*Hibiscus trionum-Seshamia sesban* association										*Echinochloa crus-galli Cyperus difformis* association						
Species	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	21	22	23	27	28	30	31	34	35	36	38	46	48	49	50	51	53	54	55	56	72	73	74	75	76	77	78	79	80	85	86	87	88	89	90	91	92
Characteristic species of *Echinochloa colonum-Dinebra retroflexa* allinance:																																																	
Echinochloa colonum	7	7	7	6	6	9	7	8	8	6	8	9	7	6	5	3	8	8	7	9	9	3	8	9	7	8	7	7	3	-	9	8	7	6	6	6	8	9	9	8	6	9	8	9	-	9	-	-	9
Dinebra retroflexa	4	7	3	6	8	7	6	8	8	4	6	8	6	2	2	9	9	8	7	8	6	4	6	8	6	5	4	6	5	9	6	8	6	4	3	4	8	-	8	8	4	8	9	-	-	-	-	-	-
Corchorus olitorius	3	3	-	3	3	8	6	8	8	6	4	9	3	4	3	9	9	9	3	9	9	3	6	-	-	6	6	2	2	9	-	8	5	6	6	6	8	9	9	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Portulaca oleraca	7	8	6	7	6	9	4	-	8	7	6	9	7	7	9	9	8	9	4	8	9	6	8	-	9	9	7	6	5	9	9	8	9	6	2	-	-	9	8	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Sida alba	4	4	2	6	2	6	6	8	8	3	4	2	2	2	2	8	8	8	3	9	9	2	4	8	-	3	4	3	2	8	5	8	-	7	6	6	-	4	-	8	-	8	-	8	-	-	-	-	-
Differential species of *Amaranthus viridis* association:																																																	
Amaranthus viridis	2	2	4	3	3	6	4	8	8	6	4	9	6	6	-	8	9	9	4	9	7	3	6	8	9	5	3	6	5	8	9	9	-	4	4	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyperus rotandus	2	2	3	3	2	9	4	6	9	7	4	8	7	7	2	-	-	9	4	6	9	6	-	6	9	3	2	2	3	8	9	9	-	2	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Convolvulus arvensis	7	9	3	3	3	9	9	8	9	2	6	6	-	-	5	9	9	9	4	8	3	4	6	9	6	6	2	6	-	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brachiaria reptans	4	6	2	7	5	6	7	8	8	6	2	-	2	2	2	7	9	8	7	2	4	2	4	-	6	-	2	4	2	8	9	8	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amaranthus hybridus	2	2	-	-	-	-	3	2	9	2	4	7	3	2	2	9	8	8	6	-	-	-	2	8	-	3	2	2	2	8	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Differential species of *Hibscus trionum-Seshania* association:																																																	
Hibiscus trionum	-	-	-	-	-	-	2	8	8	2	2	6	3	2	2	8	7	-	-	8	3	-	-	-	-	5	-	8	8	9	-	-	5	6	6	6	8	9	9	7	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Cynodan dactylon	-	-	-	-	-	9	-	-	4	9	-	6	3	3	2	9	8	9	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sonchus oleraceus	-	2	-	-	2	4	-	-	-	2	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	2	2	3	3	2	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Aster squamous	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	7	4	4	6	-	-	9	-	3	8	-	-	-	-	-	-
Seshania sesban	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	6	6	3	2	2	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Beta vulgaris	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	4	2	3	-	4	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Malva parvifloa	-	-	-	-	-	-	2	6	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	3	-	-	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Rume dentaus	2	2	-	-	3	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	-	3	3	2	4	3	4	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Chenopodium murole	2	2	2	3	-	3	2	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	4	3	2	-	2	-	-	-	9	-	-	-	8	-	-	-
Xanthium brasilicum	2	2	2	2	2	7	4	6	8	3	2	2	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	2	2	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Differential species of *Echinochloa crus-galli-Cyperus difformis* association:																																																	
Phragmites austiralis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	3	9	-	9	-	-	2	8	9	8	8	-	-	-
Echinochloa crus-galli	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	3	-	-	-	-	-	9	9	9	9	9	9	9
Cyperus difformis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	9	8	8	9	9	8
Ammannio auriculata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	8	8	9	9	8
Paspalum distichum	-	-	-	2	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	8	9	8	-	9	9	8

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ صفات الكساء الخضرى وطرائق تقديرها

يمكن تقسيم صفات الكساء الخضرى إلى مجموعتين من الصفات هما الصفات الوصفية (الكيفية) والصفات التقديرية (الكمية). وقبل الحديث تفصيلياً عن هذه الصفات يجدر الإشارة إلى ما ينبغى أن يؤخذ فى الاعتبار قبل وصف وتحليل الكساء الخضرى فى منطقة ما، حيث أن كل المعالجة المتتابعة للبيانات والاستنتاجات التى يمكن أن نخرج بها تعتمد أساساً على خصائص الاختيار المبدئى للمواقع التى سيتم دراستها. وعموماً توجد أربع خطوات أساسية يجب أخذها بعين الاعتبار وهى:

١ ــ تعريف النظم البيئية طبقاً لأنواع المواطن التى تميزها،

٢ ــ اختيار مواقع الكساء الخضرى التى سيتم دراستها داخل النظام البيئى المعرف،

٣ ــ تحديد حجم وشكل البقع (Plots) التى سيتم أخذ العينات منها داخل المواقع (Stands)

٤ ــ معرفة ما ينبغى تسجيله وقياسه بعد تحديد المواقع والبقع.

يتم اختيار المواقع التى تمثل الكساء الخضرى لنظام بيئى معين من خلال الاستطلاع الجيد والمعارف المتراكمة عن المنطقة ككل. تحدد بعد ذلك البقع داخل المواقع التى تم اختيارها بحيث تمثل النظام البيئى التى تنتمى إليه تمثيلاً نموذجياً. وبغض النظر عن الطريقة المستخدمة للتحليل الحقلى يجب أن يوفى الموقع المختار بالمتطلبات التالية:

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

١ ــ ينبغى أن يكون كبيراً بدرجة تكفى لاحتوائه على كل أو معظم الأنـــواع المكونة للمجتمع النباتى محل الدراسة،

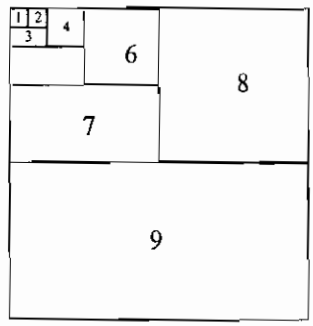
٢ ــ تكون ظروف الموطن متماثلة داخل مساحة الموقع بقدر الإمكان،

٣ ــ يكون الغطاء النباتى متجانس قدر الإمكان،

٤ ــ تمثل الأنواع فى كل البقع داخل الموقع الواحد بطريقة كاملة ما أمكـــن ذلك.

المساحة الصغرى (Minimal Area):

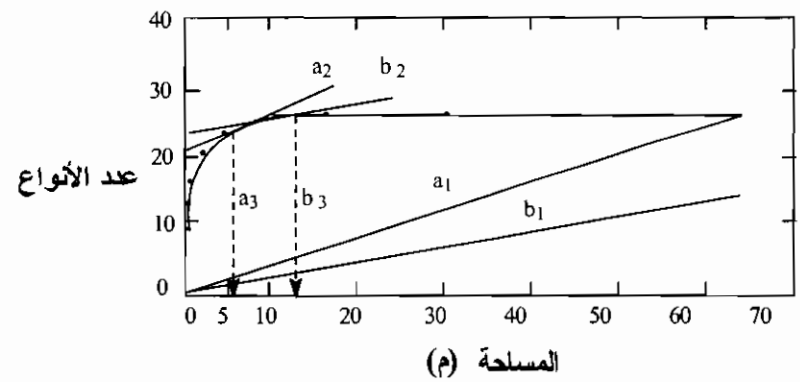
لتحديد المساحة الكافية التى تحتوى على كل الأنـــواع الممثلـــة للمجتمـــع النباتى يتم تقدير ما يعرف بإسم المساحة الصغرى، وهى أصغر مســـاحة يتمثـــل فيها التركيب النوعى للمجتمع النباتى قيد الدراسة تمثيلاً كافيـــاً. تعتـــبر هـــذه المساحة الصغيرة دليلاً لما ينبغى أن يكون عليه حجم الموقع. وعادة مـــا يتـــم تقدير هذه المساحة بطريقة البقع المتداخلة (Nested Plot Technique)، حيـــث يتم تحديد مساحة صغيرة ولتكن (٠,٥ × ٠,٥م) ثم تسجل كل الأنواع الموجودة بداخلها، ثم تضاعف المساحة بعد ذلك مرتين وأربعة وثمانية مرات وهكـــذا، وفى كل مرة يتم تسجيل الأنواع الجديدة التى ظهرت فى كل مســـاحة (شـــكل ٥٠).



شكل (٥٠). نظام البقع المتداخلة لتحديد المساحة الصغرى. كل بقعة مرقمة تلى البقعة رقم ١ تشتمل على مساحة البقعة السابقة ولذا فإن البقـــع ذات الأرقـــام الفردية تكون مربعة والبقع ذات الأرقام الزوجية تكون مستطيلة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ونستمر فى مضاعفة المساحة حتى يصبح ظهور أنواع جديدة منعدماً أو قليلاً جداً. يتم بعد ذلك رسم العلاقة بين عدد الأنواع والمساحة المقابلة على شكل منحنى يعرف بإسم منحنى النوع والمساحة (Species-Area Curve). تعتبر المساحة الصغرى هى المساحة التى يبدأ عندها المنحنى المتزايد المائل فى الاستواء (شكل ٥١). ولتحديد ذلك بدقة يرسم مستقيم من نقطة الأصل إلى نقطة تحدد بقيمة ١٠% من قيم كل من المحور السينى والصادى، ثم يرسم مستقيم آخر يوازى المستقيم الأول ويمس منحنى النوع والمساحة (المماس لمنطقة استواء المنحنى)، ثم نسقط عموداً من نقطة التقاء المماس مع المنحنى إلى المحور السينى، وبذا يتم تحديد المساحة الصغرى. يمكن استخدام مماس آخر وهو الموازى للمستقيم المنطلق من نقطة الأصل إلى نقطة تحدد بقيمة ١٠% من المحور السينى (المساحة) و٥% من المحور الصادى (عدد الأنواع).



شكل (٥١). منحنيات النوع والمساحة لأحدى أراضى المراعى. a_1 : خط ١٠%، a_2 : المماس الموازى لخط ١٠%، a_3 : المسقط إلى المساحة الصغرى مبنى على أساس زيادة ١٠% من الأنواع. b_1 : خط ٥%، b_2 : المماس الموازى لخط ٥%، b_3 : المسقط إلى المساحة الصغرى مبنى على أساس زيادة ٥% من الأنواع.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أولاً : الصفات الوصفية

١ ـ التركيب النوعى (Floristic Composition)

يقصد بهذه الصفة قائمة الأنواع النباتية التى يتكون منها المجتمع النباتى أو الكساء الخضرى ككل. يعتبر هذا التحديد أول وأهم مرحلة فى دراسة المجتمع النباتى. ومن الناحية العملية ليس من السهل الحصول على قائمة بكل الأنواع الموجودة، ومن ثم فإن المشتغلين بهذه الدراسات يكتفون بتحديد أسماء الأنواع النباتية الوعائية وفى بعض الأحيان يضيفون إليها الأشنات والحزازيات. ولإعداد قائمة الأنواع النباتية فى مكان ما يتحتم مراقبة وجود هذه النباتات على فترات متعاقبة، إذ إنه تحت الظروف الطبيعية لا تظهر النباتات فى وقت واحد وإنما على فترات متتالية تتباين فى أثنائها خواص الموطن من تربة ومناخ. وقائمة النباتات ذات أهمية كبيرة، إذ لكل نوع من النباتات مجاله البيئى (Ecological range) المميز له، ومن ثم فإن تحديد الأنواع الموجودة يدل، إلى حد كبير، على خواص الموطن الذى تعيش فيه.

وقد جرت العادة عند تحديد القوائم النباتية التمييز بين الأنواع الرئيسية (الشائعة) وغير الرئيسية (النادرة). إلا أنه من وجهة النظر العملية يجب إدراج كل الأنواع فى القوائم، فبعض الأنواع التى تبدو نادرة فى زمن الدراسة يمكن أن تعطى فيما بعد معلومات عن ظروف بيئية كانت سائدة فى الماضى، أو قد تدل على ما يمكن أن يحدث فى المستقبل. وفى الغالب، قد يرجع عدم إدراج كل الأنواع النباتية فى قائمة التركيب النوعى للمجتمع إلى عدم مقدرة الباحث على معرفة كل الأنواع الموجودة. كما يمكن أن يعبر اختلاف عدد الأنواع النباتية من مكان إلى آخر عن تغير واضح فى طبيعة الظروف البيئية. فعلى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

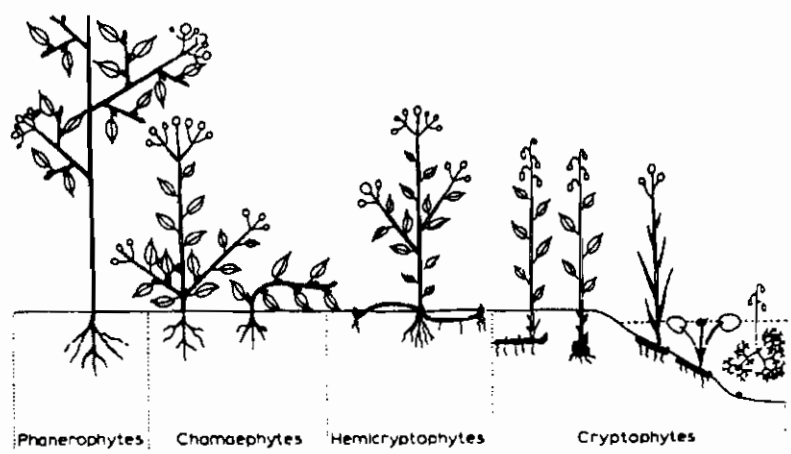
سبيل المثال يتغير عدد الأنواع النباتيـــة فـــى أرض الحشـــائش فـــى منطقـــة كولورادو بأمريكا الشمالية كثيراً بالإرتفاع عن سطح البحـــر، إذ يوجـــد ١٦٠ نوعاً نباتياً فى الوديان على ارتفاع ١٦٠٠ متر و ١٣٩ نوعاً علـــى ارتفـــاع ٢٣٠٠ متر و ١٣٠ نوعاً على ارتفاع ٢٥٥٠ متر و ٥٠ نوعـــاً فقـــط علـــى ارتفاع ٣٥٠٠ متر.

٢ ـ أشكال الحياة (Life Forms)

يعرف شكل حياة النبات على أنه صورة من صور النمو يعكـــس علاقـــة واضحة مع العوامل البيئية الهامة. فعلى سبيل المثـــال الشـــجرة المتســـاقطة الأوراق (Deciduous tree) ذات شكل حياة يستجيب للموســـم غـــير الملائـــم (البرودة الشديدة مع مقدم الخريف، على سبيل المثال) عـــن طـــريق إســـقاط أوراقه. وأشكال الحياة تحددها صفات وراثية كامنة داخـــل النباتـــات، إلا أن الظروف البيئة تلعب دوراً هامـــاً فى ذلك، فعـــلى سبيل المثـــال تتغير فـــترة حياة بعض النباتات النجيلية باختلاف الظروف البيئية. فالنوع النباتى المســـمى برومس كاثرتيكس (*Bromus catharticus*) تصل فترة حياتـــه فـــى أمريكـــا الجنوبية إلى أكثر من أربعة سنوات (نبات معمر : Perennial)، ولكنه عندمـــا يزرع فى أمريكا الشمالية تنتهى فترة حياته بانتهاء فصل الشتاء (نبات حولـــى: Annual). وتحدد أشكال النباتات السائدة فى المجتمع النباتى مظـــهره العـــام. تتنافس النباتات التى تنمو سوياً ولها نفس شكل الحياة تنافســـاً مباشـــراً علـــى الموارد المتاحة فى نفس المكان والعش (Niche) حيـــث يـــدل تشـــابهها فـــى التركيب والشكل على تشابه فى التأقلم على استخدام الموارد البيئية فى مكـــان معين. وبالطبع فإن أنواعاً تنتمى إلى فصائل متباينة يمكن أن يكون لها نفـــس شكل الحياة، ومثال ذلك النباتات عصيرية السوق التابعة للفصيلة الصباريـــة (Cactaceae)، واللبنية (Euphorbiaceae) و الزنبقية (Liliaceae).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

توجد نظم متعددة لتحديد أشكال حياة النباتات، وسوف نتناول بالشرح أحد أهم هذه النظم وأكثرها شيوعاً وهو نظام رونكير (نقلاً عن Kershaw 1973) والذى بناه اعتماداً على مواضع البراعم (بالنسبة لسطح التربة) التى تستطيع النباتات بواسطتها تجديد نموها بعد تخطى الظروف البيئية المتطرفة كالبرد القاسى أو الجفاف الشديد. ويشتمل هذا النظام على خمسة أقسام رئيسية وفيما يلى وصفها (شكل ٥٢):



شكل (٥٢) : تمثيل تخطيطى لأشكال الحياة طبقاً لرونكير (Raunkier)

١) **النباتات الظاهرة** (Phanaerophytes). تولد البراعم الدائمة (أو قمم الأفرع) على ارتفاع أكبر من ٢٥ سم فوق سطح الأرض. ويمكن تمييزها حسب خاصية دوام وحماية البراعم إلى:

أ ــ نباتات ظاهرة دائمة الخضرة براعمها غير حرشفية،

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ب ــ نباتات ظاهرة دائمة الخضرة براعمها حرشفية،

جـ ــ نباتات متساقطة الأوراق براعمها حرشفية.

٢) **النباتات فوق السطحية (Chamaephytes).** تولد البراعم الدائمة (أو قمم الأفرع) على ارتفاع لا يزيد عن ٢٥سم من سطح الأرض ويمكن تمييزها إلى ما يلى:

أ ــ **النباتات فوق السطحية القائمة (Suffruticose Chamaephytes).** تخرج البراعم التجديدية من الأجزاء السفلية للسوق القائمة حيث تكون أقل عرضة لعوامل الوسط المحيط.

ب ــ **النباتات فوق السطحية الكامنة (Passive Chamaephytes).** تشبة المجموعة السابقة، غير أنه بحلول الظروف غير الملائمة تتدلى السوق القائمة الضعيفة أفقياً بمحازاة سطح الأرض، وتخرج البراعم على طولها حيث تجد بعض الحماية من عوامل الوسط المحيط.

جـ ــ **النباتات فوق السطحية النشطة (Active Chamaephytes).** فى هذه المجموعة تتجه المجاميع الخضرية بشكل دائم أفقياً بمحازاة سطح الأرض، وعادة ما تخرج جذور عرضية على طول أفرعها.

د ــ **النباتات فوق السطحية الوسادية (Cushion Chamaephytes).** تعتبر هذه المجموعة شكل مختزل ومدمج من أشكال النباتات فوق السطحية النشطة

٣) **النباتات نصف المختفية (Hemicryptophytes).** تولد البراعم التجديدية ملاصقة لسطح الأرض، وتموت كل الأجزاء فوق الأرضية بحلول الظروف غير الملائمة. ويمكن تمييز الأقسام التالية من النباتات نصف المختفية:

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أ ــ **النباتات نصف المختفيـــة الأوليـــة (Proto-Hemicryptophytes).** وفيها تكون معظم الأوراق القريبة من سطح الأرض أقل نمـــواً مـــن مثيلاتها العلوية، مع ظهور بعض البراعم التجديدية بمستوى ســـطح الأرض.

ب ــ **النباتات نصف المختفية شبه الوردية**

(Partial Rosette-Hemicryptophytes)

تكون الأوراق جيدة النمو ما يشبه الوردة عنـــد قـــاعدة الأفـــرع الهوائية، ولكن توجد بعض الأوراق أعلى الأفرع.

جـ ــ **النباتـــات نصـــف المختفيـــة الورديـــــة (Rosette-Hemicryptophytes)** وفى هذه المجموعـــة تنحصـــر الأوراق مكونة شكل وردى عند قواعد الأفرع الهوائية.

٤) **النباتات المختفيـــة (Cryptophytes).** تولـــد الـــبراعم التجديديـــة لـــهذه المجموعة تحت مستوى سطح الأرض أو مغمورة فى الماء. ويمكن تمييز الأقسام التالية:

أ ــ **النباتات المختفية الأرضية (Geophytes).** ينـــــدرج تحـــت هـــذه المجموعة النباتات التى لها سوق تحت أرضية مثـــل الريزومـــات والكورمات والدرنات والأبصال والتى تقضى الموسم غير الملائـــم مختفية تحت الأرض ومستعينة بالغذاء المخزن داخلها ومنها تخرج البراعم لإنتاج الأفرع الهوائية للموسم القادم.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

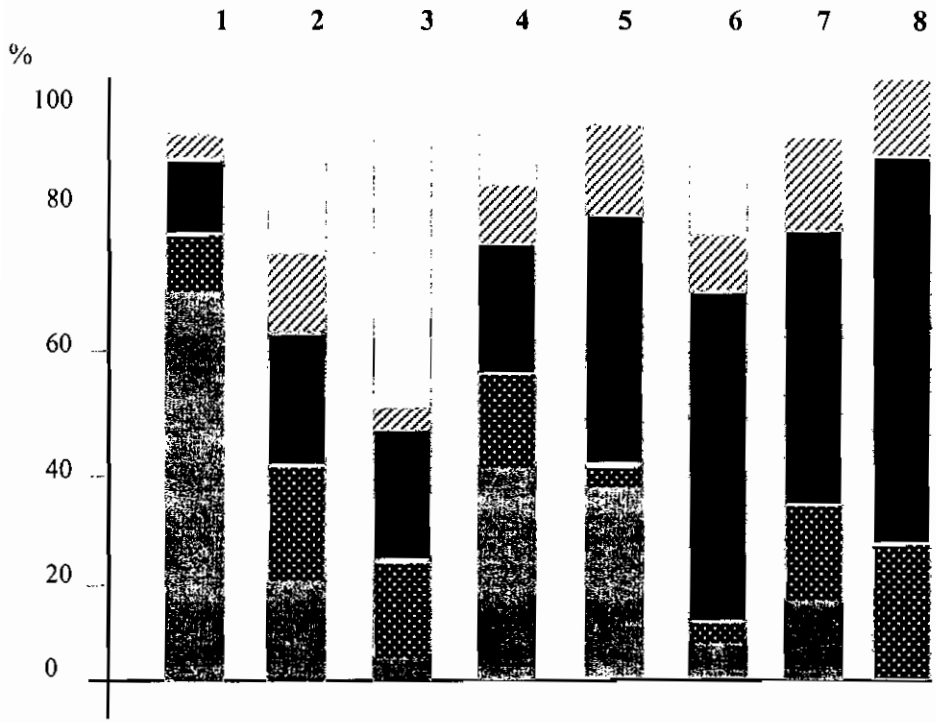
ب ــ **النباتات المختفية الرطوبية (Helophytes)**. وهى النباتات التى توجد أعضائها المعمرة فى التربة أو الطين تحت مستوى الماء وأفرعها الهوائية فوق سطح الماء.

جـ ــ **النباتات المختفية المائية (Hydrophytes)**. وهى النباتات التى توجد براعمها التجديدية تحت الماء وأوراقها مغمورة فى الماء أو طافية على سطحه.

٥) **النباتات الحولية (Therophytes)** وهى النباتات التى تستكمل دورة حياتها من البذرة إلى البذرة خلال الموسم الملائم من العام. وقد تقتصر مدة حياتها على أسابيع قليلة.

يمكن تقسيم الأنواع النباتية فى منطقة ما طبقاً لأشكال حياتها وأعداد الأنواع التى توجد فى كل شكل، وعندما ينسب عدد الأنواع الممثلة لكل شكل إلى العدد الكلى للأنواع فأننا نحصل على ما يسمى بالطيف الأحيائى أو البيولوجى (Biological Spectrum). وإذا ما أجرى هذا الإحصاء فى بقاع مختلفة من العالم فإننا نحصل على عدد من الأطياف الأحيائية كل منها يميز منطقة ذات صفات مناخية معينة. فمثلا فى المناطق القطبية وأعالى الجبال حيث الجو شديد البرودة، لا تنمو النباتات الظاهرة التى تسود الغابات الاستوائية، أما المناطق الجافة والصحراوية فى جميع أنحاء العالم فتتميز بطيف أحيائى تسوده النباتات الحولية (شكل ٥٣).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



1 : الغابات الاستوائية المطيرة، 2 : السافانا، 3 : الصحارى، 4 : البحر المتوسط، 5 : الغابات المعتدلة النفضية، 6 : أراضى الحشائش المعتدلة، 7 : الغابات الشمالية، 8 : التندرا القطبية.

شكل (٥٣). التوزيع النسبى لأشكال حياة النظم البيئية الكبيرة فى العالم

يتضح من جدول الطيف الأحيائى للنباتات المصرية (جدول ١٣) أن الحوليات تشكل أكثر من نصف عدد النباتات (٥١%)، أما النباتات الظاهرة فهى أقل أشكال الحياة تمثيلاً (٥,٧%).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (١٣). الطيف الأحيائى للكساء الخضرى المصرى (Hassib 1951)

شكل الحياة	عدد النباتات	النسبة (%)
النباتات الظاهرة	١٠٠	٥,٧
النباتات فوق السطحية	٢٣١	١٣,١
النباتات نصف المختفية	٢٥٩	١٤,٧
النباتات المختفية	٢٧٣	١٥,٥
النباتات الحولية	٨٩٩	٥١,٠
الكل	١٧٦٢	١٠٠

فى بعض الدراسات البيئية يستخدم تعبير آخر وهو مظهر النمو (Growth form) الذى يعبر عن طبيعة نمو الأفراد التابعة لنوع نباتى واحد فى العديد من المواطن. وقد وجد أن أفراد النوع الواحد تختلف فى طبيعة نموها وأطوالها من موطن إلى آخر. فعلى سبيل المثال يصل طول نبات إشنان (*Salsola kali*) إلى ٦٠ سم فى موطن ما، فى حين قد لا يزيد طوله فى موطن آخر مجاور عن ٥ سم، ويعود ذلك إلى عدم ملائمة الموطن الثانى لنمو هذا النوع أو إلى المنافسة الشديدة مع نباتات أخرى. وقد يختلف مظهر نمو الأفراد التابعة لنفس النوع داخل نفس الموقع وذلك تبعا للتغيرات الدقيقة فى الظروف البيئية الموضعية.

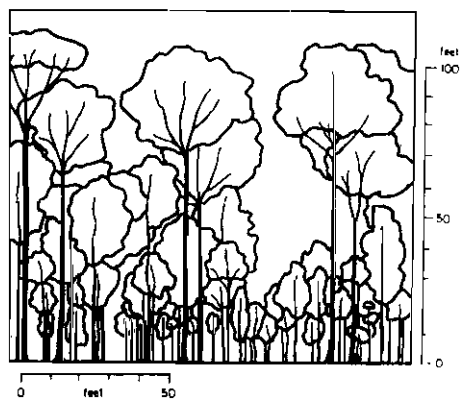
٣ـ التنضد أو الطبقات الراسية (Stratification)

يقصد به وجود النباتات أو اجزائها فى مستويات مختلفة فى نفس الموقع. يحدث التنضد نتيجة التباين فى احتياجات الأنواع النباتية المختلفة، ومن ثم فإنها تنمو فى طبقات تختلف عندها الظروف البيئية من حرارة وضوء ورطوبة وغيرها. ويختلف عدد الطبقات فوق الأرض تبعا لطبيعة المجتمع النباتى، فالمجتمعات الرائدة (Pioneer communities) التى تمثل المراحل الأولى من مراحل التعاقبات للمجتمعات تتكون فى العادة من طبقة واحدة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مشتملة على نباتات بسيطة مثل الأشن والحزازيات والحوليات الصغيرة، وكلما تقدم المجتمع فى تكوينه (بمعنى زيادة التعاقب) زاد عدد الطبقات.

يبدو التنضد واضحاً فى الغابات الاستوائية المطيرة (شكل ٥٤)، ففى نيجيريا على سبيل المثال نجد أن الطبقة العليا تتكون من أشجار ارتفاعها بين ٣٦ ــ ٤٥م تقريباً، إلا أن عدد الأنواع النباتية فى هذه الطبقة يكون محدوداً وتتصف بأغصانها المنتشرة فى شبه مظلة قطرها يصل إلى ٢٤ مترا، ولا تلامس الأغصان التابعة لكل شجرة أغصان الأشجار المجاورة. تتكون الطبقة المتوسطة، وأطوال أشجارها بين ١٥ و ٣٦ متراً، من العديد من الأنواع النباتية بتيجانها المستديرة المتلاصقة والتى قد يصل قطر كل منها إلى نحو ٢,٧ متر تقريباً. أما الطبقة الشجيرية الدنيا فارتفاع أنواعها لا يزيد عن ١٥ متراً وتيجانها مخروطية الشكل وأوراقها كبيرة الحجم والتيجان متلاصقة ومرتبطة بأنواع نباتية اخرى متسلقة. تتكون الطبقة الشجيرية من نباتات قصيرة إلا أنها ضعيفة التكوين وغير واضحة. ويلى ذلك طبقة الأعشاب وهى أقل نضجاً وتحديداً ولا يزيد طولها عن متر واحد، ولا توجد طبقة النباتات الأرضية على الإطلاق بسبب التزاحم الشديد وضعف وصول الضوء إلى أرض الغابة.



شكل (٥٤). مخطط قطاعى لغابة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يمكن أن يختلف التركيب النوعى لكل طبقة من منطقة إلى أخرى، ومن ثم فإن مجموعات مختلفة من النباتات متشابهة فى مظهر حياتها يمكن تمييزهـــا. وكما يحدث تنضد فى المجموع الخضرى يحدث أيضا فى المجموع الجـذرى. ويرجع تنضد المجموع الجذرى إلى عوامل كثيرة منها التباين فـــى المحتـــوى الرطوبى للتربة وكمية ما تحتويه من أملاح معدنية فـــى طبقاتـــها المختلفـــة ونوعيتها.

٤. الموسمية والظواهر الشكلية (Periodicity and Phenology)

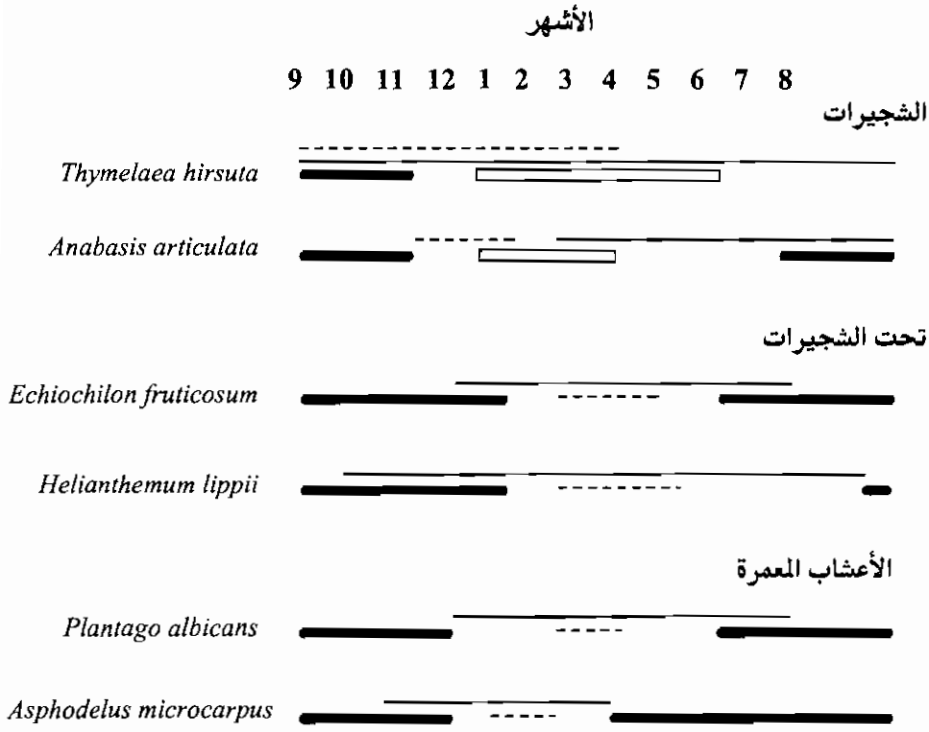
تشير صفة الموسمية إلى مراحل النمو على مستوى الكساء الخضرى ككل أو على مستوى المجتمع النباتى أو أى جماعة نوعية تابعة له. ويشـــمل ذلـــك تحديد التغيرات الموسمية المنتظمة من حيث التركيب والمظهر والوظيفة مثـــل التوريق والإزهار والإثمار والبناء الضوئى والنتح وزيـــادة النمـــو. تحـــدث الموسمية نتيجة صفات وراثية خاصة لكل نوع نباتى اكتسبها نتيجة تعرضـــه لمجموعة من الظروف البيئية على مدى حياته الطويلة على الأرض. ومعظـــم المجتمعات النباتية لها مواسم نمو محددة ترتبط إلـــى حـــد كبـــير بـــالتغيرات الموسمية فى الوسط المحيط مثل التباين فـــى كميـــات الرطوبـــة والحـــرارة والضوء، وأهم هـــذه المواســـم الربيعـــى (Vernal) والصيفـــى (Asetival)، والخريفى (Autumnal) والشتوى (Hibernal).

تعبر خاصية الظواهر الشكلية عن التغيرات الظاهرية التى تحدث لجماعة أى نوع نباتى على مدار العام مثل ظـــهور البـــادرات والـــبراعم الخضريـــة والزهرية والإزهار والإثمار وكذلك تساقط الأوراق والأفرع وكمون أو مـــوت الأفراد، ويتم ذلك بإضافة حرف أو رمز يعبر عن حالة النبات وقت فحصه فى الحقل ويمكن الاستعانة بالرموز التالية : الإنبات (g)، الإزهار (fl)، الإثمـــار (fr)، الذبول (st)، الموت (w)، والتواجد على هيئة بذور فقط (sd). ورغـــم أن هذه صفة من الصفات الوصفية إلا أنه يمكن تقديرها كمياً عن طريق التســـجيل

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الدورى لأفراد معلمة (أو لأفرع شجرة) داخل مربعات مستديمة. ويمكن تمثيل الظواهر الشكلية التى تطرأ على نوع ما خلال العام بالاستعانة بمخططات بيانية كالمخطط الموضح بالشكل (٥٥) الذى يمثل عدد من جماعات النباتات بالساحل الغربى للبحر المتوسط بمصر (Ghali 1984).

للموسمية والظواهر الشكلية تأثير كبير على مقدار التنافس والترابط بين الأنواع النباتية، فحدوث النموات الخضرية أو تفتح الأزهار وتكوين الثمار للأنواع المختلفة فى مواسم مختلفة من شأنه أن يقلل المنافسة ويزيد من وجود ترابط بين هذه الأنواع.



شكل (٥٥). الظواهر الدورية للنباتات السائدة فى بيئة المنخفضات غير الملحية بمنطقة العميد بالساحل الشمالى الغربى لمصر من سبتمبر حتى أغسطس ١٩٧٨ (عن Ghali 1984 بتصرف) – : الإخضرار (ما قبل الإزهار)، – – التبرعم والإزهار، ▭ إثمار وسقوط البذور، ▬ كمون

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٥ ـ الحيوية و القوة (Vitality and Vigor)

يلاحظ الإنسان عند قياس الكتلة الحية للنبات (أو كمية غطائه) أن بعض الأنواع ذات نمو ضعيف جداً والأخرى ذات نمو قوى جداً وذلك بالمقارنة بنمو نفس النوع فى أماكن أخرى. مثل هذه الملاحظات يمكن أن تعطى بعض المعلومات عن المركز التنافسى للنوع داخل المجتمع النباتى، ويمكن أن تدل أيضاً على الاتجاه التطورى للنوع داخل المجتمع بالمقارنة بالمجتمعات الأخرى. تستخدم عدة خصائص فى تحديد حيوية أو قوة النبات مثل مقادير ومعدلات طول النبات، ونمو الأغصان والأوراق والجذور، والإزهار، والهلاك بسبب آفات، وكمية الأجزاء الميتة وخاصة فى النباتات وسادية الشكل. وقد اقترح برون بلانكيه الاستعانة بالأقسام التالية لتحديد درجة حيوية النبات:

أ ــ ضعيف جداً ولا يثمر إطلاقاً ويرمز له بالرمز (oo)

ب ــ ضعيف ويرمز له بالرمز (o)

جـ ــ عادى ولا يوضع له رمز

د ــ قوى جداً ويرمز له بالرمز (•)

يمكن استخدام صفات الحيوية والقوة والظواهر الدورية للتفريق بين الأنماط البيئية المختلفة (Ecotypes) وهى أفراد تتبع نوع واحد تتشابه فى صفاتها الشكلية ولكن تختلف وراثياً وتختلف فى احتياجاتها البيئية. وعند زراعة بذور من أفراد تابعة لنفس النوع تمثل العديد من المواطن فإن مقدار التباين فى حيويتها وظواهرها الدورية تحدد ما إذا كانت تنتمى إلى نوع متجانس وراثياً أم إلى عدد من الأنماط البيئية داخل نفس النوع. تحدد الاحتياجات البيئية لكل نمط بيئى نتيجة للتغيرات الوظيفية والوراثية التى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تحدث له على مدى زمنى معين، ومن ثم يصبح قادراً على أن يعكس التغيرات الدقيقة فى الظروف البيئية.

٦ـ التصاحب والتشتت (Sociability and Dispersion)

يمكن لنوعين من النباتات لهما نفس كمية الغطاء النباتى أن تتوزع أفراد كل منهما داخل الموقع بطريقة مختلفة تماماً. فعلى سبيل المثال تنمو العديد من النباتات نمواً مفرداً، بينما ينمو نبات السمار (*Juncus rigidus*) على هيئة حزم، أما نبات البوص (*Phragmites australis*) فينتشر فى مساحات متسعة. وطبقاً لبرون بلانكيه فإن درجة التصاحب أو التشتت يمكن أن تحدد باستخدام مقياس خماسى القيمة وهو:

٥ = ينمو فى مواقع متسعة مكوناً جماعات تكاد تخلو غالباً من أفراد الأنواع الأخرى،

٤ = ينمو فى مستعمرات صغيرة أو يكون بُسط كبيرة،

٣ = ينمو على هيئة رقع أو وسائد صغيرة،

٢ = ينمو على هيئة حزم أو مجموعات كثيفة،

١ = ينمو مفرداً.

وبالرغم من ذلك فقد وجد أن التصاحب خاصية مرتبطة بالنوع فى أغلب الأحيان، لذا فليس هناك حاجة لتسجيلها فى الحالات العادية.

٧ـ الترابط بين النوعى (Inter-Specific Association)

يعبر اصطلاح الترابط بين النوعى عن نمو نوعين أو أكثر من النباتات فى تقارب واضح ومتكرر. والترابط بين الأنواع يعود إلى التشابه فى احتياجاتها الغذائية ومجالها البيئى والجغرافى، كما يعود أيضاً إلى اختلاف فى طبيعة النمو وخاصة فيما يتعلق بوجود الجذور على أعماق مختلفة حيث يقلل هذا من المنافسة، وبالتالى يساعد على الترابط بينها. ويحدث الترابط أيضاً

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

نتيجة للتطفل أو للحماية أو الظل، وقد يكون الترابط معنوياً بدرجة كبيرة بحيث يصبح وجود نوع ما دليلاً على وجود نوع آخر. تحديد درجة الترابط بين الأنواع ذو أهمية كبيرة، وخاصة عند محاولة إدخال أنواع جديدة كنباتات مراعى، على سبيل المثال، فى منطقة ما حيث يعتمد ذلك بدرجة كبيرة على مقدرة هذه النباتات المجلوبة (Introduced Species) على أن تترابط مع غيرها من النباتات المحلية (Native Species). وتعبر مقدرة هذه الأنواع على الترابط مع الأنواع المحلية عن إمكانية نجاحها فى استيطان المنطقة المراد زراعتها بها. ويمكن تحديد درجة الترابط بين الأنواع باستخدام أحد معاملات التصاحب أو الترابط مثل:

أ) معامل التصاحب (%) = $\frac{\text{عدد المواقع التى يوجد فيها النوعين سويا}}{\text{عدد المواقع التى يوجد فيها النوع الأول بمفرده} + \text{عدد المواقع التى يوجد فيها النوع الثانى بمفرده}} \times ١٠٠$

ب) مربع كاى (χ^2) لتحديد معنوية الإرتباط بين نوعين ويحسب طبقاً لجدول الاحتمال ٢ × ٢ كما يلى (جدول ١٤):

جدول (١٤). مربع كاى (χ^2) لتحديد معنوية الإرتباط بين نوعين.

النوع الأول / النوع الثانى	موجود	غائب	الكل
موجود	a	b	a + b
غائب	c	d	c + d
الكل	a + c	b + d	

ويمكن حساب كل الإحتمالات المتوقعة كما يلى:

١) احتمال وجود النوعين سويا = $\frac{(a+b)(a+c)}{n}$

٢) احتمال عدم وجود النوعين = $\frac{(b+d)(c+d)}{n}$

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣) احتمال وجود النوع الأول بمفرده = $\frac{(a+c)(c+d)}{n}$

٤) احتمال وجود النوع الثانى بمفرده = $\frac{(a+b)(b+d)}{n}$

ومن ثم يمكن حساب مربع كاى كالآتى:

$$\frac{(ad - bc)^2 \times n}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)} = \frac{\text{(القيمة الملاحظة - القيمة المتوقعة)}^2}{\text{القيمة المتوقعة}} = \chi^2$$

يتم بعد ذلك مقارنة قيمة χ^2 المحسوبة مع القيمة المجدولة تحت درجة حرية قيمتها ١ (جدول ١٥)، فإذا كانت قيمة مربع كاى المحسوبة تساوى أو أكبر من القيم المجدولة فهذا يعنى أن الفرق بين عدد المواقع الملاحظة وعدد المواقع المتوقعة فرقاً معنوياً مما يدل على احتمال كبير لوجود تصاحب بين النوعين. ويمكن تحديد نوعية التصاحب بمقارنة القيمة المحسوبة لتواجد النوعين سوياً بالقيمة المتوقعة، فإن كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة المتوقعة فهذا يفيد أن التصاحب موجب والعكس يعنى أن التصاحب سالب.

جـ ـ معامل الارتباط الخطى البسيط (Simple linear correlation coefficient)

من النواحى المهمة لدراسة تركيب المجتمع النباتى تحديد العلاقة بين كميات الأنواع الموجودة، بدلاً من الاعتماد على مجرد وجود وغياب الأنواع. ومن أبسط وأدق القياسات فى هذا المجال معامل الارتباط الخطى البسيط (Simple linear correlation coefficient) الذى يكشف أى ارتباط ممكن بينها وهو يحسب كما يلى :

$$r = \frac{\sum x_1 x_2 - \frac{\sum x_1 \sum x_2}{n}}{\sqrt{\left(\sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n}\right)\left(\sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n}\right)}}$$

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (١٥). توزيع مربع كاى (χ^2 distribution)

درجة الحرية	درجة الاحتمال		
	0.05	0.01	0.001
1	3.84	6.64	10.83
2	5.99	9.21	13.82
3	7.19	11.35	16.27
4	9.49	13.28	18.47
5	11.07	15.09	20.52
6	12.59	16.81	22.46
7	14.07	18.48	24.32
8	15.51	20.09	26.13
9	16.92	21.67	27.88
10	18.31	23.21	29.59
11	19.68	24.73	31.26
12	21.03	26.22	32.91
13	22.36	27.69	34.53
14	23.69	29.14	36.12
15	25.00	30.58	37.70
16	26.30	32.00	39.25
17	27.59	33.41	40.79
18	28.87	34.81	42.31
19	30.14	36.19	43.82
20	31.41	37.57	45.32
21	32.67	38.93	46.80
22	33.92	40.29	48.27
23	35.17	41.64	49.73
24	36.42	42.98	51.18
25	37.65	44.31	52.62
26	38.89	45.64	54.05
27	40.11	46.96	55.48
28	41.34	48.28	56.89
29	42.56	49.59	58.30
30	43.77	50.89	59.70

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٨ ـ السيادة والوفرة (Dominance and Abundance)

السيادة (Dominance) هى صفة من صفات الكساء الخضرى تعبر عن التأثير السيادى لنوع أو أكثر من الأنواع النباتية فى موقع ما على باقى الأنواع، فيقل عددها وتضعف مقدرتها على النمو وتصبح محدودة الانتشار أو نادرة الوجود. والنباتات السائدة ذات قدرة تنافسية عالية تحت الظروف البيئية للوسط لدرجة أنها تحدد بدرجة كبيرة الظروف التى يجب أن تعيش تحتها النباتات المرافقة. وكمية الغطاء هى الصفة الرئيسية التى تحدد السيادة، ولكن الكثافة والتردد والارتفاع وأشكال الحياة والحيوية تعتبر أيضاً من الصفات الهامة التى تحدد السيادة. أما الوفرة (Abundance) فهى صفة تعبر عن عدد أفراد النوع الواحد (الجماعة) فى وحدة المساحة (أى الكثافة).

وقد استخدم علماء الكساء الخضرى فيما مضى خمسة مصطلحات تعبر عن القيمة النسبية لسيادة ووفرة النباتات وهى : نادر (Rare)، عرضى (Occasional)، متكرر (Frequent)، وافر (Abundant)، و سائد (Dominant). وقد قام برون بلانكيه بمشاركة عظمى فى اختيار وتبسيط وتحوير نظام لتحليل السيادة والوفرة يعتبر بسيطاً من الناحية التطبيقية إلا أنه ليس سطحياً. وطبقاً لهذا النظام تم تحديد القيم القياسية التالية مع استخدام الرموز المجاورة لتعبر عن قيم سيادة كل نوع:

٥ = أى عدد من الأفراد يصنع غطاء يزيد عن $\frac{٣}{٤}$ مساحة الموقع

٤ = أى عدد من الأفراد يصنع غطاء يتراوح بين $\frac{٣}{٤}$ ـ $\frac{١}{٢}$ مساحة الموقع

٣ = أى عدد من الأفراد يصنع غطاء يتراوح بين $\frac{١}{٢}$ ـ $\frac{١}{٤}$ مساحة الموقع

٢ = أى عدد من الأفراد يصنع غطاء يتراوح بين $\frac{١}{٤}$ ـ $\frac{١}{٢٠}$ مساحة الموقع

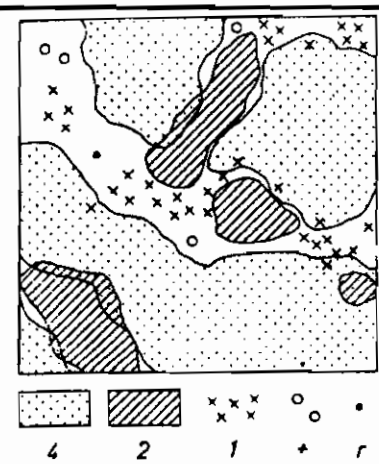
١ = عدة أفراد لها غطاء يقل عن أو يساوى $\frac{١}{٢٠}$ مساحة الموقع

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

+ = أفراد قليلة ذات غطاء قليل جداً

r = فرد واحد ذو غطاء قليل جداً.

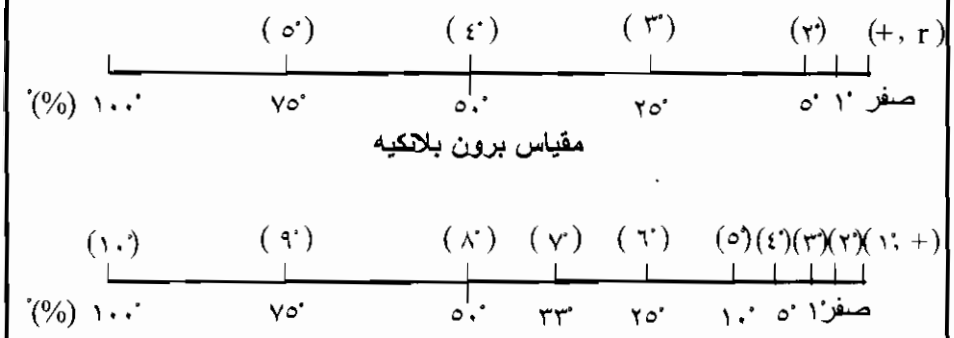
وكما يتضح فإن القيم الأربعة الأولى (٥، ٤، ٣، ٢) تعبر عن الغطاء الذى يصنعه مسقط المجموع الخضرى الهوائى على الأرض بالنسبة لكل نوع نباتى، أما القيم الثلاثة الأخيرة (١، +، r) فإنها تعبر عن وفرة النباتات، لذا فإن هذا المقياس يطلق عليه مسمى المقياس المركب أو مقياس الغطاء والوفرة (Cover - Abundance scale). وغالباً ما تسمى هذه الطريقة بالطريقة شبه الكمية (Semiquantitative) بسبب غلبة الصفة الكيفية عند تقدير القيمة القياسية. والشكل (٥٦) يوضح كيفية استخدام هذا المقياس.



شكل (٥٦). عرض تخطيطى لقيم التقدير المشترك للغطاء والوفرة (4,2,1, + and r) طبقاً لمقياس برون بلانكيه.

وقد استخدم كراجينا (Domin-Krajina Scale) مقياس أكثر تفصيلاً يصلح لمجتمعات الغابات حيث الاختلاف فى الوفرة بين الأنواع النادرة غالباً، ما يسهل ملاحظته (شكل ٥٧). وكما هو معروف فإن الأخطاء التقديرية فى المجتمعات العشبية الغنية بالأنواع يمكن قبولها فى حالة استخدام مقياس دومين ـ كارجينا الأكثر دقة مقارنة بالمقياس الأبسط لبرون بلانكيه.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٥٧). مقارنة بين مقياس برون بلانكية ومقياس دومين كارجينا للغطاء والوفرة.

٩ ـ أشكال الانتشار (Dispersal Types)

لا يفرق العديد من الدارسين لعملية الانتشار بين الشكل الخارجى لوحدات التكاثر (Diaspores) والنمط الفعلى الملاحظ لعملية الانتشار، فالثانى عادة ما يستقرأ من الأول. ولتسهيل التحليل الوظيفى (Functional Analysis) للمجتمعات النباتية بناءاً على هذه الصفة وحساب أطياف لها مثل أطياف أشكال الحياة، اقترح دانسيرو و لمز (Dansereau & Lems 1957) نظاماً تقسيمياً بسيطا من عشرة أشكال للانتشار مبنى بشكل كبير على الخصائص الشكلية لوحدات الانتشار (جدول ١٦). يمكن أن تعكس بعض هذه الأقسام قيم بيئية معينة بغض النظر عن أية اعتبارات أخرى، فعلى سبيل المثال من المحتمل أن يدل قسم الوحدات المتشحمة (Sarcochores) على الانتشار الداخلى بواسطة الحيوانات (Endogamous Animal Dispersal). وقد أوضح دانسيرو ولمز كيف يمكن استخدام هذا النظام البسيط فى التحليل البيئى حيث قارنوا مراحل تعاقبية مختلفة فى الحقول المهجورة فى وادى سانت لوران، وقد تميزت المراحل الأولى للتعاقب بسيادة وحدات التناثر شعرية الزوائد (Pogonochores) يليها الوحدات المتشحمة (Sarcochores). ولوحظ فى اتجاه

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المراحل المتأخرة من التعاقب زيادة تنوع أشكال الانتشار مع شيوع الوحدات المقذوفة (Ballochores) والمترسبة (Auxochores) فى الطبقات السفلية من الغابات. وبالرغم من أن هذا النظام مختصر وبسيط لكنه يربط بين شكل وحدات الانتشار ووظيفتها، لذا فإن له أهمية تفسيرية عظيمة.

جدول (١٦). مخطط أشكال الانتشار طبقاً لنظام دانسيرو ولمز (Dansereau & Lems 1957).

شكل الانتشار		الوصف
المصطلح العربى	المصطلح الانجليزى	
مترسب	Auxochore	لا يحدث انفصال وحدة التناثر من النبات الوالد قبل ترسبها فى موقع أكثر تطوراً.
ملتف	Cyclochore	وحدة التناثر شديدة الالتفاف بالنسبة للجزء التكاثرى الفعلى.
جناحى	Pterochore	وحدة التناثر ذات زوائد حرشفية، جناحية الشكل أو كيسية.
شعرى	Pogonochore	وحدة التناثر ذات زوائد شعرية طويلة أو ريشية.
شوكى	Desmochore	وحدة التناثر ذات زوائد قصيرة، صلبة، شوكية، غدية أو مخاطية تلتصق على الأسطح الخشنة.
متشحم	Sarcochore	ليس لوحدة التناثر زوائد، لكنها ذات طبقات خارجية عصيرية أو لحمية.
بوغى	Sporochore	وحدة التناثر خفيفة الوزن بدرجة تكفى لأن تحمل بواسطة النسيم (تزن ٠,٠٠٤ مجم أو أقل).
صلب صغير	Microsclerochore	وحدة التناثر بدون زوائد، ثقيلة عن أن تحمل بواسطة النسيم (٠,٠٠٤ ــ ٠,٤٩٩ مجم).
صلب كبير	Megasclerochore	وحدة التناثر بدون زوائد، ثقيلة عن أن تحمل بواسطة النسيم (٠,٥٠٠ ــ ٩٩٩,٠ مجم).
ثقيل	Barochore	وحدة التناثر بدون زوائد وثقيلة جداً (> ١٠٠٠مجم).
مقذوف	Ballochore	النبات الوالد له ميكانيكية قذف وحدات التناثر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وفى مصر، قام الشيخ (El-Shaikh 1996) بتحليل الكساء الخضرى المستحدث (Ruderal vegetation) بمنطقة دلتا النيل بناءاً على هذه الصفة وقد توصل إلى النتائج المدونة فى جدول (١٧)، ومنها يتضح أن الاشكال الصلبة الصغيرة والمقذوفة والشعرية (٢١,٤، ١٨,٥، ١٦,٩% على التوالى) هى الأكثر سيادة. وقد لاحظ أن الأشكال شعرية الزوائد (Pogonochores) والبوغية (Sporochores) أكثر انتشاراً على جوانب السكك الحديدية مقارنة بالمواطن المستحدثة الأخرى مما يسهل عملية انتشارها بواسطة التيارات الهوائية الناشئة عن حركة القطارات. كما لاحظ أن الحقول المهجورة يسودها نباتات لها وحدات انتشار ذات أشكال مقذوفة وأن غالبية النباتات حولية مما يدل على أن عملية قذف وحدات التناثر مرتبطة بجفاف الحوليات عند نهاية الموسم.

جدول (١٧). طيف أشكال انتشار نباتات الكساء الخضرى المستحدث بمنطقة دلتا النيل (El-Sheikh 1996).

أشكال الانتشار	مترسب	ملتف	جناحى	شعرى	شوكى	متشحم	بوغى	صلب صغير	صلب كبير	ثقيل	مقذوف	الكل
عدد النباتات	١٣	٧	١٧	٤٢	٣٤	٢٢	-	٥٣	١٤	-	٤٦	٢٤٨
النسبة	٥,٢	٢,٨	٦,٩	١٦,٩	١٣,٧	٨,٩	-	٢١,٤	٥,٦	-	١٨,٥	١٠٠

١٠ـ أشكال الجنس (Sex Forms)

يتم وصف أشكال الجنس، تقليدياً باستخدام مصطلحات شكلية مبنية أساساً على توزيع الأمشاج الأنثوية والذكرية داخل أزهار فرد ما وداخل الأفراد فى الجماعة، ومن المصطلحات الأساسية المستخدمة فى وصف أشكال الجنس ما يلى (طبقاً لـ Bawa & Beach 1981):

١ ــ مذكر (Male). تحمل أفراد الجماعة أزهار مذكرة فقط.

٢ ــ مؤنث (Female). تحمل الأفراد أزهار مؤنثة فقط.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ خنثى (Hermaphrodite). تحمل الأفراد أزهار ثنائية الجنس فقط (خنثى).

٤ ــ وحيد المسكن (Monoecious). يحمل الفرد الواحد أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة.

٥ ــ وحيد المسكن طلعى (Andromonoecious). يحمل الفرد الواحد أزهار مذكرة وأزهار ثنائية الجنس.

٦ ــ وحيد المسكن متاعى (Gynomonoecious). يحمل الفرد الواحد أزهاراً مؤنثة وأزهاراً ثنائية الجنس.

٧ ــ وحيد المسكن ثلاثى (Trimonecious). يحمل الفرد الواحد أزهاراً مذكرة ومؤنثة وثنائية الجنس.

٨ ــ ثنائى المسكن طلعى (Androdioecious). الجماعة الواحدة ذات أزهار مذكرة وأزهار خنثى على أفراد منفصلة.

٩ ــ ثنائى المسكن متاعى (Gynodioecious). الجماعة الواحدة ذات أزهار مؤنثة وأزهار خنثى على أفراد منفصلة.

١٠ ــ ثلاثى المسكن (Trioecious). يستخدم للتعبير عن الجماعة ذات الأزهار المذكرة والمؤنثة والخنثى على أفراد مختلفة. ويسمى هذا القسم أيضاً عديد المسكن (Polyoecious).

وطبقاً لما سبق، فإن معظم كاسيات البذور، ومن الناحية الجنسية، إما أنها أحادية الشكل (Monomorphic) مثل الخنثى أو وحيدة المسكن الطلعى (كل أفراد الجماعة متماثلين فى تعبيرهم الجنسى)، أو ثنائية الشكل (Dimorphic) مثل ثنائى المسكن، وثنائى المسكن متاعى (بمعنى أن لها شكلين مختلفين من أشكال الجنس داخل أفراد الجماعة الواحدة). أما النظم الجنسية عديدة الأشكال

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(التى لها أكثر من شكلين من أشكال الجنس مثل ثلاثية المسكن) غير معروفة بشكل عام فى نماذج تطور الجنس، ومع ذلك فقد توصل القبلاوى (El-Keblawy 1994) إلى أن النظام الجنسى لنبات المثنان (*Thymelaea hirsuta*) المنتشر على طول الساحل الشمالى الغربى لمصر نظام مركب وأن جنس كثير من أفراد جماعاته غير ثابت أثناء فترة الإزهار. وقد تم تصنيف النظام الجنسى لهذا النبات على أساس التوزيع المكانى لأعضاء التكاثر إلى سبعة أشكال هى المذكر، المؤنث، وحيد المسكن، خنثى، وحيد المسكن متاعى، وحيد مسكن ثلاثى. وقد لوحظ أن تكرارية هذه الأشكال الجنسية تعتمد بدرجة معنوية على الوقت الذى تم تسجيل الجنس عنده، كما أن الأفراد المذكرة والمؤنثة كانت أكثر تكرارية من الأشكال الأخرى.

١١ـ المظهر العام (Physiognomy)

تعبر هذه الصفة عن المظهر العام والشكل الخارجى للكساء الخضرى فى منطقة أو موقع ما. يحدد المظهر العام للكساء الخضرى صفات متعددة مثل أشكال حياة النباتات السائدة، وكثافتها، وما تصنعة من غطاء، ارتفاعها، والعلاقات الاجتماعية وغيرها. وتعتبر صفة المظهر العام من الصفات الوصفية التركيبية ويجب تعريفها قبل البدء فى دراسة الصفات الأخرى للمجتمعات النباتية. يمكن التعبير عن هذه الصفة باستخدام مصطلح مفرد، فعلى سبيل المثال نظرة سريعة إلى مجتمع من النباتات تسوده الأشجار مع بعض الشجيرات سوف يدل أنه مجتمع غابات. وبالمثل يمكن أن يكون أراضى حشائش أو صحارى أو غيرها. ولتحديد المظهر العام لمنطقة ما يجب أن يكون الباحث قريباً منها بما يكفى لمعرفة محتواها بدقة حيث أن النظر من بعد كبير قد يعطى تقييماً خادعاً للمظهر العام. فعلى سبيل المثال عند النظر من بعد إلى مناطق السافانا تعطى الأشجار المتناثرة مظهراً تسوده الأشجار، مثل

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

هذه السيادة تسمى سيادة مظهرية (Physiognomic dominance)، ولكن عند الاقتراب من المنطقة يتضح أن السيادة الفعلية للنجيليات، وليس للأشجار، حيث أنها ذات التأثير البيئى الأقوى فى المنطقة، ولذلك فإن هذه السيادة تسمى سيادة بيئية (Ecological dominance).

١٢ـ الولاء (Fidelity)

تعبر صفة الولاء عن التوزيع الاجتماعى للأنواع، وتدل درجة الولاء على مدى ارتباط نوع معين بمجتمع بذاته. فكما أن هناك من النباتات ما يرتبط وجوده بنوع من أنواع الترب أو بمناخ موضعى خاص، فإن هناك أيضاً أنواعاً يقتصر وجودها على مجتمع معين ولا توجد فى سواه وهى بذلك تكون ذات ولاء قوى لهذا المجتمع. وفى المقابل هناك من الأنواع ما يتكرر وجوده فى مجتمعات متعددة ولذا فإنه يوصف بضعف الولاء. وتعتبر الاحتياجات البيئية والقدرة التنافسية من أهم العوامل التى تؤثر فى ارتباط نوع ما بمجتمع محدد. وقد عرف برون بلانكيه (كما ورد فى Kent & Coker 1992) خمس درجات من ولاء الأنواع لمجتمعاتها وهى:

٥ = الأنواع الاقتصارية (Exclusive species). وهى الأنواع التى يقتصر وجودها اقتصاراً تاماً أو شبه تام على مجتمع معين لا تتعداه إلى غيره.

٤ = الأنواع الانتخابية (Selective species). وهى التى توجد بوفرة فى مجتمع معين، لكنها قد توجد مصادفة وبصورة نادرة فى مجتمعات أخرى.

٣ = الأنواع التفضيلية (Pereferential species). وهى الأنواع التى توجد فى العديد من المجتمعات بشكل سائد تقريباً ولكن تكثر سيادتها وحيويتها فى مجتمع معين،

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ = الأنواع الحيادية (Indifferent species). وهى التى ليس لها ميل محـــدد تجاه مجتمع بعينه.

١ = الأنواع العارضة (Accidental species). وهى الأنواع النـــادرة والتـــى تعتبر عوارض دخيلة من مجتمع آخر، وقد تكون من بقايا مجتمع سابق.

تعتبر نباتات الدرجات الثلاث الأولى (٥، ٤، ٣) هى الأنـــواع المميزة للمجتمع (Character species)، أما أنواع الدرجة (٢) فتسمى أنواعـــاً مرافقـــة (Companions). وتعتبر النباتات المميزة كواشف بيئية هامة (Environmental Indicators)، كما أنها تحدد تفرد المجتمع من الناحية الاجتماعية، وهى فـــوق ذلك تحدد موضع المجتمع فى سلسلة التعاقب والتطور التى يمر بها فى مختلف أطوار تكوينه منذ نشأته الأولى حتى يبلغ الطور الذروى. تدل زيـــادة نسـبة الأنواع المميزة (على أساس درجة الولاء) على شـــدة تمـيز المجتمـــع مـــن الناحيتين الاجتماعية والبيئية.

وقد أشار بور (كما ورد فى Kent & Coker 1992) أن درجة ولاء نـــوع معين يمكن تحديدها بشكل كامل فقط حينما يوصف الكساء الخضرى لمنطقـــة ما، ولذا فإن صفة الولاء تعكس بشكل كبير مفهوماً ذا بعد جغرافى، ومع ذلـك يرتبط هذا المفهوم أيضاً بحجم المنطقة الجغرافية المستخدمة فى تحديد الـولاء. وأحياناً ما يختلط مفهوم الولاء مع مفهوم ثبوت الأنواع داخل المجتمعـــات أو العشائر. فالنوع ذو الثبوت الكبير فى عشيرة ما (association) ليس بالضرورة ذو درجة ولاء عالية لها.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ثانياً : الصفات الكمية

١ ـ التنوع (Species Diversity)

يعتبر التنوع أحد المفاهيم الأساسية فى علم البيئة والتى تستخدم لتوصيف المجتمعات والنظم البيئية. وهو خاصية كبيرة للمجتمعات تشمل كلاً من عدد الأنواع المكونة للمجتمع وتوزيع الأفراد بينها. يتغير أى دليل للتنوع بين قيمة صغرى حينما تكون كل الأفراد الموجودة فى المجتمع منتمية إلى نوع واحد، وقيمة كبرى حينما ينتمى كل فرد إلى نوع مختلف. وعموماً يزداد التنوع كلما ازداد عدد الأنواع فى الموقع وكلما أصبح توزيع المتغيرات مثل الكثافة أو الكتلة الحية متساوياً بين الأنواع. وبناءاً على ذلك فإننا فى حاجة إلى نوعين من القياس هما: ١ ــ التنوع الأصلى (Diversity proper) أو وفرة المجتمع من الأنواع، و ٢ ــ التنوع الكمى للأنواع (علاقات معامل الأهمية).

أولاً : قياسات الوفرة النوعية (Species Richness)

يعتبر متوسط عدد الأنواع فى وحدة المساحة القياس الأكثر عمومية وملائمة، ويتطلب تحديد مساحة قياسية مثل الهكتار أو ١٠/١ الهكتار (١٠٠٠م٢) أو ١٠٠م٢. وبالرغم من أن العينات القياسية ذات الأحجام المختلفة ليس من السهل مقارنتها، إلا أنه عن طريق العلاقة اللوغريتمية لعدد الأنواع بالنسبة لمساحة العينة (الموقع) ككل يمكن عمل هذه المقارنة مثل:

$$D = S / \log A$$

حيث D : معامل الوفرة النوعية، S : العدد الكلى للأنواع فى العينة، و A : مساحة العينة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ثانياً : قياسات التوزيع الكمى للأنواع

أ ــ قياس الانتظام النسبى (Relative Equitability or Evenness)

أهم المعاملات المستخدمة فى هذا المجال هو معامل شانون ــ وينر (Shannon-Wiener Index) :

$$H^1 = \sum_{i=1}^{S} Pi \log Pi$$

حيث S : عدد الأنواع فى العينة، Pi معامل الأهمية النسبية (مثل الكثافة أو الغطاء النسبى) للنوع i.

ب ــ قياس التركيز السيادى النسبى (Relative Concentration of Dominance)

يعتبر معامل سمبسون (Simpson Index) أحد أبسط وأكثر المعاملات استخداماً فى هذا المجال:

$$C = \sum_{i=1}^{S} Pi^2$$

ثالثاً : قياسات العائد النوعى (Species Turnover)

يختلف قياس العائد النوعى عن القياسات السابقة فى أنه مؤسس على نسب أو فروق، ويمكن تعريفه على أنه مدى استبدال الأنواع أو التغير الحيوى على طول تدرجات الوسط المحيط، ويسمى أيضاً تنوع بيتا (Beta diversiy). وقياس تنوع بيتا مهم من ثلاثة أوجه على الأقل:

١ ــ يوضح الدرجة التى تقتسم بها الأنواع المواطن.

٢ ــ يمكن استخدام قيمتها لمقارنة تنوع المواطن فى نظم بيئية مختلفة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ تعطى مع بقية القياسات السابقة صورة كاملة للتنوع الكلى أو عدم التجـــانس الحيوى فى منطقة ما. ومن المقاييس المهمة فى هذا المجال ما يلى:

أ ــ مقياس ويتيكر: $\beta w = (S / \overline{\alpha}) - 1$

حيث S : العدد الكلى للأنواع المسجلة فى النظام البيئـــى أو الموطـــن محـــل الدراسة، $\overline{\alpha}$: الوفرة النوعية فى هذا الموطن (متوسط عدد الأنواع المجـــودة داخل عينات المجتمع)

ب ــ مقياس العائد النوعى: $\beta_T = [g(H) + l(H)] / 2 \ \overline{\alpha}$

حيث g(H) : عدد الأنواع المكتسبة بعد بداية التدرج

حيث l(H) : عدد الأنواع المفقودة عند نهاية التدرج

يبدو أن تنوع المجتمعات ناتج عن ما يلى: ١ ــ ظـــروف بيئيـــة غـــير متطرفة، ٢ ــ الاستقرار النسبى لظـــروف الوســـط المحيـــط، ٣ ــ الزمـــن التطورى والتعاقبى، ٤ ــ نوع المجتمع الذى ينمو خلال ذلـــك الزمـــن. مـــن الصعب الفصل بين تأثيرات القسوة المزمنة للوسط المحيط، وسعة التذبذبـــات المنتظمة، وعدم انتظام وتوقع التذبذبات الأخرى. وعموماً فإن التنـــوع يكـــون منخفضاً فى العديد من الأوساط المحيطة غير المستقرة، ولكن بعض مجتمعات الصحارى التى تتعرض لتغيرات واسعة غير منتظمة فى الهطول لها تـــنـــوع عالى بالنسبة لهذا التغير. وبالرغم من صعوبة قياس الزمن التطورى إلا أنـــه مهم حيث أن التنوع يزداد على طول هذا المدى الزمنى. ومـــن المقـــترح أن عملية زيادة تنوع النباتات الأرضية والحشرات مع اســـتكمال العـــش البيئـــى (Niche hyperspace) واقتسام المواطن (Habitat hyperspace) هـــى عمليـــة تطورية ذاتية النماء دون حد بين.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ ـ الكثافة (Density)

تعبر هذه الصفة عن عدد الأفراد فى وحدة المساحة سواء بالنسبة لجماعة النوع الواحد أو للمجتمع النباتى ككل. ورغم أن عملية عد النباتات تعتبر عملية تحليلية سهلة، إلا أنه غالباً ما تكتنفها العديد من المصاعب عند التطبيق مثل:

١ ــ تحديد الفرد حيث أن الأشجار والحوليات أحادية الساق من السهل تحديد أفرادها، أما باقى أشكال الحياة المختلفة مثل النباتات المدادة والريزومية فمن الصعب تحديد أفرادها (مثال ذلك نبات النجيل).

٢ ــ التأثير الحافّى للأطر المساحية (المربعات مثلاً) التى تستخدم فى عد النباتات، حيث غالباً ما توجد بعض الأفراد على حافة الأطر مما يستدعى تقرير ما إذا كان الفرد داخل الإطار أم خارجه. تتفاقم هذه المشكلة فى حالة الكساء الخضرى الكثيف (مثل الحشائش) والأطر صغيرة الحجم.

٣ ــ الوقت الذى تستغرقه هذه العملية وخاصة فى حالة النباتات العشبية. ولذا فمن المهم تحديد الهدف من الدراسة قبل استهلاك الوقت فى عملية العد، حيث أن عملية العد ذات أهمية خاصة إذا كان الهدف تحديد مقدار تغير الكساء الخضرى مع الزمن أو التغيرات الناتجة عن المعاملات التجريبية.

وقيم الكثافة ذات مدلول للتعبير عن أهمية الأنواع فى منطقة ما، إلا أن ذلك صحيح فقط عندما تكون الأنواع متشابهة فى مظهر حياتها وحجمها، ولكن عندما تختلف النباتات فى أشكال حياتها وحجمها، كما هو الحال فى غطاء نباتى خليط من الحشائش والأعشاب والشجيرات القصيرة، فإن قيم الكثافة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وحدها تصبح غير كافية للمقارنة بين أهمية أنواع ذات أشكال حياة مختلفة ومن ثم فلابد من تقدير صفات أخرى مثل التردد والغطاء النباتى.

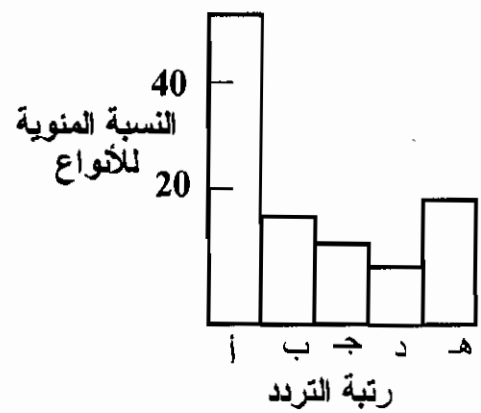
٣ ـ التردد (Frequency)

يعبر التردد عن عدد مرات تواجد النوع بالنسبة لعدد معين من الأطر المساحية مثل المربعات أو الدوائر كما فى الطرائق متعددة الأطر (Multiple-Plot Methods)، أو النقاط كما فى الطرائق غير المساحية (Plotless Methods). يختلف التردد عن الكثافة والغطاء النباتى فى أنه مقياس غير مطلق وهذا يعنى أن النتيجة مرتبطة جزئياً بحجم وشكل الإطار المساحى المستخدم فى أخذ العينات. يعطى التردد دليلاً خاصاً عن انتظام توزيع الأفراد التابعة للنوع الواحد وذلك تمييزا له عما تعنيه الكثافة، فعلى سبيل المثال النوع النباتى ذو الأفراد الكثيرة جداً المركزة فى رقع له ترددات قليلة، بينما النوع الذى له نفس عدد الأفراد ولكنها منتشرة داخل مساحة الموقع محل الدراسة تظهر تردداً قد يصل إلى ١٠٠%. وعموماً فإن قيم التردد تختلف باختلاف تأثير الأنواع السائدة ذات القدرة التنافسية العالية، وكلما زاد تردد نوع واحد أو أكثر كلما دل ذلك على زيادة تجانس توزيع النباتات داخل الموقع.

استخرج رونكير (نقلاً عن Smith 1983) من نتائج سابقة قانوناً للترددات، فإذا قسمنا العدد الكلى للأنواع فى المجتمع إلى خمسة رتب طبقاً لنسبة ترددها كما يلى: أ : ٠ ــ ٢٠%، ب : ٢١ ــ ٤٠%، جـ : ٤١ ــ ٦٠%، د : ٦١ ــ ٨٠%، هـ : ٨١ ــ ١٠٠%، فإن قانون الترددات طبقاً لرونكير يقول أن : أ > ب > جـ $\geq$ د > هـ وذلك حسبما يتضح من شكل (٥٨). يتطابق التناقص العام فى المراتب الثلاثة أو الأربعة الأولى مع الخبرة الحقلية لعلماء النبات حيث أن الأنواع النادرة عادة ما تكون أكثر عدداً من الأنواع الشائعة،

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أما الارتفاع فى الرتبة الخامسة فهو غير متوقع. ومن الجدير بالذكر أن نسب ترددات الأنواع المكونة لبعض المجتمعات فى الصحراء الشرقية لمصر كما قدرها القصاص (Kassas 1953) تتطابق تماماً مع قانون الترددات لرونكير.



شكل (٥٨). "قانون الترددات". البيانات الكلية لعدد من المجتمعات النباتية الإسكندنافية أ : ٠ ــ ٢٠% ، ب : ٢١ ــ ٤٠%، جـ : ٤١ ــ ٦٠%، د : ٦١ ــ ٨٠%، هـ : ٨١ ــ ١٠٠% (نقلاً عن Smith 1983).

طرائق تقدير الكثافة والتردد

أولاً : طريقة المربعات (Quadrat Method)

فى هذه الطريقة يتم إلقاء عدد من المربعات معلومة المساحة (سوف نتناول بالشرح فيما بعد كيفية تحديد العدد الكافى من المربعات وطرائق إلقائها). يتم حصر عدد الأفراد التابعة لكل نوع نباتى داخل كل مربع ثم تحسب الكثافة والتردد كما يلى:

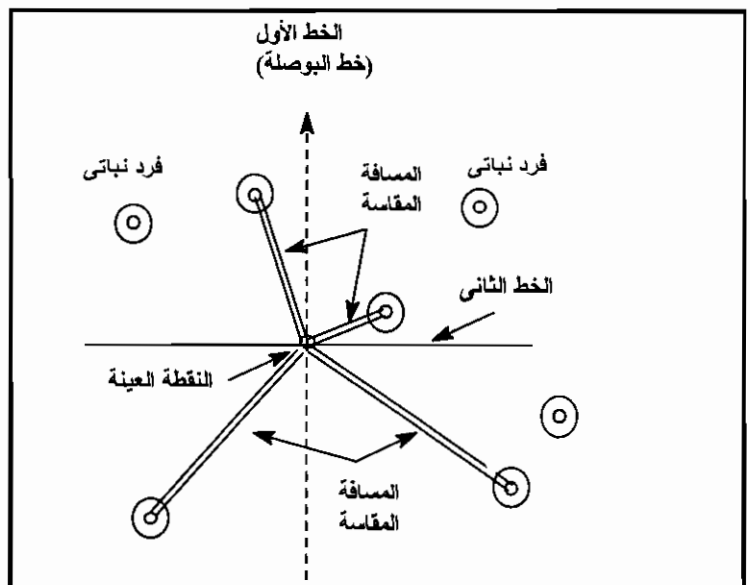
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

$$\text{الكثافة (لكل ١٠٠ م٢)} = \frac{\text{العدد الكلى للأفراد التابعة للنوع الواحد}}{\text{عدد المربعات المستخدمة فى القياس} \times \text{مساحة المربع (م٢)}} \times ١٠٠$$

$$\text{التردد (لكل ١٠٠ مربع)} = \frac{\text{عدد المربعات التى ظهر فيها النوع}}{\text{عدد المربعات المستخدمة فى القياس}} \times ١٠٠$$

ثانياً : طريقة الربع مركزى النقطة (Point-Centered Quarter Method)

فى هذه الطريقة يتم إلقاء عدد من النقاط (ويتم تحديد عددها وطريقة إلقائها بنفس الوسائل المستخدمة فى الطريقة السابقة)، تمثل كل نقطة مركز خطين متعامدين يقسمان المساحة حول النقطة إلى أربعة أرباع. تقاس المسافة بين أقرب فرد يقع فى نطاق كل ربع والنقطة المركزية (شكل ٥٩)، ثم تحسب المسافة بين كل فرد والآخر عن طريق جمع كل المسافات المقاسة وقسمتها على العدد الكلى للأرباع المستخدمة. يتم بعد ذلك حساب المساحة المتوسطة وذلك بتربيع المسافة المتوسطة كما يلى :



شكل (٥٩). طريقة الربع مركزى النقطة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

$$\text{المسافة المتوسطة (م)} = \frac{\text{المجموع الكلى للمسافات المقاسة}}{\text{عدد النقاط المستخدمة} \times 4}$$

$$\text{المساحة المتوسطة (م}^2\text{)} = \text{مربع المسافة المتوسطة}$$

$$\text{الكثافة الكلية لجميع الأنواع (لكل ١٠٠ م}^2\text{)} = \frac{\text{وحدة المساحة (ولتكن ١٠٠ م}^2\text{)}}{\text{المساحة المتوسطة}}$$

يتم بعد ذلك حساب الكثافة النسبية والمطلقة لكل نوع كما يلى :

$$\text{الكثافة النسبية للنوع الواحد (\%)} = \frac{\text{عدد الأفراد التابعة للنوع الواحد}}{\text{عدد الأفراد التابعة لكل الأنواع}} \times ١٠٠$$

$$\text{الكثافة المطلقة للنوع الواحد} = \text{الكثافة النسبية للنوع} \times \text{الكثافة الكلية لجميع الأنواع (لكل ١٠٠ م}^2\text{)}$$

كما يتم حساب التردد كما يلى:

$$\text{التردد (لكل ١٠٠ نقطة)} = \frac{\text{عدد النقاط التى ظهر حولها النوع}}{\text{عدد النقاط المستخدمة فى القياس}} \times ١٠٠$$

ومن مزايا استخدام هذه الطريقة ما يلى:١ ــ لا تحتاج إلى إلقاء أطر مساحية، ٢ ــ تدخر جزءاً من الوقت الذى تحتاجه طريقة المربعات، ٣ ــ تزيل إلى حد ما الخطأ الشخصى الناشئ عن تحديد ما إذا كان الفرد يقع داخل المربع أم خارجه (التأثير الحافى).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

طرائق توزيع المربعات والنقاط

أ) **الطريقة العشوائية (Random Sampling)**. تمثل الطريقة العشوائية أفضل وسيلة للحصول على مواضع عشوائية للمربعات أو النقاط المستخدمة فى تقدير الكثافة والتردد. ويتم ذلك بالإستعانة بجدول الأرقام العشوائية لاختيار إحداثيين لكل مربع أو نقطة أحدهما تمثل طول الموقع والآخر يمثل عرضه، وقد يستعاض عن ذلك باستخدام مجموعتين من البطاقات المرقمة، تمثل المجموعة الأولى أبعاد طول الموقع وتمثل الثانية أبعاد عرض الموقع بالمتر ثم تسحب بالقرعة بطاقة من كل مجموعة ليتكون بذلك إحداثى المربع الأول أو النقطة الأولى، ثم تكرر هذه العملية بعدد المربعات أو النقاط التى سوف تستخدم فىعملية التقدير. ومن مزايا هذه الطريقة إمكانية تقدير التباين حول الوسط الحسابى بدقة، ومن ثم إجراء العديد من التحليلات الإحصائية عليها.

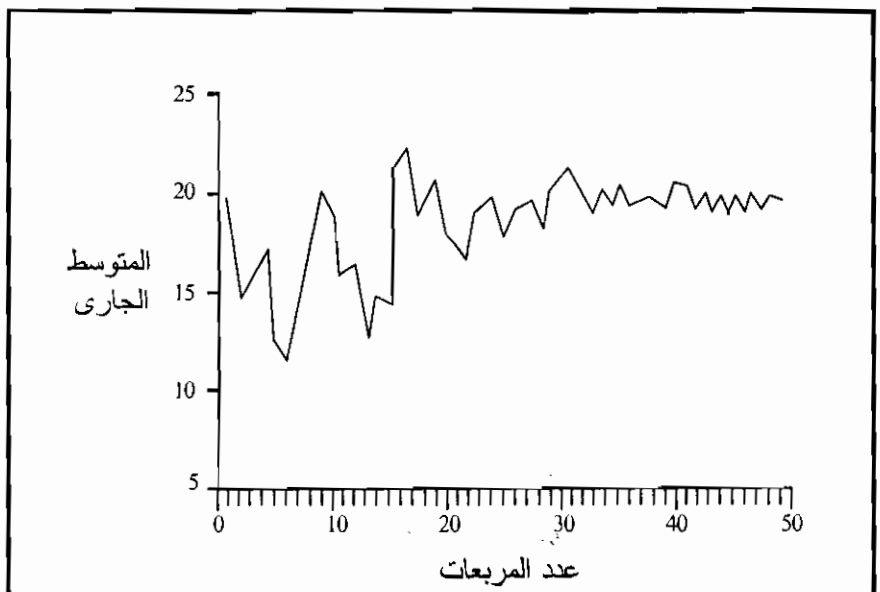
ب) **الطريقة المنتظمة (Regular Sampling)**. يوصى باستعمال هذه الطريقة إذا كان توزيع المجتمعات النباتية يحيد كثيراً عن التوزيع العشوائى مثل التوزيع الكتلى : (Contagious Distribution)، وخاصة إذا كانت الكتل نفسها موزعة توزيعاً غير عشوائى، وفى مثل هذه الحالة فإن استخدام شبكة من المربعات أو النقاط منتظمة التوزيع (ذات أبعاد متساوية عن بعضها البعض) يبدو أنها تعطى أفضل تعبير عن مدى تباين الكساء الخضرى داخل الموقع موضع الدراسة.

جـ) **الطريقة جزئية العشوائية (Stratified Partial Random Method)**. وهى طريقة تجمع بين الطريقتين السابقتين (العشوائية والمنتظمة) وفيها يتم تقسيم الموقع إلى أقسام متساوية المساحة إلى حد ما، وداخل هذه المساحات الجزئية يتم إلقاء نفس العدد من المربعات أو النقاط ولكن بطريقة عشوائية. مثل هذه الطريقة تصلح للمواقع غير المتجانسة تضاريسياً ونباتياً.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تقدير العدد الكافى من المربعات أو النقاط

يتم ذلك بالإستعانة بطريقة المتوسط الجارى (Running Mean Method) والتى تتضمن إلقاء مربعين أو نقطتين ثم حساب متوسط كثافة النوع الأكثر سيادة، ثم نلقى بالمربع الثالث أو النقطة الثالثة ويحسب متوسط كثافة نفس النوع فى المربعات أو النقاط الثلاثة، ثم نلقى بالمربع الرابع أو النقطة الرابعة ويحسب المتوسط وهكذا حتى نلاحظ أن إلقاء مربعات أو نقاط إضافية لا يؤثر تأثيراً ملحوظاً على المتوسط، عند ذلك يكون عدد المربعات أو النقاط الملقاه كافية للتعبير عن المجتمع النباتى الذى يسوده هذا النبات (شكل ٦٠).



شكل (٦٠). طريقة المتوسط الجارى لتقدير العدد الكافى من المربعات أو النقاط اللازمة لتحديد كثافة وتردد الجماعات النباتية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مساحة وشكل الإطار المساحى

إذا كانت أفراد الجماعة أو المجتمع موزعة توزيعاً عشوائياً، عندئذ يصبح حجم المربع مرتبطاً فقط بشكل حياة النباتات السائدة وتستخدم مساحات صغيرة فى حالة النباتات صغيرة الحجم ومساحات كبيرة فى حالة النباتات كبيرة الحجم. وقد اقترح كين وكاسترو (نقلاً عن Mueller-Dombois & Ellenberg 1974) هذه الأحجام التجريبية:

طبقة الحزازيات	٠,٠١ ــ ٠,١ م^{٢}
طبقة الأعشاب	١ ــ ٢ م^{٢}
الشجيرات القصيرة والأعشاب الطويلة	٤ م^{٢}
الأشجار	١٠٠ م^{٢}

وفى الغالب لا تتوزع الأفراد النباتية عشوائياً ومن ثم تصبح مساحة الإطار لها تأثير على مقدار التباين حول الوسط الحسابى، فإذا كان التوزيع كتلى مثلاً فإن مقدار التباين يصل إلى أعلى قياس له عندما يكون مساحة الإطار مساويةً تقريباً لمتوسط المساحة التى تشغلها كل كتلة من كتل الأفراد. ومن الناحية النظرية تعتبر المساحة المثلى للإطار هى التى تماثل أصغر مساحة لتجمعات الأفراد والتى يرتبط أيضاً بحجم الأفراد المكونة للكساء الخضرى. أما فيما يتعلق بشكل العينة فقد جرت العادة على أن تكون مربعة الشكل ولكن فى بعض الأحيان قد تكون مستطيلة أو دائرية أو حتى مثلثة الشكل.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٤ـ الغطاء (Cover)

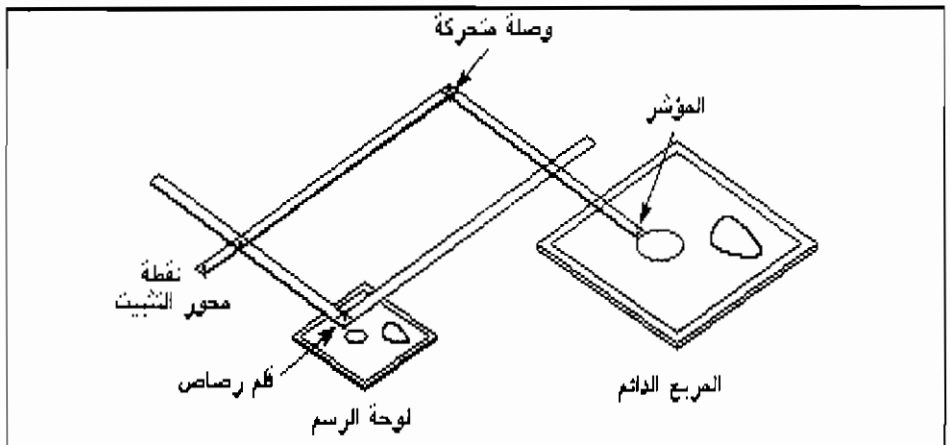
عادة ما يعرف الغطاء النباتى على أنه المسقط الرأسى لظلل (Crown) النباتات أو مجموعها الخضرى على سطح الأرض معبراً عنها كنسبة مئوية من مساحة مرجعية. ويمكن أن يعبر عنه أيضاً كنسبة بروز مساحة القاعدة (Basal Area) إلى سطح الأرض. وتعرف مساحة القاعدة على أنها مساحة الأرض المخترقة بجذوع وسوق النباتات والتى ترى بوضوح عندما يزال المجموع الخضرى عند مستوى ٢,٥سم من سطح الأرض أو أى مستوى آخر يراه الباحث مناسباً. يعتبر الغطاء النباتى مقياساً ذو قيمة بيئية أعظم من الكثافة. وقد بنيت هذه الفكرة على أساس أن الغطاء يعطى قياساً أفضل لكتلة النبات الحية عما تعطيه الكثافة. والغطاء، كمقياس كمى، يمكن عن طريقه تقييم ومقارنة كل أشكال حياة النباتات من الأشجار إلى الحزازيات. يمكن تقدير الغطاء النباتى بعدة طرائق اعتماداً على شكل الكساء الخضرى وأهداف الدراسة.

أولاً) طريقة رسم المربع (Quadrat -Charting Method)

تعتبر هذه الطريقة مفيدة فقط فى حالة المربعات المستديمة المستخدمة فى إجراء الدراسات المتعلقة بالتغيرات التعاقبية والموسمية للغطاء النباتى العشبى فى نفس المكان لأن رسم خريطة نباتية للمربع عملية مستهلكة للوقت. وتتلخص هذه الطريقة فى حالة المربعات مساحة ١ م^{٢} فى رسم خط تقاطع مساحة ظلل أنواع نباتية معينة أو مجامعيها الخضرية القاعدية بمقياس رسم معين على ورقة رسم بيانى يدوياً أو باستخدام المنساخ (Pantograph) الموضح فى شكل (٦١). والمساحة المغطاة بالنباتات على الخريطة يمكن قياسها باستخدام مقياس المساحة (Area-meter)، كما يمكن قياس هذه المساحة عن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

طريق حساب عدد المربعات (المربع يمثل ١ سم على ورقة الرسم) وأجزاؤها وحساب نسبة هذه المساحة إلى المساحة الكلية للخريطة.



شكل (٦١). المنساخ (Pantograph).

ثانياً) طريقة تقاطع النقطة (Point-Intercept Method)

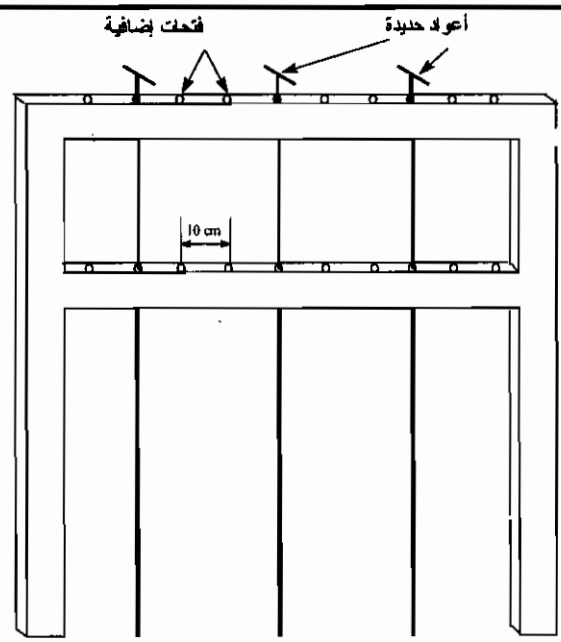
يمكن قياس الغطاء النباتى عن طريق إلقاء عدد من النقاط وتحديد الأفراد النباتية التى تتقاطع معها. ومن الأدوات المفيدة فى تقدير غطاء الكساء الخضرى العشبى أو الشجيرى المتقزم ذو الحجم العادى (طوله ٢٠ ــ ٥٠سم) هيكل تردد النقطة (Point-Frequency Frame)، وهو عبارة عن هيكل خشبى ارتفاعه ١ م يتخلله عشرة ثقوب يمر عبرها مسامير حديدية أو خوابير خشبية رفيعة فى وضع قائم (شكل ٦٢).

يوضع الهيكل بأرجله على قطعة الكساء الخضرى المراد تقدير غطاؤها، ثم تدفع المسامير من أعلى إلى أسفل واحداً بعد الآخر حتى تصطدم بالنباتات أو بسطح الأرض. يتم تسجيل اصطدام النقط بالأفراد النباتية حسب نوعها. وبإلقاء الهيكل فى عشرة أماكن مختلفة يتم تسجيل اصطدام ١٠٠ نقطة، وهذا

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يعطى قياساً لنسبة الغطاء النباتى للأنواع التى اصطدمت بالمسامير، وتحسب نسبة الغطاء كالآتى:

$$\text{نسبة الغطاء النباتى} = \frac{\text{عدد النقاط المتقاطعة مع النوع الواحد}}{\text{العدد الكلى للنقاط الملقاة}} \times ١٠٠$$



شكل (٦٢). هيكل تردد النقطة (Point-Frequency Frame) تضبط أبعاد الهيكل وعدد الفتحات والمسافات بينها طبقاً لحجم وفراغات النباتات العشبية.

يمكن قياس غطاء الظلل أو المجموع الخضرى للنباتات عن طريق حساب أول تقاطع أو الاحتكاك الأولى لكل مسمار مع المجموع الحضرى، كما يمكن حساب مساحة القاعدة عن طريق عد التقاطعات مع السوق قرب سطح الأرض.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ثالثاً) طريقة تقاطع الخطوط (Line-Intercept Method)

فى هذه الطريقة يتم إلقاء شريط مترى فوق الكساء الخضرى، ثم تقاس المسافة التى يتقاطع أو يتداخل فيها الشريط مع ظل النباتات أو مجموعها الخضرى كل نبات طبقاً لنوعه كما يتضح فى شكل (٦٣). تستخدم المسافة التراكمية المشغولة بأى نوع نباتى لحساب غطائه النباتى كنسبة لمجموع المسافات الكلية التى ألقيت فوق الكساء الخضرى.

شكل (٦٣). طريقة تقاطع الخطوط لتقدير الغطاء النبـ

يعتمد الطول الكلى للمسافات المستخدمة فى عملية القياس على مدى التبـ ين فـى الكساء الخضرى، ويعتقد أن خمسة خطوط طولها الكلى ١٠ متر (٥ × ٢ ..) كافية فى حالات عديدة. تحسب نسبة الغطاء النباتى كما يلى.

$$\text{الغطاء النباتى النوعى (\%)} = \frac{\text{مجموع المسافات المتقاطعة مع النوع الواحد}}{\text{مجموع المسافات الكلية المستخدمة فى القياس}} \times ١٠٠$$

٥ ـ الحجم (Size)

يمكن وصف تركيب الجماعات والمجتمعات النباتية بناءاً على تقدير أحجام أو أعمار الأفراد التى تتكون منها. وحيث أن إنتاج وحياة النباتات غالباً ما تكون مرتبطة بالحجم أكثر من ارتباطها بالعمر فان بعض المتخصصين أشاروا إلى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أفضلية تقسيم تاريخ حياة النباتات بناء على أحجامها مقارنة بالأعمار. وترجع الاختلافات فى أحجام النباتات (مباشرة أو من خلال اختلافات فى معدلات النمو) إلى اختلافات فى العمر، والتباين الوراثى، وعدم تجانس الموارد، والرعى والتنافس وغيرها.

يمكن تقدير حجم النباتات عن طريق قياس أبعادها مثل الارتفاع (ع)، ومتوسط قطر (ق) ونصف قطر (نق) ظلل النباتات أو مجموعها الخضرى الهوائى، ومتوسط الارتفاع والقطر [(ع+ق)/٢]، والحجم الاسطوانى: (الحجم الاسطوانى للنبات = ط نق٢ × ع). وحيث أن النبات لا يتخذ شكل الاسطوانة التقليدية، فإن بعض العلماء اعتبروا أن الحجم كقطع مكافئ هو الأقرب فى التعبير عن الحجم الحقيقى للنباتات ويمكن حسابه من المعادلة التالية: حجم القطع المكافئ = ٢/١ (ط نق٢ × ع). وقد استخدم بعض الباحثين قطر جذوع الأشجار عند مستوى سطح الأرض أو عند مستوى الصدر (١,٥ م تقريباً) أو أى مستوى آخر يراه الباحث مناسباً،يمكن تقدير قطر الجذع بالإستعانة بالقدمة ذات الورنية.

وفى مصر درس شلتوت وعياد (Shaltout & Ayyad 1988) التوزيع الحجمى لنبات المثنان (*Thymelaea hirsuta*) المنتشر على طول الساحل الغربى للبحر المتوسط (شكل ٦٤)، وقد أظهرت الدراسة أن بعض جماعات هذا النبات، خاصة القريبة من الشاطئ (الكثبان الرملية الساحلية)، لها توزيع حجمى ذو حيود موجب (Positively Skewed) أو يقترب من شكل J المقلوب (Inverse J Shape) مما يدل على أن هذه الجماعات تتميز بنمو سريع وسعة تكاثرية عالية، وقد يدل أيضاً على نسبة وفيات عالية فى الأفراد صغيرة الحجم، ورغم ذلك فإن هذا التوزيع يمثل ثباتية طويلة الأمد حيث أن الجماعات الثابتة عادة ما يكون

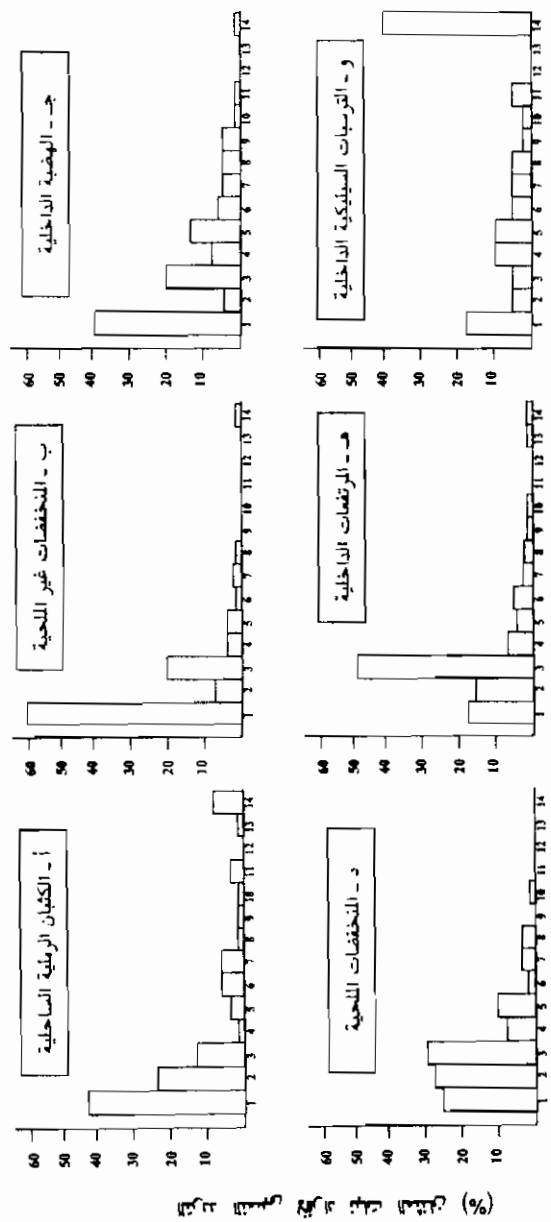
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

عدد أفرادها الصغيرة أكبر من عدد الأفراد البالغة. ومن ناحيـــة أخـــرى فـــإن جماعة نبات المشتان البعيدة عن الشاطئ والتى تقطن موطن الترسبات الســـيلكية الداخلية تتميز بتوزيع حجمى يقترب من شكلJ، حيث يزيد عدد الأفراد كبـــيرة الحجم عن الأفراد الصغيرة، مما يدل احتمالاً على أن معدل التجديـــد (إضافـــة أفراد جديدة) ضعيف فى هذا الموطن.

٦. الكتلة الحية (Phytomass)

يعتبر تقدير كتلة أو وزن النبات أحد الصفات الكمية الأساسية. يمكن اعتبار هذه الصفة أفضل مقياس منفرد يعبر عن النمو، فالوزن هو المقياس الكمى للكتلة الكلية من المادة البنائية والغذائية وغيرها من المواد التى كونها النبات من خلال عمليات البناء الضوئى. تعتمد معظم الدراسات المتعلقة بوزن النبات على قيـــاس وزن المجموع الخضرى، فى حين يعتبر حجم ومساحة المجمـــــوع الخضـــرى مقياسان يعبران عن شغل الفراغ. اتجهت الأنظار فى السنين الأخيرة إلى قيـــاس المجموع الجذرى لما له من أهمية كبرى فى التحكم فى كمية النمو الخضـــرى. وعند دراسة نباتات المراعى يجب تقدير كمية الأجزاء النباتيـــة التـــى تأكلـــها حيوانات الرعى. ويتم ذلك بحصر عدد النباتات أو الأفرع التى تأكلها الحيوانات ووزن كل نبات أو كل فرع، ومن هذه النتائج يحسب الوزن من النباتات الـــذى ترعاه الحيوانات. يمكن تقدير الكتلة الحية القائمة (Standing crop phytomass) للأجزاء النباتية فوق الأرضية بعدة طرائق منـــها الطرائـــق المباشـــرة وغـــير المباشرة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



(شكل ٦٤). التوزيع الحجمى لنبات المشان (*Thymelaea hirsuta*) المنتشر على طول الساحل الغربى للبحر المتوسط.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أولاً) الطرائق المباشرة

١) طريقة النبات المفرد (Individual plant method)

تعتبر هذه الطريقة ملائمة فى حالة وجود أفراد الجماعة الواحدة أو المجتمع متباعدين عن بعضهم وبكثافات قليلة، وفى حالة وجود عدد قليل من الأنواع داخل المساحة التى ستؤخذ منها العينات. وفى هذه الطريقة يتم جمع عدد من الأفراد التابعة للنوع المراد تقدير كتلته الحية ممثلة للتباين الحجمى للجماعة، ثم توزن هذه الأفراد ويحسب متوسط وزن الفرد الواحد، ثم يضرب فى كثافة هذا النوع فى وحدة المساحة كما يلى:

الكتلة الحية (كجم/هكتار) = متوسط وزن الفرد بالكجم × كثافته لكل هكتار

وعادة ما تحسب الكتلة الحية بالنسبة للوزن الجاف أى بعد تجفيف النباتات عند درجة ٨٠ ــ ١٠٥°م لمدة ثلاثة أيام وذلك لاستبعاد كمية الماء التى تحتويها النباتات.

٢) طريقة المربع المحصود (Harvested Quadrat Method)

فى بعض أشكال الكساء الخضرى مثل أراضى الحشائش (Grasslands) من غير الممكن التفريق بين الأفراد النباتية ويصبح من الواجب عمل التقديرات بالإستعانة بمربعات عشوائية. وطريقة إلقاء هذه المربعات وتحديد مساحتها وشكلها والعدد الكافى منها لأخذ عينة ممثلة للجماعة أو المجتمع النباتى تماثل ما ذكر فى حالة تقدير الكثافة والتردد. وبعد إلقاء المربعات يتم حصر ما بداخلها من نباتات تبعاً لأنواعها بالاستعانة بمقصات صغيرة أو كبيرة أو أى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

آلة مناسبة لأشكال حياة النباتات الموجودة، ثم توزن بعد تجفيفها فى الفـــرن عند درجة حرارة تتراوح بين ٨٠ – ١٠٥°م تبعاً للظروف، ولكن من المـــهم أن تجفف العينات بسرعة لتقليل الفاقد فى وزن المادة العضوية بســـبب التحلـــل (وقبل التجفيف فى حالة الرغبة فى معرفة كمية ما تحتويه من ماء)، وتحسب الكتلة الحية لكل نوع كما يلى:

$$\text{الكتلة الحية (كجم/هكتار)} = \frac{\text{مجموع أوزان النوع الواحد فى كل المربعات الملفاة}}{\text{العدد الكلى للمربعات} \times \text{مساحة المربع (م}^2\text{)}} \times ١٠٠٠٠$$

وفى معظم الحالات التى يتم فيها تقدير التغيرات الموسمية فـــى المحصـــول القائم، يجب تمييز واستخدام نفس الحدود فى عملية أخذ العينات مثل القطـــع عند نفس مستوى سطح التربة، لكن فى بعض الحالات يصبح من الصعـــب تحديد ذلك بغير استعمال طرائق خاصة، وخير مثال على ذلك حالة الكثبـــان الرملية التى يمكن أن يضاف أو يفقد رمل من سطح تربتـــها خـــلال فـــترة التجربة. ومن الطرائق المفيدة فى هذا المجال تحديد المستوى الذى تم عنـــده القطع فى المرة الأولى بالاستعانة بعلامة ثابتة أو القطع على أبعاد معلومة.

ثانياً) الطرائق غير المباشرة

الحصاد الكامل لسلسلة من المساحات كعينات للقياس، أو حتى فى مســـاحة مفردة فى حالة أراضى الغابات أو الأخشاب عادة ما تكون غير ممكنة، كمـــا أن تقدير الكتلة الحية موسمياً على مدار أعوام عديدة باســـتخدام طريقـــة الحصـــاد تسبب اضطراباً كبيراً للنظم البيئية وتستهلك وقتاً وجهداً كبـــيراً (Shaltout & Ayyad 1990). فى مثل هذه الحالات يفضل استخدام طرائق بديلة غير تدميريـــة (Non-Destructive) لقياس الكتلة الحية للأفراد النباتية فوق الأرض.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

١) الطريقة الإحصائية (Statistical Method)

إذا أمكن عمل علاقة بين بعض المتغيرات سريعة القياس مثل طول أو قطر أو حجم الشجرة مع الكتلة الحية لعينات محصودة، حينئذ يمكن استخدام العلاقة الناتجة للحصول على تقديرات للمحصول القائم فى مساحات أخرى مشابهة من الكساء الخضرى. ومن العلاقات المهمة فى هذا المجال حساب معادلات التقهقر الخطية البسيطة (Simple Linear Regression Equations) مثل:

$$Y = a + bX$$

أو معادلات التقهقر اللوغريتمية (Logarithmic Regression Equations) والتى تعرف بقانون النمو التفريقى (Law of Allometric Growth) مثل:

$$\text{Log } Y = a + b \text{ Log } X$$

حيث Y وزن المحصول القائم الكلى أو أى جزء منه، و X حجم النبات معبراً عنه على هيئة الطول أو القطر أو الحجم الاسطوانى أو الحجم كقطع مكافئ أو أى مقياس آخر يسهل تقديره ويكون مرتبطاً ارتباطاً موجباً معنوياً مع وزن المحصول القائم للنبات. أما a و b فهى ثوابت يتم تحديدها أثناء عملية إنشاء المعادلة. وبعدما يتم إنشاء هذه المعادلات يمكن حساب وزن المحصول القائم عن طريق تقدير أحجام الأفراد الموجودة داخل المساحة العينة. وقد طبق شلتوت وعياد (Shaltout and Ayyad 1990) هذه التقنية لتقدير الكتلة الحية لنبات المثنان (*Thymelaea hirsuta*) فى منطقة الساحل الشمالى الغربى لمصر، ومن أمثلة المعادلات التى توصلا إليها ويمكن الاستعانة بها المعادلتين الخطية واللوغريتمة التاليتين:

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

$$Y = 35.609 + 0.001\ X$$

$$\text{Log } Y = -2.041 + 0.847 \text{ Log } X$$

حيث X هو الحجم الاسطوانى للفرد (سم^3)، Y وزن المجموع الخضرى للفرد (جم وزن جاف).

٢) طريقة مقياس المحصول (Crop Meter Method)

السعة الكهربائية هى دالة على المسافة السطحية لصفائح المكثفات وترتيبها وطبيعة المادة ثنائية الكهربية بينها (Di-electric Material). فإذا وضع جهاز ملائم على الأرض بحيث يقع الكساء الخضرى بين منظومة من الأقطاب الكهربية فإن السعة الناتجة سوف تعتمد على وزن المحصول القائم ومحتواه الرطوبى. وحينما تعاير، يمكن لمثل هذا الجهاز أن يعطى تقديرات سريعة وغير مباشرة (غير تدميرية) للمحصول القائم. وعند التطبيق، يجب أخذ عينات جزئية من الكساء الخضرى لحساب المحتوى الرطوبى وتعديل التقديرات كأوزان جافة. ومن الجدير بالذكر الإشارة إلى إمكانية وجود مشاكل فى حالة الأراضى شديدة البلل، وفى بعض الحالات يحتمل أن تكون القيم التى يعطيها هذا الجهاز ليست بالدقة الكافية للتوصية باستعماله (Moore & Chapman 1986).

٧ ـ التواجد أو الثبوت (Presence or Constancy)

تعبر صفة التواجد أو الثبوت عن كيفية تواجد نوع ما من النباتات بانتظام داخل المواقع المختلفة الممثلة للمجتمع، فمثلاً عندما يظهر نوع ما فى ١٨ موقعاً من ٢٠ موقع تمثل مجتمعاً نباتياً ما فإن نسبة تواجد أو ثبوت هذا النوع تحسب كما يلى : ١٨/٢٠ × ١٠٠ = ٩٠%. ولذا فإن هذه الصفة تحمل نفس المعنى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الذى تحمله صفة التردد ولكن بفرق ضئيل، وهو أن الثبوت يعبر عن حالة المجتمع بأسره، ولذلك يجب ألا يقل حجم كل عينة من عيناته عن المساحة الصغرى للمجتمع، أما التردد فيعبر عن حالة مثال واحد من أمثلة المجتمع وعيناتها هى المربعات الصغيرة (أنظر طرائق تقدير الكثافة والتردد). وإذا أرفقت البيانات الخاصة بالثبوت والتردد معاً أعطت مجتمعة فكرة واضحة عن مدى التجانس فى تركيب المجتمع. ويقاس التواجد أو الثبوت بنفس الطريقة التى يقاس بها التردد، كما يعبر عنه بمقياس خماسى الدرجات أيضاً كما يلى :

١ ــ نادر الثبوت : أقل أو يساوى ٢٠%

٢ ــ قليل الثبوت : ٢١ ــ ٤٠%

٣ ــ متوسط الثبوت : ٤١ ــ ٦٠%

٤ ــ فوق متوسط : ٦١ ــ ٨٠%

٥ ــ عالى الثبوت : ٨١ ــ ١٠٠%

وكلما زادت نسبة الأنواع فى الدرجتين الرابعة والخامسة كلما دل ذلك على درجة عالية من التجانس فى المجتمع.

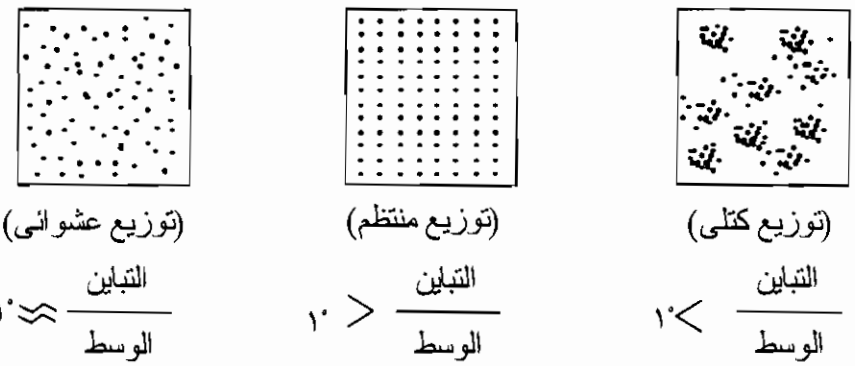
٨ ـ النسق (Pattern)

يقصد بصفة النسق فى الكساء الخضرى نمط التوزيع المكانى لأفراد النوع النباتى أو المجتمع ككل. فقد يحدث أن تتواجد أفراد النوع الواحد على شكل تجمعات أو على أى صورة أخرى تبعدها عن التوزيع العشوائى. والتباين فى مظهر هذه التجمعات مثل تواجد المجاميع العشبية والنجيلية أو الأحزمة المتتالية من الأكسية الخضرية على شواطئ البحيرات والأنهار يعمق وجود النسق ويظهره بوضوح. ولكن إذا كان النسق نتيجة لاختلافات طفيفة فى كثافة الأنواع أو غطاؤها النباتى أو نسبة تواجدها فإن تحديده يتطلب دراسة كمية الكساء الخضرى قبل أن نؤكد أو ننفى وجود النسق. وعندما يكون التشتت عادياً فإن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

توزيع أفراد النوع يكون عشوائياً بحتاً (Random)، ولكن أحياناً يكون التشتت فوق العادة (Overdispersion) عندما تتزاحم الأفراد ازدحاماً شديداً فى بعض المساحات بينما تخلو منها مساحات أخرى خلواً تاماً. وقد يكون التشتت تحت العادة (Underdispersion) عندما يكون توزيع الأفراد أكثر انتظاماً مما يتوقع حدوثه بالصدفة البحتة. وقد استبدل المصطلحان الأخيران بمصطلحين جديدين أكثر ارتباطاً بتوزيع الأفراد على الأرض وهما التوزيع الكتلى (Contagious) والتوزيع المنتظم (Regular).

وقد وجد أن توزيع الأفراد النباتية فى الظروف العادية يتفق مع سلاسل بواسون (Poisson Series) التى تشير إلى التوزيع العشوائى. وطبقاً لهذه السلاسل فإن التباين (Variance) يساوى الوسط الحسابى (Mean)، ومن ثم فإن النسبة بين هذين المعاملين تساوى واحد. وبناءاً على ذلك يمكن استخدام هذه النسبة كمقياس لانعدام العشوائية، فعندما تزيد النسبة زيادة معنوية عن واحد فهذا يعنى أن التوزيع كتلى وحينما تقل معنوياً عن واحد فهذا يعنى أن التوزيع منتظم (شكل ٦٥). وفيما يلى وصفاً مختصراً لقياس النسق إحصائياً.



شكل (٦٥). التوزيع المكانى للجماعة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أولاً) طريقة نسبة التباين إلى المتوسط الحسابى

ويتم ذلك بحساب متوسط كثافة الجماعة أو المجتمع المراد تحديد نسق توزيع أفراده عن طريق جمع كثافة أى منهما فى المربعات الملقاة داخل الموقع وقسمتها على العدد الكلى للمربعات. يحسب بعد ذلك التباين (V) حول الوسط الحسابى طبقاً للمعادلة التالية:

$$V = \frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{n-1}$$

حيث X كثافة الجماعة أو المجتمع فى كل مربع، n العدد الكلى للمربعات المستخدمة فى التقدير. يلى ذلك حساب نسبة التباين إلى المتوسط الحسابى، وللتأكد من جيود هذه النسبة جيوداً معنوياً عن النسبة المتوقعة للتوزيع العشوائى (= ١) يحسب الخطأ المعيارى (SE) لنسبة التباين إلى المتوسط كما يلى:

$$SE = \sqrt{2 / (n-1)}$$

تحسب قيمة t بعد ذلك كما يلى :

$$t = \frac{\text{النسبة المحسوبة - النسبة المتوقعة}}{\text{الخطأ المعيارى}}$$

ثم نقارن قيمة t المحسوبة بالقيمة المجدولة (جدول ١٨) تحت درجة حرية ١، فإذا كانت القيمة المحسوبة أعلى أو تساوى القيمة المجدولة تحت درجة احتمال ٥% فأقل فهذا يعنى أن هناك جيوداً معنوياً عن النسبة المتوقعة، ومن ثم يصبح النسق كتلياً فى حالة زيادة النسبة عن واحد ويصبح منتظماً فى حالة كونها أقل من واحد.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (١٨). توزيع t (t-distribution)

درجة الحرية	درجة الاحتمال		
	0.05	0.01	0.001
1	12.706	36.657	636.619
2	4.303	9.925	31.598
3	3.182	5.841	12.941
4	2.776	4.604	8.610
5	2.571	4.032	6.859
6	2.447	3.707	5.959
7	2.365	3.494	5.405
8	2.306	3.355	5.041
9	2.622	3.250	4.781
10	1.228	3.169	4.587
11	2.201	3.106	4.437
12	2.179	3.055	4.318
13	2.160	3.012	4.221
14	2.145	2.977	4.140
15	2.131	2.947	4.073
16	2.120	2.921	4.015
17	2.110	2.898	3.965
18	2.101	2.878	3.922
19	2.093	2.861	3.883
20	2.086	2.845	3.850
21	2.080	2.831	3.815
22	2.074	2.819	3.792
23	2.069	2.807	3.767
24	2.064	2.797	3.745
25	2.060	2.787	3.725
26	2.056	2.779	3.707
27	2.052	2.771	3.690
28	2.048	2.763	3.674
29	2.045	2.756	3.659
30	2.042	2.750	3.646
40	2.021	2.704	3.551
60	2.000	2.660	3.460
120	1.980	2.617	3.373
∝	1.960	2.576	3.291

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ثانياً) طريقة مربع كاى (χ^2 Goodness - of - Fit)

فى هذه الطريقة تقسم الأفراد التابعة للأنواع السائدة أو المجتمع ككل إلى رتب كما يلى: عدد المربعات الخالية من أفراد النوع المراد تقدير نسقه، عدد المربعات المحتوية على فرد واحد، عدد المربعات المحتوية على فردين وهكذا، ثم تقدر كنسبة مئوية للعدد الكلى للمربعات. يحسب بعد ذلك التردد المتوقع لكل رتبة طبقاً لسلاسل بواسون كما يلى : e^{-m} للمربعات الخالية، me^{-m} للمربعات المشتملة على فرد واحد، $\frac{m^2}{2!}e^{-m}$ للمربعات المشتملة على فردين، $\frac{m^3}{3!}e^{-m}$ للمربعات المشتملة على ثلاثة أفراد، وهكذا، حيث m هى متوسط الكثافة. نحسب بعد ذلك مربع كاى كما يلى:

$$\text{مربع كاى } (\chi^2) = \text{مجموع } \frac{(\text{التردد المقدر} - \text{التردد المتوقع})^2}{\text{التردد المتوقع}}$$

يوضح جدول (١٩) كيفية حساب مربع كاى لمائة عينة عشوائية من المربعات مشتملة على كثافة أحد الأنواع النباتية على فرض أن متوسط كثافته (m) = ٠,٨ فرد لكل مربع.

جدول (١٩).طريقة حساب مربع كاى لمائة عينة عشوائية من المربعات تمثل جماعة أحد الأنواع النباتية.

عد الأفراد فى المربع	التردد المقدر	سلسلة بواسون	التردد المتوقع	$\frac{(\text{التردد المقدر} - \text{التردد المتوقع})^2}{\text{التردد المتوقع}}$
صفر	٤٦	e^{-m}	٤٤,٩	٠,٠٢٦٩
١	٣٤	me^{-m}	٣٥,٩	٠,١٠٠٦
٢	١٤	$(m^2/2!)e^{-m}$	١٤,٤	٠,٠١١١
٣	٦	$(m^3/3!)e^{-m}$	٣,٨	١,٢٧٣٧
المجموع (χ^2)				١,٤١٢٣

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وبمقارنة قيمة مربع كاى المحسوبة (= ١,٤١٢٣) بالقيمة المجدولة (جدول ١٥) تحت درجات حرية تقل بمقدار ٢ عن عدد الرتب المستخدمة فى التقدير (٤ ــ ٢ = ٢) ودرجة احتمال ٥% نجد أن القيمة المجدولة (= ١,٣٨٦) أقل من القيمة المحسوبة، وهذا يعنى أن التردد المقدر يتلائم بشكل جيد مع سلسلة بواسون المتوقعة ومن ثم نحكم بأن أفراد الجماعة التى أخذت منها العينات تتوزع عشوائياً.

العوامل المسببة لحدوث النسق

١) **شكل النباتات.** تؤدى أشكال حياة بعض النباتات وخاصة الأشكال الكتلية الكثيفة (Tussocked forms) أو التى لها أوراق قاعدية وردية الشكل إلى ظهور التوزيع الكتلى للأفراد (Contagious pattern)، ويعرف النسق الناشئ عن شكل حياة النبات بإسم النسق الشكلى (Morphological pattern)، وعادة ما يؤثر هذا النسق على الأنواع الأخرى المصاحبة. تعطى النباتات الريزومية أيضاً نسقاً معبراً عن طريقة أداء الريزومات من حيث تفرعاتها الهوائية التى تكون مفصولة عن بعضها بالزيادة السنوية الناتجة عن نمو الريزومة، وقد يرتبط هذا النسق أيضاً بعمر الريزومات حيث أن توزيع وحجم الأفرع يختلف باختلاف العمر. قد يتأثر النسق أيضاً بتحلل الأجزاء القديمة من الريزومات مما يؤدى إلى انفصال التفرعات وتباعدها عن الريزومة الأم ومن ثم ظهورها كأفراد مستقلة.

٢) **الوسط المحيط.** يعرف النسق الناتج عن عدم تجانس الوسط المحيط بإسم النسق البيئى (Environmental pattern)، حيث تؤثر التباينات الكبيرة فى الوسط المحيط تأثيراً كبيراً على الكساء الخضرى مما يؤدى إلى ظهور أنساق توزيع للأنواع المكونة للمجتمعات النباتية فى المنطقة بالمعنى الحقيقى للكلمة وبالوضوح الذى لا يحتاج معه إلى طريقة كمية إحصائية للتأكد من وجوده. ومن الواضح أيضاً أن التغيرات الدقيقة فى عامل أو أكثر من العوامل البيئية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التى تحدث فى مناطق كبيرة تؤدى إلى حدوث تغيرات مصاحبة فى الكساء الخضرى معطية أنساق تكون واضحة على مستوى المساحات المتوسطة والكبيرة. ومن العوامل البيئية التى تؤدى إلى ظهور النسق ما يلى: ١- تضاريس الأرض (Topography)، ٢ ــ عمق التربة (بعض النباتات تفضل الترب الضحلة والبعض الآخر يفضل الترب العميقة، ٣ ــ قوام التربة (كمية ماتحتوية من رمل وطمى وطين، وهى ذات علاقة بمستوى الرطوبة الأرضية)، ٤ ــ معدل انبعاث الأكسجين، و ٥ ــ العناصر الغذائية فى التربة (مثل الأكسجين والحديد والبورون). وفى حالات كثيرة، ونتيجة لتداخل العوامل البيئية، يرتبط النسق بمجموعة من العوامل الفردية وليس بعامل واحد فقط. فعلى سبيل المثال قد يكون النسق ذو علاقة ظاهرية واضحة بالتغيرات الدقيقة فى تضاريس الأرض، إلا أنه بالدراسة المتعمقة نجد أن التغيرات التضاريسية مرتبطة بمجموعة من العوامل البيئية الأخرى مثل إتاحة وصرف الماء ومحتوى العناصر والرقم الهيدروجينى، مما يجعل من الصعب (إن لم يكن من المستحيل) معرفة ما هو العامل أو مجموعة العوامل التى تتحكم مباشرة فى نسق توزيع الأنواع.

٣) **العلاقات الاجتماعية**. يغطى مصطلح النسق الاجتماعى (Sociological pattern) مدى من الأنساق الناتجة عن عدة عوامل متشابكة تعمل على مستوى المساحات الصغيرة، تعود هذه العوامل المتشابكة جزئياً إلى خصائص داخل النباتات، وجزئياً إلى تغيرات دقيقة فى الوسط المحيط. لا تعتمد العوامل المسببة للنسق الاجتماعى على القدرة التنافسية للفرد فقط ولكن تعتمد أيضاً على الوجود الممكن للسميات التى يفرزها فرد ما وعلى عمره أيضاً. ومن الجدير بالذكر التنويه بأن كل تأثير من نوع على آخر (باستثناء التطفل) يكون فى صورة تحوير للوسط المحيط، وبناء على ذلك فإن النسق البيئى لنوع ما قد يكون سببه

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تحوير فى الوسط المحيط بواسطة نوع آخر، ولذلك فإن العديد من الأنساق الصغيرة التى تناقش تحت مسمى النسق البيئى يمكن مناقشتها أيضاً تحت مسمى النسق الاجتماعى. ويتضح ذلك من المثال التالى : يمكن للنوع (أ) أن يثبط نمو النوع (ب) تحت ظروف نقص نيتروجين التربة نتيجة للتنافس بينهما على الرغم من أن النوع (ب) يمكن أن ينمو جيداً تحت نفس الظروف فى غياب النوع (أ)، أما تحت ظروف وفرة النيتروجين فإن النوع (ب) يمكن أن ينمو جيداً فى وجود النوع (أ) بل قد يثبط نموه.

وفى دراسة على نبات المثنان بالساحل الشمالى الغربى لمصر لوحظ أن جماعات هذا النبات ذات نسق توزيع عشوائى فى المواطن الداخلية الأكثر جفافاً (الهضبة الداخلية، والترسبات الداخلية السيليكية)، أما جماعات المواطن الساحلية الأقل جفافاً (الكثبان الرملية، والمنخفضات الملحية) والمرتفعات الصخرية الداخلية فلها نسق توزيع كتلى. ويعزى ظهور التوزيع العشوائى للأفراد، جزئياً، إلى التنافس بين أفراد الجماعة (Intra-specific competition) الذى يحد من الكثافة الكلية للأفراد فى المنطقة وفى نفس الوقت من التوزيع المكانى للفرد بالنسبة لجيرانه ويحدث ذلك غالباً تحت الظروف الأكثر جفافاً معطياً نسقاً عشوائياً (خاصة فى حالة تجانس الوسط المحيط). ويرجع النسق الكتلى فى المواطن الأقل جفافاً إلى عدة عوامل منها عدم تجانس الوسط المحيط، ويتضح ذلك جلياً فى اختلاف ملوحة الأرض ومستوى الماء الأرضى فى حالة المنخفضات الملحية، والتغيرات التضاريسية فى حالة الكثبان الرملية والمرتفعات الصخرية الداخلية (Shaltout 1987).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التحليل العددى للكساء الخضرى

(Multivariate Analysis of Vegetation)

اكتسب الاتجاه الرياضى لتجميع وتنسيق عينات (مواقع) الكساء الخضرى قدراً كبيراً من الاهتمام. والافتراض الأساسى هنا هو أن المعالجة الرياضية للبيانات تؤدى إلى عرض النتائج بطريقة أكثر موضوعية. يظهر الفحص المتعمق للطرائق الرياضية وتطبيقاتها خاصة الطرق الأكثر تعقيداً، أن حسن معرفة الكساء الخضرى المراد تحليله باستخدام هذه الطرق مطلوب جداً، كما يحتاج التطبيق الناجح لهذه الطرق إلى عدد من القرارت والتعديلات التى يعتمد معظمها على وجهة النظر الشخصية للباحث. وتتضمن المعالجة الرياضية (العددية) لبيانات الكساء الخضرى حساب معاملات التشابه، وطرق التقسيم والتنسيق والتحليل التدريجى المباشر.

أولاً) معاملات التشابه (Similarity Coefficients)

أ ــ معامل جاكارد (Jaccard Coefficient)

يسمى بمعامل المجتمع لجاكارد (Community Coefficient of Jaccard) ويعبر عن نسبة عدد الأنواع المشتركة بين موقعى الكساء الخضرى محل المقارنة إلى العدد الكلى للأنواع فى الموقعين كما يلى :

$$\text{معامل جاكارد} = \frac{\text{عدد الأنواع المشتركة بين الموقعين}}{\text{العدد الكلى للأنواع فى الموقعين}} \times ١٠٠$$

ب ــ معامل سورينسون (Sϕrensen Coefficient)

وهو عبارة عن نسبة عدد الأنواع المشتركة بين موقعين من مواقع الكساء الخضرى إلى متوسط أعداد الأنواع الكلية فى الموقعين الأول و الثانى كما يلى:

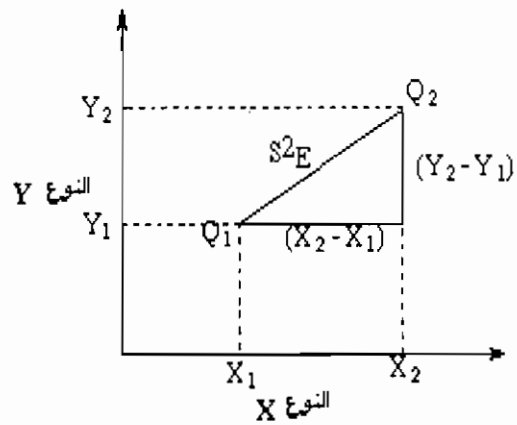
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

$$\text{معامل سورينسون} = \frac{\text{عدد الأنواع المشتركة}}{\frac{1}{2}(\text{عدد أنواع الموقع الأول} + \text{عدد أنواع الموقع الثانى})} \times ١٠٠$$

ب ــ المسافة الإقليديسية (Euclidean distance)

يبنى هذا المعامل على الخصائص الإقليديسية للمثلث القائم الزاوية وهى أن مربع وتره يساوى مجموع مربعى الضلعين الآخرين: وبناء عليه فإن المسافة الأقليديسية بين موقعين يحتويان على نوعين فقط تحسب طبقاً للمعادلة التالية شكل (٦٦):

$$S_E = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$



شكل (٦٦): مربع المسافة الأقليديسية (S^2_E) بين موقعين (Q_2 , Q_1) يحتويان على نوعين (Y , X) و X_1 و X_2 هما قيمة النوع X فى الموقعين Q_1 و Q_2، Y_1 و Y_2 هما قيمة النوع Y فى نفس الموقعين.

وفى حالة احتواء الموقعين على أكثر من نوعين فإن المعادلة العامة لحساب هذه السافة تصبح:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^{m} (X_{ik} - X_{jk})^2}$$

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

حيث D_{ij} = المسافة الإقليديسية بين الموقعين i و j، m = عدد الأنـــواع، X_{ik} = وفرة النوع k فى الموقع I، و X_{jk} = وفرة النوع k فى الموقع j. وكلما كـــانت قيمة مربع المسافة الأقليديسية صغيراً كلما كان التشابه بين الموقعين كبيراً بنـــاءاً على تركيبهما النوعى. القيمة الصغرى لهذا المعامل هى صفر، والتـــى تمثـل التشابه التام بين الموقعين، بينما لا توجد قيمة عليا محددة، لهذا السبب تعتبر هذه المسافة معاملاً لعدم التشابه (Kent & Coker 1996).

ثانيا) طرائق التقسيم (Classification Methods)

أصبحت الرسوم المتفرعة (Dendrograms) شائعة الاستخدام فى عـــرض نتائج طرائق التقسيم أو تحليل المجموعـــات (CIuster analysis) المســتخرجة بواسطة الحاسب الآلى خلال العقود الأخيرة من هذا القرن. والرسم المتفرع هـــو أداة تخطيطية لتمثيل العلاقات فى مصفوفة التشابه (Similarity matrix) تعـــرض فيه المواقع (أو الأنواع) على هيئة أزواج متصلة ببعضها عند مستويات معينـــة من التشابه. تتصل مجموعة الأزواج بعد ذلك ببعضها فـــى مجموعـــات أكـــثر عمومية لتكون ترتيباً تسلسلياً. يوجد العديد من طرائق التقسيم تختلف فيما بينـــها من حيث الأسس النظرية والتطبيقات التى بنيت عليها، ومن هذه الطرائق طريقة المجموعات التجميعية (Agglomerative clustering technique). وهى عمليـــة فرز تكرارية (Iterative sorting) بمعنى أنها تكرر عدة مرات اعتماداً على عدد المواقع ودرجات العلاقات فيما بينهم.

لتوضيح كيفية تطبيق هذه الطريقة نفترض المصفوفة الثنائية التاليـــة التـــى تحتوى على درجات التشابه بين ٨ مواقع بناءاً على تركيبها النوعى:

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المواقع									
	1								
	2	6							
	3	8	7						
	4	2	5	4					
	5	7	6	7	8				
	6	3	1	9	5	6			
	7	6	7	5	4	2	4		
	8	9	3	6	7	3	7	5	
		1	2	3	4	5	6	7	8

المواقع

مصفوفة تشابه افتراضية

يتم تطبيق هذه الطريقة بناءاً على البيانات المدونة فى المصفوفة السابقة كما يلى:

١ ــ تحدد أزواج المواقع التى بينها أعلى درجات تشابه ثم يدمج كل زوج فى مجموعة واحدة. فى المثال السابق المواقع الأكثر علاقة ببعضها هى أرقام ١ و ٨، وأرقام ٣ و ٦ بدرجة تشابه ٩ لكل حالة.

٢ ــ هذا يعنى أننا حصلنا الآن على مجموعتين من المواقع، كل مجموعة تتكون من زوج واحد من المواقع كما يلى:

الموقع الأصلى	الموقع الإفتراضى	درجة التشابه
١ + ٨	٩	٩
٣ + ٦	١٠	٩

أى أن الموقعين ١ و ٨ كوناً مجموعة جديدة تحت رقم ٩ و درجة تشابه ٩، والموقعان ٣ و ٦ كوناً مجموعة أخرى تحت رقم ١٠ ودرجة تشابه ٩ أيضاً.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ الخطوة التالية هى حساب القيم المتوسطة للأنواع فى كل زوج من هـــذه المواقع بحيث أن المجموعة ٩ سوف تعتـــبر موقـــع افـــتراضى والـــذى خصائصة هى متوسط قيم الأنواع فى الموقعين ١ و ٨، بينما المجموعـــة ١٠ تعتبر موقع افتراضى آخر يعبر عن متوسط قيم الأنواع فى الموقعيـــن ٣ و ٦.

٤ ــ يضاف الموقعين الافتراضيين (٩ و ١٠) إلى المواقع التى لم تصبح بعـــد مندمجة فى أية مجموعات، ثم تحسب مصفوفة ثنائية جديدة لها باســـتخدام نفس معامل التشابه الذى استخدم فى الخطوة السابقة.

٥ ــ نفترض أن المصفوفة الجديدة هى كما يلى:

المواقع						
2						
4	3					
5	1	3				
7	5	2	8			
9	4	6	2	5		
10	8	5	1	3	4	
	2	4	5	7	9	10

المواقع

كما هو واضح نجد أن الموقعين ٢ و ١٠ (الذى يحتوى علـــى الموقعيـــن ٣ و ٦) أكثر علاقة ببعضهما (درجة التشابه = ٨) ومن ثم يدمجا فى مجموعـــة جديـــدة تحت رقم ١١. ينطبق نفس الكلام على الموقعين ٥ و ٧ ومن ثـــم يدمجـــا فـــى مجموعة أخرى تحت رقم ١٢.

٦ ــ تضاف نتيجة هذه الخطوة إلى الخطوة الأولى ومن ثم نحصل على التشـــكيل التالى:

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموقع الأصلى	الموقع الإفتراضى	درجة التشابه
١ + ٨	٩	٩
٣ + ٦	١٠	٩
٢ + ٦	١١	٨
٥ + ٧	١٢	٨

يوجد الآن أربعة مواقع افتراضية هى ٩، ١٠، ١١، ١٢ تحتوى ٧ مواقع أصلية.

٧ ــ نرجع مرة أخرى إلى المصفوفة المحتوية على البيانات الأصلية لحساب متوسط قيم الأنواع فى المواقع الممثلة لكل مجموعة، ثم نحسب درجة التشابه بين كل زوج من هذه المجموعات وبينها وبين المواقع المتبقية. توضح المصفوفة الثنائية التالية نتيجة هذه الخطوة:

المواقع				
4				
9	3			
11	2	6		
12	5	1	4	
	4	9	11	12

المواقع

٨ ــ المواقع الأكثر تشابهاً فى هذه المصفوفة هما رقمى ٩ و ١١ (درجة التشابه ٦) والتى يكونا مجموعة جديدة تحت رقم ١٣. كذلك موقع ٤ له درجة تشابه عالية مع الموقع الافتراضى رقم ١٢ (درجة التشابه = ٥) ومن ثم يكونا مجموعة أخرى تحمل رقم ١٤.

٩ ــ تضاف نتيجة هذه الخطوة إلى نتائج الخطوتين السابقتين، وبذا يصبح التشكيل الجديد كما يلى:

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الموقع الأصلى والموقع الافتراضى	الموقع الافتراضى	درجة التشابه
١ + ٨	٩	٩
٣ + ٦	١٠	٩
٢ + ١٠	١١	٨
٥ + ٧	١٢	٨
٩ + ١١	١٣	٦
٤ + ١٢	١٤	٥

يتضح من هذا التشكيل إن كل المواقع الثمانية الأصلية أصبحت أعضاء الآن فى المجموعتين ١٣ و ١٤.

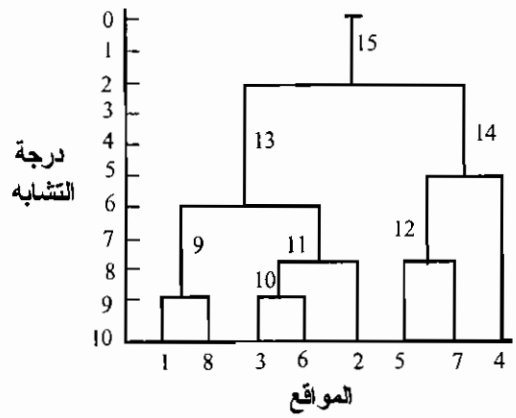
١٠ ـ الخطوة الأخيرة فى عملية الفرز هى العودة مرة أخرى إلى مصفوفة البيانات الأصلية لحساب متوسط قيمة الأنواع فى كل المواقع المندرجة تحت كل من المجموعتين الكبيرتين ١٣و ١٤، وبعد ذلك نحسب درجة التشابه بينهما. تضاف درجة التشابه هذه إلى نتائج الخطوات السابقة. وتوضع النتيجة النهائية (باعتبار درجة التشابه بين المجموعتين ١٣ و ١٤ تساوى ٢) فى تشكيل نهائى يطلق عليه إسم عمود محتوى معلومات المجموعات (Column of the Information Content of the Groups):

الموقع الأصلى والموقع الافتراضى	الموقع الافتراضى	درجة التشابه
١ + ٨	٩	٩
٣ + ٦	١٠	٩
٢ + ١٠	١١	٨
٥ + ٧	١٢	٨
٩ + ١١	١٣	٦
٤ + ١٢	١٤	٥
١٣ + ١٤	١٥	٢

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

١١- ترسم النتيجة النهائية عادة على هيئة رسم متفرع (Dendrogram) أو متسلسل (Hierarchy) يعكس العلاقات المتبادلة بين المواقع الأصلية ومجموعات المواقع (شكل ٦٧).

يمثل الرسم المتفرع نظاماً تقسيمياً حيث أنه يوضح العلاقات بين المواقع الثمانية ومجموعات المواقع، ويوضح أيضاً درجة التشابه بين هذه المواقع على مستويات متعددة. وكما يتضح فإن المواقع تنقسم إلى مجموعتين كبيرتين (١٣ و ١٤): المجموعة ١٣ تحتوى على المواقع ١، ٨، ٣، ٦، و ٢، بينما المجموعة ١٤ تشمل المواقع ٥، ٧، و ٤. تتوزع مواقع كلاً من المجموعتين بعد ذلك بين مجموعات أصغر (٩، ١١، ١٢) كل منها يمكن أن يشمل موقعاً أو أكثر. من المهم أن يختبر الدارس أهمية هذا التقسيم بعد تكوين التقسيم التسلسلى عن طريق الرجوع إلى المواقع التى تمثل هذا التقسيم فى محاولة لاكتشاف خصائص إضافية (مثل أنواع دليلية أو عوامل بيئية) يتطابق توزيعها بين مواقع المجموعات المتعددة مع توزيع الأنواع الأخرى التى أسست عليها هذه المجموعات.



شكل (٦٧). رسم متفرع مبنى على محتوى معلومات المجموعات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ثالثاً) طرائق التنسيق (Ordination methods)

يمكن أن تترجم التصاحبات بين المواقع أو الأنواع إلى أبعاد لنحصل على تشكيل فراغى (Spatial configuration). يمكن أن نحصل على هذا التنسيق البسيط باستخدام مربع كاى (χ^2) كمقياس للتصاحب بين أزواج الأنواع. تعتبر الطرائق التى أعدها علماء البيئة فى جامعة ويسكنسون بالولايات المتحدة هى الأكثر فاعلية فى تنسيق المواقع بالنسبة لتدرجات الوسط المحيط، وهى تعتمد على ما يعرف بالمدخل المتصل (Continuum approach) الذى يفترض أن التغير فى الكساء الخضرى غير متقطع، ومن ثم فإن وجهة النظر هنا تعنى عدم إمكانية تقسيم الكساء الخضرى إلى وحدات منفصلة (Discrete entities).

لتمثيل مسافات العلاقات المشتركة بين الأنواع أو المواقع يتطلب ذلك أبعاداً متعددة، وتعتبر طريقة براى وكيرتس (Bray & Curtis 1957) أحد المداخل الشائعة لتبسيط هذا التمثيل باستخدام بعض معاملات التشابه لإنشاء محاور متصلة، وغالباً ما تسمى بطريقة التنسيق القطبى (Polar ordination). وقد استعان براى وكيرتس بعامل سورينسون بعد تحويره ليتلائم مع التقديرات الكمية لوفرة الأنواع كما يلى :

$$C = \frac{2w}{a+b} \times 100$$

حيث a و b هما كميات كل الأنواع الموجودة فى الموقعين المقارنين، و w هى مجموع القيم الأقل للأنواع ذات التواجد المشترك بين الموقعين. وفيما يلى وصفاً مختصراً لتنسيق المواقع على المحورين الأول والثانى (X-Y axes) باستخدام هذه الطريقة.

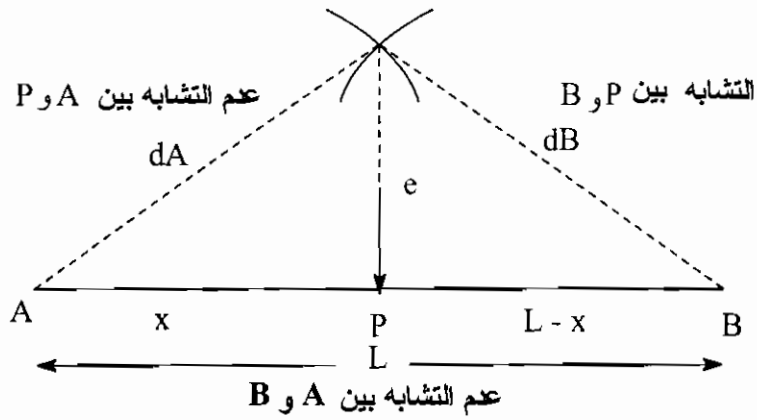
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أولاً) إنشاء المحور الأول (X-axis)

١ ــ يعتبر الموقع الذى له أقل متوسط تشابه مع كل الأنواع (وليكن الموقع A) هو موقع النهاية الأولى للمحور الأول، وعلى الطرف الآخر يعتبر الموقع الذى له أقل تشابه مع الموقع A (وليكن الموقع B) هو موقع النهاية الثانية للمحور الأول. وبذا يصبح الموقعين A و B هما قطبا المحور الأول (X) وعلى طوله ترتب أو تنسق المواقع الأخرى.

٢ ــ تحسب المسافة (L) بين هذين الموقعين المرجعيـــن (Reference stands) على أنها درجة عدم التشابه بينهما.

٣ ــ ترتب المواقع الأخرى بعد ذلك على المحور (X) بين الموقعيـــن A و B إما هندسياً أو رياضياً. وعلى سبيل المثال لتحديد مكان الموقع P هندســياً نطرح درجة تشابهه مع الموقع A من ١٠٠%، ونفعل مثـــل ذلـك مـــع الموقع B حيث تمثل درجتى عدم تشابه مع هذين الموقعين المســافتين dA و dB. ننزل بعد ذلك خط عمودى على المسافة L من نقطة تقاطع قوســى المسافتين dA و dB (شكل ٦٨).



شكل (٦٨). مثلث يوضح كيفية تنسيق المواقع هندسياً على محور واحد طبقاً لطريقـــة بـــراى وكيرتس (Bray & Curtis 1957)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٤ ــ يمكن الحصول على نفس النتيجة رياضياً بالاستعانة بنظرية فيثاغورث والتى تقول أن المربع المنشأ على وتر المثلث قائم الزوايا يساوى مجموع المربعين المنشأين على الضلعين الآخرين أى أن:

$$dA^2 = e^2 + x^2 \quad \text{و} \quad DB^2 = e^2 + (L - x)^2$$

وبطرح المعادلتين من بعضهما فإن قيمة e^2 تتلاشى وتصبح المعادلة كما يلى (تسمى معادلة بيل Beal's Formula) :

$$x = \frac{L^2 + dA^2 - dB^2}{2L}$$

والمسافة e يمكن تقديرها كما يلى :

$$e = \sqrt{dA^2 - x^2}$$

ثانياً) إنشاء المحور الثانى (Y-axis)

١ ــ تتضمن الخطوة التالية فصل المواقع فى بعد ثانى من أجل تنسيق هندسى أفضل لعلاقات التشابه بينهما. يجب أن يفى الموقع الأول الممثل للنهاية الأولى لهذا المحور (A`) بكل أو معظم المتطلبات التالية: أ ــ أن يكون من بين المواقع الوسيطة على المحور الأول (أى أنه أقل تلاؤماً مع المحور الأول)، ب ــ أن تكون قيمة e له عالية إن لم تكن هى الأعلى، جـ ــ أن يكون له ثلاث درجات تشابه تزيد عن ٥٠% على الأقل،.

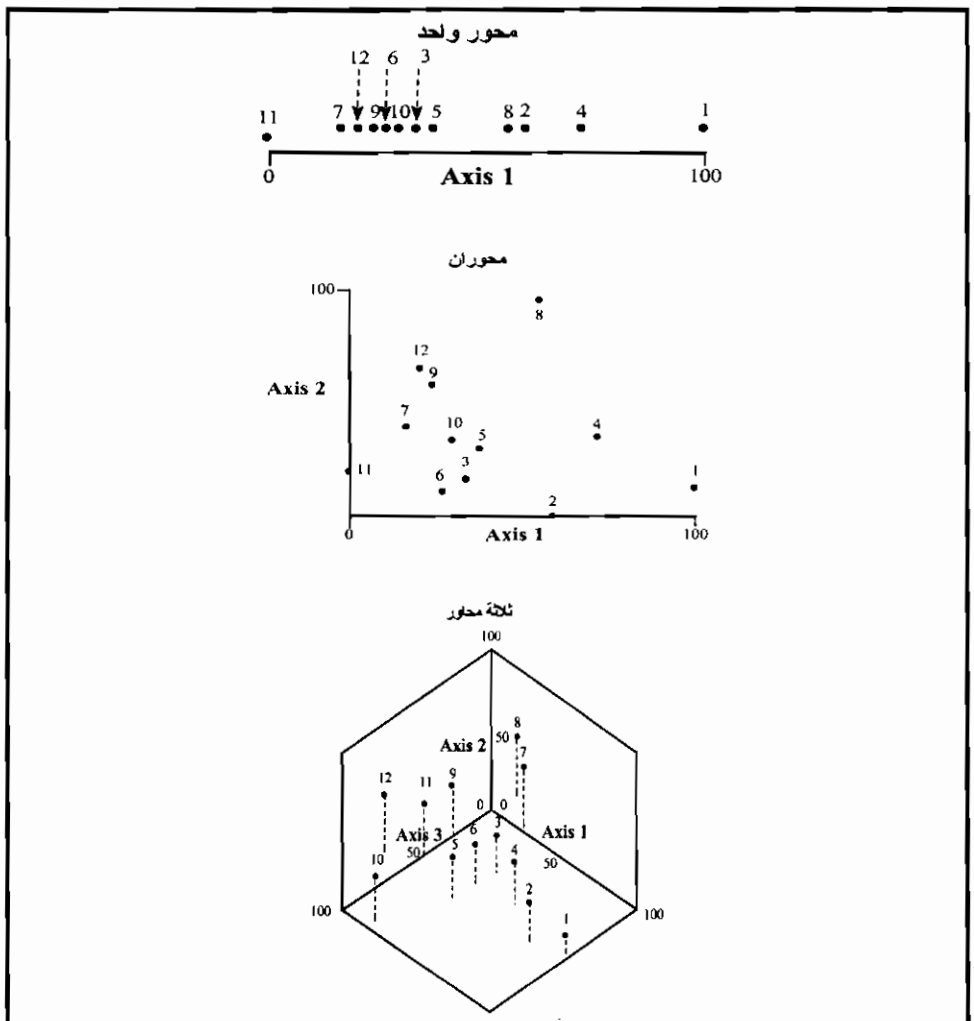
٢ ــ كما يجب أن يفى الموقع المرجعى الثانى (B`) بما يلى: أ ــ يكون قريباً بقدر الإمكان من الموقع الأول (A`) بالنسبة لموضعهما على المحور X لكى يكون المحور Y عمودياً قدر الإمكان على المحور X (فى حدود ١٠% من الطول الكلى للمحور X)، ب ــ أن تكون درجة تشابه مع الموقع الأول أعلى ما يمكن.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ تتضمن هذه الخطوة حساب قيمةy لكل موقع طبقاً لمعادلة بيل التالية:

$$y = \frac{(L`)^2 + (dA`)^2 - (dB`)^2}{2L`}$$

٤ ــ يمكن بعد ذلك ترتيب المواقع على مستوى ثنائى الأبعاد بالنسبة لكل من المحور X و Y. وقد ينشأ محور ثالث بطريقة مشابهة لإنشاء المحور الثانى ثم ترتب المواقع فى صورة مجسم ثلاثى الأبعاد (شكل ٦٩).



شكل (٦٩). رسوم تنسيقية باستخدام محور واحد، ومحورين، وثلاثة محاور مستخرجة بطريقة التنسيق القطبى لبيانات مستقع ملحى فى نيوجرسى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يمكن حساب درجة الارتباط بين الأماكن النسبية للمواقع علـــى طـــول أى محور وبين عوامل الوسط المحيط (مثل التربة والمناخ والتأثيرات البشـــرية) أو متغيرات الكساء الخضرى (مثل التنوع والكثافة والغطاء وكتلة الأنواع) فى هـذه المواقع. يمكن أن تعطى هذه العلاقات مفاتيح عـــن طبيعـــة محـــاور التنســـيق كتدرجات فى الكساء الخضرى أو الوسط المحيط. وتعد الدراسات التى أجراهـــا محمد عياد وتلامذته (جامعة الإسكندرية) على الكســـاء الخضـــرى للمواطـــن المختلفة بالساحل الشمالى الغربى لمصر باستخدام تقنيات التحليل العددى هـــى الدراسات الرائدة فى هذا المجال. ومن أمثلة ذلك دراساته على الكساء الخضـــرى لبيئة الكثبان الرملية الساحلية (Ayyad 1973) والمرتفعات الداخليـــة (Ayyad & Ammar 1974) والمنخفضات غـــير الملحيـــة (Ayyad 1976)، والمنخفضـــات الملحية (Ayyad & El-Ghareeb 1982).

رابعاً) التحليل التدرجى المباشر (Direct Gradient Analysis)

التحليل التدرجى المباشر هو اتجاه بحثى كبير يكون مع التقسيم والتنســـيق ثلاثة من الطرائق البحثية الهامة فـــى علـــم بيئـــة المجتمعـــات (Community ecology). يستخدم هذا التحليل فى إبراز توزيع الكائنات على طول التدرجـــات الهامة فى الوسط المحيط، فى حين تبدأ طرئق التقسيم والتنسيق بتحليل بيانـــات المجتمع بمفرده ثم تستخدم بيانات الوسط المحيط لاحقاً للتفسير والتوضيح. وبناء على ذلك فإن التحليل التدرجى المباشر يهدف إلى جمع وتنظيم بيانات المجتمـــع والوسط المحيط معاً لوضع تفسيرات للتساؤلات التالية (نقلاً عن Gauch 1982):

١ ــ ما هو العامل البيئى، من بين مركب العوامل البيئية الســـائدة، ذو التـــأثير الأساسى على توزيع الكائنات والمجتمعات.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ ــ كيف يمكن أن تقاس أو تقدر العوامل البيئية (مثل الرطوبة الأرضية) بطريقة مثلى.

٣ ــ ما هى التدرجات البيئية ذات التأثير الإضافى الثانوى على توزيع المجتمعات، حيث أن دراسة مثل هذه التدرجات غالباً ما تكون صعبة لأن تأثيراتها تكون غير واضحة فى ظل تأثيرات التدرجات الأساسية.

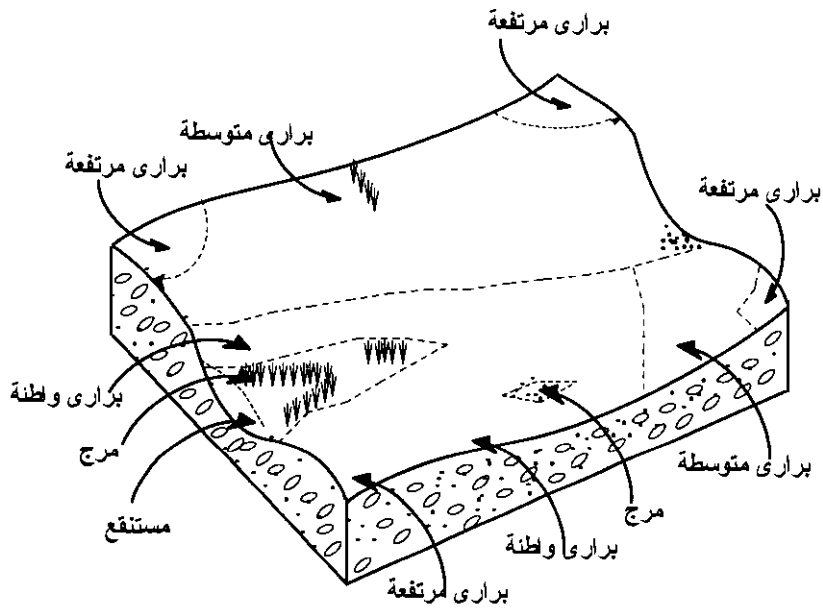
٤ ــ ما هى المبادى العامة التى يمكن استخلاصها من تحليلات التدرجات المباشرة لتفسير ترابط جماعات الأنواع فى صورة مجتمعات.

اصطلح على تسمية التدرج فى تركيب المجتمع بالخط الاجتماعى (Coenocline)، أو المسطح الاجتماعى (Coenoplane)، أو المكعب الاجتماعى (Coenocube) بناءاً على كون التغير ذو بعد واحد أو بعدين أو ثلاثة، على التوالى. واصطلح أيضاً على تسمية التدرج فى عوامل الوسط المحيط بإسم تدرج مركب الوسط المحيط (Environmental-Complex Gradient)، أو للتبسيط تدرج الوسط المحيط، كما اصطلح كذلك على تسمية الخط الاجتماعى وتدرج الوسط المحيط المصاحب له سوياً بإسم الخط البيئى (Ecoline)، أما التغير الفجائى أو السريع نسبياً فى التدرج البيئى والخط الاجتماعى أو الخط البيئى فيسمى الطابع البيئى (Ecotone). فعلى سبيل المثال، التغير الفجائى فى مواد التربة الوالدة (Soil Parent Materials) يدعم وجود نباتات ذات طابع بيئى مميز. وفيما يلى سرداً لبعض الأمثلة التوضيحية.

يوضح الشكل (٧٠) الكساء الخضرى المتوطن والتضاريس لموقع افتراضى فى مقاطعة نيلسون شمال ولاية داكوتا بالولايات المتحدة. وكما يتضح فإن البرارى (Prairie) والمروج (Meadow) والمستنقعات (Marshes) توجد فى سهل متدحرج لنتوء منخفض، كما يعتبر صرف التربة (Soil drainage) هو

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

العامل البيئى الأعظم. لدراسة هذا الكساء الخضرى بطريقة كمية دقيقة. أخذ ديكس وسمينز (نقلاً عن Gaush 1982) ١٠٠ موقعاً تمثل التدرج فى الكساء الخضرى الموجود (كل موقع ذو مساحة (٠,١ هكتار)، وفى كل موقع قدرا تردد الأنواع الشائعة باستخدام ٣٠ مربع (مساحة كل منها ٠,٥ × ٠,٥ م) وسجلا قائمة بالأنواع. وقد شملت قياسات عوامل التربة ما يلى: الانحدار، التعرض، الصرف، قطاع و قوام التربة، الكربونات، الرقم الهيدروجينى، التوصيل الكهربائى، الكبريتات، الكلوريدات والسعة المائية.



شكل (٧٠). مخطط افتراضى للتضاريس والمجتمعات النباتية فى أحد المواقع بمقاطعة نيلسون (شمال داكوتا)

وقد أجرى ديكس وسمينز تحليلاً تدرجياً مباشراً لتوزيع ١٦ نوعاً مهماً على طول تدرج نظام الصرف فى هذه المنطقة (شكل ٧١)، وعلق على النتائج كما يلى:

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

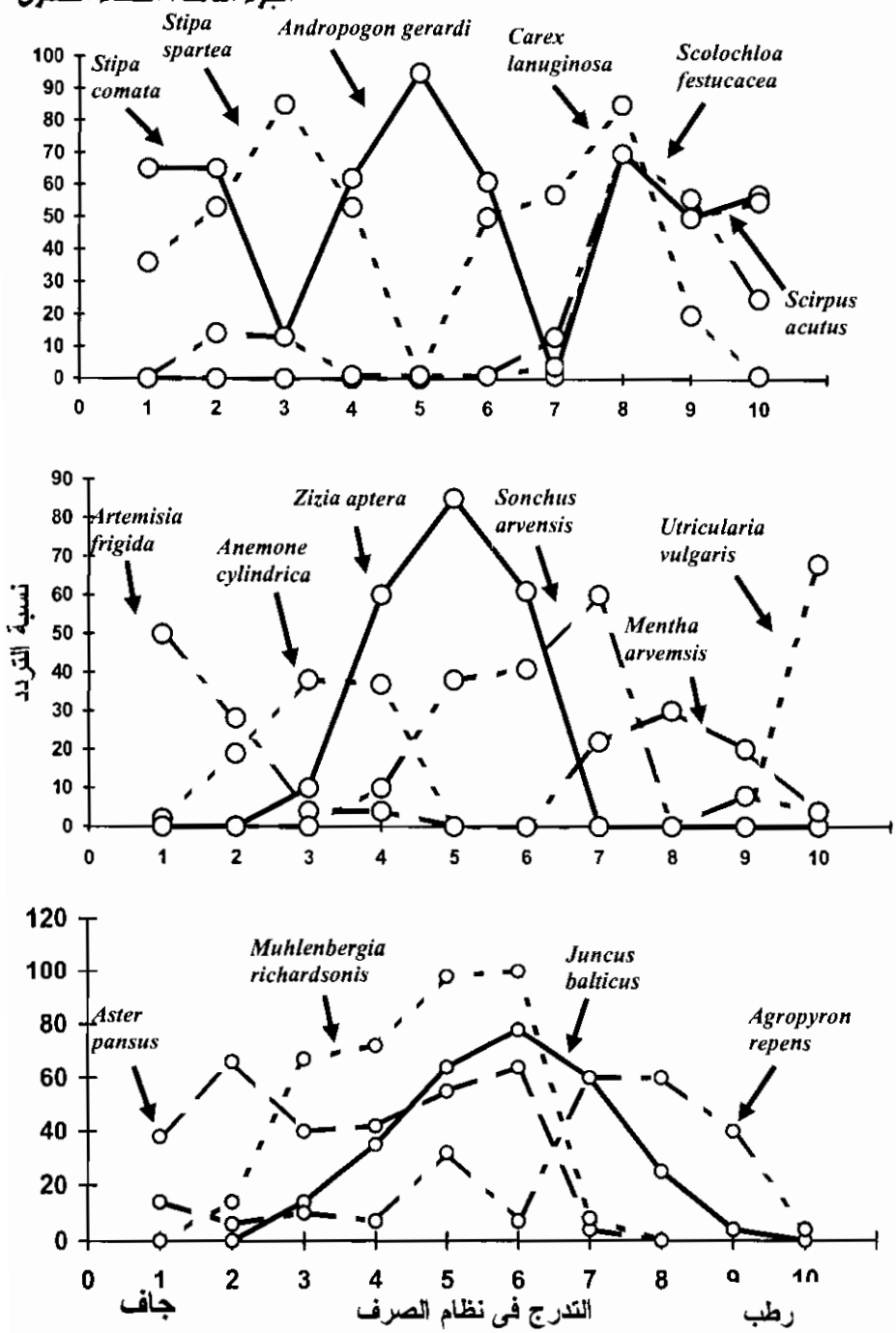
١ ــ تستجيب الأنواع بصورة فردية للتدرج البيئى معطيه أنماط مبعثرة وتوزيعات متباينة الاتساع أو الضيق.

٢ ــ وبالتتابع، فإن التغير فى المجتمعات النباتية يكون متواصلاً. ورغم أنه من المفيد استخدام مصطلحات مثل براري ومروج ومستنقعات للأغراض الوصفية، لكن من المعروف أن بعض المواقع تعتبر حافية بين هذه المواطن ولذا فإن انتمائها لموطن محدد يعتمد على تقدير ذهنى إلى حد ما. يمكن أيضاً ملاحظة أن معظم الأنواع لها درجة مثلى على طول التدرج البيئى وتقل على كلا الجانبين، ولذا فإن معظم المنحنيات تقترب من الشكل الناقوسى (Bell Shaped) أو الطبيعى (Gussian or Norrmal).

بالنظر فى التساؤل الأول عن التحليل التدرجى المباشر، يمكن استخلاص أن الكساء الخضرى يتفاعل بشدة مع نظام الصرف أو لعامل أو مركب من العوامل ذو علاقة مع نظام الصرف. مثل هذه النتيجة تكون كافية لبعض الأغراض، لكن لأغراض أخرى قد نحتاج إلى نتيجة أكثر ضبطاً.

وللرد على التساؤل الثانى قام ديكس وسيمنز بتقدير نظام الصرف لكل موقع باستخدام مقياس من ستة مراتبة، مرتبط بالتضاريس (Topography). ثم كونا مقياساً اجتماعياً باستخدام النباتات نفسها كأدلة على أحوال الصرف. ولتحقيق ذلك تم جدولة الأنواع المسجلة فى الدراسة (١٢٠ نوع) طبقاً لوفرتها فى المراتب الستة المرتبطة بنظام الصرف الأصلى، والأنواع التى لها متوسط تردد فى مرتبة ما يزيد عن ١٠% على الأقل عن أى مرتبة أخرى اختيرت كأنواع دليلية. وطبقاً لذلك تم اختيار ٤٨ نوعاً أخذت قيم دليلية تتراوح بين ١ للمرتبة الأكثر جفافاً و ٦ للمرتبة الأكثر رطوبة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٧١). توزيع ١٦ نوع نباتى على طول تدرج نظام الصرف فـــى مقاطعـــة نيلسون (شمال داكوتا).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تم بعد ذلك حساب دليل اجتماعى جديد لكل موقع عن طريق جمع حاصل ضرب الترددات النسبية للأنواع فى قيمها الدليلية وقسمة النتيجة على مجموع الترددات النسبية لهذه الأنواع، الناتج يضرب فى ١٠٠ للحصول على الأرقام الكلية. يتراوح هذا الدليل الموقعى بين ١٠٠ إلى ٦٠٠ بحيث يكون الموقع ذو الأنواع الدليلية المنتمية إلى المرتبة ١ فقط (الأكثر جفافاً) ذا قيمة موقعية تساوى ١٠٠، والموقع ذو الأنواع الدليلية المنتمية إلى المرتبة ٦ فقط (الأكثر رطوبة) ذا قيمة موقعية تساوى ٦٠٠. ولتوضيح ما سبق نضرب المثال التالى : إذا اشتمل موقع على ترددات نسبية قيمتها ٢٠% للنبات أ، ١٥% للنبات ب، ٥% للنبات جـ كأنواع دليلية، و ٦٠% للأنواع غير الدليلية، وإذا كانت هذه الأنواع الدليلية الثلاثة توجد فى المراتب ١، ٢، ٣ على التوالى، حينئذ يحسب الدليل الموقعى كما يلى :

$$\frac{(20\times1)+(15\times2)+(5\times3)}{(20+15+5)}\times100=163$$

وتدل هذه القيمة على أن هذا الموقع جاف بعض الشئ لكنه يبتعد عن الطرف الجاف جداً للتدرج. الشكل (٧١) يمثل تدرج نظام الصرف على المحور السينى (المقياس الاجتماعى) بعد تقسيم مجاله (١٠٠ ــ ٦٠٠) إلى عشرة أقسام متساوية مرقمة من ١ (الطرف الجاف) إلى ١٠ (الطرف الرطب). وقد وجد عدد من الباحثين إن استخدام هذا المقياس الاجتماعى أكثر دقة من استخدام التقدير الفعلى للتضاريس والصرف (أنظر Gaush 1982).

بالنظر فى التساؤل الثالث أظهرت دراسة مقاطعة نيلسون أن بعض النباتات استجاب لتدرج ثانوى من الملوحة، والبعض الآخر استجاب لتدرج ثانوى من الاضطراب (Disturbance)، وهذه الاستجابة قد تكون أعلى من الاستجابة لتدرج رطوبة الأرض الذى يعتبر التدرج الأساسى لمعظم الأنواع. وعموماً فإن مقاطعة نيلسون تحتوى على العديد من الاضطرابات الطبيعية والبشرية التى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يمكن دراستها أيضاً باستخدام التحليل التدرجى المباشر. وبخصوص التساؤل الرابع فإن أحد الأسئلة الأساسية المتعلقة بهذا الموضوع هو هل المجتمعات تعتبر وحدات طبيعية واضحة التحديد مع قليل من المخاليط الانتقالية، أم أن المجتمعات عادة ما تندمج اندماجاً متصلاً مع بعضها، وقد دعمت نتائج التحليل التدرجى المباشر للكساء الخضرى فى مقاطعة نيلسون وجهة النظر الثانية.

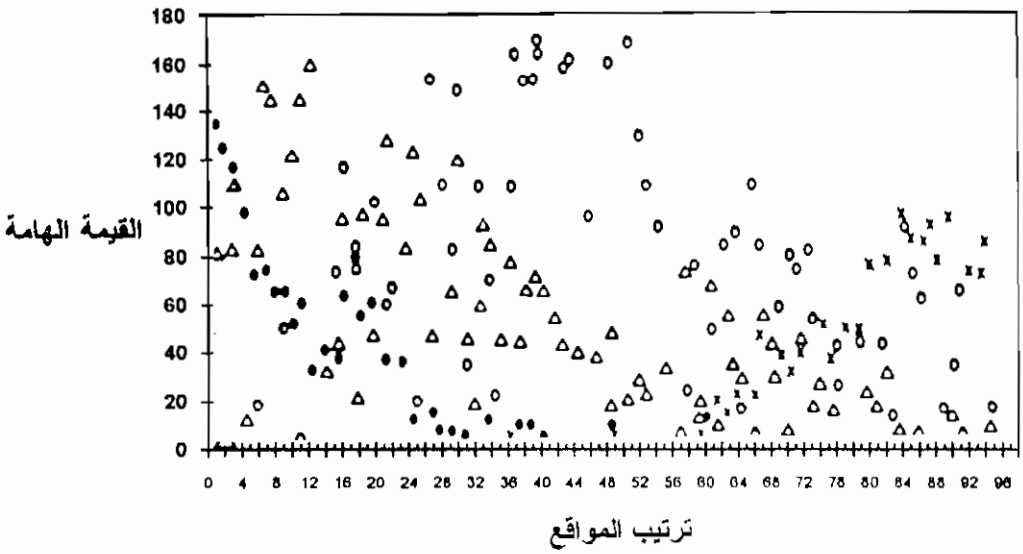
من المهم أن ندرك أنه بالرغم من أن الأرقام المنشورة عادة ما تظهر منحنيات ملساء (Smoothed Curves)، فإن البيانات الأصلية غالباً ما تكون مبعثرة بعض الشئ. وكمثال على ذلك يوضح الشكل (٧٢ أ) وفرة ثلاثة أنواع من البلوط : البلوط الأسود (*Quercus veluntina*)، البلوط الأبيض (*Q. alba*)، والبلوط الأحمر (*Q. rubra*)، وأسفندان السكر (*Acer saccharum*) فى غابة مرتفعة جنوب ويسكنسون بالولايات المتحدة على تدرج تعاقبى من المراحل الرائدة إلى المراحل الذروية، وهى تمثل البيانات الأصلية لخمسة وتسعين موقعاً. والشكل (٧٢ ب) يوضح نفس البيانات بعد أخذ متوسط مجموعات متعاقبة من خمسة مواقع وتطبيق التمليس عليها (Smoothing) باستخدام المعادلة التالية :

$$\text{التمليس} = \frac{\text{القيمة السابقة} + \text{ضعف القيمة الحالية} + \text{القيمة التالية}}{٤}$$

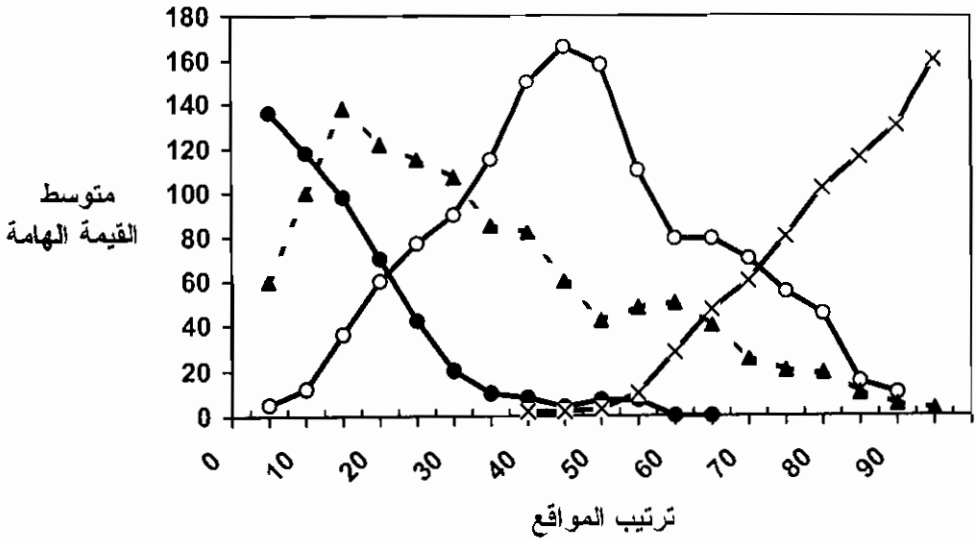
يعد تبعثر هذه القيم الأصلية متطابقاً مع بيانات المجتمع البيئية، والمقابلة بين البيانات الأصلية والمنحنيات الملساء تؤكد استخدام المتوسط والتلميس لاختزال ضوضائية البيانات، مما يستدعى أهمية الحصول على قاعدة بيانات متكاملة تزودنا بعينات كافية لحساب متوسطات دقيقة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(أ)



(ب)



شكل (٧٢). البيانات الأصلية (أ) والمنحنيات الملساء (ب) لأربعة أنواع من الأشجار فـــى الغابات المرتفعة شمال ويسكونسون على مدى تدرج تعاقبى. •: البلوط الأسمر Δ : البلوط الأبيض، : O البلوط الأحمر، × : اسفندان السكر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الجزء الرابع: صون الحياة الفطرية

(Wild Life Conservation)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المقدمـــة

أدت قدرة النباتات على التأقلم مع الظروف البيئية المتباينة إلى العيش فـــى العديد من المواطن غير الملائمة، وتعكس أشكال الكساء الخضرى الممثلة فـــى التكوينات الحية الكبيرة (Biomes) تنوع خصائص المواطن التى تتحكم فى هـذه العملية التطورية. تعتبر النظم البيئية الطبيعية شديدة التغير وتتطـــور اســتجابة للمؤثرات البيئية، ولكن هذه العملية كانت موقوفة فى الماضى علـــى الأســباب الطبيعية، بينما الآن يعتبر الإنسان وتقنياته الحديثة مسببات هامة جـــداً للتغـير الجغرافى الحيوى. فقد ازداد العدد الكلى للسكان فى العالم من ٣,٦ بليـــون فـــى عام ١٩٧٠ إلى ٥,٥ بليون فى عام ١٩٩٢ ومن المتوقع أن يصل إلى ٦ بليـــون فى عام ١٩٩٨، وربما يصل إلى ١١,٦ بليون بحلول عام ٢١٥٠ (Tolba and El-Kholy, 1992). وعادة ما يكون النمو العددى للسكان مصحوباً بنمو الزراعة الآلية وظهور مجتمعات حضرية ــ صناعية جديدة. أدت هذه العملية إلـــى زيـادة الطلب على الموارد الطبيعية وأوجدت مشكلة النفايات غـير المرغـوب فيـها. وبالرغم من ذلك، فإن العلاقة بين النمو السكانى وتنمية الموارد وحالة الوســـط المحيط تختلف إقليمياً. فالدول النامية معنية أكثر من غيرها بالاستغلال الزائـــد (الجائر) لمواردها الطبيعية مما يؤدى إلى تحرك تجمعاتها السكنية النامية نحـــو الأراضى غير المستغلة، وبالتالى ينتج عن هذا نقص الغطاء الغابى و التصحـــر وأشكال أخرى من تجريد الأراضى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يعتقد أن ما يقرب من ١٧ مليون هكتار من الغابات قد دمرت فى أفريقيا وأمريكا اللاتينية وآسيا فى الفترة من ١٩٨١ حتى ١٩٩٠ بمعدل ٠,٩% من المساحة الكلية كل عام. أزيلت الغابات من بعض الأراضى بغرض زراعتها أو للإمداد بخشب الوقود. وفى حين تستغل الغابات باستمرار كمصدر للخشب، فإن معدل الإزالة عادة ما يكون أعلى بكثير من معدل التجديد الطبيعى، وغالباً ما يتوقف التجديد الطبيعى بسبب نشاط المزارعين المتدفقين إلى هذه المناطق الجديدة. وبالتتابع فإن أقل من ١٠% من الغابات الإستوائية العالمية هى الآن تحت تنمية متواصلة فعلية. وبالإضافة إلى ذلك فإن حوالى ٣٠٠ مليون هكتار من الأراضى الزراعية سوف تكون غير منتجة بحلول عام ٢٠٠٠، وبالطبع فإن هذه الأراضى سوف تستعوض بإيجاد مساحات جديدة للزراعة. تعتبر هذه المشكلة أكثر تعقيداً فى البلاد النامية فى أفريقيا وآسيا ولكنها ليست محصورة على هذه المناطق فقط، فعلى سبيل المثال حدثت خسائر معتبرة فى أستراليا وأمريكا الشمالية، غالباً نتيجة للرعى الجائر فى أراضى المراعى. وبالمثل أدت عملية نمو المدن إلى نقص الأراضى الزراعية : ففى أمريكا الشمالية، على سبيل المثال، يصل معدل التحول إلى ما يقرب من ٢,٥ مليون هكتار كل عشر سنوات. بالإضافة للغابات وأراضى المراعى، سجلت خسائر هامة أيضاً فى النظم البيئية للأراضى الرطبة، أساساً بسبب الصرف وردم الأراضى والتلوث. ومن الجدير بالذكر التنبيه على أن الأرقام العامة عن تحول الأراضى يمكن أن تكون غير مجدية: ففى أوربا، على سبيل المثال، زادت مساحة الغابات فى السنوات الحالية، إلا أن ذلك يعود أساساً إلى زراعة الغابات الصنوبرية وحيدة النوع على نطاق واسع، بينما الأراضى الخشبية الطبيعية مستمرة فى التناقص (Groombridge 1992).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

١ وقع التغير المناخى

أدى التحضر والطلب المتزايد على السلع والخدمات إلى زيادة هائلة فى النشاط الصناعى، وبالتالى طلب متزايد على الموارد المعدنية والطاقة. تختلف المشاكل المصاحبة للنمو الصناعى باختلاف نوع التشغيل والوسط التى تنفذ فيه. يعتبر تأثير التعدين والإستخلاص نسبياً تأثيراً موضعياً، ولكن الفضلات الناتجة عن الإعداد والتصنيع ذات تأثير كبير على الوسط المحيط. يُعتبر التلوث الجوى أكثر هذه التأثيرات الضارة انتشاراً. كانت الإهتمامات القديمة حول نوعية الهواء تركز فى الغالب على تأثيرات ثانى أكسيد الكبريت والغازات الأخرى على الكساء الخضرى بالقرب من المواقع الصناعية، لكن الدراسات الإكثر حداثة تركز على التأثيرات العالمية للتلوث مثل المطر الحمضى ونقص طبقة الأوزون وظاهرة الدفيئة (إرتفاع درجة الحرارة).

تعتبر أكاسيد الكبريت والنيتروجين العوامل الأساسية لترسيب الأحماض. تسبب هذه الملوثات تدميراً للكساء الخضرى وخاصة المخروطيات والأشن، كما تسبب أيضاً تدميرا واسعا للنظم البيئية للمياه العذبة. تعتبر مشكلة ترسيب الأحماض أكثر وضوحاً فى شرق أمريكا الشمالية وغرب أوروبا، لكنها تهدد أيضاً بعض المناطق الإستوائية حيث التربة ذات سعة تعادلية منخفضة (Rodhe & Herrera 1988). يعود نقص طبقة الأوزون بصفة أساسية إلى التركيزات المتزايدة للكربونات الكلوروفلورية (Chloroflurocarbons : CFCs) فى الجو.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

والتأثير الأولى لنقص الأوزون هو زيادة كمية الإشعة فوق البنفسجية (UV-B) التى تخترق الغلاف الجوى للأرض. وقد دلت الدراسات الأولية أن بعض النباتات يمكن أن تتأقلم مع ظروف متزايدة من هذه الأشعة، ولكن غالباً ما تؤثر هذه الظروف على تكشف الأوراق، مما يؤدى إلى اختزال النمو فى النهاية. ولذا فإن تركيب نظام بيئى ما يمكن أن يعكس القابلية التنافسية للأنواع طبقاً لحساسيتها للأشعة فوق البنفسجية.

يرتبط نقص الأوزون أيضاً بظاهرة الإرتفاع العالمى لدرجة الحرارة (ظاهرة الدفيئة) بسبب قابلية الكربونات الكلوروفلورية لإمتصاص الأشعة تحت الحمراء ومن ثم تعزيز تأثير الصوبة الزجاجية (نسبة لإختزان درجة الحرارة داخل الصوبات الزجاجية المستخدمة فى الزراعة). يزداد تركيز الكربونات الكلوروفلورية فى الجو بمعدل ٤% كل عام على الرغم من التغيرات المثيرة فى إنتاجها واستخدامها. ومن غازات الصوبة الزجاجية الأساسية التى تتأثر بنشاطات الإنسان غاز ثانى أكسيد الكربون و الميثان وأكاسيد النيتروجين. يزداد غاز ثانى أكسيد الكربون بمعدل ٠,٥% لكل عام، معظمه ناتج عن احتراق الوقود الحفرى وإزالة الغابات. أما الميثان فى الجو فيزداد بمعدل ٠,٩% لكل عام. ينتج معظم الميثان الذى يدخل الجو بواسطة البكتريا اللاهوائية فى الأراضى الرطبة الطبيعية، و يتعزز هذا بوجود حقول الأرز على نطاق واسع. وفى المقابل يقل الإنبعاث عقب صرف الأراضى الرطبة، كما تعتبر تربية الماشية مصدراً أساسياً لإنتاج الميثان. أما أكاسيد النيتروجين فتنتج عن طريق استهلاك الوقود الحفرى، حيث يتولد ما يقرب من ٥٠% من الإنبعاثات الناشئة عن نشاط الإنسان من قطاع المواصلات. يزداد تركيز أكاسيد النيتروجين فى الجو بمعدل ٠,٢٥% لكل عام، أساساً بسبب الزيادة المطردة فى استخدام السيارات (Tolba & El-Kholy 1992).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تقدر الزيادة العالمية فى درجة الحرارة بحوالى درجة مئوية واحدة خلال المدة من ١٨٦١ حتى ١٩٨٦. توضح نماذج التدوير العامة المستخدمة فى التنبؤ بالتغير الحرارى (General Circulation Models: GCMs) أن الدفء العالمى سوف يستمر مع زيادات تتراوح ما بين ٢,٨ ــ ٥,٢°م حتى عام ٢٠٥٠. ويتوقع أن يكون الإتجاه الأعظم لارتفاع الحرارة فى المناطق القطبية، حيث من المحتمل أن يزداد متوسط درجة حرارة الشتاء من ٤ ــ ١٦°م. ومن المتوقع أيضاً أن يكون التأثير أقل فى المناطق المحيطية والبحرية بسبب السعة الحرارة العالية للماء، لكن من المحتمل وجود أنماط من الطقس المختلف جداً ومطر أكثر على الكتل الأرضية. من المتوقع ازدياد المطر العالمى بنسبة ٨ ــ ١٥% مع حدوث الزيادة العظمى فى المناطق القطبية والاستوائية (Smith *et al.* 1992). كما أن الزيادة فى بخار الماء سوف تشارك فى تعزيز ظاهرة تأثير الصوبة الزجاجية، ولكن ليس من المعروف على وجه التحديد كيف يؤثر التغير فى كمية وتوزيع غطاء السحب على موازنة الإشعاع العالمى.

التأثيرات البيئية المحتملة للتغير المناخى عديدة ومتباينة، فمن المتوقع أن يرتفع مستوى سطح البحر بمعدل ٢,٤ مم /السنة، ومن المنتظر أن يزداد الإرتفاع مع الذوبان المتسارع للثلاجات والقمم الثلجية. وبالمثل، من المتوقع حدوث معدل متزايد من ذوبان الطبقات تحت السطحية دائمة التجمد. على نطاق عالمى، سوف يتحكم المناخ فى توزيع الأنواع النباتية والحيوانية، ومن المفترض أن تؤثر التغيرات فى درجة الحرارة والمطر على توزيع النظم البيئية الكبيرة. ففى كندا على سبيل المثال، من المتنبأ به أنه بحلول عام ٢٠٥٠ سوف تقل مساحة المناطق القطبية وتحت القطبية بنسبة ١٨% والغابات الشمالية بنسبة ١٤%. وبالمقابل، سوف تؤدى الظروف المناخية المتغيرة إلى زيادة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مقدارها ١٩% فى أراضى الحشائش، و ١١% فى الغابات المعتدلة، و ٢% فى أشباه الصحارى. كما يتوقع أن يعتمد الكساء الخضرى فى النهاية على معدلات هجرة الأنواع، والتغيرات المتعاقبة فى خواص التربة والعوامل البيئية الأخرى. وبناءاً على الإتجاهات الجارية، من المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة فى وسط أمريكا الشمالية بمقدار ٢ ــ ٤°م فى الشتاء و ٢ – ٣°م فى الصيف ويمكن أن يزداد المطر بمقدار صفر ــ ١٥% فى الشتاء، بينما تنخفض من ٥ –١٠% فى الصيف مع تعاقب النقص فى الرطوبة الأرضية بمقدار ١٥ ــ ٢٠%، مما سيؤدى إلى تأثير عنيف على الإحتمالات الزراعية للمنطقة، مع تغيرات فى استخدام الأراضى تنتقل لاحقاً إلى النظم البيئة الفطرية (Archibold 1995).

تظهر تنبؤات مشابهة على المستوى العالمى أن غطاء التندرا والصحارى سوف يقل، بينما ستتسع أراضى الحشائش والغابات استجابة إلى التغير المناخى المصطحب بانبعاث زائد من غاز ثانى أكسيد الكربون. وسيكون سبب معظم الزيادة المتوقعة فى الغابات على المستوى العالمى هو تحول التندرا إلى غابات شمالية. سوف تحدث زيادة أراضى الحشائش جنوب الغابات الشمالية، حيث من المتوقع أن ينقص الغطاء الشجرى بسبب الظروف الأكثر جفافية. وبالرغم من ذلك، فمن المتوقع أن يتسبب هطول الأمطار فى تحول الصحارى إلى أراضى الحشائش أو غابات وذلك فى المناطق المعتدلة والمدارية. تختلف درجة التغير طبقاً لنماذج التدوير العام المختلفة. وكما يتضح من جدول (٢٠) فإن التوقعات فى الغطاء الغابى هى الأكثر تبايناً، مع زيادة الغابات الجافة من ٥ – ٧١% من المساحة الحالية، وتغير فى الغابات الرطبة من –١٠ إلى ١١%.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٢٠) التغيرات المتوقعة فى مساحة التكوينات الحيوية الكبيرة تحت الظروف المناخية الجافة طبقاً لنماذج التدوير العام للتغير المناخى (Smith et al. 1992).

التكوين الحيوى	المساحة الحالية (× ١٠٠٠كم٢)	التغيرات المتوقعة طبقاً لنماذج التدوير العام (GSM)				المتوسط
		I	II	III	IV	
التندرا	٩٣٩	- ٣٠٢	- ٥١٥	- ٣١٤	- ٥٧٣	- ٤٢٦
الصحارى	٣٦٩٩	- ٦١٩	- ٦٣٠	- ٩٦٢	- ٩٨٠	- ٧٩٨
أراضى الحشائش	١٩٢٣	٣٨٠	٩٦٩	٦٩٤	٨١٠	٧١٣
الغابات الجافة	١٨١٦	٤	٦٠٨	٤٨٧	١٢٩٦	٥٩٩
الغابات الرطبة	٥١٧٢	٥٦١	- ٤٠٢	١٢٠	- ٥١٩	- ٦٠

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ التنوع الحيوى وانقراض الأنواع

تتكون النظم البيئية الفطرية من مجتمعات من الكائنات المتكاملة ذاتية التنظيم فى اتزان مع العوامل الطبيعية والكيماوية للوسط المحيط، وبناءاً على ذلك فإن أى تغيرات فى جماعات الأنواع سوف تؤثر على تباين النظام البيئى ككل. وخلال عملية الإنتخاب الطبيعى، تتأقلم الأنواع مع الظروف الموجودة فى النظام البيئى بطرق متعددة، كما تنظم الأنواع تذبذباتها الطبيعية فى أوساطها المحيطة من خلال ميكانيكيات الإتزان، لذا فمن المعتقد أن تتعزز الإنتاجية والكفاءة بالتغذية الإسترجاعية الموجبة (Positive feedback) تحت ظروف الثباتية. بالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن تزداد ثباتية النظم البيئية مع النضج وتصبح أكثر مرونة مع الإضطراب، بسبب الكفاءة العالية فى استخدام الموارد، والتلطيف الأفضل لتطرفات الوسط المحيط بواسطة الأنواع السائدة ذات المجالات البيئية الواسعة. تتحدد الثباتية بواسطة قابلية الأنواع للبقاء داخل المدى الطبيعى للتغير الذى يحدث داخل الوسط المحيط.

من المعتقد أن التنوع العالى يميز الأوساط ذات الظروف الملائمة والثابتة، وهذه العملية ذاتية الزيادة بمعنى أن إضافة أنواع جديدة يستحث نشوء طرز حياة أخرى. ومع ذلك فإن التخصص المفرط والجماعات النوعية الصغيرة تزداد حساسيتها للضغط البيئى، ويجب بالضرورة أن يتكيف تركيب ووظيفة النظام البيئى ككل مع هذه التغيرات. يميل تنفس المجتمع للزيادة تحت ظروف الضغط مما يؤدى إلى تناقص تراكم الكتلة الحية. وبالمثل يزداد العائد من العناصر

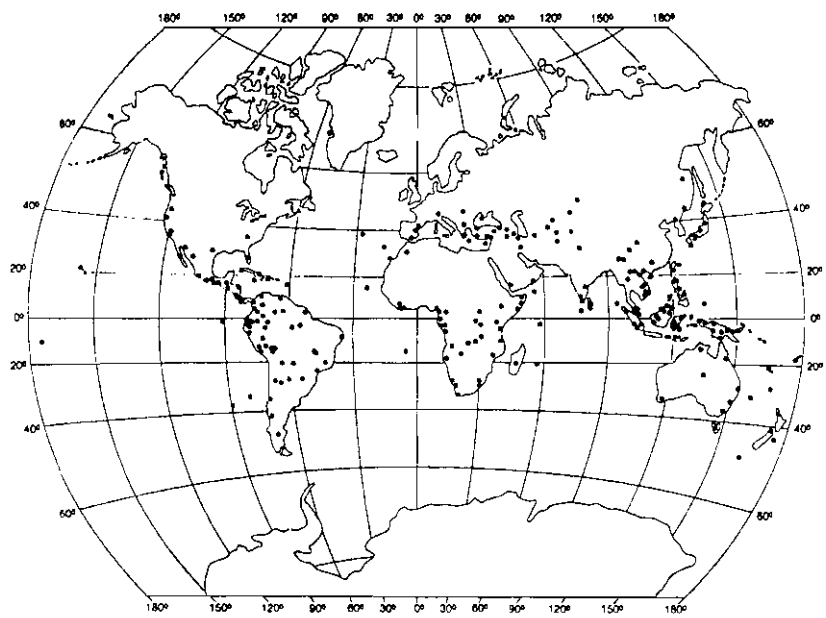
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الغذائية لكنه يكون أقل كفاءة، ولذا فإن النظام البيئى يفقد عناصر مغذية أكثر تحت الضغط. ومن الناحية النموذجية، يصاحب النقص فى التنوع نقص فى حجم ودورة حياة الأنواع المتبقية؛ وتصبح نباتات المواطن المستحدثة (weeds) ذات الوحدات التكاثرية سريعة الانتشار أكثر وفرة، كما يسود النظام البيئى عدد أقل من الأنواع لكنها أكثر تأقلماً (Odum 1985).

يزداد التنوع بصفة عامة فى المناطق الدافئة الرطبة وينقص بالإرتفاع عن سطح البحر والجفاف، كما أن بعض الأنواع ذات توزيع متسع، ولكن العديد من الأنواع ذات توزيع مقتصر على أماكن معينة (Endemic species). ومن المعتقد أن ٥٠,٠٠٠ نوع تقريباً (٢٠% من النباتات الزهرية تقريباً) ذات توزيع مقتصر على ١٨ موقعاً تمثل ٠,٥% من مساحة سطح الأرض. يوجد ١٤ موقع من هذه النقاط الساخنة (مساحات ذات أولوية حيوية بسبب فلورتها الفريدة) فى الغابات الإستوائية، بينما يوجد الباقى فى مناطق البحر المتوسط. حدد برنامج صون النباتات التابع للإتحاد العالمى لصون الطبيعة (IUCN) ٢٥٠ مركزاً للتنوع النباتى (CPD)، وهى مساحات غنية بصفة خاصة بالحياة النباتية، ويمكن، إذا تم حمايتها، أن تحافظ على معظم النباتات البرية فى العالم (شكل ٧٣).

وعموماً، يتم اختيار منطقة ما كمركز للتنوع النباتى بناءاً على الأهمية النباتية وليس على درجة تهديد النظام البيئى، وعادة ما تحتوى من بين فلورتها الغنية على عدد كبير من الأنواع مقتصرة التوزيع. توجد معظم مراكز التنوع النباتى فى المناطق الإستوائية الغنية بالنباتات حيث من الصعب تحديد الأنواع النباتية المهددة بشكل فردى (Groombridge 1992).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٧٣) .التوزيع العالمى لمراكز التنوع النباتى (عن Groombridge 1992).

يعتبر تدمير وتجزؤ المواطن حالياً أكبر مسبب لإنقراض الأنـــواع. تـدل معدلات الإنقراض المقدرة على أساس الوفرة النوعية ومعدلات إزالة الغابـــات على احتمال فقد من ٢ إلى ٨% من الأنواع النباتية فى الغابات الإســتوائية مــا بين عامى ١٩٩٠ و ٢٠١٥. أما فلورات الجزر فهى ذات حساســية متســاوية ومن ثم فإن ٣٠% من الأنواع المهددة بالإنقراض هى نباتات مقتصـــرة علـــى الجزر (Groombridge 1992). هذا وقد دمرت معظم فلورات الجزر أثناء فــترة الإستعمار الأوروبى، عادة بسبب إدخال الماعز وغيرها من القطعان، كما شارك الجلب المتعاقب للنباتات ذات القدرة الإنتشارية والتنافسية العالية فى فقد العديــد من النباتات المتوطنة (جدول ٢١).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٢١). عدد وحالة الأنواع النباتية مقتصرة التوزيع على بعض الجزر المحيطية (Groombridge 1992).

الجزيرة	المكان	منقرض	معرض للانقراض	قابل للانقراض	نادر	الكل
كوبا	البحر الكاريبى	٢٥	٣٢٢	٢٩٤	١٤٢	٣٢٣٣
جاميكا	البحر الكاريبى (جنوب كوبا)	٠	٧٦	١٣٧	١٢٢	٨٢٧
هاواى	المحيط الهادى (شرق المكسيك)	٨٧	١٢١	٢٣	٩٢	٧٣١
الكانارى	المحيط الأطلنطى (شمال غرب أفريقيا)	١	١٢٧	١٢٠	١٢٩	٥٩٣
موريتيس	المحيط الهندى (شرق مدغشقر)	٢١	٧٥	٤٥	٥٥	٢٣٦
سوقطرة	البحر العربى	١	٣٣	١٥	٥٢	٢٦٧
جلاباجوس	المحيط الهادى (غرب الإكوادور)	٢	٨	١١	٥٤	١٤٨
جوان فرنانديز	المحيط الهادى (غرب تشيلى)	١	٥٤	٣٨	٠	١٢٣
ريونيون	المحيط الهندى (شرق مدغشقر)	١	١٣	١٤	١٤	١٢٠
ماديرا	المحيط الأطلنطى (شمال غرب أفريقيا)	٠	١٧	٢٩	٣٤	١١٨
ماركياس	المحيط الهادى (بولينيزيا الفرنسية)	١	١٨	١٣	٧	١٠٥
قبرص	البحر المتوسط	٠	٧	٩	٢٨	٩٠
اللورد هو	المحيط الهادى (جنوب شرق استراليا)	١	٣	١	٧٢	٨٤
البليار	البحر المتوسط (شرق أسبانيا)	١	٨	١١	٢٣	٧٠
سيشل	المحيط الهندى (شرق كينيا)	٠	١٧	٢٦	٧	٦٣

وعلى المستوى العالمى، فإن ما يقرب من ٢٣,٠٠٠ نوع أو تحت نوع نباتى مهددة بالإنقراض، وما يزيد عن ٨٠٠ نوع تعتبر منقرضة خلال الأزمنة التاريخية الماضية. بالرغم من ذلك، فإن هذه المعلومات ترتبط جغرافياً بمناطق معينة، ومما لا شك فيه أن العديد من النباتات غير المعروفة يمكن أن تضاف إلى هذه الأعداد (Archibold 1992).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تم تسجيل ٤٤٥٢ نوعاً حيوانياً مهددة بالإنقراض ضمن القائمة الحمراء للإتحاد الدولى لصون الطبيعة (IUCN) عام ١٩٩٠ (جدول ٢٢). تعتبر نسبة الأنواع المهددة بالإنقراض من الثدييات (١١,٨%) والطيور (١٠,٦%) والأسماك (٣,٥%) أعلى من نسبة الأقسام الأخرى. من المحتمل أن كبر حجم الفقاريات واحتياجها لموارد أكثر يجعلها أكثر عرضة للإنقراض من غيرها. وبالرغم من ذلك، فإن العديد من اللافقاريات لها مجالات مكانية ضيقة جداً مما يجعلها عرضة لفقد الموطن. وكما ذكر سابقاً، فإن التهديد الأعظم للأنواع الحيوانية هو فقد أو تجزؤ المواطن (مثل النباتات) من خلال الزراعة، قطع الأشجار، تربية الماشية والإستيطان. تشمل الأسباب الأخرى الإستغلال الجائر للأغراض التجارية والمعيشية، الجلب العارض والمتعمد للأنواع ذات القدرة التنافسية والإفتراسية العالية، والإبادة المتعمدة للأنواع الآفية الممرضة. تعيش معظم الثدييات المهددة بالإنقراض فى البلاد الإستوائية مثل مدغشقر، أندونسيا والبرازيل، وهى متأثرة بصفة أولية بتدمير الغابات الإستوائية. أما الطيور المهددة بالإنقراض فهى ذات توزيع متشابه، على الرغم من أن الأنواع التى لا تطير وذات الأعشاش الأرضية فى الجزر المحيطية معرضة للإنقراض بصفة خاصة بسبب المفترسات الدخيلة مثل الفئران والنُموس. وبالمقابل، فالعديد من الأنواع المهددة بالإنقراض من الزواحف والبرمائيات والأسماك مرتبطة بالمناطق المعتدلة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٢٢). أعداد الأنواع الحيوانية المهددة بالإنقراض (Groombridge 1992).

أقسام الحيوانات	عدد الأنواع المهددة	العدد التقريبى للأنواع الموصوفة	نسبة الأنواع المهددة (%)
الفقاريات			
الثدييات	٥٠٧	٤٣٠٠	١١,٨
الطيور	١٠٢٩	٩٧٠٠	١٠,٦
الزواحف	١٦٩	٤٨٠٠	٣,٥
البرمائيات	٥٧	٤٠٠٠	١,٤
الأسماك	٧١٣	٢٠٠٠٠	٣,٦
اللافقاريات			
الرخويات	٤٠٩	٥٠٠٠٠	٠,٨
المرجانيات والإسفنجيات	١٥٤	٩٠٠٠	١,٧
الحشرات	١٠٨٣	٧٥٠٠٠٠	٠,١
العناكب	١٨	٦٨٠٠٠	< ٠,١
القشريات	١٢٦	٤٢٠٠٠	٠,٣
أقسام أخرى	١٨٧	٢٨٠٠٠	٠,٧

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ أهمية التنوع الحيوى

على الرغم من أن الأهمية الإقتصادية للنباتات كغذاء ودواء ومـــواد خـــام عظيمة، إلا أن استيعاب أهمية التنوع النباتى ككل ما زال ضعيفاً. يعتـــبر مـــا يقرب من ٣٠٠ نوع نباتى مصادر للغذاء: تم استئناس ٢٠٠ منها، لكن من ١٥ إلى ٢٠ نوعاً منها تعتبر محاصيل ذات أهمية اقتصادية عظيمة (Groombridge 1992). وعادة ما تؤدى عملية تنمية السلالات عاليـــة الإنتاجيـــة إلـــى إنتـــاج محاصيل متماثلة وراثياً ذات إنتشار واســـع على حســـاب الأقـــارب البريـــة (Wild relatives) التى تعتبر مورداً وراثياً هاماً، وهى غالباً شائعة الإستخدام فى برامج استنباط سلالات المحاصيل ذات القدرة على مقاومة الآفات والأمـــراض. وبالتتابع يشارك تحسين الإنتاج وزيادة الإعتماد علـــى الكيماويـــات الزراعيـــة (المخصبات والمبيدات) فى فقد التنوع الوراثى لنباتات الغـــذاء علـــى مســـتوى العالم، مما يمكن أن يؤثر على البرامج المستقبلية لاستنباط السلالات. وبـــالمثل، فقد سجلت منظمة الصحة العالمية ما يزيد على ٢١,٠٠٠ نباتاً ذات اســـتخدامات طبية منها ٥٠٠٠ نوعاً فحصت جيدا كمصادر ممكنة لعقـــاقير جديـــدة. تعتـــبر نباتات المناطق المعتدلة الطبية هى أوسع النباتات الطبية استخداماً، أما النباتـــات الإستوائية فإن دراسات قليلة تم إجراؤها على إمكانات كيميائها الحيوية. وعموماً فإن النباتات الطبية ما زالت تجمع بشكل رئيسى من المناطق الطبيعية. ومع ذلك يعتبر السينكونا (*Cinchona* spp.) أحد الأمثلة كنبات طبـــى ينمـــى كمحصـــول رئيسى، ويستخدم قلفه كعقار (يسمى الكوينين) لعلاج الملاريا والحميات وكمـــادة مقوية ومطهرة، كما يحتوى على العديد من القلوانيات الطبية مثل الســـينكونيدين

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

والسينكوتين. تعتبر أشجار السينكونا البرية فى الإنديز بأمريكا الجنوبية هى المدد الطبيعى لهذا العقار، وفى عام ١٨٦٠ تمت زراعته بنجاح فى أندونسيا، لهذا الغرض، ولولا ذلك لكان فى عداد النباتات المنقرضة. وحالياً يزرع فى الصين مايقرب من ١٠٠ نوع من النباتات الطبية، حيث يجهز منها سنوياً ٧٠٠,٠٠٠ طن للوصفات الشعبية التقليدية (Xiao 1991).

يصنع حالياً العديد من المستحضرات الصيدلية المشتقة من النباتات، ومازالت تتسع استخدامات النباتات الطبية، حيث من المتوقع أن يزيد الناتج منها عن ٥٠٠ بليون دولار أمريكى بحلول عام ٢٠٠٠ (Principle 1991). يستخرج ما يربو على ١٢٠ عقاراً طبياً من ٩٥ نوع من النباتات الراقية، ٣٩ منها تنمو فى الغابات الإستوائية. وفى الدواء المسوق فى الولايات المتحدة يستخدم الآن ٢٣ نوعاً فقط من الغابات الإستوائية : تمثل ٢٠% من الأدوية المشتقة من النباتات فى الولايات المتحدة. وبالإضافة إلى ذلك فإن ١٣٠٠ نوعاً غابياً تستخدم كأدوية وسموم ومخدرات بواسطة السكان المحليين فى شمال غرب الأمازون، و ٦٥٠٠ نوعا على الأقل تستعمل فى العلاج الشعبى فى شرق وجنوب شرق آسيا. وإجمالاً يقدر النباتيون الشعبيون أن ٣٥,٠٠٠ إلى ٧٠,٠٠٠ نوعاً نباتياً تستخدم بهذه الطريقة فى جميع أنحاء العالم، ينمو معظمها فى الغابات الإستوائية. ومن الجدير بالذكر الإشارة إلا أن القليل من هذه النباتات هى التى فحصت بالتفصيل، ورغم أن الإستخدام التجارى للأنواع الإستوائية قليل نسبياً، إلا أن الحاجة ملحة لحفظ هذه النباتات وتوثيقها قبل أن تفقد (Archibold 1995).

يمكن تقدير القيمة الإقتصادية للمنتجات الزراعية والخشبية والطبية بدقة لكن من الصعب معرفة القيمة الكلية للموارد النباتية إلا إذا قدرت فوائدها للمجتمع ككل. فعلى سبيل المثال يمكن حساب القيمة الخشبية لنوع شجرى لكن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

قيمته فى تجميع الأمطار وتدوير الأكسجين وتنظيم المناخ عادة ما تكون منسية على نطاق واسع. وبالرغم من ذلك، أدى الفقد المتواصل للأوساط الطبيعية إلى إدراك متزايد للقيمة غير الإستهلاكية لهذه الموارد المتناقصة. ويعتبر نمو السياحة البيئية هو أحد الأمثلة للإتجاه الحالى بعيداً عن الإستغلال التقليدى للموارد. فالطبيعة غير الفاسدة للنظم البيئية النادرة بدأت تأخذ قيماً اقتصادية حقيقية. وعلى سبيل المثال، يقدر أن كل أسد فى حديقة قومية أفريقية يجذب من الزوار سنوياً ما قيمته ٢٧,٠٠٠ دولار أمريكى، وكل قطيع من الفيلة له قيمة مالية سنوية تقدر بحوالى ٦١٠,٠٠٠ دولار أمريكى (Tolba & El-Kholy 1992).

تعتبر السياحة البيئية الطبيعية هى الجاذب الأساسى للعملة الصعبة فى بعض البلاد مثل نيبال و كينيا وكوستاريكا، بدخل عالمى كلى فى البلاد النامية يقدر بحوالى من ٢ إلى ١٢ بليون دولار أمريكى. ومع ذلك، فمن المطلوب إدارة حريصة لتقليل تجريد البيئة نتيجة للإسراف فى هذه الأنشطة، ومن ثم إبقاء الطلب عليها. إذ غالباً ما يؤدى حرية الوصول إلى المناطق الطبيعية إلى فقد أنواع نباتية وحيوانية، لهذا السبب نظمت مصلحة الحدائق الوطنية الكندية عملية إدارة نشاط الزوار عن طريق تقسيم الحدائق الوطنية إلى مساحات من الأرض كل مساحة منها ذات استخدام محدد لحفظ تأثير السياح عند مستويات مقبولة (جدول ٢٣).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٢٣). .تقسيم مناطق استخدام الأرض فى الحدائق الوطنية الكندية (Tolba & El-Kholy 1992).

المنطقة	الإستعمال
I	**حفظ الأنواع** : تحتوى هذه المساحات على المواطن النادرة والمهددة بالإنقراض وتكون محمية بشدة مع منع أو تنظيم إقتراب الزوار منها.
II	**القفر** : هى المساحة الأفضل تمثيلاً للإقليم الطبيعى للحديقة (٦٠ ــ ٩٠% من المساحة الكلية للحديقة)، وتهدف إلى حفظ الموارد، مع استخدام خفيف وتسهيلات محدودة فقط.
I	**الوسط المحيط الطبيعى** : يسمح فى هذه المساحة بحرية التنقل بدون السيارات، وهى تعمل بطريقة نموذجية كمنطقة حاجزة أو انتقالية.
IV	**الترفيه** : توجد تسهيلات ليلية كبيرة فى هذه المساحة مثل المخيمات.
V	**خدمات الحديقة** : تتميز هذه المساحة بمشاهد أرضية شديدة التحور، وعادة ما تمثل ١% من المساحة الكلية للحديقة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٤ حفظ الموارد الطبيعية

تعرف عملية حفظ الموارد الطبيعية وصون الحياة الفطرية على مدار عشرات السنين القليلة الماضية على أنها شكل من أشكال استخدام الأرض يتنافس مع الزراعة، وتنمية الغابات، والترفيه، والتنمية الحضرية والبنية التحتية المصاحبة لها على المدد القليل من الأراضى الصالحة لذلك. وقد تأكد هذا عن طريق إنشاء العديد من الهيئات الشعبية المعنية بالحصول على الأرض وإدارتها بغرض صون ما تحويه من حياة فطرية والسعى إلى دمج هذا النشاط ضمن برامج التخطيط المحلية والقومية. مثل هذه المحاولات كانت فى الماضى سيئة التنسيق أو غير متاحة على الإطلاق. وعادة ما يحتكم التأييد المبكر للإهتمام بصون الحياة الفطرية إلى قيم مثالية مثل الجمال والإنسانية والتى تعتبر المرتكزات الأساسية لأخلاقيات الصون. ومع ذلك فإن برامج التخطيط لصون الحياة الفطرية تستجيب فى كثير من الأحيان إلى مجموعات الضغط المختلفة وإلى الإعتبارات السياسية أكثر من الإستجابة للمثاليات العلمية والثقافية (Emery 1976). ومن ثم فطن علماء صون الطبيعة إلى ضرورة تحديد الأولويات بطريقة تقديرية قياسية وذلك لتحقيق التوافق مع الإستخدامات المتنافسة للأرض.

يمكن تقسيم المبررات الداعية للإهتمام بصون الحياة الفطرية إلى قسمين من المبررات. الأول يفترض وجود فوائد فعلية أو مدخرة يمكن الحصول عليها من خلال عملية الصون مثل: أهمية التنوع الوراثى فى تنمية مصادر الغذاء، نقص التنوع الوراثى يؤدى مع الزمن إلى اختزال التعدد الشكلى (Polymorphism) والذى يمكن أن يؤدى إلى الإختزال المتواصل لقدرة الأنواع

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

على التأقلم مع الوسط، والمنافع الإقتصادية المختلفة وخاصة فـــى الصناعـــات التقليدية. أما المبرر الثانى فهو مبنى على الجزم بأن الأنواع لها حق الوجـــود، مثل الإنسان تماماً، حيث أنها تباشر هذا الحق منذ زمن طويل ووجودها ذو فائدة غير محددة ولكنها واقعية **(وما من دابة فى الأرض ولا طائر يطير بجناحيـــه إلا أمم أمثالكم ما فرطنا فى الكتاب من شئ ثم إليه تحشرون:** الأنعام ٣٨).

أدخلت خطة حفظ الموارد الطبيعية فى التنظيم القانونى للحكومات القائمـــة. وبالرغم من اختلاف السياسات من بلد إلى أخر. فقد شُرعت القوانيـــن لحمايـــة الأنواع النباتية من خلال تقييد عمليتى الجمع والتجارة، وحظر تدمير مواطنـــها والتحكم فى جلب الأنواع الدخيلة، كما توجد تشريعات مماثلة لحفـــظ الأنـــواع الحيوانية الفطرية. استكملت هذه السياسة بتأسيس المناطق المحمية والتى كـــان الغرض الأساسى منها حفظ المشاهد الجمالية وإتاحة مناطق ترفيه، لكـــن فـــى السنوات الأخيرة شملت هذه النظرية المواطن ذات الأنواع المهددة بـــالإنقراض والنظم البيئة ذات التنوع العالى (Groombridge 1992). وقد حدد الإتحاد الدولى لصون الطبيعية (IUCN) عشرة مراتب للمحميات الطبيعية، كل واحدة منها لـــها أهداف إنمائية مختلفة كما يتضح من العرض التالى (إبراهيم ١٩٩٣):

١ ــ المحمية ذات الطابع المحـــض (Strict Nature Reserve). هـــى مساحة من الأرض ذات أغراض علمية محضة، غايتها المحافظة علـــى النظـــم البيئية ومكوناتها من مجتمعات وأنواع، وضمان استمرار العمليات البيئيـــة دون تدخل من خارج هذه الأنظمة البيئية (وذلك من بين أغراض أخرى قـــد تحـــدد مسبقاً)، و الحصول على قراءات وتسجيلات علمية مستمرة لـــهذه العمليـــات. وتكون هذه المحميات فى العادة مغلقة بالنسبة للجمهور العـــادى أو للســـائحين، وتتم إدارتها بالإتفاق مع الجهات التى تقوم علـــى تســـجيل الأرصـــاد البيئيـــة المطلوبة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ ــ **الحديقة الوطنية الطبيعية (National Park)**. وهى أكثر أنواع المحميات شيوعاً فى الولايات المتحدة وفى بعض الدول الأفريقية، وتضم فى العادة مساحات أرضية كبيرة أو مناطق مائية تحوى نماذج متنوعة من المواطن الطبيعية والمناظر ذات القيمة الجمالية بالإضافة إلى مجتمعات نباتية وحيوانية وتكوينات جيولوجية متباينة. تخدم هذه الحدائق عدة أغراض علمية وتعليمية وسياحية وترفيهية. يمكن التدخل من قبل الإدارة تدخلاً هيناً أو عميقاً بصفة مستمرة إن لزم الأمر لتحقيق التوازن والتنوع واستمرار الحياة الطبيعية بمستواها العادى أو ما يقرب منه، ويسمح فيها بالزيارة التى تتم تحت المراقبة، وبالصيد فى حدود معينة وبتصاريح خاصة مدفوعة الأجر. وقد تتحدد مناطق وممرات خاصة فى الحديقة لكل غرض من أغراضها على حدة (أنظر جدول ٢٣). ويمكن أن تشترك دولتان فى إدارة المحمية الواحدة إذا كانت تقع على حدودهما المشتركة.

٣ ــ **الأثر القومى الطبيعى (Natural Monument)**. وهو تكوين جيولوجى أو تجمع حيوانى أو نباتى ذو أهمية ثقافية أو علمية أو تعليمية معينة، وتقوم الدولة بحمايته خوفاً من التعدى عليه أو تدهوره. ومن الأمثلة على ذلك الشلالات والعيون والكهوف الطبيعية والتلال والوديان والواحات و مناطق معيشة أنواع معينة من الحيوان أو النبات.

٤ ــ **محمية المعزل الطبيعى (Managed Nature Reserve)**. وهى تدار لكى تكفل حماية أنواع معينة من النباتات أو الحيوانات النادرة المهددة بالإنقراض لضمان استمرار بقائها، أو لإتاحة الفرصة لهجرات الطيور بصورة ملائمة، وذلك بتخصيص بقعة كافية من الأرض أو المياه تعيش وتنشط فيها تلك الأنواع طبيعياً، مع العمل على حمايتها من التلوث الناجم عن الأنشطة البشرية خارج المحمية. وقد يسمح فى أضيق الحدود ببعض الاستخدام الإقتصادى، إذا لم

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يكن فى هذا ما يهدد الأغراض الأساسية للمحمية. وهذه المحميات صغيرة الحجم ولا تستلزم إدارتها تكاليف كبيرة.

٥ ــ **محمية المشاهد الأرضية (Protected Landscape)**. وهى تلك التى تضم مناظر طبيعية ذات أهمية ثقافية أو فنية خاصة، مثل نماذج من الأراضى أو المياه وما تضمه من أحياء وتراكيب جيولوجية جديرة بالحفظ. وقد تكون تلك المناظر ناتجة عن توالى استخدام الإنسان للأراضى بأسلوب معين على مدى أزمنة طويلة، أو أن الإنسان إحتفظ بهذه الأراضى على أوضاعها الطبيعية كى تستخدم مكاناً للنزهة والترويح خاصة إذا كانت قريبة من تجمع سكانى كبير. فالغرض الأساسى لهذا النوع من المحميات ترويحى وسياحى ولكنها يمكن أن تخدم فى نفس الوقت أغراضاً علمية وتعليمية، فقد تحوى بيئات متباينة تفتح مجالاً للدراسات البيئية وخاصة ما يتعلق بتأثير الإنسان والضغوط الناتجة عن الإستخدامات الترويحية والسياحية الأخرى على البيئة الطبيعية.

٦ ــ **محمية الموارد الطبيعية (Resouces Reserve)**. وهى منطقة تحتوى على موارد طبيعية غير مستغلة أو مكتشفة حديثاً ويمكن استغلالها اقتصادياً، ولكن لم يصل المسئولون إلى قرار محدد بهذا الشأن، ولذا فإنها تُحمى مؤقتاً، خشية أن تتدهور هذه الموارد، حتى تتاح الفرصة لإجراء الدراسات وجمع البيانات التى تعطى المؤشرات للإستغلال الأمثل لتلك الموارد. وعادة ما تكون هذه المناطق بعيدة عن العمران وتضم تراثاً لم يحظ مسبقاً بالدراسات الكافية، كما قد تكون مواردها الطبيعية غير معروفة بتعمق كاف، مما يستلزم عمل دراسة مستفيضة لتحديد ذلك بعيداً عن الإستخدام غير الرشيد لها.

٧ ــ **محمية الحياة التقليدية (Anthropological Reserve)**. وهى محمية يستخدم السكان المحليون مواردها بطريقة تقليدية دون تغيير جذرى فى نمط الحياة ودون خطر كبير من تدهور الموارد. ولمثل هذه المحميات أهمية ثقافية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وعلمية وسياحية وجمالية فى آن واحد، ومنها يمكـــن أن نتعلـــم الكثـــير عـــن الأساليب التقليدية لإدارة الموارد دون تدميرها، ويمكن أيضاً تشجيع الصناعـــات اليدوية بها وبيعها للسياح.

٨ ــ **محمية الموارد متعددة الأغـــراض (Multiple-Use Management Reserve)**. تهدف هذه المحمية إلى حماية الثروات الطبيعيـــة المتواجـــدة مـــع ثروات أخرى جوهرية يستخدمها الإنسان كثروة قومية أساسية لأغـــراض التنميـــة الإقتصادية والإجتماعية. ويؤدى الإستخدام الأمثل متعدد الأغراض إلى حمايـــة تلك الموارد الجوهرية التى يخشى إهدارها أو تبديدها، ويساعد علـــى تنميتـــها واستغلالها بأسلوب مستمر بدلاً من أن تتبدد نتيجة طغيان الإستخدامات الأكـــثر ربحية. ومثال ذلك التحكم فى موارد المياة والحياة البرية والمراعـــى الطبيعيـــة والموارد الشجرية والمســـطحات الواســـعة الصالحـــة للأغـــراض الرياضيـــة والترويحية مع إعطاء الفرصة كاملة لإستمرار إنتاجية تلك الموارد والخدمـــات التى تقدم للمجتمع من خلالها. ويتطلب هذا الأمر التعرف على نوعيات المواطن الموجودة فى هذه الأماكن وتقسيمها إلى مناطق طبقاً لأسلوب الإستخدام الأمثـــل لها، مما يتيح إضفاء الحماية الأكثر للموارد الموجودة بها وبمـــا يتوافـــق مـــع الإحتياجات القومية والإقليمية.

٩ ــ **محمية المحيط الحيـــوى (Biosphere Reserve)**. اقـــترح برنـــامج الإنسان والمحيط الحيوى التابع لمنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلـــوم والثقافـــة (ماب ــ اليونسكو) هذا النوع المستحدث من المحميات عام ١٩٧١. وتهدف هذه المحمية إلى المحافظة على عناصر المجتمعات الأحيائية مـــن نبـــات وحيـــوان وتراكيب جيولوجية فى إطار النظام البيئـــى الطبيعـــى، مـــع الإهتمـــام كذلـــك بالمحافظة على التنوع البيئى والوراثى المتمـــيز دون المســـاس بالإســـتخدامات التقليدية للأراضى (رعى، زراعة خفيفة، احتطاب)، وهى بذلـــك تجمـــع بيـــن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

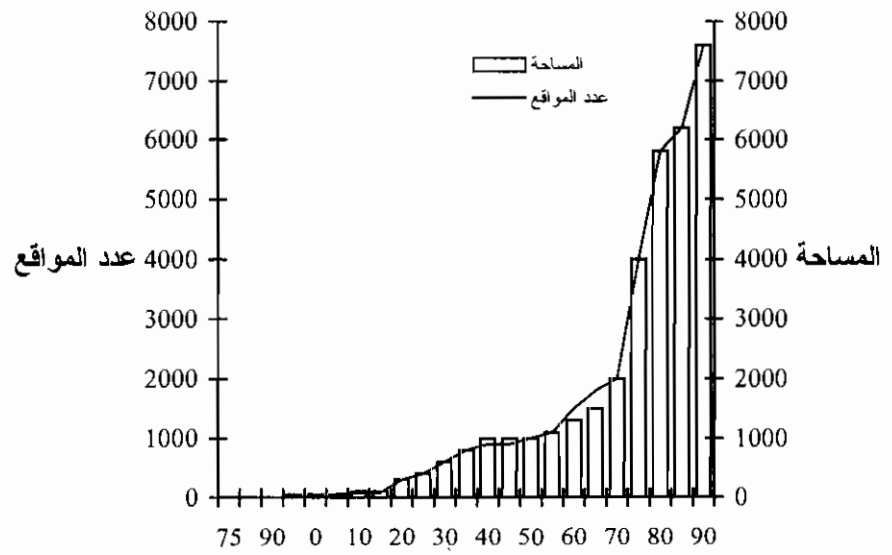
أغراض المحمية الطبيعية ذات الطابع العلمى المحض ومحمية المعزل الطبيعى لصون الأنواع. ولتحقيق ذلك فإنها عادة ما تنقسم إلى ثلاث مناطق هى منطقة القلب، المنطقة الحاجزة، والمنطقة الانتقالية. تقدم هذه المحميات فرصاً أكبر للبحوث والدراسات البيئية الأساسية (الرصد البيئى طويل الأمد)، لمعرفة التغيرات الطبيعية الناتجة عن الأنشطة التقليدية للإنسان القاطن فيها أو حولها. ومن شأن هذه المحميات أيضاً أن تقدم فرصاً للتدريب والتعليم.

١٠ ــ **محمية التراث العالمى (World Heritage Site)**. يتصل هذا النوع من المحميات بتطبيق الإتفاقية الدولية لحماية التراث الثقافى والطبيعى. وتمثل هذه المحميات مواقع لها أهمية عالمية، وليس فقط أهمية إقليمية أو قومية، كتراث دولى طبيعى أو ثقافى أو كليهما معاً جدير بالإهتمام والحماية.

يوجد ٩٦ موقع لحماية التراث العالمى، اختيرت بسبب القيمة الجمالية أو العلمية، و ٣٠٠ محمية محيط حيوى أُسست من خلال برنامج الإنسان والمحيط الحيوى التابع لليونسكو أساساً لغرض البحث والرصد البيئى، هذا وقد ازداد العدد الكلى للمناطق المحمية زيادة مضطردة منذ ١٩٧٢ (شكل ٧٤). وحالياً يوجد ما يقرب من ٨٥٠٠ محمية مسجلة تغطى ٧,٨ مليون كم^{٢} (٥,٢% من مساحة سطح الأرض). ويعد إنشاء الحديقة الوطنية الطبيعية فى جرينلاند عام ١٩٧٤ (٩٧٢,٠٠٠ كم^{٢}) وحديقة الحاجز المرجانى العظيم البحرية عام ١٩٨٠ (٣٤٠,٠٠٠ كم^{٢}) ذات أثر كبير على المساحة الكلية للمناطق المحمية، ولذا فإن أكثر من ٣٥% من المساحة المحمية الكلية تمثل القليل من المحميات الضخمة. وعموماً فإن أكثر من ٥٠% من المواقع المحمية ذات مساحات أقل من ١٠٠كم^{٢}، مما يوحى باحتمال أن يحد هذا التجزؤ فى النهاية من كفاءة عملية الصون. بالإضافة إلى ذلك فإن التكوينات الحيوية الكبيرة ليست محمية بشكل متماثل، حيث تعتبر البحيرات وأراضى الحشائش فى المناطق المعتدلة هى الأقل

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تمثيلاً (جدول ٢٤). ومن الجدير بالذكر الإشارة إلى أن مناطق محمية تغطـــى ٦,٠٠٠كم٢ فى القارة المتجمدة الجنوبية (Antarctica) قد استبعدت مـــن هـذه البيانات.



شكل (٧٤). الإتجاهات العالمية فى زيادة عدد ومساحة المواقع المحمية خلال المدة من سنة ١٨٧٥ حتى ١٩٩٠ (Groombridge 1992).

تمكنت بعض الدول من حفظ الأنواع النباتية بسرعة مـــن خـــلال حمايـــة المواطن كجزء من شبكة المناطق المحمية. ففى استراليا على ســـبيل المثـــال، يوجد حوالى ٥٠% من الأنواع القومية المهددة بالإنقراض داخل منـــاطق ذات حماية دائمة، وقد يصل هذا إلى ٧٥% فى جنوب أفريقيا وبريطانيـــا، و ١٠٠% فى تشكوسلوفاكيا (Groombridge 1992). تمتلك هذه البلاد برامج طويلة المـــدى لتحديد وحفظ الأنواع المهددة بالإنقراض، لكن فى العديد من مناطق العالم توجـد

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الأنواع المهددة بالإنقراض خارج المناطق المحمية. وعموماً لا يحتاج مفهوم حماية المواطن إلى معلومات تفصيلية عن حالة الأنواع داخل المناطق المحمية، ويعتبر ذلك مفيداً على وجه الخصوص فى التكوينات الحيوية المتباينة نباتياً مثل الغابات الإستوائية. ويعتبر العامل المحدد الأهم هو عدم إتاحة ظروف موطنية معينة للعديد من الأنواع إلا إذا وفرت مساحات شاسعة.

جدول (٢٤). توزيع ومساحة المناطق المحمية بالنسبة للتكوينات الحيوية الكبيرة (Groobmridge 1992)

التكوين	المساحات المحمية			
	العدد	المساحة (كم٢)	المساحة الكلية (كم٢)	النسبة المئوية الكلية
غابات مدارية رطبة	٥٠١	٥٢٢٠٠٠	١٠٥١٨٠٠٠	٤,٩٦
غابات مدارية جافة	٨٠٩	٨١٨٠٠٠	١٧٣٣١٠٠٠	٤,٧٣
غابات فوق مدارية ومعتدلة رطبة	٩٣٥	٣٦٦١٠٠	٣٩٢٨٠٠٠	٩,٣٢
أراضى حشائش مدارية	٥٦	١٩٨٢٠٠	٤٢٦٥٠٠٠	٤,٦٥
صحارى ذات شتاء دافئ	٢٩٦	٩٥٧٧٠٠	٢٤٢٨٠٠٠٠	٣,٩٤
صحارى ذات شتاء بارد	١٣٩	٣٦٤٧٠٠	٩٢٥٠٠٠٠	٣,٩٤
أراضى أخشاب قلسية ودائمة الأوراق	٧٨٦	١٧٧٤٠٠	٣٧٥٧٠٠٠	٤,٧٢
أراضى حشائش معتدلة	١٩٦	٧٠٠٠٠	٨٩٧٧٠٠٠	٠,٧٨
غابات عريضة متساقطة الأوراق	١٥٠٩	٣٥٧٠٠٠	١١٢٤٩٠٠٠	٣,١٧
غابات قطبية	٤٤٠	٤٨٧٠٠٠	١٧٠٢٦٠٠٠	٢,٨٦
التندرا	٨١	١٦٤٣٤٠٠	٢٢٠١٧٠٠٠	٧,٤٦
نظم جبلية مختلطة	١٢٦٥	٨١٩٦٠٠	١٠٦٣٣٠٠٠	٧,٧١
نظم جزيرية وبحرية مختلطة	٥٠١	٢٤٦٣٠٠	٣٢٤٤٠٠٠	٧,٥٩
بحيرات	١٨	٦٦٠٠	٥١٨٠٠٠	١,٢٨

تلعب الحدائق النباتية أيضاً دوراً هاماً فى الصون ومع ذلك فإن عدداً قليلاً نسبياً منها يوجد فى المناطق الإستوائية (جدول ٢٥)، على الرغم من أن معظم

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

هذه الحدائق أنشئ فى السنوات الأخيرة. تحدد معظم الحدائق النباتية الآن الأفضلية للأنواع البرية، ومن ثم فإن مجموعات النباتات المحلية المتوطنة تحل تدريجياً محل الأنواع الدخيلة. يتم تنسيق هذه الأنشطة على المستوى الدولى بالإشتراك مع المنظمة الدولية لصون الحدائق النباتية (Botanical Gardens Conservation International : BGCI). يوجد حالياً تحت الإستزراع حوالى ١٠,٠٠٠ نوع نباتى نادر ومهدد بالإنقراض، على الرغم من أن عدد أفرادها يعتبر غير كاف للصون، يحتفظ العديد من الحدائق النباتية بالإضافة لمجموعات النباتات الحية، بمجموعات متنوعة من البذور الحية مما يعد مخزناً وراثياً متنوعاً، إلا أنه يجب مراقبته بدقة وعن طريق اختبار مدى حيوية البذور. ومع ذلك، فأن ما يقرب من ٥٠,٠٠٠ نوعاً نباتياً تنتج بذور لا تحتوى على كُمُون طبيعى أو لا تستطيع العيش تحت ظروف التخزين. ومن الجدير بالذكر الإشارة إلى إمكانية التخزين الخارجى (*In vitro*) للمورثات وإنماء النباتات من النسيج الإنشائى (زراعة الأنسجة) تحت الظروف المعملية للإبقاء على الأنواع ذات البذور صعبة الحفظ والإنبات. حينئذ فإن إعادة توطين الأنواع المنقرضة أو المهددة بالإنقراض سوف يكون ممكناً، وبالفعل فقد أعيد توطين ٢٩ نوع بهذه الطريقة، ولكن النجاح طويل المدى قليل نسبياً، وهذا التوجه لا ينبغى اعتباره بديلاً لصون المواطن.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٢٥). التوزيع العالمى للحدائق النباتية ذات العضوية فى المنظمة الدولية لصون الحدائق النباتية (Groombridge 1992).

البلد	العدد الكلى	عدد الأعضاء
آســـيا		
الإتحاد السوفيتى (سابقاً)	١٦٠	١
الهند	٦٨	٧
الصين	٦٦	٤
اليابان	٥٩	٠
ماليزيا	٩	٥
البلاد الأخرى	٧٥	٢٣
أوروبا		
ألمانيا	٧٣	١٢
فرنسا	٦٦	١٨
المملكة المتحدة	٦٠	٣١
إيطاليا	٤٨	١٠
هولندا	٣٩	٥
تشيكوسلوفاكيا	٣٤	١
البلاد الأخرى	٤٢	٣١
شمال ووسط أمريكا		
الو لايات المتحدة	٢٦٦	٥٣
المكسيك	٣٠	٧
كندا	١٨	٧
البلاد الأخرى	٢١٣	٤١
جنوب امريكا		
كولومبيا	١٣	٤
البرازيل	١١	٤
تشيلى	٩	١
الأرجنتين	٩	١
البلاد الأخرى	٢٣	٦
أفريقيا		
جنوب أفريقيا	١٧	١١
مصر	٥	١
نيجيريا	٥	١
كينيا	٥	٥
البلاد الأخرى	٣٧	١٢
المحيطات		
أستراليا	٦٠	٢٢
نيوزيلاندا	١٧	٦
غينيا الجديدة	٤	٢
البلاد الأخرى	٣	١

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٥ معايير صون الحياة الفطرية

يعكس تعدد وتشابك المعايير المشتقة من مبررات الصون المجال الواسع لأهداف الصون من حفظ الأنواع النادرة أو الفريدة والمواطن الهشة إلى صيانة تنوع وثباتية النظم البيئية وحماية عينات ممثلة لها. وقد تحددت هذه المعايير من بين خليط من النظريات البيئية والأحيائية، والقيم البشرية والإعتبارات العملية الإدارية والحكومية. وقد أدى الإلتباس المحيط بالنواحى المختلفة لمفاهيم وقيم معايير الصون إلى إعاقة ظهور طرائق عالمية مقبولة لتقييم أهمية صون الحياة الفطرية.

أكد العديد من العلماء والهيئات (UNESCO 1974) على أهمية اختيار مجموعة من المواقع تمثل سلسلة من محميات المحيط الحيوى الدولية. وقد ذكر تقرير اليونسكو المعايير التالية : التمثيل، التنوع، الفطرة والقيمة الإحتياطية. كما تضيف المعلومات التاريخية عن الإستخدام السابق للأرض، وكذا وجود أنواع نادرة أو مهددة بالإنقراض وزناً للمناطق المتكافئة بالنسبة للمعايير السابقة. يوجد معظم هذه الدراسات على المستوى الإقليمى؛ بعضها يشتمل على تحديد درجات ملائمة أو قيم نسبية للرتب المختلفة من الأرض، والبعض الآخر يعين قيمة صونية لمواقع خاصة. وبعد استطلاع المعايير التى استخدمت فى العديد من الدراسات السابقة (جدول ٢٦) تبين أن معيار التنوع مشتملاً على الوفرة النوعية وتنوع المواطن هو الأكثر استخداماً (نسبة الإستخدام ٩٤,١%)، يلى ذلك الفطرة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وندرة المواطن والأنواع بنسبة استخدام واحدة (٦٧,٥%)، ثم المساحة (٦٤,٧%) وخطر التدخل البشرى (٤٧,١%).

جدول (٢٦). تكرارية استخدام معايير الصون المختلفة فى ١٧ دراسة منشورة خلال المدة من ١٩٧١ حتى ١٩٨١ (عن Margules & Usher 1981, Usher 1986).

المعايير		التكرارية	
		(١٧)	(%)
التنوع (للمواطن و/أو الأنواع)	Diversity	١٦	٩٤,١
الندرة (للمواطن و/أو الأنواع)	Rarity	١٣	٧٦,٥
الفطرة (للمواطن و/أو الأنواع)	Naturalness	١٣	٧٦,٥
المساحة	Area	١٣	٦٤,٧
خطر التدخل البشرى	Human Threat	٨	٤٧,١
القيمة الجمالية	Amenity Value	٧	٤١,٢
القيمة التعليمية	Educational Value	٧	٤١,٢
التمثيل	Representativeness	٧	٤١,٢
القيمة العلمية	Scientific Value	٦	٣٥,٢
التاريخ المسجل	Recorded History	٤	٢٣,٥
حجم الجماعة	Population Size	٣	١٧,٦
النموذجية	Typicalness	٣	١٧,٦
الهشاشة البيئية	Ecological Fragility	٢	١١,٨
القيمة الاحتياطية	Potential Value	٢	١١,٨
التفرد	Uniqueness	٢	١١,٨
القابلية للإحلال	Replaceability	١	٥,٩

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التنـــوع (Diversity)

تعريف التنوع الحيوى

يقصد بالتنوع الحيوى التباين فيما بين الكائنات الحية مـــن كـــل المواطـــن الداخلية والأرضية والمائية، ويشمل ذلك التباين داخل النوع (التنوع الوراثـــى) وبين الأنواع (التنوع النوعى) وعلى مستوى النظم البيئية ككل (التنوع البيئى). وفيما يلى سرد مختصر لهذه المستويات الثلاثة (UNEP 1992) :

١ ــ **التنوع الوراثى (Genetic Diversity)**. ويقصد به التبـــاين فـــى أشـــكال التركيب الوراثى والممثل لنوع ما، أو لمجموعة مـــن الأنـــواع الممثلـــة لمجتمع يعيش فـــى موطـــن محـــدد. ويعـــرف أيضـــاً بـــالتنوع داخـــل النوع (**Within species diversity**).

٢ ــ **التنوع النوعى (Species Diversity)**. ويفضـــل بعـــض المتخصصيـــن استخدام مسمى التنوع الكائنى (**Organismal diversity**) دفعا لإشـــكالية دراسة تنوع الكائنات على مستوى وحدات تصنيفة أخـــرى أعلـــى مـــن مستوى النوع (مثل الجنس أو الفصيلة أو الرتبة).

٣ ــ **التنوع البيئى (Ecological Diversity)**. يفضل البعـــض اســـتخدام هـــذا المصطلح أو مصطلح تنوع المجتمـــع (**Community diversity**) عـــن مصطلح تنوع النظام البيئى (**Ecosystem diversity**) حيـــث أن النظـــام البيئى لا يشمل فقط الكائنات الحية ولكن يشمل أيضا المكونات غير الحية.

التنوع الحيوى ليس هو عدد الأنواع فى منطقة ما فقط، ولتوضيـــح ذلـــك نفترض وجود عدد من المواقع يحتوى كل واحد منهم على نوعين فقـــط، أحـــد هذين النوعين يتبع جنس الشقيق (*Ranunculus*) والنوع الآخر يتبع أحـــد هـــذه

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الأنواع: نوع من جنس الشقيق، نوع من جنس آخر يتبع الفصيلة الشقيقية، نوع من فصيلة اخرى تنتمى الى نفس رتبة الفصيلة الشقيقية، نوع من فصيلة اخرى ورتبة أخرى، أرنب، فطر من جنس عيش الغراب (*Agaricus*)، حيوان أولى من جنس الاميبا (*Amoeba*)، نوع من البكتريا، وهكذا يمكن التوسع فى هذه السلسلة الافتراضية، ولكن يكفى هذا لايضاح أن أى مقياس للتنوع يصف هذه المواقع على انها متكافئة سوف يكون غير ذى معنى.

توجد ثلاثة اتجاهات متعددة لقياس التنوع الحيوى نوردها فيما يلى (Harper and Hawksworth 1995):

أولا : قياسات الوحدات التصنيفية (Taxic Measures) .التنوع الحيوى للمجتمع الذى نرغب فى تقديره، يجب أن يشتمل على فروق بين الكائنات متساوية الشأن، ولكن معبراً عنها بمراتب تصنيفية مختلفة تماماً. فقد يكون القياس المناسب والقابل للمقارنة لبعض المجتمعات هو عدد الأنواع، ولكن للبعض الآخر يكون من الافضل استخدام عدد الاجناس أو حتى عدد الفصائل.

ثانياً : القياسات الجزيئية (Molecular Measures). يمكن استخدام تشعبات الخصائص الجزيئية خاصة نسبة تماثل الحمض النووى أو الاختلاف فى تتابع القواعد النيتروجينية كإمكانية جذابة لقياس التنوع الحيوى. وبخلاف الوحدات التصنيفية العليا، والتى يمكن أن تبنى على خصائص لا تكون بالضرورة قابلة للمقارنة ببعضها، فقد وجد أن حمض RNA و DNA الموجودين فى كل الخلايا الحية يمكن أن يكونا قاعدة تصلح لعمل مقارنات مباشرة بين الكائنات المختلفة. ومن وجة نظر القياسات الجزيئية، يمكن التعبير عن التنوع الحيوى لمجتمع ما كحاصل جمع تشكيلة المعلومات الوراثية المشفرة داخل الطرز الوراثية للكائنات المكونة لهذا المجتمع. ومع ذلك فقد ذكر امبلى وآخرون (Embley *et al.* 1995) أن تطبيق التقنية الجزيئية فى دراسة التنوع

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الحيوى يمكن أن تدمر أيقونات عزيزة على حد تعبيرهم. ومما يؤيد ذلك ملاحظة أن بعض مجموعات بدائيات الأنوية أكثر تنوعاً على المستوى الجزيئيى، بالمقارنة بحقيقيات الأنوية، لدرجة أن تفريعات جديدة فوق مستوى المملكة النباتية ينبغى أن يعترف بها لكى تعكس مدى تشعب هذه الكائنات.

ثالثا: القياسات التطورية (Phylogenetic Measures). لدراسة النسق التطورى قيمة عظيمة فى تقدير التنوع الحيوى للمجتمعات بشكل دقيق. ويتحقق ذلك باستخدام الطرائق التى توظف فروض التطور النوعى، المبنى على التباين بين الأنواع فى الاشكال والخصائص، كقاعدة لتجميع الوحدات التصنيفية المتشابهة وإعطاء قياس موضوعى للبعد التصنيفى أو التاريخ التطورى المستقل. يعطى هذا الاتجاه معلومات ذات قيمة لتحديد أولوية الحفاظ على الأنواع (Faith 1995)، ولكن من الصعب معرفة كم من بيانات التطور النوعى يمكن توليدها فى المستقبل القريب لكى تستخدم هذه الطريقة لمقارنة تنوع كل المجتمعات الحية. ولإيضاح صعوبة ذلك نذكر أن ٥ إلى ١٠ % من أنواع المجموعات الحيوية الاكثر تنوعاً من غيرها (مثل الفطريات والحشرات) هى التى وصفت، ولذا فان معظم الأنواع التابعة لهذه المجموعات سينقصها البيانات اللازمة لاجراء تحليل تطورى لها. وعموما فان الدليل النموذجى للتنوع الحيوى يتحصل عليه بالسؤال كم مملكة ممثلة فى الموقع موضع الدراسة ثم كم طائفة لكل مملكة، وكم رتبة لكل طائفة وهكذا.

والتساؤل المثار فى هذا المجال هو: هل بعض الأنواع تشارك أكثر من غيرها فى التنوع الحيوى لمنطقة ما؟. وللاجابة على ذلك، من المهم الاشارة الى الأبعاد الأخرى للتنوع الحيوى من وجة نظر علم البيئة ومنها عدد المستويات الغذائية، وعدد الأنواع ذات الاحتياجات البيئية المتماثلة، ومدى تمثيل أشكال دورات الحياة المختلفة، وتنوع المواد الاحيائية. قد يكون لوجود نوع

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

معين مشاركة كبيرة فى الوفرة النوعية الكلية عن غيره، فعلى سبيل المثال نبات البلوط فى بريطانيا يقدم موارد متخصصة للعديد من الأنواع الأخرى (موضع أعشاش لعدد من الكائنات، زنابير العفص، قشريات الأجنحة، فطريات الجذور، فطريات القلف والورق، الآفات والكائنات الممرضة، الحزازيات، الأشجار والنباتات العالقه الاخرى، وهكذا). وعموما تشارك الأشجار بمدى واسع من الموارد البيئية عن النباتات العشبية والحولية. ومن جهة أخرى فان بعض النباتات المائيه (مثل بعض أنواع جنس الشقيق) تحمل نوعين من الأوراق مختلفة الاشكال يوجد أحدهما طافيا على الماء، أما الآخر فيكون مغمورا، مما يعنى أن نوعا واحدا يحتل موضعين فى المجتمع من الشائع أن يتواجد فيه نوعان مختلفان كل واحد منهما ذو أوراق أحادية الشكل. وبطريقة مماثلة يمكن القول بأن الأنواع الحيوانيه ذات دورات الحياة المركبة (مثل الضفادع والبرمائيات الاخرى) تشارك بتنوع حيوى زائد بالنسبه للموقع كفراخ فى الماء وحيوانات ناضجة على اليابسة. وبعد كل ما سبق، وحتى لو اقتصر قياس تنوع المجتمع على وفرته النوعيه وأسقطنا من الاعتبار الاختلاف فى الابعادالتطورية أو المشاركة البيئية، تبقى حقيقة أن بعض الأنواع الموجوده فى المجتمع تكون سائدة بينما يكون البعض الاخر نادراً جداً، مما يستلزم أن يعبر مقياس التنوع الحيوى عن درجة السيادة النسبية لهذه الأنواع (أنظر شلتوت ١٩٩٧).

طرق قياس التنوع الحيوى

توجد خاصيتان تتعلقان بتنوع المجتمعات وهما: عدد الأنواع والأهمية النسبية لكل نوع. ويقصد بالاهمية النسبية (أو مقدار الأهمية) أى مقياس نسبى يعبر عن كمية تواجد النوع بالنسبة لبقية الأنواع الاخرى داخل المجتمع، وقد يعبر عن ذلك بالكثافة أو التردد أو التغطية أو الكتلة الحية لهذا النوع بالنسبة للمجموع الكلى للقيم المماثلة لكل الأنواع داخل هذا المجتمع (انظر Shaltout

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

1985). وهاتان الخاصيتان تحتاجان لنوعين من التقديرات هما: التنوع الأصلى والذى يعبر عن وفرة المجتمع بالأنواع، وتوزيع مقادير الأهمية للأنواع داخل المجتمع. واذا كنا ننشد رقما محددا يعبر عن هذا التوزيع فهو بلا شك درجه انحداره عندما ترتب الأنواع من الاكثر أهمية (سيادة) إلى الأقل على المحور السينى مع توقيع مقادير الأهمية لهذه الأنواع على المحور الصادى (منحيات السياده والتنوع). يعبر هذا الانحدار عن التركيز السيادى النسبى بينما تعبر درجة استواء المنحنى عن الانتظام النسبى لتوزيع مقادير الأهمية على الأنواع الموجودة، والارتباط بينهما جزئى عكسى، ولكن من المفضل اجراء قياس مختلف لكل منهما. كما أن التنوع الاصلى والانتظام النسبى مرتبطان ارتباطا جزئيا مطردا، ومن المرغوب فيه أيضا قياس كليهما بطريقة منفصلة.

ما سبق يتضح أهمية اجراء أكثر من قياس للتعبير عن التنوع الحيوى بأبعاده المختلفة، مع الاخذ فى الاعتبار أن يتميز كل قياس بالخصائص التالية (عن Whittaker 1972): ١ ــ الاستقلال النسبى عن مساحه العينه، ٢ ــ التشتت المنخفض حول الوسط الحسابى لهذا المقياس، ٣ ــ أن يكون ذا مفهوم ملائم لموضوع القياس، وحيث أن دراسة التنوع هى فى المقام الاول حول الوفرة النوعية فانه من المفضل، ولكن ليس بالضرورة، أن تفسر قياسات التنوع على هيئة عدد الأنواع، ٤ ــ التوافق البعدى مع موضوع القياس ووضوح الفكر فى التعبير عن تغيره.

أولا : قياس التنوع الأصلى (Species richness). يعتبر عدد الأنواع فى وحدة المساحة (s) هو القياس الأكثر مناسبة على وجه العموم والذى يحقق الخاصتيان ٣، ٤ السابقتين، ولكنه مرتبط نسبيا بمساحة العينة (الخاصية ١) بالاضافة الى أن قياس عدد الأنواع النباتيه فى مربعات يتميز عادة بتشتت عال (الخاصية ٢) بسبب عدم انتظام توزيع النباتات والتباين فى تواجد وتحديد

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الأنواع النادرة. ولذا فان هذا القياس الذى يعتبر أكثر ملاءمة ليس بالضرورة هو القياس النموذجى. وقد عمد بعض الباحثين لتخفيف أثر ارتباط هذا القياس بمساحة العينة وذلك بنسبة عدد الأنواع الى لوغاريتم مساحة العينه، أو لوغاريتم أو جذر مجموع الكميات المطلقة للأنواع، والقياس فى مثل هذه الحاله سوف يتحول الى معدل (d)، ومن هذه القياسات نذكر ما يلى (طبقا لما أورده Whittaker 1972):-

$$D = s / \log a, \quad d = (s - 1) \log n, \; d = s / \log n, \; d = s / \sqrt{n}$$

حيث s هو العدد الكلى للأنواع فى العينه، a مساحة العينة، n مجموع الكميات المطلقة لكل الأنواع.

ثانيا: قياس التركيز السيادى النسبى (Relative concentration of dominance).

يعتبر دليل أو معامل سمبسون (Simpson index: C) هو أحد أبسط الادله وأكثرها ملائمة بشكل مباشر لقياس التركيز السيادى النسبى فضلا عن سهولة حسابه حيث أنه عبارة عن مجموع مربعات مقادير الأهمية النسبية للانواع المكونه للمجتمع قيد الدراسة :

$$C = \sum_{i=1}^{s} pi^2$$

حيث s عدد الأنواع فى العينة المساحية، pi مقدار الأهمية للنوع i. تدل القيم المرتفعة لهذا الدليل على أن السيادة مركزة فى نوع واحد أو القليل من الأنواع بينما بقية الأنواع نادرة، ولذلك فهو يعبر أيضا عن زيادة انحدار منحنى السيادة والتنوع لهذه العينة والمجتمع الذى تمثله.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ثالثا: قياس الانتظام النسبى (Relative evenness). يعتبر دليل شـــانون ـــ ويفر (Shannon -Wiener: H^1) من أفضل الأدلة لقياس درجة الانتظام النسبى:

$$H = -\sum_{i=1}^{s} pi \ln pi$$

حيث pi, s هما عدد الأنواع فى العينة المساحية و مقادير الأهمية للنوع i، علـــى التتابع. وتعنى القيم المرتفعة لهذا الدليل أن السيادة غير مركزة فى عدد قليـــل، وانما تتوزع على العديد من الأنواع، لذا فهو يدل أيضا عن زيادة تفلطح منحنى السيادة والتنوع (Pielou 1975 و Majurran 1988).

رابعا : منحنيات السيادة والتنـــوع (Dominance - diversity curves). حينما تقاس كمية تواجد الكائن (الكثافة، التردد، التغطية، الكتلة الحية وغيرهـــا) وتنسب الى مجموع كميات جميع الأنواع الأخرى المتواجدة معـــه ثـــم ترتـــب الأنواع فى تتابع من الأكثر أهمية إلى الاقل أهمية وتوقع على مخطـــط بيـــانى يمثل منحنى تتابع مقادير الأهمية الممثلة لمجتمع ما فان هذا المخطـــط يســـمى منحنى السيادة والتنوع. وأكثر المخططات الممثلة لهذه العلاقة شيوعا وملائمـــة هى تلك التى تمثل فيها مقادير الأهمية على المحور الرأسى (الصادى) المقســـم لوغاريتميا، وتتابع الأنواع على المحور الافقى (السينى) المقسم خطيا (مخطـــط نصف لوغاريتمى). وفيما يلى وصف لأهم توزيعات منحنيات السيادة والتنـــوع ومدلولها الأحيائى (أنظر شكل ٧٥):

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

شكل (٧٥).التوزيعات الثلاثة الهامة لمنحنيات السيادة والتنوع (مأخوذ عن Majurran 1988).

١ ــ توزيع المتواليــة الهندســية (Geometric series). يفــسـر هــذا التوزيع على ضوء فرضية الاستيلاء التسابقى على الموضع أو المكانه البيئيــة (Niche preemption hypothesis). يفترض هذا التوزيع أن النبات السائد فـــى مجتمع يحتوى على عدد s من الأفــراد يستأثر قبل الآخرين بما يساوى k مــن الموارد المتاحة والنوع الذى يليه فـــى القوة يستولى على جزء k من المتبقـــى وهو k (1 - k) والنوع الثالث يستولى على قيمة k من المتبقى وهو $k (1 - k)^2$، وهكذا فـــى متوالية هندسية حتى نصل الى أقل الأنواع وفــرة والذى يتبقى لـــه $k (1- k)^{s-1}$ من الموارد المتاحة. وبناءاً على ما سبق فان منحنيـــات الســيادة والتنوع التى تماثل أو تقترب من توزيع المتوالية الهندســية غالبــا مــا تمــيز مجتمعات النباتات الوعائية ذات التنوع المنخفض والتى تتركز السيادة فيها فـــى نوع واحد أو عدد قليل من الأنواع. مثل هذه المجتمعات تتواجــد فـــى أوســاط ذات ظروف بيئية قاسية (مثل الصحارى). تمثل منحنيات المتوالية الهندســية الأقــل انحدارا مجتمعات الأوساط الأقل قسوة ذات التنوع المنخفض. ومن الممكـــن أن

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يعبر توزيع المتوالية الهندسية عن الأنواع التى تنتمى لوحدة تصنيفية كبيرة أو لطرز حياة واحد وتوجد فى مجتمع واحد مما ينشأ عنه تنافس مختلط وتركيز السيادة فى الأنواع ذات القدرة التنافسية العالية.

٢ ــ توزيع متوالية ماك أرثر (Mac Aruther series). يمثل هذا التوزيع أيضا نموذج تقسيم المورد المحدد مثل توزيع المتوالية الهندسية، وفيه يمثل المورد بالعصا أو الخط المقسم الى وحدات أو قطع مكسورة عن طريق عدد محدد من النقاط الموضوعة عشوائيا على طول هذه العصا أو الخط (ولذا يسمى أيضاً بتوزيع العصا المكسورة) بحيث يمثل طول القطعة الواحدة مقدار ما يستغله النوع من الموارد المحددة. وعن طريق هذه الفرضية فان توزيع تدرج معين للموارد يكون عشوائيا على مقياس خطى، ولذا فان توزيع منحنى مقدار الأهمية يكون أكثر استواءاً وأقل انحداراً أو بمعنى آخر يكون التغاير بين نوع ما والذى يليه على التتابع قليل. يتحقق توزيع ماك آرثر بواسطة مجموعات أخرى من الأنواع ذات قدرة تنافسية نضالية متكافئة نسبيا ينشأ عنه استقرار جماعات الأنواع المختلفة بدون سيادة طاغيه من أحدها. ويمثل هذا التوزيع، فيما يمثله، مجتمعات الطيور المغردة وبعض الحيوانات الأخرى فى بعض المناطق، ومجتمعات القشريات الصغيرة القابعة فى رواسب كل النظم البيئية للبحيرات.

٣ ــ التوزيع الطبيعى اللوغاريتمى (Log normal distribution). يمكن تطبيق فرضيات الإستيلاء التسابقى على الموضع أو المكانة البيئية (تمثل بتوزيع المتوالية الهندسية) والتنافس المتكافئ (تمثل بتوزيع متوالية ماك أرثر) على مجموعة محددة من الأنواع التى تنتمى الى وحدة تصنيفية كبيرة أو لطرز حياة واحد يوجد فى نفس المجتمع وذات اتصال تنافسى مع بعضها البعض، ولا ينبغى توقع مطابقتها للمجتمعات ذات الأنواع الكثيرة التى لا يوجد بينها علاقة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تنافسية لصيقة على استخدام الموارد. فى مثل هذه الحاله كلما زاد عدد الأنواع يزداد عدد العوامل التى تحكم توزيع مقادير الأهمية وبناءاً على ذلك، اذا كانت مقادير الأهمية الممثلة للأنواع تحكم بواسطة عدة عوامل ذات تأثير مستقل جزئيا، فمن المتوقع أن تكون هذه المقادير ذات توزيع تكرارى يتبع التوزيع الطبيعى. وكما ذكر سابقاً فان من الشائع والملائم مقارنة مقادير الأهمية على مقياس لوغارتمى بدلاً من المقياس الخطى، فى مثل هذه الحالة سيتحول التوزيع التكرارى الطبيعى الى توزيع طبيعى لوغارتمى. وحينما تقسم الأنواع الى وحدات متضاعفة فان الوحدة السائدة هى تلك التى تحتوى على أكبر عدد من الأنواع ذات مقدار الأهمية المتوسط، بينما يقل علوياً عدد الأنواع ذات مقدار الأهمية المرتفع، ويقل سفليا عدد الأنواع النادرة ذات مقدار الأهمية المنخفض. يعتبر التوزيع الطبيعى اللوغاريتمى هو التفسير الأكثر إقناعاً لتوزيع السيادة النسبية للأنواع المكونه للعديد من المجتمعات فى الطبيعة.

التنوع ومساحة المجتمع

تظهر الحاجة الى تعريف وتحديد المجتمع فى أى دراسة متعلقة بالتنوع. ومن تعريفات المجتمع المتعددة يتضح أنه يتكون من مكونين: ١ ــ عدد من جماعات الأنواع المتداخلة، فقد يكون بسيطاً لدرجة احتواءه على جماعة صغيرة لنوع واحد فقط وقد يكون مركباً بحيث يحتوى على عدد كبير من الجماعات النوعية المتباينة (من البكتيريا حتى الجاموس البرى)، ٢ ــ ويشغل مساحة محددة. وبناءا على ذلك فقد ميز ويتكر (Whittaker 1977) بين أربعة مستويات من التنوع:

١ ــ **تنوع النقطة (Point diveristy)**. وهو المقياس الأصغر والذى يعبر عن تنوع الموطن الدقيق (Microhabitat diversity) أو تنوع عينة مأخوذة من موطن متجانس.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ ــ **تنوع ألفا (Alpha diversity)**. ويشير الى التنوع على مستوى الموطن (Habitat diversity). هذا ويجدر الإشارة الى أن تنوع النقطة وتنوع ألفا مرتبطان بتحديد مساحة معيارية لقياسهما.

٣ ــ **تنوع جاما (Gamma diversity)**. يمثل تنوع جزيرة أو مشهد أرضى (Landscape diversity) ولذلك فإن هذا المستوى من التنوع يعبر عن التنوع الكلى لمجموعة من وحدات تنوع ألفا.

٤ ــ **تنوع إبسيلون (Epsilon diversity)**. يعبر عن تنوع منطقة جغرافية بأكملها ولذا فانه يسمى بالتنوع الإقليمى (Regional diversity). وهو لذلك يمثل التنوع الكلى لمجموعة من وحدات تنوع جاما. يمكن تمثيل مستويات ويتكرر السابقة على تنوع الحشرات كالآتى: تنوع الحشرات على احدى أوراق نبات ما بغابة يمكن أن يسمى تنوع نقطة، التنوع على فرد كامل من النباتات الموجودة يمثل تنوع ألفا، التنوع على جماعة من أفراد النباتات الموجودة فى منطقة محددة داخل هذه الغابة يمثل تنوع جاما، واخيرا التنوع الكلى للحشرات فى الغابة التى بها هذه النباتات يمثل تنوع إبسيلون (Majurran 1988).

قياس العائد النوعى (Species turnover)

يدل العائد النوعى على مدى احلال الأنواع (أو التغير الأحيائى) على طول التدرجات البيئية محل الدراسة، ويسمى أحيانا بعائد المجتمع (Community turnover) أو تنوع بيتا (Beta diversity). وهذا القياس ذو بعد مختلف عن تنوع ألفا حيث أنه مؤسس على نسب أو فروق تقاس لمجتمعات متتابعة على طول تدرج بيئى معين أو لمجموعات من العينات تختلف عن بعضها البعض على طول عدة محاور فى الأوساط المتواجدة بها.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

قياس تنوع بيتا مهم للأسباب التالية: يبين درجة اقتسام البيئات بالأنواع، ويمكن استخدامه لمقارنة تنوع المجتمعات التى تنتمى لنظم ومواطن مختلفة، ويعطى مع بقية القياسات الأخرى للتنوع صورة كاملة عن التنوع الكلى أو عدم التجانس الحيوى لأى منطقة. يجب أن يكون أى قياس للعائد النوعى ذا معنى من الناحية البيئية ومتوافق منطقيا، ويتحقق ذلك عن طريق توفر أربع خصائص تسمى خصائص الأداء الجيد وهى:

١- التوافق مع فكرة العائد النوعى أو عائد المجتمع.

٢- أن يكون ذا خاصية جمعية. فلو افترضنا وجود ثلاثة مواقع للعينات(a, b, c) على طول تدرج بيئى معين، فان قيمة تنوع بيتا (β) من الموقع a الى b مضافا اليها قيمة β من الموقع b الى c يجب أن تساوى قيمة β من الموقع a الى c، أى أن: $\beta(a, b) + \beta(b, c) = \beta(a, c)$. بدون توافر هذه الخاصية فان قيمة β سوف ترتبط بموقع معين للعينات على طول التدرج البيئى ولا تكون انعكاساً مباشراً لعائد المجتمع على طول التدرج.

٣- الإستقلال عن تنوع ألفا. وهذا مهم للأسباب التالية: مستويات تنوع ألفا وبيتا مبنية على أساس من الآراء البيئية المختلفة وكلاهما يجب أن يعكس ذلك، وبدون الإستقلالية سوف يكون من الصعب المقارنة بين النظم الغنية والنظم الفقيرة بالأنواع، هذا بالإضافة إلى أن تفسير تنوع ألفا وبيتا كمكونات للتنوع الكلى للنظام يكون ميسوراً فى حالة استقلالهما عن بعضهما.

٤- الإستقلال عن مساحة العينة.

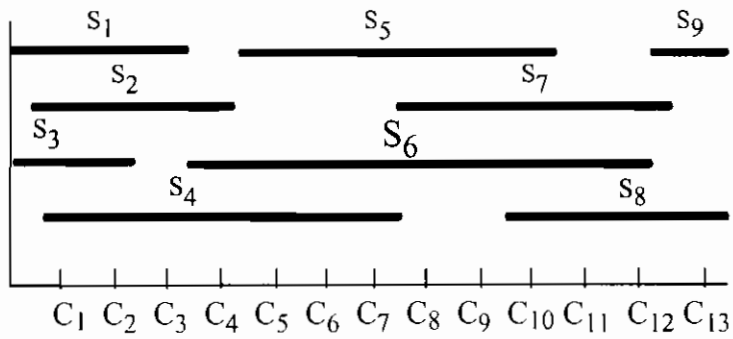
مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

من مقاييس تنوع بيتا المتاحة فى المراجع والتى توفى (جزئيا على الأقل) بالخصائص الأربعة السابقة مايلى:

١- مقياس ويتكر: $\beta_w = \{ (s/\alpha) - 1 \}$، حيث s العدد الكلى للأنواع المسجلة فى منطقة الدراسة (المجتمع محل الدراسة) ، α هى متوسط عدد الأنواع الموجودة داخل عينات المجتمع (Whittaker 1960).

٢- مقياس ويلسون وشميدا: $\beta_T = \{g(H) + l(H)\}/2\alpha$ ، حيث $g(H)$ عدد الأنواع المكتسبة بعد بداية التدرج و $l(H)$ عدد الأنواع المفقودة عند نهاية التدرج، α هى نفسها المذكورة فى مقياس ويتكر السابق (Wilson and Shmida 1984).

يوضح شكل (٧٦) تدرج بيئى افتراضى لتسعة أنواع (S1-S9) موزعة على ثلاثة عشر موقعاً تمثل مجتمع ما. ولحساب تنوع بيتا طبقاً لمقياس ويتكر (βw) فإن α = ٣,١٥ نوع/موقع، s = ٩ أنواع، إذاً βw = (٣,١٥/٩) - ١ = ١,٨٥. وطبقاً لمقياس ويلسون وشميدا (βT) فإن $g(H)$ = ٩ - ٤ = ٥، $l(H)$ = ٩ - ٢ = ٧، إذاً βT = (٥ + ٧) / (٢ × ٣,١٥) = ١,٩٠.



شكل (٧٦). تدرج بيئى إفتراضى لتسعة أنواع (S_1-S_9) وتوزيعها فى ثلاثة عشر موقعاً (C_1-C_{13}) مأخوذ عن Wilson and Shmida (1984)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التنوع والوسط المحيط

يبدو أن تنوع المجتمعات الأرضية ناتج، على وجه العموم، عن تأثيرات مشتركة للظروف البيئية المواءمة غير المتطرفة والمستقرة بالإضافة الى الزمن التطورى والتعاقبى ونوعية المجتمع الذى ينمو خلال هذا الزمن.

أولا : مواءمة الوسط المحيط. فى بعض الأماكن يكون التنوع عند أعلى مستوياته فى المجتمعات المعايشة لظروف بيئية غير متطرفة، ففى بعض المناطق الجبلية بالولايات المتحدة (سلسلة الجبال الدخانية العظيمة) يكون التنوع أعلى ما يمكن عند المدى المتوسط من تدرجات الإرتفاع والرطوبة (من أراضى الحشائش الى الغابات الواطئة)، بينما فى جبال سانتا كاتالينا (ولاية أريزونا) يزداد تنوع النباتات مع نقص الإرتفاع وزيادة الجفاف (من الغابات مروراً بأراضى الأخشاب والحشائش الى الصحارى قليلة التطرف). وفى حالات متعددة يزداد التنوع مع زيادة خصوبة الأرض ودرجة الرقم الهيدروجينى (Whittaker 1972).

ينخفض التنوع فى المناطق المعرضة لضغط مزمن من الوسط المحيط على المجتمع محل الدراسة، مثل الرعى الجائر وتلوث الهواء والإشعاع، مع الأخذ فى الإعتبار أن الرعى الخفيف أو المتوسط ربما يؤدى الى زيادة التنوع. وعموماً فإن الظروف المتطرفة ذات تأثير انتقائى، حيث انها تتطلب تكيفات ليست متاحة لكل النباتات، ومن ثم فان عدداً محدوداً من الأنواع هو الذى يمكنه المكافحة بنجاح لمعايشة مثل هذه الظروف القاسية. وكما هو متوقع فان تنوع النباتات الوعائية يكون قليلا فى الصحراء المتطرفة، والمناطق القطبية العالية، والمناطق شاهقة الإرتفاع والأراضى الملحية الغدقة بالماء (مثل المستنقعات الملحية وأيك الإنسان (Mangroves). وبجانب الحديث عن الصحارى المتطرفة، فان تأثير الجفاف على التنوع يبدو أنه أقل وضوحاً من تأثير البرودة فى بعض

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الأوساط الحارة والجافة الغنية بالأنواع. أما البرد فمن المرجح أن له تأثير انتقائى كبير على تنوع النباتات الوعائية من خلال الضغط الفسيولوجى المركب الذى يحدثه، مشتملاً على تجميد الأنسجة والتغييرات الأكثر عمقاً للوظائف الإنزيمية وغيرها.

ثانياً: عدم الإستقرار البيئى. تقترح العديد من المرئيات وجود تأثيرات قوية لظاهرة عدم الإستقرار البيئى متمثلة فى مدى الإتساع النسبى للتقلبات البيئية المنتظمة، وعدم انتظام التقلبات وعدم التوقع البيئى. من المشاهدات الأكثر وضوحا والتى تبين علاقة التنوع بظاهرة الإستقرار البيئى هو زيادة التنوع الحيوى القاعى مع زيادة العمق فى المحيطات. وعلى الجانب الآخر فان بعض الصحارى مثل صحراء سونوران بالولايات المتحدة الأمريكية تتميز بجفاف أو شبه جفاف مزمن، كما يتضح من المتوسط السنوى القليل للأمطار، وتقلبات واسعة متمثلة فى موسمى شتاء وصيف مطيرين يتبعهما فترة قليلة أو منعدمة الأمطار تمتد من ٢ إلى ٤ أشهر، وعدم استقرار يتمثل فى تباين كمية الأمطار الساقطة من عام الى آخر، ومع ذلك فان تنوع النباتات الوعائية المعمرة على المنحدرات الجبلية لهذه الصحارى أعلى بكثير من كل الغابات الشرقية، فى معظم الأحيان، وفوق هذا تتميز بظهور عدد من النباتات الحولية أكثر عدة مرات من الغابات الشرقية (حينما تقدر على أساس وحدة المساحة). وعموماً فإن عدم الإستقرار البيئى يقلل من نمو التنوع، أما فى وجود درجة الحرارة الدافئة والمناخ الجاف غير المفرط فإنه مع مضى الوقت من الممكن نشوء العديد من الأنواع ذات الإستجابة للتقلبات المناخية.

ثالثاً: الزمن التطورى والتعاقبى. يمكن القول على وجه العموم أن التنوع يزداد خلال العديد من التعاقبات الزمنية، ورغم ذلك فانه فى بعض التعاقبات يقل التنوع عند الإنتقال من المرحلة التعاقبية المتأخرة الى مرحلة الطور الذروى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ربما تكون هذه الملاحظة خاصة بالغابات المعتدلة ذات الأوساط البيئية الملائمة، والذى يؤدى فيها انغلاق ظلل الأشجار والسيادة الشديدة فى الطور الذروى الى تثبيط نمو الأنواع الثانوية التى توجد أثناء التعاقب. وفى المقابل فان التنوع يزداد باطراد حتى الطور الذروى وذلك فى المجتمعات المفتوحة ذات التغطية النباتية غير الكاملة وذلك تحت ظروف بيئية أقل مواءمة.

يعبر التنوع بشكل عام عن الوقت وتأثيرات الشدة البيئية وعدم الإستقرار البيئى السائد وفق معدلات تضاف عندها الأنواع الى المجتمع، وحينما تجد الأنواع الجديدة مواضعها البيئية الملائمة فان بعض الأنواع الموجودة بالفعل فى ذلك الحين ستنقرض. يستمر المعدل التراكمى لإضافة الأنواع وانقراضها حتى تتأثر هاتان العمليتان بدرجة الشدة البيئية. وإذا إزداد معدل الإنقراض مع زيادة التنوع وتوقف معدل الإضافة أو ازداد ببطء شديد حينئذ فان معدل انقراض واضافة الأنواع ربما يصل فى آخر الأمر إلى الإتزان، ويصل التنوع إلى الحالة المستقرة. والسؤال المطروح الآن، رغم ذلك، هل مفهوم التشبع ينطبق على المجتمعات الأرضية عموما، أم أن تنوعها معرض لزيادة غير محددة. مما يمكن القول به أن تنوع ألفا لمجتمعات الطيور يصل إلى مستوى التشبع، أو القيمة العليا، مع التركيب الطبقى، الا أن هذا التشبع يبدو أنه نسبى. فتنوع ألفا لمجتمعات الطيور فى الغابات الإستوائية أكبر منه فى الغابات المعتدلة حيث أن الأولى تحتوى على عدد أكبر من الأنواع النادرة. أما عن النباتات الوعائية، فإنه لا يوجد تحديد ظاهر لنمو تنوعها، حيث أن تطور الأنواع يبرز تكيفات كيماوية مشتركة ويوسع فارق الوضع البيئى الملائم من خلال علاقات خاصة أكثر دقة مع المستهلكات والمتكافلات والملقحات، ومما يرجح ذلك التباين الواسع فى تنوع النباتات الوعائية فى نفس القارة وفى القارات المختلفة. وعموما فانه من المقبول القول بأن الزيادة التطورية فى تنوع مجتمعات النباتات الوعائية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

والحيوانات والفطريات المتداخله معها غير محددة، أو غير معرضة على الأقل لحد تشبعى يمكن معرفته فى المجتمعات الحالية.

الندرة (Rarity)

ظلت عملية حماية الأنواع والمجتمعات النادرة هى أكثر الوظائف أهمية من وجهة نظر صون الحياة الفطرية، ولكن بعض العلماء أشاروا إلى عدم وجود طريقة سهلة لتعريف الندرة باستخدام المصطلحات البيئية، وما يحدث حالياً هو وصف الندرة جغرافياً دون شرح أسبابها. ومع ذلك فإن الندرة أصبحت بؤرة النشاط السياسى لعالم الصون وعنصر كبير فى المناقشة الأخلاقية المحيطة بعملية الصون. فقد أعطى الله للإنسان سلطاناً على الطبيعة منذ بداية الخلق الأول، والأنواع النادرة تعمل كمحفزات لهذا الحوار بوضع أسئلة من قبيل ما هو الحق الذى يملكه الإنسان لاستئصال نوع آخر؟. للأنواع النادرة عادة احتياجات بيئية محددة، والمناطق التى تحتويها تمدنا بمعامل طبيعية هامة لدراسة تنظيم جماعات هذه الأنواع وجغرافيتها الحيوية. وعموماً فإن تنمية هذه الأنواع النادرة لمنعها من الإستئصال تمثل تحدى علمى فعلى ومدخر.

يمكن تقسيم الأنواع النادرة إلى ثلاثة أقسام طبقاً لتوزيعها الجغرافى كما يلى (Margules & Usher 1981): الأنواع المتأقلمة مع المواقع المضغوطة بيئياً حيث يمثل النوع بأفراد قليلة فى المواقع الملائمة مفصولة بمواقع واسعة خالية من هذا النوع، وأنواع منتشرة بين المجتمعات المختلفة لكنها قليلة العدد موضعياً، وأنواع توجد بوفرة لكن فى أماكن محددة (شائعة الإنتشار موضعياً).

تبدو بعض الأنواع نادرة فى بعض الأوقات وذلك بسبب تذبذب جماعتها بشدة كرد فعل للظروف البيئية المحيطة. تعتبر الأنواع ذات الندرة الطبيعية أكثر إذعاناً للإستغلال بواسطة الإنسان أو التغيرات البيئية المستحدثة بواسطة الإنسان

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وبالتالى فهى أكثر قابلية للحوادث التدميرية. وعلى سبيل المثال فإن عدداً من الأنواع النادرة طبيعياً أصبح وجودها مهدداً نتيجة لعمليات الصيد الجائر من أجل الغذاء، والكساء، والرياضة، والدراسات العملية وغيرها من الوسائل الأخرى مثل مقاومة الأمراض والآفات، ومن أمثلة ذلك ستة سلالات من النمور *(Panthera tigris)*، وحيد القرن الجاوى *(Rhinoceros sondaicus)*، الكوندور الكاليفورنى *(Gymnogyps californiacus)*، والكركى النواعق *(Grus americanus)*. ومع ذلك فإن الأنواع النادرة طبيعياً ليست هى المهددة فقط. فالأسد الأسيوى *(Panthera leo persica)*، الدب الرمادى المكسيكى *(Ursus nelsoni)*، الثور الأوروبى *(Bison bonanus)*، المها العربية *(Oryx leacoryx)*، والأوز الجهورى *(Cygnus buccinator)* هى خمسة أمثلة من الأنواع التى كانت شائعة الوجود فيما مضى لكنها الآن مهددة بالإنقراض.

يعتبر تدمير المواطن أو تبديلها السبب الرئيسى لإختزال أعداد أنواع عديدة من الكائنات. فالحبارى الأسترالى *(Eupodotis australis)* كان شائعاً أثناء الإستعمار الأوربى لأستراليا ولكنه اختفى الآن تماماً من النصف الجنوبى للقارة ويوجد فقط بالمناطق النائية شمال القارة. ومما لاشك فيه أن جماعة هذا الطائر تتعرض لصيد مكثف حيث أنه طعام جيد، ولكن من المرجح أيضاً إفتراض أن تدهور هذا الجماعة يرجع بصفة أساسية إلى التغيرات البيئية التى حدثت لأراضى الحشائش داخل استراليا كرد فعل للقطعان الرعوية المجلوبة والأرانب. وقد تناقصت أيضاً أعداد الكنغر الفأرى *(Bettongia lesueur)* عقب الإستيطان الأوروبى لأستراليا حيث كان غذاءاً إضافياً هاماً للسكان الأصلين، وكان يعتقد وجوده بوفرة حتى عام ١٨٥٠، ومع عام ١٩٢٠ اختفى من جنوب ويلز الجديدة وجنوب استراليا. وقد عاش هذا الحيوان على البر الغربى حتى عام ١٩٣٠، وفى شمال الجنوب الأسترالى حتى عام ١٩٤٠، ولكنه يوجد الآن فى بعض

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الجزر الصغيرة بالساحل الغربى لأستراليا. وعلى الرغم من أن أسباب اختفائه غير واضحة بشكل كاف إلا أنه من المرجح ثانية أن حيوانات الرعى والأرانب هى السبب الرئيسى فى ذلك. ويعتقد أن تنافس هذا الحيوان مع الأرانب لعب دوراً هاماً حيث أن الكنغر الفأرى هو الحيوان كبير الأرجل الوحيد الذى يعيش فى الحفر مثله فى ذلك مثل الأرانب.

قياس الندرة

تتغير درجة الندرة بتغير المقياس المستخدم، فالأنواع يمكن أن تكون نادرة على مستوى منطقة محددة داخل بلد ما، أو على مستوى قومى أو دولى. وقد استخدم أدامس وكلوج (كما ورد فى: Margules & Usher 1981) خاصية اقتصار التوزيع (Endemism) لتقويم أهمية الصون فى مان بالولايات المتحدة حيث قسم الأنواع إلى: أنواع مقتصرة التوزيع على مان فقط مقارنة بالعالم كله، أنواع موجودة فى أمريكا الشمالية، أنواع موجودة فى الولايات المتحدة، وأنواع موجودة شمال شرق الولايات المتحدة. أما فان دير ماريل (Van der Maarel 1978) فقد عرف أهمية المقياس بالنسبة لنظرية الندرة حينما أيد تقدير معاملات الندرة بناء على نسبة التواجد، وحجم الجماعة، ومساحة النظام البيئى داخل المنطقة أو على المستوى القومى أو العالمى. وعموما فإن الأنواع النادرة باستخدام قياس ما يمكن أن تقوم على أنها شائعة باستخدام مقياس آخر. وبناءاً على ذلك فإن الندرة لا يمكن تعريفها وتحديد المقصود بها دون الرجوع إلى المقياس المستخدم فى تقديرها. ومع ذلك فإن الحدود المصطنعة بين المناطق والدول تدل على الحاجة لتعاون دولى فى مجال صون الحياة الفطرية وإلى نظام تقسيمى واضح للأرض من وجهة نظر الجغرافيا الحيوية.

قد يكون النوع نادراً بسبب تعرضه بصفة خاصة إلى كائن فطرى ممرض معتمداً على الكثافة كما هو الحال فى نبات الكستناء الأمريكى (أبو فروة)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(Castanea dentata). دعنا نقارن هذا الحالة من الندرة بحالة أخرى مردها إلى ضيق مجال انتشار النوع بسبب التغير المناخى مثل أحد نباتات أيك الإنسان *(Pelliciera rhizophorae)* الذى يقتصر توزيعه حالياً على شاطئ المحيط الهادى من كوستاريكا حتى كولومبيا، وقد كان موجوداً فى العصر الأليجوسينى جنوب شرق المكسيك. وفى حالة نبات الكستناء الأمريكى أدى الفطر الممرض إلى حدوث تحول كبير فى حياة النبات من شجرة كبيرة إلى شجيرة. وعلى الجانب الآخر لم يحدث مثل هذا التغير الجوهرى فى الشكل والخصائص الديمغرافية لنبات بيليسيرا *(Pelliciera)*، حيث أن كثافته الموضعية ما زالت كبيرة وربما ما زال هناك منه مواقع وحيدة النوع بيد أنها ذات مساحات أصغر من ذى قبل. وبالنسبة لبليسيرا، فمن المتوقع مستقبلاً ظهور عواقب جغرافية أو وراثية، أما بالنسبة للكستناء فإن العواقب الموضعية هى عواقب بيئية ووبائية.

اقترح رابينوفيتز (Rabinowitz 1981) هيكل نظرى لجدول يوضح الأشكال المختلفة للندرة اعتماداً على: المجال الجغرافى، والموطن، والحجم الموضعى للجماعة. ومع تفرع هذه الخصائص الثلاثة ثنائياً يتكون قالب ثمانى الخلايا (جدول ٢٧). ومن الواضح أن سبعة من الخلايا الثمانية تحتوى، إلى حد ما، على أنواع نادرة حسب المفهوم التقنى لهذه الكلمة، حيث أن الخلية ١ تمثل الأنواع السائدة موضعياً ذات المجال الجغرافى الواسع والموجود فى العديد من المواطن (الأنواع المنتشرة). ومن أمثلة النباتات التابعة للخلية ١ نبات الزربيح (*Chenopodium album*) حيث أنه ذو مجال استوائى دائرى ومجال معتدل دائرى إلى حد ما، ويمكن أن يوجد فى مواقع كثيفة أو خفيفة، كما أنه يعيش فى مواطن مستحدثة أو طبيعية. تمثل الخلية ٥ الأنواع غير الملفتة للنظر حيث أنها أنواع قليلة الكثافة جداً غير أنها ذات مجالات جغرافية واسعة وتوجد فى العديد من المواطن، وهى مألوفة لعلماء النبات والحشرات، ويعتبر نبات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(*Dianthus armeria*) فى أمريكا الشمالية خير مثال لذلك. وعموماً فإن النـــوع قليل التواجد (ذو كثافة منخفضة) هو الذى حينمـــا تريـــد أن يشـــاهده زائـــر لا تستطيع أن تحدد موضع العينة بسهولة. وتعتبر الأنواع التابعة لهذه الخلية هـــى أكثر أشكال الندرة غرابة لأنه كما يبدو ليس لها موطن مفضل وهى غالبـــاً مـــا تظهر فى قوائم الأنواع المهددة بالإنقراض (Threatened) أو التى فى طريقـــها إلى الإنقراض (Endangered). ينتمى إلى اثنين من هذه الخلايـــا (٣، ٧) عـــدد قليل من الأنواع ذات المجال الجغرافى الضيق والتخصص الموطنـــى الواســـع. وكمثال على أنواع الخلية ٣ ذكر رابينوفيتز نبات (*Cupressus pygmaea*) وهـــو نبات مخروطى موجود على الجسور الساحلية لمقاطعة ميندوسينو (كاليفورنيـــا)، ونبات (*Fuchsia procumbens*) من نيوزيلاندا، كلاهما ذو مجال جغرافى ضيق ويقطن العديد من المواطن. وعلى ما يبدو أن الخلية رقم ٧ لا يمثلـــها أى مـــن الأنواع النباتية (Rabinowitz 1981).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٢٧). مخطط الأنواع النادرة مبنياً على ثلاثة خصائص: المجال الجغرافى، التخصص الموطنى والحجم الموضعى للجماعة (Rabinowitz 1981)

الحجم الموضعى للجماعة	المجال الجغرافى			
	كبير		صغير	
	التخصص الموطنى		التخصص الموطنى	
	واسع	ضيق	واسع	ضيق
كبير (سائد موضعياً)	١ ــ سائد موضعياً، ذو مجال جغرافى واسع، يوجد فى العديد من المواطن.	٢ ــ سائد موضعياً، ذو مجال جغرافى واسع يوجد فى موطن محدد.	٣ ــ سائد موضعياً ذو مجال جغرافى ضيق، فى العديد من المواطن.	٤ ــ سائد موضعياً، ذو مجال جغرافى ضيق، فى موطن محدد.
صغير (غير سائد)	٥ ــ غير سائد، ذو مجال جغرافى واسع، يوجد فى العديد من المواطن.	٦ ــ غير سائد، ذو مجال جغرافى واسع، يوجد فى موطن محدد.	٧ ــ غير سائد، ذو مجال جغرافى ضيق، يوجد فى العديد من المواطن.	٨ ــ غير سائد، ذو مجال جغرافى ضيق، يوجد فى موطن محدد.

مع اطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يمكن التنبؤ بوجود الأنواع ذات المجالات الجغرافية الواسعة والمواطن البيئية المحددة (الخلايا ٢ و ٦) خاصة إذا كان الباحث على علم جيد بتصنيف الكائنات الحية. فمن المؤكد نسبياً وجود نباتات مميزة لهذه المواقع في المستنقعات أو على الشواطئ أو في الأراضي السربنتينية. فعلى سبيل المثال من المرجح جداً أن يجد الإنسان نباتات أيك الإنسان مثل *(Rhizophora mangle)* على الشواطئ البحرية الهادئة لبنما الكاريبية، نبات الشورى *(Avicennia marina)* على الشاطئ الغربي للبحر الأحمر بمصر. تكون هذه النباتات وفيرة حينما توجد (خلية ٢) ولكنها معرضة لخطر الإنقراض بسبب تدمير موطنها الوحيد وهي الشواطئ الهادئة الدافئة. ومن الأسباب المؤدية أيضاً إلى تعرض هذه النباتات لخطر الإنقراض كون وجودها على الشواطئ مستنكر من قبل بعض الناس بحجة حجبها للبحر عنهم. وفي المقابل فإن نبات *(Lepidium oleraceum)* يوجد في العديد من المواقع المنتشرة حول نيوزيلاندا ولكن بكثافات موضعية قليلة جداً (خلية ٦).

تعتبر الأنواع ذات المجالات الجغرافية الصغيرة والمواطن البيئية المحددة (والممثلة بالخليتين ٤ و ٨) هي النوادر التقليدية المعروفة بالأنواع مقتصرة التوزيع، وهي غالباً ما تكون واقعة تحت خطر الإنقراض أو معرضة له. مثل هذه الأنواع غالباً ما تكون مثيرة للإهتمام وملفتة للنظر بشكل أو بآخر، وهي محط اهتمام كبير على مستوى دراسة البيئة الذاتية. فعلى سبيل المثل أجرى تيرل وآخرون (كما ورد في: Rabinowitz 1981) دراسة مقارنة على إثنين من النباتات المائية ينتميان لنفس الجنس أحدهما مقتصر التوزيع وهو *(Zizania textana)* والآخر واسع الإنتشار وهو *(Zizania aquatica)*. يوجد النبات الأول على مسافة طولها ٢,٤ كم فقط من نهر سان ماركون الأعلى في تكساس تحت

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ظروف قلوية غير عادية ودرجة حرارة تختلف على مدار السنة بمقدار ٥ درجات مئوية، بينما يعيش النبات الثانى تحت ظروف بيئية شديدة التباين.

المفهوم الحدسى للكائن النادر أنه الكائن الذى يصعب أن تجده حينما تبحث عنه والواقع تحت خطر الإنقراض أكثر من غيره، والذى يمكن أن يعلن لاحقاً أنه قد انقرض فعلاً. وللأنواع المفقودة جاذبية خاصة مثل فقد سفينة فى بحر. وكمثال على ذلك النبات الشجرى (*Betula uber*) الذى جمع لأول مرة عام ١٩١٤ من مقاطعة سميث (فيرجينيا)، وبالقرب من هذا الموقع جمعت عينة مفردة غير مؤرخة من هذا النبات (Mazzeo 1974). يحتمل أن يكون الفشل المتكرر فى عودة اكتشاف هذا النبات خلال هذه المدة راجعاً لوجوده بصورة مفردة وليس على هيئة جماعة عديدة الأفراد، وبناء على ذلك فإن هذا الفرد ربما يكون قد مات أو دمر خلال عملية تحضير المنطقة. وبعد ٦١ عاماً من الكشف الأول لهذا النبات عام ١٩١٤ أعيد اكتشافه عام ١٩٧٥ حيث جمع بعد بحث على امتداد بقايا طرق الإحتطاب بمساعدة أحد السكان المحليين الطاعنين فى السن (Ogle & Mazzeo 1976)، وقد وجد على هيئة جماعة من ١٢ فرداً ناضجاً (بعضها كان فى مرحلة التكاثر)، ونبات يافع واحد، و ٢١ بادرة. مثل هذا النبات يمثل حالة شديدة من الندرة لدرجة أنه فقد لأكثر من ٦٠ عاماً. ومثال آخر من مصر هو نبات البردى (*Cyperus papyrus*) الذى استخدمه قدماء المصريين فى صناعة الورق، اعتبر فى عداد النباتات المنقرضة منذ أوائل القرن التاسع عشر (Täckholm & Drar 1950) حيث من المعتقد أن الرحالة ف. مينوتولى (١٨٢٠ ــ ١٨٢١) هى آخر من شاهد هذا النبات عند دمياط وعلى شواطئ بحيرة المنزلة وبعد ذلك لا يوجد أى تسجيل له. وفى يوليو ١٩٦٨ وجد الحديدى (El-Hadidi 1971) هذا النبات على ضفاف بحيرة أم ريشة بوادى النطرون على طريق مصر ــ اسكندرية الصحراوى، وفى هذا الحين اعتبر هذا

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المكان هو المكان الوحيد المعروف لهذا النبات. وفى سنة ١٩٨٦ وجده الشـــيخ (El-Sheikh 1989) على جوانب أحدى القنوات متوسطة الإتساع (حوالـــى ٨ م) فى مركز زفتى بوسط الدلتا. توضح قصص اكتشاف هذه النباتات مدى مثـــابرة علماء النبات على مدار ما يزيد عن قرن ونصف قرن من الزمان.

لايحتوى المخطط ثمانى الخلايا لرابينوفيز على قسم الكائنات منتحلة النـدرة (Pseudo-rare) والتى ربما يوجد عنها بيانات متعمقـــة تخبرنـــا بـــالكثير عـــن العمليات الأحيائية التى تحدث للجماعات الصغيرة. فالأنواع التى على حـــــواف مناطق الإنتشار، فى مقابل مراكز انتشارها، تعتبر مجـــالاً نشـــطاً للدراســـات التطورية. وعلى سبيل المثال قورنت الجماعات الحافيـــــة والمركزيـــة لنبـــات (*Paeonia californica*) ونبات (*Hordeum jubatum*) لتقييم التأثيرات النســـــبية لعمليات العزل التكاثرى والإنجراف الوراثى والإنتقاء على الـــتركيب الوراثـــى للنباتات. وعموماً فقد ألقت الدراسات الفسيولوجية والتكاثرية بالضوء على النظم التى تحكم وتحدد مجال انتشار الجماعات الحافية. ومع ذلك ففى ظـــــل غيـــاب البيانات المقارنة للوحدات المتشابهة، خاصة الأنواع المتحكمة، لا يمكن الجـــزم أن بعض صفات الأنواع النادرة صفات فريدة تخصـــها فقـــط، أم أنـــها عينـــة عشوائية لصفات النباتات عموماً، وليس لها علاقة بحالة الندرة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الفطرة (Naturalness)

يتضمن مصطلح الفطرة (Naturalness) الإشـــارة إلـــى تعريـــف بعـــض الظروف الطبيعية والتى من المحتمل أن تكون صعبة التقدير. فغالباً ما يســتخدم هذا المصطلح ليعبر عن انعدام تأثير الإنسان على المجتمعات الحية الفطريـــة. ولكن المجتمعات الحية غير الواقعة تحت تأثير الإنسان فى العصر الحالى قليلـة جداً، إن لم تكن غير موجودة، ولذا فإن المحك هنا مدى تأثير الإنســـان علـــى الكائنات والمواطن وليس عدمه. فعلى سبيل المثال عرف هينزيلمان الغابة البكر على أنها نتاج عوامل الوسط المحيط والعمليات البيئية، فى مقابل الغابة الناتجـة عن الغدق وتنظيف الأرض واستعمال مبيـدات الحشـائش والزراعـة أو أيـة إقلاقات أخرى مشابهة من صنع الإنسان. وقد وصف موير المجتمعـات الفطريـة بأنها التى تتميز بأقل مستوى من الإقلاق، أما جينكينز وبيدفـورد فقـد اعتـبر المناطق والمجتمعات الفطرية هى التى تتصف بغيـاب مـا يسـمى بـالتمزق المصطنع بواسطة الإنسان (كما ورد فى Margules & Usher 1981).

تميل تعريفات مصطلح الفطرة فى اتجاه النظر إلى أن النظم البيئية الطبيعية تتحور ببطء بفعل الإنسان مثلما تتحور بفعل الثدييات الأخرى. ولمحاولـة فـهم تلك العلاقة فإن عاملين من عوامل التفاعل بين الإنسان والوسط المحيـط يبـدو أنهما أساسيان وهما: ١ ــ يجب أن يرتبط حجم الجماعة البشرية بالوسط المحيط التى تعيش فيه ويشمل ذلك عدم إدخال غذاء من خارج الوسط المحيط وكذلـك مواد البناء وغيرها، ٢ ــ يجب استخدام منتجات النظام البيئى محلياً ويتضمـن ذلك عدم تصدير المادة خارج حدود النظام البيئى.

يمكن أن يعيش الإنسان فى النظام البيئى الفطرى بشرط أن يعتمـد علـى الوسط المحيط لهذا النظام وأن يتحدد نشاطه بهذا الوسط (بمعنـى أن يتصـرف

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

كأحد مكونات هذا النظام وليس كسيده). يعتبر هذا التعريف وثيق الإرتباط بالتعريف الذى طبقه كرناهان (Carnahan 1977) حينما رسم خرائط الكساء الخضرى لأستراليا حيث اعتبر الحالة الفطرية هى التى كانت سائدة عند بدء الإستعمار البريطانى للقارة. ومما لا شك فيه أن السكان الأصليين كان لهم تأثير فعال على التركيب والتكوين النوعى للكساء الخضرى فى بعض أجزاء القارة، خاصة بعد استخدامهم للنار، على الرغم من أن مدى هذا التأثير غير معروف تحديداً، ومنذ ذلك العصر أصبحت درجة التحوير عن الحالة الطبيعية معروفة. وبناء على ذلك تم تقسيم الكساء الخضرى لجنوب استراليا إلى أربعة أقسام كبيرة تعكس درجة متزايدة من التحوير عن الحالة الطبيعية، وهذه الأقسام هى:

١ ــ الحالة الطبيعية غير المضطربة، وهى تمثل المناطق غير المحورة.

٢ ــ الحالة الطبيعية المضطربة، وهى تمثل المناطق التى ثبت بالدليل أنها استخدمت، على سبيل المثال فى الرعى، لكن لا يوجد حالياً تغيرات نوعية وتركيبية ظاهرة.

٣ ــ الحالة الطبيعية المتدهورة، وهى التى تعانى من تغيرات نوعية وتركيبية، ولكن معظم الأنواع الموجودة ما زالت متوطنة.

٤ ــ الحالة الزراعية، تتكون من مناطق شاسعة تحتوى على أنواع دخيلة، مع إضافة المخصبات والماء ومبيدات الحشائش غالبا، وتلاشى التركيب النوعى الأصلى.

لا توجد فى بريطانيا وأوروبا حالة مقنعة ذات قبول عام مقابلة للتغير الكبير فى استخدام الأرض يمكن أن تستخدم كخط قاعدى تقاس منه التغيرات، ومن ثم يمكن تحديد مستوى الحالة الفطرية. ومع أن مخططات حبوب اللقاح تدل على حلول حضارة عصر الحديد، إلا أن ذلك يمثل زمنا طويلا جدا يشتمل على حدوث تغيرات عديدة متشابكة يصعب معها تحديد نقطة بداية يمكن منها تقدير

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

درجة التغيرات التى تسبب عنها الإنسان. ومن الشائع فى بريطانيا استخدام مصطلحات مثل نصف فطرى (Semi-natural) أو قريب من الفطرى (Near-natural). يقول راتكليف (Ratcliffe 1977) أن الكساء الخضرى غير المحور من الممكن وجوده فى أراضى الحشائش المرتفعة والبقاع والأراضى الساحلية. وعموماً فإن تضاؤل أو فقد الكساء الخضرى غير المحور يعنى أن مصطلح مثل فطرى أو نصف فطرى يستخدم غالباً بالمعنى المقابل للزراعة، ويقصد به أراضى ذاتية الزراعة، أو أراضى غير مزروعة تحتوى على أنواع متوطنة لا تخصب أو لا تعالج بأى معالجات كيماوية.

جعل توبس وبلاكوود الأهمية البيئية الأعلى للكساء الخضرى غير المزروع، أما رايت فقد قسم المشاهد الأرضية (Landscapes) إلى زراعى مصطنع ونصف فطرى وقريب من الفطرى، بينما فرق أوشر وبريست بين المراعى المحسنة والأراضى الزراعية من جهة، وبين المواطن الأكثر فطرية من جهة أخرى (كما ورد فى: Margules & Usher 1981). وقد عرف أوشر (Usher 1980) العامل الأساسى المسبب لإنعدام الفطرية فىأراضى الحشائش أنه التحسين الزراعى الذى يتحقق عادة بالإضافة السطحية للجير دون أية إتلافات أخرى للموطن. من الشائع الإفتراض أن الوفرة النوعية والتنوع التركيبى العالى من خصائص المجتمعات نصف الفطرية. ومع ذلك فإن الفقر النوعى الذى يميز بعض المجتمعات التى يفترض أنها نصف فطرية يدل على عدم لزوم وجود علاقة خاصة بين الوفرة النوعية وخاصية الفطرة. وقد يبدو أن سيادة نوع يشتهر كنبات متوطن هى خاصية عامة أكثر قبولاً، إلا أن هذا الأمر ليس خالياً من مشاكل التحديد أو التعريف. تسمى الأنواع المجلوبة فى الأصل وأصبحت الآن جيدة الإستقرار باسم الأنواع المتجسنة (Naturalized)، وإذا ما استخدمت

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الأنواع المتوطنة لتشخيص حالة المجتمعات الفطرية فمن المهم أن يكون مركز هذه الأنواع جيد التحديد.

سجلت الفطرة كمعيار فى معظم خطط الصون السابقة، فضلاً عن أنها تندرج فى الخطط الأخرى عن طريق بعض المعايير مثل التنوع، والتمثيل، وعدد التكوينات التركيبية وغيرها، ولكن هذه المعايير ليست بالضرورة مرادفات للفطرة. ومن الجدير بالذكر معرفة أن معايير مثل التنوع والتمثيل تعانى من مشاكل تحديد مقاصدها بما يكفى، فضلاً عن كونها تستعمل لتشتمل على الفطرة.

لا شك فى تأثير ضغط الإضطرابات على وفرة ونسق توزيع الكائنات الحية ومنها النباتات. فبالإضافة إلى التحليل العام لتأثيرات الإضطرابات، والتى لا تميز بين المكونات الفطرية والمكونات المستحدثة، من المفيد دراسة مدى ضغط الإنسان على النباتات والكساء الخضرى الذى يقطن المناطق الحضرية مستبعدين من ذلك الإضطرابات الطبيعية. وعلى الرغم من أن بعض الإضطرابات البشرية تحاكى مثيلاتها الطبيعية إلا أن الأولى تعتبر من نوع وقياس وشدة وتردد مغاير. وعلى سبيل المثال يعتبر حرث أراضى الحشائش واستخدام مبيدات حيوية خارجية وقلونة الأرض الحامضية الأصلية وبناء المنشآت والطرق إضطرابات فريدة مقارنة بالإضطرابات الطبيعية، وعادة ما ينتج عنها مناطق حضرية ــ صناعية تظهر أنساق خاصة للأنواع. وقبل دراسة بعض هذه التأثيرات يجب مناقشة المفاهيم النظرية الواجب تطبيقها لتقويم ضغط البشر.

هناك تقليد طويل فى وسط وشمال أوروبا لتقسيم الأنواع النباتية طبقاً للمفاهيم المختلفة لتقويم ضغط البشر مثل تاريخ وطريقة دخول النوع ودرجة التجنس. ويمكن اعتبار بعض هذه المفاهيم مرادفات لبعضها بطريقة أو بأخرى، على الرغم من أن المقارنة بينهم تدل على وجود فروق أسايسية تتعلق بما يلى،

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تعريف الحالة الفطرية غير المضطربة، إمكانية التطبيق على الأنواع والمجتمعات والكساء الخضرى ككل، ونظام الترتيب مشتملاً على عناصر من التنسيق والتقسيم. وعموماً يمكن تقسيم المفاهيم التى تقوِّم مدى ضغط الإنسان على الكساء الخضرى أو المواطن إلى مجموعتين (Kowarik 1990) :

١ ــ مفاهيم ترجع التغيرات التى من صنع الإنسان إلى حالة فطرية أسبق لم تتأثر بعد بمناشطه (الفطرة الأولى: Nature I). يمكن أن يحدد وقع الإنسان على مقياس تنسيقى مقدر على أساس المسافة بين الكساء الحضرى الحالى والكساء الأصلى. وبما أن هذه المقارنة موجهة زمنياً فإن هذه المفاهيم يمكن النظر إليها كمفاهيم موجهة تاريخياً تطبق على المجتمعات النباتية والكساء الخضرى والنظم البيئية. ومن الأنظمة المرتبطة بهذه المجموعة ما يلى: أ ــ مفهوم فالينسكى وهو يرتبط بالكساء الخضرى الأصلى ولكن يقسمه إلى مجموعات طبقاً لوجود النباتات الدخيلة وفى بعض الحالات يستبعد هذا المفهوم التنسيق طبقاً لضغط الإنسان، ب ــ مفهوم جودرون وفورمان وهو يصنف المشاهد الأرضية المختلفة فى مستوى التحوير البشرى عن طريق التغيرات فى أصل وحجم وشكل وعدد وترتيب الرقع.

٢ ــ مفاهيم لا تقدر الوقع البشرى على الكساء الخضرى عن طريق قياس المسافة بين الكساء الحالى والكساء الأصلى ولكنها تقدره بالرجوع إلى حالة مستقبلية من التنظيم الذاتى (الفطرة الثانية: Nature II). يمكن أن تؤسس الفطرة الثانية على مواقع ذات تغير لا رجعى مقرين بالتحورات التى صنعها الإنسان واستقرت فى إطار زمنى وبيولوجى. ومن الأنظمة المرتبطة بهذه المجموعة ما يلى: أ ــ مفهوم توكسين وفيه تمثل الحالة المستقبلية عن طريق الكساء الخضرى الفطرى المحتمل، ب ــ مفهوم الهيمروبى لجلاس وفيه تمثل الحالة المستقبلية عن طريق المرحلة النهائية للتعاقب، جـ ــ مفهوم لونج للتصنع.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يمكن أن يؤدى التعاقب إلى مراحل غير متصلة مع الكساء الخضرى الأصلى وذلك فى المواقع شديدة التغير مثل أراضى السكك الحديدية المهملة. لهذا السبب فإن المفاهيم التى ترجع إلى الكساء الخضرى الأصلى تعتبر غير ملائمة لتفسير كيف يقل ضغط الإنسان مع استمرار عملية التعاقب، حتى على المواقع ذات التغير اللارجعى. وفى مثل هذه الحالات، غير الطارئة بالنسبة للمناطق الحضرية ــ الصناعية، فإن من المفضل استخدام مفاهيم تعود إلى الفطرة الثانية لأنها تعطى تقييم تفريقى للنمو الطبيعى حتى فى المناطق شديدة التغير. ومع ذلك ففى حالة المواقع غير المعرضة لوقع بشرى حاد فإن استخدام أى من مفاهيم الفطرة الأولى أو الثانية سوف يؤى إلى نتائج متقاربة.

مقياس الهيمروبى

أصبح مفهوم الهيمروبى **(Hemeroby)** نظرية جيدة التأسيس فى وسط أوروبا تستخدم فى علم النبات الإجتماعى وفى تخطيط المشاهد الأرضية. والهيمروبى هو مصطلح متكامل يعبر عن التأثيرات البشرية الماضية والحالية المؤثرة على الظروف الحالية للموقع أو الكساء الخضرى والتى تحول دون النمو إلى المرحلة النهائية (الطور الذروى فى الكساء الخضرى على سبيل المثال). بالطبع لا يمكن أن يحل هذا المفهوم الشمولى محل تحليل العوامل المفردة، ولكن يمكن أن يمدنا بجزء من الفهم الثاقب لكيفية استجابة المواقع والأنواع والمجتمعات النباتية للوقع الكلى للإنسان كعامل بيئى. ويجدر الإشارة إلى أن درجات الهيمروبى المختلفة تعكس درجة الإضطرابات التى من صنع الإنسان وليس الإضطرابات الطبيعية. ويوضح جدول (٢٨) مقياس الهيمروبى الذى يزداد حسب درجة وقع الإنسان من H_0 إلى H_9، كما يشتمل على أمثلة من الكساء الخضرى والمواقع التى ينمو عليها فى وسط أوروبا.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ولدراسة نسق استجابة الأنواع والمجتمعات النباتية جمع كوفاريك (Kowarik 1990) حزمة بيانات اشتملت على ٥١٣٦ موقع كساء خضرى درست بواسطة عدد من المؤلفين طبقاً لنظام برون بلانكيه. تمثل هذه المواقع مجتمعة الكساء الخضرى لمدينة برلين الغربية (قبل اتحاد ألمانيا الشرقية مع ألمانيا الغربية) وقد تم ذلك على عدة خطوات كما يلى:

١ ــ تنسيق المواقع على مقياس الهيمروبى (جدول ٢٨). كان المعيار الذى أخذ فى الإعتبار هو مقدار شدة ضغط الإنسان على خصائص الموقع، والتى يمكن تحديدها فى الموقع مباشرةً أو تستخرج من أوصاف لمواقع كساء خضرى تم نشرها ومن معلومات إضافية مستقاة من متخصصين. ولم يؤخذ فى الإعتبار وجود أنواع محددة كأدلة على مستوى معين من وقع الإنسان.

٢ ــ وبعد تحديد انتماء كل موقع إلى إحدى الدرجات التسع الممثلة لمقياس الهيمروبى، أجرى تحليل باستخدام الحاسب الآلى لعمل أطياف هيمروبية للأنواع تعكس توزيعها على هذا المقياس.

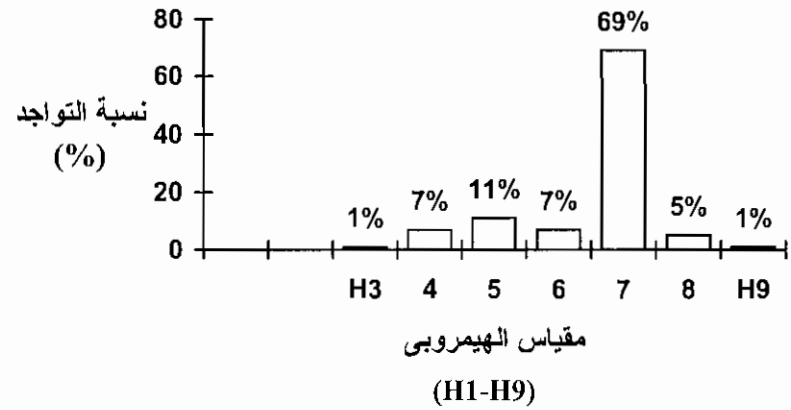
يبين الطيف الهيمروبى لنبات اللبين (*Euphorbia peplus*) المقترن بالحدائق فى برلين الغربية (شكل ٧٧) أن مجال هذا النبات يغطى ٧ درجات على مقياس الهيمروبى (H_3 - H_9)، لكن الدرجة البيئية المثلى له تقع بالقرب من درجة H_7. وفى المقابل نجد أن نبات (*Prunus serotina*)، وهو نبات دخيل جُلب من أمريكا الشمالية ويرتبط رئيسياً بالغابات نصف الفطرية، درجته المثلى تقترب من H_3 وهى تمثل المناطق قليلة التأثر بنشاط الإنسان (شكل ٧٨). وأخيراً فإن النبات المتوطن (*Poa palustris*) الذى كان يرتبط سابقاً بالمواقع الرطبة، قد أصبح قادراً الآن على غزو المناطق الحضرية الأكثر جفافاً، ويعتبر مثال لنوع غير مرتبط بدرجة مثلى معينة من درجات وقع الإنسان (شكل ٧٩).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

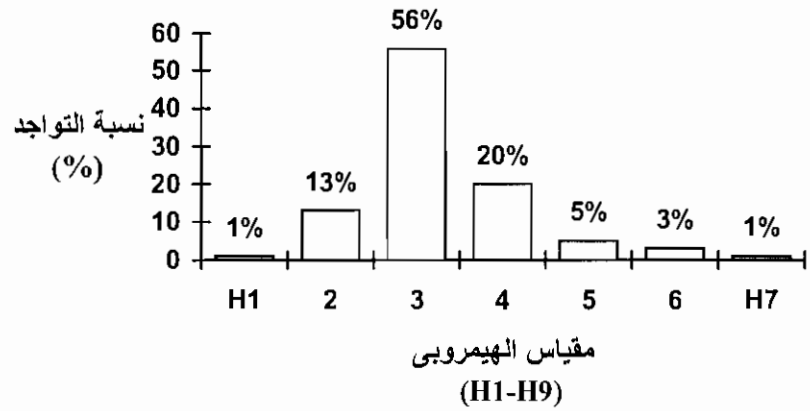
جدول (٢٨). مقياس الهيمروبى (Hemeroby scale) مع أمثلة من الكساء الخضرى والمواقع التى ينمو عليها فى وسط أوروبا (مأخوذ من Kowarik 1990).

درجة الهيمروبى		أشكال الموقع والكساء الخضرى
المسمى	الرمز	
منعدم	H_0	غير موجود فى وسط أوروبا إلا فى بعض أجزاء من الجبال المرتفعة.
قليل	H_1	غابات أولية غير متحورة فعليا، مستنقعات نامية مفلطحة أو مرتفعة، الكساء الخضرى للصخور وشواطئ البحار.
قليل ــ متوسط	H_2	أراضى رطبة ذات صرف بعيد المدى، غابات قطع الأخشاب فيها قليل، بعض أراضى المروج الرطبة.
متوسط	H_3	غابات تحت التحكم الشديد، غابات ثانوية غير مضطربة نامية على مواقع من صنع الإنسان، أراضى حشائش جافة، مروج تحت التحكم التقليدى.
متوسط ــ عالى	H_4	غابات مزروعة وحيدة النوع، غابات ثانوية مضطربة، كساء خضرى طرفى، أراضى حشائش قليلة الإستحداث.
عالى	H_5	غابات مزروعة حديثة العمر، مروج ومراعى تحت التحكم المكثف، كساء خضرى مستحدث ذو أعشاب طويلة، أراضى حشائش جافة شديدة الإستحداث نامية على مواقع من صنع الإنسان.
عالى ــ عالى جدا	H_6	كساء خضرى واقع تحت التحكم التقليدى، البسط الخضرية المدهوسة، المروج الخشنة المستحدثة.
عالى جدا	H_7	كساء حدائقى وزراعى تحت التحكم المكثف.
عالى جدا ــ مفرط	H_8	كساء زراعى متأثر بالوقع الشديد لمبيدات الحشائش (مثل حقول الذرة)، كساء خضرى تمهيدى مستحدث، بسط خضراء حولية مدهوسة
مفرط	H_9	كساء خضرى تمهيدى على أراضى السكك الحديدية، أماكن القمامة، الأكوام المطمورة، طرق السيارات الملحية.
ما وراء ذلك		عدم وجود كساء خضرى من النباتات الوعائية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٧٧). الطيف الهيمروبى لنبات Euphorbia peplus كمثال لنبات مرتبط بالمواقع شديدة التأثر بنشاطات الإنسان. (Kowarick 1990).



شكل (٧٨). الطيف الهيمروبى لنبات Prunus serotina كمثال لنبات مرتبط بالمواقع قليلة التأثر بنشاطات الإنسان. (Kowarick 1990).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

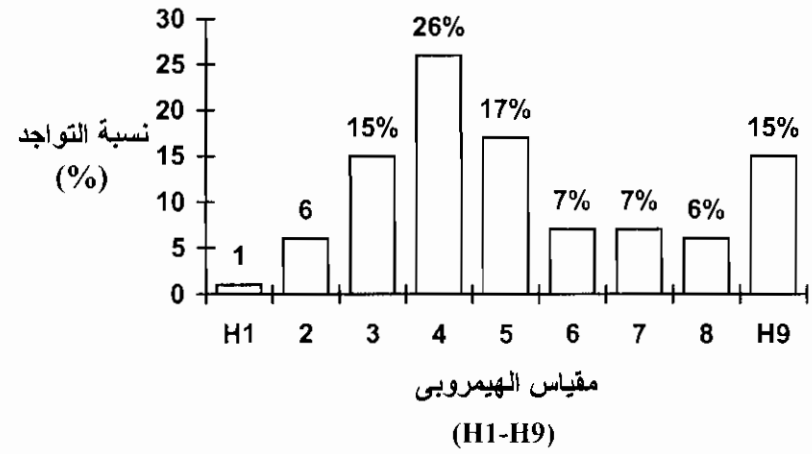
استخدمت هذه الأطياف الهيمروبية، التى تظهر نسق استجابة كل نوع للمستويات المختلفة من وقع الإنسان، لتحليل تأثير زيادة وقع الإنسان على الوفرة النوعية، وتواجد الأنواع النادرة والمتكررة، وحصر الأنواع طبقاً لمستويات محددة من وقع الإنسان وتفاعل وحدات الكساء الخضرى (شكل ٨٠).

مقياس التصنع

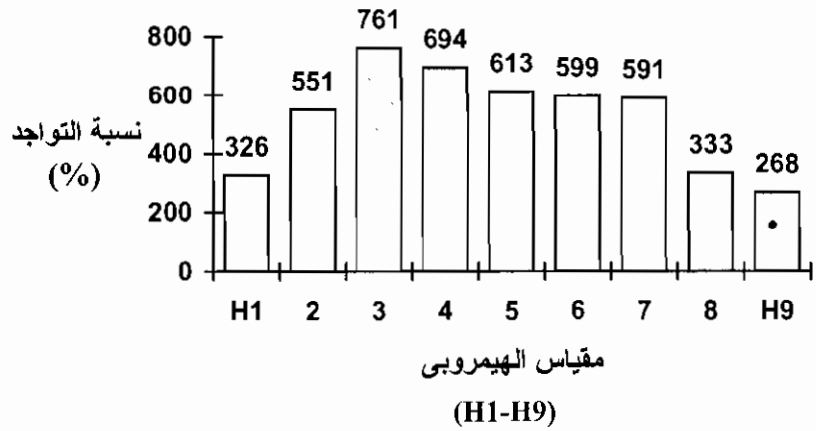
استخدم لونج (Long 1979) مقياساً أطلق عليه مسمى مقياس التصنع (**Artificialization scale**) وقد صمم ليتناسب مع صحراء الساحل الشمالى بمصر وإن كان من الممكن تعديله ليتمشى مع مناطق أخرى، وهو عبارة عن عشر درجات كل درجة تصف حالة من حالات وقع الإنسان وحيواناته المستأنسة على النظم البيئية (جدول ٢٩). قد ينعدم هذا الضغط أو يكون ضعيفاً جداً فى حالة الصحارى البعيدة عن التجمعات الحضرية وحيثما تكون ظروف تنمية الكساء الخضرى واستغلال المصادر النباتية لاتؤثر على الوسط المحيط. وعموماً فإن للإنسان تأثير شديد، فى الماضى والحاضر على المناطق الجافة سواء كان ذلك بسبب استغلالها كمصادر للرعى، أو قابليتها لزراعة الحبوب مطرياً (وخاصة الشعير)، أو إنتاج خشب وقود أو ألياف، أو إنشاء نظم إنتاج نباتى تحت ظروف الرى، أو بناء مستقرات بشرية (قرى أو مدن) والبنى التحتية المصاحبة مثل المجارى والطرق والسكك الحديدية والمطارات وغيرها.

وطبقاً لهذا النظام فإن كل وحدة مساحة لتكوين نباتى محدد أو خالية من الكساء الخضرى ممثلة على خريطة استخدام الأرض سوف تفحص حقلياً مع الأخذ فى الإعتبار شدة ضغط الإنسان وحيواناته المستأنثة عليها. وكلما كان وقع الإنسان وحيواناته على الكساء الخضرى الفطرى كبيراً، كلما اعتبرنا أن درجة التصنع عالية. ومن الجدير بالذكر أن هذا المقياس لا يقيم وزناً لنوعية الوسط المحيط. وعلى الرغم من أن الضغط الشديد من الإنسان على الوسط المحيط يمكن أن يؤدى إلى توازن بيئى جيد (مثل حالة النظم البيئية المروية بدلتا النيل)، إلا أنه يؤدى أيضاً إلى تدهور حاد فى النظم البيئية الفطرية بشكل عام.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٧٩). الطيف الهيمروبى لنبات Poa palustris كمثال لنبات غير مرتبط بدرجة محددة من درجات الهيمروبى. (Kowarick 1990).



شكل (٨٠). عدد الأنواع الموجودة تحت مستويات مختلفة من الهيمروبى (Kowarick 1990).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٢٩). النظام الشفرى المقترح لتقدير درجة التصنع فى الصحارى المصرية، خاصة الساحل الغربى للبحر المتوسط (Long 1979).

درجة التصنع	الكساء الخضرى والوسط المحيط
٠	عدم وجود تأثير للإنسان وحيواناته المستأنسة (مثل الوديان فى المناطق الصحراوية النائية والمنعزلة).
١	تأثير ضعيف مثل جمع النباتات للإستخدام التقليدى ورعى استثنائى للحيوانات المستأنسة (مثل الجمال).
٢	أراضى مراعى فى حالة جيدة الإتزان نسبيا تستغل تقليديا فى نظام تناوبى (التنقل التناوبى للإنسان). يحتمل أن يكون من أسباب هذه الممارسات الإتاحة غير المنتظمة لماء الشرب (للإنسان والحيوان)، والطبيعة الخاصة لأراضى المراعى (مثل نمو نباتات المراعى المستساغة فى مواسم محددة فقط)، ومناطق الإستقرار والممارسات الإجتماعية. يضاف إلى ذلك ملاحظة جمع الأخشاب بمعدلات مقبولة للإستخدامات المألوفة (للتدفئة وإعداد الطعام مثلا).
٣	أراضى مراعى ذات توازن ضعيف، وضوح حالات الرعى الجائر عن طريق ملاحظة العديد من الخصائص مثل دهس زائد، روث كثير للحيوانات، رعى مبالغ فيه للنباتات الخشبية القصيرة، ضعف نمو النباتات العشبية، اقتلاع الجذور، القضاء على المجموع الخضرى والشماريخ الزهرية للنباتات المعمرة، إختفاء أنواع نباتية مستساغة مميزة، مظاهر متعددة للنحر المائى والريحى للتربة. علاوة على ذلك يلاحظ بوضوح جمع المواد الخشبية للإستخدامات المألوفة.
٤	كساء خضرى عشبى (حولى أو معمر) مجلوب بواسطة الإنسان، قد تكون محاصيل تقليدية تحرث بواسطة الحيوانات (مثل الشعير)، أو بواسطة الجرارات (مثل القمح)، أو محاصيل بقولية (مثل الفول) أو خضروات (مثل البطيخ والطماطم).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٢٩). تكملة

درجة التصنع	الكساء الخضرى والوسط المحيط
٥	زراعات مطرية للأشجار والشجيرات والكروم. قد تكون هذه الزراعات بدون عناية مثل زراعة القطف والسنط والصبار وزراعة أشجار لتثبيت الكثبان الرملية، زراعة الزيتون والتين واللوز مع قليل من العناية، أو زراعة الأشجار مع الإعتناء الجيد بها (مثل الحرث والتقليم المنتظم للأشجار، التخصيب الطبيعى والكيماوى، وغيرها).
٦	زراعات مروية لمحاصيل حولية (بصفة أساسية) مثل القمح، الفول، البرسيم، والقطن فى دورات زراعية بسيطة أو مركبة من محصولين، مصدات الرياح (أكثر من ٢م)، والأسيجة حول النظم الزراعية (أقل من ٢ م)، والمخصبات الخضراء.
٧	زراعات مروية لمحاصيل معمرة و/أو أنواع خشبية (بصفة أساسية) مثل البرسيم الحجازى، الحشائش العلفية المعمرة، الأعناب، بساتين الفاكهة، الموالح، ومصدات الرياح الطويلة للنظم المروية.
٨	خضروات ومشائل مثل: الطماطم، البصل، الجزر، الكرنب، البطيخ، عباد الشمس، المشائل، ونباتات الزينة.
٩	زراعات فى أوساط واقعة تحت التحكم الكامل (مثل الصوبات الزجاجية)، المتنزهات فى المدن، المساحات الخضراء الواسعة فى النظم الحضرية.
١٠	نظم حضرية صناعية وشبكة اتصالات ونقل والبنى التحتية الأخرى. تتدرج هذه النظم من قرى ريفية قليلة التلوث إلى مناطق حضرية صناعية ذات تلوث عال.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المساحة (Area)

يزداد عدد الأنواع التى يمكن الحصول عليها كلما ذادت المساحة التى يتم فحصها. وغالباً ما توضح علاقة الأنواع بالمساحة على هيئة منحنى يسمى منحنى النوع والمساحة (Species -area curve) والذى أمكن تحويره إلى خط مستقيم بواسطة بعض العلماء (أنظر Margules & Usher 1981). من هذه التحويرات ما اقترحه أرهيينيوس وبرستون لربط لوغاريتم عدد الأنواع مع لوغاريتم المساحة كما يلى (النموذج الأول):

$$S = c A^z$$

أو

$$\text{Log } S = \text{Log } c + z \text{ Log } A$$

حيث S هو عدد الأنواع، A المساحة، c و z ثوابت. وقد اقترح جليسون ووليامز العلاقة التالية (النموذج الثانى):

$$S = d + b \text{ Log } A$$

حيث S و A كما فى المعادلتين السابقتين و d و b ثوابت موجبة. وقد قام دونى بفحص بيانات ٨٠ دراسة منشورة فوجد أن ٤٧ دراسة منها متوافقة مع النموذج الأول، و ١٢ دراسة متوافقة مع النموذج الثانى، و ٧ تتمشى مع النموذج الأول فى معظم البيانات، و ١٠ غير متوافقة مع كلا النموذجين، و ٤ لا تحتوى على بيانات كافية لعمل تحليل مقبول

علاقة الأنواع بالمساحة هى ببساطة وصف لمجموعة مترابطة من البيانات، ولذا فالنموذج الأمثل للعلاقة بينهما هو الأكثر توصيفاً لهذه البيانات. وحتى لو

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

كانت قيم الثوابت فى النماذج التى تربط بين الأنواع والمساحة ذات معنى بيئى قليل فإنها مفيدة عند مقارنة مناطق جغرافية مختلفة. وعموماً فمن أجل مقارنة مناطق الصون المحتملة يجب تطبيق نفس النموذج على بيانات كل منطقة. وقد أصبح من المقبول التعبير عن هذه العلاقة بصفة عامة كما يلى:

$$S \sim A\ (0.2 \leq z \leq 0.4)$$

وقد وجد براون (Brown 1971) أن عدد الثدييات على سلاسل الجبال المعزولة فى الحوض الكبير بشمال أمريكا يرتبط بالمساحة ($z = 0.33$)، كما وجد أوشر (Usher 1979) أن علاقة عدد النباتات الراقية النامية فى ٣٥ محمية طبيعية فى يورك شير بالمساحة متوافقة مع النموذج الأول ($z = 0.29$). وقد أوضح ورد و لاكهانى (Word & Lakhani 1977) أن عدد الحشرات آكلة العشب فى المواقع الصغيرة من نبات العرعر (*Juniperus communis*) فى انجلترا أقل من عددها فى المواقع كبيرة الحجم.

يمكن فى الغالب تشبيه المحميات الخاصة بصون الحياة الفطرية، بالجزر حيث أنها محاطة بمناطق تختلف عنها كما تحاط الجزر بالماء. وقد أدى هذا التشابه الجغرافى إلى اعتقاد بعض الباحثين فى أهمية أن يتضمن عملية اختيار وتصميم المحميات الطبيعية عدة أمور مأخوذة من دراسات الجغرافيا الحيوية للجزر وسوف نناقش أربعة من هذه الأمور فى الأجزاء التالية.

عدد الأنواع المصانة

وضع ماك أرثر و ويلسون (MacArthur & Wilson 1967) نظرية التوازن (Equilibrium theory) للحيوانات فى الجزر المعزولة والتى تقول: يختلف حجم جماعات بعض الأنواع على الجزر باختلاف حجم الجزيرة والبعد عن الجماعة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المصدر، وحيثما كان معدل الإستيطان ومعدل الإنقراض متساويان، فإنه سوف يوجد عدد من الأنواع متوازن مع حجم الجزيرة وبعدها عن الجماعة المصدر. هذا يعنى أنه في حالة وجود جزيرتين لهما نفس الحجم ونفس البعد عن الجماعة المصدر، فإنهما سوف يحتويان على نفس العدد من الأنواع، وإن كانت إحدى هذه الجزر أكبر حجماً من الأخرى أو أقرب إلى الجماعة المصدر فإنها سوف تحتوى على عدد أكبر من الأنواع. تميل عدة دراسات إلى تأكيد هذه النظرية مثل دراسة جونسون وآخرون على النباتات فى بعض جزر كاليفورنيا، ودراسة فيللومبير على الطيور فى جبال الألب، ودراسة دياموند على الطيور فى أرخبيل غينيا الجديدة، ومع ذلك فإن بعض الدراسات لم تسجل مثل هذه العلاقة (نقلاً عن Margules & Usher 1981).

استخدم علماء صون الحياة الفطرية علاقة الأنواع والمساحة ونظرية الجغرافيا الحيوية للجزر لكى يبرهنوا على أهمية المحميات المفردة كبيرة الحجم بالمقارنة بعدد أكبر من المحميات الصغيرة. ومع ذلك فإن هناك عدة أسباب، عملية ونظرية توجب التعامل بحذر مع هذا الرأى لأنه من الممكن أن يحتوى عدد كبير من المحميات الصغيرة على عدد أوفر من الأنواع، فى البداية على الأقل، مقارنة بمحمية واحدة كبيرة الحجم. أشار أبيل وكونر (Abele & Connor 1979) إلى إمكانية استعمال علاقات الأنواع والمساحة على الجزر للتنبؤ بأن منطقتين صغيرتين كل منها نصف حجم منطقة أكبر يمكن أن يحتويا على عدد من الأنواع أكثر من المنطقة المفردة الكبيرة، إلا أن هيجز و أوشر (أنظر Margules & Usher 1981) أوضحا أن هذا يعتمد على نسبة الأنواع المشتركة بالمساحتين الصغيرتين، فعند قيمة z تساوى ٠,٣ فإنه محمية مفردة كبيرة سوف تحتوى على أنواع أكثر فقط إذا كان ما يزيد عن ٦٠% من الأنواع بالمساحتين الصغيرتين ذات تواجد مشترك.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

توجد عدة أسباب لتفضيل المحميات كبيرة الحجم المفردة على المحميات العديدة صغيرة الحجم. فمن المعروف أن احتياجات النوع للمساحة تختلف، فالأنواع التى تمثل المستويات الغذائية الأعلى تحتاج إلى مساحات كبيرة الحجم جداً. ومع أن الأثر الكلى لزوال هذه الأنواع غير معروف على وجه التحديد، إلا أنه من المحتمل أن يؤدى إلى خفض الأعداد فى المستويات الأقل، على الرغم من أن الإختزال فى أعداد القواقع البحرية التى ترعى الطحالب يمكن أن تزيد التنوع فى بعض الحالات. وبالإضافة إلى ذلك فإن المساحات الصغيرة أقل احتمالاً لتكوين عينة ممثلة للنظام البيئى التى تنتمى إليه، كما أن الهجرة المتكررة لآكلات العشب الكبيرة، مثل ذوات الحوافر الأفريقية، سوف تتعرض للخطر نتيجة لتجزئة مواطنها، وهى عملية قد تكون غير رجعية.

معدلات الانقراض

لوحظ أن عدد أنواع الطيور على جزر معبر الأرض فى غينيا الجديدة والكاريبى أكبر (وهى الجزر التى كانت متصلة بالأرض الأساسية أثناء العصر الجليدى الأخير حتى حوالى ١٠,٠٠٠ سنة مضت حينما كان سطح البحر أقل ١٠٠م تقريباً عن مستواه الحالى)، إلى حدما، مما على الجزر المحيطية. وجد دياموند (Diamond 1975) أيضاً أن الجزر الكبيرة فى غينيا الجديدة (وهى التى تتراوح مساحتها من مئات إلى الوف الكيلومترات) مازال عليها عدد من الأنواع أكبر من المتوقع طبقاً لنظرية التوازن، هذا وقد لوحظ أن الجزر الأصغر من ٢٥٠ كم^2 عليها نفس عدد الأنواع التى على الجزر المحيطية ذات المساحات المماثلة، ولذا فقد اقترح أنها وصلت إلى التوازن. تفترض هذه الدراسات أنه حينما اقتطعت جزر معبر الأرض من الأرض الأساسية كانت تحتوى على كل أنواع الأرض الأساسية، لذا فبمقارنة عدد الأنواع على الأرض الأساسية مع عددها على الجزر يمكن تقدير معدلات الإنقراض. وفى بريطانيا، على سبيل

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المثال، من الممكن مضاهاة تكوين جزر معبر الأرض عن طريق تحديد مساحات تخمينية من الأرض الأساسية عبر ثلاثة خطوط : ١ ــ خط يمتد عبر نهر التيمز إلى نهر سيفرن، ٢ ــ خط يمتد من نهر مرسى إلى مصب نهر هامبر، و ٣ ــ خط يمر عبر وادى النهر الرابع ونهر كلايد. وقد أظهرت النتائج أن أى من مساحات الجزر المضاهاة لاتحتوى على كل الأنواع الموجودة فى الأرض الأساسية المقابلة، ومع ذلك فإن نسبة ٨٠% تقريباً تبدو أنها متوسط مقبول. إذا طبق هذا الرقم على الدراسات الخاصة بغينيا الجديدة والكاريبى فسوف يظهر انقراضات أقل مع الزمن منذ أن تكونت الجزر، ولذا فإنها تحتاج لزمن أطول للوصول إلى التوازن. وفى المقابل دلت الدراسة التى نشرها أبيل وكونر (Abele & Connor 1979) عن العمل التجريبى على العائد النوعى أن الوقت الذى أخذ لكى تصل حيوانات الجزر إلى التوازن يحتمل أن يكون أصغر جداً من الوقت المقترح بواسطة دياموند.

لخص تيربورج (Terborgh 1976) نتائج العديد من الدراسات التى أجريت على معدلات إنقراض الأنواع على جزر معبر الأرض، ومع احتمال أن تكون هذه المعدلات أقل مما اقترحة هو ودياموند، فالإتجاه العام لهذه النتائج من المرجح أن يكون مهماً، وفيما يلى أهم هذه النتائج:

١ــ يعتمد معدل فقد الأنواع على المساحة مع الأخذ فى الإعتبار أن نسبة فقد الأنواع فى الجزر الكبيرة أقل من نسبته فى الجزر الصغيرة خلال أى فترة زمنية محددة.

٢ ــ يقل معدل إنقراض الأنواع كلما اقتربت الجزيرة من عددها المتوازن.

٣ ــ تكون الأنواع ذات المستويات الغذائية الأعلى من بين أول من ينقرض من الكائنات.

٤ ــ يبدو أن ترتيب الإنقراض متوافق لعدد من مجموعات جزر معبر الأرض.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٥ ــ مع تواصل عملية فقد الأنواع، تتحور صفة المجتمعات (الطيور مثلاً) من نظام ذروى نموذجى إلى مرحلة تعاقبية عكسية بالرغم من عدم تغير الوسط المحيط الطبيعى.

توجد دراسات قليلة عن فقد الأنواع من مواطنها فى المناطق المعزولة داخل الأرض الأساسية، لكنها تدل على إمكانية تطبيق دراسات الجزر على هذه المناطق. فعلى سبيل المثال لاحظ فورمان وآخرون (Forman *et al.* 1976) وجود عدد أقل من أنواع الطيور فى الرقع الصغيرة عن الرقع الكبيرة لبقايا غابة البلوط فى نيوجرسى، كما لاحظ براون (كما ورد فى Margules & Usher, 1981) أن التدييات المعزولة على جزر سلسلة جبال الحوض الكبير بأمريكا الشمالية يبدو أنها تنقرض فى ظل غياب الإستيطان (الهجرة إلى الداخل). وعموماً فقد حذر بيكيت وثوبمسون (Pickett & Thompson 1978) من أنه كلما كانت الجزر أكثر بعداً وعزلة فيما بينها، كلما ازداد معدل الإنقراض بسبب تناقص معدل الإستيطان. ذكر ويليامسون (Williamson 1975) أنه إذا تركت رقعة من الموطن بعد إزالة بقية المواطن فإنه سوف يكون هناك تأثير حافّى حول هذه الرقعة، وبما أن الأنواع التى تسكن هذه الحافة سوف تكون فى معظم الأحوال غير الأنواع التى عاشت هناك قبل ذلك، فإن المساحة الفعالة المتاحة لتلك الأنواع الأصلية تكون أقل من المساحة الظاهرة.

احتياجات المرعى

لكل نوع احتياج مساحى معين، فمعظم المفترسات تحتاج مساحات أكبر من تلك التى تحتاجها الفرائس الخاصة بها، وفى موطن ملائم، تكون بعض الأنواع أفضل صلاحية من غيرها للعيش فى المساحات المنتشرة المستعمرة أو المعاد استعمالها. من الناحية النموذجية، ينبغى أن تحتوى المحميات على جماعات نباتية وحيوانية كبيرة ومتنوعة بما فيه الكفاية لكى تمثل التباين الوراثى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

لجماعات هذه الأنواع (Slatyer 1975). ومن ناحية ثانية فمن المطلوب توفير معلومات عن الإحتياجات المساحية للأنواع والمجتمعات، وهذا مفقود لمعظم الأنواع، ومن المحتمل لكل المجتمعات. فعلى سبيل المثال عند دراسة النواحى البيئية والبيولوجية لصناعة رقائق الخشب الصميمى فى استراليا، واجهت أحد الباحثين مشكلة تحديد مساحة صغرى لغابات الكافور الإسترالى، وقد اقترح مساحة قدرها ٧٠٠٠ هكتار، لكن الإفادة الوحيدة التى خرج بها هى وجوب أن تكون هذه المساحات أكبر ما يمكن. ومن الأمور التى يمكن استخدامها فى هذا المضمار تحديد الحيوان الذى على قمة السلسلة الغذائية ثم محاولة تحديد مساحة صغرى لجماعة حية من هذا النوع. كما يجب التأكد نظرياً من أن المساحة المحمية تكفل استمرار كل الأنواع التى فى السلسلة الغذائية. إذا أخذت النباتات فى الإعتبار، فإن ما ذكره جروب (Grubb 1977) عن أهمية العش التجديدى (Regeneration niche) لصون الوفرة النوعية فى المجتمعات النباتية يدل على الحاجة إلى اشتمال المحمية على كل المراتب العمرية للمجتمعات المراد صونها.

تحتاج بعض الكائنات مساحات شاسعة كى تبقى على جماعاتها حية. فعلى سبيل المثال، الكنغر الأحمر (*Megaleia rufa*) حيوان برى يتحدد توزيعه فى الغالب بمدى إتاحة الغذاء الأخضر. تعيش جماعة هذا الحيوان فى وسط يعتبر الجفاف حالة عادية فيه، ولذا يجب أن يكون قادراً على السفر مسافات طويلة كى يجد الغذاء الملائم. وقد ذكر سلاتير (Slatyer 1975) أنه لصون جماعة من الكنغر الأحمر عددها ١٠,٠٠٠ فرد يحتاج إلى مساحة تصل إلى مليون هكتار، ومن المعلوم أن مثل هذه المساحات الكبيرة، حتى وإن كان من الممكن توفيرها، سوف تكون صيانتها عملية صعبة ومكلفة. ولذا فمن المفضل أن يعتمد الصون طويل الأمد لمثل هذا الحيوان على تنمية مترابطة لأراضى المراعى أكثر من اعتماده على محميات طبيعية مسورة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تصميم المحميات الطبيعية

تعتبر المحميات الطبيعية ضرورية لصون الكائنات الحية، إذ بدونها سوف لا يكون هناك صون على الإطلاق. تمثل علاقات الأنواع بالمساحة ونظرية الجغرافيا الحيوية للجزر مشاركات علمية هامة لإختيار مساحات للصون، إلا أنها تشارك كواحدة من الخصائص العديدة، وتختلف مشاركتها باختلاف الأماكن والوحدات التصنيفية، مع الأخذ فى الإعتبار أن الدراسات النظرية والتجريبية مستمرة ومن الممكن أن تتغير مقاصد هذه الخصائص فيما يتعلق باختيار المحميات. فعلى سبيل المثال لا حظ ميللر وهاريس (Miller & Harris 1977) عدم وجود علاقة مساحية بين محميات شرق أفريقيا الكبيرة وعدد الأنواع الثديية بها. وقد فكر هيجز (كما ورد فى Margules & Usher 1981) فى اختيار استراتيجية لصون أكبر عدد من الأنواع فى المساحة المتاحة، وخلص إلى عدم وجود قوانين عامة قابلة للتطبيق على كل الحالات، ولذا فإن كل حالة تحتاج إلى فحص مستقل. ومع ذلك فمن الممكن وضع بعض الإستنتاجات المؤقتة لتشكيلات من محميات صون الأنواع ذات أشكال ومساحات متباينة، ومن هذه الإستنتاجات ما يلى:

١ ــ من المرجح إن المحميات المفردة الكبيرة تصون عدد أكبر من الأنواع بالمقارنة بمجموعة من المحميات الصغيرة، وذلك فى حالة الأوساط المحيطة المتجانسة نسبياً.

٢ ــ وفى المقابل فمن المرجح أن المحميات العديدة صغيرة الحجم تجتوى على عدد أكبر من الأنواع مقارنة بالمحميات الفردية كبيرة الحجم (فى المدى القصير علىالأقل) وذلك فى حالة المناطق غير المتجانسة والمجزأة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ مجموعة المحميات الصغيرة المتجاورة مع بعضها أفضل من مجموعات مماثلة من المحميات المتباعدة.

٤ ــ مجموعة المحميات ذات التوزيع المتكتل أفضل من مثيلاتها المرتبة على خط واحد، وإذا كان من اللازم أن تكون على خط واحد فمن المفضل أن تكون متصلة مع بعضها بطريقة أو بأخرى.

٥ ــ ينبغى أن تكون حافة المحميات أقل ما يمكن (كأن تكون دائرية مثلاً).

عرض هلى ويل (Helliwell 1976) مجموعة من الأنساق البديلة لإستخدام الأرض مبنية على صون ٢٠% من سطح الأرض، واستنتج أن هذه الأنساق يجب أن تشتمل على أكبر قدر ممكن من التغيرات الإقليمية مع جعل التجزؤ أقل ما يمكن. كما يجدر الإشارة إلى صعوبة إنشاء محميات كبيرة من الناحية السياسية وحتى إذا أنشئت فمن المتوقع أن تعانى استقطاعات صغيرة متكررة لصالح الإستخدامات الأخرى للأرض بزعم أنه ما زال هناك الوفير. يوجد فى يورك شير، على سبيل المثال، ٦٩ محمية يطبق فيها بعض معايير الصون، تتراوح من ٠,٢ إلى ٢٥٦ هكتار، ولذا فإنها ليست كبيرة جداً فضلاً عن أنها مبعثرة فى أنحاء المقاطعة. ومع أن نسبة ٢٠% التى اقترحها هلى ويل غير واقعية، فإن التعاطف مع الصون فى مواجهة كل أشكال استخدامات الأرض ليس هدفاً مستحيلاً. يمكن لواحد أو اثنين بالمائة من الإستخدامات الأخرى، مثل أماكن راحة على مسارات الهجرة أو سلسلة من الأيكات الصغيرة التى تربط بين المحميات الأكبر، أن تجعل المحميات أقل بعداً فضلاً عن أنها تخفض التأثيرات الضارة للإنعزال.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

خطر التدخل البشرى

يدل شيوع معيار التدخل البشرى على الخطورة التى يشعر به علماء صون الطبيعة فى مواجهة الإستخدامات الأخرى للمورد المتناقص من الأرض (جدول ٢٦). وعموماً فإن هذ المعيار يعكس أهمية الصون كعملية مدافعة فى مواجهة خطر استخدام آخر للأرض والذى عادة ما يكون قد اقترح بطريقة غير صحيحة. ومع أنه من المتوقع أن تتغير طبيعة ودرجة خطر التدخل البشرى، فإن القبول العام لهذه الخاصية لا يتأثر. ومن الجدير بالذكر الإشارة إلى أن استخدام الأرض لغرض الصون لا يتطلب التحول عن استخدام آخر بنفس طريقة تحول أراضى المستنقعات أو الغابات مثلاً إلى الزراعة.

خاصية خطر التدخل البشرى غير مؤسسة على أية مبادئ بيئية بالرغم من أنها تشد الإهتمام أكثر حينما يكون النوع أو المجتمع المقصود بالصون نادراً أو ذا مرونة بيئية منخفضة. يمكن أن يؤدى هذا إلى بعض المشاكل عند التطبيق، فمن المعروف أن الأنواع النادرة غالباً ما يعتقد أنها واقعة تحت خطر التدخل البشرى، ببساطة لأنها نادرة. كما تعتبر الأنواع المتواجدة فى موضع أو موضعين، ولو ببعض الأعداد، واقعة هى الأخرى تحت الخطر بسبب تدخل الإنسان نظراً لقلة أو انعدام مصادر الهجرة إلى الداخل (الإستيطان) وإعادة الإستعمار. وإذا اعتبر هذا ضمن صفات الندرة وخطر التدخل البشرى فإن نفس العامل سيؤخذ فى الإعتبار مرتين.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المعايير الأخرى

النموذجية أو التمثيل

يشير راتكليف (Ratcliffe 1977) إلى أهمية اشتمال مناطق الصون على الأنواع والمجتمعات النموذجية أو الممثلة للمواطن والنظم البيئية التى تعيش فيها (الأنواع والمجتمعات الشائعة مثلاً) مؤكداً أهميتها كمساحات تجريبية. ويعتبر تمثيل المجتمعات لسلسلة الكائنات الحية الموجودة فى الوقت الحاضر هدف رئيسى للصون، ويندرج هذا المفهوم تحت مسمى النموذجية. تشتمل المناطق التى تختار كى تكون متصفة بخاصية النموذجية أو التمثيل بالضرورة على أنواع نموذجية (أو شائعة)، ولكنها يمكن أن تشتمل أيضاً على أنواع نادرة بما أن الهدف هو تمثيل سلسلة الكائنات الحية الموجودة. يمكن إعتبار بعض الأنواع على أنها ممثلة (نموذجية) أو نادرة، لكن لا يوجد نوع واحد فقط يمكن أن يمثل نظام بيئى بأكمله، حيث أن السلسلة الكلية للأنواع هى المطلوبة.

يمكن أن تبنى عملية اختيار المناطق الممثلة للمواطن والنظم البيئية على خصائص واضحة، بطريقة مباشرة إذا كانت المعلومات المتاحة عن توزيع النباتات والحيوانات كافية، أو بطريقة غير مباشرة عن طريق استنتاج وجود أقاليم جغرافية حيوية ومن ثم مناطق حيوية محددة. وعادة ما يستخدم المناخ، والتضاريس، والجيولوجيا، ونسق الصرف، وتوزيع النباتات واستخدام الأرض لتحديد الأقاليم الجغرافية. وقد وصف لوت وآخرون (Laut *et al.* 1975) طريقة تحديد الأقاليم الجغرافية الحيوية بالإستعانة بطريقة التحليل العددى لتجميع مساحات اصطياد محددة على أساس الشكل المشترك للأرض والتربة وخصائص الكساء الخضرى عبر قارة استراليا.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

القيمة التعليمية

ذكرت القيمة التعليمية كأحد المعايير لإختيار المحميات الطبيعية فى ثلاثة مخططات فقط (جدول ٢٦)، إلا أنه من المعتقد أن الإستعمال المكثف للمحميات الطبيعية فى أغراض الدراسات الحقلية سوف يضر حتماً بقيمتها الصونية، ولذا ينبغى التحكم فى استعمال المحميات لمثل هذه الأغراض. وفى المقابل أوضح باى فيلد وبروكس (Bayfield & Brookes 1979) أن الأهمية الصونية لأراضى المستنقعات فى اسكتلندا لم تتضاءل بعد ٨ سنوات من استخدامها فى الأغراض التعليمية. وعلى الرغم من أن ارتفاع وكمية الغطاء النباتى انخفضت بتأثير الدهس المتزايد، إلا أن الوفرة النوعية بقيت ثابتة. ومع ذلك فمن المهم إجراء بحوث أكثر قبل الوصول إلى استنتاجات محددة عن وقع النشاطات التعليمية على المحميات الطبيعية، وعلماً بأن مدى هذه النشاطات يعتمد على عوامل متعددة مثل إمكانية الوصول إلى المحميات وقربها من المعاهد التعليمية ذات العلاقة.

القيمة الجمالية

تستهوى بعض الكائنات والمجتمعات الناس أكثر من غيرها. يشير راتكليف (Ratcliffe 1977) إلى أن الطيور والثدييات الكبيرة والأزهار البرية الأكثر زهواً تثير بلا شك اهتمام غير عادى. وقد وجد أن زوار الغابات يتمنون رؤية الحيوانات الكبيرة (مثل الغزال، الثعلب، عناق الأرض، السنجاب والأرانب)، والطيور (مثل ناقر الخشب، الديك البرى، صياد السمك)، والأفاعى والأوركيدات. وعليه فمن الضرورى توجيه مجهود كبير لصون الأنواع النادرة كبيرة الحجم حيث أنها ذات جاذبية شعبية. ورغم أن الدعم الشعبى مطلوب، إلا أنه لن يتحقق صيانة أوسع مدى ممكن من الأنواع بالتركيز على الأنواع

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الظاهرة للعيان فقط. وعموماً فإنه نظراً لافتقاد المعلومات المطلوبة من أجل مقاييس صونية ملائمة، فإنه عند التطبيق تكون بعض الأنواع مؤهلة للصون على حساب الأنواع الأخرى.

الهشاشة البيئية

يصف معيار الهشاشة البيئية المجتمعات ذات الحساسية الذاتية للتغير. ويشير أوشر (Usher 1980) إلى أن هذه الخاصية تطبق بسهولة على مجتمعات الذروة المناخية التى من المتوقع أنها لا تتغير إلا إذا حدث بعض التغير فى الوسط المحيط الطبيعى أو فى طريقة استخدام الأرض. ولذا فإن هذه الخاصية تعتبر وثيقة الإتصال بخاصية خطر التدخل البشرى. ومن المحتمل أيضاً أن يؤدى استخدام الهشاشة البيئية كخاصية إلى عدم الأخذ بعين الإعتبار المجتمعات التى فى المراحل التعاقبية المبكرة.

التفرد

معيار التفرد هو الحالة القصوى للندرة ويمكن أن يؤخذا فى الإعتبار سوياً، فالأماكن ذات الأنواع الفريدة سوف تأخذ قيم عالية طبقاً لخاصية الندرة. يعتمد تقييم خاصية التفرد، مثل الندرة، على دراسات مسجلة مفصلة وموسعة. كما يمكن أن تستخدم خاصية التفرد أيضاً لوصف الأنواع مقتصرة التوزيع والتى يمكن أن تكون غير نادرة فى الإقليم الجغرافى الحيوى التى توجد فيه.

القيمة الإحتياطية

يذكر راتكليف (Rateliffe 1977) أن أراضى الأخشاب التى نهبت نتيجة لإقتلاع الأشجار خلال زمن الحرب، وأراضى المستنقعات التى جفت عن طريق الحرق أو الصرف تعتبر أمثلة للمناطق التى يمكن أن تعود، فى زمن ما، إلى سابق حالتها. وبناء على ذلك فإن مثل هذه المناطق يمكن اعتبارها ذات قيمة

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

صونية احتياطية (أو مدخرة)، وتزداد أهميتها فى حالة عدم وجود أمثلة من نفس المجتمعات التى كانت تعيش عليها فى نفس الأقليم الجغرافى. ومن أمثلة المجتمعات ذات الأهمية الإحتياطية تلك التى تنمو فى المواقع الصناعية المهجورة مثل المحاجر والمناجم المهجورة. ولتقييم الأهمية الإحتياطية لتلك المناطق يُحتاج إلى التنبؤ الدقيق المقبول لسلسلة التعاقب البيئى عليها. وقد قُيمت ومُثلت هذه المناطق بواسطة علماء الصون ضمن محميات مؤسسة علماء الطبيعة بيوركشير. وفى سنة ١٩٧٩ أدارت هذه المؤسسة ثلاثة مساحات لأراضى مبتلة نشأت عن انخفاض فوق أشغال المناجم القديمة، وكشط منجمى قديم، وأربعة محاجر مهجورة. وقد أختيرت إحدى هذه المساحات بصفة أساسية بسبب وجود أوركيد النحل بها (*Ophrys apifera*)، وقد ازدادت أهميتها حديثاً لأن دراسات التعاقب التى أجريت عليها وسعت من حجم المعلومات المتوفرة عن بيئتها.

يرتبط المثال السابق بخاصيتين أخريين هما: **القيمة العلمية والتاريخ المسجل**. تعتمد القيمة العلمية على الفرص الجيدة فى الموقع موضع البحث والذى سوف يفرز المعرفة العلمية، فيحتمل أن يكون البحث مهماً بصفة خاصة حينما تستخدم نتائجه لتحسين تقنيات تنمية الصون. أما التاريخ المسجل الطويل فيزيد من الأهمية التعليمية والعلمية، ويمكن أن يشارك أيضاً فى وضع تقنيات تنمية صونية أكثر عمقاً.

القابلية للإحلال أو الإيجاد

توضع المجتمعات التى لا يمكن استبدالها أو أيجادها مرة أخرى فى مرتبة أعلى من غيرها بالنسبة للأهمية الصونية. ويعتبر مفهوم الإستبدال أو الإيجاد وثيق الصلة بمفهوم الندرة، ولكن من المحتمل اشتماله على عوامل اجتماعية وسياسية بالإضافة إلى العوامل البيئية.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مقارنة بين معايير الصون

بالرغم من أن معايير الصون يمكن أن تترابط فى حالات معينة، فإن تقديرها مستهلك للوقت ومعقد أيضاً. وحتى عملية وضعها فى قائمة تستدعى عدة تساؤلات مثل: ١ ــ كيف يمكن المقارنة بين أى زوج من هذه الخصائص، ٢ ــ هل هناك طريقة لترتيبهم من الأعلى أهمية إلى الأقل من وجهة نظر الصون، ٣ ــ كيف يمكن جمع قيمهم سوياً بغرض وضع قيمة مفردة تعبر عن الأهمية الصونية لنوع أو مجتمع أو منطقة ما، و ٤ ــ هل يمكن تحديد أية فئات عريضة من هذه المعايير. تنشأ بعض هذه الأسئلة من خلال مشاكل تعريف المعايير (مثل السؤال الأول)، والأسئلة الأخرى تنشأ لأن بعض هذه المعايير يُعبر عنها كقيم وصفية، والبعض الآخر عبارة عن تقديرات علمية.

يعتبر التقويم الكمى ضرورى لعمل مقارنات حقيقية. وخلال العقدين الماضيين تم التوصل إلى تطورات معتبرة لتقويم بعض المفاهيم البيئية المستخدمة فى صون الحياة الفطرية تقييماً كمياً مثل التنوع والندرة. وعلى ما يبدو أنه خلال العقدين القادمين سوف يحدث تقدم فى موضوع التقدير الكمى لمفاهيم صونية أخرى مثل الفطرية والتمثيل. ومن مميزات التقدير الكمى أنه يؤدى إلى تسهيل المقارنات، ولكن لا يؤدى بالضرورة إلى تسهيل الربط بين العديد من المعلومات العلمية وصولاً إلى قيمة صونية كلية.

لسوء الحظ لا توجد طريقة واضحة لجمع الخصائص الصونية كى تعطى دليلا شاملا، على الرغم من أن بعض المتخصصين يفعلون ذلك بالفراسة. يرجع ذلك فى معظم الأحوال إلى حقيقة أن بعض البيانات كمية والبعض الآخر كيفى كما أنها ليست كلها متكاملة. ومع ذلك، فقد اقترح كيكاوا (Kikkawa 1976) جمع

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مجموعة من البيانات غير المتجانسة باستخدام الطرائق الإحصائية متعددة المتغيرات لتقييم المناطق الفطرية فى استراليا. وقد استخدم أيفرت (Everett 1978) طرائق مشابهة لتقويم صون أراضى الأخشاب شمال يورك بانجلترا، وعلى الرغم من استخدامه ذلك بنجاح حيث كانت الأماكن التى وقع عليها الإختيار من أفضل الأماكن للصون، إلا أن تعميم تطبيق هذه الطرائق ما زال يحتاج إلى تأكيد. وعموماً فإن تنمية هذه الطرائق ضرورى طالما أن استخدام الأرض لأغراض الصون يتنافس مع الإستخدامات الأخرى، والذين يختارون أحد الإستخدامات من بين عدد من الإستخدامات المتنافسة من المرجح أن يكونوا من المخططين أو السياسين ذوى الخبرة البيئية القليلة.

ربما يعتبر تقسيم معايير الصون المدونة فى جدول (٢٦) إلى مجموعات طبيعية متكافئة أحد المداخل لحل مشكلة الجمع بينها بغرض وضع دليل واحد، أو عدد قليل من الأدلة. وقد اقترح مارجيولز وأوشر (Margules & Usher 1981) تقسيم هذه الخصائص إلى مستويين: يمثل المستوى الأول الخصائص المبنية أساساً على تقديرات علمية مثل التنوع، المساحة، الندرة، الفطرية، التمثيل، التاريخ المسجل، القيمة الإحتياطية والهشاشة البيئية. ويمثل المستوى الثانى الخصائص المبنية أساساً على تقديرات سياسية مثل خطر التدخل البشرى، والقيمة العلمية والتعليمية والجمالية، مثل هذه الخصائص ليست قائمة على مفاهيم بيولوجية أو بيئية أو جغرافية وينبغى الا تستخدم فى التقويم الأولى للأهمية الصونية، إلا أنها تلعب دوراً أساسياً فى اتخاذ القرار النهائى لصون موقع ما، ذلك القرار الذى يأخذه صانعى القرار مثل أعضاء الحكومة أو المجالس أو المجتمعات والتى تكون خالية فى معظم الأحوال من علماء البيئة.

تحتاج خصائص مثل التاريخ المدون والقيمة الإحتياطية والهشاشة البيئية إلى تسجيلات تاريخية واقعية كى يتم تعزيزها. ولذا فإن هذه الخصائص لا

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يمكن تقديرها خلال زيارة واحدة للموقع محل البحث، ولكن تقدر كتخمينات مبنية على مواقع مشابهة بيئياً ولكن تخضع لشكل من أشكال التغير. يمكن تقسيم المستوى العلمى من الخصائص إلى ثلاثة أقسام كما هو موضح بالجدول (٣٠).

جدول (٣٠). تقسيم الخصائص العلمية لصون الحياة الفطرية

.(Margules & Usher 1981)

الأقسام	الخصائص
خصائص يتم تقديرها من خلال زيارة الموقع	التنوع والمساحة
خصائص يحتاج تقديرها لمسح موسع للإقليم الجغرافى المحيط.	الندرة، الفطرة والتمثيل
خصائص يحتاج تقديرها لتسجيلات تاريخية واقعية مقاسة على مواقع اخرى	التاريخ المسجل، الأهمية الإحتياطية والهشاشة البيئية.

يمكن تقدير التنوع والمساحة من خلال زيارة الموقع، أما الندرة والفطرة والتمثيل فتحتاج معلومات تفصيلية عن الإقليم الجغرافى المحيط بالموقع محل التقويم، حيث أن عملية تقدير هذه الخصائص تتم من خلال مقارنة الموقع بالإقليم الذى يوجد فيه. يمكن إجراء مثل هذه المقارنات فى بعض المناطق التى يتوفر عنها كم كبير من المعلومات المسحية (مثل بعض المناطق فى أوروبا وأمريكا الشمالية). ونادراً ما يجد المتخصص فى قضايا البيئة وصون الطبيعة الوقت الكافى لجمع مثل هذا الكم الكبير من العلومات، وهنا يمكن أن يلعب هواة الطبيعة ومنظماتهم دوراً هاماً. وعموماً فإن البيانات المتاحة غير كافية فى مناطق عديدة من العالم مما يستدعى جمع هذه البيانات حتى تسهل عملية تقويم الصون على المستوى الدولى. أما الخصائص التى يحتاج تقديرها لتسجيلات تاريخية واقعية (التاريخ المسجل، الأهمية الإحتياطية والهشاشة البيئية) فإنها تعانى هى الأخرى من نقص شديد فى المعلومات، ويمكن أن تلعب بنوك المعلومات (بناءاً على نظم حاسبات آلية شخصية أو هياكل رئيسية) دوراً كبيراً

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

فى هذا المجال. وكمثال على ذلك نشير إلى ما طبقه فان ريسين (Van Reysen 1978) على المحميات الطبيعية فى يورك شير. وعموماً فمن المهم جداً المحافظة على بيانات التسجيلات التاريخية لحالات محددة حيث أن ذلك سيساهم فى اتجاه جعل عملية التقويم الصونى علماً أكثر دقة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٦ تطور إنشاء المحميات الطبيعية فى مصر

تعتبر دراسة أنواع الكائنات الحية ومتابعة دورات حياتها والربط بين سلوكها البيئى ونواميس الكون جزءاً من التراث الحضارى لمصر على مدى تاريخها الطويل. ولكن بقيت المواطن الطبيعية بما تحتويه من جماعات الكائنات الحية البرية (النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة) خارج دائرة الاهتمام الحكومى المباشر حتى صدور القرار الجمهورى رقم ٦٣١ لعام ١٩٨٢ بإنشاء جهاز لشئون البيئة يتبع رئاسة مجلس الوزراء. وفى عام ١٩٨٣ صدر القانون رقم ١٠٢ بشأن المحميات الطبيعية وقد خول لرئيس مجلس الوزراء سلطة إصدار قرارات بتخصيص مناطق للمحميات الطبيعية ووضع لوائح العمل فيها، وجعل مسئولية إدارة هذه المحميات فى إطار عمل جهاز شئون البيئة بالتعاون مع سلطات الحكم المحلى.

وينص القانون رقم ١٠٢ لعام ١٩٨٣ على حظر القيام بأية أعمال أو تصرفات أو أنشطة أو إجراءات من شأنها تدمير أو إتلاف أو تدهور البيئة الطبيعية أو الإضرار بالحياة البرية أو البحرية أو النباتية أو المساس بالمستوى الجمالى داخل نطاق المنطقة التى صدر قرار بحمايتها، كما يحظر صيد أو نقل أو قتل أو إزعاج الكائنات الحية أو القيام بأعمال من شأنها القضاء عليها. ويحظر أيضاً صيد أو أخذ أو نقل أى كائنات أو موارد عضوية مثل الأصداف والشعاب المرجانية والصخور والتربة لأى غرض من الأغراض، أو إتلاف أو

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تدمير التكوينات الجيولوجية أو الجغرافية أو المناطق التى تعتبر مواطن لمعيشة أو تكاثر النباتات أو الحيوانات، كما يحظر إدخال أجناس غريبة لمنطقة المحمية أو تلويث تربتها أو مياهها أو هوائها بأى شكل من الأشكال. ويحظر هذا القانون أيضاً إقامة مبانى أو منشآت أو شق طرق أو تسيير مركبات تقوم بأية أنشطة زراعية أو صناعية أو تجارية فى منطقة المحمية إلا بتصريح من الجهات الإدارية المختصة، كما لا يجوز ممارسة أية أنشطة أو تصرفات أو أعمال أو تجارب فى المناطق المحيطة بمنطقة المحمية إذا كان من شأنها التأثير على أى من مكونات النظام البيئى للمحمية إلا بتصريح من الجهات المختصة.

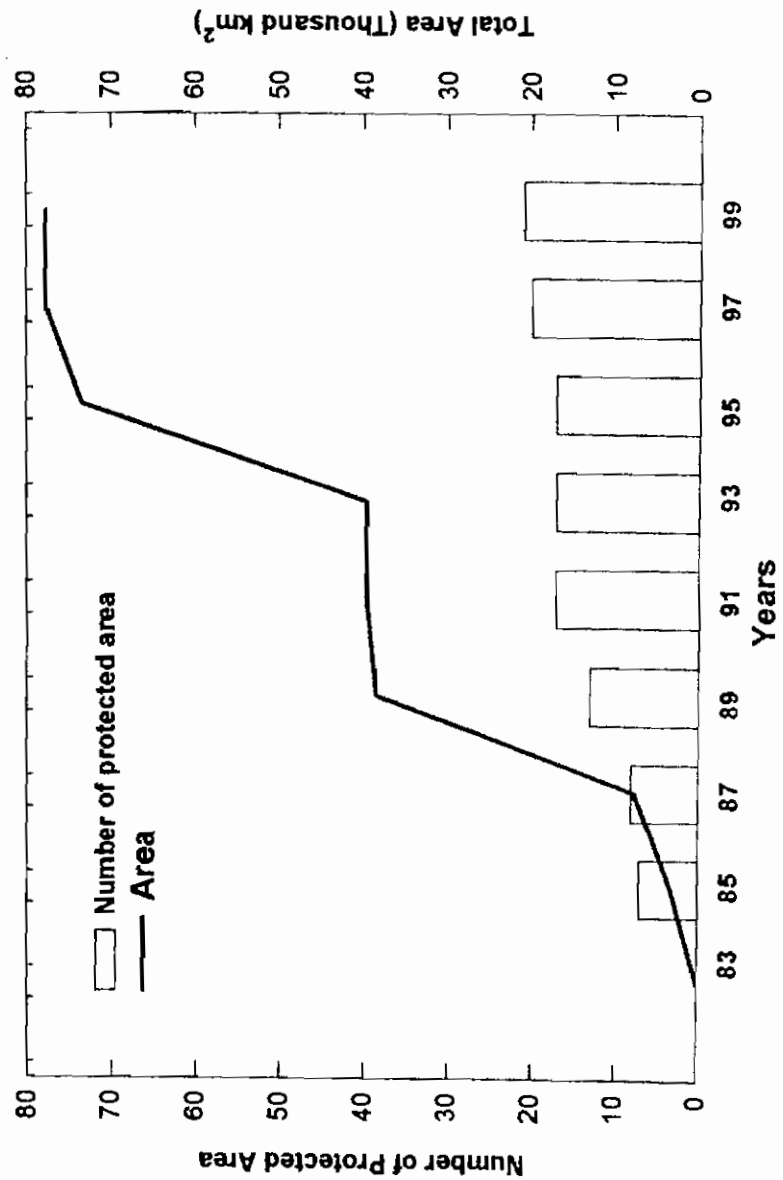
وطبقاً للقانون ١٠٢ لعام ١٩٨٣ صدرت عدة قرارات متلاحقة من رئيس مجلس الوزراء بإنشاء مجموعة من المحميات الطبيعية وصل عددها فى العام الحالى (٢٠٠٠م) ٢١ محمية (شكل ٨١). وأول محمية أنشئت فى إطار هذا القانون محمية رأس محمد بمحافظة جنوب سيناء (١٩٨٣) وأحدثها محمية وادى دجلة بمحافظة القاهرة (١٩٩٩). تصل المساحة الإجمالية لهذه المحميات ٧٧٧٧٦,٢٥ كم^{٢} تشكل ما يقرب من ٧,٨% من المساحة الكلية لمصر، وتقل هذه النسبة كثيراً عن النسبة التى اقترحها هلى ويل (Helliwell 1976) وهى ٢٠% من مساحة سطح الأرض، ولذا فإنه تجرى فى الوقت الحاضر جهود مكثفة لإنشاء ١٩ محمية جديدة تغطى مساحة تقرب من ١٠٠٠٠٠ كم^{٢} (حوالى ١٠% من المساحة الكلية لمصر)، وبذا تصل نسبة المساحة الكلية المحمية إلى ١٧,٨% من مساحة مصر كلها (Baha El-Din 1998). تنتشر هذه المحميات فى ١٢ محافظة، عدا محمية جزر النيل التى تنتشر وحدها فى ١٦ محافظة تمثل وادى ودلتا النيل (جدول ٣١ وشكل ٨٢).

تندرج المحميات الطبيعية المصرية تحت ثمانية أنواع من المحميات هى المعزل الطبيعى، المحيط الحيوى، الأثر القومى الطبيعى، الموارد الطبيعية،

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الحدائق الوطنية، الموارد متعددة الأغراض، المناظر الطبيعية والحياة التقليدية. وتعتبر محميتى علبة (٣٥٦٠٠ كم٢) والعلاقى (٣٠٠٠٠ كم٢) هما أكبر المحميات الحالية مساحة ويشكلان سوياً ما يزيد عن ٨٤% من المساحة الكلية للمحميات الحالية ، بينما تشكل بقية المحميات وعددها ١٩ محمية أقل من ١٦% من المساحة الكلية المحمية. وتعتبر محميات سالوجا ــ غزال (٠,٢٥ كم٢)، قبة الحسنة (١ كم٢)، كهف وادى سنور (٤ كم٢)، الغابة المتحجرة (٧ كم٢) والأحراش (١٠كم٢) أقل المحميات مساحة. ومن جهة أخرى تعتبر محميتى علبة ونبق (١٢ موطناً لكل منهما) ومحمية رأس محمد (١٠ مواطن) المحميات المشتملة على أكبر عدد من المواطن، أما محمية قبة الحسنة (موطن واحد)، ومحميات الأحراش، وسالوجا ــ غزال، وكهف سنور، و وادى الأسيوطى (موطنان لكل منهم) فتشتمل على أقل عدد من المواطن (جدول ٣٢، شكل ٨٣).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



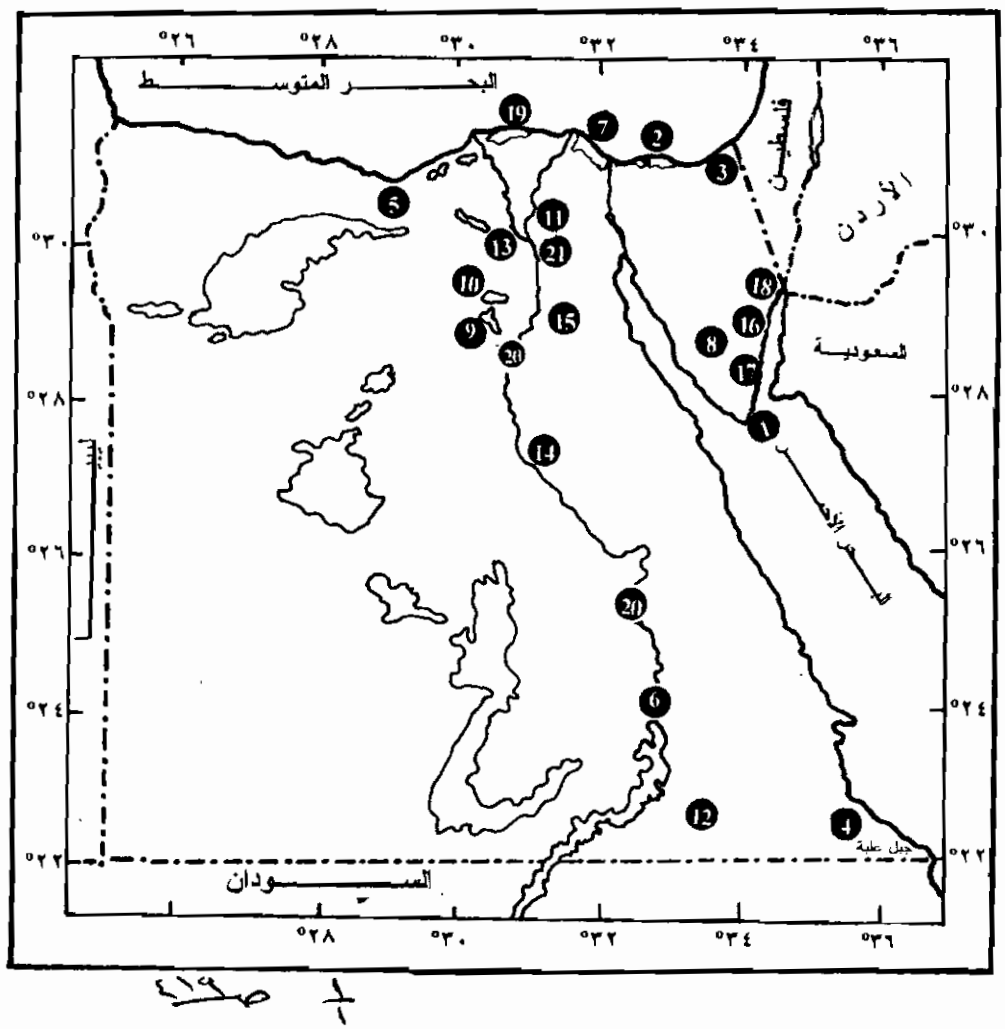
شكل (٨١). تطور إنشاء المحميات الطبيعية فى مصر فى الفترة من عام ١٩٨٣ حتى عام ١٩٩٩.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٣١). المحميات الطبيعية فى جمهورية مصر العربية مرتبة حسب التاريخ المبدئى لتأسيسها.

الإســـــــم	المحافظة التى تتبعها المحمية	المنطقة الجغرافية	نوع المحمية	تاريخ التأسيس	المساحة (كم٢)
رأس محمد	جنوب سيناء	السهول الساحلية للبحر الأحمر	حدائق وطنية	١٩٨٣	٤٨٠
الزرانيق	شمال سيناء	الشريط الساحلى للبحر المتوسط	معزل طبيعى	١٩٨٥	٢٣٠
الأحراش	شمال سيناء	الشريط الساحلى للبحر المتوسط	موارد طبيعية	١٩٨٥	١٠
علبة	البحر الأحمر	منطقة جبل علبة	حدائق وطنية	١٩٨٦	٣٥,٦٠٠
العميد	مرسى مطروح	الشريط الساحلى للبحر المتوسط	محيط حيوى	١٩٨٦	٧٠٠
سالوجا – غزال	أسوان	النيل النوبى	معزل طبيعى	١٩٨٦	٠,٢٥
أشتوم الجميل	بورسعيد	الشريط الساحلى للبحر المتوسط	معزل طبيعى	١٩٨٨	٣٥
سانت كاترين	جنوب سيناء	منطقة سيناء الجبلية	تراث قومى على ومحيط حيوى	١٩٨٨	٤٣٥٠
وادى الريان	الفيوم	وادى النيل	معزل طبيعى ومحيط حيوى	١٩٨٩	٧١٠
بحيرة قارون	الفيوم	وادى النيل	معزل طبيعى	١٩٨٩	٢٥٠
الغابة المتحجرة	القاهرة	وادى النيل	أثر قومى طبيعى	١٩٨٩	٧
وادى الملاقى	أسوان	الصحراء الشرقية	حياة تقليدية و محيط حيوى	١٩٨٩	٣٠,٠٠٠
قبة الحسنة	الجيزة	وادى النيل	أثر قومى طبيعى	١٩٨٩	١
وادى الأسيوطى	أسيوط	الصحراء الشرقية	معزل طبيعى	١٩٩٢	٢٤
كهف سنور	بنى سويف	صحراء الجلالة	أثر قومى طبيعى	١٩٩٢	٤
أبو جالوم	جنوب سيناء	السهول الساحلية للبحر الأحمر	موارد متعددة الأغراض	١٩٩٢	٥٠٠
نبق	جنوب سيناء	السهول الساحلية للبحر الأحمر	موارد متعددة الأغراض	١٩٩٢	٦٠٠
طابا	جنوب سيناء	صحراء التيه	مناظر طبيعية	١٩٩٧	٣٥٩٥
البرلس	كفر الشيخ	الشريط الساحلى للبحر المتوسط	معزل طبيعى	١٩٩٨	٤٦٠
جزر النيل	عدة محافظات	وادى ودلتا النيل	موارد متعددة الأغراض	١٩٩٨	١٦٠
وادى دجلة	القاهرة	وادى النيل	مناظر طبيعية	١٩٩٩	٦٠
الكل					٧٧٧٧,٢٥

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



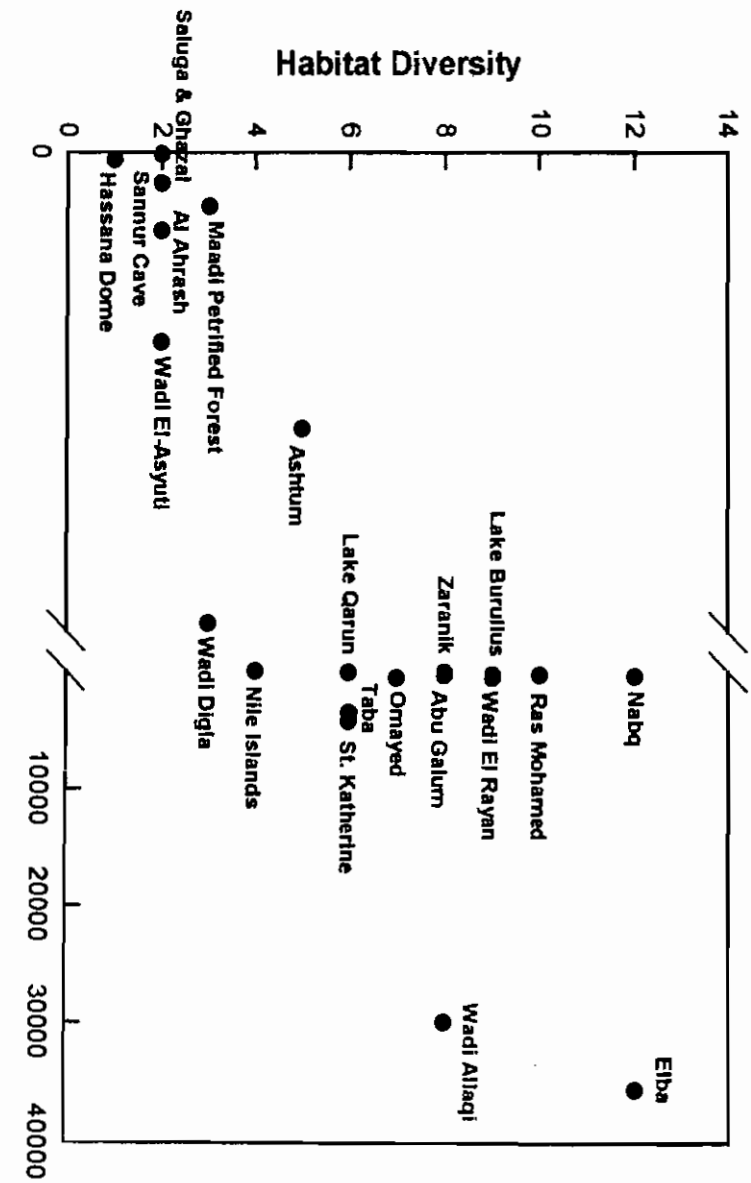
شكل (٨٢). خريطة المحميات الطبيعية المصرية الإحدى والعشرين ١ : رأس محمد، ٢ : الزرانيق، ٣: الأحراش، ٤: علبة، ٥: العميد، ٦: سالوجا ــ غزال، ٧ : أشتوم الجميل، ٨ : سانت كاترين، ٩ : وادى الريان، ١٠ : بحيرة قارون، ١١ : الغابة المتحجرة، ١٢ : وادى العلاقى، ١٣ : قبة الحسنة، ١٤ : وادى الأسيوطى، ١٥ : كهف سنور، ١٦ : أبو جالوم، ١٧ : نبق، ١٨ : طابا، ١٩: البرلس، ٢٠ : جزر النيل، ٢١ : وادى دجلة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٣٢). تنوع المواطن (Habitat diversity) فى شبكة المحميات الطبيعية المصرية (عن Baha El Din 1998 بتصرف). **محميات الأراضى الرطبة** : ١ : راس محمد، ٢ : الزرانيق، ٣ : سالوجا و غزال، ٤ : أشتوم الجميل، ٥ : بحيرة قارون، ٦ : وادى الريان، ٧ : أبو حالوم، ٨ : نبق، ٩: بحيرة البرلس، ١٠ : جزر النيل. **محميات الصحارى** ١ : الأحراش ؛ ٢ : علبة، ٣ : العميد، ٤ : سانت كاترين، ٥ : وادى الأسيوطى، ٦ : وادى العلاقى، ٧ : طابا، ٨ : وادى دجلة؛ **المحميات الجيولوجية** : ١ : الغابة المتحجرة، ٢ : قبة الحصنة، ٣ : كهف سنور.

المواطن / المحمية	محميات الأراضى الرطبة										محميات الصحارى							محميات جيولوجية			الكل
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	١	٢	٣	(٢١)
التلال والهضاب	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	١٤
الوديان	+						+	+				+		+	+			+			+	١١
المسطحات الطينية	+					+		+	+	+					+	+		+			+	١٠
الصحراء الصخرية								+				+	+	+		+	+	+	+		+	٩
المستنقعات الملحية									+			+	+	+	+						+	٨
الكثبان الرملية									+		+		+			+				+	+	٧
الأراضى الرطبة						+			+	+					+	+			+			٧
الاراضى الزراعية										+	+		+	+	+	+						٧
الجبال							+															٦
المسطحات الرملية						+			+			+			+					+		٦
البحيرات										+				+	+	+				+		٦
السبخات								+	+			+					+			+	+	٥
طبقات حشائش البحر								+				+					+			+		٤
الشعاب المرجانية								+									+					٤
البحر الأحمر								+				+					+					٤
الواحات							+			+												٣
المجارى المائية									+													٣
أيك المانجروف								+														٣
البحر المتوسط									+													٣
الجزر البحرية																						٣
الكل (٢٠)	٢	١	٢	٣	٥	٦	٨	١٢	٩	٤	٢	١٢	٦	٦	٥	٨	٨	١٢	٢	٢	٣	١٠

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com



شكل (٨٣). تنسيق المحميات الطبيعية المصرية بالنسبة للمساحة والتنوع الموطني.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

يصل العدد الإجمالى للكائنات الحية المعروفة حتى الآن فى مصر إلى ما يزيد عن عشرين ألف نوع بالمقارنة بما يزيد عن مليون وثلاثمائة ألف نوع معروفة على مستوى العالم، ولذا فإن التنوع الحيوى المصرى يشكل قرابة ١,٥% من التنوع الحيوى العالمى المعروف حتى الآن (جدول ٣٣). وتختلف هذه النسبة باختلاف مجموعات الكائنات الحية فبينما تصل هذه النسبة إلى حوالى ١% فى النباتات فإنها ترتفع إلى ٥,٥% فى الطحالب و ٦,٢% فى البكتريا. وعدم وجود أرقام مصرية لبعض مجموعات الكائنات الحية مثل الأشن لايعنى أنها غير موجودة فى مصر ولكن لا توجد دراسات موثقة تحدد العدد الفعلى لها فى مصر مما يستدعى ضرورة إجراء مثل هذه الدراسات لاستكمال معارفنا حول تنوعنا الحيوى. ومن الإنصاف الإشارة إلى أنه توجد بعض الدراسات عن الأشن المصرية أجريت فى بعض الجامعات المصرية وخارجها (جامعة قناة السويس فى مصر وجامعة لوند فى السويد) إلا أن الأمر يحتاج مزيداً من الجهد لتجميع هذه الدراسات وإثرائها بالمزيد مع توثيق ذلك بمجموعات مرجعية تفيد فى التعرف على هذه الكائنات. تشكل الحشرات (١٠٠٠٠ نوع) ما يقرب من ٥٠% من التعداد الإجمالى للكائنات الحية المصرية، أما الحيوانات ككل (١٥٢٣٢) فتشكل ما يقرب من ٧٥% من العدد الكلى للأنواع. ومما يجدر الإشارة إليه أن العدد الكلى للأنواع المعروفة محلياً أو عالمياً يقل كثيراً عن العدد الفعلى للأنواع الموجودة حالياً على ظهر الأرض. ويقدر بعض العلماء أن هذا العدد قد يصل إلى ٥ أو ١٠ مليون أو قد يزيد عن ذلك كثيراً حيث أن عدداً ضخماً من الكائنات الدقيقة غير معروف حالياً ويحتاج لجهد دولى متواصل لتحديده.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٣٣). الأعداد التقريبية للكائنات الحية على المستويين المحلـــى والعـــالمى ونســـبة الأعداد المحلية إلى الأعداد العالمية (%).—: تعنى عدم التمكن من الحصـول على أعداد هذه الكائنات (عن القصاص ١٩٩٧، بتصرف).

أولا : الكائنات الدقيقة والنباتات

المجموعة		عدد الأنوع		النسبة
الإسم العربى	الإسم اللاتينى	في مصر	في العالم	(%)
		الفيروسات (Viruses)		
		٤٤	١٠٠٠	٤,٤
		البكتريا (Bacteria)		
البكتريا	Bacteria	٩٧	٣٠٠٠	٣,٢
البكتريا الهلامية	Myxoplasma	٦٠	١٤١	٤٢,٦
البكتريا الزرقاء	Cyanobacteria	١٦٢	١٧٠٠	٩,٥
الكل		(٣٦٣)	(٥٨٤١)	(٦,٢)
		الفطريات (Fungi)		
الفطريات الزيجية	Zygomycota	٦٨	٦٦٥	١٠,٢
الفطريات الزقية	Ascomycota	٢١٩	١٠٦٥٠	٢,١
الفطريات البازيدية	Basidiomycota	١٨٩	١٦٠٠٠	١,٢
الفطريات البيضية	Oomycota	٩٢	٥٨٠	١٥,٩
الفطريات الكيتريدية	Chytridiomycota	٥٩	٥٧٥	١٠,٣
الفطريات الإكريزية	Acrasiomycota	—	١٣	—
الفطريات الهلامية	Myxomycota	—	٥٠٠	—
الكل		(٦٢٧)	(٢٨٩٨٣)	(٢,٢)
		الأشن (Lichens)		
		—	١٨٠٠٠	—
		الطحالب (Algae)		
الطحالب الخضراء	Chlorophyta	٤١٥	٧٠٠٠	٥,٩
الطحالب اليوجلينية	Euglenophyta	٣٩	٨٠٠	٤,٩
الطحالب البيرية	Pyrrhophyta	٢٩٥	١١٠٠	٢٦,٨
الطحالب الذهبية	Chrysophyta	٥٤٤	١٢٥٠٠	٤,٣
الطحالب البنية	Phaeophyta	٤٨	١٥٠٠	٣,٢
الطحالب الحمراء	Rhodophyta	١٤٢	٤٠٠٠	٣,٦
الكل		(١٤٨٣)	(٢٦٩٠٠)	(٥,٥)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٣٣) تكملة.

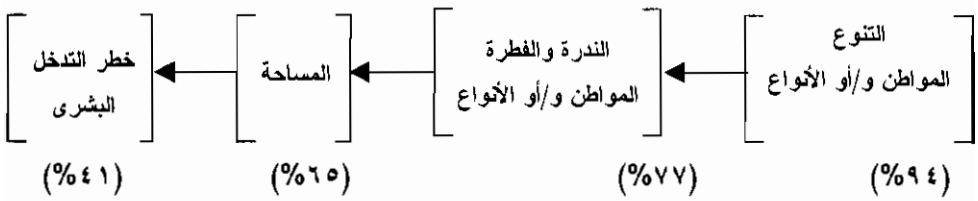
المجموعة	الإسم اللاتينى	عدد الأنوع		النسبة (%)
		في مصر	في العالم	
		النباتات (Plants)		
الحزازيات	Bryophyta	٣٣٧	١٦٦٠٠	٢,٠
السيلوتيات	Psilophyta	—	٩	—
الليكوبوديات	Lycopodiophyta	—	١٢٧٥	—
ذيل الحصانات	Equisetophyta	١	١٥	٦,٧
السرخسيات	Filicophyta	١٦	١٠٠٠٠	٠,٢
عاريات البذور	Gymnospermae	٦	٥٢٩	١,١
ذوات الفلقتين	Dicotyledoncae	١٦٣٦	١٧٠٠٠٠	١,٠
ذوات الفلقة الواحدة	Monocotyledoneae	٤٣٠	٥٠٠٠٠	٠,٩
الكل		(٢٤٢٦)	(٢٤٨٤٢٨)	(١,٠)

ثانياً : الحيوانات

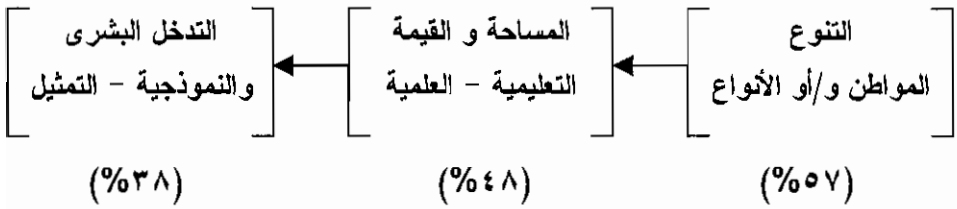
الأوليات	Protozoa	٣٧١	٣٠٨٠٠	١,٢
المساميات	Porifera	٧٣	٥٠٠٠	١,٥
اللاسعات	Cnidaria	٣٨٩	٩٠٠٠	٤,٣
حاملات الأمشاط	Ctenophora	—	—	—
الديدان المفلطحة	Platyhelmenthae	—	١٢٢٠٠	—
الديدان الخيطية	Nematoda	—	١٢٠٠٠	—
الحلقيات	Annelida	١٦٧	١٢٠٠٠	١,٤
الرخويات	Mollusca	٥٥٢	٥٠٠٠٠	١,١
شوكيات الجلد	Schnodermata	٢٥٥	٦١٠٠	٤,٢
	مفصليات الأرجل (Arthropods)			
الحشرات	Insecta	١٠٠٠٠	٧٥١٠٠٠	١,٣
العنكبيات	Arachnida	١٥٢٨	٦٠٠٠٠	٢,٦
القشريات	Crustacea	٣٧٩	٩٣٠٠	٤,١
	الحبليات (Chordates)			
الغلاليات	Tunicata	١١٥	١٢٥٠	٩,٢
الرأس قدميات	Chephalochordata	—	٢٣	—
	الفقاريات (Vertebrates)			
اللافكيات	Agnatha	١	٦٣	١,٦
أسماك غضروفية	Chondrichthyes	٩٥	٨٤٣	١١,٣
أسماك عظمية	Osteichthyes	٦٥٩	١٨١٥٠	٣,٦
البرمائيات	Amphibia	٧	٤١٨٤	٠,٢
الزواحف	Reptilia	٩١	٦٣٠٠	١,٤
الطيور	Aves	٤٥٢	٩٠٤٠	٥,٠
الثدييات	Mammalia	٩٨	٤٠٠٠	٢,٥
الكل		(١٥٢٣٢)	(١٠٠١٣٥٣)	(١,٥)
كل الكائنات		(٢٠١٣١)	(١٣١١٤٠٥)	(١,٥)

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

درس مارجيولز و أوشر (Margules & Usher 1981) وأوشر (Usher 1986) تكرارية استخدام ١٦ معيار من المعايير المستخدمة فى تقويم اختيار المناطق الملائمة لحمايتها بغرض صون الكائنات الحية التى تقطنها، وقد أظهرت هاتين الدراستين أن الاتجاه العالمى لاستخدام معايير الصون كما يلى:



وبالمقارنة مع شبكة المحميات الطبيعية المصرية اتضح أن معيار التنوع (للمواطن و/أو الأنواع) هو الأكثر استخداماً أيضاً، يلى ذلك المساحة والقيمة العلمية ــ التعليمية، والتدخل البشرى ــ الهشاشة البيئية، والنموذجية ــ التمثيل، كما يتضح من الترتيب التالى (جدول ٣٤):



وتعتبر محمية سانت كاترين (٨ معايير)، يليها محميات علبة والعميد وراس محمد (٧ معايير لكل منهم) هى المحميات التى يتمثل بها أكبر عدد من معايير صون الحياة الفطرية، هذا مع الإشارة إلى أنه قد أخذت بعض المعايير وثيقة الاتصال فى الاعتبار سوياً عند تقويم المحميات المصرية منعاً للتداخل وتسهيلاً للمقارنات، كما لم يؤخذ فى الاعتبار عند التقويم معيار حجم الجماعة (Population size) التى ذكره مارجيولز وأوشر (Margules & Usher 1981) وأوشر (Usher 1986) نظراً لعدم توافر معلومات كافية عن العديد من الجماعات الأحيائية التى تقطن هذه المحميات.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

جدول (٣٤). معايير صون الحياة الفطرية المتمثلة فى شبكة المحميات الطبيعية المصرية. **محميات الأراضى الرطبة** : ١ : رأس محمد ، ٢ : الزرانيق، ٣ : سالوجا ــ غزال، ٤ : أشتوم الجميل، ٥ : بحيرة قارون، ٦ : وادى الريان، ٧ : أبو جالوم، ٨ : نبق، ٩ : بحيرة البرلس، ١٠ : جزر النيل. **محميات الصحارى** : ١ : الأحـــراش، ٢ : علبة، ٣ : العميد، ٤ : سانت كاترين، ٥ : وادى الأسيوطى، ٦ : وادى العلاقى، ٧ : طابا، ٨ : وادى دجلة. **المحميات الجيولوجية**: ١ : الغابة المتحجـــرة، ٢ : قبة الحسنة، ٣ : كهف وادى سنور.

المحمية / الموطن	محميات الأراضى الرطبة										محميات الصحارى								المحميات الجيولوجية			الكل
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	١	٢	٣	(٢١)
التنوع	+	+			+	+	+	+	+			+	+	+		+	+					١٢
المساحة	+					+	+	+	+			+	+	+		+	+					١٠
القيمة التعليمية والعلمية	+	+				+							+	+		+		+	+	+	+	١٠
النموذجية أو التمثيل	+				+	+			+			+	+	+		+	+					٨
التدخل البشرى والهشاشة البيئية			+	+					+	+	+		+			+	+					٨
القابلية للإحلال	+							+				+		+	+				+	+	+	٧
الندرة أو التفرد			+									+		+					+		+	٦
الفطرة	+	+						+				+		+	+							٦
القيمة الجمالية	+											+		+			+					٥
القيمة الاحتياطية				+					+		+		+									٤
التاريخ المسجل												+	+									٢
الكل (١١)	٧	٣	٢	٢	٢	٤	٢	٥	٤	١	١	٧	٧	٨	١	٣	٤	٣	٣	٢	٣	

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٧ محميـــات الأراضى الرطبـــة (البحار والبحيرات وجزر النيل)

محمية راس محمد

قرار التأسيس: قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٠٦٨ لعام ١٩٨٣ والمعـــدل بالقرار رقم ٢٠٣٥ لعام ١٩٩٦.

الموقع : تقع هذه المحمية عند التقاء خليج السويس وخليج العقبة فـــى الجـزء الجنوبى من شبه جزيرة سيناء بالقرب من مدينة شرم الشيخ، وعلى بعد حوالى ٧٠كم جنوب ــ شرق مدينة الطور (محافظة جنـــوب ســيناء). وتشمل المناطق البحرية واليابسة عند شبه جزيرة راس محمد وجزيـــرة تيران والشريط الساحلى لأعلى مد بين ميناء شرم الشيخ الرئيسى حتـــى الحد الجنوبى لمحمية نبق.

خطوط الطول والعرض : ٤٤ ' ٢٧° شمالاً، شرقاً ١٥ ' ٣٤°.

المساحة : ٤٨٠ كم٢.

نوع المحمية : حدائق وطنية.

الوصف : تشتهر محمية رأس محمد بالشعاب المرجانية الحفرية الحادة المرتفعة التى تمثل الشريط الساحلى القديم، وتتراوح أعمارهـــا بيـــن ١٥ ألـــف ومليون عام. وتحيط الشعاب المرجانية رأس محمد وجزيرتـــى تـــيران

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وصنافير، كما تشكل الإنهيارات الأرضية فى المنطقة كهوفاً مائية وتكوينات صخرية متباينة. توجد بالمحمية أيضاً قناة أيك الإنسان (Mangrove canal) التى تصل بين شبة جزيرة رأس محمد وجزيرة البعيرة بطول حوالى ٢٥٠م، وهى قناة ضحلة تجف أحياناً مع حركة الجزر فى المنطقة وينتشر بها نبات الشورة (*Avicennia marina*) الذى يكون تجمعات أيك الإنسان.

التنوع الحيوى والأهمية : تتميز الشعاب المرجانية فى هذه المحمية بتنوع حيوى عال جداً وأخاذ حيث العديد من الطحالب البحرية والأسماك الملونة وغير الملونة بمستوياتها الغذائية المختلفة والسلاحف والرخويات وشوكيات الجلد. والمحمية موطن للعديد من الطيور المقيمة الهامة مثل أنواع البلشونات ومنها مالك الحزين (Purple heron : *Ardea purpurea*) والنوارس وعقاب النسارية (Osprey : *Pandion haliaetus*) حيث تعتبر هذه المحمية أكبر موطن تتجمع فيه نسور العقاب المسجلة على البحر الأحمر. وتتوقف آلاف من طيور اللقلق الأبيض أو العتر (White stork: *Ciconia ciconia*) بالمحمية خلال نهاية أشهر الصيف أثناء هجرتها السنوية إلى شرق أفريقيا. وقد يبدو أن اليابسة فى هذه المنطقة خالية من الحيوانات البرية إلا أن جبالها موطن التيتل أو الماعز الجبلى (Nubian ibix : *Capra ibix nubiana*) والعديد من الثدييات والزواحف والحشرات التى لا يشاهد معظمها بسبب طبائعها كمخلوقات ليلية، وغالباً ما تشاهد الثعالب على مقربة من الشاطئ. بالإضافة لهذا التنوع الحيوى العالى، توفر دراسة الشعاب المرجانية للعلماء معلومات قيمة عن تغيرات المناخ ومستوى سطح البحر وتطور الشعاب المرجانية منذ ملايين السنين حتى الوقت الحالى. كما تتمتع المحمية بشهرة عالمية باعتبارها من أجمل

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

أماكن الغطس فى العالم، ونظراً لأهميتها العالمية تم وضع برنامج شامل للمحافظة عليها وتطوير وتنمية ثرواتها. ومن الأنشطة التى تقوم بها إدارة المحمية التوعية البيئية المستمرة للزائرين، والرصد البيئى، وتأمين الموارد الطبيعية، والبحث العلمى لصالح المحمية، وتحسين ونظافة المنطقة بغرض منع تلوثها.

محمية الزرانيق

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٤٢٩ لعام ١٩٨٥ والمعدل بالقرار رقم ٣٣٧٩ لعام ١٩٩٦.

الموقع : الجزء الشرقى من بحيرة البردويل على مسافة ٢٥ كم غرب مدينة العريش (محافظة شمال سيناء)، وتمتد إلى مسافة ١٧ كم جهة الغرب ويحدها من الشمال البحر المتوسط ومن الجنوب طريق العريش ــ القنطرة.

خطوط الطول والعرض : ٢٠ ٣١° ــ ٦٠ ٣١° شمالاً، ٢٢٠ ٣٣° ــ ٢٨٠ ٣٣° شرقاً.

المساحة : ٢٣٠ كم^{٢}.

نوع المحمية : معزل طبيعى.

الوصف : تتلاقى فى محمية الزرانيق وسبخة البردويل عدة مواطن مختلفة مثل الأراضى الساحلية والرطبة، والسبخات، والكثبان الرملية. ويفصل البحيرة عن البحر المتوسط حاجز رملى رفيع يقع فى نهايته الشرقية بوغازى الزرانيق وأبو صلاح وهما الاتصال الطبيعى الوحيد بين البحر والبحيرة. وقد سميت المنطقة بالزرانيق نسبة إلى المسطحات المائية المتداخلة والمتعرجة التى تتخلل السبخات فى المنطقة. وهذه المحمية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ذات موقع فريد يجعلها جسراً لعبور الطيور بين ثلاث قارات هى آسيا وأفريقيا و أوروبا حيث تمر مئات الآلاف من الطيور المهاجرة خلال فصلى الخريف والربيع من كل عام.

الأهمية والتنوع الحيوى : تمثل هذه المحمية أحد المفاتيح الرئيسية لهجرة الطيور فى العالم وخاصة الطيور المهاجرة خلال فصل الخريف من شرق أوروبا وشمال غرب آسيا والاتحاد السوفيتى وتركيا فى طريقها إلى وسط وجنوب ــ شرق أفريقيا قاطعة آلاف الكيلومترات هرباً من برد الشتاء فى الشمال وسعياً وراء الدفء ومصادر الغذاء الوفير فى الجنوب. وقد تم تسجيل حوالى ٢٧٠ نوعاً من الطيور معظمها من الطيور المائية المهاجرة، ويعتبر بط الشرشير الصيفى (Garganey: *Anas querquedula*) من أكثر الطيور عدداً حيث سجل منه فى أحد المواسم ما يزيد على ٢٢٠ ألف طائر، كما سجلت مئات الآلاف من الطيور الأخرى مثل البجع الأبيض (White pelican: *Pelecanus onocrotalus*) والبشاروش (Great flamingo: *Phoenicopterus ruber*) والبلشونات والنوارس والخطافات البحرية، كما تقيم وتتكاثر بعض أنواع من الطيور فى هذه المنطقة بصفة دائمة. وقد سجل بالمنطقة أيضاً ١١ نوع من الثدييات مثل الفئران والثعالب، أهمها ثعلب الفنك (Fennec fox: *Vulpes zerda*)، وسجل أيضاً ٢٢ نوع من الزواحف مثل السحالى والثعابين والسلاحف، منها السلحفاة المصرية (Egyptian turtle: *Testudo kleinmanni*) المهددة بالانقراض. ويعتبر اللسان الرملى الفاصل بين البحر المتوسط وبحيرة البردويل منطقة ملائمة لوضع بيض السلاحف البحرية الخضراء (Green turtle: *Chelonia mydas*) المهددة بالانقراض من البحر المتوسط. يوجد بالمحمية أيضاً العديد من النباتات

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الهامة مثل الثمام (*Panicum turgidum*) والمثنان (*Thymelaea hirsuta*) والعادر (*Artemisia monosperma*) والغرقد (*Nitraria retusa*) والخريزة (*Sarcocornia fruticosa*) وبعض حشائش البحر. كما يحتوى الجزء الشرقى من البحيرة على أشكال متباينة من الرخويات والقشريات والمحاريات والأسماك والسلاحف البحرية. تشتمل المحمية أيضاً على بعض الأماكن الأثرية التى تعود إلى العهود الرومانية والبيزنطية والإسلامية.

محمية جزر سالوجا وغزال

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٩٢٨ لعام ١٩٨٦

الموقع : تقع هاتان الجزيرتان والجزر الصغيرة الموجودة بينهما (مجموعة جزر الشلال الأول) على بعد حوالى ٣ كم شمال خزان أسوان (محافظة أسوان).

خطوط الطول والعرض : ٥` ٢٤° شمالاً، ٥٠` ٣٢° شرقاً

المساحة : ٤٨ كم^{٢} ــ تقريباً

نوع المحمية : معزل طبيعى

الوصف : تتكون مجموعة جزر الشلال الأول الواقعة شمال جزيرة سهيل من جزيرتين كبيرتين نسبياً هما جزيرتى سالوجا وغزال وعدة صخور نارية مغطاة بحصى خشن من الجرانيت كما يغطى سطح الأرض فى بعض البقع المعزولة وخاصة فى جزيرة سالوجا حبيبات جرانيتية دقيقة. تنقسم المواطن فى هذه الجزر إلى خمسة أقسام هى:

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

١ ــ الأراضى المغمورة كلياً وتوجد حول ضفاف النهر وحول الجـــزر وفى المناطق المحصورة بينهما. وحينما يكون التيار بطيئاً تكــون الأرض رملية فى الغالب وأحياناً تكون طميية، وإذا كان التيـــار شديداً يكون القاع مغطى فى الغالب بـــالحصى وينعــدم وجــود النباتات المائية.

٢ ــ الأراضى المغمورة جزئياً.

٢ ــ الأراضى المغمورة موسمياً وتنقســم إلــى أراضـــى واطئـــة ذات ترسبات نهرية حديثة ترتفع عن مستوى ماء النهر بحوالى ١٠ ــ ١٠٠ سم مما يجعل محتواها الرطوبى عالى جداً، وأراضى واطئة صخرية ذات صدوع منخفضة يتجمع فيها ماء راكد وتنتشر فيــها النباتات الرطوبية، وبروزات مرتفعة دقيقة ذات ترسبات رمليـــة عميقة جافة.

٤ ــ الأراضى المغمورة أحياناً وتتميز بوجود رواسب رملية متحركـــة وعميقة تكون جسور مفلطحة ترتفع عن مســـتوى مـــاء النـــهر بحوالى ٨٠ ــ ١٥٠ سم. حيث يغمرها الماء مرة كل بضع سنين.

٥ ــ الأراضى الجافة وتنقسم إلى أراضى ذات رواسب طميية توجد فــى الأجزاء الوسطى من الجزر بارتفاع يتراوح بين ٣ و ٦ م فـــوق مستوى ماء النهر، وأراضى صخرية تتكون من صخور جرانيتية مختلفة الحجم تمثل صخور القاعدة التى تترسب عليها الرواســب النهرية قد يصل ارتفاع بعضها حتى ٣٠م وعادة ما تكون خاليـــة من النباتات.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التنوع الحيوى والأهمية : تعد مجموعة جزر الشلال الأول بأسوان بيئة فريدة ومتميزة حيث تحوى كساء خضرى نادر يمثل جزءاً من الكساء الخضرى الذى كان سائداً قبل إقامة خزان أسوان القديم والسد العالى، وتشمل قائمة النباتات ٩٤ نوعاً منها بعض الأنواع التى تنفرد بها هذه الجزر خاصة على طول وادى النيل. وقد أتاحت الظروف المتميزة لهذه الجزر فرصاً لحياة الطيور المقيمة والمهاجرة وتم حصر ما يزيد عن ٦٠ نوعاً، من بينها عدد من الطيور النادرة والمهددة بالانقراض مثل عقاب النسارية (Osprey : *Pandion haliaetus*) ودجاجة الماء (Moorhen : *Gallinula chloropus*) التى تلعب دوراً هاماً فى تطهير البيئة من الآفات الزراعية والنباتات المتحللة. ومن بين هذه الطيور أيضاً بعض الأنواع المسجلة فى نقوش آثار قدماء المصريين مثل طائر أبو منجل الأسود (Glossy ibis : *Plegadis falkinellus*).

محمية أشتوم الجميل

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٤٥٩ لعام ١٩٨٨م.

الموقع : تقع على مسافة ٧ كم غرب بورسعيد (محافظة بورسعيد) وتشمل بوغازى الجميل وأشتوم الجميل من الكيلو ٦ حتى الكيلو ١٣ وبعمق ٢كم داخل البحر المتوسط شمالاً و ٣٠ كم داخل بحيرة المنزلة جنوباً، كما تشمل جزيرة تنيس الواقعة داخل بحيرة المنزلة على مسافة ٧ كم جنوب ــ غرب بورسعيد.

خطوط الطول والعرض : ١٥` ٣١° شمالاً، ١٠` ٣٢° شرقاً.

المساحة : ٣٥ كم^{٢}.

نوع المحمية : معزل طبيعى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الوصف : تعتبر بحيرة المنزلة أكبر بحيرات الدلتا مساحة (حوالى ١٢٠٠كم^{٢}) وتقع بين فرع النيل بدمياط من جهة الغرب وقناة السويس من جهة الشرق، وتتصل بالبحر المتوسط عن طريق بواغيز أهمها بوغازى الجميل والجديد. تتميز بحيرة المنزلة بتنوع مواطنها من مياه متسعة السطح وقنوات ومسطحات طينية وجزر تحوى العديد من الأسماك والطيور والنباتات. وتتميز البحيرة بوجود ثلاثة أنظمة بيئية مائية وهى: ١ ــ المياه المالحة فى المنطقة قريبة الاتصال بالبحر المتوسط عند الفتحات والبواغيز، ٢ ــ المياه العذبة فى الجهة الجنوبية من البحيرة التى تستقبل مياه المصارف الزراعية والصناعية والصحية، ٣ ــ المياه شبه المالحة وتشمل المنطقة الفاصلة بين النظامين السابقين.

التنوع الحيوى والأهمية : تأتى أهمية بحيرة المنزلة لكونها محطة رئيسية للطيور المهاجرة للتزود بالغذاء والراحة أثناء مواسم الهجرة فى فصلى الخريف والربيع، كما أنها مشتى للعديد من الطيور المهاجرة وموطن لتكاثر بعضها. وعلى الرغم من مؤشرات التلوث العالية فى كثير من مناطقها إلا أن أعداد كبيرة من الطيور المقيمة والمهاجرة مازالت تفد إليها، كما أنها مرسى ومصدر طبيعى للأسماك البحرية والنيلية. وترجع أهمية جزيرة تنيس إلى وقوعها داخل النظام المائى العذب حيث تتميز بوجود كائنات حية خاصة بها، كما أن الطيور تبنى أعشاشها فوقها، فضلاً عن أنها تحوى تلاً أثرياً يعتبر أثراً قومياً يجب حمايته.

محمية بحيرة قارون

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٩٤٣ لعام ١٩٨٩م.

الموقع : تقع بحيرة قارون فى الجزء الشمالى الغربى لمنخفض وادى الريان بالصحراء الغربية (محافظة الفيوم).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

خطوط الطول والعرض : ٢٤` ٢٩° ـ ٣٣` ٢٩° شمالاً، ٢٥` ٣٠° ـ ٥١` ٣٠° شرقاً.

المساحة : ٢٥٠ كم٢.

نوع المحمية : معزل طبيعى.

الوصف : تعتبر بحيرة قارون من أقدم البحيرات الطبيعية فى العالم، وتبلغ مساحتها ٥٥ ألف فدان، ويتراوح عمقها من ٥ إلى ١٢ متر، ومستوى السطح من ٣٤ إلى ٤٣ متر تحت مستوى سطح البحر، ونسبة الملوحة من ٣٢ إلى ٣٥ جم / لتر. تصب فى البحيرة مياه الصرف الزراعى لمحافظة الفيوم من خلال مجموعة من المصارف، كما يرد إليها كمية من المياه الجوفية من خلال مجموعة من الينابيع المائية الموجودة فى قاع البحيرة. ويشمل الجزء الشمالى للبحيرة على منطقة جبل قطرانى وهى منطقة صخرية من الحجر الجيرى، كما يوجد فى وسطها جزيرة القرن ومساحتها ١,٥ كم٢، ويوجد ساحل رملى شمال البحيرة يبلغ طوله ٣٦ كم (منطقة بطن البقرة).

التنوع الحيوى والأهمية : تحتوى المستنقعات المائية للبحيرة على مجموعة نباتية متنوعة تتوافد إليها كثير من الطيور المهاجرة والمقيمة فى فصل الشتاء. وقد انقرضت من البحيرة أحياء المياه العذبة، إلا أنه توجد بعض الأنواع المتوطنة مثل سمك بلطى أخضر (Tilapia : *Tilapia zillii*)، كما نقلت إليها وتأقلمت أنواع أخرى مثل سمك موسى وبورى (Flat-head grey mullet: *Mugil cephalus*) ودنيس وقاروص (Sea bass: *Dicentrarchus labrax*)، وبعض اللافقاريات مثل الجمبرى الأبيض. يحتوى جبل قطرانى على حفريات ثديية هامة يصل عمرها إلى ١٠

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مليون سنة منها حفرية أقدم قرد فى العالم، كما يحتوى على بعض الأشجار المتحجرة. وفى شمال شرق البحيرة توجد بعض التكوينات الجيولوجية الهامة علمياً وتاريخياً، ويوجد أيضاً بعض المناطق الأثرية على سواحل البحيرة تنتمى إلى العصور الفرعونية والرومانية.

محمية وادى الريان

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٩٤٣ لعام ١٩٨٩م.

الموقع : الجزء الجنوبى الغربى من الفيوم (محافظة الفيوم).

خطوط الطول والعرض : ٥` ٢٩° ــ ٢٠` ٢٩° شمالاً، ٢٠` ٣٠° ــ ٢٥` ٣٠° شرقاً

المساحة : ٧١٠ كم^{٢}.

نوع المحمية : معزل طبيعى ومحمية محيط حيوى

الوصف : وادى الريان منخفض عميق من الحجر الجيرى الأيوسينى يصرف إليه جزء من مياه الصرف الزراعى لمحافظة الفيوم ويتكون من :

١ ــ البحيرة العليا و مساحتها ١١٤٥٠ فدان، ونسبة الملوحة حوالى ١,٥ جم/لتر، وأقصى عمق ٢٢م ومنسوب سطح الماء – ٥ م.

٢ ــ البحيرة السفلى و مساحتها حوالى ١٣٩٥٠ فدان، نسبة الملوحة فيها حوالى ٢,٨جم/لتر، وأقصى عمق ٣٤م ومنسوب سطح الماء – ٢٥م.

٣ ــ منطقة الشلالات التى تصل بين البحيرتين السابقتين حيث يبلغ فرق منسوب سطحى الماء حوالى ٢٠م.

٤ ــ منطقة عيون الريان التى تقع جنوب البحيرة السفلى وتتكون من كثبان رملية كثيفة و بها ثلاثة عيون كبريتية طبيعية

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٥ ــ منطقة جبل الريان (مناقير الريان)، تحيط بالمنطقة الجنوبية والجنوبية الغربية لمنطقة عيون الريان.

٦ ــ منطقة جبل المدورة، تقع بالقرب من البحيرة السفلى.

التنوع الحيوى والأهمية : يوجد بمحمية وادى الريان مجموعة نباتية تبلغ حوالى ٢٠ نوع، وأكثر من ١٠٠ نوع من الطيور المهاجرة والمقيمة أهمها صقر شاهين (Peregrine falcon: *Falco peregrinus*)، وصقر حر (Lanner falcon: *Falco biarmicus tanypterus*) ، و ١٦ نوع من الزواحف، و ١٦ نوع من الثدييات منها الغزال الأبيض أو الريم (Slender-horned Gazelle: *Gazella leptoceros*)، وثعلب الفنك (Fennec fox : *Vulpes zerda*)، وثعلب روبل (Ruppell's fox: *Vulpes ruppelli*) والثعلب الأحمر (Red fox: *Vulpes vulpes*)، كما تنمو فى البحيرات مجموعة من الأسماك. تشتمل المنطقة أيضاً على شلالات مائية بين البحيرة العليا والسفلى وعيون كبريتية ومجموعة من الآثار الأغريقية والرومانية مما يجعلها منطقة جذب سياحى واعد، كما تحتوى على تكوينات جيولوجية هامة بها بقايا حفريات بحرية ثديية.

اشتمل برنامج الحماية على تقسيم المحمية إلى ثلاث مناطق كما يلى:

١ ــ منطقة حماية كاملة تشمل الجزء الجنوبى من الوادى بمساحة حوالى ١٦٠ كم^{٢}، ويحظر فيها أية أعمال من شأنها تدمير أو تحوير البيئة الطبيعية مثل الصيد والرعى وقطع النباتات وأية أنشطة أخرى.

٢ ــ منطقة محايدة تقع شمال المنطقة السابقة وتحتوى على جبل المدورة وتبلغ مساحتها ٢٥ كم^{٢}.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ منطقة استغلال سياحى تشمل الجزء الشمالى والشمالى الشرقى من الوادى بمساحة قدرها ١٢٥ كم٢، وتحتوى على البحيرات الصناعية على حدود الوادى شرقاً وشمالاً وغرباً، ويسمح فيها بصيد أنـــواع معينة من الطيور المائية يتم تحديدها موسمياً.

محمية أبو جالوم

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٥١١ لعام ١٩٩٢ والمعـــدل بالقرار رقم ٣٣ لعام ١٩٩٦.

الموقع : يحد منطقة أبو جالوم شمالاً الخط الواصل بين تقاطع طريـــق شـــرم الشيخ ــ طابا مع وادى الرساسة، وشرقاً خط الشعاب المرجانية بعمـــق ٣ ــ ٥ كم داخل خليج العقبة، وجنوباً وادى تلة المرة بجبل المرة حتـــى التقائه بطريق شرم الشيخ ــ طابا، وغرباً طريق شرم الشيخ ــ طابـــا (محافظة جنوب سيناء).

خطوط الطول العرض : ٣٥` ٢٨° شمالاً، ٣٠` ٣٤° شرقاً.

المساحة : ٥٠٠ كم٢.

نوع المحمية : محمية موارد متعددة الأغراض.

الوصف : تحتوى محمية أبو جالوم على العديد من المواطن مثل الجبـــال التـــى تقترب من الشاطئ معطية منظرا بديعا والسهول والوديـــان والمواطـــن البحرية (مثل الشـــعاب المرجانيـــة) ممـــا يجعلـــها غنيـــة بالكائنـــات الصحراوية.

التنوع الحيوى والأهمية : ترجع أهمية هذه المنطقة إلى احتوائها على العديـــد من المواطن الغنية بالكائنات الحية البحرية والبرية مثـــل أحـــراش الأراك

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

(*Salvadora persica*) التى توجد فى السهل الساحلى عند دلتا وادى الكيد، والنباتات الصحراوية الأخرى (حوالى ١٦٧ نوعاً)، وحشائش البحر، والعديد من الحيوانات البحرية والبرية والطيور. تحتوى المحمية أيضاً على بعض المعالم الطبيعية والحضارية مما يستلزم حمايتها وتنظيم الاستغلال الرشيد لمواردها وتوفير التنمية الاجتماعية للسكان المحليين. ويتم تحقيق ذلك بأسلوب الإدارة متعددة الاستخدام للأرض والمياه بما يؤدى إلى تنمية المنطقة والمحافظة على تنوعها الحيوى وتنظيم استخدام الموارد والنشاط السياحى بها.

محمية نبق

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٥١١ لعام ١٩٩٢ والمعدل بالقرار رقم ٣٣ لعام ١٩٩٦.

الموقع : يحد منطقة نبق شمالاً الخط الواصل من طريق شرم الشيخ ــ طابا ماراً بوادى قنا الربان، وشرقاً خط الشعاب المرجانية بعمق ٣ ــ ٥ كم داخل خليج العقبة، وجنوباً وادى أم عدوى حتى التقائة مع طريق شرم الشيخ ــ دهب، وغرباً طريق شرم الشيخ ــ طابا من تقاطعة مع وادى أم عدوى حتى يتقاطع مع وادى قنا الربان (محافظة جنوب سيناء).

خطوط الطول والعرض : ٤` ٢٨° شمالاً، ٣٣` ٣٤° شرقاً.

المساحة : ٦٠٠ كم^{٢}.

نوع المحمية : محمية موارد متعددة الأغراض.

الوصف : تحتوى منطقة نبق على عدة أنظمة بيئية فريدة، صحراوية (جبال، ووديان وكثبان رملية) ورطبة (واحة من المياه العكرة) وبحرية، ويمتد الجزء البحرى إلى الشعاب المرجانية (Coral reefs).

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التنوع الحيوى والأهمية : يمثل التواجد المكثف لنبات الشورى (*Avicennia marina*) بمحازاة شاطئ هذه المحمية وبطول يصل إلى ٤,٥ كم أقصى حد شمالى لتوزيع هذا النبات، ويعتبر موئلاً للطيور المقيمة والمهاجرة ومن أهمها عقاب النساريه. تحتوى البيئات البحرية على العديد من الكائنات البحرية وبعض أعشاب البحر، كما تحتوى البيئات الصحراوية على عدد من النباتات (حوالى ١٣٤ نوعاً) والحيوانات الثديية مثل الغزال (Dorcas gazelle: *Gazella dorcas*) والتيتل "المعاز الجبلى" (Nabian ibex: *Capra ibex nubiana*) والضبع (Striped hyaena: *Hyaena hyaena dubbah*) وبعض أنواع الزواحف. تهدف هذه المحمية إلى المحافظة على التنوع العالى للمواطن والكائنات الحية الموجودة بها حيث أن بعضها مهدد بالانقراض مثل الشعاب المرجانية وغابات نبات الشورى وبعض الثدييات. وتشمل خطة إدارة المحيمة صيانة وتنمية الموارد الطبيعية مع مشاركة البدو من سكان المنطقة فى خطط الصيانة والتنمية المقترحة.

محمية بحيرة البرلس

قرار التاسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٤٤٤ لعام ١٩٩٨.

الموقع : تقع بحيرة البرلس شمال ــ شرق فرع رشيد (محافظة كفر الشيخ) وتحتل مركز متوسط على ساحل الدلتا، ويحدها شمالاً مدخل بوغاز البرلس، وأراضى عماد، وحسين، والشيخة، والقضاعة، والمقصبة، ومسطروه، وأبو عامر وكوم مشعل، وجنوباً من مصرف ناصر إلى قناة برمبال ماراً بمصارف ٧، ٨ ، ٩، ١١، وشرقاً من برج البرلس إلى بلطيم ثم إلى بحر تيرا ومصرف ناصر، وغرباً من قناة برمبال إلى أرض كوم مشعل ماراً بأجزاء من مركز مطوبس.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

خطوط الطول والعرض : ٢١` ٣١° ــ ٣٥` ٣١° شمالاً، ٣٠` ٣١° ــ ١٠` ٣١° شرقاً

المساحة : ٤٦٠ كم^{٢}

الوصف : يبلغ طول بحيرة البرلس حوالى ٤٧ كم ويتراوح عرضها من ٦ إلى ١٤كم، وتتصل بنهر النيل عبر قناة برمبال وبالبحر المتوسط عبر بوغاز البرلس، كما يصب فيها عدد من المصارف الزراعية والصحية والصناعية من جهة الجنوب. تشتمل البحيرة على العديد من المواطن الرطبة مثل المستنقعات العذبة والقيعان القصبية من جهة الجنوب، والمستنقعات الملحية والمسطحات الطينية من جهة الشمال، كما تنتشر الكثبان الرملية على طول الشريط الرملى الفاصل بين البحيرة والبحر المتوسط. ينتشر بالبحيرة حوالى ٣٠ جزيرة أكبرها مساحة جزيرة الكوم الأخضر (٩ كم^{٢}) وجزيرة الداخلة (٦,٩كم^{٢}).

التنوع الحيوى والأهمية : تعتبر بحيرة البرلس إحدى أكبر الأراضى الرطبة وأكثرها أهمية ليس فى مصر فقط ولكن فى منطقة البحر المتوسط ككل، وتعتبر نسبياً أقل الأراضى الرطبة اضطراباً وتلوثاً فى منطقة دلتا النيل، ومازالت مواطنها تحتفظ ببعض مظاهر الحياة الفطرية التى فقدت تقريباً فى هذه المنطقة. ثم تسجيل ما يقرب من ٢٠٠ نوعاً نباتياً فى منطقة بحيرة البرلس، وبسبب عزلتها النسبية تعتبر مكان هام لتكاثر العديد من الطيور المائية حيث يعرف ما لا يقل عن ٣٥ نوع تقوم بهذه المهمة، وتعتبر أيضاً مشتى للعديد من الطيور المهاجرة، كما يعتبر شاطئ البحر المتوسط الملاصق لها موطن احتياطى لتكاثر بعض السلاحف البحرية. يعيش بالمنطقة أيضاً بعض الحيوانات الثديية مثل الثعالب والذئاب ونوع

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

من القطط يسمى القط البرى النيلى (Jungle cat: *Felis chaus*). وتهدف عملية حماية هذه المنطقة إلى الحفاظ على التنوع الحيوى والثروة السمكية وتنمية واستغلال نواحى الجذب السياحى وخاصة السياحة البيئية مثل مراقبة الطيور.

محمية جزر النيل

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٩٦٩ لعام ١٩٩٨.

الموقع : المجرى الرئيسى لنهر النيل وفرعى رشيد ودمياط على امتداد ١٦ محافظة من جنوب مصر حتى شمالها.

خطوط الطول والعرض : الخطوط المصاحبة للمجرى الرئيسى لنهر النيل شمال السد العالى وفرعى رشيد ودمياط.

المساحة : ١٦٠ كم^{٢}.

نوع المحمية : محمية موارد متعددة الأغراض.

الوصف : تتكون هذه المحمية من ١٤٤ جزيرة : يوجد ٩٦ جزيرة منها فى المجرى الرئيسى للنهر من جنوب مصر (شمال السد العالى) حتى القاهرة، و يوجد ٤٨ فى فرعى دمياط ورشيد. تتبع أغلب هذه الجزر الهيئات الحكومة، والبعض منها يتبع الأهالى. ويوجد بها، بالإضافة للكساء الخضرى الطبيعى والحيوانات البرية المصاحبة له، زراعات تقليدية و بعض المبانى الحكومية مثل المدارس والساحات الشعبية ودور العبادة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التنوع الحيوى والأهمية : أعلنت هذه الجزر كمحمية طبيعية بغـــرض ترشـــيد الاستخدام الاستنزافى وحماية مواردها وكذلك حماية مـــاء النيـــل مـــن الملوثات الناتجة عن النشاط البشرى على هذه الجزر. وقد صدر قـــرار رئيس مجلس الوزراء بحظر القيام بأية أعمال أو تصرفات أو أنشطة أو إجراءات من شأنها تدمير أو إتـــلاف أو تدهـــور البيئـــة الطبيعيـــة أو الإضرار بالحياة البرية أو المائية أو النباتيـــة أو المســـاس بالمســـتوى الجمالى داخل هذه الجزر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٨ محميات الصحارى

محمية الأحراش

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٤٢٩ لعام ١٩٨٥ والمعدل بالقرار رقم ٣٣٧٩ لعام ١٩٩٦.

الموقع : تقع محمية الأحراش فى الغرود الرملية بين مدينتى رفح والعريش قريباً من ساحل البحر المتوسط (محافظة شمال سيناء).

خطوط الطور والعرض : ١٠` ٣١° شمالاً ، ١٠` ٣٤° شرقاً

المساحة : ٥ كم^{٢}

نوع المحمية : محمية موارد طبيعية

الوصف : تقع محمية الأحراش فى الكثبان الرملية الساحلية بين مدينتى رفح والعريش قريباً من شاطئ البحر المتوسط. تحتوى المحمية على مساحات كثيفة من الأشجار والشجيرات والأعشاب، بعضها زرع بواسطة الإنسان لتثبيت الكثبان وضبط حركة الرمال فى المنطقة. ورغم إن الكساء الخضرى لهذه المنطقة متأثر بشدة بالنشاط الإنسانى ويحتوى على العديد من الأنواع المجلوبة (Introduced species)، إلا أنه يعطينا مثلاً جيداً يوضح كيف يمكن أن تزدهر الحياة النباتية المجلوبة إذا لم تتعرض لإقلاقات حادة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

التنوع الحيوى والأهمية : يعتبر الكساء الخضرى فى هـذه المنطقـة مـورداً للمراعى والأخشاب، ومأوى للعديد من الحيوانـات والطيـور البريـة، بالإضافة إلى دوره فى تثبيت الكثبان الرملية وضبط حركة الرمال فـى المنطقة، كما تحتوى المنطقة على بعض النباتات والحيوانات مقتصـرة التوزيع والنادرة. وقد أقيمت هذه المحميـة بغـرض صـون وترشـيد استخدام مواردها الطبيعية حتى لا تتعرض للتجريـد أو الفنـاء بسـبب الاستخدامات الجائرة.

محمية علبة

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس رقم ٤٥٠ لعام ١٩٨٦ والمعدل بالقرار رقم ٤٦٢ لعام ١٩٩٥.

الموقع : تقع هذه المحمية فى الجزء الجنوبى ــ الشرقى من الصحـراء الشـرقية وتقع جبالها على الحدود المشتركة بين مصر والسودان علـى البحـر الأحمر (محافظة البحر الأحمر).

خطـوط الطـول والعـرض : ٠٠ ' ٢٢ ° ــ ٥٠ ' ٢٣ ° شـمالاً، ٠٠ ' ٣٥ ° ــ ٠٠ ' ٣٧ ° شرقاً.

المساحة : ٣٥٦٠٠ كم٢.

نوع المحمية : حدائق وطنية.

الوصف : تتكون محمية علبة الطبيعية من المناطق التالية:

١ ــ جزر البحر الأحمر الواقعة فى المياه الإقليمية المصرية وحـيز مـائى قدره ١ كم حول كل جزيرة.

٢ ــ منطقة الذئيب السهلية الساحلية وتشمل عدداً من دلتـاوات الوديـان التى تصب فى البحر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٣ ــ منطقة جبال علبة التى تتميز بوجود عدد من الجبال الساحلية المرتفعة، بالإضافة إلى المنطقة الساحلية المشتملة على غابات أيك الإنسان (Mangroves) والتى تمتد مسافة ١٠٠م داخل البحر.

٤ ــ منطقة أبرق وتمثل منطقة صحراوية جبلية بالإضافة إلى النطاق الساحلى وبمسافة قدرها ١٠٠م داخل البحر الأحمر، وتتميز باحتوائها على عدد من الوديان والسهول والهضاب والجبال.

التنوع الحيوى والأهمية : نظرا لتباين الأنظمة البيئية فى هذه المحمية من جبال ووديان ومناطق سهلية وساحلية وبحرية وكذلك زيادة الأمطار نسبيا عن المناطق الصحراوية الأخرى فإنها تتميز بتنوع حيوى عالى يشتمل على مجموعات فريدة من النباتات والطيور والزواحف والثدييات والحيوانات الأخرى. وتعتبر تجمعات أيك الإنسان من المواطن الهامة فى هذه المحمية لنمو وتكاثر العديد من النباتات والحيوانات البحرية ومنها البلشونات والنوارس والسلاحف. ومن أهم الثدييات البرية فى هذه المحمية التيتل "الماعز الجبلى" (Nubian ibex : *Capra ibex nubiana*)، والحمار البرى النوبى (Nubian wild ass: *Equus asinus*)، والغزال (Dorcas gazelle: *Gazella dorcas*)، والوبر (Hyrax: *Procavia capensis*)، وثعلب روبل (Ruppell's fox: *Vulpes ruppelli*). ومن الطيور النعام (Ostrich: *Strathio camelus*) والصقور والنسور والغراب النوحى (Desert raven: *Corvus ruficellis*). ومن الزواحف الورل الصحراوى (Desert monitor: *Varanus griseus*)، والضب المصرى (Egyptian dabb: *Uromastyx aegyptius*)، والحية المقرنة (Horned viper: *Cerastes cretastes*)، والعقارب وغيرها. وتبلغ المجموعة النباتية بها حوالى ٣٩٦ نوعا، العديد منها لا يوجد فى مصر

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

كلها إلا فى هذه المنطقة. كما يقطن المنطقة عـــدة آلالاف مـــن البـــدو ينتمون إلى قبائل البشارية والعبابدة والرشايدة يعيشون فى توازن بيئـــى داخل المنطقة منذ زمن بعيد.

محمية العميد

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس رقم ٦٧١ لعام ١٩٨٦ والمعدل بالقرار رقم ٣٢٧٦ لعام ١٩٩٦.

الموقع : تقع على الساحل الشمالى الغربى لمصر على بعـــد ٨٣ كـــم غـــرب الإسكندرية وحوالى ٢٠٠ كم شرق مرسى مطروح (محافظة مطروح).

خطوط الطول والعرض : ٤٥ ' ٣٠° شمالا، ١٠ ' ٢٩° شرقا.

المساحة : ٧٠٠ كم^{٢}.

نوع المحمية : محمية محيط حيوى.

الوصف : يبلغ طول محمية العميد من الشرق إلى الغرب ٣٠ كم (من الكيلو ٧٠ حتى الكيلو ١٠٠ طريق الإسكندرية ــ مطروح)، وعرضها من شـــاطئ البحر المتوسط إلى الجنوب حوالى ٢٣,٥ كم. وتقع فـــى المنطقـــة ذات المناخ الجاف الدافئ تحت الصحراوى ويمتد موسم الأمطار فيـــها مـــن منتصف أكتوبر حتى منتصف مايو بمتوسط سنوى قدره ١٢٠مم. ويقـــع ضمن نطاق المحمية أربعة قرى يبلغ تعداد سكانها حوالى ٢٥٠٠ نســـمة يعمل معظمهم بالزراعة والرعى، والبعـــض يعمـــل فـــى الكســـارات والمحاجر والقرى السياحية. تشتمل المحمية على العديد مـــن المواطـــن نتيجة تباين تضاريس الأرض بدءا من الساحل فـــى اتجـــاه الأراضـــى الداخلية حيث تمتد سلاسل من المرتفعات الصخرية تتدرج فى الارتفـــاع جنوبا من ١٠ إلى ٦٠م ويفصل بينها منخفضات ملحية وغير ملحيـــة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

ومن أهم المواطن السائدة فى هذه المحمية الكثبان الرملية الساحلية، والمنخفضات الملحية وغير الملحية، والمرتفعات والهضبات الداخلية، و المسطحات والكثبان الرملية الداخلية.

التنوع الحيوى والأهمية : يوجد بمنطقة المحمية ما يقرب من ١٧٠ نوعا من النباتات البرية منها ٧٠ نوعا تستخدم لأغراض الطب الشعبى مثل العنصل (*Asphodelus ramosus*) والشيح (*Artemisia herba-alba*) ولسان الحمل (*Plantago spp.*) والمثنان (*Thymelaea hirsuta*)، كما يوجد حوالى ٦٠ نوعا ذات استخدامات اقتصادية متنوعة مثل الوقود (العجرم: *Anabasis articulata* ، والعوسج: *Lycium europaeum*) والرعى (مثل النيم: *Plantago albicans*) وبعض الصناعات التقليدية. يستوطن المحمية أيضا العديد من الحيوانات مثل الأرانب البرية وثعالب الصحراء والقطط البرية والجرابيع والفئران الجبلية وأكثرها شيوعا الخلد أو أبو عماية (Egyptian molerate: *Spalax ehrenbergi*)، واليربوع (Lesser Egyptian Jerboa: *Jaculus jaculus*)، والبيوض والجرذ (Fat sand rat: *Psammomys obesus*). يوجد بالمحمية أيضا العديد من الزواحف مثل قاضى الجبل (Changeable Agama: *Agama mutabilis*)، والسحلية الدفانة (Eyed skink: *Chalcides ocellatus*)، والحرباء (Common chamaeleon: *Chamaelo chamaeleon chamaeleon*)، والعديد من اللافقاريات مثل الخنافس والعناكب والعقارب، ويصل عدد المفصليات فيها إلى أكثر من ٣٠٠ نوع. وقد سجل بالمحمية العديد من الطيور المهاجرة والمقيمة منها ١٤ نوع من آكلات اللحوم. ومن الطيور المهاجرة التى تستريح بالمحمية طائر

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

السلوى أو السمان (Quail: *Coturnix coturnix*) الذى يصطاد بأعداد كبيرة على الشريط الساحلى للمحمية.

تهدف هذه المحمية إلى الحفاظ على الحياة الفطرية ذات التنوع العالى بالمنطقة، وتنمية الوعى البيئى للسكان المحليين عن طريق التعلم والتثقيف والتدريب، وتنمية الموارد الطبيعية والسياحة البيئية. ومن أجل تحقيق تلك الأهداف فقد اشتمل برنامج الحماية على تقسيم المنطقة إلى ما يلى:

١ ــ المنطقة المركزية ويحظر فيها أى أنشطة بشرية مثل الزراعة والرعى والصيد (Core area).

٢ ــ المنطقة الفاصلة وتحيط بالمنطقة المركزية ويحظر فيها أية أنشطة عدا الأنشطة التى تهدف إلى تنمية موارد المحمية.

٣ ــ المنطقة الانتقالية وتحيط بالمنطقة الفاصلة وتشكل بقية أراضى المحمية ويسمح فيها بالأنشطة التقليدية للسكان المحليين مثل الزراعة (التين والشعير) والرعى (الأغنام والماعز) والصيد.

محمية سانت كاترين

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٦١٣ لسنة ١٩٨٨ والمعدل بالقرار رقم ٩٤٠ لعام ١٩٩٦.

الموقع : تقع منطقة سانت كاترين فى نهاية وادى الأسباعية عند التقائه مع وادى الأربعين (محافظة جنوب سيناء)، ويحدها جبال التيه شمالا، وشرم الشيخ جنوبا، وخليج العقبة شرقا ومدينة الطور غربا.

خطوط الطول والعرض : ٥٥` ٢٧° ــ ٥٥` ٢٨° شمالا، ٢٠` ٣٣° ــ ٣٠` ٣٤° شرقا.

المساحة : ٤٣٥٠ كم^{٢}.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

نوع المحمية : محمية تراث قومى عالمى ومحمية محيط حيوى.

الوصف : يحيط بمنطقة سانت كاترين عدة جبال متباينة الارتفاع وهى جبل سانت كاترين (وهو أعلى قمة فى مصر ويبلغ ارتفاعه ٢٦٣٧م فوق سطح البحر)، وجبل موسى (+ ٢٢٨٥م)، وجبل الصفصافة (+٢١٤٥م)، وجبل الصناع وجبل أحمر (ويتراوح ارتفاع قممهما بين +١٩٦٩م و + ٢٠٣٧م)، وجبل عباس (+ ٢٣٤١م). وتقع مدينة سانت كاترين على هضبة مرتفعة بين الجبال الشاهقة ويوجد بها دير سانت كاترين ووادى الراحة ووادى الأربعين، كما توجد واحة فيران بين الدير وساحل البحر الأحمر وتحتوى على عدد من الينابيع والزراعات المثمرة. تتراوح أعمار الصخور المكونة للمنطقة ما بين ٤٨٠ ــ ٦٠٠ مليون سنة.

التنوع الحيوى والأهمية : تم اختيار هذه المنطقة كمحمية طبيعية لما لها من تاريخ حضارى جعلها منطقة جذب للسياحة الدينية وذلك لوجود دير سانت كاترين وجبل موسى وجبل عباس، وطريق الخروج الذى سلكه نبى الله موسى عليه السلام وبنو إسرائيل عند خروجهم من مصر، وطريق العائلة المقدسة الذى سلكته هروبا من بطش الحكم الرومانى (وسط وشمال سيناء)، وطريق المحمل وهو أحد الطرق الرئيسية لقوافل الحج منذ أربعة قرون، وقبر نبى الله صالح (عند التقاء وادى مرة مع وادى الشيح). توجد أيضا بعض آثار العصر الرومانى والعصور اللاحقة بمنطقة المغارة فى وادى سدر وشمال مدينة الطور. وبالمقارنة بالمناطق الأخرى فى مصر، تحتوى هذه المنطقة على أكبر عدد من النباتات مقتصرة التوزيع (Endemic species)، والعديد من النباتات الطبية والعطرية والسامة والحيونات البرية المتعددة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

محمية وادى الاسيوطى

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٩٤٢ لعام ١٩٨٩ والمعدل بالقرار رقم ٧١٠ لعام ١٩٩٧.

الموقع : تقع محمية وادى الأسيوطى على الجانب الشرقى للنيل عند مدينة أسيوط بجوار الطريق البرى الجديد القاهرة ــ أسوان.

خطوط الطول والعرض : ١٥` ٢٧° شمالا، ٢٠` ٣١° شرقا.

المساحة : ٢٤ كم^{٢}.

نوع المحمية : معزل طبيعى.

الوصف : تنبع روافد وادى الأسيوطى من السفوح الغربية لوادى قنا وتتجمع عند وادى حبيب الذى تحده الهضاب على الجانبين ثم يتجه وادى الأسيوطى غربا وتتسع دلتاه حتى يلتقى بوادى النيل.

التنوع الحيوى والأهمية : تتركز أهمية هذه المحمية فى وجود عدد من أنواع الحيوانات البرية فى وادى الأسيوطى والمناطق المجاورة له ووجود الغذاء والمأوى والماء اللازم لمعيشتها. وتعتبر المحمية بمثابة محطة لتربية واكثار هذه الحيوانات والنباتات البرية المهددة بالإنقراض، ولتحقيق ذلك قسمت المحمية إلى قسمين رئيسيين هما:

١ ــ قسم تربية وإكثار الحيوانات البرية مثل الغزال (Dorcas gazelle: *Gazella dorcas*)، والتيتل، والكبش الأروى (Barbary sheep: *Ammotragus lervi*)، والنعام (Ostrich: *Struthio camelus*)، والحمار البرى النوبى (Nubian Wild ass: *Equus asinus*)، وبعض الزواحف. ويقع هذا القسم شرقى طريق القاهرة ــ أسوان.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٢ ــ قسم تربية وإكثار الأصول الوراثية النباتية خاصة النباتات العطرية والطبية والتى تعتبر أصولا وراثية لمحاصيل اقتصادية هامة.

محمية وادى العلاقى

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٩٤٥ لعام ١٩٨٩ والمعدل بالقرار رقم ٢٣٧٨ لعام ١٩٩٦.

الموقع : يقع وادى العلاقى على بعد ١٨٠ كم جنوب أسوان فى الجهة الشرقية من بحيرة ناصر ويمتد حوالى ٢٧٥ كم فى اتجاه جنوب ــ شرق / شمال ــ غرب.

خطوط الطول والعرض : ٠٠ ' ٢٢ ° ــ ٠٠ ' ٢٣ ° شمالا، ٠٠ ' ٣٣ ° ــ ٠٠ ' ٣٥ ° شرقا.

المساحة : ٣٠٠٠٠ كم٢.

نوع المحمية : محمية حياة تقليدية ومحمية محيط حيوى.

الوصف : وادى العلاقى عبارة عن نهر جاف كبير كان ينبع من تلال البحر الأحمر وخاصة مجموعة جبال علبة ويصب فى الجزء الجنوبى من وادى النيل فى مصر. وبعد بناء السد العالى وامتلاء بحيرة ناصر بالمياه عام ١٩٦٧ دخلت المياه وادى العلاقى وأصبح جزء من النظام المائى للبحيرة. ونتيجة انخفاض منسوب مياه بحيرة ناصر فى السنوات الأخيرة انحسرت المياه عن جزء كبير من هذا الوادى.

التنوع الحيوى والأهمية : تم تسجيل حوالى ٩٢ نوعا من النباتات الدائمة والحولية فى هذه المنطقة، كما يوجد حوالى ١٥ نوعا من الثدييات، و١٦ نوعا من الطيور المقيمة، بالإضافة إلى بعض الزواحف وكثير من

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

اللافقاريات التى يعيش معظمها تحت الشجيرات. ويعتبر الكساء الخضرى فى الوادى ذو أهمية قصوى للسكان المحليين حيث يمدهم بالطعام والوقود والرعى والدواء ومواد التشييد والبناء. توجد أيضا موارد جيولوجية مثل مناجم الرخام واحتياطيا كبيرا من الصخور الجرانيتية والبركانية والمتحولة والرسوبية. وهناك جهود تنموية تتمثل فى تشجير المنطقة بأشجار السنط واستخدام المياه الجوفية فى الرى. والغرض الأساسى من حماية هذا الوادى هو الحفاظ على التنوع الحيوى من نباتات وحيوانات وطيور والتنمية المتواصلة على أسس بيئية سليمة.

وقد اشتمل برنامج الحماية على تقسيم الوادى إلى ثلاثة مناطق هى:

١ ــ منطقة القلب للبحوث العلمية الأساسية.

٢ ــ منطقة انتقالية يسمح فيها بالرعى والزراعات التقليدية والاستخدامات التقليدية.

٣ ــ منطقة إدارة بيئية تجرى بها المشروعات البحثية التى تهدف للتوصل إلى طرائق استخدام للأرض بمتطلبات بيئية تجعل من تنمية هذه المنطقة تنمية متواصلة (Sustainable).

محمية طابا

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٣١٦ لعام ١٩٩٧.

الموقع : تمتد هذه المحمية على طول ساحل خليج العقبة من منتصف المسافة بين مدينتى دهب ونويبع جنوبا حتى طابا شمالا على الحدود المصرية الفلسطينية.

خطوط الطول والعرض : ٤٠` ٢٨° ــ ٣٠` ٢٩° شمالا، ١٥` ٣٤° ــ ٤٥` ٣٤° شرقا.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المساحة : ٣٥٩٥ كم^{٢}.

نوع المحمية : محمية مناظر طبيعية.

الوصف : تحتوى محمية طابا على العديد من المواطن الصحراوية المتباينة مثل الجبال والسهول والوديان، ويشكل اقتراب الجبال من شاطئ الخليج منظرا بديعا. ويعتبر وادى وتير الذى يصب فى خليج العقبة بالقرب من مدينة نويبع أهم الوديان وأكثرها ثراءا بالنباتات ليس فى هذه المنطقة فقط ولكن فى منطقة خليج العقبة ككل، ويحتوى هذا الوادى على بعض العيون المائية أشهرها عين قرطاجة. ويقترب الجزء الشمالى من هذه المحمية عند مدينة طابا من نهاية خليج العقبة حيث يمكن مشاهدة الحدود الفلسطينية والأردنية.

التنوع الحيوى والأهمية : تتميز منطقة طابا بمشهد أرضى فريد قليل التمثيل ضمن شبكة المحميات الطبيعية المصرية. والمنطقة ذات قيمة جمالية عالية وتنوع حيوى كبير يتمثل فى وجود العديد من النباتات بعضها ينتمى إلى المنطقة المدارية مثل نخيل الدوم (*Hyphaene thebaica*) والبعض الآخر ينتمى إلى منطقة البحر المتوسط، كما يوجد العديد من حشائش منطقة النيل وبعض نباتات المياه العذبة مثل نخشوش الحوت (*Ceratophyllum demersum*) الذى يوجد فى البرك المائية حول عين قرطاجة بوادى وتير. كما تحتوى المنطقة أيضا على العصفور الوردى السينائى (Sinai rose finch : *Carpodacus synoicus*) و أعداد معتبرة من التيتل أو الماعز الجبلى (Nubian ibex: *Capra ibex nubiana*) وعدد قليل من الغزال (Dorcas gazelle: *Gazella dorcas*). تهدف المحمية إلى صون تنوع المواطن والكائنات الحية وتحديد الاستخدام الأمثل لموارد المنطقة وترشيد الاستخدام السياحى المكثف لها فى الوقت الحاضر.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

محمية وادى دجلة

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٤٧ لعام ١٩٩٩.

الموقع : يقع وادى دجلة شرق مدينة المعادى بالصحراء الشرقية (محافظة القاهرة).

خطوط الطول والعرض : ٥٨` ٢٩° شمالا، ١٨` ٣١° شرقا.

المساحة : ٦٠ كم^{٢}.

نوع المحمية : محمية مناظر طبيعية.

الوصف : يمتد وادى دجلة من الشرق إلى الغرب بطول حوالى ٣٠ كم ويمر بصخور الحجر الجيرى التى ترسبت خلال العصر الأيوسنى (منذ ٦٠ مليون سنة)، ويبلغ ارتفاع الصخور على جانبى الوادى حوالى ٥٠م، ويصب فيه مجموعة من الأودية. ونتيجة لتجمع المياه الواردة من الأودية الفرعية ومياه السيول تظهر آثار عمليات التعرية والنحر فى أراضى الوادى مكونة ما يسمى بشلالات دجلة. يظهر أيضا، فى منظر بديع، تتابع طبقات الصخور الجيرية المترسبة خلال العصر الأيوسينى الأوسط، وكذلك بعض الكهوف الجميلة التى تكونت بسبب تأثير المياه الجوفية فى الحجر الجيرى.

التنوع الحيوى والأهمية : يتميز وادى دجلة ببيئة طبيعية جميلة وفريدة حيث يظهر تتابع طبقات الصخور الجيرية بلونها الأبيض البديع، والتى تحتوى على حفريات حيوانية هامة مثل قروش الملائكة (نيموليت) والبطن قدميات والشعاب المرجانية وذلك فى طبقات الأيوسين الأوسط، يعلوها طبقات الأيوسين الأعلى التى تحتوى على حفريات الأويستر

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

وجذور بعض النباتات وحفريات أخرى تنتمى إلى هذا العصر. يحتوى الوادى حاليا على مجموعة من النباتات يصل عددها إلى ٦٤ نوعا منها السلة (*Zilla spinosa*)، والرطريط (*Zygophyllum sp.*)، والعوسج (*Lyceum europaeum*)، والرتم (*Retama rataem*)، والأثل (*Tamarix* sp.)، والغردق (*Nitraria retusa*)، والشيح (*Artemisia* sp.). كما يحتوى على مجموعة من الحيوانات الثديية مثل أرنب الكاب (Cape hare: *Lepus capensis*) والثعلب الأحمر (Red fox: *Vulpes vulpes*)، وبعض أنواع الفئران، والحشرات مثل الرعاش وأبو العيد وفراش النمر وأسد النمل. كما تم تسجيل ١٨ نوعا من الزواحف منها السلحفاة المصرية (Egyptian turtle : *Testudo kleinmanni*)، والحية المقرنة (Horned viper : *Cerastes cerastes*)، و ١٢ نوعا من الطيور المقيمة والمهاجرة مثل الأبلق الحزين (Mourning wheatear : *Oenanthe lugens*)، ونمنمة الشجر (Scrub warbler : *Scotocera inquieta*)، والغراب النوحى (Desert raven : *Corvus ruficollis*) والحمام الجبلى (Rock dove : *Columba livia dakhlae*).

ونظرا لقرب هذا الوادى من مدينة القاهرة ومحمية الغابة المتحجرة واحتوائه على العديد من الكائنات الحية والحفريات النباتية والحيوانية فإنه يمثل أهمية تعليمية وتثقيفية وترويحية حيث يمكن أن يجذب سياحة اليوم الواحد لطلاب المدارس والجامعات بغرض اكتساب معلومات مفيدة عن النظام البيئى الصحراوى، كما يمكن الاستفادة منه فى إجراء البحوث فى مجالات علوم الأحياء والجيولوجيا.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

٩ المحميات الجيولوجية

محمية الغابة المتحجرة

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزارء رقم ٩٤٤ لعام ١٩٩٨.

الموقع : على بعد ١٨ كم شرق مدينة المعادى شمال طريق القطامية ــ العين السخنة وبطول قدره ٢;٢ كم جنوبا على هذا الطريق وعمق ٣ كم شمالا (محافظة القاهرة).

خطوط الطول والعرض : ٥٦` ٢٩° شمالا، ٢٤` ٣١° شرقا.

المساحة : ٧ كم^{٢}.

نوع المحمية : محمية أثر قومى طبيعى.

الوصف : منطقة الغابة المتحجرة بالمعادى عبارة عن هضبة شبه مستوية بها الجروف والتلال المعراة بواسطة الرياح. ويغطى المنطقة تكوين جبل الخشب الجيولوجى الذى ينتمى إلى العصر الأوليجوسينى (٣٢ ــ ٣٥ مليون سنة). وتتكون من طبقات رملية وحصى وطفلة وخشب متحجر يتراوح سمكها من ٧٠ إلى ١٠٠ م، وهى رواسب فقيرة فى البقايا العضوية والحفريات لكنها غنية ببقايا جزوع وسوق الأشجار الضخمة المتحجرة والتى تأخذ أشكال قطع صخرية ذات مقاطع اسطوانية تتراوح أبعادها من عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار. وقد اختلفت النظريات التى

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

تفسر أصل هذه الجزوع والسوق المتحجرة ولكن أغلبها يجمع على أنها منقولة بواسطة مياه الأنهار إلى أماكن تجمعها الحالية حيث تحجرت، ومما يؤكد ذلك عدم وجود أية بقايا نباتية أخرى مثل الأوراق والثمار، كما أن الجزوع خالية من اللحاء دائما.

الأهمية : تعتبر الغابة المتحجرة بالمعادى أثرا جيولوجيا نادرا لا يوجد له مثيل فى العالم من حيث الاتساع والكمال ولذا وجب الحفاظ عليها كتراث حضارى وثقافى وسياحى. وقد كتبت عنها الكثير من الصحف والمجلات والمراجع الأجنبية مما جعلها مصدر اهتمام السياح والعلماء وطلاب البحث المتخصصين فى علوم الحفريات والتاريخ الطبيعى وفى دراسة الرواسب القارية على المستوى المحلى والدولى. وبسبب قربها من منطقة القاهرة الكبرى فإنها تعتبر فرصة نادرة لتعرف سكان القاهرة على الطبيعة الصحراوية والحياة البرية فيها، وتعليم تلاميذ المدارس والجامعات طبيعة الكساء الخضرى القديم والظروف البيئية التى صاحبته فى الأزمنة الغابرة. كما تعتبر هذ المحمية ملجأ للتنزه بعيدا على ضغوط الحياة فى المدن الكبيرة.

محمية قبة الحسنة

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزارء رقم ٩٤٦ لعام ١٩٩٨

الموقع : أبو رواش على طريق القاهرة ــ الإسكندرية الصحراوى شمال ــ غرب أهرامات الجيزة (محافظة الجيزة).

خطوط الطول والعرض : ١` ٢٩° شمالا، ٤` ٣١° شرقا.

المساحة : ١ كم^{٢}.

نوع المحمية : محمية أثر قومى طبيعى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الوصف : قبة الحسنة هى جزء من تركيب جيولوجى كبير يعرف بإسم تركيب أبى رواش ويعكس تاريخا جيولوجيا معقدا. يرجع هذا التركيب إلى عملية تحدب حديث فى أواخر العصر الكريتاوى أدت إلى تكوين سلسلة معقدة متعاقبة من القباب والمقعرات محورها الأساسى يسير فى اتجاه الشمال الشرقى ــ الجنوبى الغربى. وقد ظلت هذه القبة مرتفعة حتى بعد أن غمرت مياه البحر فى العصر الأيوسينى المنطقة المحيطة بأكملها. ويقع تركيب أبى رواش على الخط الذى يربط الطيات المحدبة بمناطق المغارة بسيناء مارا بأبى رواش إلى الواحات البحرية. وقد تعرضت المنطقة بعد ذلك لعدد من الفوالق التى تأخذ اتجاه شمال ــ غرب عمودى على محور الطيات مما ساعد على زيادة وعورة تضاريس المنطقة، وقد أدت هذه الانكسارات إلى ايجاد المنافذ التى تخللها طفح البازلت خاصة فى منطقة تل الزلط.

الأهمية : تعتبر هذه المحمية هامة من النواحى العلمية والتثقيفية بالنسبة للطلاب والباحثين فى مجال العلوم الجيولوجية بالجامعات المصرية.

محمية كهف وادى سنور

قرار التأسيس : قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٢٠٤ لعام ١٩٩٢ والمعدل بالقرار الوزارى رقم ٧٠٩ لعام ١٩٩٧.

الموقع : تقع هذه المحمية فى الصحراء الشرقية على بعد ٧٠ كم جنوب شرق مدينة بنى سويف، (محافظة بنى سويف).

خطوط الطول والعرض : ٣٠` ٢٨° شمالا، ٣٠` ٣١° شرقا.

المساحة : ٤ كم^{٢}.

نوع المحمية : محمية أثر قومى طبيعى.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

الوصف : ظهر هذا الكهف فى قاع المحجر ٥٤ الباستر بـــالصحراء الشـــرقية بمحافظة بنى سويف. يمتد الكهف مسافة ٧٠٠ م تقريبا ويبلغ كل مـــن اتساعه وعمقة حوالى ١٠م، ويحتوى على تراكيب جيولوجية معروفـــة باسم الصواعد والهوابط فى صورة مثالية جميلة تكونت فـــى العصـــر الأيوسينى الأوسط منذ حوالى ٦٠ مليون سنة نتيجة تســـرب المحـــاليل المائية المشبعة بأملاح كربونات الكالسيوم خلال سقف الكهف ثم تبخـــر المياه تاركة الأملاح على هيئة رواسب صاعدة وهابطة.

الأهمية : ترجع أهمية كهف وادى سنور إلى ندرة مثل هذ التكوينات الطبيعيـــة فى مصر والتى تلقى الضوء على علم المناخ القديم فى تلـــك المنطقـــة، وتتيح إجراء دراسات مقارنة عن الظروف البيئية التـــى ســـادت فـــى العصر الأيوسينى الأوسط، ليس فى وادى سنور فقط وإنما فى منطقـــة جبل المقطم التى تنتمى إلى نفس العصر، غير أن الكهوف والمغـــارات فى هذا الجيل تخلو من وجود الصواعد والهوابط.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

المراجع (References)

(أولاً) المراجع العربية

إبراهيم، م.أ.م. (محرر) (١٩٩٣). ***المحميات الطبيعية فى مصر***. رئاسة مجلس الوزراء، جهاز شئون البيئة، إدارة المحميات الطبيعية، القاهرة.

أبو الفتح، ح.ع. (١٩٩١). ***علم البيئة***. عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض، ٢٨١ صفحة.

الشيخ، ع.م. و البسيونى، س.ز (١٩٦٨). ***مقدمة فى علم الأحياء لطلاب الكليات المتوسطة***. وزارة المعارف، الإدارة العامة لإعداد وتطوير المناهج، الرياض، ٣٧٦ صفحة.

العودات، م.ع. و باصهى، ع.ى.(١٩٨٥). ***التلوث وحماية البيئة***.عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض، ٣٤٣ صفحة.

العودات، م.ع.، عبد الله، ع.م. و الشيخ، ع.م.، (١٩٨٥) ***الجغرافيا النباتية***. عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض، ٣٢٦ صفحة.

الغنيمى، ع.ع. (١٩٧٧). ***محاضرات فى علم البيئة النباتية***. جامعة طنطا، طنطا، ١٣٠ صفحة.

القصاص، م.ع. (١٩٩٧). **مصر : نحو استراتيجية وطنية لصون التنوع البيولوجى (وثيقة للمناقشة فى المؤتمر الوطنى)**. رئاسة مجلس الوزراء، جهاز شئون البيئة، الإدارة المركزية لحماية الطبيعة، وحدة التنوع البيولوجى، القاهرة، ٨٥ صفحة.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

بدر، ع. وقاسم، ع. (١٩٩٣). ***أسس علم البيئة النباتية***. مركز النشر العلمـــى، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، ١٩٠ صفحة.

بيرسون، م (بدون). ***المحميات الطبيعية فى مصر : قطاع جنوب سيناء***. جـــهاز شئون البيئة، الإدارة المركزية لحماية الطبيعة، القاهرة.

حاتوغ ــ بوران، ع. و أبو دية، م.ح. (١٩٩٣). ***علم البيئة***. دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، ٢٧٢ صفحة.

زهران، م.ع. (١٩٩٥). ***أساسيات علم البيئة النباتية وتطبيقاتها***. دار النشـــــر للجامعات المصرية، مكتبة الوفاء، القاهرة، ٢٦٧ صفحة.

شلتوت، ك.ح. (١٩٩٧). ***التنوع الحيوى: ما هيته وطرق تقديره***. *مجلة أسيوط للدراسات البيئية* ١٣: ١ ــ ٢٤.

عبد الرازق، م.س.، والمراغى، ع.ج. (١٩٩٥). ***أساسيات علم البيئة***. جامعـــة قطر، الدوحة، ٣٣٦ صفحة.

عياد، م.ع. و إسماعيل، ص.م. (١٩٩٤). ***دراسة عـــن المحميـــات الطبيعيـــة والمتنزهات القومية فى جمهورية مصر العربية***. دراسة مقدمـــة إلـــى المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (تونس)، جامعة الدول العربيـــة، ٨٩ صفحة.

مجاهد، أ.م.، العودات، م.ع.، عبد الله، ع.م. الشيخ، ع.م.، و باصـــهى، ع.ى. ١٩٨٧. ***علم البيئة النباتية***. عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض، ٣٨٦ صفحة.

ثانيا : المراجع الأجنبية

Abele, L.G. & Connor, E.F. (1979). Application of island biogeography theory to refuge design: making the right decision for the wrong reasons. ***Proc. Conference on Scientific Research in National***

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

Parks, Department of the Interior National Park Service Transactions and Proceedings Series, No.(Linn, R.M., ed.).

Abrahamson, W.G. (1980). Demography and vegetative reproduction. In: Demography and Evolution in plant populations. ***Botanical Monographs*** 15: 89 - 106. Blackwell Scientific Publications.

Archibold, O.W. (1995). ***Ecology of the World Vegetation***. Chapman & Hall, London, 510 pp.

Ayyad, M.A. (1973). Vegetation and environment of the Western Mediterranean coastal land of Egypt. I. The habitat of sand dunes. ***J, Ecol***. 61: 509 - 523.

Ayyad, M.A. (1976). Vegetation and environment of the Western Mediterranean coastal land of Egypt. III. The habitat of non saline depressions. ***J. Ecol***. 64: 713 - 722.

Ayyad, M.A. & Ammar (1974). Vegetation and environment of the Western Mediterranean coastal land of Egypt. II. The habitat of inland ridges. ***J. Ecol***. 62: 439 - 456.

Ayyad, M.A. & El-Ghareeb, R.E. (1982). Salt marsh vegetation of the Western Mediterranean desert of Egypt. ***Vegetatio*** 49: 3 - 19.

Baha El-Din, S.M. (1998). ***Towards establishing a network plan for protected areas in Egypt*** : draft consulative document. Nature Conservation sector (NCS), Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA), Egypt, 139 pp.

Bayfiled, N.G. & Brookes, B.S. (1979). The effect of repeated use of an area of heather, *Caluna vulgaris* (L.) Hull moor at Kindrogan, Scotland, for teaching purposes. ***Biol. Conserv***. **16**: 31 - 41.

Bawa, K.S. & Beach, J.H. (1981). Evolution of sexual systems in flowering plants. ***Ann. Missouri Bot. Gard***. 68: 254 - 274.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

Bray, J.R. & Curtis, J.T. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. ***Ecological Monographs*** 27: 325 - 349.

Brown, J.H. (1971). Mammals on mountaintops: nonequilibrium insular biogeography. ***Am. Nat.***, **105**: 467 - 78.

Carnahan, J.A. (1977). Natural vegetation. In: ***Atlas of Australian Resources, Second Series***. Canberra. Australian Department of National Resources, Division of National Mapping.

Dansereau, P. & Lems, K. (1957). The grading of dispersal types in plant communities and their ecological significance. ***Contrib. Inst. Bot. Univ. Montreal*** 71, 52 pp.

Diamond, J.M. (1975). The island dilemma : lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. ***Biol. Conserv.*** 7: 129 - 46.

El-Demerdash, M.A., Ayyad, M.A. and Shaltout, K.H. (1987). Correlation of the distribution of *Juncus* spp. with the prevailing environmental factors in Egypt. ***Bulletin of the Faculty of Science, Mansoura University*** 14(2): 129 - 156.

El-Gazzar, A. El-Demerdash, M., El-Kady, H. & Heneidy, S. (1995). ***Plant life in the Gulf of Aqaba area*** (S. Sinai, Egypt). Terminal Report submitted to the Department of Natural Protectorates, Egyptian Environemental Affairs Agency, Cairo, 128 pp.

El-Hadidi, M.N. (1971). Distribution of *Cyperus papyrus* L. and *Nymphaea lotus* L. in inland waters of Egypt. ***Mitt. Bot. Staatsamml Munchen*** **10** : 470 - 475.

El-Keblawy, A.A. (1994). ***Variability among sexual phenotypes of Thymelaea hirsuta (L.) Endl. Populations in Egypt***. Ph.D.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

Thesis, Faculty of Science, Tanta University, Tanta, Egypt, 221pp.

El-Sheikh, M.A. (1989). ***A Study of the Vegetation Environmental Relationships of the Canal Banks of Middle Delta Region***. M.Sc. Thesis, Fac. Sci., Tanta Univ, Tanta, Egypt, 139 pp.

El-Sheikh, M.A. (1996). ***Ruderal plant communities of the Nile Delta region***. Ph.D. Thesis, Faculty of Science, Tanta University, Tanta, Egypt, 189 pp.

Embley, T. M., Hirt, R. P. and Williams, D. M. (1995). Biodiversity at the molecular level: the domains, kingdoms and phyla of life. In : ***Biodiversity: Measurement and Estimation*** (Hawksworth, D. L., ed.). Chapman and Hall, London, 140 pp.

Embreger, L. (1955) Une classification biogéographique des climats. ***Faculté de Science, Université de Montpeller, Fas***. 7 : 3 - 43.

Emery, M. (ed.) (1976). Searching: for new directions; in new ways; for new times. ***Occasional Papers in Continuing Education No. 12***. Canberra, ANU Centre for Continuing Education.

Everett, R.D. (1978). ***Conservational evaluation and recreational importance of wildlife withen a forestry area***. Ph.D. Thesis, University of York.

Faith, D. P. (1995). Phylogenetic pattern and the quantification of organismal biodiversity. In : *Biodiversity:* ***Measurement and Estimation*** (Hawksworth, D. L., ed.). Chapman and Hall, London.

Foreman, R.T.T., Galli, A.E. & Leck, C.F. (1976). Forest size and avian diversity in New Jersey woodlots with some land use implications. ***Oecologia*** **26**: 1 - 8.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

Gauch, H.G. (1982). ***Multivariate analysis in community ecology***. Cambridge University Press, Cambridge, 298 pp.

Ghali, N.N. (1984). ***A study of the phenological and phytosociological behavior of common plant species in the Western Mediterranean desert of Egypt***. M.Sc. Thesis, Faculty of Science, Alexandria University, 133 pp.

Groombridge, B. (ed.) (1992). ***Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources***. Chapman & Hall, London.

Grubb, P.J. (1977). The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. ***Biol. Rev***. **52**: 107 - 45.

Hammouda, S.A.K. (1988). ***A Study of Vegetation and Land-Use in the Western Mediterranean Desert of Egypt***. Ph.D. Thesis, Alexandria University, Alexandria, 194 pp.

Harper, J. I. & Hawksworth, D. L. (1995). Preface. In : ***Biodiversity: Measurement and Estimation*** (Hawksworth, D. L., ed.). Chapman and Hall, London.

Hassib, M. (1951). Distribution of plant communities in Egypt. ***Bull. Fac. Sci., Fouad I University*** 29: 59 - 261.

Helliwell, D.R. (1976). The effects of size and isolation on the conservation value of wooded sites in Britain. ***J. Biogeor.***, **3**: 407 - 16.

Kassas, M. (1953). Habitat and plant communities in the Egyptian Desert. II: The features of a desert community. ***J. Ecol.*** 41: 248 - 256

Kassas, M. and Zahran, M. (1971). Plant life on the coastal mountains of the Red Sca, Egypt. ***J. Indian Bot. Soc***. 50 A. 571 - 289.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

Kent, M. & Coker, P. (1992). ***Vegetation description and analysis: a practical approach***. John Wiley & Sons, New York, 363 pp.

Kershaw, K.A. (1973). ***Quantitative and dynamic plant ecology***. ELBS & Edward Arnold (Publishers) Ltd., London, 308 pp.

Kikkawa, J. (1976). Value of the funa of wilderness areas. ***Proc. ANZAAS Congr.***, 47th, Section 11 symposium: the fauna of wilderness areas as a biological resource. Hobart, ANZAAS.

Kowarik, I. (1990). Some responses of flora and vegetation to urbanization in central Europe. In : ***Urban Ecology*** (Sukopp *et al.*, eds.) Academic Publishers, The Hague.

Laut, P., Margules, C. & Nix, H.A. (1975). Australian biophysical regions: a preliminary regionalisation. ***Urban Paper*** No. **1**, Department of Urban and Regional Development, Canberra, Australian Government Publishing Service.

Long, G.A. (1979). Mapping of renewable resource for land development and land use decision with special reference to the coastal western desert of Egypt. In: ***Analysis and Management of Mediterranean Desert Ecosystems***. Proc. of the Inter. Workshop of SAMDENE Project, Alexandria.

MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967). ***The Theory of Island Biogeography***. Princeton University Press.

Majurran, A. E. (1988). ***Ecological Diversity and Its Measurement***. Chapman and Hall, London, 179 pp.

Margules, C. & Usher, M. B. (1981). Criteria used in assessing wildlife conservation potential: a review. ***Biol. Conserv.*** **21**: 79-109.

Mazzeo, P.M. (1974). *Betula uber* - what is it and where is it ?. ***Castanea*** **39:** 273 - 8.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

Miller, R.T. & Harris, L.D. (1977). Isolation and extirpation wildlife reserves. ***Biol. Conserv.*** **12:** 311 - 15.

Moore, P.D. & Chapman, S.B. (1986). ***Methods in Plant Ecology.*** Blackwell Scientific Publications, Oxford, 589 pp.

Muller - Dombois, D. & Ellenberg, H. (1974). ***Aims and methods of vegetation ecology***. John Wiley & Sons, New York, 547 pp.

Odum, E. (1971). ***Fundamentals of Ecology.*** W.B. Saunders Company. Philadilphia, 574 pp.

Odum, E.P. (1985). Trends expected in stressed ecosystems. ***Bioscience*** **35**: 419 - 22.

Ogle, D.W. & Mazzeo, P.M. (1976). *Betula uber* - the Virginia round-leaf birch, rediscovered in southwest Virginia, ***Castanea*** **41:** 248 - 56.

Pickett, S.T.A. & Thompson, J.N. (1978). Patch dynamics and the design of nature reserves. ***Biol. Conserv.*** **13:** 27 - 37.

Pielou, E. C. (1975). ***Ecological Diversity***. John Wiely and Sons, New York, 165pp.

Principle, P.P. (1991). Valuing the biodiversity of medicinal plants. In : ***The Conservation of Medicinal Plants*** (*Akerele*. O. *et al*., eds.), Cambridge University Press, Cambridge.

Rabinowitz, D. (1981). Seven forms of rarity. In : ***The Biological Aspects of Rare Plant Conservation***, (Synge, H., ed), John Wiley & Sons Ltd.

Ratcliffe, D. A. (1977). ***A Nature Cconsevation Review***. Cambridge University Press, Cambridge.

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en

salamalhelali@yahoo.com

https://www.facebook.com/salam.alhelali

https://www.facebook.com/groups/
/Biothesis

https://www.researchgate.net/profile/
/Salam_Ewaid

07807137614

Rodhe, H. & Herrera, R (eds.) (1988) ***Acidification in Tropical Countries***. Wiley, Chichester.

Shaltout, K. H. (1985). On the diversity of the vegetation in the western Mediterranean coastal region of Egypt. ***Proc. Egypt. Bot. Soc.*** **4**: 1355-1376.

Shaltout, K.H. (1987). Phenology and sex ratio of Egyptian *Thymelaea hirsuta* populations. ***Vegetatio*** 72: 67 - 73.

Shaltout, K.H. (1996). ***Introductory Note on Plant Ecology***. Tanta Universty, Tanta, 74 pp.

Shaltout, K.H. (1996). ***Introductory Note on Vegetation Science***. Tanta Universty, Tanta, 48 pp.

Shaltout, K.H. & Ayyad, M.A. (1988). Structure and standing crop of Egyptian *Thymelaea hirsuta* populations. ***Vegetatio*** 74 : 137 - 142.

Shaltout, K.H. & Ayyad, M.A. (1990). Size phytomass Relationships of *Thymelaea hirsuta* (L.) Endl. ***Egypt. J. Bot.*** 33: 133 - 140.

Shaltout, K.H. and El-Ghareeb, R. (1985). Effect of protection on the phytomass and production of ecosystems of the western Mediterranean desert of Egypt. 1. Ecosystem of non-saline depressions. ***Bull Fac. Sci., Alex. Univ.*** 25(4) : 109 - 131.

Shaltout, K.H., Sharaf El-Din, A & El-Fahar, R.A. (1992). Weed communities of the common crops in the Nile Delta Region. ***Flora*** 187: 329 - 339.

Sharma, P.D. (1981). ***Elements of Ecology***. Rastogi Publications, Meerut, 373 pp.

Slatyer, R.O. (1975). Ecological reserves: size, structure and management. In: ***A National System of Ecological Reserves in***

مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي
salamalhelali@yahoo.com