بيولوجية
البيئة الصحراوية

Biology of Desert Environment

د. رأفت حسن عبدالوهاب د. منى عايش حسين السلامين

منشورات
ذات السلاسل
الكويت

577.54 عبدالوهاب، رأفت حسن.
بيولوجية البيئة الصحراوية/ رأفت حسن عبدالوهاب، منى عايش حسين السلامين.
- ط1. - ذات السلاسل، 2015
312 ص ؛ 24 سم.
1 - البيئة الصحراوية 2 - النباتات الصحراوية 3 - البيئة الصحراوية
- خصائص - الكويت 4 - التصحر
أ. العنوان ب - السلامين، منى عايش حسين (م. مشارك)

ردمك: 978-99966-81-71-4
رقم الإيداع: 624/2015

جميع حقوق الطبع محفوظة

الطبعة الأولى

١٤٣٦ هـ - ٢٠١٥م

يمنع نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأية وسيلة تصويرية أو إلكترونية أو ميكانيكية بما فيه التسجيل الفوتوغرافي والتسجيل على أشرطة أو أقراص مقروءة أو أية وسيلة نشر أخرى بما فيها حفظ المعلومات واسترجاعها، من دون إذن خطي من الناشر.

إن الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبر بالضرورة عن رأي ذات السلاسل للطباعة والنشر والتوزيع

منشورات
ذات السلاسل
الكويت

الناشر: ذات السلاسل للطباعة والنشر والتوزيع
E-mail: ths@thatalsalasil.com.kw
Web site:www.thatalsalasil.com.kw

الكويت - ص.ب: 12041 الشامية 71651
تلفون: 22466266/55 (965+)
فاكس: 22438304 (965+)

@THATALSALASIL
@THATALSALASIL
thatalsalasilbookstore

مقدمـة

إن حياة الإنسان وصحته ورفاهيته مرتبطة كل الارتباط بجودة البيئة وسلامتها. لذلك فإن الاهتمام بالبيئة ضرورة حياة، ويتحقق ذلك بداية من خلال التعرف على البيئة التي يعيش فيها الإنسان ومكوناتها وما أودعها الله عز وجل من قوانين تضمن اتزانها وسلامتها. إن الاستخدام الرشيد للموارد الطبيعية، بعيداً عن الإسراف والتلف والاستنزاف، يضمن تلبية حاجات الإنسان والإيفاء بمتطلباته عبر الأجيال المختلفة.

يهتم كتاب بيولوجية البيئة الصحراوية بدراسة أساسيات علم البيئة، والعلاقات التفاعلية بين المكونات الحية والمكونات غير الحية في النظم البيئية الصحراوية. ويتناول الكتاب أحد المشكلات البيئية التي تخص الأراضي الجافة ألا وهي التصحر، فيعرض لمفهومها وأسبابها والآثار المترتبة على قضية التصحر، وكذلك طرق العلاج التي تخفف من هذه الآثار. وأخيراً يتناول الكتاب المفاهيم الخاصة بالتنوع البيولوجي وأهميته وصونه مما يعتريه من تهديدات.

تتميز البيئات الصحراوية بندرة المياه حيث يعتبر الماء من أهم العوامل المحددة لنمو وانتشار الكائنات الحية. ولقد تنوعت النباتات والحيوانات الصحراوية في طرق تكيفها مع هذا العامل المحدد وغيره من الظروف القاسية التي تتميز بها البيئات الصحراوية. وهذا إنما يدلل على عظمة الخالق سبحانه وبالغ حكمته فيما أودعه في خلق هذه البيئات الصحراوية المتباينة من قوانين تضمن اتزانها وإمدادها للكائنات الحية بمقومات الحياة، وكذلك يدلل على ما أودعه الخالق عز وجل في خلق هذه الكائنات من صفات تؤهلها للتكيف والمعيشة في الظروف الصحراوية القاسية. وتعتبر الدراسات البيئية وتطبيقاتها على البيئات المحلية من العلوم التطبيقية التي تزيد الانتماء للوطن من خلال التعرف على ما يحتويه من بيئات متباينة وكائنات حية متنوعة. ومما يعمق الانتماء التعرف على الجهود المبذولة للحفاظ على النظم البيئية الصحراوية في دولة الكويت من قبل المؤسسات الحكومية ولجان العمل التطوعي.

يشتمل الكتاب على مقدمة وثلاثة أبواب وخاتمة. يستعرض الباب الأول ماهية علم البيئة ومصطلحاته والأفرع المختلفة للدراسات البيئية، والعوامل البيئية المؤثرة على توزيع الكائنات الحية، والمفاهيم المتعلقة ببيئة العشائر، وبيئة المجتمعات، وبيئة النظم البيئية. ويتناول الباب الثاني البيئة الصحراوية حيث يستعرض أنواع وخصائص الصحاري وتوزيعها على مستوى العالم والوطن العربي، والبيئات الصحراوية بدولة الكويت، والصور المختلفة لتكيف النباتات والحيوانات مع الظروف البيئية القاسية والمميزة للنظم الصحراوية، وينتهي هذا الباب بالحديث عن قضية التصحر وتدهور الأراضي الجافة. كذلك يستعرض هذا الباب طرق مكافحة التصحر على مستوى الوطن العربي بشكل عام، وعلى مستوى دولة الكويت بشكل خاص. ويتناول الباب الثالث مفاهيم التنوع البيولوجي وأهميته، والأسباب التي تؤدي إلى فقدان التنوع البيولوجي، والوضع الراهن للتنوع البيولوجي بدولة الكويت، وينتهي هذا الباب بالصون البيولوجي وأنواعه، والاتفاقيات الدولية للصون البيولوجي، والجهود المبذولة للحفاظ على التنوع البيولوجي على مستوى دولة الكويت.

والله نسأل أن يتقبل منا هذا الجهد خالصاً لوجهه الكريم.

المؤلفان

المحتويات

الموضوع	الصفحة
مقدمة	5
الباب الأول: مقدمة في علم البيئة Introduction in Ecology	11
الفصل الأول: مفاهيم أساسية لعلم البيئة Basic Concepts of Ecology	13
الفصل الثاني: القوانين البيئية التي تتحكم في نمو وانتشار الكائنات الحية Environmental Laws Controlling Growth and Distribution of Living Organisms	23
الفصل الثالث: العوامل البيئية Environmental Factors	29
أولاً: عوامل التربة Soil Factors	29
ثانياً: العوامل المناخية Climatic Factors	51
ثالثاً: العوامل الموقعية Geographic Factors	64
رابعاً: العوامل البيولوجية Biological Factors	66
الفصل الرابع: بيئة العشائر Population Ecology	67
أولاً: حجم العشيرة Population Size	67
ثانياً: أنماط التوزيع المكاني للعشيرة Patterns of Local Distribution	70
ثالثاً: التركيبة السكانية Demography	71
رابعاً: نمو العشائر Population Growth	76
خامساً: ديناميكية العشائر Population Dynamics	81
الفصل الخامس: بيئة المجتمعات Community Ecology	85
أولاً: العلاقات التفاعلية بين المكونات الحية للمجتمع Community's interactions	85
ثانياً: تحكم الكائنات السائدة والمؤثرة في تركيب المجتمعات Dominant and keystone species exert strong controls on community structure	97
ثالثاً: مفاهيم متباينة حول تركيب المجتمعات Contrasting views of community structure	109

الموضوع	الصفحة
الفصل السادس: بيئة الكساء الخضري Vegetation Ecology	113
أولاً: المجتمع النباتي Plant Community	113
ثانياً: أنواع الكساء الخضري Types of Vegetation	115
ثالثاً: الطرق المختلفة لدراسة الكساء الخضري Methods of Studying Vegetation	115
رابعاً: الصفات الاجتماعية التي تتميز بها المجتمعات النباتية	122
خامساً: التعاقب في الكساء الخضري Vegetation Succession	127
الفصل السابع: بيئة النظم البيئية Ecosystem Ecology	133
أولاً: مفهوم النظام البيئي والطاقة والمادة Ecosystem, Energy, and Matter	133
ثانياً: سريان الطاقة ودوران العناصر Energy flow and chemical cycling	134
ثالثاً: تحدد العوامل الطبيعية والكيميائية الانتاجية الابتدائية للنظم البيئية Physical and chemical factors limit primary production in ecosystems	141
رابعاً: كفاءة سريان الطاقة عبر مستويات التركيب الغذائي Efficiency of energy transfer between trophic levels	146
خامساً: الدورات الحيوية الأرضية الكيميائية Biogeochemical Cycles	152
سادساً: تأثيرات الأنشطة البشرية على دوران العناصر Impacts of Human activities on Nutrient Cycling	165
سابعاً: النظم البيئية الأرضية والنظم البيئية المائية Terrestrial and Marine Ecosystems	175
الباب الثاني: البيئة الصحراوية Desert Ecology	179
الفصل الأول: الصحاري وأنواعها وخصائصها Types and Characteristics of Deserts	181
أولاً: كيفية تكون الصحاري How deserts are formed	182
ثانياً: الأسس العامة لتصنيف الصحراء Desert Classification	185
الفصل الثاني: تكيف الكائنات الحية مع البيئة الصحراوية Adaptation of Living Organisms in Desert Environment	189
أولاً: التكيف في النباتات الصحراوية Adaptation in Desert Plants	189
ثانياً: التكيف في الحيوانات الصحراوية Adaptation in Desert Animals	193

الموضوع	الصفحة
الفصل الثالث: البيئات الصحراوية في الكويت وخصائصها	
Desert Environments in Kuwait and their Characteristics	209
أولاً: الموقع الجغرافي Geographic Location	209
ثانياً: الظروف المناخية Climatic Conditions	211
ثالثاً: التضاريس «أشكال سطح الأرض» Geomorphology	215
رابعاً: أنواع الرواسب والتربة Types of Sediments and soils	224
الفصل الرابع: التصحر وتدهور الأراضي الجافة	
Desertification and Land Degradation in Arid Lands	227
أولاً: الأراضي الجافة وأهميتها Types and Importance of Arid Lands	228
ثانياً: مفهوم التصحر Concept of Desertification	231
ثالثاً: أسباب التصحر «تدهور الأراضي» Causes of Desertification	232
رابعاً: الآثار المترتبة على التصحر Effects of Desertification	235
خامساً: مكافحة التصحر وحماية الأراضي الجافة	
How to Combat Desertification and Protect Arid lands	235
سادساً: التصحر في الوطن العربي Desertification in Arab Countries	237
سابعاً: التصحر في دولة الكويت Desertification in Kuwait	239
الباب الثالث: التنوع البيولوجي Biodiversity	245
الفصل الأول: مفاهيم التنوع البيولوجي وأهميته	
Concepts and Importance of Biodiversity	247
الفصل الثاني: العوامل المؤثرة على التنوع البيولوجي	
Factors Affecting Biodiversity	251
أولاً: تأثير العوامل الجغرافية الحيوية على التنوع البيولوجي للمجتمعات	
Biogeographic factors affect community biodiversity	251
ثانياً: تأثيرات العلاقات التفاعلية والاضطراب على التنوع البيولوجي	
Effects of Biological interactions and Disturbance on Biodiversity	256
ثالثاً: الاضطرابات البشرية وفقدان التنوع البيولوجي	
Human Disturbance and Biodiversity Loss	258

الموضوع	الصفحة
الفصل الثالث: الصون البيولوجي Biological Conservation	263
أولاً: طرق صون التنوع البيولوجي Methods of Biodiversity Conservation	263
ثانياً: التشريعات البيئية المتعلقة بصون التنوع البيولوجي Legislations and Biodiversity Conservation	267
الفصل الرابع: التنوع البيولوجي في دولة الكويت Biodiversity in Kuwait	271
أولاً: التنوع النباتي في الكويت Plant Biodiversity in Kuwait	272
ثانياً: تنوع الحياة الحيوانية في الكويت Animal Diversity in Kuwait	277
ثالثاً: التنوع البيولوجي في البيئة البحرية Biodiversity of marine environment	279
رابعاً: تدهور التنوع اليبولوجي في الكويت Biodiversity loss in Kwuait	281
خامساً: الجهود المبذولة للحفاظ على التنوع البيولوجي Conservation of biodiversity in Kuwait	284
الخاتمة	297
المراجع	301
ملحق1: بعض الجهات ذات الصلة بحماية البيئة والتنوع البيولوجي	306

الباب الأول
مقدمة فـي علم البيئة
Introduction to Ecology

الفصل الأول
مفاهيم أساسية لعلم البيئة
Basic Concepts of Ecology

علم البيئة Ecology

يعرف علم البيئة على أنه دراسة العلاقات بين الكائنات الحية والوسط البيئي الذي تعيش فيه هذه الكائنات. وتحدد هذه العلاقات وفرة وتوزيع الكائنات الحية. ومصطلح علم البيئة **Ecology** مشتق من كلمة **Okologie** التي اقترحها عالم الحيوان الألماني أرنست هيكل (1869 **Ernest Haeckel**) لتعني علاقة الحيوان مع المكونات العضوية واللاعضوية في البيئة. وأصل الكلمة مشتق من المقطع اليوناني **Oikes** والتي تعني بيت و**Logos** تعني علم. وبذلك تكون كلمة إيكولوجي هي علم دراسة الكائنات الحية في مواطنها البيئية **Habitats**، من حيث علاقاتها ببعضها وبظروف الوسط التي تعيش فيه.

والبيئة في اللغة العربية مشتقة من الفعل الماضي باء، ومضارعه يبوء، وقد جاء في لسان العرب: بوأ فلان منزلا، بمعنى أنزله. وتبوأ فلان المكان، أي نزله وأقام فيه. وتبوأت منزلاً أي نزلته، ومنه الآية (والذين تبوءوا الدار والإيمان) (الحشر 9)، والتبوّؤ اتخاذ المسكن وإلفه والتزامه. وهكذا، فإن البيئة تعني في اللغة المنزل، أوالمقام، وهي ما يحيط بالفرد أو المجتمع ويؤثر فيهما.

وهناك تعريفات أخرى لعلم البيئة نذكر منها ما يلي:

- علم البيئة هو دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائن أو الكائنات الحية والبيئة المحيطة بها (**Haekel, 1869**).
- علم البيئة هو العلم الذي يهتم بدراسة الطبيعة **Nature** والمحيط الحيوي **Biosphere** من الناحية التركيبية والوظيفية والديناميكية (**Odum, 1959, 1963**).
- يهتم علم البيئة بدراسة تركيب ووظيفة وديناميكية الأنظمة البيئية **Ecosystems** (**Margalef, 1968**).

- يهتم علم البيئة أو العلوم البيئية بدراسة التكامل بين الدراسات الإنسانية والبيولوجية والطبيعية، باعتبار أن الإنسان عنصر من عناصر هذه البيئة، بل هو العامل الهام فيها (Odum, 1971).

أهمية الحفاظ على البيئة

إن حياة الإنسان وصحته ورفاهيته مرتبطة كل الارتباط بمصادر البيئة المحيطة وسلامتها، وهي تحدد مصير الأجيال- حاضراً ومستقبلاً. لذلك فإن الاهتمام بالبيئة ضرورة حياة، وإدراك مخاطر ما تتعرض له البيئة، والنظم البيئية الطبيعية، ومكوناتها الحية، من تلوث وإسراف واستنزاف جائر لم يعد شأناً محلياً خاصاً أو وطنياً بحتاً إنما أصبح هماً إقليمياً ودولياً في آن واحد. وهو ما يستوجب أن ينضم الصالحون في العالم إلى ركب حماة البيئة بوصفها الإطار الذي نحيا فيه جميعاً، ونحصل منه على مقومات حياتنا، فنحميها ونصون مواردها المتاحة، ونستخدمها وننميها بحكمة، فتستمر حياتنا، وحياة الأجيال القادمة، ويتحقق لمجتمعاتنا الرفاه والرقي، في ظل تنمية مستدامة، تضمن حماية البيئة، وجودة الحياة، والمساواة الاجتماعية.

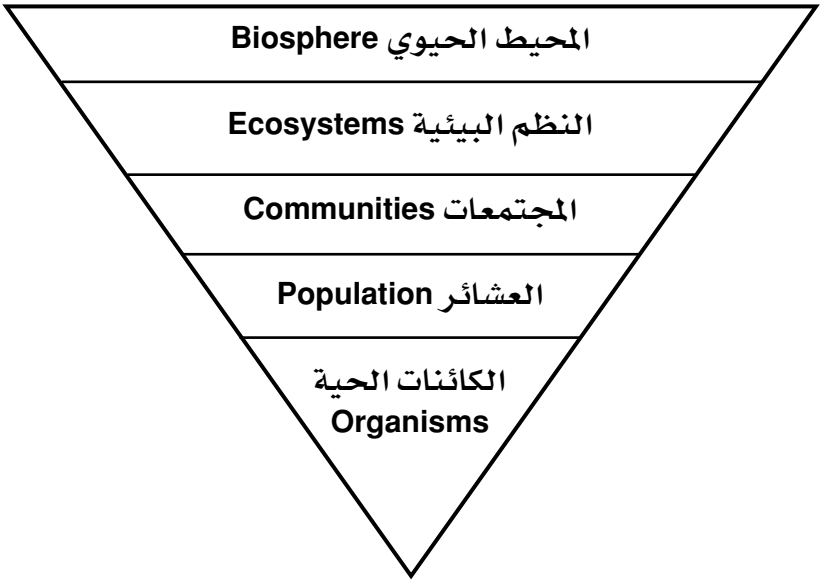
وحتى يتحقق ذلك لابد من خلق تربية بيئية، ووعي وثقافة بيئية سليمة ليس فقط لدى عامة الشعب، منذ نعومة أظافرهم، بل ولدى المسؤولين، والمؤسسات والمنظمات الحكومية وغير الحكومية. إن الاستخدام الرشيد للموارد الطبيعية بعيداً عن الإسراف والتلف والاستنزاف من خلال ترشيد وضبط الاستهلاك، يضمن تلبية حاجات الإنسان والإيفاء بمتطلباته عبر الأجيال المختلفة.

تنوع الدراسات البيئية

يعتبر علم البيئة من العلوم البيولوجية، والذي اعتمد في بادئ الأمر على وصف الكائنات الحية وكيفية تفاعلها مع الوسط الذي تعيش فيه. وفي العصر الحديث تفرع علم البيئة إلى العديد من الدراسات البيئة التي تناولت دراسة تفاعل الكائنات الحية مع الوسط البيئي عند مستويات مختلفة من التعضي بداية من أفراد الكائن

الحي ونهاية بالمحيط الحيوي.

وتتراوح الدراسات البيئية من دراسة أفراد الكائنات الحية وطرق تكيفها مع الوسط البيئي إلى الدراسات المتعلقة بالمتغيرات البيئية على مستوى المحيط الحيوي. كذلك يمكن القول بأن علم البيئة يهتم بدراسة تفاعل الكائنات الحية والعوامل البيئية عند مستويات العشائر، والمجتمعات، والنظم البيئية، والمحيط الحيوي (شكل 1).



شكل 1: مستويات التعضي Organization of Life

ويرتبط علم البيئة بالعلوم البيولوجية الأخرى ارتباطاً وثيقاً كالفسيولوجيا، وعلم الحيوان، وعلم النبات، والكيمياء الحيوية، والوراثة والتطور، والبيولوجيا الجزيئية، والتقنية الحيوية. ويرتبط علم البيئة أيضاً بالعديد من العلوم الطبيعية والتطبيقية والتي تساعد في دراسة وتحليل العوامل البيئية المختلفة ومن هذه العلوم علم الفيزياء، والكيمياء، والجيولوجيا، والجغرافيا، والمناخ، وعلم التربة، وعلوم الرياضيات والإحصاء.

ومـن الأهمية بمكان أن نتعرف على المصطلحات الأساسية لمكونات البيئة ومستوياتها المختلفة وهي كالتالي:

الوسط البيئي Environment

- يشتمل الوسط البيئي الذي يعيش فيه أي كائن حي على مكونات حية ومكونات غير حية.
- وتشتمل **المكونات الحية Biotic components** على مختلف المجموعات التصنيفية للكائنات الحية الأخرى التي تتواجد في الوسط البيئي، مثل الكائنات الدقيقة، والنباتات، والحيوانات، والطحالب، .....
- وتشتمل **المكونات غير الحية Abiotic components** على التربة، والهواء، والماء، والظروف الجوية مثل الحرارة، والضوء، والرياح، والرطوبة،....

المحيط الحيوي Biosphere

- هو الوسط الذي تعيش فيه جميع الكائنات الحية من نباتات وحيوانات وكائنات دقيقة. ويتكون المحيط الحيوي من: الغلاف الصخري **Lithosphere**، والغلاف الجوي **Atmosphere**، والغلاف المائي **Hydrosphere**.
- وعلى ذلك يمكن القول بأن كوكب الأرض بما يحتويه من مكونات غير حية ومكونات حية يعبر عن المحيط الحيوي. ويمكن تقسيم **المحيط الحيوي Biosphere** إلى عدد من الأقاليم الحيوية **Biomes** أو النظم البيئية **Ecosystems**.
- ويمثل الغلاف المائي حوالي 71٪ من سطح الأرض. وتغطي المحيطات ما يقرب من 81 ٪ من نصف الكرة الأرضية الجنوبي أي ما يزيد عن نسبة المحيطات في نصف الكرة الأرضية الشمالي بحوالي 20٪.
- تحـاط الكـرة الأرضيـة بطبقـة رقيقـة تعـرف بالغلاف الجوي. ويتواجد حوالي 80٪ من الهواء حتى ارتفاع 11 كم «منطقة التروبوسفير».
- أما الغلاف الصخري فيتكون من القشرة الأرضية وأعلى طبقة من الوشاح. ويتميز الغلاف الصخري بأنه طبقة باردة وصلبة وقوية.

- **والقشرة الأرضية عبارة عن** طبقة سطحية رقيقة من الكرة الأرضية يتراوح سمكها من 5 كم إلى أكثر من 40 كم. وتقسم القشرة الأرضية إلى **قشرة أرضية قارية** «أي التي تقع في اليابسة» ويصل سمكها من 35 إلى 60 كم، **وقشرة أرضية محيطية** «أي التي تقع تحت المحيطات» ويصل سمكها إلى 5 كم.
- وتعتبر الطبقة السطحية المفتتة من القشرة الأرضية (التربة) إلى عمق يزيد قليلاً عن 3 أمتارمن أكثر الطبقات تفاعلاً مع الكائنات الحية. أما الطبقات العميقة من القشرة الأرضية فهي غير قادرة على اعالة الحياة، حيث ترتفع درجة الحرارة، وينعدم الهواء، ولا يتوفر الغذاء. ويحتوي الغلاف الصخري على الكثير من المعادن التي يستثمرها الإنسان في شتى مجالات حياته. وتدخل كثير من المعادن في بناء المادة الحية، وتسهم بفاعلية في تسيير النشاطات الحيوية في كل صور الحياة.

تفاعل مكونات المحيط الحيوي فيما بينها

- وتتفاعل المكونات الثلاثة الطبيعية غير الحية للمحيط الحيوي (الغلاف المائي، والغلاف الصخري، والغلاف الجوي) فيما بينها فعلى سبيل المثال تتحرك المياه والأمواج بفعل التيارات الهوائية والرياح مما يجعلها تصطدم بالغلاف الصخري وبذلك يتشكل سطح الأرض. ويلعب الماء والهواء دوراً هاماً في عمليات التجوية والتعرية والتي تؤدي في النهاية إلى تكوين التربة وتشكيل سطح الأرض. والذي بدونه لصار سطح الأرض طبقة صماء صلدة مثلها مثل سطح القمر الذي لا يغلفة هواء.
- وتؤثر المكونات الطبيعية «غير الحية» على الكائنات الحية فعلى سبيل المثال تؤثر عوامل المناخ ومكونات التربة على تواجد وانتشار الكائنات الحية. وكذلك تؤثر الكائنات الحية على المكونات الطبيعية غير الحية فعلى سبيل المثال تؤثر النباتات والحيوانات في عمليات التجوية وإضافة المواد العضوية إلى التربة.

النظام البيئي Ecosystem

- يعرف النظام البيئي على أنه وحدة المحيط الحيوي. وتشتمل على مجموعة المجتمعات التي تتواجد في منطقة محددة إضافة إلى العوامل البيئية للمكونات غير الحية المميزة لهذه المنطقة.
- أما النظم البيئية المتشابهة مناخياً، أو المرتبطة مع بعضها، فتدعى الأقاليم الحيوية Biomes، مثل إقليم الغابات الإستوائية، وإقليم الصحاري. وتعتبر الأقاليم الحيوية أكثر اتساعا وتعقيداً من النظم البيئية الطبيعية، إلا أنها تمثل المجتمعات التي تعيش وتعتمد على العوامل البيئية غير الحية، مع بعض الاختلاف بين الكائنات الحية في الأماكن الجغرافية المختلفة من الإقليم الحيوي.

المجتمع Community

- هو مجموعة من الأفراد غالباً ما تنتمي لأنواع مختلفة من الكائنات الحية تعيش في منطقة محددة أو موطن بيئي Habitat. فتعتبر الكائنات الحية المتنوعة من أشجار وشجيرات وحشائش وحشرات وطيور وكائنات دقيقة والتي تتواجد في منطقة معينه مجتمع من الكائنات الحية.
- ويمثل المجتمع تفاعل مجموعة العشائر، التي تعيش في منطقة بيئية محددة، مع بعضها. وتمتاز المجتمعات بخصائص التنوع، والسيادة، والأدوار الوظيفية، التي تقوم بها العشائر المختلفة من خلاله.
- ولكن نظراً لصعوبة دراسة مختلف أنواع الكائنات الحية أدى ذلك إلى التخصص في دراسة المجتمعات، وتقسيمها إلى مجتمع النباتات، ومجتمع الحيوانات، ومجتمع الحشرات، ومجتمع الطيور، ومجتمع الكائنات الدقيقة وهكذا. ويتميز كل من هذه المجتمعات بسيادة أحد الكائنات.

العشيرة Population

- تعرف العشيرة على أنها مجموعة من الأفراد تنتمي لنفس النوع ولها القدرة

على التكاثر فيما بينها، وتتواجد في منطقة بيئية محددة. مثال: عشيرة نبات الرمث، وعشيرة نبات العرفج، وعشيرة من حيوان الضب، وعشيرة من الفيران. ويؤدي سريان الجينات **Gene flow** بين عشائر النوع الواحد إلى تحديد قدرة العشائر للتكيف مع الظروف البيئية المختلفة.

- وتمتاز العشائر بخصائص منها الكثافة السكانية، والتركيب العمري، ومعدل النمو، والديناميكية (نسبة المواليد والهجرة الداخلية مقارنة بنسبة الوفيات والهجرة الخارجية). وتعد العشائر اللبنة الأساسية في علم البيئة، حيث تكون المجتمعات، ومن ثم النظم البيئية.

الكائن الحي أو النوع Species

- يعرف النوع على أنه مجموعة الأفراد التي تشترك في معين وراثي واحد وتتكاثر فيما بينها، وتنجب أجيالاً خصيبة. فالنوع البشري مثلاً مكون من حوالي 7.23 مليار نسمة من الأفراد (**www.census.gov in March 2015**). وتتنوع الصفات الوراثية بين أفراد النوع الواحد نظراً للتغيرات التطورية التي قد ترجع إلى اتساع انتشاره في بيئات تتنوع جغرافياً ومناخياً.

الأفرع المختلفة لعلوم البيئة

يوجد نوعان أساسيان من الدراسات البيئية هما علم البيئة الذاتية، وعلم البيئة الاجتماعية.

1 - **علم البيئة الذاتية Autoecology**

يختص بدراسة العلاقات بين الكائن الحي والبيئة. ومن التساؤلات التي يجيب عنها هذا العلم أين يعيش الكائن الحي ولماذا؟

2 - **علم البيئة الاجتماعية Synecology**

يتناول دراسة تركيب ونمو المجتمعات والعوامل البيئية المؤثرة في توزيعها. ومن الأسئلة التي يجيب عنها هذا العلم كم عدد الكائنات الحية التي تتواجد في الوسط البيئي ولماذا؟

تشتمل دراسة البيئة الذاتية على البيئة الفردية وبيئة العشائر.

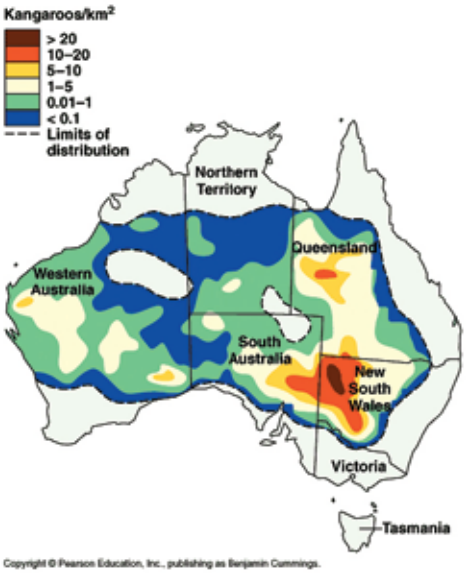
(أ) البيئة الفردية Organismal Ecology

وتهتم بدراسة سلوك فرد معين من الكائنات الحية وتكيفاته الظاهرية والوظيفية التي تمكنه من التفاعل مع الوسط البيئي. ويوضح شكل 2 صورة لنبات القتاد وهو أحد النباتات الصحراوية في البيئة الكويتية، والذي يتميز بصغر حجم الأوراق وكثرة الأشواك.

شكل 2: نبات القتاد *Astragalus spinosus* (Forssk.) Muschl.

(ب) بيئة العشائر Population Ecology

وتهتم بدراسة العوامل المؤثرة في حجم وتركيب العشائر. ويوضح شكل رقم 3 نموذجاً لدراسة توزيع عشائر حيوان الكانجارو في أستراليا. فنجد أن منطقة جنوب ويلز الجديدة تحتوي على أعلى كثافة لحيوان الكانجارو حيث يصل تعداده إلى أكثر من عشرين فرد في الكيلومتر المربع، بينما مناطق شمال وغرب أستراليا يصل فيها تواجد الكانجارو إلى أقل من فرد واحد في كل كيلومتر مربع.



شكل 3: توزيع حيوان الكانجارو Kangaroo في أستراليا.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

وتشتمل دراسة البيئة الاجتماعية على بيئة المجتمعات وبيئة النظم البيئية

(أ) بيئة المجتمعات Community Ecology

وتهتم بدراسة التركيب والنمو والتوزيع الجغرافي لمجتمع (مجموعة العشائر) من الكائنات الحية والعلاقات البيئية المؤثرة في ذلك (شكل 4). وكيفية تأثير العلاقات التفاعلية بين العشائر المختلفة مثل التنافس والافتراس والتطفل في تركيب المجتمعات.

(ب) بيئة النظم البيئية Ecosystem Ecology

تهتم بدراسة جميع العوامل البيئية للمكونات غير الحية وتأثيراتها في مجتمعات الكائنات الحية التي تتواجد في منطقة معينة. كذلك يمكن القول بأن علم بيئة النظم البيئية يهدف إلى دراسة سريان الطاقة ودوران العناصر بين المكونات الحية والمكونات غير الحية.

شكل 4: مجتمع نباتي مكون من عشائر نباتية مختلفة تتواجد في موطن بيئي محدد.

تقسيمات أخرى للدراسات البيئية

كذلك يمكن تقسيم الدراسات البيئية تبعاً لنوع الكائنات الحية، أو نوع المواطن البيئية، أو أشكال النمو، أو طبيعة الدراسة على النحو التالي:

1 - **تبعاً لنوع الكائنات الحية:** تقسم الدراسات البيئية إلى البيئة النباتية، والبيئة الحيوانية، وبيئة الكائنات الدقيقة، وبيئة الحشرات،.....

2 - **تبعاً لنوع الموطن الذي تعيش فيه الكائنات الحية:** هناك البيئة الأرضية، والبيئة البحرية، والبيئة الصحراوية، وبيئة المياه العذبة،.....

3 - **تبعاً لأشكال النمو:** تقسم الدراسات البيئية إلى بيئة الغابات، وبيئة الحشائش، وبيئة السافانا، وبيئة الغابات النفضية،.....

4 - **طبيعة الدراسة:** وتشتمل على البيئة التطورية، والبيئة السلوكية، والبيئة الوظيفية،.....

وقد إتسعت دائرة علم البيئة لتشمل العديد من الفروع المتعلقة به، ومنها إدارة الحياة البرية **Wildlife Management**، وعلم بيئة المتحجرات **Paleoecology**، وعلم الجغرافيا الحياتية **Biogeography**، وعلم تلوث البيئة **Pollution Ecology**، وعلم البيئة الفسيولوجي **Physiological Ecology**، وعلم الصون الحيوي **Conservation Biology**.

الفصل الثاني
القوانين البيئية التي تتحكم في نمو وانتشار الكائنات الحية
Environmental Laws Controlling Growth and Distribution of Living Organisms

من المفاهيم الأساسية في علم البيئة أن لكل نوع من الكائنات الحية ظروفاً طبيعية (عوامل بيئية) يعيش فيها قد لا تشبه ظروف الأنواع الأخرى. وقبل تناول العوامل البيئية المؤثرة على نمو وانتشار الكائنات الحية سوف نعرض لبعض القوانين التي قد تفسر كيفية تأثر نمو وانتشار الكائنات الحية بهذه العوامل ومن هذه القوانين ما يلي:

1 – قانون ليبيج للقيمة الصغرى أو العامل المحدد
Libig's law of minimum Or Limiting factor

- يتأثر نمو وانتشار الكائن الحي بالعامل المتاح بكمية تقارب الحد الأدنى لاحتياجه، ويعرف هذا العامل بالعامل المحدد.
- وقد يكون العامل المحدد أحد العوامل الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية، والذي يؤدي إلى اعاقة كبيرة في نمو الكائن نمواً طبيعياً حتى مع توفر جميع المتغيرات الأخرى اللازمة لعيش ذلك الكائن.
- وبحسب قانون ليبيج للحد الأدنى فإنه يوجد لكل كائن حي متطلبات محددة لابد من توفر الحد الأدنى منها على الأقل حتى يستمر نموه وتكاثره.

مثال: نمو وإنتاجية النباتات الصحراوية لا تعتمد بالدرجة الأولى على العوامل المتوفرة وإنما يكون مرتبطاً بشكل أكبر بالعامل المحدد الذي قد يكون توفر الماء، أو أحد العناصر الغذائية.

2 – قانون شيلفورد للتحمل Shelford's law of tolerance

- ينص قانون شيلفورد للتحمل على أنه لايرتبط العامل المحدد لنمو وانتشار

الكائن الحي بوجوده فقط بكميات ضئيلة في الوسط ولكن يمكن أن تؤدي زيادة كمية العامل زيادة كبيرة إلى التأثير كعامل محدد أيضاً. وحدود التحمل للعوامل البيئية هي درجات دنيا وقصوى تبديها الكائنات الحية لتحمل تباينات كل من العوامل المختلفة (مثل درجات الحرارة، شدة الإضاءه، الماء المتاح)، وينحصر بينهما مدى من التحمل يتوسطه المدى الأمثل **optimum range** لهذا العامل والذي يمثل الظروف البيئية المثالية لنمو وانتشار الكائن الحي وتكاثره، حتى إذا تدنى هذا العامل أو ارتفع أصبحت حياة الكائن مهددة، لكنه لن يموت إلا إذا كان التغير في العامل تغيراً جذرياً زيادة أو نقصاناً (شكل 5).

- وقد يكون أحد الكائنات الحية واسع التحمل لعوامل معينة وضيق التحمل لعوامل أخرى. وغالباً ما تكون الكائنات الحية ذات مدى التحمل الواسع لمعظم العوامل البيئية أكثر الأنواع انتشاراً في المناطق الجغرافية والبيئية المختلفة. وقد يتباين مدى التحمل والظروف المثلى للنوع الواحد، وخصوصاً إذا تواجد هذا النوع في مدى جغرافي واسع، وذلك بسبب ظهور تراكيب جينية عن طريق الانتخاب الطبيعي والتكيف.
- تعتبر مرحلة التكاثر في الكائن الحي هي المرحلة الحرجة التي تحتاج لظروف بيئية قريبة من الحد المثالي. لذا نجد أن تكون البذور وإنباتها، ونموالأجنة والطلائع النباتية واليرقات لا يكون إلا في فترات معينة من السنة تحت الوضع الطبيعي وذلك لعدم استمرارية الظروف المثالية على مدار السنة.

شكل 5: مدى تحمل الكائن الحي للعامل البيئي.

3 - المفهوم المشترك للعوامل المحددة Limiting Factors

- يعتمد تواجد الكائنات الحية ونجاحها في البقاء على مجموعة مركبة من العوامل البيئية المتداخلة.
- وتتداخل تأثيرات العوامل البيئية لتحدث تأثيرات مشتركة ليس من السهل الفصل بينها، ومجمل التأثير المشترك لعاملين أو أكثر قد يزيد عن التأثير الفردي للعوامل.
- فإذا تعددت العوامل الواقعة خارج مدى التحمل الأمثل فإنها تسبب إجهاداً كبيراً للكائن الحي قد يصل إلى الموت.
- يعتبر هذا المفهوم جمع بين قانون الحد الأدنى أو العامل المحدد وقانون حدود التحمل، وتعميماً لقوانين العوامل المحددة.

4 -تعويض تأثير العوامل Factor compensation

- للكائنات الحية تأثير على العوامل البيئية المحيطة بها فهي قد تغير في هذه العوامل، فعلى سبيل المثال يؤدي نمو النباتات إلى تغير في خصائص التربة، فيزيد من خصوبتها، ويحسن من الظروف البيئية المحيطة بها.
- أو قد تتغير هي مما يؤدي إلى تخفيف التأثيرات المحددة لنموها وانتشارها ومثال على ذلك التكيفات التركيبية (ظاهرية أو تشريحية) للكائنات الحية بما يتناسب مع الظروف البيئية المحيطة بها. ومن أمثلة ذلك تكيف النباتات الجفافية مع ظروف البيئة الصحراوية من قلة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة فنجد بعض النباتات تتحور أوراقها إلى أوراق عصيرية مخزنة للماء. وبعض النباتات الصحراوية تفقد أوراقها بالكلية أو تتحور إلى أشواك وفي هذه الحالة يتلون الساق باللون الأخضر للقيام بعملية البناء الضوئي.
- والتركيب التشريحي للأوراق والسيقان والجذور يحمل الكثير من الدلالات التكيفية مع البيئات الصحراوية والتي سنتعرض لها بالتفصيل في الفصول القادمة.
- وقد يؤدي تكيف بعض الأنواع ذات المدى الواسع الانتشار في أوساط بيئية

متفاوتة إلى تميز مجموعات من الأفراد لنفس النوع تعيش متكيفة مع مختلف هذه الأوساط مما ينتج عنه أنماط من التكيف الخاص لظروف كل بيئة.

- فإذا كان هذا التكيف من خلال الصفات الظاهرية أو الوظيفية دون أن تنتقل الصفات إلى الأبناء سمي هذا النمط بالطراز البيئي **Ecotype**. أما إذا تم تثبيت صفات التكيف التي يبديها هذا الطراز في التركيب الجيني للأفراد وبذلك تورث صفات التكيف للأبناء سمي هذا النمط بالطراز الوراثي **Genotype**.

5 – ظروف التواجد كعوامل منظمة Conditions of Existence

- في كثير من الأحيان تتكيف الكائنات الحية مع العوامل البيئية القاسية وذلك من خلال توقيت نشاطها وتنظيم دورات حياتها. ومن أمثلة ذلك ما يلي:

مثال1: سلوك النباتات الحولية

تأقلمت النباتات الحولية للظروف الجفافية في البيئة الصحراوية من خلال وجود مثبطات للإنبات عند كثير من بذورها فتظل كامنة حتى تسقط كمية مناسبة من المطر تكفي للتخلص من مثبطات الإنبات، وفي نفس الوقت تكون كافية لكي تكمل البذرة دورة حياتها من بادرة إلى نبات مزهر ثم مثمر ثم يلقي النبات بذوره مرة أخرى لتنتهي دورة الحياة وتكمن البذور في التربة انتظاراً لموسم المطر التالي، وبذلك تتمكن النباتات الحولية من الحفاظ على تواجدها رغم الظروف البيئية القاسية.

مثال2: هجرة الطيور

تهاجر الكثير من الطيور بغرض التكاثر وبحثاً عن بيئات مناسبة من حيث المناخ وتوفر الغذاء. حيث يهاجر كثير من أنواع الطيور هجرات موسمية منتظمة لمسافات هائلة تصل إلى عشرات الآلاف من الكيلومترات في أوقات واتجاهات محددة.

مثال 3: البيات الشتوي والسبات الصيفي

- يحدث البيات الشتوي عند العديد من الحيوانات مثل القوارض والدببة التي تعيش في البيئات الباردة ففي فصل الشتاء ينخفض نشاطها الحيوي ومعدلات أيضها وتنفسها وضربات قلبها. وقد يستمر البيات الشتوي لعدة أيام أو أسابيع أو شهور تبعاً للظروف البيئية القاسية ونوعية الحيوانات.
- أما السبات الصيفي فيحدث في البيئات الصحراوية الجافة عند ارتفاع درجات الحرارة ونقص الغذاء في فصل الصيف، حيث يدخل الكثير من الحيوانات الفقارية مثل القوارض والزواحف في حالة من السبات الصيفي فتهرب من الجو الحار إلى الجحور والأسطح الباردة وينخفض نشاطها ومعدلات أيضها.

6 - الاتزان الطبيعي للمجتمعات والنظم البيئية

- كما أن لكل كائن مدى تحمل يخصه، فإن للمجتمعات **Communities** رد فعل مختلف تجاه العوامل البيئية، وفي معدل استجابتها للظروف البيئية. فهناك بعض المجتمعات التي تستجيب بسرعة للظروف الإيجابية، كتوفر الغذاء مثلاً، وتتأثر بشدة بالظروف البيئية السلبية، كالجفاف. ومن الأمثلة على ذلك النباتات الحولية والحشرات والفيران. وهناك مجتمعات تكون أقل استجابة للتغيرات. ومن الأمثلة على ذلك الأشجار الكبيرة والحيوانات الثديية الكبيرة.
- وأما النظم البيئية فتمتلك قدرة ذاتية على البقاء **Persistence** تحت ضغط التغيرات المحيطة. وهنا قد يمارس النظام البيئي دوره بطريقتين لتحقيق العودة إلى الاتزان الطبيعي هما المرونة البيئية، والمقاومة البيئية.

(أ) المرونة البيئية Ecological resilience

وهي القدرة على امتصاص التغيير، ومن ثم البقاء، ومن ثم العودة إلى الوضع الطبيعي عند تحسن الظروف. ومن هذا المفهوم نستنتج بأن تأرجح العشائر السكانية تحت تأثير تغيير معين لا يعني ان النظام البيئي قد انتكس، بل إن أمامه

فرصة فـي استرداد عافيته إذا كانت الأفراد التي يتألف منها النظام البيئي متكيفة ومرنة.

(ب) المقاومة البيئية Ecological resistance

وهي قدرة النظام البيئي على مقاومة التغيير بأقل ضرر ممكن. وتنتج المقاومة من مكونات النظام البيئي نفسه. وعادة ما يمتاز النظام البيئي المقاوم بقدرة حيوية عالية وبطاقة مخزونة تساعد على البقاء فيستطيع نظام الغابات، مثلاً، أن يقاوم درجات الحرارة المرتفعة، والمنخفضة، وكذلك الجفاف، وانتشار الحشرات الفصلي، وذلـك لتمكن هذا النظام من استخدام الطاقة المخزنة فـي أنسجته لاستدراج عافيته.

الفصل الثالث
العوامل البيئية Environmental Factors

يتأثر نمو وانتشار الكائنات الحية بمجموعة متنوعة من العوامل أو الظروف البيئية يرتبط بعضها بالمكونات غير الحية وتشمل عوامل التربة **Edaphic Factors** (مثل: قـوام التربة، ومحتواها المائي، ومحتواها العضوي)، والعوامل الموقعية **Physiographic Factors** (مثل: التعرض، والانحدار)، والعوامل المناخية **Climatic Factors** (مثل: درجـات الحـرارة، والرطوبة النسبية، والهطول). والبعض الآخر يرتبط بالمكونات الحية وتشمل العلاقات التفاعلية بين الكائنات الحية **Biological Factors** (مثل: التنافس، والافتراس، والتطفل).

أولاً: عوامل التربة Soil Factors

التربة وأهميتها

تعرف التربة على أنها الطبقة السطحية المفتتة من القشرة الأرضية وتنمو فيها النباتات. وتعتبر التربة من الموارد الطبيعية الهامة التي تعتمد عليها الحياة. فكما تحتاج الكائنات الحية للهواء والماء النظيف فإنها تحتاج إلى التربة النظيفة. إن أكثر من 95٪ من غذاء الإنسان يأتي من المحاصيل والخضروات والفاكهة التي تحتاج إلى الأرض لزراعتها، ومن حيوانات الماشية والأغنام التي تعتمد على النباتات الرعوية التي تزرع أو تنمو بصورة طبيعية في المراعي. لذلك من الضروري إدارة هذا المورد الهام والمحافظة على التربة في صورة صحية ومنتجة للحفاظ على حياة الإنسان والكائنات الحية الأخرى.

يمكن التعرف على أهمية التربة من خلال ما تقوم به من وظائف وهي:

1. التربة موطن تنمو فيه النباتات وتعيش فيه العديد من الكائنات الحية.

2. وسط جيد للإنشائات الهندسية (مثل: شق الطرق، وبناء المدن).
3. يتم في التربة دوران العناصر من خلال تحلل المواد العضوية بفعل الكائنات الدقيقة.
4. يستفاد من التربة في شق القنوات والترع.
5. تعمل التربة على تنقية المياه من العوالق والملوثات.

تكون التربة Soil Formation

تساهم عمليات التجوية سواء الكيميائية أو الفيزيائية في تكوين التربة. وتلعب الظروف المناخية مثل الأمطار والرياح دوراً كبيراً في تكوين التربة وتحديد بعض صفاتها. وتتنوع التربة على حسب الصخور التي تكونت منها. ويؤدي نشاط الكائنات الحية ونمو النباتات إلى إضافة المادة العضوية للتربة مما يساهم في تحسين خصائصها.

وتشتمل عمليات التجوية الفيزيائية التي تساعد في تكوين التربة على التقلبات في درجات الحرارة والرطوبة وغيرها مما يؤدي إلى تفتت الصخور. أما عمليات التجوية الكيميائية فتشمل الأكسدة والاختزال، والتحلل المائي.

وتنشأ المادة الأصلية التي تكون الهيكل المعدني للتربة إما من تفتت الصخور الموجودة في نفس المكان الذي به التربة، أو تتكون من صخور بعيدة عن هذا المكان ثم تنتقل إليه بواسطة المياه الجارية أو الرياح أو حركة الجليد أو الجاذبية الأرضية. وتتميز التربة في الحالة الأولى بتدرجها في درجة التفتت والتحلل الكيميائي من سطح التربة وحتى العمق الذي توجد عنده الصخور، ويبلغ التفتت والتحلل ذروته عند السطح. أما في حالة التربة المنقولة فتتصف التربة بعدم تدرجها وبالتغير الفجائي في صفات الطبقات المكونة لها.

مكونات التربة Soil Components

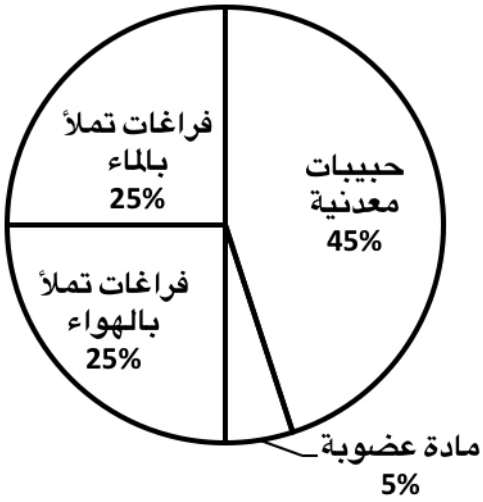
تتكون التربة من أربع مكونات هي: حبيبات معدنية 45٪، ومادة عضوية 5٪، وفراغات بينية تملأ بالماء 25٪، وفراغات بينية تملأ بالهواء 25٪ (شكل 6). وتتكون

الحبيبات المعدنية من ثلاثة أنواع رئيسية تختلف في صفاتها الطبيعية والكيميائية وهي حبيبات الرمل، وحبيبات الطمي، وحبيبات الطين. وقد تختلط التربة بعناصر أخرى، مثل كربونات الكالسيوم في البيئات الساحلية.

تتكون حبيبات **الرمل Sand** من عملية التعرية الجوية لصخور السيليكا (SiO_2). وتتراوح أحجام حبيبات الرمل من 2 إلى 0.02 مم وهي حبيبات خشنة، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء ضعيفة، لذلك نجد أن نفاذية الماء **Permeability** في الرمل عالية، وكذلك تهوية جذور النباتات بالأكسجين عالية أيضاً. وتعتبر التربة الرملية غير ناضجة وجافة نظراً لعدم قدرتها على الاحتفاظ بالمعادن، وارتفاع نفاذيتها، ولتدني الخاصية الشعرية فيها.

أما حبيبات **الطمي (الغرين) Silt** فيعتبر حجمها متوسطاً بين الرمل والطين، إذ يتراوح من 0.02 إلى 0.002 مم، وهي حبيبات ناعمة صغيرة، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء متوسطة. ويتكون الطمي من أنواع مختلفة من طبقات الصخور التحتية **Parent rocks** وتترسب بالتربة بواسطة الرياح والمياه، وخصوصاً في مناطق دلتا الأنهار، ويشابه الغرين الطين في خواصه، لكنه أقل تماسكاً وصلابة.

تعتبر حبيبات **الطين Clay** (أصغر من 0.002 مم) أدق حجما لذلك تتميز بالطبيعة الغروية التي تمكنها من الاحتفاظ بالمعادن، وبالخاصية الشعرية التي تمكنها من الاحتفاظ بالماء. وتلتصق حبيبات الطين مع بعضها عندما تبلل وتكون كتل صلبة عندما تجف. لذلك يصعب على جذور النباتات اختراقها والاستفادة مما تحتفظ به من ماء أو معادن. ويتكون الطين من التعرية الجوية لصخور الجرانيت، ويحتوي على مركبات الألومنيوم والمعادن المرافقة له.



شكل 6: مكونات التربة الأربعة.

تتكون المادة **العضوية Organic matter** من بقايا النباتات وفضلات الحيوانات المحللة جزئياً مكونة ما يعرف **بالدبال Humus**. ويعتبر الدبال ضروري للتربة، حيث يحافظ على الفراغات الهوائية في التربة الطينية، مما يقلل من صلابتها، كما يجعل التربة الرملية تحفظ كمية أكبر من الماء. ويمنع الدبال من عملية نزع المعادن من التربة.

وتختلف نسبة المادة العضوية اختلافاً كبيراً في الأراضي المختلفة تبعاً للظروف المحيطة. وتزداد نسبة المادة العضوية في أراضي الغابات حيث يكون الغطاء النباتي كثيفاً، وتصل إلى الحد الأدنى في الأراضي الصحراوية حيث يكون الغطاء النباتي ضئيلاً. ويؤثر الرعي الجائر والزراعة المتكررة على كمية الدبال، ويقلل من نسبته، مما يجعلها غير مناسبة للزراعة.

تختلف نسبة **الماء والهواء** تبعاً لنوع التربة، ففي التربة الرملية (**sandy soil**) مثلاً تقل نسبة الماء الذي تستطيع حمله التربة، بينما تزداد نسبته في الأراضي الطينية (**clay soil**)، وتكون وسطاً في الأراضي الطفالية (**Loamy soil**) والتي تعتبر مزيجاً متوسطاً من الحبيبات المعدنية. وتعتبر التربة الطفالية هي التربة المثالية للنباتات. وتتأثر نسبة الهواء بحجم الحبيبات والحالة الموجودة عليها هذه

الحبيبات، إذ أنها إما أن توجد منفردة أو متجمعة. فتزداد التهوية في التربة ذات الحبيبات الخشنة أو الحبيبات المتجمعة، وتقل بشكل كبير في التربة ذات الحبيبات الدقيقة المنفردة.

مقطع التربة Soil Profile

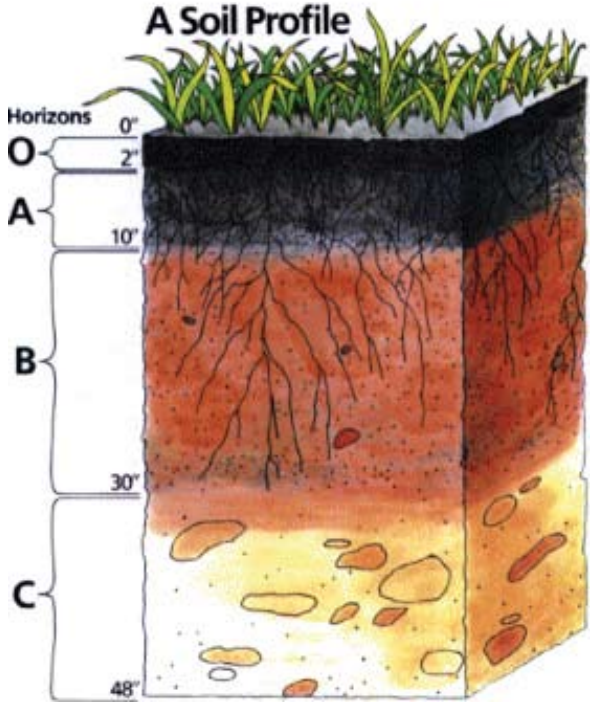
يعتبر مقطع التربة Soil profile وعمقها Soil depth من أهم المميزات التي تميز أنواع التربة عن بعضها. ويتوقف عمق التربة على مجموعة واسعة من الظروف الكيميائية والحيوية والفيزيائية داخل المنطقة. وهنا يجب أن نفرق بين العمق الفيزيائي والعمق الفسيولوجي للتربة، فقد توصف التربة بأنها عميقة رغم أنها قد تكون ضحلة فسيولوجياً نظراً لوجود طبقات رقيقة من كربونات الكالسيوم التي تؤدي إلى اندفاع الماء الباطني إلى سطح التربة مما يمنع الاستعمال الكامل للتربة المتاحة لجذور النباتات أو كائنات التربة الأخرى.

وللتعرف على صفات طبقات التربة المختلفة التي تشكل مقطع التربة، يتم عمل حفرة بعمق مترين تقريباً وباتساع يسمح للباحث الوقوف فيها ودراسة مقطع التربة (شكل 7) من خلال التعرف على الخصائص الطبيعية والكيميائية لكل طبقة من طبقات التربة، وكذلك يمكن دراسة توزيع جذور النباتات فيها.

يمكن التعرف على ثلاث طبقات في مقطع التربة وهي: الطبقة السطحية، والطبقة تحت السطحية، والطبقة الانتقالية.

الطبقة الأولى (A) وتعرف بالطبقة السطحية أو منطقة الاستخلاص Zone of Extraction

وهي الطبقة العليا، وتتركب من حبيبات خشنة نتيجة لانتقال الحبيبات الدقيقة والغرويات إلى أسفل، وهي طبقة فقيرة في الأملاح القابلة للذوبان نتيجة لعملية الغسيل بواسطة الماء الذي يتسرب لأسفل إلى الطبقات العميقة. ويرجع وجود الحبيبات المركبة في هذه المنطقة إلى وجود المواد العضوية المتحللة وإلى عوامل أخرى. هذه الصفات تجعلها سهلة الاختراق بواسطة الجذور كما تنحصر فيها جذور النجيليات والحوليات وبعض النباتات الأخرى.



شكل 7: مقطع التربة يوضح الطبقات الأساسية للتربة.

وفي الأراضي التي يكون فيها الغطاء النباتي كثيفاً تتجمع بقايا النباتات غير المتحللة على السطح مكونة طبقة عضوية سطحية (O: organic layer). يلي ذلك الطبقة السطحية والتي يمكن تقسيمها إلى أكثر من طبقة فرعية: منها A1 وهي أدكن في لونها نتيجة اتحاد المادة العضوية بالتربة، وA2 وهي التي تقع أسفلها وتكون أفتح لونا من الطبقة الفرعية الأولى.

الطبقة الثانية (B) وتعرف بالطبقة تحت السطحية أو منطقة التركيز Zone of Concentration

وتقع أسفل الطبقة السابقة مباشرة، وتتجمع فيها الأملاح الذائبة والحبيبات الدقيقة التي يحملها الماء من الطبقة العليا. ويقل اختراق الجذور لهذه الطبقة كما يقل تفرعها.

الطبقة الثالثة (C) وتعرف بالطبقة الانتقالية Zone of Parent Rock

تقع أسفل منطقة التركيز منطقة ثالثة (C) لا يحدث فيها استخلاص ولا تركيز، وتعتبر منطقة انتقالية خالية من المادة العضوية وتتركب عادة من تفتت جزئي للمادة الأصلية التي نشأت منها التربة.

قوام التربة Soil Texture

يرتبط قوام التربة بنسبة حبيبات الرمل، والطمي، والطين. ويساعد تحديد قوام التربة على التعرف على الصفات الطبيعية والكيميائية للتربة. ولقوام التربة أهمية بيئية قصوى، نظراً لأن حجم الحبيبات السائد في أي بقعة لابد وأن يكون له أثر كبير على نباتات وحيوانات هذه البقعة، حيث نجد أن التربة الأقل خشونة تسمح لجذور النباتات أن تخترق الطبقة التحتية بسهولة أكثر، وتسهل عمل الحيوانات الثاقبة للتربة Burrowing animals.

ويمكن فصل هذه الحبيبات وتقدير نسبها من خلال التحليل الميكانيكي بعدة طرق منها باستعمال المناخل التي تفصل التربة إلى مجموعات على حسب حجم حبيباتها، ومنها طرق أخرى تعتمد على سرعة الترسيب للحبيبات والمرتبط بحجم الحبيبات. ولقد اتفق في الجمعية الدولية لعلوم التربة على تحديد حجم الحبيبات في كل مجموعة على النحو التالي: الحصى: أكبر من 2 مم، والرمل الخشن: أقل من 2 مم وأكبر من 0.2 مم، والرمل الناعم: أقل من 0.2 مم وأكبر من 0.02 مم، والطمي: أقل من 0.02 مم وأكبر من 0.002 مم، والطين: أقل من 0.002 مم.

بعد تحديد نسب حبيبات التربة يستخدم مثلث القوام (شكل 8) لتحديد قوام التربة والذي يفرق بين اثني عشر نوعاً من التربة وهي: رمل، طين، طمي، طفال، رمل طفالي، طفال رملي، طفال طيني رملي، طين رملي، طفال طيني، طفال طميي، طفال طيني طميي، طين طميي.

شكل 8: مثلث تحديد قوام التربة.

وللتركيب الميكانيكي للتربة أثر كبير على الصفات الأخرى للتربة ومن ذلك ما يلي:

1. التربة التي تحتوي على نسبة كبيرة من الحبيبات الدقيقة يكون المجموع السطحي لحبيباتها كبيراً، وهذا يزيد في قدرة التربة على حمل الماء. ويرجع ذلك إلى وجود الماء في التربة على صورة أغشية تغلف الحبيبات كما يوجد في الزوايا المحصورة بين الحبيبات ويوجد أيضاً متشرباً بواسطة الغرويات.
2. ينفذ ماء المطر بسرعة في التربة ذات الحبيبات الخشنة، بينما ينفذ ببطء في الأراضي ذوات الحبيبات الدقيقة مما يؤدي إلى ضياع جزء من ماء المطر بالتسرب السطحي.
3. نظراً لاحتواء التربة الطينية الثقيلة على نسبة كبيرة من الحبيبات الدقيقة والغرويات، تكون مقاومتها الميكانيكية لاختراق الجذور أكبر من التربة

الخفيفة التي تتركب من نسبة عالية من الحبيبات الخشنة.

4. توجد الغرويات بنسبة عالية في التربة ذات الحبيبات الدقيقة وبنسبة ضئيلة في التربة ذات الحبيبات الخشنة، وحيث أن الأيونات اللازمة لتغذية النبات توجد ممتصة على سطح الحبيبات الغروية لذلك يعد النوع الأول من التربة أكثر خصوبة من الثاني.
5. يؤثر التركيب الميكانيكي للتربة على درجة التهوية، ففي التربة ذات الحبيبات الكبيرة تحصر الحبيبات فيما بينها فراغات كبيرة تسمح بمرور الغازات خلال التربة، وبذلك يسهل التخلص من ثاني أكسيد الكربون الذي يتجمع نتيجة لتنفس الجذور والكائنات الحية الموجودة بالتربة، ويحل محله الأكسجين اللازم للتنفس. أما التربة ذات الحبيبات الدقيقة المنفردة فتكون رديئة التهوية.

بناء التربة Soil Structure

يقصد ببناء التربة كيفية تجمع وترتيب حبيباتها، ومن أنواع هذه التجمعات ما يلي: الحبيبية **Granular**، والطبقية **Platy**، والكتلية **Blocky**، والمنشورية **Prismatic**، والعمودية **Columnar**. أما التربة الرملية فيغلب عليها أنها عديمة البناء أو مفككة لأن حبيباتها منفردة قليلة التجمع. وتتكون التجمعات نتيجة ارتباط الحبيبات الغروية مع بعضها عن طريق مواد لاحمة مثل المادة العضوية، أو أكاسيد الحديد، أو كربونات الكالسيوم. وقد تؤدي عملية الابتلال والجفاف إلى تكوين صورة من التجمعات. كذلك يؤدي نمو الجذور، ومعيشة حيوانات وحشرات التربة إلى تكوين تجمعات من حبيبات التربة.

مسامية التربة Soil Porosity

تشتمل المسامية **Porosity** في التربة على حجم الفراغات البينية الذي يشغله الماء والهواء. وتصل المسامية عادة إلى 50٪، وتنخفض هذه النسبة في الأراضي الرملية، وترتفع في الأراضي الطينية. ويتاثر حجم ونوعية الفراغات البينية

بكيفية تجمع وترتيب حبيبات التربة. ولا يمكن معرفة درجة التهوية Aeration في التربة من المسامية وحدها، بل يجب لمعرفة ذلك تعيين حجم الفراغات الواسعة (غير الشعرية) والتي يشغلها الهواء بعد رشح الماء الذي يعقب سقوط الأمطار أو الري، وحجم الفراغات الضيقة (الشعرية) والتي يشغلها الماء الشعري في معظم الأوقات، ويتعذر مرور الهواء فيها. ونسبة الفراغات غير الشعرية هي التي تحدد درجة التهوية في التربة، كما تحدد نسبة الفراغات الشعرية كمية الماء الذي تحتفظ به التربة عقب الري أو سقوط المطر.

تعتبر التربة نموذجية إذا احتوت على نصف المسامية من فراغات غير شعرية تسمح بمرور الغازات والنصف الآخر من فراغات شعرية تحتفظ بنسبة وافرة من الماء. أما التربة التي تحتوي على نسبة ضئيلة من الفراغات غير الشعرية (مثل التربة الطينية) فتعد رديئة الصرف والتهوية. أما التربة التي تحتوي على نسبة عالية من الفراغات غير الشعرية (مثل التربة الرملية) فتعد جيدة التهوية ولكنها قليلة الاحتفاظ بالماء.

يمكن معالجة رداءة التهوية في التربة الطينية بإضافة مواد عضوية أو جيرية لكي تعمل على تجميع الحبيبات الدقيقة على صورة حبيبات مركبة تحصر بينها فراغات واسعة، فتزداد نسبة الفراغات غير الشعرية، ومن ثم تتحسن التهوية في هذه الأراضي. وتزداد المسامية في التربة بتحلل الجذور التي تخترقها تاركة القنوات التي كانت تشغلها فارغة، وبذلك تملؤها الغازات، وكذلك تعمل حركة الديدان في التربة على زيادة المسامية فيها. وتؤدي عملية الحرث على تفكيك الطبقة السطحية للتربة فتتباعد حبيباتها وتزداد التهوية.

درجة حرارة التربة Soil Temperature

تعد درجة حرارة التربة من العوامل الهامة التي تؤثر على نمو النباتات، ويرجع ذلك إلى أن جزءاً كبيراً من النبات وهو المجموع الجذري ينمو بداخل التربة ويظل باقياً فيها، وكذلك تتأثر سرعة إنبات البذور بدرجة حرارة التربة. وهناك تأثير غير مباشر لهذا العامل على نمو النبات، وذلك عن طريق نشاط الكائنات الحية

الدقيقة التي تعمل على تحليل المواد العضوية إلى مواد بسيطة تستطيع الجذور امتصاصها.

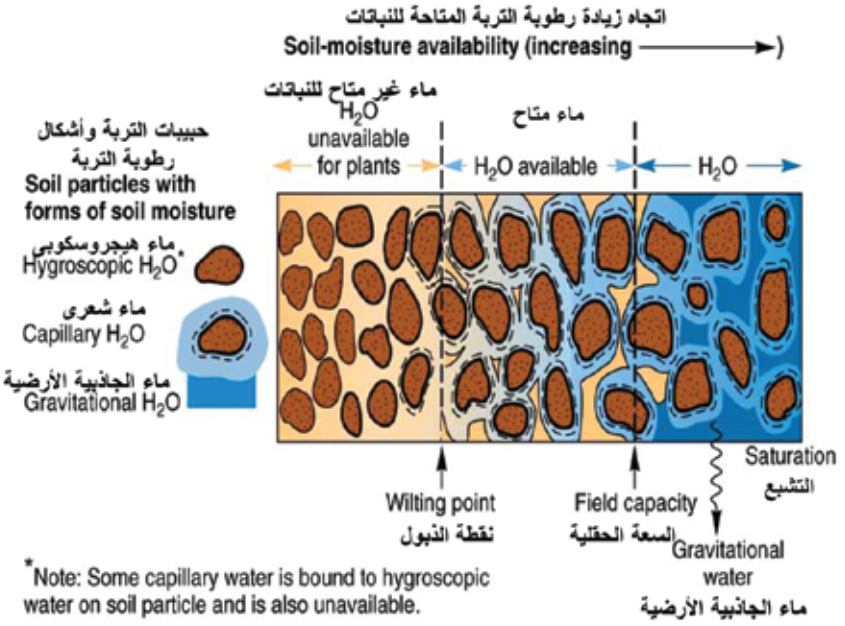
وتتعرض التربة لتقلبات كبيرة في درجة حرارتها، وذلك في الأشهر المختلفة على مدار السنة وفي الأوقات المختلفة من اليوم. ومن العوامل التي تؤثر على درجة حرارة التربة: لون التربة، والتضاريس، وطول النهار، وكمية الرطوبة في التربة، والغطاء النباتي.

فبالنسبة للون التربة نجد أن التربة القاتمة تمتص الحرارة الناتجة عن أشعة الشمس بدرجة أكبر من التربة الفاتحة، كما أنها تعكس الأشعة بدرجة أقل. وللتضاريس أثر كبير على درجة حرارة التربة، فكلما كانت أشعة الشمس قريبة من العمودية عند سقوطها زادت كمية الحرارة التي تكتسبها التربة. ويؤثر طول النهار كذلك في درجة حرارة التربة، ففي أيام الصيف حيث يكون النهار طويلاً ترتفع درجة الحرارة. وكمية الرطوبة في التربة من العوامل الهامة التي تؤثر على درجة حرارة التربة، فالتربة التي تحتوي على نسبة عالية من الماء تكون أبرد من غيرها التي تحتوي على نسبة أقل. وتنخفض أثناء الليل درجة حرارة التربة تدريجياً عن طريق الإشعاع، حتى إذا ماتأخر الليل كانت الطبقات السفلي أدفأ من السطحية، وهذا عكس ما يحدث بالنهار إذ تكون الطبقات السطحية عند الظهر أعلى بكثير في درجة حرارتها من الطبقات العميقة. وتتعرض الطبقات السطحية لتقلبات شديدة في درجة الحرارة في ساعات اليوم المختلفة، وخاصة في فصل الصيف في المناطق الصحراوية، وتقل هذه التقلبات في شدتها تدريجياً كلما تعمقنا في التربة. مما يساعد على انخفاض حرارة التربة تبخر الماء منها، ويعمل الغطاء النباتي على تقليل الحرارة التي تكتسبها التربة من إشعاع الشمس، وبذلك تكون أبرد من التربة العارية أثناء النهار، أما بالليل فيعمل الغطاء النباتي على تقليل الإشعاع من التربة، وبذلك تكون أدفأ من التربة العارية. وفي الأيام التي تظهر فيها السحب أو الضباب يقل فقد التربة للحرارة عن طريق الإشعاع.

رطوبة التربة Soil Moisture

يعتبر الماء من أهم المكونات لنمو النبات، لذلك تعد الرطوبة من أهم عوامل التربة. ومن أهم المصادر المائية المطر، وفي كثير من الحالات يكون هو المصدر الوحيد. وإذا تتبعنا مصير ماء المطر الذي يسقط على التربة وجدنا أن جزءاً ليس باليسير يجري فوق سطح الأرض ويفقد عن طريق الجريان السطحي، ويحدث هذا عادة عندما يكون سطح التربة صلباً أو المطر غزيراً. وهذا الجزء من ماء المطر لايستفيد منه النبات في هذه المنطقة.

أما الماء الذي ينفذ داخل التربة فيتواجد في عدة صور وهي: ماء الجاذبية الأرضية، والماء الشعري، والماء الهيجروسكوبي، وبخار الماء (شكل 9).



شكل 9: حبيبات التربة والأشكال المختلفة لرطوبة التربة.

(المصدر: http://www.asu.edu/courses/gph111/Hydrology/WaterTypes.jpg)

(1) ماء الجاذبية الأرضية Gravitational water

هو الماء الذي يملأ الفراغات الواسعة غير الشعرية في التربة، ويرشح إلى

أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية. ويتوقف طول مدة الرشح على طبيعة التربة، وإذا صادف هذا الماء طبقة صماء أو غير منفذة للماء تجمع وبقي ساكناً ويعرف عندئذ بمستوى الماء الأرضي **water table**، وهو في الغالب بعيداً عن متناول الجذور ولا يستفيد منه النبات.

(2) الماء الشعري Capillary water

هو الماء الذي يوجد على صورة أغشية حول الحبيبات وفي الزوايا المحصورة بين الحبيبات، كما يملأ الفراغات الضيقة الشعرية، وبعد رشح ماء الجاذبية الأرضية تصل التربة إلى سعتها الحقلية (**Field capacity**). وفي هذه الحالة يكون الماء الذي تحتفظ به التربة شعرياً ومعظمه يكون ممسوكاً بقوة بسيطة على سطح الحبيبات، وبذلك يسهل على النبات امتصاصه والاستفادة منه.

وتختلف كمية الماء الشعري الذي تحمله التربة تبعاً لنوعها، ففي التربة الطينية حيث يكون المجموع الكلي لسطوح الحبيبات كبيراً، وكذلك نسبة الفراغات الشعرية، تستطيع التربة حمل مقداراً أكبر من الماء الشعري بينما في التربة الرملية تقل كمية الماء الشعري إلى حد كبير.

ويتعرض الماء الشعري الذي تحتفظ به الطبقات السطحية من التربة للفقد عن طريق التبخر، وكذلك عن طريق امتصاص الجذور السطحية له، أما الماء الشعري الذي تحتفظ به الطبقات البعيدة عن السطح فيكون النقص فيه راجعاً لامتصاص الجذور له فقط، وهذا الجزء الممتص يفقد معظمه عن طريق النتح.

(3) الماء الهيجروسكوبي Hygroscopic water

هو الجزء من الماء الذي تحتجزه التربة بعد جفافها في الهواء. ويوجد هذا الماء في صورة أغشية رقيقة جداً على سطح الحبيبات، ولذلك يكون ممسوكا بقوة كبيرة، ويستحيل على النبات امتصاصه.

وتتغير كمية الماء الهيجروسكوبي قليلاً تبعاً لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الهواء.

(4) بخار الماء Water vapor

يوجد الماء على صورة بخار في الهواء الذي يشغل الفراغات المحصورة بين الحبيبات.

وهناك بعض المصطلحات العلمية الشائعة التي تتعلق بالمحتوى المائي للتربة منها:

(أ) السعة المائية القصوى Maximum Water-holding Capacity

هي كمية الماء الموجودة في طبقة رقيقة من التربة المشبعة بالماء.

(ب) السعة الحقلية Field Capacity

هي كمية الماء التي تحتويها التربة بعد رشح ماء الجاذبية الأرضية، وعندما تصبح حركة الماء الشعري بطيئة جداً. وبعد سقوط المطر أو الري تصل التربة للسعة الحقلية بعد مدة تختلف حسب نوع التربة، ففي التربة الخفيفة «الرملية» لا تتجاوز ساعات قليلة، بينما تصل في التربة الثقيلة «الطينية» إلى يومين أو ثلاثة.

(ج) معامل الذبول Wilting Point

هو كمية الماء التي تحتويها التربة عندما تبدأ علامات الذبول الدائم في الظهور على أوراق النبات الذي ينمو على هذه التربة. ويمثل معامل الذبول الحد الأدنى للماء اللازم لنمو النبات، ولكن ليس الحد الأدنى للماء الذي يستطيع النبات امتصاصه، إذ أن النبات يستطيع أن يمتص الماء من التربة إذا قلت قيمته عن معامل الذبول حتى يصل إلى الماء الهيجروسكوبي، ولكن الماء الممتص في هذه الحالة لا يكفي لنمو النبات ولكن لبقائه حياً فقط. وتتوقف قيمة معامل الذبول على عدة عوامل، منها نوع التربة ونسبة المادة العضوية، وتختلف نسبته في الطبقات المختلفة من التربة.

خصوبة التربة Soil Fertility

تعرف على أنها قدرة التربة على إمداد النباتات باحتياجاتها من العناصر الغذائية. وتقسم العناصر الغذائية (الأملاح المعدنية) التي يحتاجها النبات إلى:

(أ) **عناصر غذائية كبرى:** يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبية (أكثر من 0.1٪ من المـادة الجافة للنبات)، وتقسم إلى عناصر يحصل على معظمها من الهواء والماء وهي: الكربون **C**، والهيدروجين **H**، والأكسجين **O**. وعناصر يحصل عليها من حبيبات التربة المعدنية والمادة العضوية وهي: النيتروجين **N**، والفوسفور **P**، والبوتاسيوم **K**، والكالسيوم **Ca**، والماغنسيوم **Mg**، والكبريت **S**.

(ب) **عناصر غذائية صغرى:** يحتاجها بكميات قليلة نسبية (أقل من 0.1٪ من المادة الجافة للنبات) ولكنها لازمة في حياته وينجم عن عدم وجودها ضرر له. ويحصل عليها النبات من حبيبات التربة المعدنية والمادة العضوية وهي: الحديد **Fe**، والمنجنيز **Mn**، والبورون **B**، والموليبدنم **Mo**، والنحاس **Cu**، والزنك **Zn**، والنيكل**Ni** والكلور **Cl**، والكوبلت **Co**.

وتتركب التربة المعدنية كيميائياً من نسبة عالية من ثاني أكسيد السليكون، وتوجد أكاسيد الألومنيوم والحديد بنسبة أقل، وتختلف نسبة الكالسيوم والماغنسيوم في الأراضي الموجودة بالمناطق المختلفة، ففي المناطق الجافة وشبه الجافة يوجدان بنسبة أعلى منها في المناطق الرطبة. ويوجد البوتاسيوم عادة بنسبة أقل من العناصر السابقة، أما الصوديوم والفوسفور والنيتروجين فيوجدون بنسبة بسيطة في التربة. أما العناصر الغذائية الصغرى فتوجد بنسبة قليلة جداً.

وتعتبرالعناصر الغذائية من العوامل البيئية المحددة لتوزيع الكائنات الحية، وبشكل رئيسي للنباتات. والمعروف ان النيتروجين ضروري لبناء الأحماض الأمينية، وبالتالي البروتينات، ويدخل الفوسفور في تركيب الأحماض النووية وحاملات الطاقات، وتحتاج الرخويات للكالسيوم بشكل دائم لصناعة أصدافها، ولابد من وجوده في طعامها. وتحتاج النباتات للماغنيسيوم لصناعة الكلوروفيل فلابد من وجوده في التربة. وتحتاج الفقاريات الصوديوم والكلور أكثر من احتياج النبات لهما. ومعظم المغذيات الثانوية تقوم بعمل مشابه للفيتامينات أو تعمل كمنشطات معدنية وذلك عند ارتباطها بمركب عضوي. ومثال على ذلك يدخل الكوبلت في تركيب فيتامين B12، ويعتبر الموليبدنم ضروري جداً للبكتريا والطحالب الخضراء المزرقة، التي تثبت النيتروجين، ونقصه يعتبر عاملاً محدداً.

المادة العضوية Organic Matter

يرجع وجود المادة العضوية التي تحتويها التربة إلى بقايا النباتات والأوراق التي تسقط على سطح التربة، وكذلك الجذور التي تتركها النباتات بعد موتها داخل التربة. وتأخذ هذه المادة العضوية في الانحلال بفعل الكائنات الحية الموجودة بالتربة مثل الفطريات والبكتيريا والبروتوزوا. وتتأثر عملية التحلل بالعوامل التي تؤثر على نشاط الكائنات الحية. تحتوي المادة الجافة من البقايا النباتية على مركبات عضوية مثل المواد الكربوهيدراتية (كالسكريات والنشا والسليلوز واللجنين)، والمواد البروتينية والدهون والزيوت والأحماض العضوية، أما المركبات غير العضوية فتشتمل على مركبات الفوسفور والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والحديد والمنجنيز.

تتحلل النشويات والسكريات والمواد البروتينية والأحماض الأمينية بسرعة بفعل أنواع عديدة من الكائنات الحية. وتسير عملية التحلل جنباً إلى جنب مع عملية بناء المواد التي تدخل في تركيب خلايا هذه الكائنات. أما اللجنين فهو من المواد التي تقاوم التحلل، ويطرأ عليه تغير طفيف. وأثناء تحلل المركبات العضوية تنفرد المركبات غير العضوية البسيطة مثل مركبات الكبريت والفوسفور والبوتاسيوم، وبعض هذه المركبات يمتصه النبات والبعض الآخر يحمله الماء الراشح إلى الطبقات العميقة.

أما الجزء من المادة العضوية الذي يقاوم التحلل أو يتحلل ببطء شديد فيعرف بالدبال (Humus)، والدبال مادة سوداء غروية عديمة الذوبان في الماء، تتركب من نسبة عالية من اللجنين (40 إلى 50٪) والمواد البروتينية (30 إلى 35٪) يجعل الأخيرة تقاوم التحلل بفعل الكائنات الدقيقة. ويحتوي الدبال على نسبة بسيطة من الفوسفور والكبريت والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والحديد. ونظراً لبطء تحلل الدبال فإنه يعتبر مخزناً للنيتروجين، حيث ينتج عن عملية التحلل مركبات نيتروجينية بسيطة يفقد معظمها عند رشح الماء في التربة. ويلعب الدبال دوراً هاماً في تحسين خصائص التربة الطبيعية والكيميائية، فهو يزيد في السعة المائية للتربة لصفته الغروية، ويساعد على تجمع الحبيبات المركبة مما يؤدي إلى زيادة

التهوية في التربة. وكذلك تحمل حبيباته الغروية كثيراً من الشحنات السالبة مما يزيد في قدرتها على الامتصاص السطحي (الادمصاص Adsorption) للأيونات القاعدية، وبالتالي يزيد من خصوبة التربة.

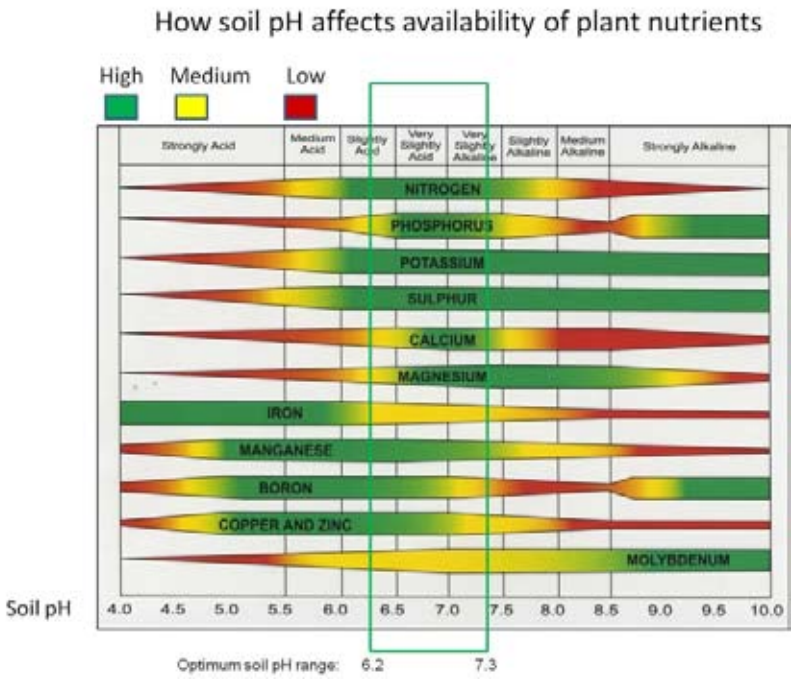
تفاعل التربة Soil Reaction

تعتبر التربة حامضية (Acidic) إذا كانت أيونات الهيدروجين في محلول التربة أعلى في تركيزها من أيونات الهيدروكسيل، وقاعدية (Alkaline) إذا كان العكس هو الموجود. أما إذا تساوت درجة تركيز أيونات الهيدروجين والهيدروكسيل فتعتبر التربة متعادلة (Neutral). ويعبر عن تفاعل التربة بالرقم الهيدروجيني (pH). ولتفاعل التربة أثر كبير على كمية المحصول الذي تنتجه النباتات. ويعتبر الرقم الهيدروجيني المناسب لنمو معظم النباتات هو الواقع بين 6.2 إلى 7.3 للتربة، مع العلم بأن معظم أراضي الصحاري العربية هي أراضي قلوية يزيد فيها الرقم الهيدروجيني للتربة على 7 (شكل 10).

وهناك علاقة بين الرقم الهيدروجيني وبعض الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة ويتضح ذلك مما يلي:

1 – في الأراضي التي يقل فيها الـ pH عن 5 تتكون فوسفات الحديد والألومنيوم - وهي قليلة الذوبان جداً في الماء - ولذلك لا يحصل النبات على مايلزمه من الفوسفور. أما في الأراضي التي يتراوح الـ pH فيها بين 5 و7 فنظراً لوجود الأيونات القاعدية تتكون فوسفات الكالسيوم والماغنسيوم وهي قابلة للذوبان في الماء.

2 – يحدد الرقم الهيدروجيني درجة ذوبان أملاح الحديد والمنجنيز والماغنسيوم والزنك اللازمة لتغذية النبات. ففي المحاليل شديدة القلوية تصبح أملاح الحديد البسيطة عديمة الذوبان نسبياً. أما في التربة شديدة الحامضية فتزداد درجة ذوبان هذه العناصر مثل الألومنيوم والحديد والمنجنيز والزنك إلى درجة كبيرة تجعلها سامة.



شكل 10: تأثير مستويات الحموضة والقلوية للتربة على إتاحة العناصر الغذائية.

(المصدر Andrew Towel by July 25, 2013 ,www.planetpermaculture.wordpress.com, posted on)

3 – من المعروف أن الحبيبات الغروية في التربة تحمل شحنات سالبة على سطحها، وهـذه الشحنات لا تتعادل إلا إذا تجمعت على سطح الحبيبات الغروية الأيونات القاعدية وخاصة ثنائية التكافؤ مثل الكالسيوم والماغنسيوم، أما أيونات الهيدروجين فلا تكفي لتعادل هذه الشحنات السالبة. ففي التربة شديدة الحمضية تكون كمية أيونات الكالسيوم والماغنسيوم غير كافية لتعادل الشحنات السالبة الموجودة على أسطح الحبيبات الغروية، وبذلك تبقى الأخيرة في حالة تنافر ولا تتجمع لتكون حبيبات مركبة مما يؤدي إلى قلة نفاذية التربة للماء ورداءة تهويتها. اما التربة القريبة من التعادل فتستطيع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم معادلة الشحنات السالبة الموجودة على سطح الحبيبات الغروية وعندئذ تتجمع الحبيبات البسيطة لتكون حبيبات مركبة، وتصبح التربة منفذة

للماء وجيدة التهوية. وفي التربة شديدة القلوية يزداد عدد أيونات الصوديوم والبوتاسيوم الموجودة على سطح الحبيبات الغروية مما يؤدي إلى تنافرها وعدم تجمعها وهذا من شأنه إفساد الخواص الطبيعية للتربة.

القواعد المتبادلة Exchangeable Bases

يحصل النبات على جزء من الأيونات اللازمة لتغذيته من الأيونات الممتصة على سطوح الغرويات ولمجموع هذه الأيونات أثر كبير على نمو النبات. وتتركب الحبيبات الغروية أساساً من سليكات الألومنيوم وتوجد على سطوحها شحنات سالبة. ومن أهم الكاتيونات (Cations) التي تمتصها على سطحها الهيدروجين (H^+) والكالسيوم (Ca^{2+}) والماغنسيوم (Mg^{2+}) والبوتاسيوم (K^+) والصوديوم (Na^+). وهي مرتبة ترتيباً تنازلياً حسب القوة التي تمسكها على سطوح الحبيبات الغروية. وعلى هذا الأساس يستطيع الهيدروجين أن يحل محل الكالسيوم أكثر مما يستطيع الكالسيوم أن يحل محل الهيدروجين وهكذا بالنسبة لبقية الكاتيونات.

ينتقل الكاتيون المزاح إلى محلول التربة ليتمكن النبات من الحصول عليه وامتصاصه، وتتم عملية الإحلال في الطبيعة عن طريق الهيدروجين الذي ينفرد من حامض الكربونيك الذي يتكون من ذوبان ثاني أكسيد الكربون الناتج من تنفس الجذور في الماء، وكذلك الهيدروجين الذي ينفرد من الأحماض العضوية الناتجة من تحلل المواد العضوية. وتعتمد النباتات دائماً على عملية الإحلال في الحصول على ما يلزمها من الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم.

وتحمل الحبيبات الغروية على سطوحها بعض الأنيونات (Anions)، ولكن القوة الممسوكة بها تكون أقل بكثير من القوة التي تمسك بها الكاتيونات، ومن هذه الأنيونات الفوسفات (PO_4^{3-}) أما الأنيونات الأخرى مثل النترات (NO_3^-) فلا تثبت على سطوح الغرويات وتنتقل إلى محلول التربة بسهولة.

وتتأثر كمية القواعد (الكاتيونات) المتبادلة التي تحملها التربة تأثراً كبيراً ببعض العوامل منها نوع المناخ والمادة الصلبة والكساء الخضري. وتتوقف سعة التربة للكاتيونات المتبادلة (Cation Exchange Capacity) أو أقصى كمية من الكاتيونات

المتبادلة تستطيع التربة حملها على نسبة الغرويات في التربة وكذلك على نوع الطين.

ولكمية الأمطار أثر ملحوظ على نسبة القواعد المتبادلة والرقم الهيدروجيني ففي المناطق المطيرة تحل أيونات الهيدروجين محل القواعد التي يغسلها الماء الراشح، وتزداد لذلك مجموع أيونات الهيدروجين وتصبح التربة حامضية. أما في المناطق الجافة فيحدث عكس ذلك إذ أن ندرة سقوط الأمطار وقلة الكساء الخضري يؤديان إلى بقاء القواعد على سطوح الحبيبات الغروية بدون إحلال، وبذلك تكون نسبة القواعد المتبادلة عالية وأيونات الهيدروجين قليلة فتصبح التربة قلوية.

الملوحة Salinity

تختلف النباتات فيما بينها من حيث تحملها لملوحة التربة، وبمكن تقسيمها على هذا الأساس إلى ثلاثة أقسام هي:

(أ) نباتات لاتستطيع أن تعيش إلا في الأراضي التي تحتوي على نسبة بسيطة من الأملاح.

(ب) نباتات تنمو في الماء المالح، أو الأراضي التي تحتوي على نسبة عالية من الأملاح، وتعرف هذه النباتات بالنباتات الملحية (Halophytes).

(ج) نباتات تستطيع أن تعيش في كلتا البيئتين، وتعرف بالنباتات الملحية الاختيارية Facultative Halophytes.

ويتأثر توزيع الأملاح في الطبقات المختلفة من التربة باختلاف العوامل المناخية، ففي فصل الجفاف يتبخر الماء من سطح التربة، ويتحرك الماء الشعري إلى أعلى عند السطح حيث يتبخر، وباستمرار عملية التبخر تتجمع الأملاح في الطبقات السطحية. أما في فصل الشتاء فيحمل ماء المطر أثناء رشحه الأملاح من الطبقات السطحية إلى الطبقات العميقة. ومن العوامل التي تساعد على تراكم الأملاح على سطح التربة وجود طبقة صلبة -غير منفذة للماء- بالقرب من السطح، وكذلك يعمل قرب مستوى الماء الأرضي (water table) من السطح على تراكم الأملاح أيضاً.

تأثير الملوحة على النباتات

تتأثر النباتات بصفة عامة بزيادة الملوحة في التربة. وتتميز النباتات الملحية بقدرتها على تحمل الملوحة العالية نسبياً. ويرجع تأثر النباتات بالملوحة لعاملين رئيسيين هما:

(أ) صعوبة امتصاص الماء من التربة، الأمر الذي يؤدي إلى نقص المحتوى المائي في أنسجة النبات مما يؤثر على النشاط الإنزيمي في عمليات البناء الضوئي وعمليات التحول الغذائي، وكذلك يؤدي إلى نقص امتلاء الخلية، وما يترتب على ذلك من نقص في عملية انقسام الخلية واسترداد الخلايا الناتجة حجمها الطبيعي وهذا يقلل معدل النمو في النبات ويقلل مساحة الأوراق وبالتالي يؤدي إلى نقص في الإنتاجية.

(ب) لأيوني الصوديوم والكلوريد – وهما الأيونان الشائعان في الأملاح الموجودة بمحلول التربة الملحية - أثرهما الضار على الإنزيمات التي تدخل في العمليات الحيوية التي تتم في الخلية مثل عمليات البناء الضوئي والتحول الغذائي التي يتم بواسطتها انتاج المواد الكربوهيدراتية والبروتينية والأحماض النووية. وهذه بدورها تؤثر في تكوين الخلايا ونمو النبات.

مقاومة النباتات للملوحة

- تتباين النباتات الملحية وغير الملحية في درجة مقاومتها للملوحة إذ تتحمل النباتات الملحية درجة عالية من الملوحة التي قد تصل إلى ملوحة مياه البحر، كما يحدث في النباتات الملحية التي تعيش بالقرب من شواطئ البحار.
- أما النباتات غير الملحية فلا تتحمل الدرجات العالية من الملوحة وتتفاوت فيما بينها في درجة مقاومتها للملوحة، وكذلك تتفاوت الأصناف الزراعية والسلالات لكل نبات في درجة تحمله للملوحة بشكل ملحوظ.

وتتركز مقاومة النباتات للملوحة في عاملين رئيسيين هما:

(أ) تراكم السكريات والأملاح الذائبة في الجذر، وهذا يؤدي إلى زيادة الجهد

الأسموزي فـي الجذر عنه فـي محلول التربة، فـيزيد من قدرة الجذر على امتصاص الماء من التربة.

(ب) التخلص من تراكم أيونات الصوديوم والكلوريد فـي سيتوبلازم الخلية خاصة فـي الأوراق حيث تتم عمليات البناء الضوئي والتحول الغذائي، وذلك بطرق مختلفة منها: التحكم فـي دخول هذين العنصرين فـي الجذر أو باحتجازهما فـي الجذر إذا دخلت، وبالتحكم فـي مرورهما فـي الساق. وإذا ما وصلت إلى خلايا الورقة فإنها تتراكم فـي العصير الخلوي بعيداً عن السيتوبلازم الذي يحيط به وبذلك لا تتأثر العمليات الحيوية التي تتم فـي السيتوبلازم بالأثر الضار الذي يحدثه أيوني الصوديوم والكلوريد. كذلك تستطيع النباتات الملحية التخلص من التراكم الزائد من أيونات الصوديوم والكلوريد بطرق شتى فبعضها يخرج الأملاح الزائدة على سطح الأوراق أو يخرجها من خلال غدد تظهر على سطح الأوراق، وفـي البعض الآخر تتراكم الأملاح فـي خلايا القشرة وعندما تموت خلايا القشرة تسقط على هيئة قشور.

كذلك تتصف معظم النباتات الملحية بصفة العصيرية حيث تمتلئ أجزائها الخضرية بالعصير الذي يقلل من درجة تركيز الأملاح فيها مما يؤدي إلى توازن الجهد الأسموزي فـي العصير الخلوي مع الجهد الأسموزي فـي السيتوبلازم حيث تتراكم المواد العضوية الذائبة مثل السكريات.

ثانياً: العوامل المناخية Climatic Factors

يتأثر توزيع الكائنات الحية المختلفة بمحصلة التفاعل المستمر بين عوامل التربة وعوامل المناخ. ويعتبر الغلاف الجوي للأرض وبخاصة الطبقة القريبة منه والتي تعرف بالتروبوسفير هي التي تحدث فيها الظواهر المناخية وتتفاعل فيما بينها لتعطي تأثيراً مشتركاً على الكائنات الحية والمكونات غير الحية. تشتمل العوامل المناخية على الضوء ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والتبخر والمطر وشدة الرياح.

ومن المهم هنا أن نتعرف لبعض المصطلحات المناخية ومنها:

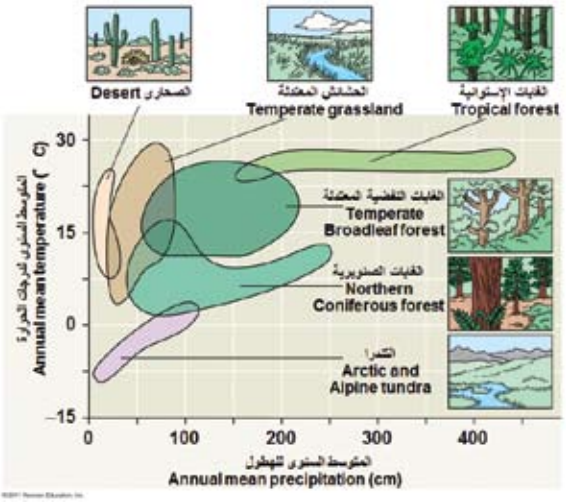
الطقس Weather: هو التغيرات اليومية في درجات الحرارة والضغط الجوي والرياح والرطوبة والهطول.

المناخ Climate: يوصف المناخ بناءً على متوسط درجات الحرارة وظروف المطر والرياح والرطوبة لمنطقة معينة على مدار العام والناتج عن تتبع نظام الطقس لهذه المنطقة على فترات زمنية طويلة.

الهطول Precipitation: يعرف الهطول على أنه جميع أشكال المياه المتساقطة على الأرض وتشمل الأشكال الصلبة ومنها الثلج والبرد والأشكال السائلة ومنها المطر والندى. وعلى ذلك يعتبر الهطول مصطلح أعم وأشمل من المطر الذي يعبر عن الماء السائل المتساقط فقط.

تأثير درجات الحرارة والهطول على توزيع التكوينات النباتية

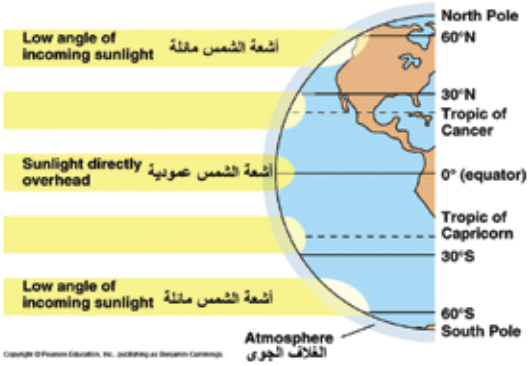
- تؤثر درجات الحرارة والهطول في توزيع التكوينات النباتية المختلفة مثل الغابات الإستوائية **Tropical Forest** والحشائش **Grassland** والغابات الصنوبرية **Coniferous Forest** والصحاري الحارة **Desert** والصحاري الباردة **Tundra** (شكل 11).
- ويلاحظ تميز الصحاري الحارة بارتفاع درجات الحرارة وندرة الهطول. حيث يتراوح المتوسط السنوي لدرجات الحرارة بين 10 و20 درجة مئوية، ويقل المتوسط السنوي للهطول عن 25 سم تقريباً.



شكل 11: المتوسط السنوي لدرجات الحرارة والهطول وتأثيرهما على توزيع التكوينات النباتية.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

المناطق الحرارية وخطوط العرض

تختلف درجة الحرارة من منطقة لأخرى تبعاً لاختلاف الارتفاع عن سطح البحر، واختلاف خطوط العرض حيث يزداد تأثير أشعة الشمس عندما تكون عمودية، ويقل تأثيرها عندما تكون مائلة (شكل 12).

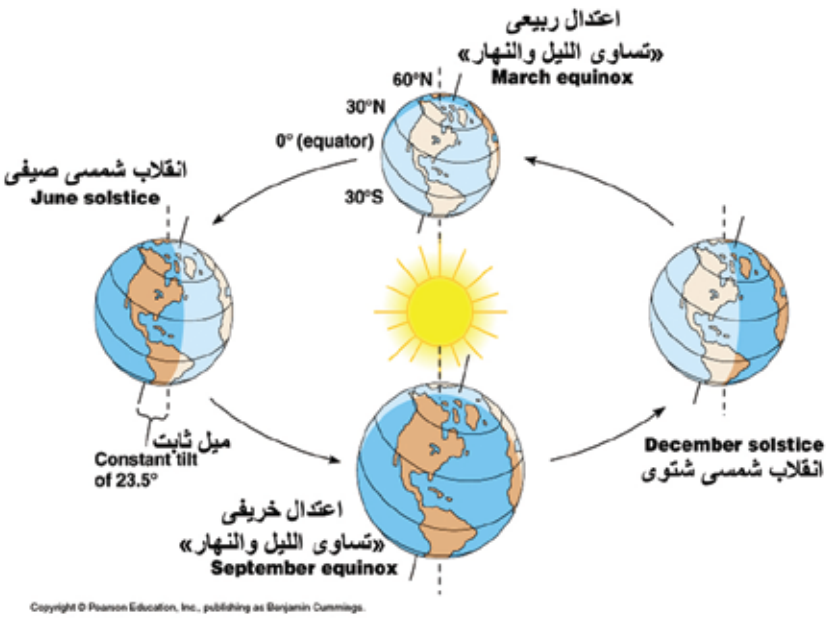


شكل 12: تأثر درجات الحرارة بزاوية تساقط الأشعة الشمسية.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

عند مرور أشعة الشمس خلال الغلاف الجوي فإن ما يقرب من 20 إلى 40٪ منها يمتص عبر غازات الهواء وبخار الماء. تقطع أشعة الشمس المائلة مسافة أكبر عبر الغلاف الجوي لتصل إلى منطقة القطبين بينما تقطع الأشعة العمودية مسافة أقل لتصل إلى منطقة الاستواء. وهذا يفسر تفاوت درجات الحرارة مع خطوط العرض حيث ترتفع درجات الحـرارة عند منطقة الاستواء ثم تنخفض تدريجياً عند المناطق المدارية ثم تتحول إلى درجات حرارة باردة عند القطبين. وتقدر كمية الطاقة الشمسية التي تصل عند المناطق الاستوائية بضعف كمية الطاقة التي تصل عند المناطق القطبية.

ويؤثر ميل محور دوران الأرض عن محورها الرأسي بزاوية قدرها (23.5°) تأثيراً كبيراً على المناخ والتباين فـي درجات الحرارة.

وتختلف درجة الحرارة على مدار اليوم بين الليل والنهار وكذلك تختلف على فترات العام بين الفصول المختلفة. ويؤثر دوران الأرض حول محورها فـي تعاقب الليل والنهار وتفاوت درجات الحرارة على مدار اليوم، كذلك يؤثر دوران الأرض حول الشمس فـي تعاقب الفصول الأربعة وتباين الظروف المناخية فيما بينها (شكل 13). ففـي فصل الصيف (شهر يونيو) يميل نصف الكرة الشمالي باتجاه الشمس، أما فـي فصل الشتاء (شهر ديسمبر) يميل بعيداً عن الشمس. وفـي فصلي الربيع (شهر مارس) والخريف (شهر سبتمبر) تتجه أشعة الشمس مباشرة وبشكل عمودي على خط الإستواء.



شكل 13: دوران الأرض حول الشمس والتغيرات المناخية عبر الفصول الأربعة.
(المصدر **Campbell and Reece** 2005)

التيارات الهوائية والهطول

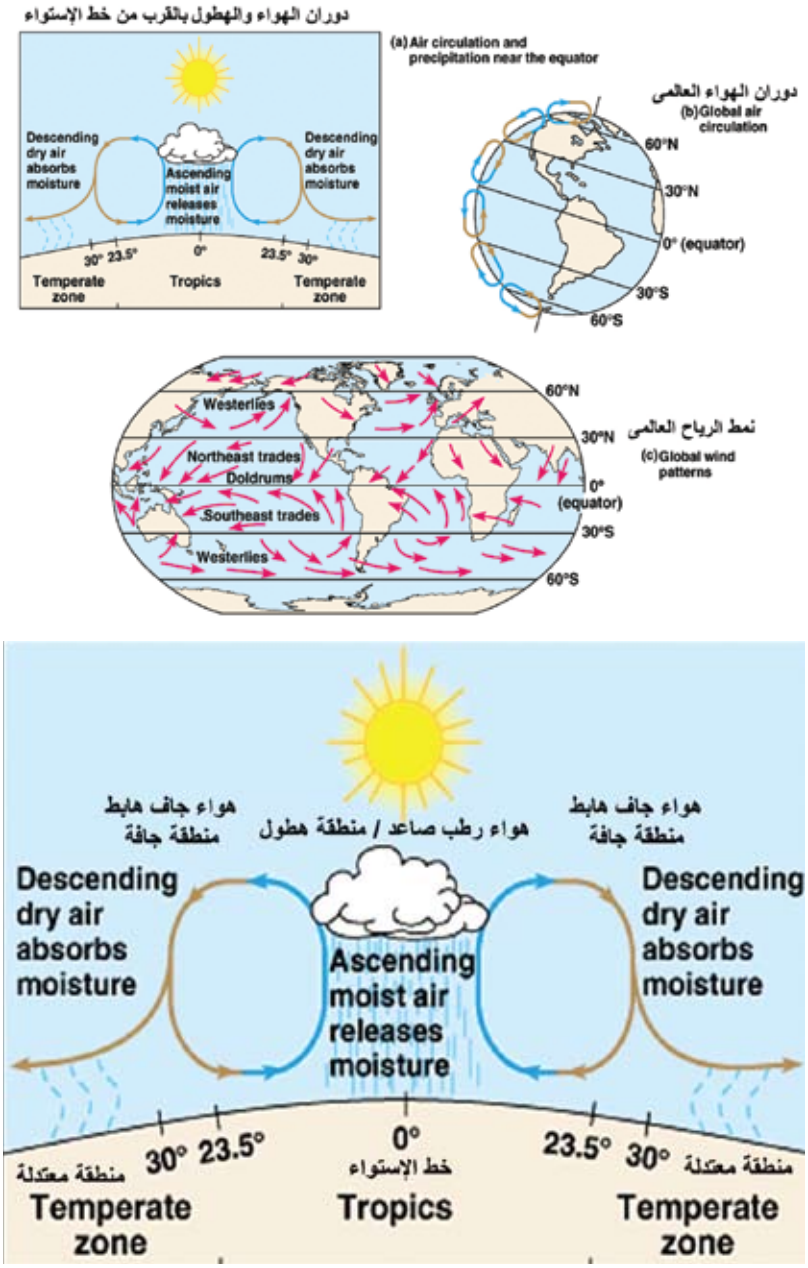
تستقبل المنطقة المدارية الواقعة بين دائرتي عرض °23.5 شمال و°23.5 جنوب خط الإستواء أكبر كمية من أشعة الشمس الساقطة على الأرض، كذلك تصل التغيرات الفصلية لأشعة الشمس إلى أقل ما يمكن عند هذه المنطقة المدارية. تؤدي شدة الأشعة الشمسية عند خط الإستواء إحداث الهطول والرياح مما يؤدي إلى نشأة التيارات الهوائية السائدة (شكل 14).

عند خط الإستواء ترتفع درجة حرارة الهواء عند سطح الأرض فيزداد حجمة وتقل كثافته ومن ثم يبدأ في الارتفاع عن سطح الأرض. وعندما يرتفع الهواء يبتعد عن خط الإستواء وتنخفض درجة حرارته فتزداد كثافته، وعند دائرتي عرض 30 درجة شمال وجنوب خط الإستواء، يبرد الهواء أكثر وتزداد كثافته فيهبط عائداً إلى سطح الأرض، حيث يتجه بعض من هذا الهواء الهابط عائداً إلى خط الإستواء،

فـي حين يتجه البعض الآخر ناحية القطبين. وعند دائرتي عرض 60 درجة شمال وجنوب خط الإستواء، يصطدم الهواء المتجه إلى القطبين بالهواء البارد القادم من القطبين. ويؤدي هذا التصادم إلى دفع كتلتي الهواء إلى أعلى حيث تبرد وتزداد كثافتها فتهبط مرة أخرى إلى سطح الأرض فتعود كتلتي الهواء كل منها من حيث جاءت، فتتجه كتلة من الهواء فـي اتجاه القطبين، بينما تتجه الكتلة الأخرى عائدة إلى دوائر العرض المتوسطة عند 30 درجة شمال وجنوب خط الإستواء. وهكذا تدور التيارات الهوائية حول الكرة الأرضية متأثرة بحركة الأرض والتباين فـي درجات الحرارة.

ويؤدي هذا النظام من التيارات الهوائية إلى إحداث تباينات فـي الهطول مع دوائر العرض. فعندما يرتفع الهواء «عند خط الإستواء وعند دائرتي عرض 60 درجة شمال وجنوب خط الإستواء» تقل قدرته على حمل الرطوبة ويؤدي ذلك إلى ازدياد نسبة الهطول. وعند دائرتي عرض 30 درجة شمال وجنوب خط الإستواء حيث يهبط الهواء وتزداد قدرته على حمل الرطوبة تنخفض نسبة الهطول. وهذا يفسر وجود الغابات المطيرة عند خط الإستواء، والغابات دائمة الخضرة عند دائرتي عرض 60 درجة شمال خط الإستواء أو حولها، ووجود الصحاري عند أو حول دائرتي عرض 30 درجة شمال وجنوب خط الإستواء. وتزدهر الحشائش والغابات متساقطة الأوراق فـي المناطق التي تستقبل كميات متوسطة من الهطول.

لذلك يعتبر التباين فـي توزيع درجات الحرارة لسطح الأرض عاملاً رئيسياً فـي إحداث التيارات الهوائية والتباين فـي توزيع الهطول وبالتالي التباين فـي الأقاليم النباتية.



شكل 14: التيارات الهوائية وتساقط الهطول.

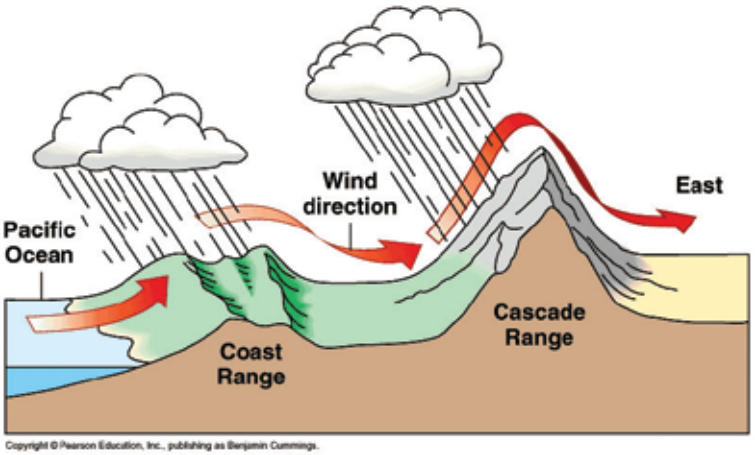
(المصدر 2005 **Campbell and Reece**)

تأثير الكتل المائية والتضاريس على المناخ

- تؤثر الكتل المائية والتضاريس وبخاصة سلاسل الجبال على المناخ وبخاصة على كمية الأمطار المتساقطة (شكل 15). وتؤثر التيارات البحرية على مناخ البيئات الساحلية.

ظل المطر

تعتبر منطقة ظل المطر منطقة قليلة الأمطار نسبياً حيث أنها تقع على سفح الجبل غير المواجه للرياح السائدة كما هو مبين بالشكل رقم 15. عندما تهب الرياح الآتية من المسطحات المائية تكون محملة بالرطوبة وعندما ترتفع على المسطحات الجبلية يبرد الهواء وتقل قدرته على حمل الرطوبة فتسقط الأمطار الغزيرة على سفح الجبل المواجه للرياح السائدة. وعلى الجانب الآخر من الجبل تهبط الرياح وتزداد قدرة الهواء على حمل الماء فيقل تساقط الأمطار ويتميز بالتشتت وعدم التكرارية. وبناء على ذلك يتميز جانب الجبل المواجه للرياح السائدة بنمو الغابات والحشائش، في حين يتميز الجانب الآخر بالنباتات الصحراوية المحبة للجفاف.



شكل 15: تاثير المرتفعات في تغيرات المناخ الموضعية.

(المصدر **Campbell and Reece** 2005)

وفيما يلي بعض تأثيرات العوامل المناخية على نمو وتوزيع النباتات.

1 - الضوء Light

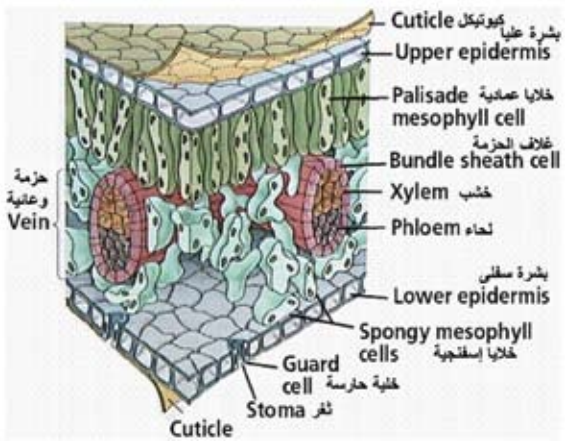
يعد الضوء من العوامل البيئية الهامة إذ أنه مصدر الطاقة لجميع الكائنات الحية. وهو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تصل سطح الأرض من الشمس. ويحتوي الإشعاع الشمسي على الضوء المرئي الذي يتكون من موجات أطولها موجات الضوء الحمراء 600 - 780 نانومتر، وأقصرها البنفسجية 390 نانومتر. كما يحوي هذا الإشعاع على جزء غير مرئي تكون أطوال موجاته أقصر من البنفسجي كالأشعة فوق البنفسجية **Ultraviolet**، أو أطول من الأحمر كالأشعة تحت الحمراء **Infrared** ولا يصل الأرض إلا جزء قليل من الأشعة فوق البنفسجية وذلك بسبب امتصاصها بواسطة طبقة الأوزون التي تحيط بالغلاف الجوي.

ومن تأثيرات الضوء على النبات ما يلي:

(أ) إنتاج اليخضور «الكلوروفيل» حيث يعتبر ذلك أول رد فعل تستجيب به الكائنات المنتجة ذاتية التغذية (وتشمل النباتات والطحالب والبكتيريا الخضراء المزرقة) لعامل الضوء. وإذا ما طال وضع النباتات في الظل فإنها تفقد جزء من الكلوروفيل.

(ب) لا تستطيع الكائنات المنتجة القيام بعملية البناء الضوئي إلا في وجود الضوء.

(ج) يؤثرالضوء على تركيب الورقة، فيزداد عدد البلاستيدات الخضراء بازدياد شدة الإضاءة. لذلك نجد النسيج التمثيلي في الأوراق والذي يعرف بالنسيج الوسطى يتكون من نسيج عمادي غني بالبلاستيدات الخضراء ويترتب بالقرب من السطح العلوي للورقة حيث يستقبل كمية كبيرة من الضوء، ونسيج إسفنجي يتميز بعدد أقل من البلاستيدات الخضراء يتواجد بالقرب من السطح السفلي للورقة (شكل 16). كذلك تحتوي النباتات التي تنمو في الشمس على عدد أكبر من البلاستيدات الخضراء عن النباتات التي تنمو في الظل.



شكل 16: قطاع عرضي في ورقة لنبات من ذوات الفلقتين.

(د) يؤثر الضوء على حركة الثغور، ففي النهار تستطيع البلاستيدات الخضراء في الخلايا الحارسة المحيطة بالثغر القيام بالبناء الضوئي مما يزيد الضغط الأسموزي نتيجة تراكم السكريات الناتجة وهذا يؤدي إلى انتقال الماء من الخلايا المجاورة إلى الخلايا الحارسة فيؤدي إلى امتلائها بالماء مما يؤدي إلى فتح الثغور. وفي الليل تتوقف عملية البناء الضوئي وتنتقل السكريات من الخلايا الحارسة إلى الخلايا المجاورة فيقل الضغط الأسموزي وينتقل الماء من الخلايا الحارسة إلى الخلايا المجاورة مما يؤدي إلى ارتخاء جدر الخلايا الحارسة وهذا يؤدي إلى غلق الثغور.

(هـ) ولفترة الضوء - أي طول النهار - أثر كبير في سرعة النمو، والإزهار والإثمار، وكذلك في توزيع النباتات.

2 - درجة الحرارة Air Temperature

- تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل التي تؤثر في توزيع النباتات. فلكل نوع من النباتات مجال أو مدى معين من درجات الحرارة يعيش فيه معيشة طبيعية فإذا

تجاوزت درجة الحرارة ذلك المدى سواء علواً أو انخفاضاً تأثر نشاط النبات.

- لدرجة الحرارة تأثير كبير على الوظائف الحيوية للنباتات مثل النمو، والبناء الضوئي، والتنفس، والتحول الغذائي، والإنبـات، وتفتح الزهور وانغلاقها، والتكاثر
- توطن النباتات نفسها فـي مواطنها الطبيعية على مواجهة التقلبات فـي درجة الحرارة التي تتعرض لها فهي وإن تأثر نموها وازدهارها ببرد الشتاء إلا أنها تتخذ من الكمون الشتوي بسبب البرد حافزاً لتجديد نموها وتنشيطه فـي الربيع التالي. وهذا يفسر سلوك بذور بعض النباتات التي تعيش فـي بيئات تتميز بفترات باردة من العام حيث لا تنبت هذه البذور إلا إذا تعرضت لفترات من البرد.
- وعند ارتفاع (أو انخفاض) درجة الحرارة عن حدود التحمل للكائنات الحية فإن ذلك قد يكون قاتلاً أو مثبطاً لدرجة كبيرة ولن تستطيع الكائنات الحية أن تتكيف معه، فتلجأ إلى الاعتماد على الانتشار، أو الهجرة، أو أي سلوك آخر يمكن أن يقيها من التعرض لدرجة الحرارة المرتفعة أو المنخفضة جداً.

3 – المطر Rainfall

- يحصل النبات على احتياجاته من الماء عن طريق المطر والندى حيث يهدف النبات إلى الوصول لحالة اتزان بين ما يفقده من الماء عن طريق النتح وما يحصل عليه عن طريق الامتصاص.
- ويعتبر الماء من أهم العوامل البيئية حيث يكون الماء حوالي 60 – 80٪ من أجسام الكائنات الحية، ويرتبط وجود الكائنات الحية ووفرتها فـي أي منطقة بيئية بوفرة الماء ونسبة محتوياته من المواد العضوية وغير العضوية، وكذلك درجة حموضته وملوحته. وتتكيف الكائنات الحية تبعاً لتوفر الماء، فنجد أنواع الكائنات الحية وتكيفاتها فـي الصحراء تختلف عن تلك الموجودة فـي بيئة مائية أو متوسطة الجفاف أو متجمدة.
- ولعامل المطر أهمية بالغة فـي توزيع النباتات وتحديد الصفات العامة والمظاهر

الموسمية للكساء الخضري ويلي المطر عامل الحرارة مباشرة في الأهمية من هذه الناحية.

- وفي المناطق الصحراوية يعتبر المطر من العوامل البيئية التي تتواجد بقيمة قليلة تقترب من الحد الأدنى لذلك يكون دوره محددا لنمو وتوزيع النباتات. فإذا ازداد عن معدله المعتاد في سنة من السنين يكون لذلك أبلغ الأثر على ازدهار الحالة النباتية وازدياد كثافة الغطاء النباتي.

4 - الندى Dew

- يعتبر الندى نوعاً من أنواع التكاثف «الهطول» الذي يتعرض له بخار الماء الجوي، وتعتمد عملية تساقط الندى على وجود فرق في درجة الحرارة بين السطح الذي يتكاثف عليه الندى والهواء الملامس له. ويبدأ تكون الندى عادة بعد الغروب ويتوقف في الصباح عند شروق الشمس، وقد يتأخر بدؤه إلى منتصف الليل.
- ويمتاز الندى عن المطر بانتظام سقوطه لذلك يعتبر مورداً مائياً هاماً بالنسبة للحزازيات وغيرها من النباتات اللازهرية. وتستطيع النباتات تحت الحولية أن تعيش على الندى وحده. ومن أهم فوائد الندى أنه يعمل على موازنة المحتوى المائي في أنسجة النبات، وذلك بتعويض ما ينقص منه بالنتح.

5 - الرطوبة النسبية Relative Humidity

- تعرف الرطوبة النسبية بأنها كمية بخار الماء الموجود بالهواء في درجة حرارة وضغط جوي معينة بالنسبة إلى الكمية اللازمة لتشبعه ببخار الماء في هذه الظروف. وتعتبر الرطوبة النسبية من أهم العوامل ذات التاثير المباشر على شدة النتح، والنتح بدوره هو الذي يحدد في كثير من الأحوال ما إذا كان النبات يستطيع أن يعيش في بيئة ما أو لا. فكلما قلت الرطوبة النسبية زادت السرعة التي يتبخر بها الماء من أوراق النباتات أو من سطح التربة المبللة.
- تتأثر الرطوبة النسبية بعدة عوامل منها درجة الحرارة والرياح والكساء الخضري والمحتوى المائي للتربة.

- فارتفاع درجة الحرارة يرفع السعة المائية للهواء، أي كمية بخار الماء اللازمة لتشبع حجم معين منه، وبذلك تهبط الرطوبة النسبية. أما في درجات الحرارة المنخفضة فإن الهواء يتسع لقدر أقل من بخار الماء ولذلك تزداد رطوبته النسبية. أي أن العلاقة بين الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة علاقة عكسية.
- تنقص الرياح الجافة الرطوبة لطردها الهواء الرطب المحيط بالنبات وخلطه بالهواء الجاف مما ينشط النتح. وفي هذه المناطق التي تتعرض للرياح الجافة تنمو النباتات الصحراوية. أما الرياح الرطبة التي تهب من مسطحات مائية واسعة وبصفة مستمرة أو كثيرة الحدوث فإنها تؤدي إلى زيادة الرطوبة ومن ثم تسمح بنمو النباتات الوسطية **mesophytes** في مناطق لولاها ما أنتجت غير نباتات جفافية **xerophytes**.
- وتؤثر درجة التعرض للشمس على الرطوبة الجوية فالسفوح التي تتعرض لأشعة الشمس أطول وقت ممكن - وهي عادة السفوح الجنوبية - ترتفع درجة حرارتها وبذلك تكون رطوبتها أقل من رطوبة السفوح الشمالية.
- ويزيد الكساء الخضري الرطوبة بإضعافه تأثير درجة الحرارة والرياح. وبالإضافة إلى ذلك يمد الكساء الخضري الهواء بالرطوبة عن طريق النتح. ويزيد التبخر من سطح التربة الرطبة رطوبة الجو.
- وعموماً تتوقف الرطوبة العامة لبيئة من البيئات على مناخها وموقعها بالنسبة للكتل المائية الكبيرة. فمناطق الغابات تكون رطوبتها عادة عالية، بينما رطوبة الصحاري منخفضة. كذلك تكون المناطق الساحلية أكثر رطوبة من المناطق الداخلية.

6 - الرياح Wind

- للرياح تأثير هام على نمو النباتات وانتشارها وتكاثرها وبخاصة في السهول المستوية والمناطق الساحلية والجبلية. وهي تؤثر على النباتات تأثيراً مباشراً من خلال تنشيط عملية النتح والبخر مما يؤدي إلى فقد الماء من النبات والتربة. تساعد الرياح في عملية التلقيح وانتثار البذور والثمار. كذلك للرياح تأثيرات

ضـارة، فالرياح الشديدة تثير الأتربة وتؤثر على نشاط الملقحات الحشرية، وتؤثر على نمو النباتات، والرياح العاتية قد تؤدي إلى تكسر أو اقتلاع النباتات بالكلية.

- وللرياح أيضاً تأثيرات أخرى غير مباشرة على النباتات وذلك من خلال تأثيرها فـي الرطوبة النسبية، وتحريكها للسحب مما يغير فـي الرطوبة وشدة الإضاءة، كما تغير الرياح درجات الحرارة وتخلط الهواء الرطب بالهواء الجاف.

7 - التبخر Evaporation

- يقصد بالتبخر الماء المفقود من سطح التربة الرطبة ومن المسطحات المائية (البخر)، ومن أوراق وسوق النباتات (النتح). وتتوقف قوة التبخر على عدة عوامل منها الطاقة الشمسية ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية وقوة الرياح، إضافة إلى حركة فتح وغلق الثغور فـي النباتات. وللتبخر أثر بالغ فـي انقاص المحتوى المائي للنباتات وللتربة وبخاصة فـي المناطق الجافة.

ثالثاً: العوامل الموقعية (الجغرافية أو التضاريس)
Geographic Factors

تشمل العوامل الموقعية ما تتميز به طبيعة التكوينات الجيولوجية والصفات الطبوغرافية، كالارتفاع، والانحدار، والتعرض، والتعرية والإطماء وذرو الرياح للرمال، إلى غير ذلك. وللاختلافات الموقعية أثر كبير على الكساء الخضري لأنها تقسم البيئة العامة إلى بيئات موضعية متباينة لكل منها ظروفها المناخية الخاصة. ومن أهم آثار الاختلافات الطبوغرافية ما يأتي:

اختلاف الكساء الخضري في الوديان

تكون الوديان العميقة الضيقة عادة محمية من تأثير العوامل الجوية المختلفة محتجبة عن تأثير الرياح. كذلك تتميز بتربة عميقة ومواردها المائية غزيرة نسبياً، ولذلك تمثل بيئة الوديان بيئة أكثر ملائمة لنمو النباتات من بيئة المرتفعات والسفوح القائمة على جانبيها.

تأثر المناخ الموضعي بالحالة الطبوغرافية

يختلف المناخ الموضعي كثيراً في مدى بضعة أمتار على الأراضي غير المستوية، حيث تغزر النباتات في المناطق التي تقع خلف المرتفعات التي تعترض اتجاه الرياح بينما تقل النباتات ويصغر حجمها في الناحية المواجهة للريح. كذلك يلاحظ أن التغطية النباتية قليلة جداً على قمم الهضاب الصخرية، وتزداد بالتدرج كلما هبطنا على السفح مع ازدياد حجم النباتات. وتؤدي الاختلافات في مستوى سطح الأرض بالصحاري إلى اختلافات في توزيع النباتات وذلك بسبب تجمع المطر والأتربة التي يحملها الماء والرياح في المنخفضات وحدها فيؤدي ذلك إلى غزارة النباتات في المنخفضات بينما تظل المرتفعات عارية من الكساء الخضري.

تأثير الارتفاع Altitude

يؤدي الارتفاع عن سطح البحر إلى انخفاض في درجات الحرارة بمعدل 6

درجات مئوية كل 1000 متر تقريباً. وهذا الانخفاض يؤدي إلى نقص في فترة النمو الخضري للنباتات مما يسرع من العمليات الحيوية خاصة الإزهار والإثمار. كذلك تقل قدرة البذور على الإنبات وقدرة البادرات والبراعم على النمو تدريجياً بزيادة الارتفاع. وفي المناطق الجبلية يؤدي انخفاض درجات الحرارة إلى تدرج في تكوينات نباتية تبعاً للارتفاع. ففي المستويات المنخفضة من السفوح توجد الغابات الكثيفة، التي تستمر حتى ارتفاع معين لا تتجاوزه يعرف بحد الأشجار **Tree Line**، وفوق هذا المستوى توجد نباتات شجيرية أو عشبية أقل غزارة من الغابات، وعلى قمم الجبال العالية حيث تنخفض درجة الحرارة انخفاضاً شديداً وتزداد درجة الانحدار توجد الثلوج المستديمة ويختفي الكساء الخضري أو يخف كثيراً ويتمثل بنباتات ضئيلة متفرقة.

التعرض Exposure

يظهر أثر التعرض في المرتفعات والمناطق الجبلية، حيث يمكن تمييز سفوح متباينة في تعرضها لأشعة الشمس. ويؤدي ذلك إلى وجود كساء خضري على السفوح الشمالية للجبال في المناطق الباردة والمعتدلة يختلف تماماً عن الكساء الذي تحمله السفوح الجنوبية. ففي المناطق الجبلية تكون السفوح الشمالية محجوبة عن أشعة الشمس الحادة لذلك تكون أبرد من السفوح الجنوبية. وهذا الاختلاف في درجة التعرض يسبب اختلافاً شديداً في شدة استضاءة السفحين وكذلك في درجة الحرارة والرطوبة النسبية. وبالتالي يوجد على السفوح الشمالية نباتات محبة للرطوبة ودرجات الحرارة المنخفضة، أما على السفوح الجنوبية الدافية فتنمو نباتات محبة للجفاف.

الانحدار Slope

يؤثر انحدار سطح التربة على الكساء الخضري بشكل غير مباشر وذلك من خلال أثر الانحدار في المحتوى المائي للتربة وفي درجة تعرض التربة للإشعاع الشمسي. تستقبل الأراضي المستوية ما يقرب من ضعف الطاقة الشمسية التي

تحصل عليها الأراضي (السفوح) شديدة الانحدار.

ينشط الانحدار حركة الماء وانتقاله في التربة من المرتفعات إلى المنخفضات، وهذا يفيد في تهوية التربة ويجعلها أكثر ملائمة لنمو النباتات خاصة في الأراضي الرطبة غزيرة الأمطار. أما في الأراضي الجافة فانحسار الماء عن التربة يزيدها جفافاً ويؤثر سلباً على نمو النباتات. والانحدار الشديد يزيد من الجريان السطحي للماء، وهذا قد يؤدي إلى تكون السيول وتعرية التربة خاصة عند غزارة الأمطار وقلة نفاذية التربة.

رابعاً: العوامل البيولوجية Biological Factors

في معظم الحالات نجد أن التوزيع الجغرافي للنباتات يحدد بواسطة العوامل الطبيعية غير البيولوجية. ومن الملاحظ أن مواطن العديد من الأنواع النباتية أضيق بكثير من الأماكن المناسبة لنموها. وهنا يأتي دور العوامل البيولوجية في تحديد انتشار الأنواع النباتية داخل الحيز المكاني الملائم لنموه وانتشاره. ويقصد بالعوامل البيولوجية العلاقات التفاعلية بين الكائنات الحية المختلفة مثل التنافس، والافتراس، والتعايش. وسوف يتم دراسة هذه العلاقات التفاعلية وتأثيراتها على تواجد الأنواع داخل المجتمعات في الفصل الخامس من هذا الباب.

الفصل الرابع
بيئة العشائر Population Ecology

العشيرة هي مجموعة من الأفراد التي تنتمي لنفس النوع وتتواجد في نفس المنطقة. ويهتم علم بيئة العشائر بدراسة العشائر من النواحي التركيبية والوظيفية والديناميكية وتأثيرات العوامل البيئية وسلوك الأفراد في هذه الخصائص. تتميز العشائر بأن لكل منها تنظيم تركيبي، ووحدة وظيفية، وطراز من النمو تختلف، بموجبه العشائر عن بعضها. والخصائص التركيبية للعشائر هي خصائص ديناميكية لأنها معرضة للتقلبات وقابلة للتجديد من حيث الكثافة **Density**، والانتشار **Dispersion** أو التوزيع المكاني **Local Distribution**، والمجاميع العمرية **Age structure**، والاختلافات في حجم العشيرة **Population size**. ويؤثر في ذلك عدد من العمليات الحياتية منها معدلات الولادة **Natality**، ومعدلات الوفيات **Mortality**، والتغيرات من خلال الاستيطان **Immigration**، أوالهجرة للخارج (الاغتراب) **Emigration**.

أولاً: حجم العشيرة Population Size

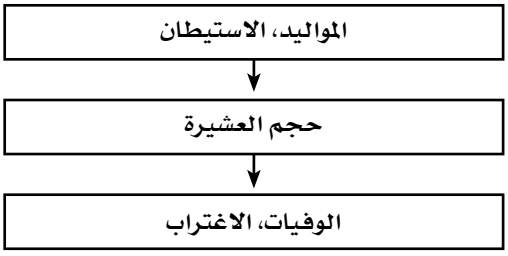
يعرف حجم العشيرة على أنه عدد الأفراد الكلي في النطاق الجغرافي للعشيرة خلال فترة زمنية معينة. يمكن الاستعانة بالصور الجوية وصور الأقمار الصناعية في حصر أعداد الأشجار والشجيرات لكل عشيرة. كذلك تستخدم الصور الفوتوجرافية الجوية والكاميرات التلفزيونية في عد قطعان من الحيوانات البرية أو مستعمرات الطيور البحرية. وتعتبر طريقة عد جميع أفراد العشيرة من الطرق غير العملية حيث يصعب بل قد يستحيل حصر جميع الأفراد داخل العشيرة. لذلك يقدر علماء البيئة عادة حجم العشيرة عن طريق عد الأفراد داخل عينات صغيرة. وبغض النظر عن التحديات في قياس حجم العشيرة إلا أنه من الخصائص الهامة التي تدلل على ديناميكية العشائر. فالعشيرة ذات الحجم الصغير تواجه خطر الانقراض بشكل أكبر من العشائر ذات الأحجام الكبيرة.

1 – كثافة العشيرة Population Density

تعرف كثافة العشيرة على أنها عدد الأفراد في وحدة المساحة أو الحجم. على سبيل المثال: عدد من الغربان في الكيلومتر المربع أو عدد العوالق لكل لتر. ويتم قياس كثافة النباتات من خلال أخذ عدد مناسب من العينات على شكل مربعات Quadrats أو خطوط مستعرضة Line transects، أما في دراسة الحيوانات فتستعمل شبكة الصيد Grid التي تشابه في مضمونها المربعات، والمصائد الخطية Linear traps والتي تشابه الخطوط المستعرضة في وظيفتها. كذلك تستخدم طريقة صيد العينات وإطلاقها بعد وضع علامات مميزة ثم اعادة صيدها مرة أخرى Capture and Recapture في تحديد حجم العشائر وكثافتها. ويستفاد من هذه الطريقة الأخيرة في دراسة التركيبة السكانية لعشائر الحيوانات المتنقلة مثل الحشرات والزواحف والطيور والحيوانات البرية الأخرى.

2 – دور العمليات الحيوية في أحجام العشائر

يعتبر حجم العشائر من الدلالات الهامة على الديناميكية، لأنها تتغير مع مرور الوقت. فحجم العشائر هو محصلة تفاعل مجموعة من العمليات الحيوية الديناميكية التي قد تضيف أفراد إلى العشيرة وتشمل عمليتي المواليد والاستيطان (تدفق أو هجرة أفراد جدد من مناطق أخرى إلى العشيرة)، أو تزيل أفراد من العشيرة وتشمل عمليتي الوفيات والاغتراب (هجرة أفراد من العشيرة). لذلك تلعب نسبة المواليد، ونسبة الوفيات، والهجرة، وغيرها دوراً مهماً في أحجام العشائر (شكل 17).



شكل 17: العمليات الحيوية التي تضيف أو تنقص من حجم العشيرة.

(أ) نسبة المواليد Natality

تؤدي نسبة المواليد إلى زيادة أحجام العشائر، وتعني انتاج أفراد جديدة عن طريق الولادة، الفقس، الإنبات (للبذور) أو الانشطار (في الأوليات). وتحسب نسبة المواليدNatality عن طريق حساب عدد الأفراد المولودين لكل أنثى في وحدة زمن معينة، ويعتمد هذا القياس على نوع الكائن المراد دراسته، فبعض الأنواع تتوالد مرة واحدة في السنة، وبعضها مرات عديدة، والبعض الآخر يتوالد بشكل مستمر.

(ب) نسبة الوفيات Mortality

نظراً لاختلاف أسباب الوفيات فإن هناك ما يسمى بالعمر الحقيقي أو الفسيولوجي Potintial or Physiological longevity وهو عمر الكائن الحي بشكل طبيعي وتحت ظروف بيئية، مثالية، والذي ينتهي بالشيخوخة Senescence. أما العمر الظاهري أو البيئي Realized or Ecological longevity فتؤثر فيه ظروف بيئية كثيرة، منها الافتراس والأمراض، وبالتالي ينتهي عمر الفرد قبل أن يتقدم عمره ويصل للشيخوخة.

(ج) الهجرة Migration

يعبر عن الهجرة أحياناً بانتشار العشائرDispersal وتشمل: الاستيطان Immigration، أي الهجرة إلى داخل العشيرة، والاغتراب Emigration، ويمثل الهجرة إلى خارج العشيرة. وغالباً لا تؤخذ الهجرة في الحسبان عند دراسة ديناميكية العشائر على اعتبار أن معدل الاغتراب في كثير من الأحيان يساوي معدل الاستيطان. ومن ناحية بيئية تُعد هذه الظاهرة هامة جداً لأنها تقلل من التزاوج الداخلي Inbreeding، وتزيد من نسبة الانسياب الجيني Gene flow فتسمح بتغير الصفات Variation وإنتاج أفراد ملائمة للبيئة.

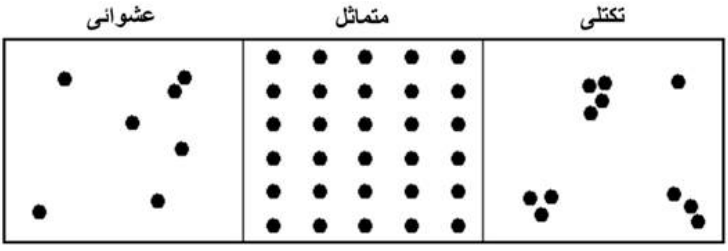
وقد تكون ظاهرة الهجرة ذات أهمية لبعض العشائر إذا كانت محصلة الهجرة تميل للاغتراب أو الاستيطان، مما قد يغير من معايير هذه العشائر، ويكون هذا عادة تحت ظروف غير اعتيادية، إما للعشيرة المستقبلة، أو العشيرة المصدرة،

وبصورة عامة عند احتساب حجم العشيرة يجب أن يؤخذ بالحسبان معدل النقص The loss rate ومعدل الزيادة The gain rate.

معدل النقص في العشيرة = نسبة الوفيات + نسبة الاغتراب
معدل الزيادة في العشيرة = نسبة المواليد + نسبة الاستيطان

ثانياً: أنماط التوزيع المكاني للعشيرة Patterns of Local Distribution

تعبر صفة الانتشار Dispersion عن نظام توزيع أو تباعد الأفراد عن بعضها في نطاق الحدود المكانية للعشيرة. ويعتبر التوزيع المكاني للأفراد أو الانتشار ضمن العشيرة عاملاً مهماً في مفهومي حجم العشيرة وكثافتها، ويرتبط التوزيع المكاني بالعوامل البيئية وبسلوك الكائنات الحية. ويتبع التوزيع المكاني للعشيرة ثلاثة أنواع من أنماط الانتشار وهي التوزيع العشوائي Random distribution، والتوزيع المتماثل Uniform distribution، والتوزيع التكتلي Clumped distribution (شكل 18).



شكل 18: أنماط التوزيع المكاني لأفراد العشيرة.

في التوزيع العشوائي يتواجد كل فرد من أفراد العشيرة في موضع مستقل عن بقية أفراد العشيرة. ويغلب هذا التوزيع العشوائي على الأشجار التي تنبت من البذور التي تحملها الرياح أو تدحرجها المياه الجارية فتستقر في أماكن متباعدة وبشكل عشوائي. وفي التوزيع المتماثل تتوزع الأفراد بشكل منتظم وعادل في الحيز المكاني للعشيرة، ويتأثر هذا النمط بالعلاقات الاجتماعية بين الأفراد. أما

التوزيع التكتلي ففيه تتواجد أفراد العشيرة في تجمعات وفي بقع patches معينة من الحيز المكاني للعشيرة. يتأثر التوزيع التكتلي بوفرة الموارد وسلوكيات الأفراد. تعيش العديد من الحيوانات مثل المفترسات في مجموعات مما يساعد على زيادة كفائتها في اصطياد فرائسها، وتوزيع الأعمال على أفرادها من حيث الحماية ورعاية الصغار والتخلص من الدخلاء.

ثالثاً: التركيبة السكانية Demography

تعرف التركيبة السكانية أو الديموجرافيا على أنها دراسة الإحصاء السكاني للعشائر وكيفية تغيرة عبر الزمن. ويهتم العلماء المختصين (الديموجرافيين) بهذا العلم بدراسة نسب المواليد ونسب الوفيات. تساعد الدراسة السكانية للعشائر في فهم حجم ومكانة العشيرة والكثافة والتركيب العمري للعشيرة، وما إذا كانت تتجه نحو الانقراض أم لا.

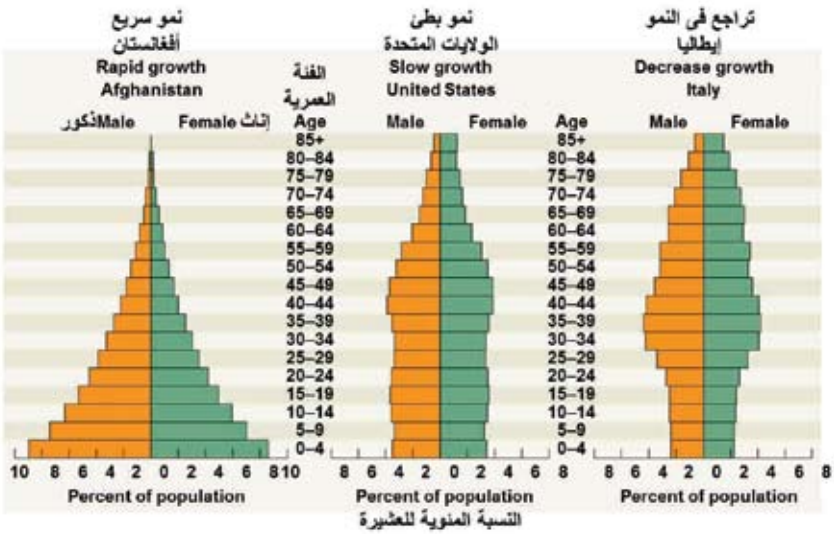
1 - التركيب العمري للعشائر Age structure

يعرف التركيب العمري للعشيرة على أنه نسبة الفيات العمرية المختلفة بالنسبة لبعضها ضمن العشيرة ككل. يمكن تمثيل التركيب العمري على شكل أهرامات لتبين العلاقة بين النسبة المئوية للعشيرة والفية العمرية التي تناسبها، وكذلك النسبة المئوية للذكور والإناث.

ويمثل التركيب العمري أحد العوامل الهامة في دراسة الديموجرافيا السكانية للتعرف على نمط نمو العشيرة الحالي والمستقبلي. ومن خلال دراسة التركيب العمري يمكن التعرف على العلاقات الاجتماعية بين أفراد العشيرة.

ويتوقف شكل التركيب العمري على نسب المواليد والوفيات. ويفيد التركيب العمري في التعرف على حالة العشيرة، فإذا كانت هناك نسب منخفضة للصغار فإن العشيرة تعتبر متدهورة، أما إذا كان هناك نسب كبيرة من الصغار على البالغين فإن العشيرة تعتبر مستقرة. وأخيراً إذا كانت هناك نسب كبيرة جداً من الصغار فإن العشيرة تعتبر عشيرة فتية.

ويوضح الشكل (19) أنماط النمو السكاني للإنسان في ثلاث مناطق مختلفة حيث يمثل الشكل الهرمي لتوزيع السكان في أفغانستان نمط النمو المتزايد للسكان، وفي الولايات المتحدة الأمريكية النمو البطيء للسكان، أما في إيطاليا فيوضح التركيب العمري أن النمو السكاني في تناقص.



شكل 19: أنماط مختلفة من التركيب العمري للعشيرة.

(المصدر 2005 **Campbell and Reece**)

2 - جداول الحياة Life tables

يمكن تلخيص النتائج المتحصل عليها من دراسة ديموجرافيا العشائر في جداول الحياة والتي تعبر عن التركيب العمري للعشيرة ونسب المواليد والوفيات في كل من الذكور والإناث. لذلك يعتبر جدول الحياة تلخيص لنمط البقاء على قيد الحياة للعشيرة (جدول 1).

جدول 1: جدول الحياة لأحد أنواع السناجب في جبال كاليفورنيا.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

Life Table for Belding's Ground Squirrels (*Spermophilus beldingi*) at Tioga Pass, in the Sierra Nevada Mountains of California*

	FEMALES					MALES				
Age (years)	Number Alive at Start of Year	Proportion Alive at Start of Year	Number of Deaths During Year	Death Rate†	Average Additional Life Expectancy (years)	Number Alive at Start of Year	Proportion Alive at Start of Year	Number of Deaths During Year	Death Rate†	Average Additional Life Expectancy (years)
0-1	337	1.000	207	0.61	1.33	349	1.000	227	0.65	1.07
1-2	252‡	0.386	125	0.50	1.56	248‡	0.350	140	0.56	1.12
2-3	127	0.197	60	0.47	1.60	108	0.152	74	0.69	0.93
3-4	67	0.106	32	0.48	1.59	34	0.048	23	0.68	0.89
4-5	35	0.054	16	0.46	1.59	11	0.015	9	0.82	0.68
5-6	19	0.029	10	0.53	1.50	2	0.003	2	1.00	0.50
6-7	9	0.014	4	0.44	1.61	0				
7-8	5	0.008	1	0.20	1.50					
8-9	4	0.006	3	0.75	0.75					
9-10	1	0.002	1	1.00	0.50					

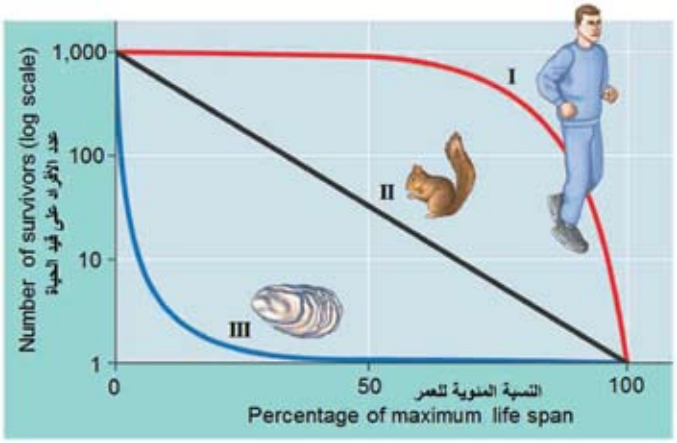
*Females and males have different mortality schedules, so they are tallied separately.
†The death rate is the proportion of individuals dying during the specific time interval.
‡Includes 122 females and 126 males first captured as 1-year-olds and therefore not included in the count of squirrels age 0-1.
Data from P.W. Sherman and M.L. Morton. "Demography of Belding's Ground Squirrel." *Ecology* 65 (1984): 1617-1628.

يحتوي جدول الحياة على بيانات مرتبة بشكل أعمدة وتشمل العمر أو الفيات العمرية بالسنوات، وعدد الأفراد الباقية (الحية) في بداية الفترة العمرية من عشيرة معينة (عادة تضم 1000 فرد)، ومعدل الوفيات لكل 1000 فرد حي في بداية الفترة العمرية، والحياة المتوقعة أو متوسط العمر المتوقع بالسنين.

تفيد جداول الحياة في إدارة العشائر وبخاصة الحيوانية فهي تشير بدقة إلى نماذج الوفيات فإذا وجدت وفيات عالية بصورة غير اعتيادية بين الصغار والحيوانات الناضجة وحتى في البلوغ فيجب التعرف على أسباب هذه الظاهرة واتخاذ الإجراءات المناسبة لتفادي هذه الوفيات فمثلا قد تكون وفيات الصغار المفرطة نتيجة لغذاء غير كافٍ أو تعرضها للكائنات المفترسة أو قد تكون هناك أنماط غير سليمة للرعاية الأبوية تعود إلى اضطرابات سلوكية ضمن الجماعة البالغة. وقد تدل الوفيات المفرطة في طور البلوغ على نقص في الإمدادات الغذائية للكبار أو على أمراض معدية أو أعباء طفيلية تصبح أكثر قسوة في طور

البلوغ أو من المحتمل وجود تزاحم زائد في أثناء فترة التكاثر وهكذا تمدنا جداول الحياة بمفاتيح مهمة لدراسة أكثر تفصيلا وهي لاتعطي الإجابات النهائية لكيفية ونوع الوفيات وأسباب ذلك ولكنها تكون نقطة بداية للبحث في أسباب الوفيات.

ومن الممكن تمثيل بيانات جداول الحياة في منحنيات تعرف بمنحنيات الحياة أو البقاء على قيد الحياة **Survivorship curves** حيث يمثل المحور العمودي عدد الأفراد الباقية، والمحور الأفقي الفترات العمرية. وتختلف منحنيات الحياة تبعاً لاختلافات الكائنات الحية. ويبين الشكل التالي ثلاثة نظم من منحنيات الحياة: النمط الأول (I) هو شديد التحدب ويعبر عن نسب وفيات متدنية حتى نهاية طول العمر ومن أمثلة ذلك الإنسان والعديد من الثدييات الأخرى، والنمط الثاني (II) يظهر نسب وفيات ثابتة نسبياً ومن أمثلة ذلك السناجب والطيور، أما النمط الثالث (III) فهو منحنى شديد التقعر ويمثل نسب وفيات عالية في المراحل الأولى من حياة الكائن الحي كما هو الحال في أنواع المحار وبعض الحيوانات اللافقارية (شكل 20).



شكل 20: أنماط منحنيات البقاء لعشائر الكائنات المختلفة.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

3 – معدلات التكاثر Reproductive Rates

وتتباين العشائر في معدلات التكاثر أو الخصوبة، كذلك تتباين معدلات التكاثر

داخل العشيرة بين الفئات العمرية المختلفة. ويعبر عن ذلك في جداول تعرف بجداول التكاثر **Reproductive tables** والتي تشتمل على الفئات العمرية، ونسبة الإناث، ومتوسط حجم العشيرة (الذكور والإناث)، ومتوسط عدد الإناث، ومتوسط عدد الأبناء أو النسل للإناث وذلك لكل فئة عمرية (جدول 2).

جدول 2: جدول التكاثر لأحد أنواع السناجب في جبال كاليفورنيا.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

Reproductive Table for Belding's Ground Squirrels at Tioga Pass

Age (years)	Proportion of Females Weaning a Litter	Mean Size of Litters (Males + Females)	Mean Number of Females in a Litter	Average Number of Female Offspring*
0–1	0.00	0.00	0.00	0.00
1–2	0.65	3.30	1.65	1.07
2–3	0.92	4.05	2.03	1.87
3–4	0.90	4.90	2.45	2.21
4–5	0.95	5.45	2.73	2.59
5–6	1.00	4.15	2.08	2.08
6–7	1.00	3.40	1.70	1.70
7–8	1.00	3.85	1.93	1.93
8–9	1.00	3.85	1.93	1.93
9–10	1.00	3.15	1.58	1.58

*The average number of female offspring is the proportion weaning a litter multiplied by the number of females in a litter.
Data from P.W. Sherman and M.L. Morton. "Demography of Belding's Ground Squirrel." *Ecology* 65 (1984): 1617-1628.

يوجد تنوع هائل بين الكائنات الحية في معدلات التكاثر. فمنها ما يتكاثر مرة واحدة بالعمر، ومنها ما يتكاثر بشكل تكراري على مدار عمر الكائن الحي وتعتمد في ذلك على الموارد الغذائية المتاحة. بعض النباتات تنتج أعداد كبيرة من البذور

صغيرة الحجم لكي تضمن أن بعضها على الأقل سوف ينجح في الإنبات والنمو ومن ثم في التكاثر. ونباتات أخرى تنتج أعداد متوسطة من البذور كبيرة الحجم. والتي تحتوي على كميات كافية من الطاقة أو الغذاء المختزن لتلبية احتياجات البادرات في مراحل النمو الأولى. وفي الحيوانات تمثل رعاية الأبوين عاملاً مهماً في بقاء صغار أفراد النسل على قيد الحياة.

رابعاً: نمو العشائر Population growth

يهدف التكاثر إلى صون وبقاء النوع. وهناك اختلافات واسعة في أساليب التكاثر بين الكائنات الحية، ويشتمل ذلك على أنواع من التكاثر الجنسي واللاجنسي، من حيوانات بيوضة وأخرى ولودة وحيوانات بيوضة ولودة ونموذج التكاثر في الحيوانات الكيسية. وبالإضافة إلى الموسمية في التكاثر، يجب أن نضع في الاعتبار معدلات التكاثر. فبعض إناث الحشرات تضع آلاف البيض، وفيران الحقل يمكنها أن تلد أكثر من 17 مرة، في كل مرة من 4 إلى 7 صغار كل عام. ولايمكن استمرار جهد النمو لعشيرة بسبب المحددات البيئية.

لذلك تمتاز العشائر بأنها ليست كياناً ثابتاً، فعند أي نقطة زمنية تمارس العشائر نمواً واتساعاً أو انحداراً وتقلصاً، وجميع الكائنات الحية لها القدرة على نمو جماعي محسوس. فإذا أهملنا نسب الهجرة من وإلى العشيرة، فإن معدل نمو العشيرة سوف يعتمد على نسب المواليد مطروحاً منه نسب الوفيات. ويصل نمو العشيرة إلى الصفر عندما يتساوى معدل المواليد مع معدل الوفيات.

فإذا كانت N تمثل عدد أفراد العشيرة، وt ترمز للزمن، فيمكننا بلغة التفاضل والتكامل أن نعبر عن معدل النمو للعشيرة في لحظة معينة من خلال المعادلة التالية:

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

حيث يشير الرمز r إلى المعدل اللحظي لنمو عشيرة في وقت ما، ويعبر عن الفرق بين معدل المواليد، ومعدل الوفيات للفرد في العشيرة عند أي لحظة.

وحل المعادلة السابقة هو: $N=Ce^{rt}$ حيث C ثابت يعتمد على حجم العشيرة في اللحظة الابتدائية. وهذا يسمى نموذج أسي.

يمكن وصف نمو العشائر من خلال نموذجين هما النموذج الأسي **Exponential growth model** والنموذج الواقعي **Logistic growth model**. حيث يعبر الميل عند أي نقطة على منحنى النمو عن معدل النمو. كذلك يوضح المنحنى كيفية تغير حجم العشيرة مع مرور الوقت.

1 - النموذج الأسي لنمو العشيرة Exponential growth model

يفيد النموذج الأسي في دراسة نمو العشائر في الظروف المثالية، وللتعرف على قدرة الأنواع على التكاثر وانتاج أفراد جدد. ففي الظروف المثالية عند توفر المكان الفسيح ووفرة الغذاء، وعدم وجود تنافس أو محددات أخرى، تتناسل العشيرة وتنمو بالسرعة التي يسمح بها جهدها التناسلي. ويزداد معدل المواليد عن معدل الوفيات، وتزداد العشيرة زيادة أسية.

يصل معدل نمو العشيرة تبعاً للنموذج الأسي إلى الحد الأقصى ويعرف ذلك بالمعدل الغريزي للزيادة **Intrinsic rate of increase**. ومعادلة النمو الأسي هي كالتالي:

$$\frac{dN}{dt} = r_{max}N$$

ويمثل النمو الأسي بيانياً بمنحنى على شكل حرف (J) (شكل 21).

2 - النموذج الواقعي (السيني) لنمو العشيرة Logestic growth model

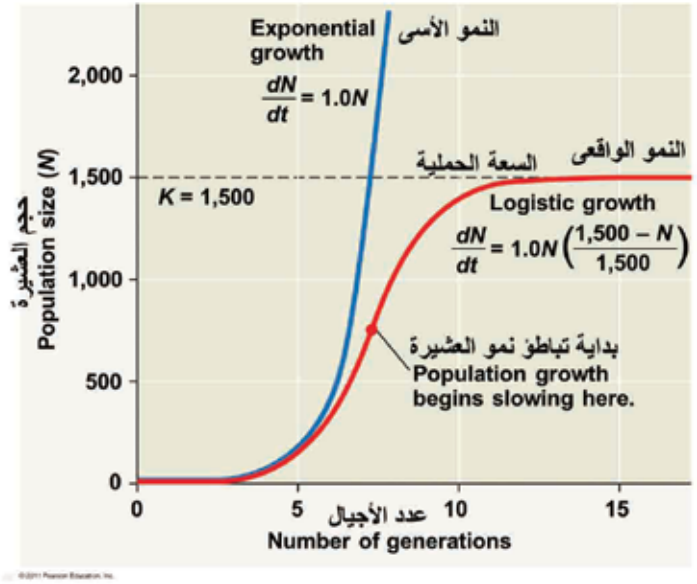
يتضمن هذا النموذج مفهوم السعة الحملية **Carrying capacity**، والتي يمكن تعريفها بأنها الحجم الأقصى للعشيرة الذي يمكن أن يتحمله الوسط الذي تتواجد فيه العشيرة ويوفر له احتياجاته. وتتغير السعة الحملية مع مرور الوقت نظراً لأن التغيرات الموسمية تغير البيئة من ناحية توفر الطعام والمأوى وغير ذلك.

فالنمو الأسـي لأي عشيرة لا يمكن أن يستمر لفترات طويلة نظراً للعوامل المحددة للنمو من عوامل بيئية وعوامل بيولوجية، ومن أمثلة ذلك نقص الغذاء والتنافس. ففي الظروف الطبيعية يسير معدل نمو العشائر ببطء، وذلك بسبب الوصول للحد الأقصى لنمو العشيرة. وعندما يصل عدد أفراد العشيرة **N** إلى أكبر كثافة له، فإن المساحة التي تشغلها العشيرة تصبح «مشبعة» بالحيوانات. ويعرف هذا الحد بالسعة الحملية للبيئة **Carrying capacity** ويعبر عنها بالحرف **k**. وعندما تصل العشيرة إلى السعة الحملية (**K**) يتوقف النمو الأسي ويتباطئ معدل نمو العشيرة، ويعبر عن النموذج الواقعي والسعة الحملية بالمعادلة التالية:

$$\frac{dN}{dt} = r_{max} N \ \frac{(K - N)}{K}$$

من هذه المعادلة. يتضح أن معدل النمو للعشيرة يقترب من الصفر عندما تصل العشيرة إلى السعة المحتملة ؛ أي عندما يصل الفرق بين السعة الحملية **K** وعدد افراد العشيرة **N** إلى الصفر. ومن الشائع لعشيرة ما أن تتخطى السعة المحتملة للبيئة حتى تزيد **N** عن **K**. وإذا حدث ذلك، فإن العشيرة تستهلك بعض المصادر (عادة غذاء أو مأوى) ويصبح معدل نمو العشيرة **dN/dt** بعد ذلك سالباً، وتتناقص العشيرة (شكل 21).

ويمثل النمو الواقعي بيانياً بمنحنى على شكل حرف (**S**). ويفيد هذا النموذج في حساب معدلات النمو المتوقعة للعشيرة (شكل 21).



شكل 21: منحنى النمو الأسي والنمو الواقعي للعشيرة.

(المصدر 2005 **Campbell and Reece**)

3 – العوامل المؤثرة على نمو العشائر Factors affecting population growth

(أ) عوامل معتمدة الكثافة Density dependent factors

وهي عبارة عن مؤثرات بيئية تتباين فيها شدة التأثير على نمو العشائر مع تباين كثافات العشائر بصورة واضحة. على سبيل المثال فإن عامل الوفيات الذي يهلك 10٪ فقط من عشيرة قليلة الكثافة و70٪ عند عشيرة ذات كثافة أكبر يسمى عاملاً معتمد الكثافة. وتقوم العوامل معتمدة الكثافة بتنظيم نمو العشائر إما بطريقة خفض معدل المواليد **Natality** أو بطريقة رفع معدل الوفيات **Mortality**. وتشتمل العوامل معتمدة الكثافة على التنافس على المصادر المحدودة من غذاء ومأوى، والافتراس، والأمراض.

ففي العشائر النباتية أو عشائر الطيور المزدحمة كثيرة الكثافة تزداد المنافسة على الموارد الغذائية وبالتالي تصبح محددة لنمو العشيرة. وفي كثير من الفقاريات

وبعض اللافقاريات يعتبر الحيز المكاني للعشيرة من العوامل المحددة لنمو العشيرة. ومع الازدحام. فإن المواقع المناسبة للأعشاش - لتفادي الجو السيئ - تصبح غير متيسرة.

كذلك تعتبر الطفيليات والأمراض المعدية من العوامل المحددة معتمدة الكثافة، لأن انتشار الطفيليات والأمراض المعدية في العشيرة كثيرة العدد يكون أسرع من العشيرة قليلة الكثافة. يعتبر كذلك تراكم الملوثات السامة في الوسط من العوامل معتمدة الكثافة. ويزداد معدل الافتراس عندما توجد الفرائس بكثرة، ويسهل الإمساك بها فعدد كبير من عشائر الفرائس غالباً ما تتبعه زيادة في عشائر الحيوانات المفترسة. وتسبب مثل هذه العوامل معدل وفيات أكثر في حالة العشائر ذات الكثافة العالية عنها في حالة العشائر ذات الكثافة الأقل.

يؤدي التنافس المستمر على الغذاء، والمأوى للبقاء على الحياة إلى ظهور قوة أخرى معتمدة على الكثافة وهي الإجهاد. فهناك دليلاً واضحاً على أن ازدحام العشيرة قد يحدث عدم توازن عصبي هرموني متضمناً الغدة النخامية والكظرية. ويتوقف النمو، ويحدث فشل في التكاثر، وتصبح الأفراد عدوانية وشرسة ومتوتره مما ينتج عنه تدهور العشيرة. كذلك يمكن أن يسبب الازدحام الزائد هجرة الحيوانات بعيداً عن موطنها الأصلي خاصة الأفراد الأقل نجاحاً في التنافس.

(ب) عوامل غير معتمدة الكثافة Density-Independent factors

وهي العوامل التي تؤثر بشدة على نمو العشيرة بغض النظر عن كثافة العشيرة. فالتغير الكبير في الجو أو التغير غير المعتاد من البرودة والحرارة والرطوبة أو الجفاف يكون غير معتمد على الكثافة. فقد يهلك إعصاراً، أو موجة برد، 95٪ من العشائر، بغض النظر عن كثافتها. فعشائر الحشرات المحلية تدفع أحياناً إلى الانقراض إذا تعرضت لشتاء قارص. والأعاصير، والبراكين يمكنها القضاء على عشائر بأكملها. ومن المعروف أن العواصف المصحوبة بالبرد تقضي على معظم طيور الماء، وكذلك تقضي حرائق المراعي والغابات على كل كائن غير قادر على الهروب.

وفي البحث الدقيق في موضوع العوامل غير معتمدة الكثافة تبين أنها تكون معتمدة الكثافة بصورة غير مباشرة بالشكل التالي. في حالة حدوث فيضان أو عاصفة شديدة أو قحط أو انفجار بركاني فإن أفراداً قليلة تلك التي يكون لها ملاجئ حماية بصورة غير اعتيادية تمكنها من البقاء حية. فإذا كان عدد مواقع الملاجئ الوقائية محدوداً توفر إيواء لنسبة من عشيرة قليلة الكثافة بواقع أعلى من عشيرة كثيرة الكثافة.

خامساً: ديناميكية العشائر Population Dynamics

تهتم دراسة ديناميكية العشائر بالعلاقات التفاعلية بين العوامل الحية والعوامل غير الحية والتي تؤثر على حجم العشيرة. هناك فرضيتان: الأولى هي فرضية استقرار العشيرة **Population stability** وتدلل على أن عشائر الثدييات الكبيرة تعتبر عشائر مستقرة نسبياً عبر الزمن. ويؤدي ارتفاع نسبة المواليد وارتفاع نسبة الاستيطان إلى استقرار العشائر. أما الفرضية الأخرى فهي فرضية تذبذبات العشيرة **Population fluctuations**، فتعرض العشائر لسلسلة من التذبذبات يعرض حجم العشائر إلى الزيادة والنقصان. وتحدث مثل هذه التذبذبات في اللافقاريات أكثر منها في الثدييات. وقد تكون هذه التذبذبات موسمية **Seasonal fluctuations** أي متعلقة بالمناخ الموسمي، أو غير موسمية، لا تتعلق بالمواسم والفصول. وتذبذبات العشيرة المستقلة نسبياً عن المواسم تكون على طرازين هما التذبذبات العشوائية **Random fluctuations**، والتذبذبات الدورية **Periodic fluctuations**. وتتأثر مثل هذه التذبذبات بالعلاقات التفاعلية بين المكونات الحية والمكونات غير الحية للوسط الذي تتواجد فيه العشيرة.

1 - مجالات التوطن Home ranges

المدى الذي يتحرك فيه الكائن الحي في موطنه أو في مواطن بيئية مجاورة، يعرف بمجال التوطن. وفي كثير من الأنواع يكون هذا المجال ثابت المدى، خصوصاً عند الأنواع المستوطنة **Endemic species** في منطقة معينة.

ويضم مجال التوطن موقع التوطن **Home site** وهو عبارة عن الجحر بالنسبة لفأر معين، أو العش بالنسبة لطائر، أو العرين بالنسبة للأسد، أي أنه مكان مبيت الحيوان. ويضم مجال التوطن أيضاً مركز النشاط **Center of activity** وهو المنطقة التي يكون فيها الكائن الحي على أقصى درجة من النشاط، والتي تحظى بأكبر قسط من الاهتمام وتحتوي على منطقة الغذاء.

تتباين مجالات التوطن في الحجم بالنسبة للحيوانات المختلفة، وبصورة عامة يكون للحيوانات الأكثر حركة والأكبر حجماً مجال توطين أكبر قد يصل في كثير من الأحيان لعدة أميال مربعة. ويقاس مجال التوطن من قبل علماء البيئة بعدة طرق، منها ما هو مرتبط بنشاط الحيوان نهاراً **Diurnal activity**، أو ليلاً **Nocturnal activity**.

2 - التكيف وانتقال (سريان) الجينات Adaptation and Gene flow

على الرغم من ثبات التوزيع الجغرافي للعديد من الأنواع والأجناس في فترات زمنية معينة نجد أن هذه الأنواع يجري فيما بينها العديد من التغيرات التطورية. يرجع بعض هذه التغيرات إلى طول مسافة انتشار هذه الأنواع أو إلى التغيرات الجيولوجية التي أدت إلى تغير جغرافي ومناخي لسطح الأرض. يمكن أن تتفاعل العمليات الوراثية والبيئية لتحدد قدرة العشائر النباتية والحيوانية للتكيف مع الظروف المحلية وبالتالي تستطيع هذه الأنواع أن تمتد ويزداد مدى انتشارها. ويسمى تبادل الجينات فيما بين العشائر المحلية لنفس النوع بسريان الجينات **Gene flow**.

ويحدث هذا السريان بواسطة هجرة أنواع أو جاميتات ما بين العشائر وينتج عن ذلك ادخال صفات انتخبت واختيرت في المنطقة التي نشأت فيها. وقد يصل سريان الجينات إلى إغراق العشائر المحلية بالجينات من الخارج ويؤدي ذلك إلى منع تكيف هذه العشائر للظروف المحلية. وبهذا قد يمنع سريان جينات بين العشائر المختلفة من الحفاظ على التجميعات الجينية الضرورية لاستمرار تكيفها مع الظروف المحلية المحيطة بها. وعلى هذا تتميز عشائر هذه الأنواع بمدى انتشار

واسع وقدره أكبر على تحمل ظروف متباينة. وبذلك تستطيع هذه العشائر أن تمتد وتنمو فـي مدى أوسع وتشغل بيئات جديدة ومناطق جغرافية جديدة.

وفـي حالة سريان الجينات **داخل** العشائر فإن ذلك يؤدي إلى تميز العشائر بوجود ترتيبات جينية متكيفة بشدة مع الظروف المحلية مما يعطيها قدرة تعايشية أكبر فـي البيئة المحلية وفـي نفس الوقت يؤدي ذلك السريان الداخلي إلى منع أو تقليل سريان الجينات بين العشائر المختلفة وبالتالي يؤدي ذلك إلى التقليل من قدرتها على استعمار بيئات جديدة ذات خصائص متباينة.

الفصل الخامس
بيئة المجتمعات Community Ecology

تشمل دراسـة بيئة المجتمعات التعرف على أهم العوامل المؤثرة فـي تركيب المجتمعات والتي تحدد عدد أنـواع الكائنات الحية المتواجدة، والوفرة النسبية لهذه الأنواع. ومن هذه العوامل العلاقات التفاعلية بين المكونات الحية للمجتمع، والكائنات السائدة والمؤثرة، والتأثيرات البيئية والإنسانية. ولكن قبل أن نبدأ فـي وصف هذه العوامل سوف نتعرف على مفهوم المجتمع والحيز المكاني له.

المجتمع Community

يمكن تعريف المجتمع على أنه مجموعة من العشائر لكائنات حية مختلفة تتواجد فـي حيز معين من البيئة بما يسمح لتواجد علاقات متداخلة فيما بينها. ومن أمثلة هذه العلاقات الطيور التي تتخذ من بعض الأشجار مواطن لأعشاشها، الملقحات الحشرية والنباتات الزهرية، العناكب واصطيادها للحشرات، نمو الحزازيات والسراخس فـي الأماكن الظليلة لبعض الأشجار.

ويعرف علماء البيئة حدود المجتمع أو الحيز المكاني للمجتمع تبعاً لأهداف البحث والتساؤلات البيئية التي يتعرضون لها. ومن أمثلة المجتمعات: مجتمع المحللات والكائنات الحية الأخرى التي تعيش على أحد جذوع الأشجار المتحللة، ومجتمع الكائنات الحية القاعية فـي أحد البحيرات، ومجتمع الأشجار والشجيرات فـي أحد الأودية فـي صحراء جنوب سيناء، والعديد من الحيوانات والطيور والنباتات التي تتواجد فـي محمية شرق الجهراء بالكويت.

أولاً: العلاقات التفاعلية بين المكونات الحية للمجتمع Community's interactions

تعتبر العلاقات التفاعلية التخصصية interspecific interactions بين الكائنات الحية من العوامل المؤثرة فـي تواجد الكائنات الحية وكثافتها ومدى انتشارها.

وسوف ندرس هذه العلاقات بين عشائر اثنين من الكائنات الحية فقط للتبسيط. تشتمل العلاقات المحتملة بين الكائنات الحية على التنافس، والافتراس، والتعشب، والتكافل، والتطفل. وسوف نستخدم الرمز (+)، والرمز (−) للدلالة على كيفية تأثير العلاقة على حياة وانتاجية كل من الكائنين موضوع الدراسة. فعلى سبيل المثال في العلاقة التكافلية فإن حياة وانتاجية أي كائن تزداد في وجود الكائن الحي الآخر ويرمز لهذه العلاقة (+/+) حيث يستفيد كل كائن من ارتباطه بوجود الآخر. أما في علاقة الافتراس فيرمز لها بالعلاقة (+/−) حيث يكون هناك تأثير إيجابي على حياة وانتاجية عشائر الكائن المفترس، وتأثير سلبي على عشائر الفرائس. وقد يستخدم الرمز 0 للدلالة على أن عشائر الكائن الحي لا تتأثر بطريقة معروفة عند تفاعلها مع عشائر الكائن الحي الآخر.

1 - التنافس Competition

يمكن أن يحدث التنافس بين الكائنات على الاحتياجات الضرورية من الموارد وخاصة التي تتواجد بكميات قليلة. فقد تتنافس النباتات فيما بينها على الضوء، أو الماء، أو العناصر الغذائية، أو الملقحات الحشرية. فمثلاً تتنافس الحشائش التي تنمو في الحقول الزراعية مع النباتات المنزرعة في الحصول على احتياجاتها من العناصر الغذائية والمياه من التربة. لذلك قد ينتج عن هذا التنافس تحديد سعة كل عشيرة نباتية في الزيادة والانتشار. فكلما قربت الموارد اللازمة من احتياجات الكائنات النباتية كلما كانت قدرتها على التنافس أكبر. وتتنافس الحشرات آكلات العشب فيما بينها للحصول على غذائها من الأعشاب. وينتج عن ذلك تهديد لنمو الأفراد وبقائها، وكذلك تهديد لعملية التكاثر إذا انخفضت المواد اللازمة لنمو هذه الكائنات.

فعند تنافس اثنين من الكائنات الحية على أحد الموارد، فهذا يؤدي إلى معاناة أحد الأفراد واستفادة الآخر (−/+)، وقد يؤدي التنافس إلى معاناة الإثنين (−/−). وقد يؤدي شدة التنافس إلى غياب أحد الكائنات المتنافسة ويعرف التنافس بهذه الحالة بالتنافس الإقصائي أو الاستبعادي **competitive exclusion** حيث يتفوق

أحد الكائنين المتنافسين على نفس المورد الغذائي المحدود مما يؤدي إلى إقصاء الكائن الآخر. وللتعرف على مفهوم التنافس الإقصائي ينبغي أولاً تحديد بعض المفاهيم المتعلقة بالموطن البيئي، والحيز الوظيفـي للكائن الحي.

الموطن البيئي Habitat

يمثل الموطن البيئي **Habitat** وحدة النظام البيئي، حيث يمثل الملجأ أو المسكن للكائن الحي ليشمل جميع معالم البيئة، من معالم فيزيائية وكيميائية وحيوية. وتعتبر المواطن الدقيقة **Microhabitats** أصغر الوحدات البيئية المأهولة. تحدد مصطلحات أخرى، مثل المناخ الدقيق **Microclimate** والحيز الوظيفـي أو العش البيئي **Niche** المتغيرات الدقيقة المتداخلة ووظيفة الكائن الحي ضمن النظام البيئي.

الحيز الوظيفـي Ecological Niche

يعرف الحيز الوظيفـي للكائن الحي أو**Ecological Niche** حالة الكائن الحي واستخدامه للموارد الطبيعية والحية فـي بيئته بالنمط البيئي لهذا الكائن الحي. ولتوضيح هذا المفهوم كما شبهه العالم البيئي **Eugene Odum** «إذا كان وصف العنوان الخاص بالكائن الحي هو الموطن **Habitat** فإن دوره البيئي ووظيفته هو الحيزالوظيفـي **Niche**. وعلى سبيل المثال يشتمل الحيز الوظيفـي لأحد السحالي التي تعيش على شجرة ما على مدى درجات الحرارة التي تتحملها، وعدد ساعات النهار التي تنشط فيها، وحجم ونوعية الحشرات التي تأكلها.

يمكن استخدام مفهوم الحيز الوظيفـي لاعادة صياغة مفهوم التنافس الإقصائي **competitive exclusion** كما يلي:

- لا يمكن لاثنين من الأنواع الحية المتشابهه بيئياً أن يتواجدوا معاً فـي مجتمع معين إذا كان الحيز الوظيفـي لكل منهما متطابقاً تماماً.
- ولكن يمكن للأنواع المتشابهة بيئياً أن تتواجد معاً فـي مجتمع ما إذا كانت هناك اختلافات فـي واحد أو أكثر من عوامل الحيز الوظيفـي لكل منهما.

- وكنتيجة للتنافس فإننا نجد أن الحيز الوظيفي الحقيقي **Realized Niche** للكائن الحي والذي يتواجد فيه فعلياً أقل من الحيز الوظيفي المتاح **Fundamental Niche** والذي يمكن أن يشغله.
- عندما لا يؤدي التنافس بين اثنين من الكائنات الحية المتطابقين من ناحية الحيز الوظيفي إلى عدم وجود أحدهما في الموطن البيئي، فإن هذا يرجع إلى أن الحيز الوظيفي لأحد هذين النوعين قد تغير كنتيجة للتطور الناتج عن الانتخاب الطبيعي **Natural Selection** مما يجعله يستخدم موارد مختلفة ويعرف ذلك بتقسيم الموارد **Resource Partitioning**. ومن الأمثلة على ذلك تواجد أنواع متشابهه من السحالي في موطن بيئي واحد وجميعهم يتنافسون في الحصول على غذائهم من الحشرات ومفصليات الأرجل. ونلاحظ هنا أن هذا النوع من التنافس قد قل أثره نتيجة لانفراد كل نوع من السحالي بحيز مكاني محدد يختلف عن مكان تواجد السحالي الأخرى داخل الموطن الواحد.

تغير الصفات Character Displacement

من الدلائل غير المباشرة على مدى تأثيرات التنافس لفترات طويلة يأتي من مقارنة نوعين من الكائنات الحية المتشابهه والتي تتواجد عشائرهما في حيز جغرافي منفصل أحياناً **allopatric populations**، ومتداخل أحياناً **sympatric populations**. ففي بعض الحالات، نجد أن العشائر المنفصلة متشابهة ظاهرياً وتستخدم موارد متشابهة. وعلى النقيض، نجد أن العشائر المتداخلة والتي تتنافس على الموارد قد تغيرت في بعض الصفات التركيبية وفي الموارد التي تستخدمها ويعرف هذا التغير ما بين العشائر المنفصلة والعشائر المتداخلة بتغير الصفات أو **character displacement** ومثال على هذا التغير ما حدث لحجم المنقار لاثنين من العشائر المختلفة لنوعين من العصافير هما **Geospiza fuliginosa**، و**Geospiza fortis**، فالعشائر التي تواجدت بشكل منفصل تشابهت في الشكل الظاهري للمنقار، أما العشائر التي تواجدت بشكل متداخل تباينت في شكل المنقار وحجمه بما يتناسب مع تكيف كل نوع مع الموارد المختلفة التي يستخدمها، مثل الأحجام المختلفة للبذور التي يتغذى عليها.

2 - الافتراس Predation

يشير الافتراس إلى علاقة (+/-) بين اثنين من الكائنات الحية حيث يستفيد أحد الكائنات وهو المفترس، ويعاني الكائن الحي الآخر الذي يؤكل أو يموت وهو الفريسة. ومن أمثلة ذلك: الحيوانات آكلات العشب **Herbivores**، وهي الحيوانات التي تتغذى مباشرة على الكائنات المنتجة من النباتات والطحالب والبكتيريا الخضراء المزرقة. وقد يتخصص بعضها في التغذي على بذور بعض النباتات وتعرف حينها بالحيوانات آكلات البذور **seed predators**. ومن المفترسات أيضاً الحيوانات آكلات اللحوم **Carnivores** بمستوياتها المختلفة.

تؤثر المفترسات على توزيع وانتشار الأنواع النباتية حيث تلحق المفترسات الضرر بالنباتات التي تتغذى عليها وأحياناً تقضي عليها نهائياً. كذلك يوجد في بعض المفترسات تخصص لأنواع نباتية محددة تتغذى عليها وتفترسها وهنا نجد أن انتشار مثل هذه المفترسات مرتبط ارتباط وثيق بوجود وفرة مناسبة من الفرائس (الأنواع النباتية التي تفترسها). لذلك نجد أن مدى انتشار العديد من المفترسات هو ذاته حيز انتشار وتواجد العوائل أو الفرائس الحيوانية والنباتية. وبالطبع نجد أن حيز انتشار المفترسات المتخصصة أقل اتساعاً من حيز انتشار العوائل لأن في بعض المناطق تحدد عشائر هذه المفترسات بعوامل أخرى غير وفرة العوائل أو الفرائس مثل العوامل المناخية وتدخلات الإنسان.

ومن الجدير بالذكر أن الإنسان قد استفاد من هذه العلاقة التخصصية في المكافحة البيولوجية للعديد من الآفات الزراعية وبعض النباتات التي تسبب إزعاج للإنسان. وعلى سبيل المثال نجد أن أحد أنواع صبارات الكاكتوس (***Opuntia stricta***) قد تم إدخاله إلى أستراليا من أمريكا الشمالية بغرض الزينة. ولكنه بعد مرور 50 عاماً استطاع أن ينتشر من الأراضي الزراعية إلى أراضي المراعي حتى أصبح من الآفات الخطيرة المهددة للمراعي. استطاع العلماء القضاء على هذا الغزو من خلال إدخال نوع من الحشرات (***Calctoblastis cactorum***) تتغذى يرقاتها تغذية متخصصة على هذا النوع من الكاكتوس.

تكيفات مرتبطة بعلاقة الافتراس

لكي يحفظ كل من المفترسات والفرائس على بقائهما يتطلب من الكائنات المفترسة البحث عن فرائسها التي تأكلها، وفي نفس الوقت يجب على الفرائس أن تسعى بكل الطرق أن لا تؤكل، ويؤدي الانتخاب الطبيعي إلى ظهور صفات تمكن المفترسات من اصطياد فرائسها وأكلها، وصفات تمكن الفرائس من التخفي والبعد عن المفترسات.

فمعظم المفترسات لديها حواس حادة تمكنها من التعرف على فرائسها وتحديد أماكنها. كذلك تتميز المفترسات بمخالب وأنياب قوية أو إفراز سموم للسيطرة على فرائسها والإمساك بها. على سبيل المثال تتميز الأفاعي بقدرتها على التعرف على فرائسها من خلال حواس حرارية تتواجد بين كل عين وفتحة الأنف، وتسيطر الأفاعي على فرائسها من الطيور والثدييات من خلال حقنها بالسم بواسطة أنيابها. وتتميز المفترسات المتتبعة لفرائسها بسرعتها الفائقة. أما المفترسات الكامنة التي تترصد لفرائسها وتنصب لها الفخاخ لتوقع بها فتتميز بقدرتها على الاختفاء والتمويه.

وعلى الطرف الآخر فإن الفرائس أيضاً تتكيف بالعديد من الوسائل الدفاعية التي تمكنها من البقاء على قيد الحياة، والهروب أو الاختفاء بعيداً عن ملاحقة المفترسات. وتشتمل الوسائل الدفاعية السلوكية على الاختباء، والفرار عند الإحساس بالخطر، والدفاع عن النفس حيث تستطيع بعض الحيوانات آكلات العشب الضخمة الدفاع عن صغارها أمام المفترسات آكلات اللحوم. بعض وسائل الدفاع السلوكية الأخرى تشتمل على إرسال تحذيرات بالخطر يتجمع على إثرها العديد من أفراد الفرائس بما يشكل دفاعاً مشتركاً أمام الحيوان المفترس.

كذلك تظهر الفرائس العديد من التكيفات الدفاعية الظاهرية والفسيولوجية ومن ذلك التلون الإخفائي أو التمويهي **cryptic coloration, or camouflage** والذي يجعل التعرف على الفريسة أمراً صعباً للغاية (شكل 22).

شكل 22: تمويه أحد السحالي في البيئة الصحراوية.

تمتلك بعض الفرائس الأخرى تكيفات دفاعية ميكانيكية أو كيميائية، فعلى سبيل المثال تستطيع بعض الحيوانات أخذ أوضاع دفاعية من خلال زيادة حجمها أو طولها مما يرهب ويخيف الحيوان المفترس فيبتعد عنها. كذلك يمكن لبعض الفرائس مثل أنواع من الضفادع تخليق سموم داخل أجسامها أو تخزين سموم بعض النباتات التي تتغذى عليها وهذه السموم تمكنها من إظهار رسائل تحذيرية في صورة ألوان براقة تظهر على جسمها من الخارج مما يبعد عنها المفترسات ويعرف هذا التلون بالتلون التحذيري **aposematic coloration** مثل حالة الضفدع السام (شكل 23).

شكل 23: التلون التحذيري Aposematic coloration لأحد أنواع الضفادع arrow frog.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

أحياناً يحصل بعض الفرائس على قدر مناسب من الحماية من خلال التحول لمظهر حيوان آخر وهذا يعرف بالتقليد Batesian mimicry، وفي هذه الحالة تتحول الفرائس المستساغة والغير قادرة على الدفاع عن أنفسها إلى مظهر حيوانات أخرى غير مستساغة أو حيوانات خطرة لديها القدرة على الإيذاء والدفاع عن نفسها. ومثال على ذلك تحول بعض اليرقات من خلال التواء رأسها وصدرها إلى ما يشبه الثعبان (شكل 24).

شكل 24: تكيف دفاعي عن طريق التقليد Batesian mimicry، نوع من اليرقات (Hawkmoth larva) على اليسار تقلد أحد الثعابين المفترسة (Green parrot snake) على اليمين كنوع من التقليد. (المصدر Campbell and Reece 2005)

يمكن للمفترسات أيضاً أن تستخدم التقليد بعدة طرق لإيقاع الفرائس. مثال على ذلك بعض أنواع السلاحف المفاجئة snapping turtles، حيث تشبه ألسنتها مظهر الديدان مما يتسبب في خداع صغار الأسماك التي تحاول أن تأكل هذه الديدان فتقع فريسة حيث يطبق عليها فكي السلحفاء القويين بشكل مفاجئ.

التعشب أو التغذي على الأعشاب Herbivory

يشير مصطلح التعشب إلى علاقة (+/-) بين اثنين من الكائنات الحية حيث يتغذى الحيوان أكل العشب على النباتات أو الطحالب. وتشتمل الحيوانات آكلات الأعشاب على بعض أنواع الثدييات الكبيرة كالماشية والأغنام، لكن معظم آكلات العشب من الحيوانات اللافقارية الصغيرة مثل الجنادب grasshoppers والخنافس beetles. وفي البيئة البحرية تشتمل آكلات العشب على الهائمات الحيوانية zooplankton، والقواقع snails، وبعض الأسماك التي تتغذى على الطحالب algae والهائمات النباتية phytoplankton.

ولآكلات العشب تكيفات خاصة، من ذلك ما يمكنها من التعرف على النباتات المستساغة الغنية بالعناصر الغذائية والنباتات غير المستساغة قليلة القيمة الغذائية، أو التعرف على النباتات السامة والنباتات غير السامة. ومن ذلك وجود حساسات على أقدام بعض الحشرات آكلات العشب تمكنها من التعرف على الطبيعة الكيميائية للنباتات وبذلك تتعرف على النباتات المناسبة التي تقتات عليها. بعض الثدييات كذلك مثل الماعز تستخدم حاسة الشم للتعرف على النباتات والتمييز بينها. في بعض الأحيان تأكل هذه الحيوانات أجزاء معينة من النباتات وتترك الباقي. وأحيانا يتم تناول هذه الأجزاء في مرحلة عمرية خاصة من حياة النبات. تحتوي كذلك العديد من الحيوانات على طبيعة أسنان وجهاز هضمي متكيف مع تناول وهضم الأعشاب والنباتات المختلفة.

أما بالنسبة للنباتات العشبية فلديها أيضاً من التكيفات ما يجنبها قدر الإمكان أن تؤكل بواسطة آكلات العشب. ومن هذه التكيفات تكوين مركبات كيميائية سامة، أو تكوين أشواك للحماية. ومن المواد السامة المنفرة لآكلات العشب مادة النيكوتين التي يفرزها نبات التبغ، ومادة التانين التي يفرزها العديد من النباتات، ومادة اللبن النباتي وهي نوع من القلويدات وتفرز بواسطة العديد من النباتات وبخاصة التابعة للعائلة اللبنية **Euphorbiaceae**، والعائلة الخشخاشية **Papaveraceae**. وقد تفرز النباتات بعض المواد الكيميائية غير السامة ولكنها تجعلها غير مستساغة بالنسبة لآكلات العشب.

3 - التطفل Parasitism

يعتبر التطفل علاقة (+/−) تفاعلية بين كائنين أحدهما يستفيد وهو المتطفل أو الطفيل حيث يحصل على غذائه من الكائن الآخر وهو العائل فينتج عن ذلك ضرر للعائل. وتسبب الطفيليات الكثير من المعاناة للعوائل التي تتطفل عليها وتسبب لها أمراض وقد تنتهي بموت العائل. ويمكن للطفيليات أن تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على حياة وانتاجية وكثافة العشائر الخاصة بعوائلها.

تقسم الطفيليات إلى طفيليات داخلية وطفيليات خارجية. تعتبر ديدان

الإسكارس وطفيل الملاريا من الطفيليات الداخلية **Endoparasites** التي تعيش داخل أجسام الكائنات الحية. أما الطفيليات الخارجية **Ectoparasites** فتلتصق بجسم العائل من الخارج مثل القراد **Ticks** والقمل **Lice**.

في بعض الحالات تتطفل الحشرات على بعض العوائل من خلال وضع بيضها على أو داخل العائل. وعندما تتحول البيضة إلى يرقة فإنها تتغذى على جسم العائل مما قد يفقد العائل حياته.

تمتلك العديد من الطفيليات دورة حياة معقدة تحتوي على العديد من العوائل. مثال على ذلك دورة حياة طفيل دودة البلهاريسيا والتي تتسبب في إصابة حوالي 200 مليون نسمة حول العالم. تشتمل دورة حياة البلهاريسيا على عائلين هما الإنسان وقواقع المياه العذبة.

تعتبر مسببات الأمراض **pathogens** من الطلائعيات، والبكتيريا، والفطريات، والفيروسات من الطفيليات المجهرية، والتي تسبب تأثيرات شديدة الخطورة على عوائلها قد تؤدي إلى الوفاة. فعلى سبيل المثال يتسبب فيروس أنفلونزا الطيور في إحداث مرض وبائي في الطيور مما يتسبب في نفوق الآلاف منها مما يسبب خسائر فادحة.

4 - التعايش Mutualism

يعتبر التعايش أو المعيشة التكافلية من العلاقات التفاعلية التي يستفيد فيها الطرفان (+/+)، ومن ذلك المعيشة التكافلية بين النباتات والملقحات الحشرية، وتعايش البكتيريا العقدية المثبتة للنيتروجين داخل جذور بعض النباتات البقولية، وتعايش الكائنات الدقيقة الهاضمة للألياف السليلوزية داخل الأجهزة الهضمية للحيوانات المجترة، وتعايش بعض أنواع الطحالب وحيدة الخلية التي تقوم بعملية البناء الضوئي مع بعض أنواع الفطريات فيما يعرف بالأشن، وتبادل العناصر الغذائية بين الميكوريزا وجذور النباتات التي تتعايش معها.

تشتمل علاقات التعايش أحياناً على تطورات تكيفية لأحد النوعين بما يؤثر على بقاء وتكاثر النوع الآخر. ومثال على ذلك تكيف النباتات الزهرية في انتاج الثمار أو

الرحيق مما يساعد على جذب الحيوانات المختلفة التي تساعد في التلقيح وانتشار البذور. وعلى الطرف الآخر فإن هناك تكيفات لدى الحيوانات تمكنها من الوصول إلى الرحيق أو ثمار النباتات. وتتميز العديد من علاقات التعايش بأنها علاقات حتمية ولذلك نجد أن غياب أي طرف يؤثر على انتشار الطرف الآخر.

5 - المطاعمة Commensalism

تعرف المطاعمة على أنها علاقة تفاعلية بين نوعين من الكائنات الحية والتي يستفيد منها أحد الأطراف ولا يستفيد أو يتضرر الطرف الأخر(+/0). ويصعب في الطبيعة ملاحظة هذه العلاقة وذلك لأن أي علاقة بين اثنين من الكائنات الحية لابد أن يكون لها تأثير ولو قليل على كلا النوعين. فقد تنمو بعض الطحالب خارجياً على أصداف بعض الكائنات البحرية وتستفيد من ذلك كوسط للنمو وهذه العلاقة قد يكون لها تأثير قليل على الكائن الآخر سواء بالسلب في تقليل الحركة أو إيجابي في التمويه.

ومن علاقة المطاعمة ما يحدث لبعض الطيور التي تصاحب بعض الماشية وآكلات العشب. فعندما تتحرك حيوانات الماشية وآكلات العشب وتبدأ في التهام النباتات الرعوية تتطاير الحشرات فتتغذى عليها الطيور المصاحبة. وهذه العلاقة لا تؤثر غالباً في حيوانات الماشية. ولكنها قد تفيد حيوانات الماشية بالتهامها لبعض الطفيليات الخارجية أو تعطيها نوعاً من التحذير ضد الحيوانات المفترسة.

العلاقات المتخصصة والتكيفات Interspecific Interactions and Adaptation

تعتبر العلاقات المتخصصة بين الكائنات الحية من الدوافع الهامة لحدوث التكيفات المرتبطة، حيث يؤثر كل نوع على النوع الآخر فيدفعه إلى تكيفات تساهم في توطيد هذه العلاقة التفاعلية المتخصصة. وتتطلب هذه الرابطة من التكيفات أن يحدث تغير وراثي في عشائر أحد الكائنين يصاحبه تغيرات وراثية في عشائر النوع الآخر. ويمكن وصف مثل هذه التكيفات الثنائية بالتطور التعاوني coevolution، والذي يمكن وصفه على العموم بأنه تكيفات لأفراد نوع ما لتعزيز

علاقة تفاعلية متخصصة مع أفراد نوع آخر في نفس المجتمع. وعلى الرغم من عدم وجود دلائل كافيه لحدوث مثل هذا التطور التعاوني، فإن معظم تكيفات الكائنات الحية في علاقاتها مع الكائنات الأخرى تعتبر من الخصائص الأساسية لحياة الكائنات الحية. وتشير معضم الدلائل في الوقت الحالي إلى أن عمليات التنافس والافتراس هي التي تقود ديناميكيات المجتمع وتحدد تركيبه. وتظل هذه الفرضيات محل دراسة خاصة في ضوء الدراسات البيئية لتأثيرات العلاقات التفاعلية الأخرى كالتطفل والتكافل والمطاعمة على المجتمعات.

ثانياً: تحكم الكائنات السائدة والمؤثرة في تركيب المجتمعات

Dominant and keystone species exert strong controls on community structure

يمكن لعدد قليل من الأنواع (المؤثرة أو السائدة) أن يمارس سيطرة قوية على تركيب المجتمع، وخاصة من ناحية مكوناته من الكائنات الحية، ووفرتها النسبية، وتنوعها. وقبل أن نتعرض إلى تأثيرات مثل هذه الأنواع، يجب علينا توضيح اثنين من أساسيات تركيب المجتمع وهما تنوع الأنواع أو تنوع الكائنات الحية **Species Diversity**، والعلاقات الغذائية بين الكائنات الحية أو ما يعرف بالتركيب الغذائي **Trophic Structure**.

تنوع الأنواع Species Diversity

يشتمل مفهوم تنوع الأنواع المكون لمجتمع ما على مكونين هامين هما غزارة الأنواع **species richness** والذي يعبر عن العدد الكلي للأنواع المختلفة من الكائنات الحية في المجتمع، والوفرة النسبية **relative abundance** للأنواع المختلفة والذي يعبر عن نسبة عدد أفراد كل نوع بالنسبة لعدد الأفراد الكلية المكونة للمجتمع.

- فعلى سبيل المثال إذا تخيلنا اثنين من المجتمعات يتواجد في كل منها 100 فرد يمثلوا العدد الكلي لأفراد أربعة أنواع مختلفة من الكائنات الحية (**A, B, C, D**)، وكان توزيع عدد الأفراد على النحو التالي:

المجتمع الأول: A25, B25, C25, D25

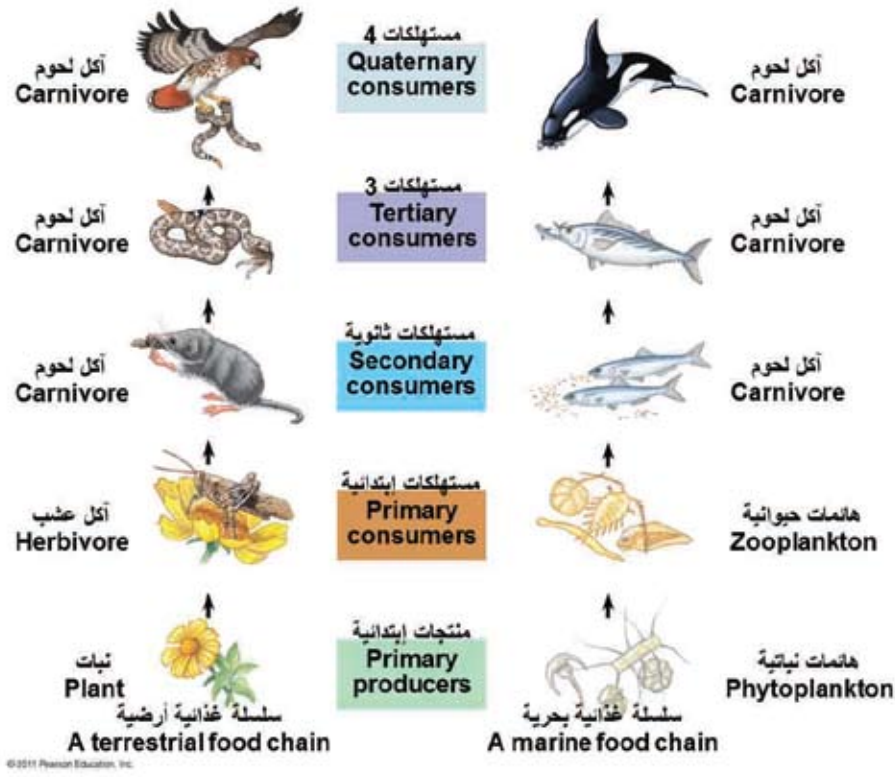
المجتمع الثاني: A80, B5, C5, D10

- تعتبر غزارة الأنواع واحدة في المجتمعين، فكل منهما يحتوي على أربعة أنواع. لكن الوفرة النسبية لكل نوع تختلف بين المجتمعين. ولأن تنوع الأنواع يشتمل على الغزارة والوفرة النسبية معاً فإن المجتمع الأول يعتبر أكثر تنوعاً من المجتمع الثاني.
- يعتبر تقدير العدد الكلي للأنواع المكونة لمجتمع ما من الأمور التي يصعب حصرها وتزداد الصعوبة في تقدير عدد الأفراد الممثلة لكل نوع، لذلك يتم تقدير غزارة الأنواع والوفرة النسبية من خلال عينات ممثلة للمجتمع يتم تحديدها بطرق مختلفة.

وعلى الرغم من صعوبة تقدير عدد الأنواع والأفراد وخاصة بالنسبة للكائنات الحية المتحركة أو الكائنات صغيرة الحجم التي يصعب رؤيتها، فإن تقدير تنوع الأنواع من القياسات الأساسية ليس فقط لدراسة تركيب المجتمعات ولكن أيضاً للحفاظ على التنوع الحيوي.

التركيب الغذائي Trophic Structure

يعتمد تركيب المجتمع وديناميكيته على علاقات التغذية بين الكائنات الحية وهو ما يشار إليه بالتركيب الغذائي للمجتمع. ويعرف مسار انتقال الطاقة الغذائية عبر المستويات الغذائية المختلفة بالسلسة الغذائية (food chain) (شكل 25)، والتي تبدأ بانتقال الطاقة الغذائية بداية من مصدرها في المنتجات وتشمل النباتات والكائنات الأخرى القادرة على البناء الضوئي وتعرف بالمنتجات الأولية (primary producers) ثم المستوى التالي وهو آكلات العشب وتعرف بالمستهلكات الأولية (primary consumers)، ثم آكلات اللحوم وتشمل المستهلكات الثانوية والمستويات الأعلى (secondary and tertiary consumers)، وفي النهاية تصل بقايا الطاقة الغذائية إلى المستوى الأخير وهو المحللات (decomposers).

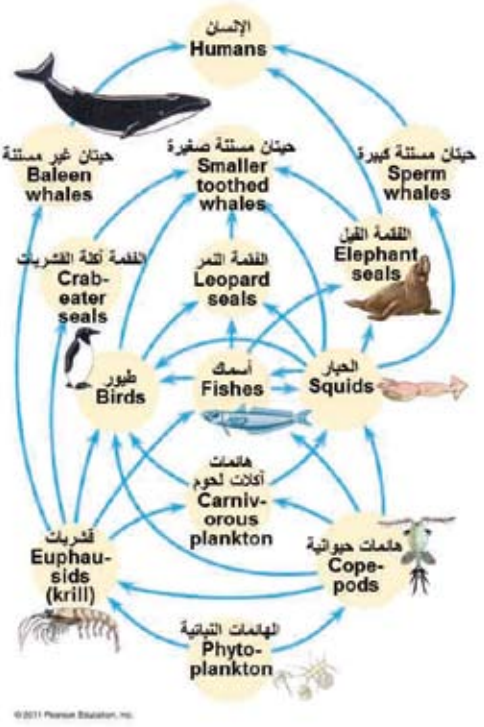


شكل 25: السلسلة الغذائية الأرضية (يسار)، والسلسلة الغذائية البحرية (يمين). تشير الأسهم إلى مسار الطاقة والعناصر الغذائية بين مستويات التغذية. ولا يظهر في هذا الشكل مستوى المحللات التي تتغذى على البقايا العضوية والكائنات الميتة من جميع المستويات.

(المصدر Campbell and Reece 2005)

الشبكات الغذائية Food Webs

فـي العشرينيات من القرن العشرين (1920s) لاحظ العالم البيولوجي شارلز إلتون **Charles Elton** من جامعة أكسفورد بأن السلاسل الغذائية غير منعزلة عن بعضها ولكنها مرتبطة فيما يعرف بالشبكات الغذائية. ويمكن التعبير عن الشبكات الغذائية للمجتمع من خلال أسهم تشير إلى الكائنات الحية المفترسة والكائنات الحية الفرائس، ومثال على ذلك الشبكة الغذائية فـي مجتمع البيئة البحرية (شكل 26). فـي هذا الوسط المائي تعتبر الهائمات النباتية **Phytoplankton** هـي المستوى الأول أو المنتجات الأولية، والتي تعتبر غذاء بالنسبة للمستوى التالي وهو المستهلكات الأولية والتي يعبر عنها هنا بالهائمات الحيوانية **Zooplankton** وتشتمل على عدة أنواع من الكائنات الحية وبخاصة من القشريات. وتعتبر الهائمات الحيوانية فرائس للعديد من آكلات اللحوم والتي تشتمل على هائمات حيوانية أخرى، وطيور البطريق **penguins**، وكلاب البحر **seals**، والأسماك، والحيتان. ويعتبرالحبار **Squids** من آكلات اللحوم التي تتغذى على الأسماك وكذلك الهائمات الحيوانية من الحلقات الهامة فـي ربط هذه الشبكات الغذائية فـي كونها أيضاً تأكل بواسطة أنواع أخرى من كلاب البحر **seals** والحيتان المسننة **toothed whales**. وتعتبر الحيتان أحد غذاء الإنسان الذي يأتي على قمة الشبكة الغذائية. ومع زيادة نشاط الصيد يقل أعداد الحيتان مما يدفع الإنسان لاصطياد مستويات أدنى فـي الشبكة الغذائية وتشمل أنواع متعددة من القشريات **krill** والأسماك.



شكل 26: الشبكة الغذائية البحرية
(**المصدر** 2005 **Campbell and Reece**)

ويمكن أن ترتبط السلاسل الغذائية في شبكات غذائية من خلال وجود نوع معين من الكائنات الحية عند أكثر من مستوى من المستويات الغذائية. ومثال على ذلك في الشبكة الغذائية البحرية تتغذى أنواع من القشريات على الهائمات النباتية وكذلك على الهائمات الحيوانية. وتتواجد مثل هذه المستهلكات غير المتخصصة أيضاً في مجتمعات البيئة الأرضية **terrestrial communities**، فعلى سبيل المثال تتغذى الثعالب وهي من آكلات اللحوم على بعض آكلات العشب مثل الفيران والجرذان، وكذلك يمكن أن تتغذى على بعض الثمار مثل ثمار التوت والنباتات الأخرى، وتعرف مثل هذه المستهلكات بآكلات اللحوم والأعشاب **omnivores**. ويعتبر الإنسان من أكثر الكائنات الحية تنوعاً من ناحية مصادره الغذائية.

ويمكن للشبكات الغذائية أن تكون أكثر تعقيداً، ولكن لتبسيط الأمر بمكن وضع الكائنات التي تتشابه في علاقاتها الغذائية داخل المجتمع في مجموعات وظيفية عامة. فعلى سبيل المثال يعرف أكثر من مائة نوع من الهائمات النباتية المختلفة بالمنتجات الأولية **primary producers** في الشبكة الغذائية. كذلك يمكن تبسيط الشبكة الغذائية من خلال فصل جزء من الشبكة الغذائية والتي تتفاعل بقدر ضئيل مع سائر المكونات الحية للمجتمع.

العوامل المحددة لطول السلسلة الغذائية Limits on Food Chain Length

تتكون السلسلة الغذائية عادة من عدد قليل من الحلقات المرتبطة. ففي الشبكة الغذائية البحرية نادراً ما تجد أكثر من سبع حلقات بداية من المنتجات وحتى نهاية أي مستوى من المفترسات، ويقل هذا العدد من الحلقات في معظم السلاسل الغذائية. وتتكون معظم الشبكات الغذائية التي تمت دراستها على خمس حلقات أو أقل. ولتفسير هذه الظاهرة تم وضع فرضيتان أساسيتان حول المحددات التي تؤدي إلى قصر طول السلاسل الغذائية.

أحدهما هي فرضية مرتبطة بالطاقة **energetic hypothesis** وتفترض أن طول السلسلة الغذائية محدد بتأثير انتقال الطاقة خلال السلسلة الغذائية. وكما سندرس في الفصل القادم، فإن حوالي 10٪ فقط من الطاقة المخزنة في المادة العضوية عند كل مستوى تتحول إلى مادة عضوية في المستوى الأعلى. فعلى سبيل المثال إذا احتوى المستوى الأول من المنتجات على حوالي 100 كجم من المادة العضوية فإن ذلك يعني أن هذا المستوى يستطيع أن يوفر الغذاء أو الطاقة لحوالي 10 كجم فقط من الكتلة الحية لآكلات الأعشاب، وواحد كيلوجرام من الكتلة الحية لآكلات اللحوم. بناء على فرضية الطاقة، فإن السلسلة الغذائية سوف تكون أطول نسبياً في البيئات التي تحتوي على وفرة في الكائنات المنتجة لأن كمية الطاقة ستكون أكبر.

أما الفرضية الثانية فتعتمد على الثبات الديناميكي **dynamic stability**

hypothesis، وترى أن السلسلة الغذائية الطويلة تعتبر أقل ثباتاً من السلسلة القصيرة. ويتعاظم تذبذب العشائر عند مستويات التغذية العليا عنه في مستويات التغذية الدنيا، مما يؤدي إلى انقراض محلي للمفترسات عند قمة السلسلة الغذائية. لذلك فإنه يجب على المفترسات القمية أن تتعافى من الانتكاسات أو الصدمات البيئية **environmental setbacks** (مثل الشتاء القارص البرودة) التي تقلل من الموارد الغذائية عبر المستويات المختلفة من السلسلة الغذائية. ويعتقد أنه كلما طالت السلسلة الغذائية كلما تباطأ تعافي المفترسات القمية **top predators** من هذه الانتكاسات البيئية. وعلى ذلك ترى هذه الفرضية على أن السلسلة الغذائية يجب أن تكون أقصر خاصة في البيئات غير المستقرة **unpredictable environments**.

ولكن معظم نتائج الدراسات البيئية تعضد فرضية الطاقة كمحدد لطول السلسلة الغذائية. حيث أكدت الدراسات أنه كلما تعاظمت كمية الطاقة المختزنة في المادة العضوية عند مستوى الكائنات المنتجة كلما كانت السلسلة الغذائية أطول. أما عندما تقل كمية الطاقة المتاحة في مستوى المنتجات، فذلك يؤدي إلى قصر السلسلة الغذائية.

من العوامل المحددة أيضاً لطول السلسلة الغذائية ميل الحيوانات وبخاصة المفترسات إلى أن تكون أكبر حجماً كلما ارتقينا في مستويات السلسلة الغذائية. لذلك يعتبر كبر حجم المفترسات وطريقة تغذيتها من المحددات الرئيسية لكمية الطعام المتاح التي يمكن تناولها. ولا تستطيع المفترسات الكبرى أن تتعايش مع كميات ضئيلة من الطعام وبالتالي يتناقص أعدادها.

الكائنات الحية التي تتحكم في تركيب المجتمعات

بعض الأنواع من الكائنات الحية لديها تأثير كبير على تركيب المجتمعات، وذلك إما لأنها كائنات غزيرة العدد (أنواع سائدة)، أو لأنها تلعب دوراً هاماً في ديناميكية هذه المجتمعات (أنواع مؤثرة). ويحدث هذا التأثير من خلال علاقات التغذية التفاعلية أو من خلال تأثيراتها في المكونات غير الحية.

الأنواع السائدة Dominant Species

تعرف الأنواع السائدة على أنها أكثر الأنواع وفرة في المجتمع أو تلك الأنواع التي لديها أعلى قيمة من الكتلة الحية Biomass (الكتلة الكلية لجميع أفراد العشيرة). ونتيجة لذلك فإن الكائنات السائدة تتحكم بدرجة مؤثرة في تواجد وتوزيع الكائنات الحية الأخرى. على سبيل المثال: يؤدي وفرة نبات الرمث في المناطق الشمالية من صحراء الكويت إلى تأثيرات بالغة على العوامل غير الحية وبخاصة عوامل التربة وتكوين النباك وتوفير بيئة متميزة في رطوبتها ودرجات حرارتها وخصوبتها مما يؤثر على الكائنات الحية الأخرى المصاحبة سواءً كانت نباتية أو حيوانية.

هناك العديد من الفرضيات التي تفسر تواجد الأنواع السائدة. منها أن الأنواع السائدة لديها قدرة تنافسية أعلى من غيرها في الحصول على احتياجاتها الغذائية والمائية خاصة في البيئات شحيحة الموارد. من الفرضيات الأخرى أن الأنواع السائدة هي أكثر الأنواع نجاحاً في الهروب من مفترسيها أو من الكائنات الممرضة. والفرضية الأخيرة تفسر ازدياد الكتلة الحية للأنواع الغازية Invasive species (أنواع دخيلة جلبها الإنسان من بيئات خارجية وأطلقها أو زرعها في البيئات المحلية) حيث لا توجد المفترسات أو الكائنات الممرضة التي تحدد من انتشارها.

يمكن التعرف على كيفية تأثير الأنواع السائدة من خلال إزالتها من المجتمع. وقد قام الإنسان بالعديد من هذه التجارب دون أن يقصد. فعلى سبيل المثال يعتبر نبات العرفج من النباتات الرعوية الهامة التي كانت سائدة في المناطق الشمالية من الكويت. وبسبب الرعي الجائر والتقطيع وإزالة الغطاء النباتي المصاحب للعديد من الأنشطة الإنسانية تراجعت أعداد العرفج بدرجة كبيرة. نتج عن ذلك تغير كبير في بنية المجتمع حيث لوحظ انتشار وسيادة أنواع أخرى غير مستساغة مثل الهرم أو قليلة الاستساغة مثل الرمث، وبالتالي تراجع أعداد الحيوانات البرية. والأمر يستلزم الكثير من الدراسات البيئية لحصر الآثار البيئية الناتجة عن إزالة الأنواع السائدة على الكائنات الحية الأخرى وعلى العوامل غير الحية.

الأنواع المؤثرة «أنواع حجر الزاوية» Keystone species

ليس بالضرورة للأنواع المؤثرة أن تكون أكثر الأنواع وفرة في المجتمع مثل الأنواع السائدة. فقد تلعب الأنواع المؤثرة دوراً قوياً في التحكم في تركيب المجتمع ليس من خلال الزيادة العددية ولكن من خلال أدوارها البيئية المحورية.

للتعرف على مثل هذه الأنواع المؤثرة نرجع مرة أخرى إلى تجارب إزالة مثل هذه الأنواع من المجتمع ومتابعة التغيرات الناتجة عن ذلك. ويعتبر العالم البيئي روبرت باين Robert Paine من جامعة واشنطن أول من وضع مفهوم الأنواع المؤثرة. ويؤدي فقدان مثل هذه الأنواع المؤثرة إلى إحداث خلل في تركيبة المجتمعات، خاصة إذا كانت هذه الأنواع من المفترسات فيظهر أثرها واضحاً في زيادة أعداد فرائسها التي كانت تتغذى عليها مباشرة، مما يسبب خلل في السلسلة العذائية قد يهدد إتاحة بعض الموارد الغذائية للكائنات الحية الأخرى.

تعتبر أشجار السيال، والسمر، والطلحة من الأمثلة على الأنواع المؤثرة في البيئة الصحراوية حيث تتواجد بأعداد قليلة نسبياً لكنها تلعب دوراً مؤثراً في تواجد العديد من الكائنات الحيوانية والنباتية ومن ثم في تركيب المجتمع. فإذا فقدت مثل هذه الأنواع نتيجة لتدخلات إنسانية أو تعرضها لبعض الطفيليات أو الآفات الحشرية. فإن ذلك يؤثر بشكل بالغ على الحيوانات المختلفة التي كانت تتخذها مسكناً ومورداً غذائياً، وعلى الكائنات الأخرى التي كانت تنمو في ظلها.

يمكن أن تتحكم الأنواع السائدة والمؤثرة في تركيبة المجتمع من خلال إحداث تغيرات في الخصائص التركيبية والديناميكية للعوامل الطبيعية للموطن البيئي وبالتالي يؤثر في تركيبة المجتمع. تعرف مثل هذه الأنواع بالأنواع المؤسسة Foundation Species، والتي غالباً ما تؤثر بشكل إيجابي على نمو وتكاثر أنواع أخرى داخل المجتمع. فعندما تتحسن خصائص التربة فهذا ييسر الوسط البيئي لنمو وتكاثر أنواع أخرى. ومن هنا يمكن وصف الأنواع المؤسسة بالميسرات Facilitators. ومن الأمثلة على ذلك الشجيرات التي تنمو في السبخات الملحية وتثبت الرمال وتبني حول سيقانها التلال أو الأكمات النباتية أو ما يعرف محلياً بالنباك. فهذه النباتات مثل شجيرات الطرفة، والغرقد تحسن من خصائص

التربة وتوفر مزيد من الرطوبة والظل وتقلل من البخر وبالتالي تقلل من ملوحة التربة وهذا ييسر على أنواع أخرى أن تنمو مصاحبة لهذه النباتات المؤسسة أو الميسرة. وعندما تفقد مثل هذه الأنواع المؤسسة، فإن الأنواع الأخرى المصاحبة تفقد أيضاً بالتبعية.

نماذج التحكم في التركيب الغذائي «الصاعد، والهابط»
Bottom–Up and Top–Down Controls

تفيد دراسة نماذج التحكم في العلاقات الغذائية في التعرف على كيفية تنظيم المجتمعات الحية. وللتعرف على مثل هذه النماذج علينا تتبع ثلاثة علاقات محتملة بين النباتات (V) وآكلات العشب (H) على النحو التالي:

$$V \longrightarrow H \qquad V \longleftarrow H \qquad V \longleftrightarrow H$$

تشير الأسهم إلى أن التغير في الكتلة الحية لأحد مستويات التغذية يؤدي إلى تغير في الكتلة الحية في مستوى التغذية الآخر. تشير العلاقة ($H \longrightarrow V$) أن الغطاء النباتي محدداً لأعداد آكلات العشب. وأن زيادة الغطاء النباتي سوف تؤدي إلى زيادة أعداد أو الكتلة الحية لآكلات العشب، وليس العكس. بمعنى أن التغير في آكلات العشب لا يؤثر في الغطاء النباتي. أما النموذج المقابل للسابق ($V \longleftarrow H$) فيشير إلى أن الزيادة في أعداد آكلات العشب سوف تؤثر في الغطاء النباتي تأثيراً سلبياً بمعنى أنها سوف تؤدي إلى تراجع الكتلة الحية للغطاء النباتي، ولكن ليس العكس. بمعنى أن الغطاء النباتي ليس عاملاً محدداً بالنسبة لآكلات العشب. أما النموذج الثالث فيشير إلى أن التأثير يمكن أن يكون في كلا الإتجاهين ($V \longleftrightarrow H$) بمعنى أن كل مستوى من مستويات التغذية يمكن أن يؤثر في المستوى الآخر. بناءً على العلاقات التفاعلية المحتملة السابقة يمكن ملاحظة نموذجين من النماذج المنظمة للمجتمعات هما: النموذج الصاعد، والنموذج الهابط.

(أ) النموذج الصاعد: bottom–up model

تفترض العلاقة (H ⟵ V) النموذج الصاعد وفيه ينتقل التأثير في اتجاه واحد من المستوى الأدنى إلى المستوى الأعلى من مستويات التغذية. في هذه الحالة فإن وجود أو غياب العناصر الغذائية في التربة (N) يعتبر عاملاً محدداً لأعداد النباتات (V)، والتي بدورها تعتبر محدداً لأعداد آكلات العشب (H)، والتي بدورها تعتبر محدداً لأعداد آكلات اللحوم أو المفترسات (P). يمكن تبسيط النموذج الصاعد على النحو التالي:

$$N \longrightarrow V \longrightarrow H \longrightarrow P$$

ولإحداث تغييرات في تركيب المجتمع الذي يسلك هذا النموذج، يجب إحداث تغييرات في الكتلة الحية للمستويات الغذائية الأدنى. فعلى سبيل المثال فإن إضافة عناصر غذائية للتربة سوف ينشط نمو النباتات، وبالتالي سوف يؤدي إلى زيادة الأعداد والكتلة الحية للمستويات العليا من التركيب الغذائي. ولكن إذا أضفنا عدداً من المفترسات أو أزلنا عدداً منهم في مجتمع يتبع هذا النموذج الصاعد فإن تأثير ذلك لن ينتقل إلى المستويات الأدنى من مستويات التغذية.

(ب) النموذج الهابط top–down model

ينتقل التأثير في النموذج الهابط من المستويات العليا نحو المستويات الدنيا من السلسلة الغذائية. في هذا النموذج تعتبر المفترسات هي التي تتحكم بشكل رئيسي في تنظيم المجتمع. فنجد أن المفترسات تحدد أعداد آكلات العشب، وآكلات العشب تحدد أعداد النباتات. والنباتات كذلك تؤثر على العناصر الغذائية في التربة من خلال امتصاصها لهذه العناصر خلال نموها وتكاثرها. ويمكن تلخيص هذا النموذج على النحو التالي:

$$N \longleftarrow V \longleftarrow H \longleftarrow P$$

فعلى سبيل المثال: إذا افترضنا أن مجتمع في بحيرة يتكون من أربعة مستويات من السلسلة الغذائية. بناءً على النموذج الهابط يمكن أن نتوقع أنه عند إزالة

المفترسات القمية (عند المستوى الرابع) فإن ذلك سوف يؤدي إلى زيادة أعداد المفترسات الأولية، وبالتالي يتناقص أعداد آكلات العشب، وهذا يؤدي إلى زيادة المنتجات من الهائمات النباتية، وبناءً عليه سوف يقل تركيزات العناصر المعدنية. أما إذا تكونت السلسلة الغذائية من ثلاثة مستويات فقط، فإن إزالة آكلات اللحوم الأولية سوف يؤدي إلى زيادة آكلات العشب، ويقلل من الهائمات النباتية، ويزيد من تركيزات العناصر الغذائية. وبناءً على ذلك فإن التأثيرات في النموذج الهابط للتركيب الغذائي قد تكون إيجابية أو سلبية.

هناك أيضاً العديد من النماذج الوسطية المحتملة بين النموذجين الصاعد والهابط. ومثال على ذلك: العلاقات التفاعلية التي يؤثر فيها كل مستوى على الآخر (V←→H)، ومن الممكن أيضاً أن يتغير اتجاه التأثير بعد فترة من الزمن. ومثال على ذلك: في البيئات الصحراوية حيث يتباين تساقط الأمطار يحدث مثل هذا الانتقال من النموذج الصاعد إلى النموذج الهابط أو العكس. ففي السنوات المطيرة يسود النموذج الهابط حيث تتحكم آكلات العشب في كثافة النباتات. أما في السنوات الجفافية فإن الغالب على التركيب الغذائي النموذج الصاعد حيث يسود تأثير العناصر الغذائية ورطوبة التربة كعوامل محددة لنمو النباتات، وبالتالي أعداد آكلات العشب.

وعلى الرغم من تواجد نماذج معقدة، فيظل النموذج الصاعد والهابط من النماذج البسيطة الهامة في دراسة وتحليل المجتمعات. ومثال على ذلك: عند تطبيق تلك النماذج البسيطة للتغلب على مشكلات تلوث العديد من البحيرات العذبة حول العالم. يغلب على مجتمعات البحيرات أن يتبع تركيبها النموذج الهابط. ولتحسين جودة المياه في هذه البحيرات يتبع علماء البيئة الاستراتيجية التالية والتي تعرف بالتداول البيولوجي **Biomanipulation**. ففي البحيرات التي تحتوي على ثلاث مستويات من التغذية، فإن إزالة الأسماك سوف يحسن من جودة المياه من خلال زيادة الهائمات الحيوانية ونقصان عشائر الهائمات النباتية من الطحالب وحيدة الخلية والبكتيريا الخضراء المزرقة. أما في البحيرات ذات الأربع مستويات من التغذية، فإن إضافة المفترسات القمية سوف يؤدي إلى نفس التأثير. يجب أن

يسبق ذلك التحكم في الملوثات ووقف إضافة ملوثات جديدة إلى البحيرات سواء كانت ملوثات صناعية أو ملوثات الصرف الصحي.

في عام 1986 ونتيجة لإلقاء كميات من الملوثات العضوية على مدار سنوات سابقة، ظهرت في إحدى بحيرات فنلندا نموات كثيفة من البكتيريا الخضراء المزرقة مصحوبة بكثافة عشائر أسماك السردين التي أدت إلى تراجع الهائمات الحيوانية، وبالتالي ازدادت الهائمات النباتية من الطحالب والبكتيريا الخضراء المزرقة. لعلاج هذه المشكلة أزال علماء البيئة ألف طن من أسماك السردين على مدار السنوات من 1989 و1993، مما أدى إلى تراجع أسماك السردين إلى ما يقرب من 20 ٪ من الكمية التي كانت موجودة قبل العلاج. وفي نفس الوقت أبقى العلماء على الأسماك التي تتغذى على أسماك السردين. وهذا يعني أن البحيرة تحتوي على أربعة مستويات من التغذية. مما أدى إلى الحفاظ على تراجع عشائر السردين. أدت هذه الاستراتيجية **Biomanipulation** إلى إنقاذ البحيرة من التلوث ووقف الازدهار الطحلبي وأصبحت المياه صافية وظلت البحيرة صافية حتى بعد توقف اصطياد أسماك السردين في 1993. لإدارة البيئات الزراعية، والمحميات الطبيعية، والبيئات البحرية يسعى العلماء إلى تفهم ديناميكية المجتمعات.

ثالثاً: مفاهيم متباينة حول تركيب المجتمعات

Contrasting views of community structure

لتفسير وجود أنواع محددة في مجتمع ما، هناك فرضيتان ظهرتا في الفترة بين 1920 و1930، اعتمدت بشكل أساسي على دراسة توزيع النباتات داخل المجتمعات. سنحاول التعرف عليهما مع الأخذ في الاعتبار أن هذه الفرضيات لا تزال محل جدال ودراسة حتى الآن.

فرضيتا التكامل والفردية Integrated and Individualistic Hypotheses

في بداية القرن العشرين اقترح العالم البيئي كلمنتس **Clements** من معهد كارنيجي بواشنطن فرضية التكامل **integrated hypothesis** لتركيب المجتمعات.

تصف هذه الفرضية المجتمع باعتباره تجمع أو لفيف **assemblage** من الأنواع المتقاربة والمترابطة **association** من خلال علاقات حيوية حتمية تجعل المجتمع يؤدي وظائفة كوحدة متكاملة. هناك من الدلائل ما يؤكد هذه الفرضية منها ملاحظة أنواع معينة من النباتات تشكل مجموعة تتواجد معاً بشكل مستمر. مثال على ذلك في الغابات النفضية بالولايات المتحدة الأمريكية يتواجد أشجار البلوط والزان مع مجموعة من الشجيرات والمتسلقات.

بعد فترة قصيرة من فرضية التكامل ظهرت الفرضية الثانية لتركيب المجتمع للعالم جليسون **Gleason** من جامعة شيكاغو وتعرف بالفرضية الفردية **individualistic hypothesis**، والتي تصور المجتمع النباتي على أنه تجمع الفرصة **Chance assemblage**، وهو تواجد لمجموعة من الأنواع في نفس المساحة فقط لأنهم يتشابهوا في احتياجاتهم غير الحية مثل درجات الحرارة، والمطر، ونوعية التربة.

بناءً على هاتين الفرضيتين، فهناك أولويات متفاوتة في دراسة بيولوجية المجتمعات. فرضية التكامل تصف التجمعات من الأنواع بأكملها على أنها وحدات أساسية لدراسة العلاقات التفاعلية والتوزيع للكائنات الحية، بينما تؤكد فرضية الفردية على أن كل نوع قائم بمفرده. كلا الفرضيتين ترى أن المجتمعات تشتمل على علاقات تفاعلية متخصصة. لكنهما تقدمان نظرتين مختلفتين عن كيفية تجمع الأنواع داخل المجتمع.

تشير الفرضيتان إلى توقعات متباينة عن كيفية توزيع النباتات مع التدرج في العوامل البيئية، مثل التغير في رطوبة التربة أو درجات الحرارة على مدار أحد الأودية، أو المنحدرات الجبلية. تتوقع فرضية التكامل أن الأنواع يجب أن تقسم إلى مجتمعات منفصلة **discrete communities** ذات حدود واضحة، وذلك لأن تواجد أو اختفاء نوع محدد، يرجع إلى تواجد أو اختفاء نوع آخر والذي يتفاعل معه داخل المجموعة. على العكس من ذلك، تتوقع الفرضية الفردية أنه لا يوجد فواصل جغرافية محددة بين المجتمعات، وذلك لأن كل نوع له استقلالية في التواجد والتوزيع مع التدرج في العوامل البيئية. أو بمعنى آخر فإن كل نوع يتم توزيعه

بناءً على مدى تحمله للعوامل البيئية التي تختلف على مدار الموطن الذي يتواجد فيه هذا المجتمع. وأن المجتمعات يمكن أن تتغير باستمرار مع التدرج في العوامل البيئية وذلك من خلال إضافة أو فقدان أنوع معينة.

في معظم الأحوال، وبخاصة عند تواجد مناطق واسعة تتميز بتدرج في العوامل البيئية، نجد أن تركيب المجتمعات النباتية يظهر تغيرات باستمرار، ويظهر توزيع كل نوع بشكل مستقل عن الأنواع الأخرى. هذا الشكل من التوزيع يؤكد فرضية أن المجتمعات النباتية عبارة عن مجموعات من الأنواع لا يوجد بينها فواصل محددة. ومع ذلك فعند حدوث تغير مفاجئ لأحد العوامل البيئية المؤثرة، فإن المجتمعات المتجاورة يظهر بينها حدود واضحة. وعلى الرغم من أن تواجد مثل هذه الحدود أمر نادر في الطبيعة، إلا أن الأنشطة الإنسانية المختلفة مثل الأنشطة الزراعية، والصناعية، والحضرية، وتقطيع الأشجار أوجدت العديد من هذه الحدود الواضحة بين المجتمعات.

نموذجا المسمار والتكرارية Rivet and Redundancy Models

- تعتبر الفرضية الفردية في الوقت الحالي مقبولة للكثير من علماء البيئة النباتية، ولكن هناك الكثير من الجدال بشأن تطبيقها في المجتمعات الحيوانية.
- في عام 1981 اقترح العالمان باول وآن إرليش (Paul and Anne Ehrlich) من علماء البيئة الأمريكيين أن الأنواع داخل المجتمعات تشبه المسامير في جناح الطائرة، وليس كل المسامير ضرورية لمسك الجناح، ولكنها بالضرورة ستضعف من قوة ترابط ذلك الجناح بالطائرة.
- يجسد نموذج المسمارRivet model للمجتمعات نموذج التكامل لكلمنتس للمجتمعات النباتية. ويفترض نموذج المسمار أن معظم الأنواع في المجتمع مترابطة بقوة مع أنواع أخرى في شبكة الحياة Web of life. لذلك فإن اختزال أو زيادة غزارة نوع من الكائنات في المجتمع سوف تؤثر في العديد من الكائنات الحية الأخرى.

في 1992، افترض العالم الأسترالي بريان والكر (Brian Walker) رؤية جديدة

للمجتمعات عرفت بنموذج التكرارية **redundancy model**. وتبعاً لهذا النموذج فإن معظم الأنواع في المجتمع ليست مترابطة بشدة مع بعضها البعض، وأن شبكة الحياة فضفاضة إلى حد كبير. وأن الزيادة أو النقصان في أحد انواع المجتمع له تأثير قليل على الأنواع الأخرى، والتي تعمل بشكل مستقل، وتشبه هذه الفرضية ما توصل إليه جليسون سابقاً في الفرضية الفردية. فالأنواع داخل المجتمع هي أنواع متكررة. وعلى سبيل المثال: عند اختفاء أحد المفترسات، فإن مفترس أحر سوف يحل محله ويستهلك فرائسه. وإذا توقف أحد الملقحات الحشرية في زيارة نوع معين من النباتات الزهرية نظراً لاختفائه، فإن ملقح حشري أخر سوف يحل محله ويقوم بوظيفته.

من المهم أن نأخذ بعين الاعتبار أن نموذجي المسمار والتكرارية يشبهان نموذجي التكامل والفردية وأنها نماذج تصف مجتمعات متطرفة، وأن معظم المجتمعات تقع في مكان متوسط بين هذين النموذجين. لذلك يظل الجدال الذي بدأ مع بداية القرن العشرين قائماً حول تركيب المجتمعات. والسبب الرئيسي في ذلك عدم وجود معلومات كافية للإجابة على أسئلة جوهرية أثارها كلمنتس وجليسون منها: هل المجتمعات عبارة عن تجمعات فضفاضة من الأنواع أو وحدات شديدة الارتباط؟ لكي نقيِّم هذين النموذجين المتقابلين، فإننا نحتاج إلى دراسة كيفية تفاعل الأنواع داخل المجتمع، وما هو مدى الترابط بين هذه الأنواع. على سبيل المثال: كيف ستختلف الآثار على المجتمع في حالة اختفاء أحد الأنواع المؤثرة مقارنة باختفاء أحد الأنواع النادرة والذي لديه تأثير قليل نسبياً على تركيب المجتمع؟ هذه التساؤلات حول تركيب المجتمع هي أسئلة هامة لأنها تعبر عن مشكلات بيئية حالية، مثل كيفية تأثير اختفاء نوع محدد على وظائف النظم البيئية.

الفصل السادس
بيئة الكساء الخضري Vegetation Ecology

يعتبر الكساء الخضري محصلة تفاعل المجتمعات النباتية Plant Communities مع بعضها ومع العوامل البيئية المؤثرة في منطقة من المناطق. لذلك يمكن القول بأن دراسة الكساء الخضري هي دراسة لبيئة المجتمعات النباتية.

أولاً: المجتمع النباتي Plant Community

يعرف المجتمع النباتي بأنه مجموعة النباتات التي تعيش معاً في منطقة محددة يتفاعل أفرادها مع بعضهم ومع الظروف البيئية المحيطة بها. ويعتبر المجتمع النباتي وحدة الكساء الخضري. فالغابات متساقطة الأوراق والمنتشرة في أواسط أوروبا وغربها تمثل كل منها مجتمعاً نباتياً. والنباتات الجفافية من الأشجار والشجيرات المنتشرة في الصحاري الحارة في شمال أفريقيا وفي شبه الجزيرة العربية من الوطن العربي تمثل كل منها مجتمعاً نباتياً. ومجموعات النباتات المائية التي تعيش طافية أو مغمورة في بركة ما تعتبر كل مجموعة منها مجتمعاً نباتياً قائماً بذاته.

يحتوي الكساء الخضري لأية منطقة على عدد من المجتمعات النباتية ذات أحجام ومراتب مختلفة من أهمها ما يلي: التكوين النباتي Plant Formation، المجتمع «التجمع» النباتي Plant Association، الجماعة Plant Society، وسوف نتناول كل واحدة بشيء من التفصيل.

1 - التكوين النباتي Plant Formation

يعتبر التكوين النباتي هو أعلى مراتب المجتمعات النباتية، ويمثل الكساء الخضري للأقاليم النباتية على مستوى العالم، أو قارة من القارات. وتتحدد طرز هذه التكوينات النباتية وصفاتها العامة عوامل بيئية مختلفة، أهمها العوامل المناخية وبخاصة درجات الحرارة ومعدلات الهطول، وتعرف مثل هذه التكوينات بالتكوينات النباتية المناخية Climatic Plant Formation مثل الغابات الإستوائية دائمة

الخضرة، والغابات متساقطة الأوراق في المناطق المعتدلة الدفيئة، والحشائش، والصحاري الحارة، والغابات المخروطية في المناطق المعتدلة الباردة، والصحاري الباردة «التندرا» في المناطق القطبية. أما التكوينات النباتية التي تتحدد بواسطة عوامل التربة فتعرف بالتكوينات النباتية التربية **Edaphic Plant Formations**، ومن أمثلة ذلك التكوينات النباتية المميزة للمستنقعات القصبية **Reed Swamps** في المياه الضحلة على شواطئ البحيرات والأنهار والترع، والكثبان الرملية **Sand Dunes** في الصحاري، والمستنقعات الملحية **Salt Marshes** الساحلية والداخلية.

2 - المجتمع «التجمع» النباتي Plant Association

يحتوي كل تكوين نباتي على عدد من الوحدات الاجتماعية، تعرف بالمجتمعات أو التجمعات النباتية **Association**، تتميز كل منها بتركيب نباتي محدد وبسيادة عدد محدد من الأنواع النباتية. فعلى سبيل المثال يتميز التكوين النباتي للمستنقعات الملحية الساحلية بمناطق محددة متأثرةً بالتباين في درجات ملوحة التربة وخصائصها فيسود في بعض هذه المناطق نبات الهرم ***Zygophyllum qatarense***، ومناطق أخرى يسود فيها نبات الغرقد ***Nitraria retusa***، وثالثة يسود فيها نبات التليث ***Halocnemum strobilaceum***.

3 - الجماعة Society

يمكن أن تتواجد داخل التجمعات النباتية مجتمعات نباتية ذات مراتب أقل تعرف بالجماعات **Societies** النباتية وتتشكل من أنواع نباتية تحت رئيسية، ويسود داخل كل جماعة نوع واحد من النباتات، وقد يكون هو النوع الوحيد الموجود بالجماعة فتعرف في هذه الحالة بأنها جماعة نقية. ووجود النوع السائد يغير ظروف البيئة بشكل يلائم بعض النباتات أكثر من نباتات أخرى. وتتواجد الجماعات النباتية عادة في بقاع تختلف في ظروفها البيئية اختلافاً موضعياً ولذلك توصف بالجماعات البيئية **Habitat Societies**. وهناك جماعات ترتبط بما يطرأ على التجمع النباتي من تغيرات موسمية فتظهر جماعات في موسم الربيع وبخاصة النباتات الحولية،

وفـي فصل الصيف يظهر على نفس المكان سيادة جماعة نباتية أخرى ومثل هذه الجماعات تعرف بالجماعات المظهرية **Aspect Societies**. فعلى سبيل المثال يسود فـي كثير من الصحاري النباتات الحولية فـي فصل الربيع مثل نبات الزملوك أو النوير ***Senecio glaucus***.

ثانياً: أنواع الكساء الخضري Types of Vegetation

يقصد بالكساء الخضري على وجه العموم الكساء الخضري الطبيعي الذي يتكون فـي ظروف طبيعية خالصة دون أي أثر لتدخلات الإنسان. أما ما يقوم الإنسان بزراعته من محاصيل وحدائق فيطلق عليه كساء خضري زراعي أو غير طبيعي. وهناك نوع من الكساء الخضري الطبيعي الذي يتعرض لتدخلات الإنسان المختلفة. ومن أمثلة هذه التدخلات ما يحدث من عمليات تحسين المراعي باقتلاع النباتات غير المستساغة أو السامة لإفساح المجال للنباتات الرعوية، أو إدخال نباتات مستوردة من بيئات خارجية إلى منطقة طبيعية مما يؤدي إلى إحداث خلل فـي التوازن الطبيعي بين الأنواع النباتية المختلفة، كذلك يؤدي العديد من الأنشطة الحضرية والصناعية إلى إحداث تغيرات وتهديدات قد تصل إلى تجزئة المواطن الطبيعية ونقصان التنوع الحيوي أو اختفاء بعض الأنواع وفقدانها بالكلية. مثل هذه التغيرات تجعلنا نطلق على الكساء الخضري الطبيعي مسميات أخرى منها الكساء الخضري نصف الطبيعي **Semi-natural Vegetation**.

ثالثاً: الطرق المختلفة لدراسة الكساء الخضري Methods of Vegetation Survey

فـي دراسة الكساء الخضري لمنطقة معينة يتم التركيز غالباً على مرتية المجتمع النباتي، وهي كما أشرنا فـي الفصل الأول تعتبر نوع هام من أنواع الدراسة البيئية الاجتماعية، وبدراسة المجتمعات النباتية المختلفة يمكن تكوين فكرة واضحة عن طبيعة الكساء الخضري المميز لتلك المنطقة. يبدأ الباحث بوصف موقع الدراسة بناءً على المسح البصري **Visual survey** من ناحية هيكل المجتمع، تقارب المجاميع

النباتية من بعضها (الترابط) **Sociability**، والمناطق الانتقالية **Ecotones**، والحواف **Edges**، واتصال المجتمعات، وغيرها من المعايير التي يمكن التعامل معها على أساس المسح والتحليل البصري. يمكن تصوير المجتمع – موقع الدراسة. ثم يبدأ بعد ذلك المسح البيئي الذي يعتمد على أخذ عينات ممثلة لهذه المجتمعات والذي يعد من أهم الخطوات لدراسة المجتمعات النباتية، وفي هذه العينات يتم دراسة الخصائص الاجتماعية للمجتمعات النباتية من الناحية التحليلية ومن الناحية التركيبية. وسوف نتحدث عن طرق انتخاب العينات وأنواعها، والخصائص الاجتماعية المميزة للمجتمعات النباتية وطرق قياسها بشيء من التفصيل.

طرق انتخاب العينات Sampling Selection

لكي نقوم بدراسة البيئة الاجتماعية لمنطقة معينة ينبغي علينا حصر الأنواع التي تنمو في تلك المنطقة ونسبها العددية وتنوعها وتوزيعها داخل المجتمعات الممثلة لتلك المنطقة، والعلاقات المتبادلة بينها وبين العوامل البيئية المختلفة. ونظراً لصعوبة دراسة المنطقة بكاملها والممثلة للمجتمع، لذلك يتم جمع المعلومات اللازمة من خلال انتخاب عينات ممثلة يراعى في ذلك طريقة جمع العينات وعددها وأحجامها وأشكالها تبعاً لطبيعة ونوعية الدراسة وتنوع العوامل البيئية للمنطقة محل الدراسة. وتعتبر طريقتي المربعات **Quadrats**، والقطاعات **Transects** من الطرق الأساسية لانتخاب العينات. وسوف نقوم بشرح هاتين الطريقتين بشيء من التفصيل.

1 – طريقة المربعات Quadrats

تعتبر طريقة المربعات من أكثر الطرق شيوعاً، وهناك عدة أنواع من المربعات منها ما يلي:

(أ) المربع التعدادي الجدولي List count quadrat

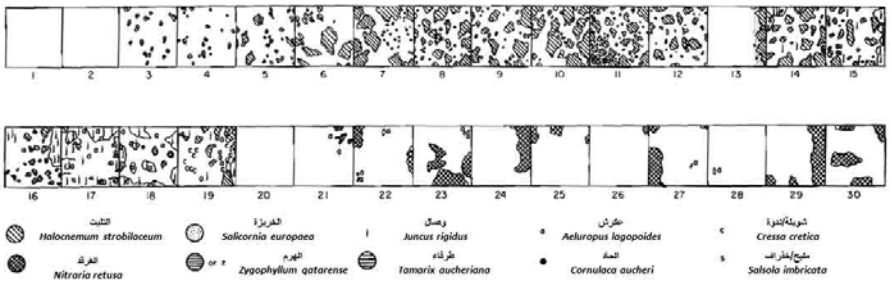
يتم من خلال المربع التعدادي حصر الأنواع وعدد أفراد كل نوع وذلك بطريقة

العـد. كذلك يمكن قياس العديد من الخصائص الحجمية للنباتات الممثلة وبخاصة النباتات القائمة كالأشجار والشجيرات ومن ذلك قياس أقطار السيقان والجـزوع عند قواعدها لمعرفة المساحة القاعدية **Basal Area**، وارتفاعات الأشجار والشجيرات، وأقطار تيجانها المورقة لمعرفة مساحة الغطاء النباتي **Plant Cover**. وتفيد هذه المعلومات في معرفة الأهمية النسبية لكل نوع من الأنواع النباتية التي يتألف منها المجتمع. وفي حالة النباتات العشبية، قد يتطلب البحث معرفة الوزن الكلي للأنواع المختلفة كما في دراسة المراعي، ويتم ذلك عادة بقطع المجموع الخضري لعدد من أفراد كل نوع من الأنواع النباتية عند سطح الأرض ثم وزنها معاً. وتعطي المربعات أرقاماً مسلسلة ويتم تجميع النتائج المتحصل عليها في جداول تعرف بجداول الوفرة **Abundance tables** تضم قائمة بالأنواع النباتية والبيانات المتحصل عليها في كل مربع مثل التواجد، وعددالأفراد، المساحة القاعدية، الغطاء النباتي.... وهكذا.

(ب) المربع المرسوم Chart quadrat

يبين المربع المرسوم العلاقات الحجمية بين الأنواع النباتية المختلفة وتوزيعها داخل المربع. تتيح تلك المربعات تعقب التغيرات الموسمية التي تطرأ على الكساء الخضري نظراً للتغيرات المناخية، أو التأثيرات الإنسانية. كذلك تستخدم المربعات المرسومة في تقدير التغطية النباتية الكلية **Total plant cover** للمجتمع، والتغطية النسبية لكل نوع (شكل 27). وللقيام بذلك يتم استخدام ورق مربعات بمقياس رسم ملائم لتمثيل المربع الطبيعي حيث يقسم الأخير إلى مربعات صغيرة ليسهل تمثيلها على الرسم. ففي المربعات الصغيرة يمكن عمل إطار خشبي بالحجم المطلوب ويقسم إلى مربعات أصغر من خلال شد أسلاك رفيعة أو خيوط مشدودة، وتستخدم مثل هذه المربعات الصغيرة بسهولة حيث يسهل نقلها من مكان لآخر. أما في المربعات الكبيرة فيتم تحديدها من خلال وضع أوتاد في الأركان الأربعة ثم يتم تحديد الإطار وتقسم إلى مربعات أصغر من خلال شد حبال طولية وعرضية على مسافات منتظمة. يحدد على الرسم موضع كل نبات داخل المربع والجزء الذي

يغطيه من سطح الأرض. ويرمز لكل نوع على المربع المرسوم برمز خاص للدلاله على اسم النوع، كذلك يمكن تحديد موضع الساق الرئيسية داخل المساحة التي يغطيها المجموع الخضري. وإذا تداخل نباتان فيجب تظليل المساحة التي يشملها هذا التداخل. بعد ذلك يستعان بمقياس السطوح **Planimeter** لتقدير التغطية النباتية في المربع المرسوم.



شكل 27: مربعات مرسومة (5×5 متر)،
توضح تنوع الغطاء النباتي في السبخات الساحلية لجون الكويت
(المصدر: حلوجي وحلوجي 1977)

(ج) المربع المستديم Permanent quadrat

قد تتطلب الدراسة مراقبة التعاقب **Succession** في نمو الكساء الخضري، أو العلاقات التفاعلية بين النباتات مثل التنافس **Competition**، أو رصد التغيرات الطارئة على الكساء الخضري نتيجة التغيرات المناخية أو التأثيرات الإنسانية، أو رصد التغيرات عند إزالة التأثيرات الإنسانية وعمليات الرعي على سرعة نمو الكساء الخضري لمنطقة معينة، أو رصد تأثيرات معينة مثل الري أو إضافة عنصر معين من العناصر الغذائية مثل النيتروجين أو الفوسفور على نمو الكساء الخضري أو انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من التربة. في مثل هذه الحالات يتم عمل مربعات دائمة يتم الرجوع إليها وتكرار القياسات على فترات زمنية محددة. ويتم رصد التغيرات في المربعات المستديمة من خلال المربعات المرسومة أو الصور

الفوتوغرافية. وفي حالات إزالة تأثير الرعي أو إضافة عنصر يجب مقارنة النتائج المتحصل عليها من المربعات الدائمة بمربعات أخرى طبيعية.

أشكال العينات وأحجامها وعددها وتوزيعها

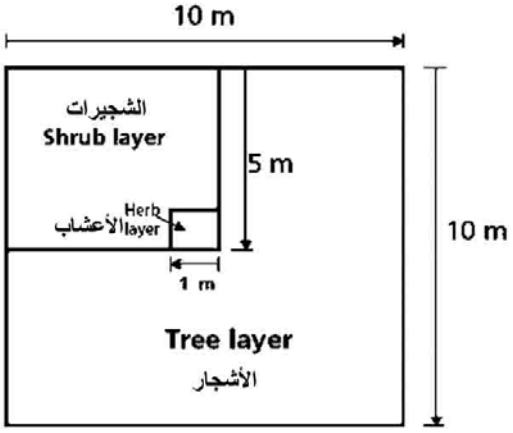
تختلف أشكال العينات وطريقة توزيعها وعددها على حسب طبيعة الدراسة وأهدافها وعلى حسب الظروف البيئية لمنطقة الدراسة.

شكل العينات

فمن حيث شكل العينات فمن المعتاد استخدام المربعات، ولكن قد يلجأ بعض الباحثين لاستخدام أشكال أخرى مثل المستطيل، والمثلث، والدائرة. ويرى بعض الباحثين أن المستطيل أصدق تعبيراً عن حالة الكساء الخضري خاصة إذا اتخذ شكلاً شريطياً حيث يضيق عرضه ويزداد طوله.

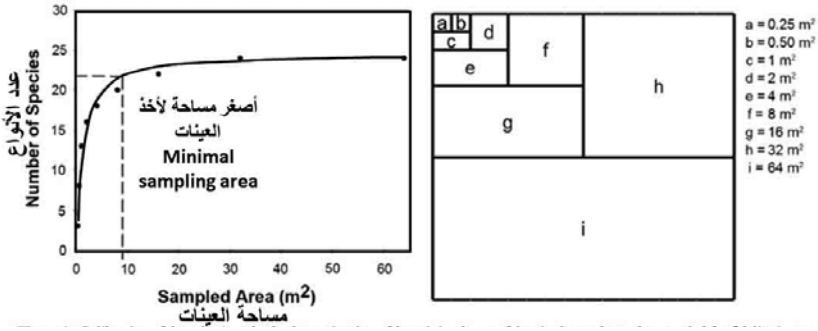
حجم العينات وعددها

يزداد حجم العينة ويكثر عددها كلما ازداد المجتمع النباتي في تنوعه من حيث عدد الأنواع وتوزيعه والظروف البيئية المؤثرة، أما المجتمعات التي يقل فيها عدد الأنواع وتنتظم المسافات بين الأفراد فيمكن دراستها بعدد أقل من العينات. كذلك يتأثر حجم العينة أو مساحة المربع أو المستطيل بنوعية النباتات فتزداد مساحتها عند دراسة الأشجار حيث تتراوح مساحة العينة من 100 إلى 400 متر مربع، وتقل مساحة العينة عند دراسة الشجيرات لتتراوح من 25 إلى 100 متر مربع، وتقل كثيراً عند دراسة النباتات العشبية الصغيرة فقد تصل مساحة العينة إلى أقل من واحد متر مربع (شكل 28).



شكل 28: حجم العينات المستخدمة تبعاً لنوعية النباتات السائدة.

والأمـر الذي يحدد عدد المربعات أو العينات الـلازم دراستها هو ذلك العدد الذي يساوي مجموع مساحته أقل مساحة تحتوي على جميع الأنواع النباتية التي يتألف منها المجتمع النباتي. وتسمى هذه المساحة، بالمساحة الصغرى **Minimal area**. ولقياسها يتم عمل رسم بياني يحدد العلاقة بين عدد الأنواع وجملة المساحة الكلية. فيلاحظ أن المنحى يرتفع في أول الأمر ارتفاعاً حاداً، ثم يقل ارتفاعه فجأة حتى يصبح أفقياً تقريباً. ومعنى ذلك أن أي زيادة جديدة في المساحة لن تقابلها زيادة تذكر في عدد الأنواع. وتعتبر النقطة التي يبدأ عندها المنحنى في اتخاذ مسار أفقي تقريباً ممثلةً للمساحة الصغرى. وتحتوي هذه المساحة على الغالبية العظمى من الأنواع النباتية للمجتمع النباتي. لذلك يكتفى في الدراسة بمساحة تزيد قليلاً على المساحة الصغرى، كما يكتفى بعدد من العينات يمثل تلك المساحة (شكل 29). ولتحديد المساحة الصغرى يبدأ عادةً بعينة ذات مساحة صغيرة ثم تضاعف مساحتها بإضافة مربع جديد ملاصق للأول، وتستمر إضافة مربعات متساوية ومتلاصقة في صف واحد أو متداخلة يتضاعف طول ضلعها في كل مرة. ويتم عند كل مساحة تسجيل العدد الكلي للأنواع المتواجدة، ثم ترسم العلاقة كما أشرنا سابقاً.



شكل 29: كيفية تحديد المساحة الصغرى للعينات التي تضم معظم الأنواع النباتية في منطقة الدراسة.

توزيع العينات

يغلب على المجتمعات عدم الانتظام في توزيع أنواعها وأفرادها لاختلافات في الظروف البيئية من عوامل التربة ومستوى سطح الأرض والمناخات الموضعية، لذلك وجب أن تكون العينات ممثلة لتلك التغيرات. ولكي يتم ذلك يجب توزيع العينات في أرجاء المجتمع كله توزيعاً عشوائياً **Random** يضمن التمثيل العادل. ويمكن القيام بذلك بتقسيم المساحة الكلية إلى عدد من المساحات الكبيرة تبعاً للاختلافات البيئية الرئيسية داخل المجتمع، ثم يتم توزيع العينات داخل كل مساحة كبيرة توزيعاً عشوائياً بحتاً. ويلاحظ أن كثير من الباحثين يفضلون انتخاب مواضع العينات وتوزيعها توزيعاً منتظماً **Regular** بحيث تعبر عن جميع الاختلافات البيئية، ويعتبرون ذلك أفضل من التوزيع العشوائي.

2 - طريقة القطاعات Transects

تمثل طريقة القطاعات إما خطاً **Line transect** أو شريطاً **Belt transect** ضيقاً يمتد في المجتمع مسافة طويلة، لكي تمثل المواضع التي تختلف فيها حالة الكساء وعوامل البيئة. ويستعان عادة بالقطاعات للتعبير عن تأثير الاختلافات في العوامل الموقعية وعوامل التربة على كثافة النباتات. فيعبر القطاع مثلاً عن غزارة النباتات وتنوعها في المنخفضات حيث تتجمع المياه والأتربة، وتقل في المرتفعات. كذلك

يمكن عن طريق القطاعات دراسة تغير التجمعات النباتية تبعاً لمحتوى الرطوبة أو نسبة الملوحة. تختلف أطوال القطاعات حسب طبيعة الدراسة وأهدافها وسرعة التغير في الكساء الخضري أو العوامل البيئية، فقد تمتد القطاعات لعدة مئات من الأمتار، وقد تصل لعدة مئات من الكيلومترات. فمثلاً عند دراسة بيئة ساحلية يمكن عمل قطاعات قد تمتد لعدة كيلومترات من المناطق الداخلية حتى تصل إلى ساحل البحر.

وسواء تم عمل القطاع بشكل خطي أو شريطي فإنه يتم تسجيل النباتات التي تلامس الخط أو التي تقع في نطاق الشريط، ويوضح ذلك على رسم يعمل بمقياس مناسب، يدون فيه اسم كل نبات في موضعه النسبي كما هو موجود على القطاع. كذلك يمكن تسجيل بقية الخصائص كما سبق في طريقة المربعات للدلالة على وفرة الأنواع. وتعتبر طريقة القطاعات الشريطية أو المستطيلات الضيقة أفضل من الخطوط لأن القطاعات الشريطية تسمح بدراسة تركيب المجتمع النباتي وكثافته وتوزيعه وكذلك الانتقال من أحد طرز الكساء الخضري إلى طرز آخر. كذلك يمكن الجمع بين طريقة المربعات وطريقة المقاطع، وذلك بعمل قطاع شريطي ثم أخذ مربعات بشكل منتظم أو عشوائي على طول القطاع الشريطي.

رابعاً: الصفات الاجتماعية التي تتميز بها المجتمعات النباتية

تنقسم الصفات الاجتماعية المميزة للمجتمعات النباتية إلى صفات تحليلية **Analytical characters** تتناول خصائص مميزة لأمثلة من المجتمع، وصفات تركيبية **Synthetic characters** تعبر عن المجتمع بمفهومه الشامل من حيث تشابه أو تباين التركيب ومدى ولاء الأنواع المختلفة للمجتمع ودرجة ثبوت كل نوع في الأمثلة المختلفة للمجتمع.

1 - الصفات التحليلية Analytical characters

تقسم الصفات التحليلية إلى صفات كمية **Quantitative charcters** يتم تحديدها من خلال طريقة المربعات وتتناول خصائص الوفرة والكثافة والتردد

والتغطية النباتية، وأخرى وصفية **Qualitative characters** تبين كيفية تجمع الأنواع المختلفة وتوزيعها ومظاهرها الموسمية ويعتمد تحديد مثل هذه الصفات على الخبرة الطويلة في مشاهدة المجتمع والتعرف عليه. وسنتناول شرح هذين النوعين من الصفات التحليلية.

(أ) الصفات الكمية Quantitative characters

الوفرة «الغزارة» Abundance

تقدر الغزارة أو الوفرة بتعيين جملة عدد الأفراد من كل نوع داخل المجتمع، وذلك بإضافة عددها في جميع المربعات « أو العينات». وعلى أساس عدد الأفراد تقسم الأنواع حسب درجة غزارتها إلى سائدة **Dominant**، ومرافقة للسائدة **Co-dominant**، وغزيرة **abundant**، ومنتشرة **Common**، وعرضية **Occasional**، ونادرة **Rare**. وقد تتحدد الأنواع السائدة بناءً على التغطية وليس عدد الأفراد. فعلى سبيل المثال، قد يكون هناك نوع من الأشجار ممثل داخل المربعات بعدد أفراد قليل لكننا نلاحظ أن نسبة تغطيته عالية بالمقارنة بأنواع أخرى من النباتات العشبية أو تحت الشجيرية والتي قد تتواجد بعدد أفراد أكثر ولكن تغطيتها أقل. ويمكن الدمج بين عدد من الخصائص لتحديد صفة مجمعة وهي الأهمية والتي تعتبر محصلة التردد والكثافة والتغطية. وترتب الأنواع على حسب درجات الأهمية ومن خلال ذلك يتم تحديد النباتات السائدة والمصاحبة والشائعة والنادرة. ويعتقد بعض العلماء بأنه يمكن اعتبار الكتلة الحية **Biomass** كمقياس للسيادة البيئية.

ويعتبر النوع ذو السيادة البيئية **Ecological dominance** هو الأهم بالنسبة للمجتمع، حيث تدل السيادة البيئية على مدى علاقة هذا النوع في عملية تدفق الطاقة عبر المجتمع البيئي. ويجزم العديد من العلماء بأن النوع السائد بيئياً هو الذي يتحكم بشكل رئيسي في مصير المجتمع، وإذا عزلناه تحدث تغيرات مؤثرة. وفي المقابل، فإن عزل أي نوع آخر غير سائد، لا يؤثر أو قد يكون تأثيره غير ملحوظ على حيوية المجتمع.

الكثافة Density

تعرف الكثافة على أنها متوسط عدد الأفراد في وحدة المساحة. ويمكن تقديرها بقسمة مجموع عدد الأفراد على المساحة الإجمالية للعينات. وتقدر إما على أساس عدد الأفراد من كل نوع، أو عدد الأفراد من جميع الأنواع في وحدة المساحة.

التردد Frequency

التردد هو مدى تكرارية الأنواع في العينات التي يتم دراستها وهو بالتالي يعبر عن درجة انتظام توزيع الأنواع المختلفة التي يتكون منها المجتمع، ويقاس كنسبة مئوية للعينات التي تحتوي على النوع المطلوب. ويختلف التردد عن الغزارة، فقد يوجد نوع بغزارة ولكنه متمركز في مساحة صغيرة من المجتمع وبالتالي فتوزيعه غير منتظم مما يؤدي إلى حصوله على نسبة تردد قليلة لا تعبر عن غزارته. لذلك فمن الضروري تقدير التردد دائماً بجانب الغزارة.

التغطية Cover

يمكن قياس التغطية أو الغطاء النباتي من خلال المربعات المرسومة كما أشرنا سابقاً. كذلك يمكن قياس الغطاء النباتي من خلال اعتبار ما يغطيه المجموع الخضري يشبه الدائرة، فيتم قياس أكبر وأصغر قطر للمجموع الخضري، ويتم حساب متوسط قطر المجموع الخضري لأفراد كل نوع على حدة. وباستخدام قانون مساحة الدائرة (πr^2 حيث r تعبر عن نصف القطر) يتم حساب مساحة التغطية لكل نبات داخل المربع.

(ب) الصفات الوصفية Qualitative characters

الاجتماعية Sociability

وتقيس صفة الاجتماعية مدى انتظام أو تشتت أفراد كل نوع داخل العشائر أو المجتمعات. فقد تتوزع الأفراد بشكل عشوائي أو قد تتركز في مساحات معينة

وتخلو من مساحات أخرى. ويظهر هذين النوعين في الكساء الخضري الطبيعي. أما التوزيع المنتظم للأفراد فيميز الكساء الخضري غير الطبيعي، كالحقول الزراعية للمحاصيل والحبوب المختلفة. ومن الممكن قياس درجة التشتت أو الاجتماعية عدديا بتقدير الكثافة ومعامل التردد معاً لكل نوع من الأنواع.

الحيوية Vitality

تشير صفة الحيوية لنوع من النباتات إلى مدى نضارته وقدرته على النمو الخضري وانتاج الأزهار والثمار، وهذا يدلل على ملائمة وتكيف الأنواع مع الظروف البيئية المحيطة. يمكن عمل مقياس وصفي لدرجة اخضرار الأوراق للدلالة على صفة الحيوية.

التغير الموسمي Periodicity

يقصد بصفة التغير الموسمي تلك المناطق التي تختلف فيها الأحوال المناخية كالهطول ودرجات الحرارة في الفصول المختلفة اختلافاً كبيراً، فيؤدي ذلك إلى تميز الكساء الخضري إلى عدد من المظاهر الموسمية **Seasonal aspects**، ولكل منها أنواع نباتية محددة تتميز بالنمو الخضري أو الزهري، أو الكمون وجفاف معظم المجموع الخضري في ذلك الوقت. ومن تلك المظاهر ما يلي: المظهر الربيعي المبكر **Prevernal aspect**، المظهر الربيعي **Vernal aspect**، المظهر الصيفي **Summer aspect**، المظهر الخريفي **Autumnal aspect**، المظهر الشتوي **Winter aspect**.

التنضد Stratification

ويقصد بالتنضد مستويات أو طبقات الكساء الخضري من حيث ارتفاع النباتات، وتشتمل هذه الطبقات على طبقة الأشجار، وطبقة الشجيرات، وطبقة الأعشاب، وطبقة الحزازيات. وتظهر هذه الطبقات بوضوح في الغابات، وتزداد عدد الطبقات في الغابات الإستوائية المطيرة. أما الصحاري فتتميز بندرة وتشتت النباتات مما يجعلها تتميز بعدد قليل من الطبقات، فقد تتواجد طبقة الأشجار والحشائش في

منطقة، ومنطقة أخرى يسود فيها طبقة الشجيرات والأعشاب، وهكذا. ويتأثر نمو وتركيب الطبقات السفلية (مثل الحشائش والأعشاب) بالطبقات العلوية (مثل الأشجار والشجيرات). فإذا زادت كثافة الطبقات العلوية زيادة كبيرة فمن الممكن أن تؤدي إلى اختفاء الطبقات السفلية من الأعشاب والحشائش.

2 - الصفات التركيبية Synthetic characters

(أ) الثبوت Constancy

تعبر صفة الثبوت عن غـزارة الأنـواع على مستوى المجتمع بأسره وفـي ذلك تختلف عن صفة الوفرة Abundance التي تعبر عن غزارة الأنواع على مستوى مثال واحد Stand من المجتمع. وكلما زادت نسبة الأنواع التي تتمتع بدرجات ثبوت عالية دل ذلك على تجانس المجتمع النباتي.

(ب) الولاء Fidelity

يعبر الولاء عن التوزيع الاجتماعي للأنواع والتي ترتبط بمدى انتشار أو ندرة الأنـواع داخل مجتمع معين. وتقسم الأنـواع من حيث الـولاء إلى نباتات مميزة Characteristic species حيث يقتصر تواجدها على مجتمع معين، ونباتات مصاحبة Companion species والتي تصاحب العديد من المجتمعات النباتية المختلفة، ونباتات نادرة Accidental or occaisional species وهي الأنواع التي تتواجد بأعداد قليلة فـي مجتمع من المجتمعات. ويمكن الاعتماد على درجات الثبوت أو التواجد للأنواع لتحديد درجـات الـولاء المختلفة. فمثلاً النباتات التي تتواجد أو درجة ثبوتها تصل إلى 60٪ فأكثر يمكن اعتبارها من النباتات المميزة.

وتعتبر النباتات المميزة من الدلائل Indicators الهامة على بنية المجتمعات ومكانه فـي سلسلة التعاقب التي يمر بها الكساء الخضري من النشأة إلى الذروة.

خامساً: التعاقب في الكساء الخضري Vegetation Succession

تتعرض النظم البيئية الطبيعية إلى العديد من التهديدات أو الاضطرابات السلبية **Disturbances**، يرجع بعضها إلى الأنشطة الإنسانية غير الرشيدة كعمليات الرعي الجائر، واقتلاع الأشجار، واستبدال الكساء الخضري بزراعات موسمية، وما يصاحب الأنشطة الحضرية من اضطرابات وتجزئة للمواطن الطبيعية. والاضطرابات ليست جميعها من فعل البشر، بل قد تكون طبيعية، كالعواصف، والفيضانات، والحرائق، والنشاط البركاني. وقد أثرت هذه التغيرات السلبية على البيئة منذ أزمان بعيدة، بحيث تأقلمت (أو تكيفت) الكائنات الحية معها إلى المدى الذي يمكن للبيئة (أو سطح الأرض) أن تستفيد من هذه التغيرات السلبية على المدى الطويل. فللحرائق الطبيعية فوائد عدة: منها أن الأشجار في الغابات التي لم تتعرض للحرائق قد تصبح معرضة للآفات الحشرية والأمراض، بينما تزداد مقاومة النباتات المتبقية بعد الحرائق لهذه الآفات والأمراض.

تتغلب الطبيعة على مثل هذه التغيرات البيئية السلبية بحدوث ما يسمى بالتعاقب البيئي **Ecological succession**، حيث تتجه الأنظمة البيئية بشكل طبيعي نحو تكوين مجتمعات مستقرة تحتوي على أكبر كمية من المادة الحية. ويمكن تعريف التعاقب البيئي بالانتقال المنظم من مجتمعات حيوية معينة **Biotic community** إلى مجتمعات حيوية أخرى. فما يحدث خلال التعاقب البيئي هو أن يحل مجتمع حيوي محل آخر تدريجياً مع الزمن، وهذا الثاني يحل محله مجتمع ثالث، وهكذا. وتعرف هذه المجتمعات بالمراحل التطورية أو الأطوار التسلسلية **Serial stages**، وتمتاز الأطوار المبكرة بانتاجية عالية وتنوع قليل في النباتات والحيوانات، كما تكون أقل استقراراً من الذروة، وأكثر عرضة للتغير البيئي المفاجئ. ويعرف المجتمع الأخير والأكثر استقراراً بمجتمع الذروة **Climax community**. ويتميز نظام الذروة البيئي بالعديد من الصفات، من أهمها مقاومة عالية للتأثيرات السلبية، وتنوع حيوي عالي، وتربه غنية بالمواد الغذائية والمواد العضوية، ودرجة عالية من الانتظام.

ولكن حتى أنظمة الذروة قد تتعرض للتغيير إذا ما حدثت تغييرات جذرية في المناخ أو دخول أنواع جديدة أو نزع أنواع قديمة من النظام البيئي. غير أن التغيير

يكون بطيئاً في أنظمة الذروة إذا ما قورن بالتغيير في المراحل الأولى من التعاقب البيئي حيث قلة التنوع الحيوي. ويقسم التعاقب البيئي إلى نوعين هما التعاقب الابتدائي، والتعاقب الثانوي.

1 - التعاقب الابتدائي Primary Succession

يحدث التعاقب الابتدائي في أرض جرداء خالية من الكائنات الحية، والتربة لم تتكون بعد مثل نشأة جزيرة جديدة نتيجة ثوران بركاني، أو قطعة أرض صخرية من منحدرات جبلية أو هضاب. تعتبر الكائنات بدائيات النواة، وذاتية التغذية مثل البكتيريا الخضراء المزرقة هي أول صور للحياه تظهر على مثل هذه المناطق الجـرداء، يليها الأشن والحزازيات والتي تنمو بواسطة الجراثيم التي تصل إلى المنطقة بواسطة الرياح، وتعتبر الأشن والحزازيات أول صورة من الكائنات ذاتية التغذية كبيرة الحجم نسبياً تستعمر مثل هذه المناطق الجرداء. مع تعرض الصخور للتشقق وتجمع المواد العضوية المتحللة من الكائنات التي استعمرت المنطقة أولاً تبدأ التربة في التكون بشكل تدريجي. وبمجرد تكون التربة تبدأ الحشائش والشجيرات والأشجار في النمو من خلال البذور التي تصل من المناطق المجاورة وبذلك تحل محل الأشن والحزازيات التي تبدأ في التراجع أو الاختفاء. ويسود المجتمع النباتي في المنطقة من خلال ذلك التعاقب البيئي الابتدائي والذي يمكن أن يأخذ مئات أو آلاف السنين.

2 - التعاقب الثانوي Secondary Succession

يحدث التعاقب الثانوي عندما يتم إزالة مجتمع قائم نتيجة اضطرابات معينة، مثل إزالة الغطاء النباتي القائم لمنطقة بفعل الأنشطة الحضرية المختلفة أو بسبب الرعي الجائر. وعلى الرغم من أن المنطقة تبدو وكأنها عادت إلى بداية عهدها جرداء إلا أنها تتميز بوجود تربة. في مثل هذه المنطقة أول ما يستعمر الأرض من نباتات هي الحشائش والأعشاب عن طريق انتقال بذورها بواسطة الرياح أو الحيوان. ومع مرور الزمن يتم استبدال معظم الحشائش والأعشاب بالشجيرات،

ثم بعد ذلك يتم استبدال معظم الشجيرات بالأشجار.

يمكن تفسير تعاقب الغطاء النباتي من حشائش إلى شجيرات ثم أشجار من خلال ثلاث عمليات رئيسية تحكم العلاقة بين النباتات التي تظهر أولاً، والنباتات التي تظهر متأخرة:

(أ) يمكن للنباتات التي تظهر أولاً (الأعشاب) أن تيسر **Facilitate** الظروف البيئية وتجعلها أكثر ملائمة لتواجد الشجيرات، والشجيرات تيسر الظروف البيئية لتواجد الأشجار. ومن ذلك التيسير زيادة خصوبة التربة، وتحسين خصائصها الطبيعية ومحتواها من الرطوبة.

(ب) على النقيض من ذلك قد تثبط **Inhibit** النباتات الأولى وجود واستقرار النباتات التالية، لذلك يعتبر نجاح وجود الشجيرات في هذه الحالة قد حدث على الرغم من تثبيط النباتات الأولى.

(ج) يمكن للنباتات الأولى أن تكون مستقلة تماماً عن النباتات التالية أو الأخيرة، لذلك فإنها تتحمل **Tolerate** وجود النباتات التالية لكنها لا تساعد أو تثبط تواجدها واستعمارها للمنطقة.

ونستطيع مشاهدة كثير من الأمثلة على التعاقب البيئي حولنا، ومن ذلك تعاقب الكساء الخضري في البيئة المائية، وفي البيئة الجفافية، وفي البيئة الملحية، وفي البيئة الشاطئية وهكذا. وسنعرض هنا نوعين رئيسيين من سلاسل التعاقب في الكساء الخضري وهما سلسة التعاقب المائي وتبدأ في الماء كالبحيرات، وسلسلة التعاقب الجفافي وتبدأ على اليابسة وبخاصة في الصحاري الجافة.

سلسلة التعاقب المائي Hydrosere

تمر البحيرة حديثة التكوين بالأطوار التسلسلية التالية: تنمو الهائمات النباتية والطحالب داخل البحيرة. تستوطن جماعات القشريات والرخويات والحشرات المائية وبعض الديدان. ثم تلتحق بها جماعات من البرمائيات والأسماك. لذا تتغير البحيرة تدريجياً مع تراكم المواد العضوية في القاع، وثراء المياه بالمواد الغذائية. ويصاحب هذا التغير سلسلة تعاقب للحياة النباتية حيث تبدأ بالطور المغمور

Submerged stage فتنمو نباتات مغمورة في الماء مثل نبات الإلوديا ولسان البحر وحامول الماء ومع استمرار نمو النباتات المغمورة تترسب المواد العالقة، والبقايا النباتية على قاع البحيرة مما يؤدي إلى نفصان عمق الماء. ويؤدي استمرار الترسيب إلى ظروف بيئية غير ملائمة لنمو النباتات المغمورة التي استعمرت البحيرة في بادئ الأمر، ولكنها تلائم ظهور أنواع جديدة من النباتات تعرف بالنباتات الطافية مثل ياسنت الماء وبذلك يدخل التعاقب إلى الطور الثاني وهو الطور الطافي **Floating stage**. وفي بداية هذا الطور ترافق النباتات الطافية النباتات المغمورة، ولكن مع انتشار النباتات الطافية وبخاصة ذات الجذور الطليقة مثل ياسنت الماء وعدس الماء تتكون كتلة من النباتات الطافية تغطي سطح الماء وبذلك تقل الإضاءة المتاحة للنباتات المغمورة مما يؤدي إلى نقصانها بشكل ملحوظ. تعمل كتلة النباتات الطافية على المزيد من ترسيب المواد العالقة بالماء وكذلك البقايا المتساقطة من النباتات الطافية بعد موتها إلى سرعة بناء التربة فيقل عمق الماء كثيراً ليصبح غير ملائم لنمو النباتات الطافية فتأخذ في الاضمحلال شيئاً فشيئاً إلى أن تختفي لتحل محلها نباتات المستنقعات مثل نبات البوص ويبدأ طور جديد هو طور المستنقعات القصبية **Reed-swamp stage** حيث يرتفع مستوى القاع وتزداد خصوبة التربة فتغزو المنطقة نباتات تنتشر جذورها في القاع، وتكون مغمورة جزئيا بأجزائها السفلية بينما ترتفع أجزاؤها العلوية في الهواء.

سلسلة التعاقب الجفافي Xerosere

إذا تركت قطعة أرض مغطاة بالتربة دون زراعة وسقطت عليها كمية كافية من الأمطار، تبدأ الأعشاب الحولية بالنمو أولاً، ثم بعد ذلك تبدأ بعض النباتات المعمرة صغيرة الحجم في الظهور. وبعد بضع سنوات تغزوها الشجيرات، ثم بعد سنين عدة تبدأ الأشجار بالسيطرة على المكان. ويمكن القول بأن مجتمع الأعشاب الحولية والنباتات المعمرة تحت الشجيرية يمهد المكان ويجعله مناسباً بعد فترة من الزمن لنمو الشجيرات، وبعد فترة تسود الشجيرات لقدرتها التنافسية العالية في الحصول على الضوء والماء والعناصر الغذائية، وتصبح المنطقة أقل تناسباً مع

مجتمع الحشائش فتقل أعداده. وهكذا يهيئ مجتمع الشجيرات المنطقة فتصبح مناسبة لنمو الأشجار التي تبدأ في زيادة أعدادها على حساب الشجيرات فينتهي الأمر بسيادة مجتمع الأشجار وتراجع مجتمع الشجيرات. وينتهي التعاقب بحالة من الاستقرار، حيث يتم الاتزان ما بين جميع الأنواع والبيئة الطبيعية. وتدعى هذه المرحلة النهائية نظام الذروة البيئي **Climax ecosystem**، وتسمى التجمعات الحيوية المستقرة (أو الناضجة) مجتمعات الذروة **Climax communities**.

وتلعب الظروف المناخية وبخاصة درجات الحرارة ومعدلات الهطول دوراً أساسياً في تحديد الطرز النهائي للكساء الخضري من حيث كونه عشبياً، أو شجيرياً، أو شجرياً. فإذا كان المطر قليلاً والتبخر شديداً كما في الصحاري العربية فإن الكساء الخضري يغلب عليه الكساء العشبي أو تحت الشجيري من النباتات الجفافية. أما إذا كان المطر غزيراً كما في معظم الجهات من أوروبا وأمريكا الشمالية، فإن الكساء الخضري يتميز بسيادة الأشجار. وعندما يصل الكساء الخضري إلى هذا الحد الذروي، يقف تغير البيئة، فلا تزداد خصوبة التربة أكثر مما زادت.

الفصل السابع
بيئة النظم البيئية Ecosystem Ecology

يعرف النظام البيئي على أنه الوحدة التركيبية والوظيفية والديناميكية للمحيط الحيوي. والمحيط الحيوي Biosphere هو الوسط الذي تعيش فيه جميع الكائنات الحية من نباتات وحيوانات وكائنات دقيقة. ويتكون المحيط الحيوي من الغلاف الأرضي Lithosphere، والغلاف الجوي Atmosphere، والغلاف المائي Hydrosphere، بالإضافة إلى الكائنات الحية التي تعيش في هذه الأغلفة. والعديد من علماء البيئة يفضلون وصف المحيط الحيوي بالنظام البيئي العالمي Global Ecosystem. سوف نتعرف في هذا الفصل على مفهوم النظام البيئي ومكوناته، وديناميكية سريان الطاقة ودوران العناصر داخل النظام البيئي، وإنتاجية النظام البيئي ومدى تأثره بالعوامل الطبيعية والكيميائية، وكفاءة سريان الطاقة بين مستويات التركيب الغذائي، وأخيراً التأثيرات الإنسانية على سريان الطاقة ودوران العناصر في الطبيعة.

أولاً: مفهوم النظام البيئي والطاقة والمادة Ecosystem, Energy, and Matter

النظام البيئي Ecosystem عبارة عن وحدة تنظيمية في حيز معين تحتوي على عناصر حية وهي جميع أفراد الكائنات الحية الممثلة للمجتمع إضافة إلى جميع العوامل غير الحية التي تتفاعل معها. وكمثل العشائر والمجتمعات، فالنظم البيئية أيضاً تعتبر وحدات غير منفصلة، ويصعب وضع حدود جغرافية واضحة تفصلها عن بعضها.

النظام البيئي بما يشمل من عشائر ومجتمعات ومواطن بيئية مختلفة Habitats، يعني بصورة عامة التفاعل الديناميكي لجميع أجزاء البيئة مما يؤدي إلى اثنين من العمليات أو الوظائف الهامة هما سريان الطاقة Energy Flow ودوران العناصر الغذائية Nutrient Cycling، وتكون المحصلة إنتاجاً نباتياً يعرف بالإنتاج الابتدائي (Primary

Production) وإنتاجاً حيوانياً يعرف بالإنتاج الثانوي (Secondary Production).

تدخل الطاقة إلى النظام البيئي من خلال ضوء الشمس. ومن ثم يتحول إلى طاقة كيميائية بواسطة الكائنات ذاتية التغذية، والتي تمرره إلى الكائنات آكلات العشب، والتي بدورها تمرره إلى آكلات اللحوم في شكل مركبات عضوية (غذاء)، وتتبدد الطاقة في النهاية في صورة طاقة حرارية، يتم فقدها عند كل مستوى من مستويات التغذية. أما العناصر الكيميائية مثل الكربون والنيتروجين فتدور من خلال المكونات الحية والمكونات غير الحية للنظام البيئي. تستفيد الكائنات ذاتية التغذية من هذه العناصر في صورة غير عضوية تحصل عليها من الماء والهواء والتربة، ثم تحولها إلى جزيئات عضوية البعض منها يستهلك بواسطة الحيوانات. ثم تعود العناصر مرة أخرى إلى الصورة غير العضوية إلى الماء والهواء والتربة من خلال عمليات الأيض داخل النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة مثل البكتيريا والفطريات والتي تقوم بتكسير وتحليل المخلفات والبقايا العضوية والأجسام الميتة.

تتحرك الطاقة والمادة خلال النظم البيئية عن طريق انتقال العناصر أثناء عملية البناء الضوئي والعلاقات الغذائية. تسير الطاقة داخل النظام البيئي ولا يمكن أن يعاد استخدامها لأنها تتبدد في صورة كميات ضئيلة من الحرارة، لذلك لا بد أن يدخل إلى النظام البيئي دفعات من الطاقة بشكل مستمر حتى يستمر في أداء وظائفه، وهنا تأتي أهمية الطاقة الشمسية كمحرك أساسي لديناميكية النظام البيئي. لذلك نقول إن الطاقة تسير خلال النظام البيئي، بينما العناصر تدور داخله. وتعتبر الموارد الأساسية لحياة الإنسان من طعام نأكله وأكسجين نتنفسه ما هي إلا نتاج العمليات أو الوظائف الأساسية التي تتم داخل النظام البيئي، وهي سريان الطاقة ودوران العناصر.

ثانياً: سريان الطاقة ودوران العناصر Energy flow and chemical cycling

تتفاعل الكائنات الحية فيما بينها من جهه وفيما بينها وبين العوامل الطبيعية السائدة في المنطقة من جهة أخرى، بما يسمح بوجود نظام متكامل متزن ينشأ عنه اثنين من الوظائف الأساسية للنظام البيئي وهما: سريان الطاقة ودوران

العناصر. لذلك يرى المختصين في دراسة النظم البيئية أنه يمكن اعتبار النظم البيئية كمحولات للطاقة **transformers of energy**، ومعالجات للمادة **processors of matter**. يمكن تتبع تحولات الطاقة ومعالجات المادة داخل النظام البيئي من خلال العلاقات الغذائية بين الكائنات الحية الممثلة للمجتمع والذي تم جمعها في مستويات التغذية فيما يعرف بالسلسلة الغذائية أو الشبكة الغذائية التي تمت دراستها في الفصل الخامس.

1 - سريان الطاقة في النظم البيئية

للتعرف على ديناميكية النظم البيئية ينبغي التعرف على بعض القوانين الطبيعية الأساسية والتي تعرف بقوانين الديناميكا الحرارية **Thermodynamics**. ويعبر القانون الأول عن بقاء الطاقة وينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، وإنما تتحول من صورة إلى صورة أخرى. لذلك فإننا ندرس سريان الطاقة داخل النظام البيئي من خلال دخول الطاقة في صورة طاقة شمسية أو إشعاع شمسي إلى أن تخرج من الكائنات الحية في صورة طاقة حرارية. تدخل الطاقة النظام البيئي في صورة ضوء الشمس. تتحول الطاقة الضوئية بواسطة النباتات والكائنات ذاتية التغذية الأخرى إلى طاقة كيميائية ثم تمرر إلى الكائنات غير ذاتية التغذية في صورة غذاء أو جزيئات عضوية، ثم تستهلك الطاقة وتتبدد في صورة طاقة حرارية (شكل 30). نلاحظ هنا أن كمية الطاقة لم تتغير. فالقيمة الكلية للطاقة المخزنة في صورة جزيئات عضوية، والطاقة المنعكسة والمبددة في صورة طاقة حرارية يجب أن تساوي كمية الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على النباتات. يمكن قياس هذه الكميات من الطاقة من خلال تحديد مساحة محددة من النظام البيئي وتتبع سريان الطاقة ودراسة العوامل المؤثرة على انتقالها.

أما القانون الثاني من قوانين الديناميكا الحرارية فينص على أن تحولات الطاقة لا يمكن أن تتم بكفاءة كاملة، فلا بد من تبدد بعض من هذه الطاقة في صورة طاقة حرارية عند أي عملية تحول. ومن هنا يمكن قياس كفاءة تحولات الطاقة داخل النظام البيئي بنفس الطريقة التي يمكن بها قياس كفاءة لمبات الكهرباء ومحركات

السيارات. تنتهي كمية الطاقة التي تسري في النظام البيئي في صورة طاقة حرارية تتبدد في الفضاء الخارجي، لذلك فإذا لم يستمر امداد النظم البيئية بالطاقة الشمسية بشكل مستمر فإن هذه النظم البيئية سوف تختفي.

شكل 30: سريان الطاقة.

2 – دوران العناصر في النظم البيئية

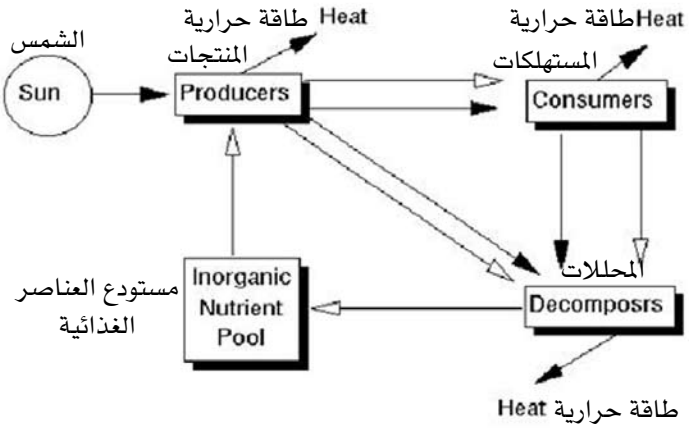
تدور العناصر اللازمة للكائنات الحية في النظام البيئي مثل الكربون والنيتروجين والفسفور من خلال مستويات التغذية والمكونات غير الحية. تقوم الكائنات ذاتية التغذية (المنتجات) بتصنيع الغذاء من عناصر غير عضوية من الهواء والتربة والماء من خلال عملية البناء الضوئي وتحولها إلى جزيئات عضوية. تمرر الجزيئات العضوية من خلال العلاقات الغذائية من المنتجات إلى المستهلكات ثم في النهاية إلى المحللات، ثم بعد ذلك تعود العناصر إلى الصورة غير العضوية مرة أخرى إلى المكونات غير الحية (الهواء والماء والتربة) بواسطة أيض الكائنات الحية وبخاصة المحللات «البكتيريا والفطريات» التي تحلل المخلفات العضوية والأجسام الميتة.

وبذلك لا تنتهي العناصر من على الأرض، على الرغم من إمكانية انتقال العناصر من نظام بيئي إلى آخر. وتعتبر القياسات والتحاليل الكيميائية لدوران العناصر في النظام البيئي وفي المحيط الحيوي ككل مساحة أخرى في دراسة بيئة النظم البيئية.

3 – العلاقات الغذائية Trophic Relationships

في الفصل الخامس تم دراسة العلاقات الغذائية للكائنات الحية من خلال مستويات التغذية **Trophic levels**. يوصف الشكل رقم 31 هذه المستويات الرئيسية وهي المنتجات، والمستهلكات، والمحللات في النظام البيئي. خلال أي خطوة من خطوات التغذية يحدث انتقال رئيسي للعناصر الغذائية الكيميائية والطاقة المخزونة من الكائن الحي أو المستوى الغذائي إلى الكائن أو المستوى الغذائي التالي.

فعلى سبيل المثال: عندما تتجمع البقايا النباتية والحيوانية في قاع بركة، وعندما تكون درجة الحرارة مناسبة يبدأ التحلل بسرعة وتعود المواد الأولية إلى رواسب البركة أو قد تذوب في الماء لتغذي المنتجات. وفي البيئة الصحراوية تتغذى الطيور على الديدان التي تتغذى على الأوراق المتساقطة. كذلك تتغذى الفطريات والبكتيريا على البقايا النباتية. لتعيد العناصر مرة أخرى في صورة مركبات غير عضوية إلى مستودعات المكونات غير الحية وهي الماء والتربة والهواء ليستفيد منها المنتجات ويستمر دوران العناصر.

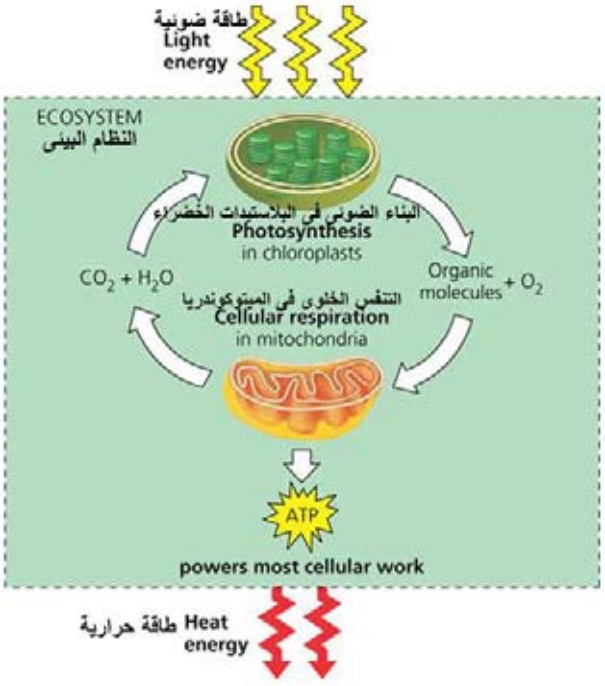


شكل 31: سريان الطاقة ودوران العناصر في النظام البيئي. يشار إلى سريان الطاقة بالأسهم ذات الرأس الأسود، وإلى دوران العناصر بالأسهم ذات الرأس الأبيض.

أ - المنتجات Primary Produceres

تعتبر المنتجات كائنات حية ذاتية التغذية Autotrophs حيث تستطيع انتاج الغذاء لنفسها ولغيرها من الكائنات الحية الأخرى. وتشتمل المنتجات على النباتات والطحالب والبكتيريا الخضراء المزرقة والتي تقوم بصنع غذائها من خلال عملية البناء أو التمثيل الضوئي Photosynthesis. في نظم بيئية خاصة مثل الينابيع الحارة تتواجد صورة أخرى من المنتجات وهي أنواع من البكتيريا التي تستطيع صنع غذائها من خلال ما يعرف بالبناء الكيميائي Chemosynthesis.

في البناء الضوئي تأخذ المنتجات غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو بوجود أشعة الشمس، وتمتص الماء والأملاح المعدنية من التربة، وهي تنتج سكر الجلوكوز الذي يزود المنتجات بالطاقة اللازمة لعملياتها الحيوية، وتطلق غاز الأكسجين. ثم تقوم المنتجات بتحويل سكر الجلوكوز إلى مركبات عضوية Organic Compounds معقدة تشمل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون وغيرها، تبني بها أنسجتها، بوجود العناصر الغذائية الأخرى Mineral Nutrients كالنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت، التي تقوم بامتصاصها من التربة أو من الماء مباشرة (شكل 32). ويعد البناء الضوئي من أهم العمليات الحيوية التي تضمن اتزان النظم البيئية وإمداد الكائنات الحية بأهم مقومات الحياة وهي الغذاء والأكسجين. لذلك يمثل البناء الضوئي القدرة الانتاجية لجميع النظم البيئية، كما هو الوسيلة التي تتحول بواسطتها الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. وتتم عملية البناء الضوئي من خلال سلسلة متكاملة من التفاعلات الكيميائية التي تحتاج إلى الإنزيمات والعديد من المركبات الوسيطة المعقدة.



شكل 32: سريان الطاقة ودوران العناصر في النظام البيئي.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

ب - المُستهلكات Consuners

تعتبر الكائنات الغذائية الأخرى غير ذاتية التغذية **Heterotrophs** وترتب في مستويات غذائية فوق مستوى المنتجات الابتدائية. تعتمد الكائنات غير ذاتية التغذية أو المستهلكات **Consumers** على المنتجات الأولية إما بصورة مباشرة أو بصورة غير مباشرة للحصول على غذائها.

تعرف الحيوانات آكلات العشب **Herbivores** والتي تتغذى مباشرة على النباتات والمنتجات الأولية الأخرى بالمستهلكات الابتدائية **Primary Consumers**. وتعرف الحيوانات آكلات اللحوم **Carnivores** أو المفترسات (الضواري) **Predators** التي تتغذى على آكلات العشب بالمستهلكات الثانوية **Secondary Consumers**. أما آكلات اللحوم التي تتغذى على آكلات لحوم أخرى فتعرف بمستهلكات المستوى

الثالث، **Tertiary Consumers**، وهكذا. وهناك من آكلات اللحوم ما يتغذى أيضاً على النبات وفي هذه الحالة تعرف بآكلات الأعشاب واللحوم **Omnivores**، أو المستهلكات الاختيارية. فالغزال الذي يقتات على العشب يعد مستهلكاً ابتدائياً، والذئب مستهلكاً ثانوياً عندما يتغذى على الغزال. وهناك مجموعة خاصة من المستهلكات هي الطفيليات **Parasites** وهي كائنات قد تكون نباتية أو حيوانية أو كائنات دقيقة تعيش داخل الكائن الحي أو عليه، والذي يدعى العائل **Host** وتتغذى عليه خلال فترة من الزمن، ولكن لا تؤدي إلى قتله مباشرة، بل إلى إضعافه.

ج- المُحللات Decomposers

هناك مجموعة أخرى من الكائنات غير ذاتية التغذية تعرف بالمحللات **Decomposers** أو آكلات النثار أو الفتات **Detritivores**. وهذه الكائنات تعتمد على تحليل الفتات **detritus** لكي تحصل على احتياجاتها من الطاقة. ويشمل الفتات على المواد العضوية غير الحية مثل بقايا الأجسام الميتة من النباتات والحيوانات، والفضلات العضوية، وما يتساقط من أوراق النباتات وأخشابها. وتشتمل المحللات على البكتيريا، والفطريات، والحيوانات آكلات الفتات. لكن تعتبر البكتيريا والفطريات المحللات الأساسية حيث تفرز إنزيمات هاضمة لهذه البقايا العضوية ثم بعد ذلك تمتص البكتيريا والفطريات ما تحتاج إليه من مواد عضوية مُحلَلة عن طريق غشائها الخلوي مباشرة. ويتم تكسير هذه الجزيئات العضوية من خلال عملية التنفس الخلوي مما يؤدي إلى اعادة ما تحتويه من عناصر إلى مكونات البيئة غير الحية مرة أخرى، لتستفيد منها المنتجات مرة أخرى في تكوين الغذاء، وبذلك تتكرر الدورة مرة أخرى (شكل 32). لذلك تعتبر المحللات حلقة هامة في عملية دوران العناصر حيث تربط ما بين المكونات الحية والمكونات غير الحية. ويؤدي توقف عمل المحللات إلى توقف الحياة على الأرض، لأن ذلك سوف يؤدي إلى تراكم المخلفات العضوية، واستنزاف العناصر الكيميائية من المكونات غير الحية. وتصنف المحللات إلى 3 أنواع حسب متطلبات الأكسجين هي: كائنات دقيقة هوائية

Aerobes، وكائنات دقيقة لاهوائية Anaerobes، وكائنات دقيقة لا هوائية اختيارية Facultative anaerobes.

ثالثاً: تحدد العوامل الطبيعية والكيميائية الإنتاجية الابتدائية للنظم البيئية Physical and chemical factors limit primary production in ecosystems

تعرف كمية الطاقة الضوئية المتحولة بواسطة المنتجات إلى طاقة كيميائية مختزنة في صورة مركبات عضوية خلال فترة زمنية معينة بالإنتاج الابتدائي Primary Production للنظام البيئي. وتعتبر عملية البناء الضوئي هي نقطة البداية في دراسة دوران العناصر وسريان الطاقة في النظام البيئي.

1 - ميزانيات الطاقة للنظام البيئي Ecosystem Energy Budgets

تستخدم معظم المنتجات الطاقة الضوئية في تخليق جزيئات عضوية تحتوي على طاقة كيميائية، يتم أكسدتها من خلال عملية التنفس الخلوي فيما بعد لتخليق مركبات كيميائية عالية الطاقة تعرف بمركبات ثلاثي فوسفات الأدينوزين (ATP). تحصل المستهلكات بمختلف مستوياتها على احتياجاتها من الطاقة العضوية من خلال الشبكات الغذائية المختلفة. لذلك تعتبر إنتاجية البناء الضوئي المحدد الرئيسي لتحولات الطاقة واستهلاكها داخل النظام البيئي (شكل 32).

يصل إلى الأرض كل يوم ما يقرب من 10^{22} جول من الطاقة الشمسية (1 جول = 0.239 سعر حراري). توازي هذه الكمية احتياجات الإنسان من الطاقة لمدة تزيد عن 20 عاماً تقريباً. وكما ذكرنا سابقاً فإن كمية الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض تختلف من مكان لآخر على حسب دوائر العرض، حيث تستقبل المناطق المدارية كمية أكبر من الطاقة عن المناطق المعتدلة. وأقل كمية من الطاقة الشمسية تسقط على المناطق القطبية. معظم الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض تمتص، أو تتشتت، أو تنعكس بواسطة الغلاف الجوي. ويعتمد ذلك على ما يحمله الهواء من سحب وأتربة وعوالق مختلفة. وفي نهاية المطاف تحدد كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض مدى انتاجية البناء الضوئي في النظم البيئية.

معظم الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض تمتص أو تنعكس بواسطة المسطحات المائية أو سطح الأرض الخالي من النباتات. كمية ضئيلة فقط هي التي تسقط على سطح الأرض وتصل إلى أوراق النباتات والطحالب والبكتيريا الخضراء المزرقة. وكمية محدودة فقط من هذه الطاقة لها الأطوال الموجية المناسبة لعملية البناء الضوئي، وهي الأطوال الموجية الزرقاء والحمراء من الضوء المنظور. ويعتبر 1٪ فقط من الضوء المنظور الذي يصل إلى الكائنات ذاتية التغذية يتحول إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئي. وتختلف إنتاجية البناء الضوئي على حسب نوعية الكائن، ومستوى الإضاءة، وعوامل أخرى. وعلى الرغم من صغر كمية الطاقة الشمسية المستخدمة بواسطة عملية البناء الضوئي، فإن الكائنات ذاتية التغذية تنتج حوالي 170 مليار طن من المواد العضوية سنوياً.

2 - الإنتـاج الكلـي والإنـتـاج الصافـي Gross Production and Net Production

يعرف الإنتاج الابتدائي الكلي للنظام البيئي (GPP: Gross Primary Production) بكمية الطاقة الضوئية المتحولة لطاقة كيميائية بواسطة البناء الضوئي خلال وحدة من الزمن. لا يتم تخزين كل هذا الإنتاج في صورة مواد عضوية في النباتات، لأن النباتات تستهلك بعض الجزيئات العضوية للحصول على الطاقة خلال عملية التنفس الخلوي (R: Respiration) التي تتم في خلاياها، وذلك للقيام بالأنشطة الحيوية المختلفة اللازمة لتدعيم وصيانة النمو النباتي. لذلك يعرف ما يتم تخزينه من ناتج عملية البناء الضوئي (GPP) بعد خصم ما يتم استهلاكه من خلال عملية التنفس (R) بالإنتاج الابتدائي الصافي (NPP: Net Primary Production). ويرمز لذلك بالعلاقة التالية:

$$NPP = GPP - R$$

يهتم علماء البيئة بقياس الإنتاج الابتدائي الصافي لأنه يعبر عن الطاقة الكيميائية المختزنة، والمتاحة للمستهلكات في النظام البيئي. وقد يصل الإنتاج الصافي إلى ربع الإنتاج الكلي في الغابات، لأن الأشجار تستهلك كمية كبيرة من

إنتاجها خلال عملية التنفس لتوفير الطاقة اللازمة لصيانة وتدعيم الكتلة الحية الضخمة من الجذوع والأفرع والجذور. وتقل كمية الطاقة الكيميائية المستهلكة خلال التنفس الخلوي كلما قلت الكتلة الحية للنبات. لذلك نجد أن ما يتم استهلاكة من إنتاج خلال التنفس الخلوي في الأشجار أكبر بكثير عن الكمية المستهلكة في الحشائش والنباتات الحولية.

يمكن أن نعبر عن الإنتاج الابتدائي الصافي بوحدات الطاقة **Energy** بالنسية لوحدة المساحة ووحدة الزمن بالجول لكل متر مربع لكل عام ($J/m^2/yr$)، أو بوحدات الوزن الجاف للكتلة الحية **Biomass** بالنسبة لوحدتي المساحة والزمن ($g/m^2/yr$). إذن تعتبر الإنتاجية الابتدائية الصافية هي القيمة السنوية المضافة من الكتلة الحية، وهذه القيمة تختلف عن الكتلة الحية الكلية للنباتات **total biomass** عند وقت معين، والتي تشير إلى الوزن الكلي للمحصول القائم (**Standing Crop**). وعلى الرغم من ضخامة الوزن الكلي للمحصول القائم في الغابات، فإن قيمة الإنتاج الابتدائي الصافي في الغابات تكون أقل بكثير عنها في الحشائش. إلا أن إنتاجية الحشائش لا تتراكم حيث يتم استهلاكها بواسطة آكلات العشب، إضافة إلى أن بعض نباتات الحشائش هي نباتات حولية.

تختلف النظم البيئية في الإنتاج الابتدائي الصافي ومشاركة كل منها في القيمة الكلية للإنتاج الابتدائي الصافي العالمي، وتشارك النظم البيئية على اليابسة بما يعادل ثلثي الإنتاج الابتدائي الصافي العالمي، في حين تشارك النظم البحرية بالثلث الأخير. وتعتبر الغابات المدارية المطيرة أكثر النظم البيئية إنتاجية على اليابسة وتشارك بالنصيب الأكبر في الإنتاج الابتدائي الصافي الكلي بالنسبة للأرض. كذلك تشارك مصاب الأنهار والشعاب المرجانية بنسبة كبيرة من الإنتاج الابتدائي الصافي ولكن مشاركتها في الإنتاج الابتدائي الصافي العالمي قليلة نسبياً نظراً لأن هذه النظم تشغل مساحات محددة تصل إلى 10٪ من مساحة الغابات المطيرة. وتشارك المحيطات البحرية بقيمة إنتاجية كبيرة نظراً لكبر مساحتها على الرغم من قلة الإنتاجية الابتدائية الصافية بالنسبة لوحدة المساحة. وتمكن دراسة الصور الملتقطة بالأقمار الصناعية بدلالة كثافة

الكلوروفيل من التعرف على تباين الإنتاج الابتدائي الصافي في الأقاليم والمناطق المختلفة للأرض. والسؤال هنا، ماهي المحددات للإنتاج الابتدائي الصافي للنظم البيئية؟ وما هي العوامل التي يمكن من خلالها زيادة أو نقصان هذا الإنتاج؟ سوف نناقش هذه المحددات في الفقرات التالية.

3 - الإنتاج الابتدائي للنظم البيئية البحرية والمياه العذبة
Primary Production in Marine and Fresh-water Ecosystems

في البيئة البحرية وبيئة المياه العذبة يعتبر الضوء والعناصر الغذائية عاملان محددان للإنتاج الابتدائي. فالضوء عامل رئيسي ومحرك لعملية البناء الضوئي، لكن في البيئة المائية يكاد أكثر من 50٪ من الضوء لا يتجاوز عمق المتر الأول من المياه، وفي المياه الرائقة فإن ما يقرب من 5 إلى 10٪ فقط من الضوء يمكن أن يصل لعمق 20 متراً في البيئة البحرية. وإذا اعتبرنا أن الضوء العامل المحدد الرئيسي فإننا نتوقع أن البيئة البحرية في المناطق المدارية والتي تستقبل كميات أكبر من الإضاءة تحتوي على إنتاجية أعلى من البيئات البحرية بالقرب من المناطق المعتدلة أو القطبية لتناقص كمية الأشعة الشمسية وبالتالي شدة الإضاءة. وفي الواقع فإن أجزاء من البيئات البحرية في المناطق المدارية تعتبر غير منتجة، وفي نفس الوقت فإن هناك بيئات بحرية منتجة في دوائر العرض العليا. يمكن تفسير ذلك بالعامل المحدد الثاني وهو العناصر الغذائية والذي قد يفوق في أهميته عن عامل الضوء.

تعتبر العناصر الغذائية العامل المحدد الرئيسي خاصة في البيئات البحرية، حيث تزداد الإنتاجية بزيادة العناصر الغذائية وبخاصة عنصري النيتروجين والفسفور. وتعد تركيزات هذين العنصرين في البيئة البحرية قليلة جداً وبخاصة المنطقة التي يصلها الضوء حيث تتواجد الهائمات النباتية. ومن المفارقات أن الهائمات النباتية تزداد وفرتها مع الزيادة في العمق رغم تناقص كميات الإضاءة اللازمة لعملية البناء الضوئي. وقد أظهرت التجارب أهمية العناصر الغذائية وبخاصة تركيزات النيتروجين والفوسفور كعوامل محددة للإنتاج الابتدائي في البيئة البحرية. حيث أدى انتزاع الفوسفور والنيتروجين من المياه الملوثة المضافة إلى البيئة البحرية في

القضاء على الازدهار الطحلبي **Algal Bloom** الذي يهدد البيئة البحرية. وفي حالات قليلة تم رصد كميات ضئيلة من الهائمات النباتية على الرغم من زيادة تركيز النيتروجين والفسفور، حيث تبين أن هناك عناصر غذائية صغرى محددة للإنتاج الابتدائي الصافي مثل عنصر الحديد. وعند إضافة كميات من الحديد إلى المياه البحرية أدى ذلك إلى تكوين نموات هائلة من الهائمات النباتية. ويرجع أهمية الحديد بالنسبة للهائمات النباتية وبخاصة البكتيريا الخضراء المزرقة في دوره الهام كعامل محفز لتثبيت النيتروجين.

لذلك يمكن القول بأن وفرة العناصر الغذائية تعتبر محددة للإنتاج الابتدائي للبيئة البحرية، وكذلك بيئة المياه العذبة. وقد لوحظ أن إضافة كميات كبيرة من الصرف الصحي والصرف الزراعي إلى البحيرات أدى إلى إضافة كميات كبيرة من العناصر الغذائية وبخاصة النيتروجين والفوسفور، وبالتالي سادت الهائمات النباتية من البكتيريا الخضراء المزرقة وتراجعت الدياتومات والطحالب الخضراء التي كانت سائدة في الماضي. وتعرف هذه العملية بالإثراء الغذائي **Eutrophication**، والتي تؤدي في النهاية إلى فقد الكثير من التنوع الحيوي في البيئة المائية. وقد تبين أن الفوسفور أهم من النيتروجين كعامل محدد للإنتاج الابتدائي في المياه العذبة.

4 - الإنتاج الابتدائي للنظم البيئية الأرضية والرطبة
Primary Production in Terrestrial and Wetland Ecosystems

في البيئات الأرضية والرطبة يعتبر عاملي درجات الحرارة والرطوبة هما العاملان المحددان للإنتاج الابتدائي. وتعتبر البيئات المدارية والتي تتميز بالدفء والرطوبة من أكثر النظم البيئية الأرضية إنتاجية. في حين تعتبر البيئات الصحراوية الحارة والباردة أقل النظم الأرضية من حيث الإنتاج الابتدائي نظراً لقلة المياه المتاحة لنمو النبات، ودرجات الحرارة المرتفعة في الصحاري الحارة والمنخفضة في الصحاري الباردة والمعروفة بالتندرا. وبين الصحاري والغابات المدارية تتوسط النظم البيئية في المناطق المعتدلة ومناطق الحشائش في الإنتاجية لأنها تتميز بمناخ متوسط. ويمكن مقارنة تلك المناطق من خلال قياس معدل البخر والنتح. وعلى المستوى

المحلي أو البيئات الدقيقة يظهر تاثير عوامل أخرى محددة مثل العناصر الغذائية. حيث يؤدي النمو النباتي إلى استنزاف العناصر الغذائية بما يفوق تعويضها من خلال تحلل البقايا العضوية. وفي بعض الحالات يؤدي نقص عنصر معين إلى تراجع النمو النباتي. فمن المهم أن نتعرف على أي العناصر الغذائية هي التي تتحكم في النمو النباتي. فعلى سبيل المثال إذا كان النيتروجين هو العامل المحدد فإن إضافة كميات من الفوسفور لن تزيد من إنتاجية النباتات. وفي الحقيقة فإن النيتروجين والفوسفور يعتبران من أهم العناصر الغذائية الهامة المحددة للنمو النباتي في البيئات الأرضية والرطبة.

رابعاً: كفاءة سريان الطاقة عبر مستويات التركيب الغذائي

Efficiency of energy transfer between trophic levels

تعرف الطاقة الكيميائية الغذائية المخزنة في الكتلة الحية للمستهلكات أو الكائنات الحيوانية بالإنتاج الثانوي Secondary Production للنظام البيئي. في معظم النظم البيئية تتناول آكلات العشب كميات قليلة من الإنتاج النباتي، حيث أنها تعتمد على الأوراق الغضة والأغصان حديثة التكون، أما الأجزاء المسنة من النباتات المعمرة من الحشائش والشجيرات والأشجار فيصعب تناولها من قبل آكلات الأعشاب. أما الكميات المتناولة فلا يتم هضمها بالكامل. فإذا ما أردنا معرفة كفاءة الإنتاج يجب تتبع انتقالات الطاقة عبر المستويات الغذائية. فعلى سبيل المثال اليرقات التي تتغذى على النباتات، تأكل حوالي 200 جول، تحول اليرقات حوالي 17٪ (33 جول) مما تأكل فقط في النمو أو ما يعرف بالإنتاج الثانوي الصافي (NSP: Net Secondary Production). أما الباقي فيخرج منه حوالي 50٪ (100 جول) في صورة فضلات، وتستهلك حوالي 33٪ (67 جول) في عملية التنفس الخلوي. بناءً على هذا فما يمرر من طاقة أو إنتاج ثانوي للمرحلة التالية أو المستهلك الثانوي هو عبارة عن 17٪ فقط من الطاقة التي انتقلت من الإنتاج النباتي إلى آكلات العشب. يمكن قياس كفاءة الإنتاج (PE: Production Efficiency) للحيوانات كمحولات للطاقة من خلال العلاقة بين الإنتاج الثانوي

الصافي وما يتم تمثيله من الإنتاج الابتدائي (APP: Assimilated Primary Production) من خلال المعادلة التالية:

$$PE = \frac{NSP}{APP} \times 100$$

وعند تطبيق هذه العلاقة على المثال السابق فإن كفاءة الإنتاج تساوي 33٪، حيث يصل الإنتاج الثانوي الصافي 33 جول وما يتم تمثيله من الإنتاج الابتدائي يمثل 100 جول. أما مقدار الطاقة المفقودة في صورة فضلات فلا يتم احتسابه ضمن ما يتم تمثيله. أما الطيور والثدييات فكفاءة إنتاجها قليلة جداً حيث تصل إلى 3-1٪، لأنها تستخدم كمية كبيرة من الطاقة في الحفاظ على درجة حرارة أجسامها دافية. أما الحيوانات ذوات الدم البارد مثل الأسماك والزواحف والبرمائيات فتصل كفاءة إنتاجها إلى حوالي 10٪. وتعتبر الحشرات أكثر كفاءة حيث تصل كفاءة إنتاجها إلى حوالي 40٪.

1 - كفاءة التحولات الغذائية والأهرامات البيئية Trophic Efficiency and Ecological Pyramids

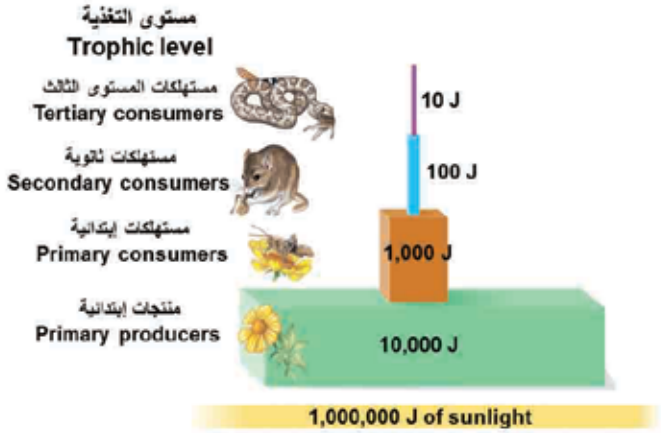
يقصد بكفاءة التحولات الغذائية Trophic Efficiency كفاءة سريان الطاقة عبر المستويات الغذائية أو النسبة المئوية لتحول الإنتاج أو الطاقة من مستوى غذائي إلى المستوى الغذائي التالي. وكفاءة التحولات الغذائية دائماً أقل من كفاءة الإنتاج للكائنات الحية، لأن كفاءة الإنتاج يدخل في حسابها ما يتم فقده في صورة فضلات، وكذلك مالا يتم استهلاكه من طاقة مخزنة في المادة العضوية عند مستوى منخفض ولا تنتقل إلى مستوى أعلى.

تتراوح كفاءة التحولات الغذائية من 5٪ إلى 20٪ تبعاً لنوعية النظام البيئي. وهذا يعني أن ما يقرب من 80٪ إلى 95٪ من الطاقة عند أي مستوى لا ينتقل إلى المستوى التالي. وهذا الفقد في الطاقة يتضاعف عبر السلسلة الغذائية. فمثلاً إذا انتقلت 10٪ من الطاقة المختزنة في المنتجات الابتدائية إلى آكلات العشب، ثم

انتقلت 10٪ من الطاقة من آكلات العشب إلى آكلات اللحوم. فمعنى ذلك أن 1٪ فقط من الإنتاج الابتدائي انتقل إلى المستهلكات الثانوية.

(أ) أهرامات الطاقة Energy Pyramids

يمكن تمثيل الفقدان في الطاقة عبر المستويات الغذائية من خلال أهرامات الإنتاج الصافي Pyramid of net production، حيث يمثل مستوى المنتجات بقاعدة الهرم، يعلوها مباشرة طبقة تمثل آكلات العشب، ثم آكلات اللحوم وهكذا. يتناسب حجم كل طبقة مع ما يحتويه المستوى الغذائي من إنتاج صافي معبر عنه بوحدات الطاقة (شكل 33).

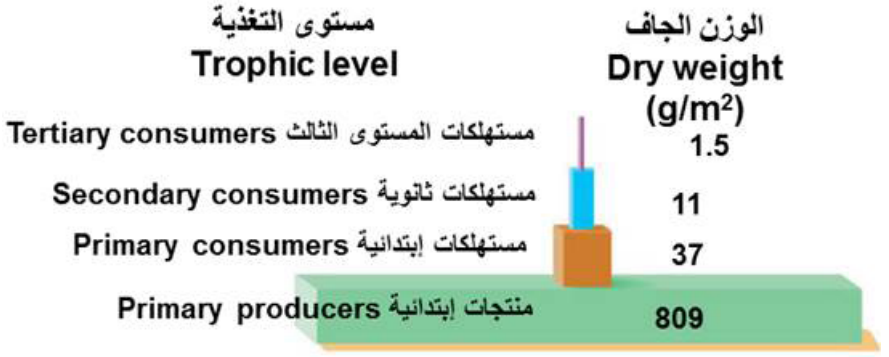


شكل 33: الهرم المثالي للإنتاج الصافي معبر عنه بالجول.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

(ب) أهرامات الكتلة الحية Biomass Pyramids

يمكن تمثيل سريان الطاقة وكفائتها عبر المستويات الغذائية من خلال تمثيل الكتلة الحية في صورة هرمية تعرف بأهرامات الكتلة الحية Pyramid of Biomass،

حيث يمثل كل طبقة من الهرم المحصول القائم **Standing Crop** (الوزن الجاف الكلي لجميع الكائنات، جرام لكل متر مربع) في أحد مستويات التغذية (شكل 34). ويلاحظ أن معظم أهرامات الكتلة الحية تتصف بانخفاض حاد ما بين الكتلة الحية للمنتجات عند القاعدة والكتلة الحية لآكلات اللحوم عند قمة الهرم. وهذا يدلل أيضاً على قلة كفاءة انتقال الطاقة عبر المستويات الغذائية.



شكل 34: هرم الكتلة الحية

(المصدر Campbell and Reece 2005)

بعض النظم البيئية المائية لها هرم كتلي مقلوب، حيث تـزداد الكتلة الحية للمستهلكات عن الكتلة الحية للمنتجات. وتحدث مثل هذه الأهرامات المقلوبة لأن المنتجات المتمثلة فـي الهائمات النباتية تنمو بسرعة وتتكاثر وتستهلك بواسطة الهائمات الحيوانية. لذلك لا تشكل الهائمات النباتية أحجام عشائرية كبيرة أو محصول قائم. أو بمعنى آخر فإن الهائمات النباتية لها فترة دورة حياة قصيرة **Short turnover time**، وهـذا يعني أن الكتلة الحية لمحصولها القائم قليلة (**Standing crop biomass, mg/m²**)، بالمقارنة بإنتاجيتها (**Production, mg/m²/day**). ويمكن حساب فترة دورة حياتها من خلال العلاقة التالية:

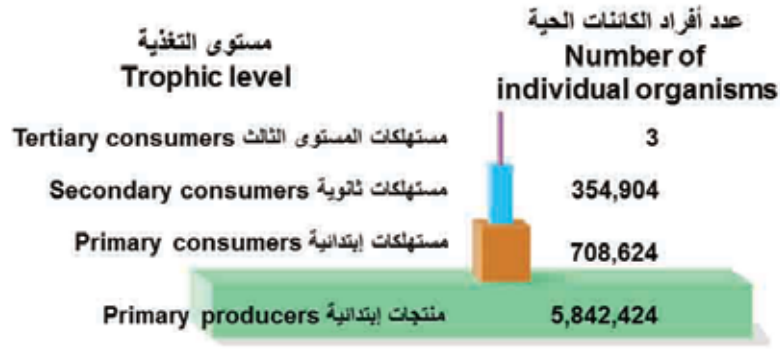
$$\text{Turnover time} = \frac{\text{Standing crop biomass}}{\text{Production}}$$

ولأن فترة دورة حياة الهائمات النباتية قصيرة فإنها قادرة على التكاثر بسرعة وتوفير الإنتاجية اللازمة لكي تدعم وجود كتلة حية للهائمات الحيوانية أكبر من كتلتها. أما إذا عبرنا عن المستويات الغذائية بالإنتاجية فهنا نلاحظ أن الهرم قد ثقل في القاعدة مرة أخرى حيث تتميز الهائمات النباتية بإنتاجية أعلى من الهائمات الحيوانية.

(ج) الأهرامات العددية Numerical Pyramids

يعتبر تزايد فقدان الطاقة صعوداً في السلسلة الغذائية من العوامل المحددة للكتلة الحية عند نهاية السلسلة الغذائية، أي عند مستوى آكلات اللحوم. حوالي 0.1 ٪ فقط من الطاقة الكيميائية المثبتة بواسطة المنتجات هي التي يمكن أن تسير إلى المستهلكات من المستوى الثالث **Tertiary Consumers**. وهذا يفسر أيضاً ان السلسلة الغذائية تحتوي على أربعة أو خمسة مستويات.

على الرغم من وجود حالات يكون هناك العديد من المستهلكات الصغيرة تتغذى على عدد قليل من المنتجات كبيرة الحجم، مثل الحشرات التي تتغذى على الأشجار، فإن معظم المفترسات يكون حجمها أكبر من فرائسها التي تتغذى عليها. لذلك فإن قمة السلسلة الغذائية تكون من المفترسات كبيرة الحجم. وكنتيجة لذلك تتركز الكتلة الحية المحدودة عند قمة السلسلة الغذائية أو الهرم الغذائي في عدد قليل نسبياً من الحيوانات كبيرة الحجم. هذه الظاهرة بمكن ترجمتها فيما يعرف بالهرم العددي **pyramid of numbers**، ويتناسب فيه حجم كل طبقة من الهرم مع عدد الأفراد للكائنات الحية الممثلة في تلك الطبقة (شكل 35). ونظراً لقلة العشائر في المفترسات التي تقع في قمة الهرم العددي، ولبعد هذه العشائر عن بعضها، يتعرض العديد من المفترسات إلى الانقراض.



شكل 35: الهرم العددي لأحد حقول الحشائش بولاية ميتشجان حيث تتواجد أعداد قليلة من المفترسات في قمة الهرم، بينما يتواجد الملايين من النباتات من المنتجات في قاعدة الهرم.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

من التطبيقات الهامة لديناميكية سريان الطاقة في النظم البيئية، نستنتج أن اعتماد الإنسان مباشرة على الأغذية النباتية أو أن يكون من المستهلكات الأولية يمكنه من الاستفادة من الإنتاج الابتدائي بشكل أكبر وحصوله على كمية أكبر من الطاقة أو السعرات من أن يكون من المستهلكات الثانوية. لذلك يمكن القول أنه في حالة اعتماد الإنسان بشكل أكبر على التغذية النباتية، فإن المنتجات الزراعية سوف تكون قادرة على تلبية احتياجات نسبة أكبر من السكان عما هي عليه الآن، وقد يتطلب ذلك زراعة مساحات أقل مما هي عليه الآن.

2 - فرضية العالم الأخضر The Green World Hypothesis

مع وجود أعداد هائلة من المستهلكات الأولية التي تتغذى على النباتات كيف نفسر أن معظم النظم الأرضية خضراء، أي مغطاة بالنباتات. تبعاً لفرضية العالم الأخضر، فإن آكلات العشب الأرضية تستهلك كميات بسيطة من الكتلة الحية للنباتات، لأنها محكومة بالعديد من العوامل منها المفترسات التي تتغذى عليها، والطفيليات والأمراض التي تصيبها.

تخزن النباتات في النظم الأرضية حوالي 83×10^{10} طن متري من الكربون في

كتلتها الحية. والمعدل العالمي للنباتات من الإنتاج الابتدائي حوالي 5×10^{10} طن متري من الكتلة الحية سنوياً. وتستهلك آكلات العشب سنوياً حوالي 17٪ من الإنتاج الابتدائي الصافي الكلي للنباتات **total net primary production**، في حين أن معظم المتبقي يتغذى عليه آكلات الفتات **Detritivores**.

وتبعاً لفرضية العالم الأخضر، فإن العوامل المحددة لآكلات العشب تتمثل في التالي:

1 – للنباتات وسائل دفاعية تحميها من آكلات العشب، مثل الأشواك وبعض المواد الكيميائية الضارة.

2 – تحدد العناصر الغذائية وليس كمية الطاقة المتاحة أعداد آكلات العشب، لأن نمو وتكاثر الحيوانات مرتبط بتوفر العديد من العناصر الغذائية الأساسية مثل النيتروجين العضوي (أي في صورة البروتينات)، وتمد النباتات آكلات العشب بكميات قليلة من هذه العناصر.

3 – هناك العديد من العوامل غير الحية مثل التغيرات الموسمية غير المناسبة من درجات الحرارة والرطوبة والتي تحدد سعة العشائر من آكلات العشب بأعداد أقل من وفرة الغطاء النباتي المتاح في بيئات معينة.

4 – تحدد أيضاً العلاقات التفاعلية بين الكائنات الحية مثل التنافس أعداد وكثافة عشائر آكلات العشب.

5 – تعتبر علاقات الافتراس والتطفل والمرض من العلاقات التفاعلية الهامة في تحديد نمو عشائر آكلات العشب. وينطبق ذلك على نموذج التحكم الهابط **top–down model** في تركيب المجتمعات الذي تم شرحه في الفصل الخامس.

خامساً: الدورات الحيوية الأرضية الكيميائية Biogeochemical Cycles

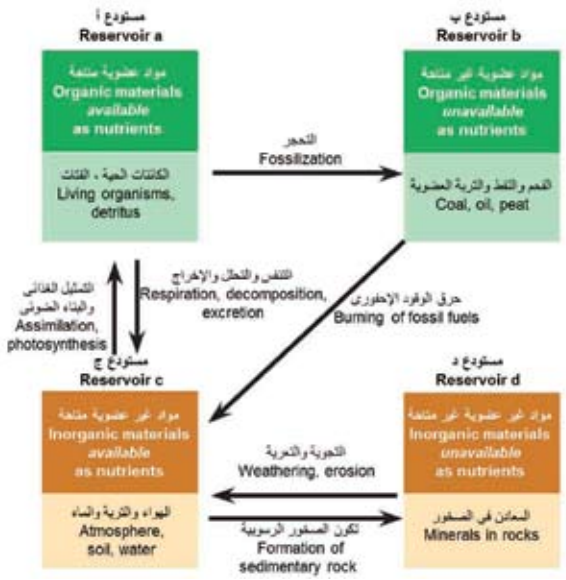
تدير العمليات الحيوية والجيوكيميائية العناصر الغذائية بين مكونات النظام البيئي. حيث يتبع النظام البيئي دورات تدويرية فتأخذ الكائنت الحية عناصرها الغذائية لتعيش وتنمو ثم تعيدها للبيئة بعد موتها وتحللها بواسطة المحللات. لتستفيد

منها النباتات وسائر الكائنات ذاتية التغذية في بناء كتلتها الحية وهكذا.

وعلى عكس الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض بشكل متجدد، فإن العناصر الغذائية التي توجد في النظام البيئي تعتبر من الموارد المحدودة والثابتة، لذلك فبقاء الحياة في النظام البيئي يرتبط بدوران هذه العناصر. تحتاج الكائنات الحية للعديد من العناصر الغذائية والتي تدخل في بناء كتلتها الحية، وتعتبر عناصر الهيدروجين والأكسجين والكربون والنيتروجين والفوسفور والكبريت من العناصر الرئيسية التي تدخل في بناء الكتلة الحية على شكل مركبات كيميائية مختلفة، مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون والفيتامينات، وغيرها.

ويسمى انتقال هذه العناصر ما بين المكونات الحية والمكونات غير الحية بالدورات الحيوية الأرضية الكيميائية (الدورات البيوجيوكيميائية). ولكل مركب أو عنصر كيميائي دورة خاصة به. ولكن يمكن تمييز نوعين من الدورات وهما دورات تتم على المستوى العالمي ودورات تتم على المستوى المحلي. أما الدورات العالمية فتشمل العناصر التي تتواجد في صورة غازية مثل الكربون والأكسجين والكبريت والنيتروجين. لذلك يعتبر الهواء المستودع الرئيسي لتلك العناصر. أما الدورات التي تتم على المستوى المحلي فتشمل عناصر الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والتي تدور في نطاقات محددة. وتعتبر التربة المستودع الرئيسي لتلك العناصر.

هناك أشياء مشتركة بين جميع الدورات. فكل دورة تحتوي على ما يعرف بالمستودعات Reservoirs حيث يتم احتجاز العناصر فيها إما في صورة غير عضوية أو صورة عضوية. وتختلف هذه المستودعات في إتاحة العناصر للدوران ومدة تخزينها في هذه المستودعات والطرق المختلفة التي تجعلها تدور في النظام البيئي. ومعظم الطاقة اللازمة لانتقال المركبات أو العناصر من مستودع لآخر تزودها الشمس أو تأتي من جوف الأرض. ويوضح الشكل رقم 36 الصورة العامة لانتقال العناصر بين المستودعات الرئيسية والطرق المؤدية لذلك.



شكل 36: الصورة العامة للتحولات بين العناصر العضوية والعناصر غير العضوية.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

تعتبر الصورة العضوية للعناصر في بنية الكائنات الحية أو البقايا والفتات من العناصر الغذائية المتاحة للمستهلكات وآكلات الفتات. عندما تدفن المواد العضوية غير الحية لمدة زمنية طويلة تحت ضغط ودرجات حرارة تتحول العناصر الغذائية من الصورة العضوية المتاحة إلى مستودعات عضوية متحفرة غير متاحة، حيث تتحول إلى صور مختلفة من الوقود الإحفوري مثل الفحم أوالنفط. والعناصر الغذائية في مثل هذه الصور المتحفرة تعتبر غير متاحة للدوران بشكل مباشر. وتتحول هذه المواد العضوية غيرالمتاحة إلى الصورة المتاحة غير العضوية عند استخراج الوقود الإحفوري وحرقه فتتصاعد العناصر في صورة غير عضوية في الهواء.

أما العناصر غير العضوية المذابة في الماء أو المتواجدة في الهواء أو التربة فتعتبر عناصر متاحة للاستخدام بواسطة الكائنات الحية من خلال مجموعة من العمليات مثل البناء الضوئي والتنفس الخلوي والإخراج والتحلل والتي تؤدي

فـي النهاية إلى عودة هذه العناصر إلى مستودعاتها مرة أخرى. أما العناصر غير العضوية المرتبطة بالصخور فلا تستطيع الكائنات الحية الاستفادة منها بشكل مباشر. وهذه العناصر يتم إتاحتها ببطء شديد من خلال عمليات التجوية التي تؤدي إلى تفتت الصخور وإتاحة بعض من هذه العناصر لتصل إلى التربة أو الماء أو الهواء.

معـدلات التحلل ودوران العنـاصر Decomposition and Nutrient Cycling Rates

تتباين معدلات دوران العناصر نظراً لتباين معدلات التحلل عبر النظم البيئية المختلفة حيث تؤدي درجـات الحـرارة الدافية وزيـادة كمية الهطول إلى تنشيط عمليات التحلل، ومن ثم دوران العناصر. يتراوح معدل تحلل البقايا العضوية فـي الغابات المطيرة المدارية من 6 أشهر إلى سنتان، بينما تـزداد فترة التحلل فـي الغابات المعتدلة فتتراوح من 4 إلى 6 سنوات. ونظراً للظروف الجفافية نجد أن معدلات التحلل فـي البيئات الصحراوية تأخذ فترات أطول من ذلك. وفـي البيئات البحرية حيث يتم تحلل البقايا العضوية فـي الرواسب البحرية فـي ظروف لا هوائية فيصل معدل التحلل إلى 50 سنة أو أكثر. وتعتمد المنتجات فـي البيئة البحرية بشكل مباشر على العناصر الذائبة فـي الماء وبخاصة فـي الطبقة العلوية. لذلك يؤدي تبادل العناصر بين الرواسب فـي الطبقات القاعية والطبقات السطحية عاملاً مهماً فـي تنشيط دوران العناصر وزيادة الانتاجية فـي النظم البحرية.

سـوف نركز هنا على دراسـة دورات المـاء والكربون والنيتروجين والفسفور لأهميتها فـي التعرف على حالة النظام البيئي من حيث غناه أو فقره بهذا العنصر أو ذاك، ويمكن من خلالها رصد مستويات التلوث أو المستويات غير المرغوب بها فـي النظام البيئي. فـي هذه الدورات سوف نركز على أربعة أمور هامة هي: أهمية كل عنصر من العناصر الغذائية للكائنات الحية، والصور المختلفة من العنصر والمتاحة للكائنات الحية، والمستودعات الرئيسية لكل عنصر، والعمليات الرئيسية التي تتحكم فـي الدورة البيوجيوكيميائية للعنصر.

1 – دورة الماء Water Cycle

الأهمية الحيوية: يعتبر الماء من العناصر الأساسية لجميع الكائنات الحية، وجميع العمليات التي تتم بالنظام البيئي وبخاصة الإنتاج الابتدائي والتحلل في النظم البيئية الأرضية.

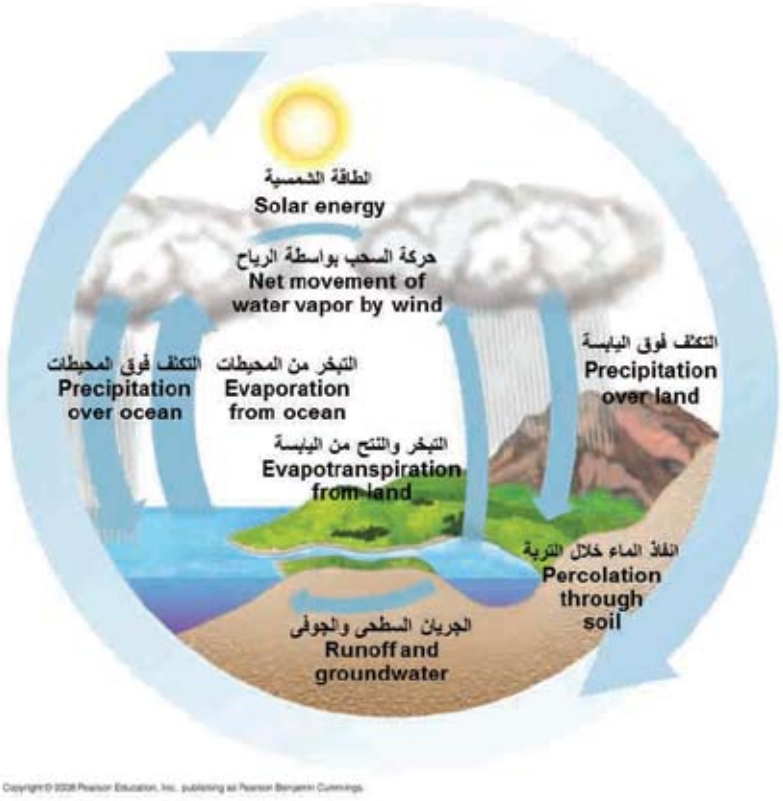
الصور المتاحة للكائنات الحية: تعتبر الصورة السائلة من المياه هي الصورة الأساسية المستخدمة من قبل الكائنات الحية. على الرغم من إمكانية بعض الكائنات الحية من تجميع بخار الماء والاستفادة منه. أما تجمد المياه في التربة فهذا يؤثر على إتاحة المياه للنباتات التي تستعمر اليابسة.

المستودعات: تحتوي المحيطات على حوالي 97٪ من المياه في صورة مياه مالحة، وتحتوي المناطق القطبية على 2٪ من المياه في صورة مياه متجمدة، أما المتبقي فيمثل المياه العذبة السائلة بنسبة 1٪ وتتواجد في المياه الجوفية والأنهار والبحيرات، وكميه مهملة من المياه في الهواء على صورة بخار الماء.

العمليات الأساسية: وتعتبر دورة الماء في الطبيعة نظاماً هائلاً تحركه الطاقة الشمسية. والعمليات الأساسية في دورة الماء في الطبيعة هي البخر، والنتح، والتكثيف، والجريان السطحي والجوفي. تتبخر كمية محددة من المياه السائلة من المحيطات والبحار والأنهار والأراضي الرطبة بواسطة الطاقة الشمسية. وتفقد النباتات الأرضية كمية من المياه عن طريق النتح. وتعمل الرياح على نقل الهواء الحامل لبخار الماء إلى مسافات بعيدة وإلى ارتفاعات شاهقة، حيث يتكثف بخار الماء الناتج من عمليتي البخر والنتح مكوناً سحباً ثم تتساقط في صورة الهطول. فيسقط جزء منه في البحار والباقي على اليابسة ليغذي التربة والينابيع والأنهار والمياه الجوفية. والماء الساقط في البحار والمحيطات ينهي بذلك دورته، أما الماء الساقط على اليابسة فيحدث له عملية سريان سطحية وجوفية لتعيد كمية الماء المتبخرة إلى البحار والمحيطات (شكل 37).

ندرة المياه العذبة وأسبابها

تشكل المياه العذبة المتاحة من المياه السائلة حوالي 1٪ وتشمل المياه السطحية (الأنهار وبعض البحيرات والمستنقعات) والمياه الجوفية. يعاني ثلث سكان العالم من ندرة المياه العذبة. وتشير التوقعات إلى أنه بحلول عام 2030 ستعاني 48 دولة من نقص المياه الحاد، ونصف سكان الأرض لن يجدوا مياه نظيفة. والدول الفقيرة ستكون أكثر معاناة من غيرها. مما سيؤدي إلى ما يعرف بحرب المياه.



شكل 37: دورة الماء في الطبيعة. ويشير عرض الأسهم إلى الأهمية النسبية لمشاركة كل عملية في حركة المياه في المحيط الحيوي.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

يرجع العلماء هذه المشكلة إلى عدة أسباب من بينها: الارتفاع المتزايد لسكان العالم، والتلوث، وسوء استخدام المياه. خاصة في ري المزروعات، والتي تهدر من 30 إلى 70٪ من المياه. كذلك تعتبر درجة حرارة الأرض الآخذة في الارتفاع، وهو ما يسمى بظاهرة الاحتباس الحراري **Global Warming**، من الأسباب المؤثرة في تزايد مساحات الجفاف والتصحر.

ويرى العلماء أن من وسائل علاج ندرة المياه ما يلي:

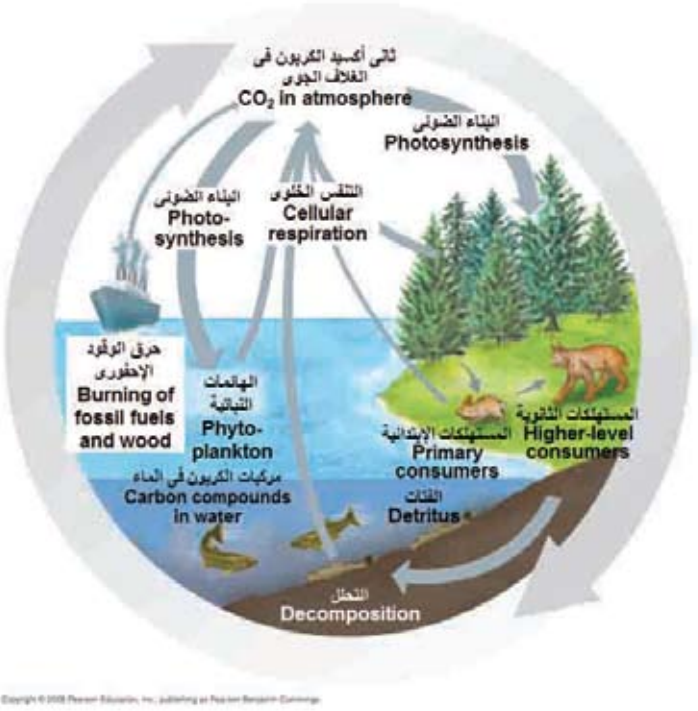
1 - إدخال التكنولوجيا الحديثة التي قد تنقذ المهدر من المياه، وتحسين أنظمة الري.
2 - الاتفاقيات السياسية بين الدول لا مفر منها لحل مشكلة توزيع المياه.
3 - توعية الناس بطرق الاستخدام الصحيحة للمياه.

2 – دورة الكربون Carbon Cycle

الأهمية الحيوية: الكربون هو اللبنة الأساسية في بناء المركبات العضوية في الكائنات الحية.

الصور المتاحة للكائنات الحية: تستخدم الكائنات ذاتية التغذية ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في عملية البناء الضوئي حيث تحول الكربون إلى مركبات عضوية تعتمد عليها المستهلكات والمحللات للحصول على غذائها.

المستودعات: يتواجد الكربون في مستودعات رئيسية منها الوقود الإحفوري، والتربة، والرواسب البحرية، والمركبات الكربونية الذائبة في المحيطات، والكتلة الحية للنباتات والحيوانات، والغلاف الجوي. ويشكل غاز ثاني أكسيد الكربون حوالي 0,03٪ من الغلاف الجوي، وبزيادة كميته عن هذه النسبة يحدث ما يعرف بالاحتباس الحراري وما يترتب عليه من مشاكل بيئية وصحية.



شكل 38: دورة الكربون Carbon Cycle

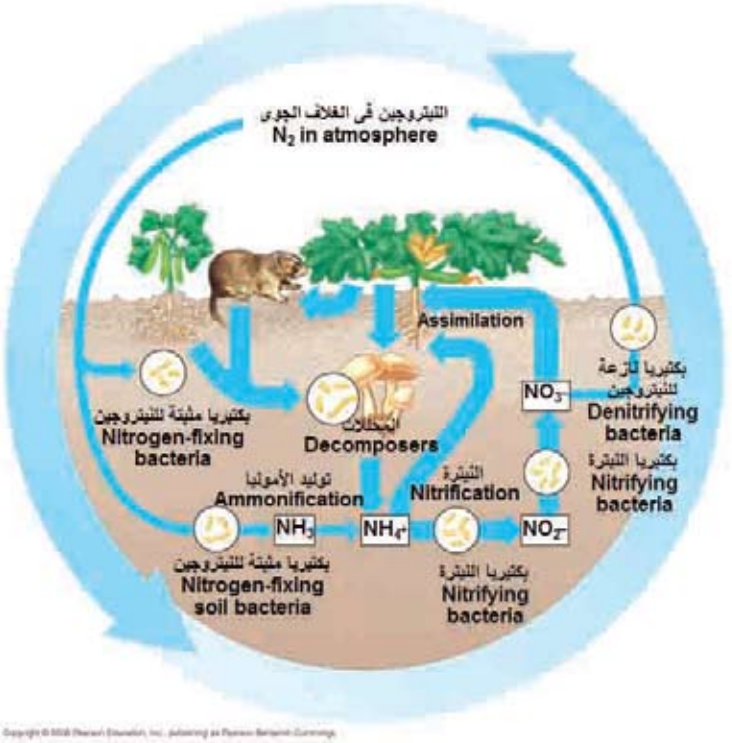
(**المصدر** 2005 **Campbell and Reece**)

العمليات الأساسية: تبدأ دورة الكربون في الطبيعة بعملية البناء الضوئي **Photosynthesis** حيث يأخذ النبات غاز ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، والضوء من أشعة الشمس، والماء من التربة، ليصنع منها الكربوهيدرات من خلال سلسلة معقدة من التفاعلات. ويتحرر الأكسجين كناتج ثانوي عن هذه العملية. تستهلك الكربوهيدرات من خلال السلاسل الغذائية المختلفة ثم ما يلبث أن يعود الكربون إلى الغلاف الجوي من خلال عملية التنفس. وبذلك ترتبط دورة الكربون بدورة الأكسجين ارتباطاً وثيقاً من خلال عمليتي البناء الضوئي والتنفس. لذلك يمكن القول بأن ما تستهلكه الكائنات ذاتية التغذية من ثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي تكافي تقريباً ما تضيفه الكائنات الحية ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي خلال عملية التنفس. وتضيف البراكين كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي. ويضيف حرق الوقود الإحفوري وحرائق الغابات كميات كبيرة أيضاً من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي (شكل 38).

3 – دورة النيتروجين Nitrogen Cycle

الأهمية الحيوية: تحتاج جميع الكائنات الحية إلى عنصر النيتروجين، الذي يدخل في تركيب الأحماض الأمينية، والبروتينات، والأحماض النووية، وهو من العناصر الهامة والمحددة لنمو وتكاثر الكائنات الحية.

الصور المتاحة للكائنات الحية: تستطيع النباتات والطحالب الاستفادة من صورتين من صور النيتروجين غير العضوية وهما الأمونيا (NH_4^+) والنترات (NO_3^-). العديد من البكتيريا تستطيع الاستفادة أيضاً من النيترات (NO_2^-). أما الحيوانات فتحصل على احتياجاتها من النيتروجين في صورة مركبات عضوية فقط مثل البروتينات والأحماض الأمينية.



شكل 39: دورة النيتروجين.

(المصدر **Campbell and Reece** 2005)

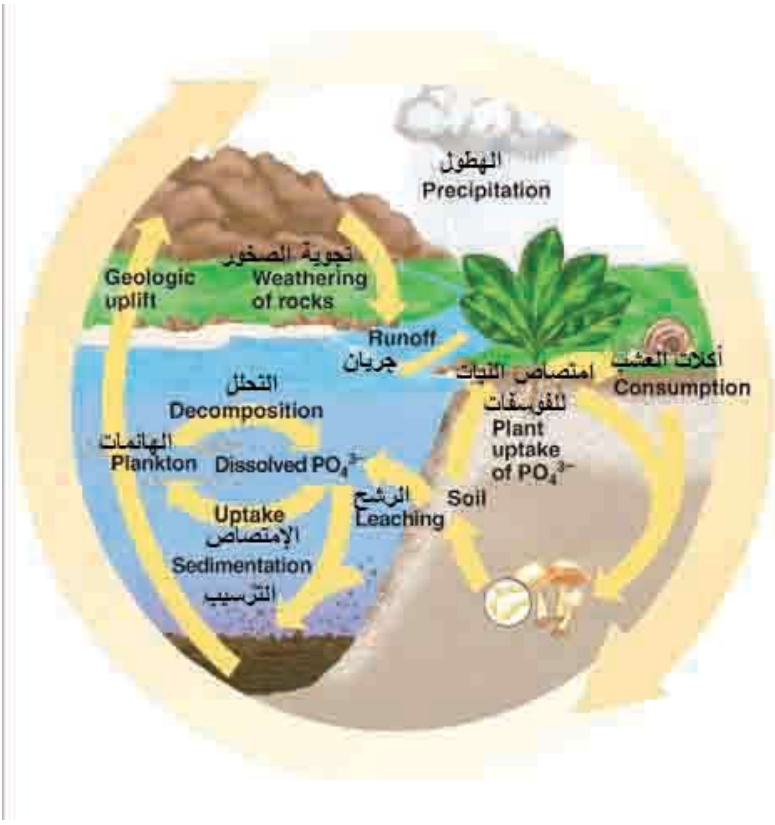
المستودعات: يعتبر الغلاف الجوي المستودع الرئيسي للنيتروجين حيث يشكل النيتروجين في صورته الغازية (N_2) حوالي 78 ٪ من الغلاف الجوي. يتواجد النيتروجين في مستودعات أخرى مرتبطاً بالتربة، والرواسب البحرية، وذائباً في المياه السطحية والجوفية، وفي الكتلة الحية للكائنات الحية والبقايا العضوية غير الحية.

العمليات الأساسية: يعتبر تحول غاز النيتروجين الجوي إلى الصور المختلفة المتاحة للكائنات الحية مثل الأمونيا أو النترات هو المسار الرئيسي في تحولات النيتروجين. وتسمى هذه العملية بتثبيت النيتروجين **Nitrogen Fixation** والتي تتم عن طريق أنواع من البكتيريا الموجودة في التربة والتي تقوم بتحويل النيتروجين إلى نيترات ومن ثم تتحول إلى أحماض أمينية وبروتينات. يمكن ان يتم تثبيت النيتروجين بطرق صناعية لانتاج الأسمدة النيتروجينية، أو طبيعية عن طريق البرق أو النشاطات البركانية. وتعتبر فضلات الكائنات الحية وتحللها مصدراً مهما للنيتروجين، حيث تقوم البكتيريا بتحويلها إلى نيترات NO_2^- ثم إلى نترات NO_3^-، وبعد ذلك إما يتم امتصاصها عن طريق جذور النباتات أو تتحول إلى غاز النيتروجين N_2 الذي يعود إلى الجو. ويعرف تحلل النيتروجين العضوي إلى أمونيا NH_4^+ بعملية توليد الأمونيا **Ammonification**. أما النيترة **nitrification** فيقصد بها تحول الأمونيا إلى نترات NO_3^- بواسطة بكتيريا النيترة **Nitrifying bacteria**. وتحت الظروف اللاهوائية تعمل البكتيريا النازعة للنيتروجين **Denitrifying bacteria** باستخدام النترات في عمليات الأيض بدلاً من الأكسجين، ومطلقة بذلك غاز النيتروجين في عملية تعرف بعملية نزع النيتروجين **Denitrification** (شكل 39).

4 – دورة الفوسفورPhosphorus Cycle

الأهمية الحيوية: تحتاج الكائنات الحية إلى الفوسفور كمكون رئيسي في أغشية الخلايا، والأحماض النووية (DNA , RNA)، ومركبات ثلاثي فوسفات الأدينوزين (ATP) والمركبات الأخرى لتخزين الطاقة. كذلك يدخل الفوسفور في تركيب العظام والأسنان.

الصور المتاحة للكائنات الحية: يعتبر الفوسفات (PO_4^{3-}) الصورة الوحيدة غير العضوية الهامة للكائنات الحية، والتي تستطيع النباتات امتصاصها والاستفادة منها في بناء المركبات العضوية.



شكل 40: دورة الفوسفور.

(**المصدر** Campbell and Reece 2005)

المستودعات: يوجد الفوسفور في القشرة الأرضية على شكل فوسفات، حيث تتحد 4 ذرات من الأكسجين مع ذرة واحدة من الفوسفور مشكلة أيون الفوسفات، الذي يتحد بدوره مع أيون موجب، كأيون الكالسيوم، مكوناً معدن الأنتيت (فوسفات الكالسيوم). تحتوي الصخور الرسوبية على أكبر المستودعات الفوسفاتية. كذلك توجد كميات كبيرة من الفوسفات في التربة، وفي صورة ذائبة في المحيطات، وفي أجسام الكائنات الحية، وفي فضلات الإنسان والحيوانات. ويدخل الفسفور في تركيب مساحيق الغسيل مما أدى إلى ارتفاع نسبته في المياه العادمة، وبالتالي إلى حدوث تلوث في الأنهار والبحار والمياه الجوفية، مما دفع العلماء إلى البحث عن طرق لإزالة مركبات الفسفور من المياه العادمة.

العمليات الأساسية: عندما تتجوى الصخور الحاوية على الفوسفات ينتقل أيون الفوسفات بشكل تدريجي إلى التربة، والبعض منه يصل إلى المياه الجوفية والمياه السطحية، وفي النهاية يصل إلى البحار والمحيطات. تمتص النباتات احتياجاتها من الفوسقات عبر التربة. ثم تنتقل المركبات العضوية الحاوية على الفوسفات من المنتجات إلى المستهلكات آكلات العشب ومن ثم إلى مختلف الكائنات الحية في الشبكة الغذائية. ثم يعود الفوسفات مرة أخرى إلى التربة أو الماء عن طريق المخلفات العضوية الناتجة عن الإنسان والحيوانات حيث تستخدم كسماد للمزروعات، كذلك بموت النباتات والحيوانات يعود الفوسفات إلى الماء والتربة عن طريق تحلل البقايا العضوية والحيوانات الميتة. وتلعب العوامل الجوية كالأمطار والرياح دورا مهما في إيصال الفوسفات إلى الأنهار والبحار، حيث تمتصه المنتجات البحرية ومن ثم ينتشر عبر الشبكات الغذائية البحرية. وفي النهاية يترسب كميات من الفوسفات التي تصل إلى البحار والمحيطات في قيعانها لتشكل مصدرا مختزنا من مصادر الفسفور (شكل 40).

سادساً: تأثيرات الأنشطة البشرية على دوران العناصر
Impacts of Human activities on Nutrient Cycling

مع زيادة الكثافة السكانية والاستخدام غير الرشيد للموارد الطبيعية وما نتج عن ذلك من إضافة ملوثات مختلفة وسامة ومتراكمة، أدى كل ذلك إلى تأثيرات سلبية على دوران العناصر. وسوف نتعرض لبعض الأمثلة على ذلك.

1 - تأثير النشاط الزراعي على العناصر الغذائية Impact of Agriculture on Soil Nutrients

عند إزالة الغطاء النباتي تستطيع التربة إمداد النشاط الزراعي بالعناصر الغذائية لفترة زمنية محدودة دون إضافة تعويض لما تم استهلاكه من عناصر. وبعد عدة مواسم من الزراعة تحتاج التربة إلى إضافة أسمدة لتعويض ما تم استنزافه من عناصر غذائية. حيث يؤدي حصاد المحاصيل الزراعية إلى إزالة العناصر الغذائية والتي من المفترض أن تدور لتعود مرة أخرى إلى التربة. ويؤدي تصدير كميات من الحاصلات الزراعية من منطقة إلى أخرى إلى اعادة توزيع للعناصر الغذائية. يعتبر عنصر النيتروجين من أكثر العناصر الغذائية التي تستنزف من التربة بسبب الأنشطة الزراعية، لذلك يتم تعويضه بإضافة كميات من الأسمدة الأزوتية المصنعة والتي تحتوي على تركيزات عالية من النيتروجين مما يؤثر بشكل كبير على دورة النيتروجين.

ومن تأثيرات النشاط الزراعي على دوران العناصر ما يلي: يؤدي تقليب التربة إلى زيادة معدل تحلل البقايا العضوية. الفائض من التسميد عن احتياجات النبات ينتقل إلى المياه الجوفية والمسطحات المائية عبر الصرف الزراعي مما يؤدي إلى تلوث المياه وظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication. يؤدي حرق الحقول الزراعية بعد موسم الحصاد إلى إطلاق كميات من أكاسيد النيتروجين في الهواء، والتي تساهم في الاحتباس الحراري، وتعتبر من أسباب الهطول الحمضي، ومن المسببات لنقص تركيز طبقة الأوزون.

2 - **تلوث النظم البيئية المائية Contamination of Aquatic Ecosystems**

تعتبر مسببات الأمراض **Pathogens** والتي تصل إلى الماء عن طريق الصرف الصحي من أخطر الملوثات على صحة الإنسان لأنها تصيب الإنسان بالأمراض وقد تؤدي إلى الوفاة. تشتمل مسببات الأمراض على الكائنات الممرضة من البكتريا والطفيليات إضافة إلى الفيروسات. ومن الأمراض البكتيرية التي تصيب الإنسان ما يلي: التيفود، والكوليرا، والإسهال، والدوسنتاريا. أما الأمراض الفيروسية فتشمل الإلتهاب الكبدى الوبائي، وشلل الأطفال. ويمكن التحكم في مسببات الأمراض من خلال تنقية وتعقيم مياه الشرب، ومعالجة الصرف الصحي، والاهتمام بأساليب النظافة وبخاصة في مصانع الأغذية، والتوعية والتربية على الاهتمام بالنظافة.

كذلك يؤدي الاستخدام المفرط للأسمدة الكيميائية **Inorganic Fertilizers** وبخاصة الأزوتية والفوسفاتية إلى زيادة كميات النترات والأمونيا والفوسفات في التربة وما يفيض عن امتصاص النباتات يصل إلى المياه الجوفية أو تزاح مباشرة عبر الصرف الزراعي ليصل في النهاية إلى المسطحات المائية من النظم البيئية العذبة والبحرية مما يؤدي إلى تلوث المياه وقتل الأسماك. وغالباً ما تزداد تركيزات النترات في المياه القريبة من المناطق الزراعية عن الحد المسموح به في مياه الشرب وهو 10 مليجرام في الليتر.

تقسم البحيرات تبعاً لوفرة العناصر الغذائية إلى بحيرات محدودة العناصر الغذائية **oligotrophic lakes** وتتميز بقلة الإنتاج الابتدائي، وبحيرات غنية بالعناصر الغذائية **Eutrophic lakes** وتتميز بزيادة الإنتاج الابتدائي. يؤدي تسرب كميات كبيرة من المركبات النيتروجينية والفوسفاتية إلى نظم المياه العذبة إلى إثراء البحيرات والأنهار بكميات من العناصر الغذائية وتعرف هذه الظاهرة بالإثراء الغذائي **Cultural Eutrophication**، الناتج عن الملوثات المصاحبة للأنشطة الإنسانية مثل الصرف الصحي والصرف الزراعي والصرف الناتج من مزارع تربية الماشية. يؤدي هذا الإثراء إلى زيادة مفاجئة في كثافة الكائنات المنتجة من الهائمات النباتية والطحالب فيما يعرف بالازدهار الطحلبي **Algal Bloom** كما تم شرحه من قبل. ويلاحظ زيادة تركيزات الأكسجين أثناء النهار كنتيجة لعملية البناء الضوئي، أما في الليل فينخفض

تركيز الأكسجين انخفاضاً شديداً كنتيجة لاستمرار عملية التنفس في غياب البناء الضوئي. ومع موت هذه النموات الهائلة من الكائنات المنتجة تتراكم المواد العضوية في قاع البحيرة ويتم استهلاك كل ما تبقى من الأكسجين في المياه العميقة للبحيرة بواسطة آكلات الفتات المحللات. كل هذه الظروف تهدد حياة الكثير من الكائنات الحية مثل الأسماك واللافقاريات. ومن الملاحظ تكرار ظاهرة الازدهار الطحلبي (Algal Bloom) لبعض شواطئ دولة الكويت نتيجة لإلقاء مياه الصرف الصحي مما يؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي وتلوث البيئة البحرية (شكل 41).

شكل 41: تلوث البيئة البحرية وظاهرة الازدهار الطحلبي (Algal Bloom) بدولة الكويت نتيجة لإلقاء مياه الصرف الصحي.

3 - الهطول الحمضي Acid Precipitation

يشتمل الهطول الحمضي على المطر الحمضي، الضباب الحمضي، والثلج الحمضي وغير ذلك من صور الهطول حيث تم رصد ارتفاع في حموضة هذه الصور (أقل من pH 5.6). تأتي الزيادة في الحموضة نتيجة لعدد من ملوثات الهواء تشمل أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين. يؤدي حرق الأخشاب والفحم

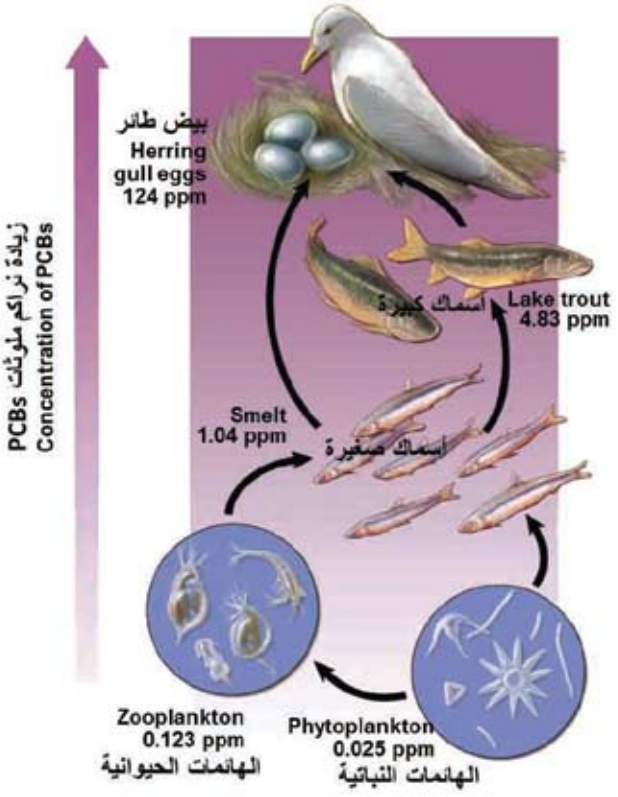
والبترول ومصانع انتاج الحديد والصلب ومحطات توليد الطاقة إلى تصاعد أكاسيد الكبريت والنيتروجين في الهواء حيث تتفاعل مع بخار الماء مكونة أحماض الكبريتيك والنيتريك. ترجع هذه الأحماض إلى سطح الأرض في صورة هطول حمضي في صور مختلفة إلى النظم المائية مما يهدد الثروة السمكية والحياة البحرية بوجه عام، وكذلك تسقط الأمطار الحمضية على النظم البيئية الأرضية حيث تؤثر على الخصائص الكيميائية للتربة وتؤدي إلى تدمير الغابات.

استطاعت التشريعات البيئية وتكنولوجيا الصناعة الحديثة في العديد من الدول المساعدة في الحد من أكاسيد الكبريت والنيتروجين المنبعثة، ففي الولايات المتحدة تم خفض ثاني أكسيد الكبريت المنبعث بنسبة 31٪ في الفترة بين 1993 و2002م. لكن المسطحات المائية والأراضي المتدهورة تحتاج إلى عشرات السنين حتى تستعيد النظم البيئية طبيعتها وتتخلص من كمية الملوثات الحمضية التي وصلت إليها. في نفس الوقت فإن هناك العديد من الدول وبخاصة في وسط وشرق أوروبا مازالت مستمرة في تلويث الهواء بكميات كبيرة من أكاسيد الكبريت والنيتروجين مما يؤدي إلى دمار للغابات والمسطحات المائية في هذه الدول، والدول المجاورة.

4 - إلقاء الملوثات السامة في البيئة Toxins in the Environment

أدى النشاط الزراعي والصناعي إلى إضافة كميات هائلة من الملوثات الكيميائية السامة إلى البيئة، مما أدى إلى تلوث الهواء والماء والتربة. تحصل الكائنات الحية على هذه الملوثات مع العناصر الغذائية والماء. بعض من هذه الملوثات يتم استهلاكه وإخراجه، والبعض منه يتراكم في الكائنات الحية Biological magnification المختلفة عبر السلاسل الغذائية فتزداد تركيزاتها إلى معدلات سمية خطيرة. وبحدث هذا التراكم لأن الكتلة الحية عند أي مستوى غذائي ناتجة عن تناول وهضم كميات كبيرة من المستوى الغذائي الذي قبله وهكذا. لذلك تعتبر المفترسات التي تتواجد في قمة السلاسل الغذائية أكثر تعرضاً للتأثيرات السامة لهذه المركبات. وتعتبر العناصر الثقيلة مثل الرصاص، والزئبق، والكادميوم، والنيكل من العناصر التي تتراكم في الكائنات الحية.

ومن المركبات المصنعة التي تتراكم عبر السلاسل الغذائية مركبات الكلور الهيدروكربونية والتي تشمل العديد من المبيدات الحشرية ومنها مركبات ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان (DDT: dichlorodiphenyltrichloroethane)، ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs, polychlorinated biphenyls). أظهرت الدراسات الحديثة تراكم العديد من هذه المركبات في الغدد الصماء للعديد من الحيوانات وكذلك الإنسان. وفي أحد البحيرات وصل تراكم مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور في قمة الشبكة الغذائية إلى حوالي 5000 مرة أكبر من تركيزه في الهائمات النباتية (شكل 42).



شكل 42: تراكم ملوثات PCBs عبر الشبكة الغذائية في البحيرات العظمى.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

ومن الأمثلة الخطيرة على التراكم الحيوي للملوثات ما نتج عن استخدام

مركبات الدي دي تي (DDT) كمبيد حشري منذ الحرب العالمية الثانية. ولكن في الخمسينات من القرن العشرين تبين للعلماء خطر استخدام هذا المبيد الحشري حيث يستمر تواجده في البيئة وينتقل عبر المياه من مناطق استخدامه إلى مناطق بعيدة حيث أصبح هذا المركب السام من المشكلات العالمية. ومن المشكلات البيئية الناتجة عن هذا المبيد السام تناقص عشائر الكائنات الحية وبخاصة الطيور التي تتواجد على قمة الشبكات الغذائية المائية.

5 - تغير المناخ Climate change

تعرف زيادة درجة حرارة الغلاف الجوي الناتجة عن زيادة تركيز الغازات الدفيئة المنبعثة من الأنشطة الإنسانية وبخاصة الصناعية بظاهرة الاحتباس الحراري أو الاحترار العالمي Global Warming. تشمل الغازات الدفيئة بصورة أساسية ثاني أكسيد الكربون بالإضافة إلى بعض الغازات الأخرى مثل: الميثان، أكسيد النيتريت، كلوروفلوروكربون. يؤدي حرق الفحم، الغاز الطبيعي، البترول ومشتقاته للحصول على الطاقة انبعاث الغازات الملوثة وبخاصة ثاني أكسيد الكربون. تمتص هذه الغازات الحرارة المنبعثة من الأرض وتمنع تسربها مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة أو مايعرف بتأثير الصوبة الزجاجية Greenhouse effect.

ومنذ عصر النهضة الصناعية لوحظ أن تركيز ثاني اكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي في ازدياد نتيجة لحرق الوقود الإحفوري وحرق كميات كبيرة من الأخشاب التي تم تقطيعها من مساحات شاسعة من الغابات. يقدر العلماء متوسط تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قبل 1850م بحوالي 274 جزء في المليون، وفي 1958م بحوالي 316 جزء في المليون، وفي 2004م وصل تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى 370 جزء في المليون بزيادة قدرها حوالي 17٪. يتوقع العلماء إذا استمرت الزيادة بهذا المعدل فإن عام 2075م سيشهد ضعف تركيز ثاني اكسيد الكربون على ما كان عليه قبل عصر النهضة الصناعية.

التأثيرات المتوقعة لتغير المناخ

- ومن التأثيرات المتوقعة لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون على النشاط الزراعي انتشار النباتات ثلاثية الكربون C3 plants مثل القمح وفول الصويا، وتراجع النباتات رباعية الكربون C4 plants مثل الذرة. ويرجع ذلك لأن ثاني أكسيد الكربون يعتبر من العوامل المحددة للنباتات ثلاثية الكربون أكثر من النباتات رباعية الكربون. يقوم العلماء بعمل تجارب حقلية طويلة الأجل لتتبع تاثيرات الزيادة المتدرجة لثاني أكسيد الكربون على الكائنات الحية في المجتمعات غير الزراعية.
- تتوقع بعض الدراسات بنهاية القرن الحادي والعشرين ارتفاع درجات الحرارة العالمي بحوالي 2 درجة مئوية، مما سيؤدي إلى احترار عالمي لم يحدث منذ مائة ألف عام. ومن السيناريوهات السيئة المتوقعة أن الاحترار العالمي سوف يبلغ ذروته بالقرب من القطبين وسيؤدي ذلك إلى ذوبان الثلج في منطقة القطبين مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب سطح البحر بحوالي 100 متر وينتج عن ذلك فيضانات تغطي مساحات تصل إلى 150 كيلومتر للداخل من الشريط الساحلي الحالي. ينتج عن ذلك غرق العديد من المدن الساحلية مثل نيويورك ولوس انجلوس في الولايات المتحدة الأمريكية، ومنطقة الدلتا في مصر. تعتبر الفياضانات التي تحدث في الأونة الأخيرة إشارات مبكرة للاحترار العالمي.
- تغير في التوزيع الجغرافي للهطول مما سيؤدي إلى جفاف مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية في مناطق تعرف حاليا بالمناطق المطيرة مثل وسط الولايات المتحدة. تبحث دراسات المناخ وتتبع الفترات الزمنية الحارة والباردة إلى دراسة تأثيرات الاحترار العالمي على الكائنات الحية وتوقع ماذا سيحدث لهذه الكائنات في المستقبل.
- تقدم تحليلات حبوب اللقاح الحفرية العديد من الدلائل على أن المجتمعات النباتية تتغير تغيراً شديداً بالتغير في درجات الحرارة.

ما هي الحلول للتغلب على الاحتباس الحراري؟

يعتبر الاحتباس الحراري من المشكلات البيئية العالمية غير محددة العواقب ولا يوجد حلول بسيطة يمكن تنفيذها للتغلب على مثل هذه المشكلة. فالوقود الإحفوري (من الفحم، والنفط، والغاز الطبيعي) والذي يعتبر المصدر الرئيسي للطاقة المستخدمة في المدن الصناعية لا يمكن حرقه دون انبعاثات للغازات الملوثة للبيئة، ومنها ثاني أكسيد الكربون. وللحد من كمية الغازات المنبعثة ومنها ثاني أكسيد الكربون لا بد من تضافر الجهود الدولية وبخاصة الدول الصناعية وذلك للتقليل من التأثيرات المتوقعة للاحترار العالمي. كذلك لا بد أن يقبل المجتمع الدولى بإحداث تغيرات على أسلوب معيشة الأفراد مما يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مثل ترشيد استهلاك الطاقة والتدوير واعادة الاستخدام. وتعتبر اتفاقية كيوتو 1997 **Kyoto** أولى هذه الجهود الدولية للحد من انبعاث ثاني أكسيد الكربون بنسبة 5٪ خلال عشر سنوات. إلا أن انسحاب الدول الصناعية الكبرى مثل الولايات المتحدة الأمريكية في 2001 هدد الجهود المبذولة للتغلب على مشكلة الاحترار العالمي. في الأونة الأخيرة شهد المجتمع الدولى تضاعف الجهود المبذولة للحد من انبعاث ثاني أكسيد الكربون. ونتيجة لذلك تم عقد العديد من المؤتمرات الدولية لتفعيل ومد اتفاقية كيوتو ومشاركة جميع الدول الصناعية لتحمل مسؤلياتها نحو الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري ومن هذه المؤتمرات: مؤتمر كوبنهاجن 2009، ومؤتمر كانكون 2010 بالمكسيك. من توصيات مؤتمر كانكون 2010 توزيع وتحديد مسؤولية الدول المتطورة والنامية عن تقليص الغازات المؤدية إلى الاحتباس الحراري والاجراءات الوقائية الرامية إلى حماية الغابات في كوكبنا. وإنشاء ما يسمى بـ «الصندوق الاخضر»، وذلك بهدف تمويل مشاريع تساعد دولاً تعاني أكثر من دول أخرى من التغيرات المناخية. ونقل التكنولوجيات «النظيفة» إلى الدول النامية.

6 – نقص تركيز الأوزون Ozone Depletion

تعتبر الحياة على الأرض في حماية من أضرار الأشعة فوق البنفسجية الضارة بواسطة طبقة الأوزون الموجودة في الستراتوسفير مابين 17 و25 كم فوق سطح

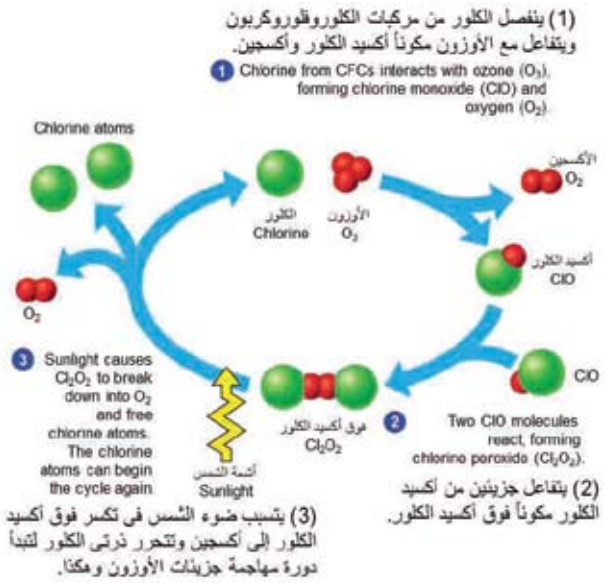
الأرض. تمتص طبقة الأوزون الأشعة فوق البنفسجية الضارة وتمنع وصول معظمها لسطح الأرض مما يحافظ على الكائنات الحية المختلفة. يعتبر غاز الأوزون (O_3) من الملوثات إذا وجد في طبقة التروبوسفير قريباً من سطح الأرض، لكنه ضروري ويشكل درع حماية في طبقة الستراتوسفير.

تم اكتشاف نقص تركيز الأوزن أو ما يعرف بثقب الأوزون **Ozone Hole** في منطقة من الستراتوسفير فوق القارة القطبية الجنوبية في 1985م، كنتيجة لانبعاثات غازات الكلوروفلوروكربون (**CFCs**) من الأنشطة الصناعية والاستخدامات الإنسانية لمواد تحتوي على هذا الغاز. ومنذ ذلك الحين طرأ على هذا الثقب تغيرات موسمية حيث يزداد في عام ويتناقص في عام آخر وهكذا. شهدت السنوات الأخيرة ازدياد في معدل نقصان الأوزون واتساع في قطر ثقب الأوزون الذي امتد فوق الأجزاء الجنوبية من أستراليا ونيوزيلندا وأمريكا الجنوبية. تناقص تركيز الأوزون فوق المناطق الأهلة بالسكان عند خطوط العرض المتوسطة بنسبة تتراوح من 2 إلى 10٪ خلال العشرين سنة الماضية.

أسباب نقص الأوزون

تفترض دراسات الغلاف الجوي عن طريق الأقمار الصناعية بأن طبقة الأوزون بدأت في التناقص التدريجي منذ 1975 م. يعتقد بأن تراكم مركبات الكلوروفلوروكربون من الغازات المسئولة عن نقص طبقة الأوزون. مركبات الكلوروفلوروكربون من المواد الكيميائية المستخدمة في التبريد، وكمواد دافعة في عبوات الإيروسولات، وفي بعض الصناعات الأخرى. فعندما تتصاعد مركبات الفلوروكلوروكربون إلى طبقة الستراتوسفير يتحرر الكلور من هذه المركبات ويتفاعل الكلور مع الأوزون O_3 ويختزلة إلى أكسجين O_2 ومكوناً أكسيد الكلور. يتحد جزيئين من أكسيد الكلور مكوناً فوق أكسيد الكلور. يعمل ضوء الشمس على تكسير فوق أكسيد الكلور وينتج عن ذلك الأكسجين ويتحرر الكلور ليهاجم جزيئات أخرى من الأوزون في تفاعل متسلسل مما يؤدي إلى نقص سمك طبقة الأوزون (شكل 43).

يظهر ذلك التأثير بوضوح فوق القارة القطبية الجنوبية **Antarctica** حيث تسهل درجات حرارة الشتاء الباردة هذه التفاعلات.



شكل 43: طريقة تفاعل الكلور في الستراتوسفير وتدميره لطبقة الأوزون
(المصدر **Campbell and Reece** 2005)

تأثيرات نقص الأوزون على الكائنات الحية

يتوقع بعض العلماء زيادة التأثيرات المدمرة والتي قد تؤدي إلى الوفاة أو تأثيرات ضارة مثل سرطان الجلد وأمراض الكتاراكتا «أمراض تصيب العين». كذلك هناك من الأضرار غير المتوقعة التي تهدد النباتات الطبيعية والمحاصيل الزراعية والهائمات النباتية المسئولة عن انتاج الغذاء في المستوى الأول من السلاسل الغذائية.

الجهود المبذولة للحد من نقص الأوزون

أدت هذه التأثيرات الضارة لنقص الأوزون إلى اهتمام دولي حيث اشتركت 180 دولة في بروتوكول مونتريال في نهاية الثمانينات من القرن العشرين والذي يدعو

إلى منع استخدام وتصنيع الكيماويات التي تؤدي لاستنزاف طبقة الأوزون. أنهت العديد من الدول انتاج مركبات الكلوروفلوروكربون، وكنتيجة لهذه الفعاليات تم رصد إشارات تؤكد تراجع معدل استنزاف الأوزون. ومع ذلك فإن الكلور الموجود في طبقة الستراتوسفير مازال مستمر في تأثيره على طبقة الأوزون ويتوقع أن يستمر هذا التأثير لمدة 100 عام على الأقل.

سابعاً: النظم البيئية الأرضية والنظم البيئية المائية

يمكن تقسيم العالم لمجموعة من النظم البيئية المائية والنظم البيئية الأرضية. تعرف هذه النظم الكبرى بالتكوينات أو الأقاليم البيئية **Biomes**، يمكن وصف كل إقليم من ناحية الخصائص المناخية والعوامل البيئية الأخرى وكذلك المكونات الحية المميزة لكل إقليم. فإذا ما وصفت هذه النظم من ناحية الغطاء النباتي على وجه التحديد وصفت بالأقاليم النباتية وهكذا.

1 - النظم البيئية المائية: تغطي ما يقرب من 75٪ من سطح الكرة الأرضية، وتشتمل على:

الأراضي الرطبة **Wetlands**، البحيرات **Lakes**، الجداول والأنهار **Rivers, streams**، المناطق الساحلية الضحلة **Intertidal zones**، المناطق البحرية العميقة **Oceanic pelagic**، الشعاب المرجانية **Coral reefs**، قاع البحار **Benthos**. تشمل الأراضي الرطبة **Wetlands** السبخات والبرك والمستنقعات والبرك الموسمية. وتعتبر الأراضي الرطبة غنية بالتنوع الحيوي، ومن الأقاليم الهامة لهجرة الطيور.

2 - النظم البيئية الأرضية Terrestrial Ecosystems

تشمل أقاليم البيئة الأرضية على الغابات والحشائش والصحاري (شكل 44). وتتباين هذه الأقاليم في كمية التساقط السنوي ففي الصحاري شديدة الجفاف تصل كمية التساقط السنوي إلى أقل من مليمتر واحد. أما في الغابات الاستوائية فتبلغ كمية التساقط إلى 4000 مليمتر في السنة، ويتميز بانتظام تساقطه طول

السنة. أما في المناطق المدارية الجافة وشبه الرطبة فتشتمل السنة على فصلاً جافاً يقل فيه نسبة التساقط عن نسبة البخر والنتح، وقد يمتد الفصل الجاف ليشمل شهور السنة جميعاً في الصحراء بالغة الجفاف، أو قد يكون فصلاً يمتد لشهور قليلة في مناطق السافانا.

ويمكن وصف الأقاليم النباتية الأرضية على النحو التالي:

الغابات الإستوائية Tropical forest

تتميز بغزارة الأمطار، وغابات دائمة الخضرة، وتنوع هائل من الكائنات الحية، وتعاقب رأسي للنباتات، وأشجار كثيفة متداخلة تمنع نفاذ أشعة الشمس لداخل الغابة. تتواجد هذه الغابات في أواسط أمريكا الجنوبية وأفريقيا وشرق الأنديز وأجزاء من جنوبي آسيا.

السافاناSavanna

تعتبر السافانا من الأقاليم النباتية الانتقالية بين الغابات المدارية وأراضي الحشائش. وتتميز بوجود الحشائش مختلطة ببعض الأشجار.

الصحاري الحارة Desert

تتميز بندرة الأمطار (أقل من 250 ملم في العام)، ومعدلات تبخر تفوق معدلات الهطول، وارتفاع في درجات الحرارة. تتكيف النباتات والحيوانات الصحراوية مع الظروف الجفافية الحارة أو شديدة الحرارة ومن ذلك اختزان الماء. تتواجد في شمال أفريقيا وشبه الجزيرة العربية وبعض الأجزاء من غرب أمريكا الشمالية والجنوبية وأستراليا.

حشائش الأقاليم المعتدلة Temperate grassland

تتواجد في المناطق المعتدلة الدفيئة، تتميز بمواسم الجفاف، ومرعى للحيوانات، وبيئة خصبة للزراعة.

الغابات متساقطة الأوراق Temperate deciduous forest

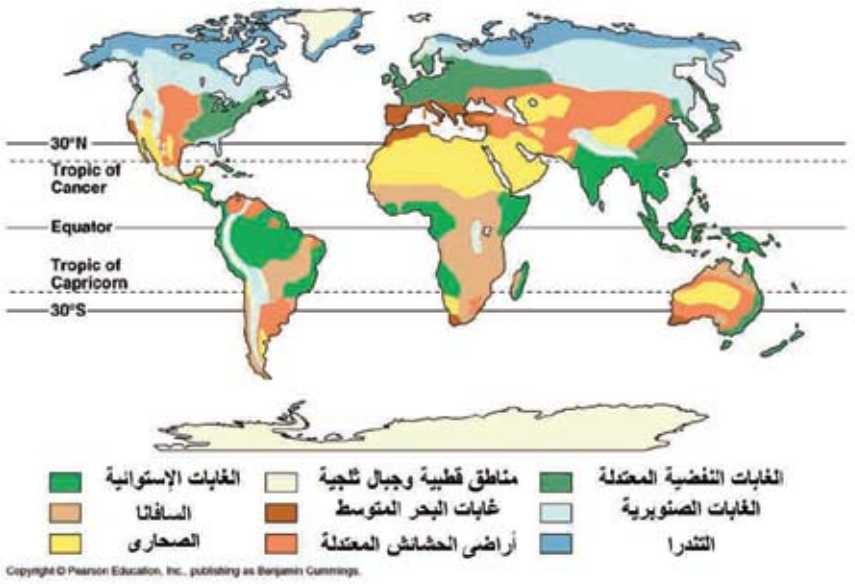
تتواجد في المناطق المعتدلة الدفيئة والباردة. تتميز بوجود تعاقب رأسي من أشجار وشجيرات وحشائش. تفقد أوراقها في موسم الشتاء، حيث تهاجر العديد من الحيوانات والبعض الآخر يدخل في البيات الشتوي.

الغابات المخروطية Coniferous forest

من أكبر النظم الأرضية، تتواجد في المناطق المعتدلة الباردة، تستقبل كميات وفيرة من الأمطار والثلوج. من أشهر الأشجار المخروطية أشجار الصنوبر.

الصحاري الباردة (التندرا) Tundra

التندرا عبارة عن صحاري باردة تتواجد في المناطق القطبية الشمالية، حيث يغطيها الثلج معظم فترات العام. تتميز بدرجات حرارة منخفضة ورياح شديدة، لا يتواجد فيها أشجار ولكن تتميز بالنباتات القزمية، تغطي حوالي 20٪ من اليابسة.



شكل 44: النظم البيئية الأرضية

(المصدر 2005 **Campbell and Reece**)

الباب الثاني
البيئة الصحراوية
Desert Ecology

الفصل الأول
الصحاري وأنواعها وخصائصها
Types and Characteristics of Deserts

تعريف الصحراء

يمكن تعريف الصحراء على أنها منطقة جغرافية يقل فيها الغطاء النباتي نظراً لقلة الأمطار وجفاف التربة. ويصل معدل تساقط الأمطار في الصحاري إلى أقل من 250 مليمتر سنوياً، إلا أنه يتميز بعدم الانتظام في تساقطه، من حيث الزمان والمكان والكمية. ويغلب على الصحاري المرور بسنوات جفاف يعقبها سنوات مطيرة إلى حد ما. ويتساقط المطر في أيام قليلة على مدار العام وخاصةً في فصل الشتاء، وقد يتساقط المطر بغزارة ولكن لبضع ساعات فقط، فلا تستطيع النباتات الصحراوية الاستفادة من هذه الكميات الوافرة من الماء دفعة واحدة، حيث تأخذ مايكفيها من الماء، وينفذ جزء منه في باطن الأرض لتغذية المياه الجوفية، وينساب الباقي على سطح الأرض حاملاً معه رواسب التربة السطحية.

وفي كثير من الأحيان تتميز الصحاري بالمناخ القاري حيث تكون حارةً نهاراً وبارده ليلاً. وتتميز الصحاري بشدة التبخر بسبب ارتفاع درجة الحرارة، وتربة يغلب عليها الطبيعة الرملية المفككة الفقيرة في خصوبتها مما ينعكس سلباً على الغطاء النباتي الذي يغلب عليه نمو الشجيرات وتحت الشجيرات والحشائش، ويقل فيه نمو الأشجار، وتزدهر فيه الحوليات في فصل الربيع عقب سقوط الأمطار.

والبيئة الصحراوية وإن قلّ فيها وجود الحياة النباتية والحيوانية، إلا أن هناك أنواعاً من الحيوانات والنباتات تأقلمت مع المناخ الصحراوي، وتكيفت على العيش فيه. وتعتبر بعض المناطق القريبة من المناطق القطبية الشمالية هي الأخرى مناطق صحراوية، ولكنها صحاري باردة تعرف بالتندرا علماً بأن المناخ هناك بارد لدرجة التجمد، فيندر أو ينعدم فيها النبات.

وسوف نركز حديثنا في هذا الباب عن الصحاري الحارة والتي تتواجد في

النطاقات المدارية حول خطي عرض 30 درجة في الشمال، و30 درجة في الجنوب من خط الإستواء (شكل 45). حيث تتسم هذه النطاقات بتهابط كتل الهواء اي تحركها من الارتفاعات العليا إلى أسفل، وهي ظاهرة تتسبب في ارتفاع الحرارة وتقلل من سقوط المطر، كما ذكرنا في الفصل الثالث من الباب الأول.

تغطي الأراضي الصحراوية الحارة أكومٌ من الرمال، مما تشكله الرياح، وتسمى كثباناً قد تكون نشطة متحركة أو ثابتة على حسب شدة الرياح وتوفر الغطاء النباتي الذي يعمل على تثبيتها. وتتنوع الكثبان الرملية في أشكالها وارتفاعها، فقد ترتفع قممها إلى 250م، وتتبدل أشكالها دوماً بسبب تأثير الرياح العاتية. وعلى امتداد الصحراء تتكون الواحات، والتي تعتبر أكثر المناطق الصحراوية خصوبة، حيث تتفجر فيها العيون، وتجري فيها المياه السطحية.

المناطق الصحراوية أشد مناطق العالم حرارة، لأنها تمتص حرارة الشمس أكثر من أي مكان آخر، ففي الصيف كثيراً ما ترتفع حرارة النهار في الصحراء إلى 38 درجة مئوية ثم تنخفض خلال ساعات الليل إلى 25 درجة مئوية، وفي فصل الشتاء تعتدل درجات الحرارة ما بين 10 درجات ليلاً و21 درجة نهاراً.

تقدر المساحة الكلية للصحاري في العالم اعتماداً على خصائص المناخ بحوالي 36٪ من المساحة الكلية لليابسة. وفي حالة الاعتماد على صفات الأراضي وخصائص الكساء النباتي فإن مساحة الصحاري الكلية قد تصل إلى حوالي 43٪ من مساحة اليابسة. وتعبر هذه النسبة بشكل عام عن مجمل أنواع الأراضي الجافة (شكل 44). وتعتبر أكبر صحراء في العالم على الإطلاق هي الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا. حيث تتجاوز مساحتها مساحة قارة أستراليا وتضاهي تقريباً مساحة الولايات المتحدة الأمريكية، وتقع صحراء وادي الموت عند 86 متراً تحت مستوى سطح البحر وهي بالتالي المنطقة الأكثر انخفاضاً في الولايات المتحدة. وتعد صحراء أتاكاما في أمريكا الجنوبية أكثر مناطق العالم جفافا.

أولاً: كيفية تكون الصحاري How deserts are formed

تتكون الصحاري نتيجة لنظام تيارات الهواء حول الكرة الأرضية، وهو نظام له

علاقة وثيقة بدوران الأرض وخطوط العرض ومواقع القارات والمحيطات. تمتد معظم الصحاري عند المناطق ذات المناخ الدافي حول خطي عرض 30° شمال وجنوب خط الإستواء، ويمكن تفسير تواجد المناطق الصحراوية الرئيسية قرب هذه الخطوط كالآتي:

1 - التيارات الهوائية

تسخن أشعة الشمس القوية المناطق الاستوائية مما يسبب تسخين الهواء الملامس للأرض فتقل كثافته ويقل ضغطه وبالتالي يرتفع إلى أعلى، ويصل هذا الهواء ارتفاعات شاهقة ثم ينقسم إلى شطرين رئيسيين أحدهما يتجه نحو الشمال وثانيهما نحو الجنوب. وعندما تنخفض درجة حرارة هذا الهواء يهبط فوق خطوط العرض 30° شمالا و30° جنوبا على شكل هواء جاف ذا كثافة وضغط وحرارة عالية. وبعد نزول هذه الكتل الهوائية فوق خط 30° شمالا تأخذ بالحركة نحو الجنوب الغربي باتجاه خط الإستواء، وتسمى حينئذ بالرياح التجارية. لقد ساعدت معرفة حركة تيارات الهواء في تصنيف الصحراء على أسس عديدة منها المناخ، وطبيعة سطح الأرض، ودرجة الحرارة، وكمية المطر، ونوع التربة وطبيعتها.

2 - القرب من الكتل المائية

من العوامل المؤثرة على الهطول، القرب من الكتل المائية. فالأصل هو أن المناطق الساحلية تستقبل كمية مطر أكبر من المناطق الداخلية. ومثال على ذلك نجد أن المطر السنوي لمدينة الإسكندرية على شاطئ البحر الأبيض المتوسط حوالي 150 مليمتراً وفي مدينة القاهرة (حوالي 250 كيلومتراً من البحر) حوالي 30 مليمتر. ويتأثر هذا العامل باتجاه الرياح ومساحة الكتلة المائية. فإذا كان اتجاه الرياح من البحر إلى البر حمل بخار الماء وحدث الهطول. أما إذا كان اتجاه الرياح من البر إلى البحرفلا تساقط. وإذا عبرت الرياح المحيط الواسع زاد ما يحمله من سحب وما يسببه من أمطار غزيرة. أما إذا عبرت الرياح بحراً محدوداً كالبحر الأحمر أو الخليج العربي فإن حمله من السحب قليل وما يسببه من المطر شحيح. فالقاعدة العامة أن المناطق

الساحلية أكثر مطراً، وأن المناطق القارية أو الداخلية أقل مطراً وأشد جفافاً.

لكن هناك ظاهرتان تؤثران على هذه القاعدة هما التيارات البحرية الدافية، والجبال المرتفعة.

(أ) التيارات البحرية للمحيطات

سيادة التيارات البحرية الدافية على نحو ما يكون عند الشواطئ الغربية لقارة أوروبا (تيار الخليج الدافي) تزيد من كميات التساقط، أما سيادة التيارات البحرية الباردة وخصوصا تلك المحاذية للأجزاء الغربية من القارات فتعمل على تكثيف بخار الماء الموجود في الهواء وإنزاله على شكل مطر أو ثلج فوق هذه المحيطات، بحيث لا يتبقى شيء يذكر من بخار الماء في هذا الهواء المتحرك إلى داخل القارات. ولهذا نلاحظ وجود الكثير من الصحاري بقرب هذه المحيطات والبحار ذات التيارات المائية الباردة. على نحو ما يكون عند الشواطئ الغربية لجنوب أفريقيا (تيار بنجوليا البارد) فإنها تثبط المطر وتكون الصحاري الساحلية في نامبيا. وبمثل هذا تكون الصحاري والمناطق الجافة الساحلية عند الشواطئ الغربية لقارة أمريكا الجنوبية (تيار بيرو البارد).

ولو حدث أن تقلبت مياه المحيط صاعدة بالمياه الدافية من الأعماق إلى السطح على نحو ما يحدث في بعض السنوات على الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية فإن المطر يهطل في النطاقات الساحلية الجافة في أغلب السنوات.

(ب) الجبال المرتفعة

كذلك تؤثر الجبال على قدر الهطول (وقد سبق الإشارة إلى تأثير الجبال على الهطول في الفصل الثالث من الباب الأول). ذلك لأن الجبال تكون باردة في ارتفاعاتها العالية، فإذا مرت عليها السحب استقطرت منها ما تيسر من الرطوبة فيما يعرف (بمطر التضاريس) فنشاهد النمو النباتي المزدهر في المناطق الجبلية، وخاصة القريبة من الساحل مثل الجبل الأخضر وجبال ظفار الساحلية في سلطنة عمان، وجبال اليمن وعسير في شبه الجزيرة العربية

وجبال علبة على الحدود المصرية السودانية. تمثل هذه المواقع «واحات جبلية» أو ما يطلق عليها واحات الندى وهي واحات خضراء بالنمو النباتي الزاهر وسط مناطق جافة. هذا من أمر أوجه الجبال التي تستقبل الرياح المحملة بالرطوبة، أما الأوجه المقابلة والمناطق الواقعة في كن الجبال فلا يصلها إلا النزر اليسير من هذا الهطول. تتصاعد الرياح بكتلة الهواء على سفح الجبل فتبرد وتسقط ما تحمله من بخار الماء ' فإذا ما تجاوزت القمة هبطت على السفح المكنون، وهبوط كتلة الهواء يرفع من درجة حرارتها ويزيد من جفافها فلا تسقط مما تحمله من البخار القليل إلا الأقل. الجانب المكنون من جبال شبه الجزيرة العربية جاف قليل النبت وجانبها المعصف رطب وأخضر.

ثانياً: الأسس العامة لتصنيف الصحراء Desert classification

هناك عدة خصائص لتصنيف الصحاري منها الموقع الجغرافي، ودرجات الحرارة، وكمية المطر. وتساعد دراسة هذه الخصائص في التعرف على العوامل المؤثرة في تشكل الصحاري، وما تتميز به من مكونات حية، وكيفية إدارتها وتنميتها.

1 - تصنيف الصحراء على أساس الموقع الجغرافي وطبيعة سطح الأرض

(أ) الصحاري شبه الاستوائية

يمكن القول بأن هذا النوع من الصحاري قد تكون نتيجة للأحزمة شبه الثابتة من الضغط العالي المتكونة فوق المناطق الاستوائية بثقله وحركته من الأعلى إلى الأسفل حتى سطح الأرض. ومع نزول الهواء يزداد ضغطه وتزداد حرارته وجفافه. وتتعرض بعض هذه المناطق إلى زوابع رعدية وأمطار قليلة، وغير كافية نسبيا للحد من الجفاف ومن أمثلة هذا النوع من الصحاري المنطقة الجنوبية الغربية من شبه الجزيرة العربية.

(ب) الصحاري الساحلية المعتدلة

مثال هذا النوع من الصحاري هو صحراء ناميبا وأتاكاما وباجا وباناجونيا،

تتعرض إلى ظاهرة نزول الكتل الهوائية ذات الرطوبة القليلة القادمة من البحار القريبة الباردة. وتفقد الكتل الهوائية مائها فوق البحار قبل وصولها إلى اليابس، وذلك بحكم وجودها فوق المياه الباردة والتي تلعب دورا كبيرا في تكثف بخار الماء ونزول المطر قبل وصوله إلى الأراضي المجاورة.

(ج) الصحراء المحتجزة عن المطر بسبب الجبال العالية (صحاري ظل المطر)

تكونت صحاري ظل المطر نتيجة لوجودها خلف الجبال التي تمنع وصول الغيوم القادمة من جهة البحر إليها (وقد تمت الإشارة إليها في تأثير الجبال على الهطول). ومن أمثلة هذا النوع من الصحاري صحراء موجافا وصحراء الحوض الكبير الواقعة في أمريكا الجنوبية وأجزاء من الصحراء الأسترالية، والصحراء الواقعة إلى شرق من جبال عسير وجبال الحجاز في المملكة العربية السعودية.

(د) الصحاري القارية

تتميز هذه الصحاري بانعدام تأثير البحار عليها وذلك لكونها تقع ضمن مساحات شاسعة من الأرض فيفقد الهواء كل ما يحمل من ماء بسبب هذه المساحات الشاسعة. ويضم هذا النوع من الصحاري صحراء شبه الجزيرة العربية، والصحراء الأسترالية.

تستفيد بعض المواقع القارية من ظاهرة الاعصار ؛ حيث يؤدي الاعصار إلى تساقط كميات طارئة من الأمطار. ينشأ الاعصار في منطقة من الضغط الجوي المنخفض تتحرك فيها الرياح دوارة على نمط حلزوني (تدور حول موضع مركزي). حركة الاعصار تحدث الاضطراب في حيز واسع قد يجذب إليه كتلا من الهواء المحمل بالرطوبة (بخار الماء) فتتساقط الأمطار. هذه الأمطار التي يحدثها الاعصار طارئة وتحدث بغير انتظام موسمي أو مكاني. قال الله عز وجل: ﴿وَمِنْ آيَاتِهِ أَنَّكَ تَرَى الْأَرْضَ خَاشِعَةً فَإِذَا أَنزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاء اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ إِنَّ الَّذِي أَحْيَاهَا لَمُحْيِي الْمَوْتَى إِنَّهُ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ﴾ (فصلت: 39)، وقال الله عز وجل: (وَتَرَى الْأَرْضَ هَامِدَةً فَإِذَا أَنزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاء اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنبَتَتْ مِن كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ) (الحج 5).

وتشير الأرض الخاشعة والأرض الهامدة إلى الأرض الجافة التي لا نبات فيها فإذا نزل المطر اهتزت وربت وأخرجت المرعى الذي يأتيه الرعاة من مسافات بعيدة. يسير الرعاة بقطعانهم إلى مراعي «الجزو» في شمال السودان مئات الكيلومترات للإفادة من النبت الطارئ الناشئ عن مطر الاعصار الطارئ الذي قد يحدث مرة كل عدد من السنين.

2 - تصنيف الصحراء على أساس درجة الحرارة

(أ) الصحاري الباردة

تتميز الصحاري الباردة بفصل تنخفض فيه متوسط درجة الحرارة إلى 5 درجات مئوية أو ما دون ذلك. وفي الصيف تكون درجة الحرارة عالية نسبيا قد يصل متوسطها إلى30 درجة مئوية أو تزيد، وتوجد هذه الصحاري في مناطق قارية بعيدة عن البحار، ومثال ذلك صحاري المناطق القطبية والمناطق المعتدلة والمعروفة بإقليم التندرا.

(ب) الصحاري الحارة

هي الصحاري التي لا يوجد بها فصلا شديد البرودة (5 درجات مئوية أو أقل) ويكون فيها الصيف حارا والشتاء دافيا، ويمكن تمييز صنفين من الصحاري الحارة هما:

- الصحاري القارية البعيدة عن البحار والمحيطات وتتميز بالتغيرات الشديدة في درجات الحرارة اليومية مثل الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا وصحراء الربع الخالي في المملكة العربية السعودية.
- الصحاري الساحلية وتتميز بالتغيرات المحدودة في درجات الحرارة وارتفاع الرطوبة النسبية مما هي عليه في الصحاري القارية. ومثل ذلك صحراء بيرو في أمريكا الجنوبية.

3 - تصنيف الصحاري على أساس كمية المطر

تصنف الصحاري تبعاً لكمية المطر إلى صحاري شديدة أو بالغة الجفاف، وصحاري جافة وصحاري شبه جافة (شكل 45).

(أ) صحاري شديدة الجفاف

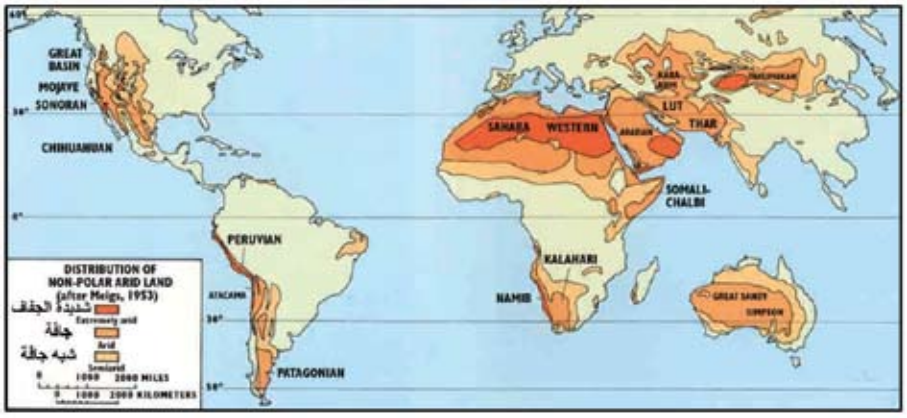
هي مناطق قد يمر عـام أو أكثر دون أن يسقط عليها مطر، أي أن المطر ليس حدثا يتكرر سنويا، مثل المناطق الوسطى من الصحراء الكبرى والتي تمتد عبر شمال أفريقيا وصحاري الربع الخالي ونجد والدهناء والنفود بشبه الجزيرة العربية.

(ب) صحاري جافة

هي مناطق ذات مطر قليل غير منتظم لا يتجاوز متوسطه السنوي 125 ملم، ويغلب فيها النباتات المعمرة في الأرض المنخفضة والوديان التي يلتقي فيها ماء الانسياب السطحي بالإضافة إلى ماء المطر. وهذه الصحاري بوجه عام فقيرة في النشاط الزراعي.

(ج) صحاري شبه جافة

هي المناطق التي يتراوح متوسط المطر السنوي فيها ما بين 250–125 ملم وتكثر فيها النباتات المعمرة، وهي أراضي قد ينتج مناخها ومطرها زراعة أنواع معينة من المحاصيل وخصوصاً في الأراضي المنخفضة.



شكل 45: توزيع الأراضي شديدة الجفاف، والجافة، وشبه الجافة على مستوى العالم.

الفصل الثاني
تكيف الكائنات الحية مع البيئة الصحراوية
Adaptation of Living Organisms in Desert Environment

أولاً: التكيف في النباتات الصحراوية

تظهر نباتات البيئة الصحراوية العديد من صور التكيفات السلوكية والتركيبية للتغلب على الظروف البيئية القاسية من حيث جفاف تربتها وارتفاع درجة حرارتها وقلة مواردها، ومن ثم تستطيع النباتات الصحراوية النمو والتكاثر والانتشار وبالتالي الحفاظ على أنواعها من الانقراض. وهذا يعزز التنوع الحيوي النباتي المميز للبيئات الصحراوية. وفيما يلي سوف نعرض أمثلة من تكيفات النباتات في البيئات الجافة والملحية.

1 - كمون البذور للنباتات الحولية

تتأقلم بذور النباتات الجفافية على تأخير إنباتها حتى تتهيأ الظروف المناسبة من الرطوبة ودرجات الحرارة الملائمة. ومثال على ذلك بذور النباتات الحولية التي تظل كامنة في التربة حتى سقوط المطر في فصلي الشتاء والربيع. فمن الملاحظ أن هذه البذور لا تنبت إلا إذا سقطت كمية مناسبة من الأمطار تمكن هذه البذور من إكمال دورة حياتها والتي قد تصل إلى حوالي عدة أسابيع أو عدة شهور قليلة فتبدأ بالإنبات، ثم النمو الخضري، ثم النمو التكاثري وتكوين الأزهار والثمار، ثم تنتهي دورة الحياة بمرحلة انتثار البذور وجفاف النبات لتسقط البذور في التربة مرة أخرى وتدخل في مرحلة كمون حتى يأتي موسم المطر في العام التالي وهكذا.

2 - السبات الصيفي للنباتات المعمرة

مثال آخر على تكيف النباتات مع الظروف الجفافية نجده في النباتات المعمرة مثل شجيرات العرفج التي تنظم نشاطها تبعاً للظروف البيئية، فعند انخفاض

درجات الحرارة وتساقط الأمطار تبدأ شجيرات العرفج بالازدهار وتنتج أغصان وأوراق حديثة، ثم تنتج الأزهار الصفراء التي تقوم بجذب الحشرات والطيور. أما في الصيف حيث درجات الحرارة المرتفعة والظروف الجفافية الشديدة، فتتساقط الأوراق وتتعرى الأغصان وتدخل شجيرات العرفج مرحلة من السبات تنخفض فيها معدلات الأيض وتحافظ خلالها على ما تختزنه من مياه ومواد كربوهيدراتية تبقيها على قيد الحياة حتى تتحسن الظروف البيئية في الموسم التالي وفي انتظار تحسن الظروف يمكنها الاستفادة من قطرات الندى التي تتساقط على الأغصان والتربة بشكل منتظم. ويساعد تساقط الأوراق وأجزاء من الأغصان على التقليل من فقد الماء بواسطة النتح وهذا يجعل النباتات الصحراوية متكيفة ومقاومة للظروف الجفافية.

3 - النباتات العصيرية

صورة أخرى من التكيفات نجدها في مجموعة من النباتات الصحراوية وتعرف بالنباتات العصيرية مثل الهرم والسويدة، فتستطيع هذه النباتات تخزين كميات كافية من المياه داخل أوراقها وأغصانها. لذلك نجد مثل هذه النباتات العصيرية تستطيع الاحتفاظ بنضارتها ونمواتها الخضرية في فصل الصيف رغم ارتفاع درجات الحرارة وقلة الرطوبة. إلا أنه عند الارتفاع الشديد لدرجات الحرارة، نجد أن ما اختزنته من مياه قد بدأ في النفاذ فتبدأ أوراقها في الجفاف والتساقط جزئياً، لتدخل هي الأخرى مرحلة من السبات حتى تتحسن الظروف.

4 - النباتات الرملية

والنباتات الرملية كذلك لها من التكيفات ما يمكنها من النمو في البيئات الرملية النشطة بحيث تكون عوائق تعمل على ترسيب حمولة الرياح من الرمال والأتربة حول سيقانها العديدة والمتشابكة وكذلك تثبيت التربة مشكلة ما يعرف بالنباك. فعندما يتم ردم أجزاء من أغصان هذه النباتات تبدأ أعداد كبيرة من الجذور العرضية بالنمو على الأغصان وتمتد جانبياً وفقاً لميلان الكثيب الرملي

ثم تذهب عميقاً لامتصاص المياه. كذلك تقاوم هذه النباتات عمليات الردم بتكوين أغصان جديدة ترتفع فوق أكوام الرمال التي ردمت الأغصان السابقة وهكذا مما يعمل على نمو الكثيب أو الأكمة أو النبكة فتزداد في الحجم تبعاً لنوعية النباتات التي تترسب عليها. ومن أعظم هذ النباك حجما ما يترسب حول نباتات الغرقد، والعوسج، والطرفة.

5 - النباتات الملحية

أما النباتات الملحية فلديها القدرة على النمو في السبخات شديدة الملوحة وهي أراضي منخفضة تتجمع فيها المياه فإذا ما تبخرت بفعل الحرارة المرتفعة تجمعت الأملاح على السطح أو في الطبقة السطحية للتربة. وكما ذكرنا سابقاً تتكيف النباتات الملحية للنمو في مثل هذه السبخات من خلال رفع الضغط الأسموزي لخلاياها بما يمكنها من استمرار امتصاص الماء. وتتمكن بعض النباتات من التقليل من امتصاص الملح، فإذا ما زادت كميته في أنسجة النبات يتم حجزه في أنسجة خاصة في الجذر أو الساق، والبعض يتخلص من الملح المتراكم من خلال أنسجة الأوراق على هيئة قشور.

6 - طبيعة نمو الجذور

وبشكل عام نلاحظ أن المحتوى المائي المنخفض للتربة الصحراوية ينشط نمو جذور النباتات الصحراوية المعمرة بشكل عميق ومتفرع حيث تشغل مساحة كبيرة من التربة مما يمكنها من امتصاص المياه من الطبقات العميقة من التربة. كذلك تتغطى الأجزاء المسنة من الجذور بطبقة سميكة من الفلين تقيها من امتصاص التربة الجافة لمائها. أما النباتات الحولية والكثير من الحشائش والأعشاب المعمرة فتنتج جذوراً رفيعة قليلة العمق وقصيرة نسبياً إذ تتغلغل في الطبقة السطحية من التربة فتتمكن من امتصاص المياه التي تسقط وتتجمع في الطبقات العليا من التربة قبل أن تتبخر.

7 - تكيفات في التركيب التشريحي للنبات

ومن التكيفات أيضاً تغطية نسبج البشرة فـي السيقان والأوراق بطبقة سميكة من الأدمة (الكيوتيكل) للتحكم فـي فقد الماء. وتواجد الثغور فـي السيقان غائرة عن مستوى سطح البشرة ومحاطة عادة بشعيرات كما فـي سيقان الرتم. أما الأوراق فتتنوع فيها طرق التكيف للتغلب على الظروف الجفافية والتحكم فـي فقد الماء فتتواجد الثغور غائرة أيضاً ومحاطة بشعيرات كما فـي أوراق قصب الرمال مما يؤدي إلى التقليل من سرعة النتح. وقد تختزل الأوراق أو تنعدم بالكلية، أو تتحور إلى أشـواك، أو تتشحم لاختزان الماء والغذاء، وتـزداد نسبة الأنسجة العمادية، وكذلك العناصر الملجننة. كل هذه من التكيفات التشريحية التي تمكن النباتات من تحمل الظروف الجفافية.

8 - تكيفات لزيادة الانتشار

وأخيراً نجد أن كثيراً من الثمار والبذور قد طورت أساليب مختلفة تمكنها من الانتشار فمن ذلك الثمار الملونة التي تجذب الحيوانات لتأكلها وتمر البذور بداخلها خلال القنوات الهضمية لتخرج مع الفضلات فـي أماكن متفرقة. وهناك أيضاً من الثمار والبذور ما يحتوي على أشواك مثل بذور لحية التيس ***Koelpinia linearis*** والسعدان ***Neurada procumbens*** وشعيرات مثل بذور الحسك ***Medicago*** تمكنها من الالتصاق بوبر الحيوانات فتساعد فـي نقلها إلى أماكن بعيدة. وهناك البذور المجنحة والريشية التي تستخدم الرياح كوسيلة لانتشارها، وهناك ثمار وبذور نباتات أخرى تكيفت مع الانتشار بواسطة الماء مثل ثمار الحنظل ***Citrullus colocynthis*** حيث يحركها الجريان السطحي للماء فتنتشر وتتحرر البذور ويلاحظ نمو هذه النباتات على مسار الأودية والقنوات.

ثانياً: التكيف في الحيوانات الصحراوية

تعرضنا في الفصل الخامس من الباب الأول للحديث عن التكيفات الناتجة عن العلاقات التفاعلية بين الكائنات الحية وخاصة في علاقة التنافس والافتراس. وذكرنا أمثلة لتكيف المفترسات كي تتمكن من اصطياد فرائسها، وكذلك عرضنا أمثلة لتكيفات عديدة تمكن المفترسات من الهروب أو التخفي من المفترسات وحماية تفسها. وهنا سوف نتعرض لنوع آخر من التكيفات يرتبط بالعوامل غير الحية ومنها أشعة الشمس وارتفاع درجات الحرارة وقلة الموارد المائية.

تلجأ الحيوانات الصحراوية للتغلب على الظروف البيئة الجفافية الحارة لتقليل الحمل الحراري عن طريق التعرق واللهاث، أو الفقد البطيء للماء عبر طبقة البشرة. ويلعب حجم الكائن الحي دورا هاما في تحديد معدل تبادل الطاقة بين الكائن والبيئة المحيطة وتحديد طبيعة سلوكه لتقليل الحمل الحراري، وتحديد طبيعة معيشته. ومن الجدير بالذكر أن اللون والخصائص الفيزيائية الأخرى لبشرة وكساء الحيوان مثل الفراء أو الصوف لها دور أساسي في تحديد التبادل الحراري مع البيئة المحيطة بالحيوان.

1 - التبادل الحراري بين الكائنات الحية والبيئة المحيطة

تتميز معظم المناطق الصحراوية بشدة أشعة الشمس. وتصل أشعة الشمس إلى الكائنات الحية بطرق مختلفة، منها التعرض مباشرة لأشعة الشمس، أو الإشعاع المنتشر من الغيوم والجو المحيط. بالإضافة إلى أن أشعة الشمس المباشرة التي تمتص بواسطة سطح التربة ثم تعاد إشعاعها من التربة إلى الوسط المحيط يمكن أن تصل للكائن الحي. لو أضفنا على ما سبق ذكره الحرارة الناتجة من عملية الأيض داخل جسم الكائن الحي والتي قد يفقد الحيوان جزء منها عن طريق عملية إشعاعها للوسط المحيط أو توصليها لأجسام أخرى عند ملاصقة الكائن لأجسام أقل حرارة منه أو بالتعرق، إذاً هناك تبادل مستمر ودائم للطاقة الحرارية بين الكائنات الحية والوسط المحيط بها.

تلجأ الحيوانات لحماية نفسها من التعرض المباشر لأشعة الشمس الشديدة

بطرق مختلفة فالحيوانات صغيرة الحجم يمكنها أن تلجأ إلى الظل ومنها من يختبئ في الجحور، ومنها من يدفن نفسه بالرمال. أما الحيوانات كبيرة الحجم وبخاصة إذا لم يتوفر لها ظل كاف يحميها من أشعة الشمس فإنها تلجأ إلى تقليل الحمل الحراري داخل أجسامها عن طريق تقليل السطح المعرض للإشعاع وذلك بتوجيه المحور الطولي من الجسم نسبيا نحو الشمس. كذلك يعتبر التعرق النشط أو اللهاث من العمليات الهامة لمقاومة حرارة البيئة وحرارة الجسم. فالثدييات كبيرة الحجم تعرق بغزارة مثال ذلك الكركدن والثور بينما البقر والكلاب تلهث في استجابة للحمل الحراري. ويعرق البقر اختياريا تبعا لدرجة ارتوائه فالبقر الوحشي الريان يعرق أكثر من البقر الوحشي الظمآن. وتلجأ الطيور إلى اللهاث والتبريد عن طريق الأجنحة.

2 - الاتزان المائي في الحيوانات

إن الهدف الأساسي من التكيفات المختلفة للحيوانات الصحراوية هو أن تصل حالة من الاتزان المائي بين ما تحصل عليه وما تفقده من مياه. يحصل الحيوان على الماء عن طريق الشرب من الموارد المائية والماء الموجود في الطعام والماء الناتج عن أكسدة المغذيات مثل البروتين والكربوهيدرات والدهون. وقد لوحظ أن الأغذية الخضراء تصل كمية الماء فيها إلى حوالي 80-70٪ أما الأغذية الجافة فيصل محتوى الماء فيها إلى 8٪.

يفقد الماء من الحيوان من خلال الجهاز التنفسي والبراز والتبول والعرق، وكذلك الفقد البطئ من الطبقات تحت البشرة. وتعتبر العوامل الأساسية المتحكمة في معدل فقد الماء من جسم الحيوان هي الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو والمساحة السطحية للحيوان (حجم الجسم) وطبيعة الإهاب (الجلد الخارجي - فراء -شعر - صوف) وسرعة الرياح.

تلجأ الثدييات النهارية صغيرة الحجم إلى البيئات القريبة بحثا والتماسا للطعام حتى لاتضطر لقطع مسافات طويلة تحت الظروف الصحراوية القاسية وتتعرض لفقد الماء من أجسامها. ويمكن أن نذكر بعض من الاستجابات التكيفية

لتقليل فقدان الماء في البيئة الصحراوية منها الهروب إلى البيئات الرطبة كالجحور والكهوف والأعشاش التي تحميها من ارتفاع درجات الحرارة ومعدلات البخر، وخفض معدلات الأيض أثناء فترات الكمون والسبات، ووجود غطاء جسم متخصص وجلدي (كيوتيكل) في المفصليات والحشرات على درجة عالية من عدم النفاذية، وتخزين كميات وفيرة من الماء في أجسام كثير من الحيوانات، وتناول نباتات غنية في محتواها من الماء أو تناول هذه النباتات في الصباح الباكر حيث تحتوي النباتات الجافة على نسبة محسوسة من الندى.

3 - التغذيــة

تتميز الصحراء بالنقص الشديد في النباتات، وإن وجدت فهي متفرقة مبعثرة. وهذا يعني أن الغذاء المتوفر للحيوان يكون في حدوده الدنيا، هذا إذا اعتبرنا أن المستهلك للنباتات من الحيوانات كبيرة الحجم حيث لا ينطبق ذلك على الحيوانات صغيرة الحجم التي لا تفضل البحث عن غذائها في أماكن بعيدة عن مسكنها.

وتحظى الحيوانات المجترة بميزة هامة حيث تستطيع أن تخمر الألياف في أمعائها بسبب وجود الكائنات الدقيقة، بالإضافة إلى ذلك فهذه الكائنات لها القدرة على تصنيع الفيتامينات الذائبة في الماء وتصنيع البروتينات من اليوريا. وبهذا تبدو الحيوانات المجترة من الحيوانات المثالية التي يمكنها العيش في المناطق الجافة وشبه الجافة على الرغم من أنها حيوانات كبيرة الحجم ولها متطلبات عالية من الطاقة. ومن الاستجابات التكيفية الهامة للشح الغذائي تخزين الطاقة في صورة دهون والهجرة إلى أماكن يتوفر فيها الغذاء واختزال الأيض الغذائي خلال السبات.

هنالك اعتبارات تتعلق بصغر وكبر حجم الجسم نذكرها فيما يلي:

إن كفاءة الجهاز الهضمي للحيوانات كبيرة الحجم في انتاج الطاقة أكبر من الحيوانات صغيرة الحجم كما أن متطلباتها من الطاقة أقل نسبيا. بالإضافة إلى

أنها تنتج طاقة من خلال انقباض العضلات وانبساطها وبهذا يقل ما تفقده من الطاقة في الحركة ويسهل من قدرتها على الهجرة. على العكس من ذلك فإن الحيوانات الصغيرة لديها متطلبات قليلة من الطاقة الغذائية ويمكنها الهرب والاختباء في الجحور والسبات كما يمكنها التكاثر عندما تأتي الظروف المناسبة. وعلى هذا ترجح كفة الحيوانات الصغيرة مقارنة بالحيوانات الكبيرة للعيش في الصحراء. تظهر الدراسات أن أغلب الحيوانات التي تقطن الصحراء هي حيوانات صغيرة الحجم بينما الحيوانات كبيرة الحجم العشبية وآكلات اللحوم الكبيرة نادرة الوجود وتزور الصحراء على فترات متقطعة لوقت قصير.

4 - التكيفات السلوكية للحيوانات الصحراوية (الهروب من الظروف الجفافية)

إن الظروف البيئية القاسية التي يتعرض لها الكائنات التي تعيش في الصحراء مثل شدة أشعة الشمس والحرارة والرطوبة المنخفضة وندرة أو افتقار الماء، والرياح والعواصف الرملية وقلة الظل بسبب قلة الغطاء النباتي لها أثر واضح على سلوك هذه الكائنات. ومن أمثلة التكيفات السلوكية للتغلب على مثل هذه الظروف القاسية ما يلي:

(أ) الكمون

يستعمل مصطلح الكمون أو السبات لوصف المرحلة التي يتوقف فيها الكائن عن النمو أثناء تطوره، فإذا دخل الحيوان حالة السبات فإن كل المتطلبات الأيضية تنخفض إلى الحد الأدنى. ويمكن للكائن أن يدخل في حالة الكمون في أي مرحلة من مراحل تطوره عندما تكون الظروف البيئية غير مناسبة. ويؤدي تحسن الظروف البيئية المحيطة إلى تحفيز النمو السريع للكائنات لتصل إلى مرحلة البلوغ وتبدأ في التكاثر.

ومما يدلل على ذلك ملاحظة التغيرات المصاحبة للبرك المؤقتة التي تميز البيئات الصحراوية. والبرك المؤقتة عبارة عن منخفضات طبيعية من سطح

التربة الصحراوية، تختلف في الشكل والحجم من عدة أمتار إلى عدة كيلومترات، وكنتيجة لسقوط الأمطار تنتقل هذه البرك من الجفاف إلى وفرة في الماء مما ينتج عنه انتعاش للحياة في هذه البرك المؤقتة حيث تمتلئ بالمياه فتظهر فيها الطحالب والبكتيريا والأوليات بأعداد كبيرة خلال الساعات الأولى. وفي خلال يوم أو يومين تظهر قشريات صغيره مختلفة حيث تنمو وتصل إلى المرحلة اليافعة بسرعة كبيرة وذلك بتناولها الغذاء بشراهة وسرعة عالية، وتظهر البركة وقد احتشدت بالحياة، وتضع البيض بكثرة قبل أن تجف البركة. وتصبح للقشريات السيادة في البرك ويظهر بعض أنواع الربيان الصغيرة، من أمثلة هذه القشريات تريوبس جرانياريس ***Triops granarius*** وموينا ديبا ***Moina dubia*** وميتاسيكلوبس مينياتس ***Metacyclops miniatus***.

بسبب الحرارة العالية تتبخر مياه البركة بسرعة وينخفض محتوى الماء من الأكسجين وترتفع درجة ملوحة الماء. لوحظ أن الحيوانات تنمو وتتكاثر بسرعة قبل أن تصبح الظروف غير مناسبة للحياة في هذه البرك (تكون دورة حياتها قصيرة وسريعة). فإذا ما جفت البركة دخلت الكائنات في حالة كمون حتى تهطل الأمطار مرة أخرى. ويحدث الكمون غالبا للقشريات التي تعيش في البركة المؤقتة في طور البيضة حيث يكون الكائن عمليا غير نشط، فنجد أن محتوى البيضة من الغذاء محدود، والمتطلبات الأيضية للأنسجة الجنينية داخل البيضة منخفضة جداً مما يسمح لها أن تعيش لعدة سنوات. هذا بالإضافة إلى احتواء البيضة على قشرة أسفنجية ثلاثية الطبقات لها قدرة عالية على حفظ الماء بداخلها، وحماية محتوى البيضة، ومقاومة للخدش وأشعة الشمس.

ولقد وضع الله موروثات خاصة في أجنة هذه القشريات تقاوم الجفاف حتى أن بيضة الربيان الضفدع **Tadpol shrimps** تستطيع أن تستمر حية لمدة 16 ساعة عند درجة 98 مئوية وتموت عقب نفاذ كمية الماء البسيطة وخروجها من البيضة وذلك عند درجة الغليان. وليست كل القشريات تسبت في مرحلة البيضة، فالميتاسيكلوبس (***Metacyclops minutus***) يستطيع الحياة لمدة 9 أشهر في المناطق الحارة من السودان، وتحت ظروف قاسية جداً. بالإضافة إلى أن يرقة

chironomid تحيط نفسها بكبسولة (قشرة) وتستطيع أن تستمر على قيد الحياة في درجة حرارة -56 60 درجة مئوية في البرك الجافة من أستراليا.

وهنا يمكن أن نميز بين نوعين من الكمون وهما الكمون الاختياري والكمون الإجباري. أما النوع الاختياري فيحدث في كل جيل والذي تتحكم فيه الموروثات الجينية في جسم الحيوان، فهو مناسب للتغيرات البيئية المتعاقبة في دورة الحياة المنتظمة والمتوقعة. أما الكمون الإجباري فهو الذي يحدث بسبب عوامل بيئية خارجية غير متوقعة كما يحدث في البرك المؤقتة في الصحراء والذي يعد الحيوان لأي تغير مستقبلي متوقع في الظروف البيئية السيئة أو الحسنة.

(ب) السبات الصيفي Aestivation

السبات الصيفي يشبه السبات أو البيات الشتويHibernation ويصف السكون أو الخدر الطويل في الحيوانات الفقارية وفي أثناء السبات ينخفض معدل الأيض ودرجة حرارة الجسم بدرجة ملحوظة وعالية فالسبات يحدث نتيجة تفاعلات معقدة تتداخل فيما بينها، فالحافز البيئي يؤدي إلى استجابة أعضاء الأجهزة المختلفة للكائن. ويستعمل السبات عادة ليصف هذه الحالات في البيئة القاحلة الحارة بينما البيات الشتوي يرتبط بالسكون الحادث كاستجابة للبرودة الشديدة الطويلة. والقيمة الكيفية لكلا الحالتين واضحة وبوجه خاص في الحيوانات داخلية المصدر الحراري (ذوات الدم الحار) التي تستهلك تقريبا أربعة أضعاف الطاقة وذلك للحفاظ على درجة حرارة الجسم، مقارنة بالحيوانات خارجية المصدر الحراري (ذوات الدم البارد).

يستخدم الكثير من اللافقاريات السبات الصيفي لتفادي تأثير الظروف البيئية القاسية. ومثال على ذلك القوقع الصحراوي Eremina desertorum والذي يتواجد في الكويت. حيث يقتصر نشاط هذا القوقع على شهور الشتاء. فعندما يتوفر المطر يخرج القوقع من سباته. أما في فصل الصيف فهو يظل خاملا تحت الصخور والأحجار، أو مدفونا بعمق في التربة.

ومن المحتمل أن يكون السبات الصيفي في الحيوانات داخلية المصدر الحراري

أكثر شيوعا في القوارض. وكثير من الحيوانات تسبت صيفاً عندما يكون الغذاء عادةً نادراً وبهذا يبقى معدل التمثيل القاعدي للحيوان أقل من النصف.

السبات الصيفي في الفقاريات خارجية المصدر الحراري يكون مصحوبا بانخفاض ملحوظ في درجة حرارة الجسم عن الدرجة العادية. وتسبت الزواحف داخل جحور باردة ورطبة، وفي فترة السبات ينخفض عادة معدل الأيض وتستعمل مخزونها من الغذاء ببطء. وتقوم السلاحف بعملية السبات بعد أن تختزن كميات كبيرة من الماء في المثانة البولية.

من المعروف أن البرمائيات تعتمد على الماء للتكاثر، لذا فوجودها محدود جداً في المناطق الجافة لهذا لا يمكن اعتبارها حيوانات صحراوية حقيقية وعلى الرغم من ذلك نجد أنواع من البرمائيات تعيش لفترة طويلة من القحط والجفاف، فهي تمثل مثالا مقبولاً للهروب من ظروف البيئة الصحراوية القاسية. فضفادع الجرف الصحراوي **scaphiopus** التي تعيش في صحراء السنورون بالولايات المتحدة الأمريكية لديها القدرة على الحفر إلى عمق يصل إلى 90 سنتيمتر تحت سطح التربة لتصل إلى جحر رطب كما يمكنها أن تبقى في سبات لمدة طويلة قد تصل إلى 9 أشهر، حيث ينخفض معدل الأيض بشكل ملحوظ، وتعتمد في ذلك على الدهون المخزنة كأجسام دهنية في التجويف البطني. ولهذه الضفادع العديد من التكيفات التي تساعدها على التقليل من فقد الماء من جسمها. ومن أمثلة هذه التكيفات أن بعض البرمائيات تحيط نفسها بشرنقة من الطين، أو من الجلد الميت والذي يعتبر نسبيا غير منفذ للماء مما يقلل من فقد الماء سريعاً من جسم الضفدع.

(ج) الهجرة الموسمية Seasonal migration

الهجرة الموسمية هي الشكل الأكثر وضوحا للهروب من الصحراء. وهذا الشكل من الهجرة محدد لبعض الحيوانات القادرة على الطيران وبعض الثدييات الكبيرة حيث لا تستهلك في هجرتها قدراً كبيراً من الطاقة. تسافر الطيور لمسافات هائلة في المناطق الجافة للحصول على مصادر غذائية والتي تضمن أيضاً مصادر المياه من البرك المؤقتة ثم تهاجر إلى أماكن أخرى عندما تجف البرك المؤقتة. ومن

الأمثلة للهجرة الموسمية في الثدييات الكبيرة هجرة البقر الوحشي الأفريقي ***Oryx gazelle*** من وإلى التلال الرملية للصحراء الناميبية، فقد لوحظ أن سقوط الأمطار على هذه التلال الرملية يتسبب في نمو الحشائش سريعة الزوال وخاصة في الأودية المنخفضة وعند قواعد التلال. فيتحرك البقر الوحشي الأفريقي ليرعى هذه الحشائش في أعداد كبيرة مثيرة للدهشة. وعندما يظهر الجفاف تهاجر الحيوانات إلى قاع نهر كوسيب **Kuiseb** حيث الماء وحيث تكون ضفتي النهر غنية بالنباتات الخضراء التي توفر الظل والطعام من أشجار السنط **Acacia**. وتحفر الحيوانات الرمال في ضفة النهر الجاف وصولا إلى الثقوب المحتوية على الماء.

(د) التراجع والانسحاب Retreat

تظهر الحيوانات الصحراوية نوعاً آخر من التكيف يعرف بالتراجع والانسحاب وهو سلوك إيقاعي يومي، فتنشط بعض الكائنات نهاراً وبعضها ليلاً، وقد يصحب هذا التكيف حالة سبات وقد لا يسبت الحيوان بتاتا.

ومن أساليب هذه الحيوانات حفر الجحور، ولهذا أهمية خاصة بالنسبة للأنواع الصحراوية، فالجحر يهيئ للحيوان بيئة خاصة تكون ظروف الحرارة والرطوبة بداخله أفضل بكثير مما هي على السطح ومع ذلك فمثل هذه الكائنات تضطر إلى الخروج من جحورها من وقت إلى آخر مما يعرضها للظروف الجوية القاسية في الخارج. لذلك تلجأ إلى تعديل دورات نشاطها اليومية بحيث تتناسب مع تلك الظروف. فيكون نشاطها ليلي أو تنشط عند الفجر. أما الأنواع النهارية النشاط فعادة ما تكون لها قدرات تحمل عالية للحرارة والجفاف تفوق تلك المعروفة في الأنواع الليلية أو التي تعيش في المناطق المعتدلة.

درس العالم هاميلتون (1975) **Hamilton** سلوك التراجع لنوعين من الخنافس القاتمة التي تستجيب لدرجة حرارة سطح التربة باستخدام النشاط الشكلي المزدوج الإيقاعي **bimodal** الذي يسمح لها بالهروب من ساعات منتصف النهار. فالعديد من أنواع الخنافس القاتمة تستخدم النشاط الشكلي المزدوج نهارا لهذا الغرض نفسه بينما الأنواع الأخرى يلاحظ نشاطها ليلا. فالأنواع النهارية يمكنها حفظ

درجة حرارة أجسامها لمدة طويلة وهذا يساعد أو ينشط الأيض السريع ومعدلات التكاثر فيها. أما الأنواع الليلية فتستخدم مجموعة من الأيزوانزيمات التي تحفظ مستوى الأيض على درجة عالية.

والمثال الآخر للهروب السلوكي تقدمه سحالي التلال الناميبية ***Aporosaura anchietae*** هي سحلية غواصة في الرمال وهي نهارية النشاط. تعيش هذه السحلية في الرمال الناعمة التي تتحرك بفعل الرياح القريبة من قمم التلال. يسقط على هذه الرمال الناعمة أشعة شمس قوية في الصيف في صدر النهار من الصباح إلى الظهيرة، ونتيجة لذلك فإن درجة حرارة سطح الرمال ترتفع بسرعة كبيرة وتصل إلى 40-30 م° وهو المدى الحراري المثالي لنشاط السحلية وتستمر هذه الحالة لفترة قصيرة. هذا يعني أن لدى السحلية القليل من الوقت لجمع غذائها وأداء سلوكها الاجتماعي قبل أن تصبح درجة الحرارة عالية بدرجة كبيرة. ومن أجل أن تمد الوقت الذي يمكنها قضاءه على السطح بقدر الإمكان فإنها تنهمك فيما نستطيع أن نسميه رقصة التنظيم الحراري **thermoregulatory dance**. فعندما تكون درجة الحرارة حوالي 30 درجة مئوية، فإنها تخرج من تحت الرمال وتلصق بطنها بالسطح الساخن للرمال. وفي هذا الوضع فإن كل جسمها يصبح مقعرا مع رفع الأطراف الأربعة كما تجعل الذيل معلقا في الهواء. وما أن ترتفع درجة جسمها إلى القدر المطلوب حتى تتحرك بسرعة وبرشاقة ونشاط على سطح الرمال لتقوم بجمع الغذاء. وعندما تقترب درجة الحرارة من 40 مئوية فإن طريقة مشي السحلية تتغير إلى المشي على ركائز طويلة حيث تفرد كل أرجلها رافعة جسمها إلى أعلى بعيدا عن سطح الرمال الساخن. كما يغير الحيوان دوريا من هذا السلوك فيقوم برفع الأطراف المنعكسة في الهواء بينما يرتكز على الذيل الثقيل المغطى بالجلد القرني والحراشف. وفي هذا يبدوا انه يساعد في تبريد الأطراف كما يفعل الطفل الذي يجري حافي القدمين على سطح مرصوف ساخن وهو يرفع رجلاً ويضع أخرى كأنه يرقص تماما.

وعندما ترتفع درجة حرارة سطح الرمال فتصل إلى ما بين 45-40 م° فإن السحلية تهرب إلى بيئة باردة تحت الرمال حتى تنخفض درجة حرارة جسمها إلى الدرجة المقبولة والمحتملة مرة أخرى عقب الظهيرة حيث تصل من 30 - 40 م°.

ومن هذا يتضح أن السحلية تعتمد على الإيقاع النهاري للنشاط وهذا أيضا يمكن أن يتغير إذا هبت رياح قوية جافة حيث تفضل السحلية البقاء تحت سطح الرمال طوال اليوم ولكن عندما تسود الأجواء الباردة فإنها تبقى فوق السطح طوال النهار. وفي هذا تباين عن نوع آخر من السحالي **Palmatogecko rangi** إذ أن نشاطها محدد بالليل فقط، فجلدها شفاف وأرجلها مزودة بحراشف عريضة مما يعطيها القدرة على الحفر عميقا تحت سطح الرمال حيث تبقى معزولة في هذه البيئات الباردة الرطبة نسبيا طوال النهار.

إن طيور الصحراء قادرة على الهروب بسهوله من البيئات الصحراوية القاسية بسبب قدرتها على الطيران. ولكن هناك طائر واحد متفرد يعيش في الصحراء محتميا بالعش أو الصخور الناتئة أو الأشجار أو الشجيرات الكثيفة لتجنب الساعات الحارة من النهار. هذا الطائر هو طائر الحباك والذي يغزو السهول الواسعة الخالية من الأشجار في المناطق شبه القاحلة أو الجافة في الصحراء الناميبية، كما هو شائع الوجود في صحراء كالاهاري. هذا النوع من الطيور يبني عشا ضخما فوق أفرع شجرة السنط، فإذا لم يجد عشا فإنه يستخدم أعمدة التليفونات. لهذا العش أهمية كبيرة في عزل الطائر عن تأثير التغيرات الطارئة على درجة الحرارة في الوسط المحيط بالعش. فبهذا العش يحتمي الطائر من البرد الشديد بالليل ومن الحرارة الزائدة أثناء النهار.

5 - التكيفات الظاهرية (المورفولوجية)

تمكن الخصائص الظاهرية (المورفولوجيـة) والفسيولوجيـة الكائنات التي تعيش في البيئة الصحراوية من التكيف مع ظروف هذه البيئة. وسوف نعرض لبعض ما تتميز به الحيوانات الصحراوية من خصائص ظاهرية تمكنها من التحكم في فقد الماء والتغلب على درجات الحرارة العالية.

(أ) جلد المفصليات Arthropod Cuticle

إن المقدرة الهائلة لكيوتيكل (الهيكل الخارجي) المفصليات على عزل الماء وعدم

نفاذه من جسمها كانت سببا فـي قدرتها على الصمود فـي البيئة الصحراوية حيث يتميز كيوتيكل الهيكل الخارجي باحتوائه على مواد دهنية غير منفذة للماء. وتنتج أنواع من الخنافس كميات من المواد الدهنية فـي الصيف أكثر منها فـي الشتاء.

وأكثر أشكال الحشرات تكيفاً لحياة الصحراء هي الخنافس (رتبة الحشرات غمدية الأجنحة **Coleoptra**) وهي تضارع العقارب فـي زعامتها على اللافقاريات الصحراوية. ولا ترقى الخنافس من فصيلة الجعلان **Scarabaeidae** إلى هذه الزعامة برغم هيئتها وحجمها الكبير بسبب أسلوب معيشتها، ولعل أفضل مثال لها هو الجعل المقدس ***Scarabaeus sacer*** المصري الذي ينتشر أيضا فـي الكويت. هذا الجعل يجمع الروث ويديره ويدفعه بواسطة أرجله الخلفية حتى يصنع منه كرة يدحرجها إلى الخلف بينما يتحرك على أرجله الأمامية، حتى ينتهي بها إلى غرفة تحت الأرض يختبئ بداخلها ليتغذى على تلك الكرة. وفـي الخريف يجمع الجعل عددا من هذه الكرات فـي غرفة أكبر ليوفر غذاء كافيا لصغاره، وفـي بعض أنواع الخنافس يتعاون الذكر والأنثى على بناء حجره حضانة كبيره واحده تكفـي لعدة يرقات، كما يتعاونان على مد هذه الحجرة بالمؤن اللازمة.

ولعل من الأسباب التي مكنت الخنافس السود من النجاح فـي الصحراء هي ما تتمتع به من قدرة على الاكتفاء بغذاء جاف تماما، إلى جانب أجسامها التي تتحمل الجفاف. كما تلتحم فيها أغلفة الأجنحة لتشكل تجويفا حول الجسم تفتح فيه الثغور التنفسية، يمتلئ بالهواء ويعمل كوسيط عازل يقلل من فقدان الماء عن طريق البخر.

ولقد ظهرت عدة أراء لتفسير انتشار اللون الأسود بين معظم الأنواع الصحراوية من الخنافس، منها أنـه وسيلة لامتصاص الحـرارة وللحماية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة، إضافة إلى أنه لون تحذيري، لأنه يبدو أن طعم ورائحة هذه الخنافس كريهان ومنفران للكائنات المفترسة. ولكونها جميعا سوداء فإنه يكفـي لأي كائن مفترس أن يذوق فردا واحدا من أي نوع منها ليتجنبها كلها، وبهذه الوسيلة تكتسب كل أفراد الأنواع الأخرى الحماية.

وفـي دراسة مقارنه عن معدلات فقدان الماء بين الأنواع المختلفة من المفصليات

تبين أنها تختلف من 270 ميكروجرام ١سم2 ١ ساعة في حالة الحيوانات عديدة الأرجل (أم أربعة وأربعين **Hygric Myriapod**) إلى 0.8 ميكروجرام ١سم2ساعة في العقارب الصحراوية ***Androctonus australis***. ومن هذا يتضح أن أقل المفصليات فقدان للماء على الإطلاق هي العقارب الصحراوية.

وتفتقر المفصليات مئوية الأرجل **Centipedes or chilopoda** إلى وجود طبقة الشمع حول أجسامها، لذلك فهي ليلية النشاط تعيش في الأماكن الرطبة المظلمة تحت الأحجار وفي شقوق التربة.

(ب) جلد الفقاريات والإهاب Vertebrate integument and pelage

يعتبر جلد معظم البرمائيات البالغة منفذاً للماء مما يجعل حياة البرمائيات مستحيلة في المناطق الجافة الحقيقية، إلا أن أنواعاً من الضفادع تفقد كميات قليلة من الماء بالبخر في أوقات معينة من السنة وتماثل في ذلك الزواحف. ويرجع ذلك إلى وجود طبقة كثيفة من الخلايا الملونة **Chromatophores** على الجلد كما في حالة الضفدع الأفريقي **Chiromants** الذي يعيش في السافانا الأفريقية وهي سهول قليلة الأشجار، وقد تعزى النفاذية المنخفضة إلى وجود غشاء دهني يتم إفرازه على سطح الجلد كما في حالة الضفدع من جنس **Phyllomedusa** الذي يقطن جنوب أمريكا.

تتميز الزواحف بجلد سميك مغطى بحراشف قرنية يمكنها من الاحتفاظ بأكبر قدر من الماء في أجسامها، لأنه قليل الغدد بالمقارنة بجلود البرمائيات والطيور والثدييات، كما أنه نسبيا غير منفذ للماء، مما يحد كثيرا من فقد الماء من خلاله عن طريق البخر.

والضب ***Uromastyx microlepis*** من السحالي كبيرة الحجم التي تنتشر بكثرة في الكويت، ورأسه الكبير شبيه برأس السلحفاة، وذيله القصير غليظ ومغطى بحلقات من الحراشف الشوكية الكبيرة. وكثيرا ما يشاهد الضب وهو يتشمس عند مدخل الجحر الحلزوني العميق. وهو يعد مثالاً بارزاً للقدرة على تنظيم حرارة الجسم عن طريق تغيير لون الجلد. فالضب يستطيع أن يغير لونه بسرعة من اللون

الرمادي الداكن إلى اللون الأصفر الفاتح، تبعا لاحتياجات جسمه من الحرارة، فاللون الأول يمتص الحرارة مما يساعد على تدفية الجسم، في حين أن اللون الأصفر يعكسها، ولذلك فإن اللون الداكن هو اللون المألوف للضب في الشتاء. وقد يظهر هذا اللون أيضا في الصيف ساعة خروج الضب من جحره عند الفجر، ولكنه سرعان ما يتبدل إلى اللون الفاتح عندما ترتفع درجة حرارة الحيوان.

ولريش الطيور وشعر الثدييات أهمية بالغة في التنظيم الحراري والاتزان المائي لهذه المجموعات. ويتميز ريش الطيور الصحراوية بقدرته على حجب الإشعاع الشمسي الشديد، لكنه لا يمنع فقد الحرارة بالاشعاع والحمل. في الليالي شديدة البرودة يخفض الطائر ريشه حتى يلتصق بجسمه فتحجز طبقة من الهواء العازل بين الجلد والريش فيكتسب هذا الهواء درجة حرارة الجسم مما يمنع فقد الحرارة عن طريق الإشعاع وبهذه الطريقة تقلل من فقد حرارة جسمها. أما عند ارتفاع درجات الحرارة في النهار تعمل بعض الطيور على انتصاب ريشها مما يسمح بمرور تيارات هوائية تعمل على تبريد أجسامها دون الحاجة إلى أن تفقد مياه من خلال التعرق.

ولقد تمت دراسة دور الشعر الذي يغطي جسم الثدييات. فالجلد العاري للحيوانات يعتبر مثاليا لفقد الحرارة بالإشعاع والحمل والتوصيل ولكنه لا يمكنه من حجب الإشعاع الشمسي أثناء النهار كما انه لا يشكل عازلاً يمنع فقد الجسم لحرارته أثناء الليل. والحل الوسط المثالي هو وجود غطاء قصير ولامع كما هو موجود في نوع من الظباء والأبقار الأفريقية. ويوفر الشعر لجمال الصحراء حالة وسطية بين حجب الحرارة وتسهيل فقدان الحرارة.

يفقد الماء من خلال جلد الثدييات بصورة عالية عن طريق التعرق النشط والذي يعتبر أحد وسائل تبريد جسم الحيوان. فلو كان جلد الثدييات مغطى بواسطة طبقة عازلة من الهواء تحت إهاب من صوف سميك فإن فائدة التعرق يمكن أن تنخفض بدرجة كبيرة، ولهذا السبب فإن الثدييات التي تعتمد بقوه على التعرق يجب أن يكون لديها شعر قصير أو لا يوجد.

(ج) لون الحيوان Animal color

اللون في الحيوان يخدم وظيفة التخفي أو المماتنة، والتمويه والاتصال بين الحيوانات أو تحويل أو تعديل الأثر الإشعاعي الحراري على جسم الحيوان فألوان التمويه متطورة ومتقدمة على وجه الخصوص في كثير من حيوانات الصحراء. وذلك لقلة أو لخلو الغطاء النباتي الذي يمكن أن يوفر مخبأ يحتمي به الحيوان. فهناك أنواع معينة من السحالي والحيات وأفراخ الطيور ذات الأعشاش الأرضية تعمل على الخداع والتمويه بدرجة عالية حيث تكون ألوانها خليط من ألوان التربة الرملية، وعلى النقيض من ذلك فبعض الحيوانات الصحراوية النهارية كالخنافس لونها مطلي بالأسود وتظهر واضحة في الوسط الرملي.

وهناك علاقة وطيدة بين اللون والحرارة البيولوجية للحيوان. فالألوان الفاتحة للحيوانات سوف تعكس الكثير من الحرارة بينما الحيوانات القاتمة سوف تمتص الأكثر من الحرارة.

وهناك أنواع من الخنافس القاتمة في صحراء سونارا تظهر تغير في اللون بصورة واضحة، وذلك عندما تتعرض إلى مستويات مختلفة من الرطوبة النسبية فتأخذ اللون الأزرق الباهت عند تعرضها إلى درجة رطوبة نسبية منخفضة. بينما يتغير اللون بشكل حاد إلى اللون الأسود القاتم عند تعرضها إلى رطوبة عالية.

هنالك أنواع من القواقع في صحراء النقب لديها صدفة بيضاء طباشيرية تعكس أكثر من 90٪ من الضوء المرئي و95٪ من الأشعة تحت الحمراء القريبة. هذه الخاصية من غير شك من الأهمية في تقليل درجة الحرارة لأنسجة جسم القوقع عند السبات الصيفي الذي قد يطول ليصل إلى عام كامل على سطح رمال الصحراء الساخنة.

وهناك مثال آخر وهو حيوان الحرباء ***Chamaeleo namaqensis*** التي تأخذ اللون الفاتح جدا لكي تعكس الإشعاع الشديد أثناء عبورها التربة الساخنة في المناطق القاحلة من جنوب أفريقيا. بينما في الصباح الباكر وفي المساء يتحول لونها إلى الأسود لتكتسب حرارة بسرعة، وتحافظ على درجة حرارة الجسم في المستوى الأفضل للنشاط الحيوي لأطول وقت ممكن.

ويمتص جلد الماعز الأسود الذي يعيش في البادية حرارة 1.8 مرة أسرع من الماعز الأبيض. ويبدو أن الأهمية لاختيار البدو الماعز الأسود في الصحراء أن لديها معدل أيضي منخفض عن الماعز الأبيض بمقدار 25٪ أثناء الشتاء حيث يندر الغذاء.

الفصل الثالث
البيئات الصحراوية في الكويت وخصائصها
Desert Environments in Kuwait and their Characteristics

أولاً: الموقع الجغرافي

تقع دولة الكويت في أقصى الشمال الغربي للخليج العربي بين دائرتي عرض (N 30° 05َ، 28° 30َ) شمال خط الإستواء، وبين خطى طول (E 48° 30َ، 46° 33َ) شرق خط جرينتش، حيث تبلغ مساحتها حوالي 17818 كم2 (شكل 46). ويحدها العراق من جهة الشمال والشمال الغربي، والمملكة العربية السعودية من جهة الجنوب والجنوب الغربي، والخليج العربي من جهة الشرق. تضم دولة الكويت تسع جزر وهي من الشمال إلى الجنوب: وربة، بوبيان، مسكان، فيلكا، عوهه، أم النمل، قاروه، كبر، أم المرادم. أما جزيرة الشويخ فقد تم ردم المنطقة التي تصل بينها وبين الساحل فأصبحت جزءاً من اليابسة.

شكل 46: خريطة دولة الكويت

وتضم أهم المعالم الجغرافية لسطح الأرض: وادي الباطن الذي يمتد على طول الحدود الغربية مع العراق، ووادي أم الرمم، ومرتفعات جال الزور بطول 80كم من شمال شرق الأطراف إلى بحرة وشمال جون الكويت (شكل 47). ويبلغ أقصى ارتفاع لجال الزور حوالي 145م. هذا بالإضافة إلى العديد من الأودية والمسطحات الطينية في شمال شرق البلاد، والسهول الحصوية في المناطق الداخلية والتي يكسوها غطاء نباتي ضئيل مكون من الأعشاب والشجيرات.

شكل 47: مرتفعات جال الزور – شمال شرق الكويت.

يبلغ طول السواحل بما في ذلك الجزر حوالي 500 كم تقريباً. ويتباين خط الساحل في شكله وتضاريسه وطبيعة رواسبه، ويمكن تقسيم المنطقة الساحلية إلى منطقتين رئيسيتين هما: المنطقة الشمالية وتمتد من رأس الأرض إلى أم قصر وسواحل جزيرتى وربة وبوبيان شمالا، والمنطقة الجنوبية وتمتد من رأس الأرض إلى النويصيب جنوبا، ويعتبر جون الكويت من أهم معالم المنطقة الشمالية، أما منطقة الخيران وما يوجد بها من مسطحات طينية وسبخية فهي من أهم معالم المناطق الجنوبية.

وتتأثر البيئة البحرية بالموقع الجغرافي لدولة الكويت في الركن الشمالي الغربي

للخليج العربي والمجاور لشط العرب. فقد أثر تدفق مياه شط العرب إلى الخليج على الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه الخليج إضافة إلى طبيعة الرواسب الطينية التي تميز جون الكويت وحول جزيرتي وربة وبوبيان. كما تتواجد المسطحات الطينية على السواحل الجنوبية على شكل منظومة من الأخوار والبحيرات بمنطقة الخيران بالقرب من الحدود الجنوبية وتضم خور المفتح وخور العمى حيث تمتد لعدة كيلومترات داخل اليابسة وهي تمثل البيئات ذات الملوحة العالية فتصل 75 جزء في الألف في الأجزاء الداخلية و40 جزء في الألف عند مدخل الخور. وتتدرج طبيعة التربة القاعية للأخوار من رملية عند المدخل ثم رملية طينية ثم طينية إلى الداخل. وتتراوح ملوحة مياه الخليج ما بين 39 جزء في الألف في مياه الجنوب و42 جزء في الألف في مياه شمال جون الكويت. ويعتبر تعكر المياه في جون الكويت والمنطقة الشمالية أعلى نسبياً من المنطقة الجنوبية.

ثانياً: الظروف المناخية

تقع دولة الكويت ضمن الأقاليم شبه المدارية التي تتميز بدفء نسبي وتساقط الأمطار شتاءً وحرارة مرتفعة صيفاً كثيراً ما تتجاوز 50 درجة مئوية. لذلك يوصف مناخ الكويت بالمناخ القاري. وهناك اختلافات واضحة في درجات الحرارة سواء كانت اليومية أو الفصلية، مما يجعل المدى الحراري اليومي والفصلي كبيرا. أما الأمطار فكميتها قليلة تختلف من سنة إلى أخرى، ويبلغ المتوسط السنوي للمطر حوالي 114مم. أما الرياح السائدة فهي الشمالية وبصفة خاصة الشمالية الغربية فلها طبيعتها خاصة من حيث درجة حراراتها ونشاطها الواضح في تشكيل سطح الأرض. وتعتبر الرياح الموسمية المثيرة للغبار والعواصف الرملية من الظواهر الطبيعية المتكررة في دولة الكويت خاصة في أشهر الصيف. ومن الملاحظ أن تعاقب عدة سنوات مطيرة بمعدلات أعلى من المتوسط السنوي للأمطار تؤدي إلى حدوث السيول والجريان السطحي، لكنها في نفس الوقت تحد بدرجة كبيرة من عمليات الانجراف الريحى للتربة، ومن ثم العواصف الرملية والترابية، حيث تتسبب الكميات الكبيرة من الأمطار في زيادة كثافة النباتات الموسمية (الحولية)

مما يزيد من تثبيت التربة الرملية التي تسود معظم مناطق الكويت. أما قلة الأمطار وعدم انتظام كميتها من عام إلى آخر، وسيادة الجفاف لفترات طويلة مع سيادة الرياح الشمالية الغربية الجافة فيؤدي ذلك إلى تفتت التربة، وانتقال حبيباتها، وانتشار العواصف الرملية والترابية.

ولموقع الكويت الجغرافي إلى الجنوب من السهل الفيضي (Flood Plain) لأرض الرافدين أثر كبير على عدد من السمات السائدة بالبيئة الصحراوية. حيث تقوم الرياح الشمالية الغربية السائدة خلال فصل الصيف بنقل الحبيبات الدقيقة من التربة المفككة بهذا السهل في اتجاه دولة الكويت، مشكلة بذلك العواصف الرملية والعواصف التربية وفرشات الرمال الزاحفة.

وتتأثر الكويت بالخليج العربي والمحيط الهندي، غير أن هذا التأثير محدود نظراً لأن الرياح السائدة في الكويت تهب من الاتجاه الشمالي الغربي، ويظهر أثر هذه المسطحات المائية عندما تهب الرياح أحيانا من الاتجاهات الشرقية أو الجنوبية الشرقية، حيث تزداد في هذه الحالة نسبة الرطوبة، وتنخفض درجة الحرارة نسبيا خلال النهار في الصيف.

وسوف نعرض بشيء من التفصيل لما يتميز به مناخ الكويت من حيث عوامل المطر ودرجات الحرارة والرياح.

1 - الأمطار

كما هو الحال في الأقاليم الصحراوية فإن الأمطار في الكويت تتميز بقلتها وتفاوتها في الزمان والمكان. وتنتمي أمطار الكويت إلى نوعين رئيسيين هما: المطر الإعصاري (Cyclonic Rain) وهي الأمطار التي تسببها المنخفضات الجوية الغربية، وغالبا ما تسقط هذه الأمطار خلال شهور ديسمبر، ويناير، وفبراير، وتغطي معظم أنحاء الكويت.

أما النوع الثاني فهو أمطار التصعيد (Convectional Rain) أو الأمطار الرعدية التي ترتبط بحالات عدم الاستقرار، والتي تنشا نتيجة لتسخين الهواء عند سطح الأرض وارتفاعه إلى أعلى، مما يؤدي إلى تشكيل سحب قد يصل سمكها وكثافتها

إلى حد يكفي لتكوين عواصف رعدية، وتعرف هذه العواصف محليا بالسرايات. وتهطل هذه الأمطار أحيانا خلال شهري أكتوبر ونوفمبر وفي نهاية موسم الأمطار في مارس وأبريل ومايو.

وتتراوح كمية الأمطار السنوية بين 30مم و240 مم، وخلال الفترة من 1962 و1995 جاء توزيع الأمطار السنوية على النحو التالي: أربع سنوات قلت فيها كمية الأمطار السنوية عن 50 مم، وثلاث عشرة سنة تراوحت فيها كمية الأمطار بين 50 و100 مم، وإحدى عشرة سنة تراوحت فيها كمية الأمطار بين100 و150 مم، وأربع سنوات تراوحت فيها كمية الأمطار بين 150 و200 مم، وسنتان فقط زادت فيهما كمية الأمطار عن 200 مم.

2 – درجة الحرارة

يمتاز مناخ الكويت بفصلين رئيسيين، صيف طويل حار جاف، وشتاء قصير محدود المطر دافي نسبيا. وفي فصل الصيف ترتفع درجة الحرارة ارتفاعاً كبيراً، حيث تبلغ أقصاها خلال شهري يوليو وأغسطس.فتتجاوز حاجز الخمسون درجة مئوية ويرجع ذلك إلى العديد من الأسباب أهمها: شدة الإشعاع الشمسي، وطول النهار، والهواء المداري القاري الحار القادم من الصحراء، وطبيعة سطح الأرض الرملية. ويؤدي ارتفاع درجات الحرارة خلال أشهر الصيف إلى زيادة معدلات البخر مما يساعد على انتشار السبخات بما عليها من قشرة ملحية، والسبخات مناطق منخفضة يقترب منسوب الماء الجوفي الضحل من أسطحها، وهي تنتشر في الأجزاء الساحلية وبعض المناطق الصحراوية. كما يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى جفاف التربة وتفككها مما يسهل في تذرية التربة، كما يؤثر ذلك سلبا في رطوبة التربة مما يسبب ذبول الغطاء النباتي. ويؤدي تزامن موسم الحرارة المرتفعة مع فترة هبوب الرياح الشمالية الغربية الشديدة السرعة إلى زيادة العواصف الرملية والعواصف الترابية وتكوين الفرشات الرملية الزاحفة.

ومع بداية الشتاء ينخفض متوسط درجات الحرارة ليصل إلى حوالي ٢٠ درجة مئوية بحلول منتصف شهر نوفمبر، و13 درجة مئوية في شهر يناير والذي يعد أبرد

شهور السنة في الكويت حيث تصل درجة الحرارة العظمى إلى 18 درجة مئوية، والصغرى إلى 8 درجات مئوية.

3 - الرياح

تسود الرياح الشمالية الغربية خلال أشهر الصيف، حيث تصل نسبتها إلى حوالي 60٪، وهي رياح نشطة شديدة الحرارة والجفاف وتسمى محليا (السموم). ويعود نشاط هذه الرياح إلى شدة انحدار الضغط الجوي بين الضغط المرتفع وراء الجهة المدارية على البحر المتوسط وجنوب أوروبا في الشمال، ومراكز الضغط المنخفض الممتدة على طول الجبهة بين المدارية في الجنوب. وهذه الجبهة تقع إلى الجنوب من الكويت بحوالي 800-600 كم. ويرجع جفاف الرياح الشمالية الغربية وحرها الشديد إلى طول المسافة التي تقطعها خلال الصحاري السعودية والأردنية والسورية ذات الرمال الساخنة (بفعل أشعة الشمس القوية) قبل أن تصل إلى الكويت. كما تكون التربة مفككه، ولهذا فإن أي نشاط في سرعة الرياح يؤدي إلى حدوث عواصف ترابية أو ما يعرف محليا باسم «الطوز». وتمتد فترة حدوث العواصف الترابية من شهر مايو إلى نهاية شهر سبتمبر. وتصل ذروتها في شهر يونيو ويوليو وأغسطس.

ومن العوامل البيئية التي تساهم في ظاهرة العواصف الترابية بالكويت ما يلي:

أ - وجود مواد رملية وطينية ناعمة مفككة وجافة على سطح أرض الكويت والمناطق المحيطة بها.

ب - هبوب رياح قوية يمكنها إثارة الأتربة والرمال ونقلها.

ج- قوة الإشعاع الشمسي التي تساعد على تفكك التربة.

د - ندرة الغطاء النباتي وبخاصة من الأشجار والشجيرات بمعظم الأراضي الصحراوية. حيث تؤدي شدة الجفاف وارتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف إلى اختفاء النباتات الحولية ودخول معظم النباتات المعمرة في

مرحلة السبات حيث يقل نشاطها الخضري إلى أدنى مستوياته، فيما عدا النباتات الملحية العصيرية التي تزين البيئات الساحلية باللون الأخضر مثل نباتات الهرم ***Zygophyllum qatarens*** والسويدة ***Suaeda vermiculata*** والقلمان ***Suaeda aegyptiaca*** والتليث ***Halocnemum strobilaceum***.

وفي فصل الشتاء تظل الرياح الشمالية الغربية هي السائدة، ولكن بسبب المنخفضات الجوية التي تتكون على البحر المتوسط والتي تتحرك نحو الكويت فإن ذلك يؤدي إلى هبوب الرياح من الجنوب الشرقي، والجنوب، والجنوب الغربي، مما يزيد نسبة الرياح التي تهب من هذه الاتجاهات في فصل الشتاء عنها في فصل الصيف، ولكنها تظل في مجموعها دون نسبة الرياح الشمالية الغربية بكثير.

وخلال أشهر الربيع والخريف تكون الرياح متقلبة السرعة والاتجاه، وتظل الرياح الشمالية الغربية هي السائدة ولكن تكثر الرياح الشمالية، ويتميز شهر مارس وأبريل بزيادة واضحة في نسب الرياح الجنوبية والجنوبية الشرقية، في حين يتميز شهر مايو إضافة إلى ذلك بزيادة ملحوظة في نسب الرياح التي تهب من الشرق.

ثالثاً: التضاريس «أشكال سطح الأرض Geomorphology»

تعتبر أرض الكويت صحراء منبسطة نسبياً، تنحدر تدريجيا من الغرب إلى الشرق حيث سواحلها على الخليج العربي، ومن أهم المظاهر التضاريسية تلال جال الزور والذي يصل ارتفاعها إلى حوالي 145 م فوق سطح البحر، وضلع الأحمدي (حوالي 137 م فوق سطح البحر)، وتلال واره والبرقان والقرين (وهي أقل في الارتفاع). وتوجد بشمال صحراء الكويت شبكة من الوديان الجافة التي نحتت في أثناء الفترات المطيرة، ومن أهمها تلك الوديان الموجودة بمنطقة الروضتين وأم العيش، ومن أكبر الوديان مساحة وطولا وعمقا وادي الباطن الذي يشكل جزءاً كبيراً من الحدود الشمالية الغربية للبلاد.

تعد الكثبان الرملية وفرشات الرمال والمنخفضات الصحراوية من الأشكال الأرضية المميزة لصحراء الكويت والناتجة عن عمليات التعرية بواسطة الرياح.

وتعد دراسة الأشكال الأرضية والعمليات المؤثرة فيها الركيزة الأساسية للفهم الحقيقي لطبيعة البئية الصحراوية بدولة الكويت والمدخل الأساسي لتنميتها وتطويرها.

ومن المعروف جيولوجياً أن الجزيرة العربية كان يغمرها البحر في العصور الجيولوجية القديمة، لذا فقد ترسبت فوقها صخور جيرية ورملية طينية، وفي مرحلة لاحقة وبسبب بعض الحركات الأرضية ظهرت هذه الصخور فوق سطح البحر وتعرضت لتأثير الظروف القارية لفترات زمنية طويلة مثل النحت بالرياح، وفعل المياه الجارية ونتج عن الأخير تكوين فرشات الصلبوخ بالأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من البلاد بواسطة مياه السيول التي كانت تنشأ في الأجزاء الغربية من الجزيرة العربية وتنتهي بدولة الكويت. أما السهول الفيضية التي يجري فيها شط العرب والأنهار المتصلة به مثل قارون والكرخة ودجلة والفرات فتعد أحد أهم مصادر الرمال التي تشكلت منها الكثبان الرملية السائدة بالأجزاء الشمالية الغربية من دولة الكويت.

وتعد التجوية من العمليات الجيومورفولوجية التي تؤدي إلى تفكك وتحلل الصخور وتكون التربة. وتقسم التجوية إلى تجوية فيزيائية (ميكانيكية) وتجوية كيميائية. ونظراً للظروف الجفافية لدولة الكويت، فإن عملية التجوية الميكانيكية تسود فيها. أما التجوية الكيميائية فنشاطها محدود ومرتبط بالمناطق الساحلية حيث ترتفع نسبة الرطوبة، وكذلك في الداخل في أثناء فصل الشتاء وسقوط الأمطار. تتميز صحراء دولة الكويت بعدد من الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن نشاط الرياح منها ما هو ناتج عن عمليات التذرية مثل الأرصفة الصحراوية، والمنخفضات، ومنها ما هو ناتج عن عمليات الترسيب مثل ظلال الرمال، والغطائات الرملية، ورواسب الوديان، والكثبان الرملية.

1 - الأرصفة الصحراوية (Desert pavements)

تغطي الأرصفة الصحراوية مساحات كبيرة في الأجزاء الشمالية من الكويت، وهي عبارة عن الأراضي المستوية المغطاة بالمفتتات الخشنة كالحصى والأحجار

(شكل 48). وقد تشكلت هذه الأرصفة بواسطة التذرية وهي عملية يتم فيها نقل (Deflation) الحبيبات الخفيفة والدقيقة كالطين والغرين والرمال الناعمة أما الرمال المتوسطة الحجم والخشنة والحصى فلا تستطيع الرياح حملها، ولكن تحركها بواسطة عملية الجر والسحب، مما يؤدي إلى بقائها على السطح، لتشكل غلاله واقية تحمي ما تحتها من رواسب دقيقة من تذرية الرياح.

شكل 48: نموذج للأرصفة الصحراوية – شمال الكويت.

2 – منخفضات التذرية

تنتشر هذه المنخفضات في مناطق مختلفة بالكويت، ويعد منخفض أم الرمم من أهم الأشكال الأرضية التي كان للرياح دور كبير في تذرية أرضيته. ويقع هذا المنخفض شمال غرب حافة جال الزور، ويتكون من جزء شمالي عمقة حوالي 27م وآخر جنوبي عمقة 24م، ويفصل بينهما منطقة عنق ضيقة ومرتفعة نسبيا. كما

توجد متخفضات التذرية في السهل الساحلي الجنوبي بمنطقة الضباعية، حيث نحتت في رواسب السباخ، ولا تزيد أعماقها عن 50 سم عن مستوى سطح الأرض. ويشكل مستوى الماء الجوفي الضحل مستوى القاعدة لنحت هذه المنخفضات.

3 – ظلال الرمال

عبارة عن تجمعات رملية تتكون عند حافات الهضاب العالية في منصرف الرياح، وتتشكل نتيجة لهبوب الرياح النشطة المحملة بالرمال على سطح الهضبة من اتجاه ثابت، وحين تصل إلى حافة الهضبة تلقي جزءاً من حمولتها في المنطقة المحمية من هبوب الرياح خلف الجرف القائم، فتظهر على شكل أشرطة من الرمال. كذلك تطلق ظاهرة ظلال الرمال على التراكمات الرملية حول العوائق التي تواجه الرياح المحملة بالرمال (شكل 49).

شكل 49: ظلال الرمال المتكونة على منحدرات جال الزور – شمال شرق الكويت.

4 - الغطاءات الرملية Sand Sheets

وتطلق على السهول المستوية التي تغطيها الرمال؛ وتنتشر في مناطق كثيرة من الكويت وبخاصة تلك الممتدة بين الهويملية بالجزء الشمالي الغربي من البلاد إلى الوفرة بأقصى الجزء الجنوبي الشرقي.

5 - رواسب الوديان Wadi Fill

هي الرواسب التي تلقيها الريح في الوديان نتيجة لاصطدامها بعائق، ومنها وديان حافة جال الزور، وكذلك في منطقة وادي الباطن، والأودية الجافة التي تنتشر في شمال الكويت وغربها.

6 - الكثبان الرملية Sand Dunes

تعتبر الكثبان الرملية من أهم الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بعمليات الترسيب في دولة الكويت، وتحدد الرياح السائدة أشكالها وأنماط حركتها. وتنقسم الكثبان الرملية في الكويت من حيث نشاطها إلى ثلاثة أنواع هي: الكثبان النشطة، والكثبان المقيدة، والكثبان الثابتة.

(أ) الكثبان النشطة Active Sand Dunes

هي الأشكال الرملية دائمة الحركة وترتبط عادة بنشاط وطبيعة الرياح السائدة، وفي الكويت تعمل الرياح السائدة التي تهب من الشمال الغربي على تشكيل هذه الكثبان والتي تأخذ الأشكال الهلالية التي تكاد تخلو من الغطاء النباتي الدائم، ويساعد على نشأة هذه الكثبان وجود رياح دائمة تهب من اتجاه واحد، وذات سرعة قادرة على حمل الرمال، ومصدر يمد الرياح بالرمال بشكل دائم، وسطوح مستوية قليلة التموج، تتكون من مفتتات غير قابلة للتعرية مثل الحصى والجلاميد، وسطوح تنتشر بها العوائق مثل الحشائش والنباتات التي تعمل بدورها على اصطياد الرمال القافزة مع الرياح.

وتنتشر الكثبان الرملية الهلالية في أم نقا وفي أم العيش وفي رأس الصبية

شمال الكويت وفي الأطراف شمال غرب الجهراء، وفي جنوب العبدلية، وكذلك في منطقة الهويملية بالأجزاء الشمالية الغربية من البلاد. ويختلف المعدل السنوي لحركة هذه الكثبان، فعلى سبيل المثال يصل إلى حوالي 8 أمتار للكثبان الكبيرة في أم النقا، و50 مترا لتلك الموجودة في أم العيش، بينما يصل معدل حركة الكثبان الصغيرة في الهويملية إلى 50 متراً في السنة.

ويعتقد أن الكثبان الهلالية في منطقة رأس الصبية حديثة التكون وقد تشكلت من خلال أربعة مراحل. في المرحلة الأولى: تتراكم الرواسب الرملية فوق أرضية مستوية خلف النباتات المتفرقة وبخاصة نبات الرمث (*Haloxylon salicornicum*) والذي يشكل حاجزاً أمام الرياح الشمالية الغربية المحملة بالرمال.

وفي المرحلة الثانية: تتجمع الرواسب الرملية والتي يتراوح ارتفاعها بين 80 و100 سم.

وفي المرحلة الثالثة: يستمر تراكم الرمال، وتتكون الكثبان القبابية المنفردة التي يتراوح ارتفاعها بين متر ومتر ونصف.

وفي المرحلة الرابعة: تبدأ الكثبان بعد ذلك بالتحرك مع اتجاه واحد فتعمل على زحزحة جانبي الكثيب بدرجة أسرع من الوسط، فتتخذ الكثبان شكلا هلاليا يسمى باسم الكثيب الهلالي أو البرخان، الذي يتميز بوجود طرفين أو قرنين له يمتدان مع اتجاه الرياح السائدة.

(ب) الكثبان المقيدة

هي الأشكال الرملية التي لا تقوى على الحركة بسب العوائق التي تتراكم حولها الرمال مما لا يساعد على تحريكها بواسطة الرياح. ويمكن تقسيم الكثبان المقيدة إلى النباك وهي مقيدة بيولوجياً، والكثبان الهابطة وهي مقيدة طبوغرافياً.

النباك Nabkas

مصطلح عربي الأصل، يطلق على التراكمات الرملية التي تشبة المثلث المتساوي الساقين، قاعدته مثبته بالنباتات وتقع في مهب الرياح، أما رأسه فيمتد مع اتجاه

الرياح السائدة. وتتشكل النباك في الكويت حول مجموعة من النباتات في السهول الساحلية الشمالية والجنوبية (شكل 50)، كما تنتشر أيضا في المنخفضات الموجودة في أقصى الجنوب الشرقي للكويت، والتي تمتد من النويصيب إلى الوفرة، وعلى طول الحدود مع المملكة العربية السعودية. وتغطي السباخ قيعان هذه المنخفضات التي ينمو عليها نبات الغردق، فتساعد بدورها على تراكم الرمال خلف الشجيرات ومن ثم يكون تشكيل النباك.

وتختلف النباك في أحجامها ودرجة تطورها من مكان إلى آخر رغم أنها قد تتشكل حول نوع واحد من النباتات. وتعود هذه الاختلافات إلى تغيرات محلية مرتبطة بنظام هبوب الرياح، وكمية الرمال المتوافرة، وعمق ونوعية المياه الجوفية القريبة من سطح التربة، وكذلك مورفولوجية النباتات المنتشرة في المنطقة. واعتماداً على أحجام النباك المنفردة يمكن تقسيمها إلى نباك كبيرة ومتوسطة وصغيرة، وتنمو الكبيرة حول نبات الغردق، ويصل ارتفاعها إلى نحو ثلاثة أمتار وعرضها يزيد عن 5 أمتار، أما طولها فيزيد عن 8 أمتار، وتنتشر النباك المتوسطة حول نبات الرمث والعوسج، وهذه النباك يصل ارتفاعها إلى حوالي 1.8 متراً، وعرضها حوالي 2.7 متراً، أما طو لها فلا يزيد عن 5 أمتار، أما النباك الصغيرة فتشكل حول نباتات مثل الهرم والثمام وغيرها من النباتات، ولا يزيد ارتفاعها عن 0.7 متر وعرضها حوالي 1.5 متر، كما يصل طولها إلى حوالي 3 أمتار.

وتتحكم المسافات بين النباتات ودرجة تراكم الرمال في مورفولوجية النباك، حيث يمكن التعرف على نوعين من النباك هما: البسيط والمركب، يتشكل الأول حول نبتة واحدة أو نباتات متفرقة، كما هو الحال مثلاً في النباك التي تنمو حول نبات الغردق الذي يبتعد عن بعضه مسافة تصل إلى ثلاثة أمتار، أما في حالة النباك المركبة فإنها تنموحول النباتات القريبة من بعضها، والتي تتراوح المسافات بينها من 0,3 إلى 1,7 متراً.

شكل 50: نباك تكونت حول شجيرات الغرقد في البيئات الساحلية الشمالية لدولة الكويت

الكثبان الهابطة Falling dunes

تعطي هذه الكثبان منظرا جميلا للمناطق التي تمتد فيها المنحدرات الجنوبية لحافة جال الزور، وعلى المنحدرات الشمالية الغربية لمنخفض أم الرمم. وهذه الكثبان ذات أشكال وأطوال مختلفة، فتصل درجة انحدارها بين 25 و32 درجة في الجزء الذي يمتد بعكس اتجاه الرياح، ويصل طول بعض هذه الكثبان على سفوح جال الزور إلى حوالي 150 مترا، ومتوسط عرضها إلى حوالي 50 مترا، وبشكل عام فإن هذه الكثبان تنتشر في الأودية القاطعة لحافة جال الزور، وخصوصا في المنطقة الواقعة بين المطلاع وبحرة التي تمتد إلى مسافة تبلغ حوالي 40 كم. وفي الأجزاء العليا لهذه الأودية، تهب الرياح في ممرات ضيقة، فتؤدي إلى زيادة نشاط عملية التذرية وبقاء المفتتات كبيرة الحجم، أما المفتتات الناعمة فإنها تتراكم على شكل كثبان وظلال للرمال. وتؤدي الأمطار الإعصارية الغزيرة إلى تحريك بعض مفتتات هذه الكثبان من المناطق المرتفعة إلى حضيض جال الزور.

(ج) الكثبان الثابتة Stabilized dunes

هي الكثبان عديمة الحركة، ويعود ذلك إما إلى التحام الحبيبات الرملية بمواد لاحمة، أو إلى نمو غطاء نباتي كثيف بعد أن تكونت هذه الكثبان، فيحد من حركتها، وتظهر هذه الكثبان الرملية في الكويت على شكل حواجز رملية ثابته وكثبان هلالية ساحلية.

الحواجز الرملية الثابتة Stabilized Sandy Ridges

وجدت هذه الأشكال الأرضية الناتجة عن إرساب الرياح في مناطق شاسعة في الجزء الجنوبي الشرقي للكويت، من شرق البرقان إلى منطقة الوفرة، وتتكون من أجسام رملية كبيرة يتراوح عرضها بين 300 إلى 500 متر، وارتفاعها بين 8 إلى 12 مترا فوق سطح الأرض، وتغطيها النباتات الكثيفة خصوصاً نبات الثندة، وتزداد كثافة هذه النباتات بالاتجاه نحو الساحل حيث ترتفع نسبة الرطوبة، وكذلك مع اتجاه حركة المياه الجوفية، وتكسو هذه الحواجز الرملية الثابتة طبقة رقيقة من الرمال الخشنة والحصى، ويفصل بين هذه الحواجز منخفضات ذات خصائص جيومورفولوجية مختلفة تعمل بمثابة أحواض تصريف للمياه الجوفية الضحلة، وعادة تتحول قيعانها إلى مسطحات ملحية أوسباخ.

الكثبان الهلالية الساحلية Costal crescentic dunes

تنتشر هذه الكثبان في منطقة الضباعية في السهل الساحلي الجنوبي لمسافة 2 كم. ويصل عددها إلى سبعة كثبان تشكل جزءاً من جسم أبيض من الرمال البطروخية الناتجة عن بري الرياح للصخور الجيرية المكونة للجروف الساحلية. وتتجه هذه الكثبان من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقى، أي في اتجاه مواز للرياح السائدة.

رابعاً: أنواع الرواسب والتربة

1 - الرواسب:

يمكن تقسيم الرواسب الحديثة إلى رواسب صحراوية ورواسب ساحلية على النحو التالي:

(أ) الرواسب الصحراوية

تتميز البيئات الصحراوية برسوبيات من الرمل والحصى (الصلبوخ) تغطي الجزء الشمالي من صحراء الكويت، ورواسب رملية في الجزء الجنوبي. ويوجد أسفل الرواسب الرملية رواسب معظمها من الحجر الجيري مع طبقات رقيقة من الصوان.

تشمل الرواسب الصحراوية على نوعين هما:

- الرواسب النهرية (Fluvial Sediments) التي كونتها السيول، وهي عبارة عن خليط من الرمال والطين والحصى، تتجمع في الأجزاء المنخفضة من سطح الكويت كالخبرات والأودية.
- الرواسب الريحية الهوائية (Eolian Sediments) التي شكلتها الرياح، وهي تغطي مساحات كبيرة من الأجزاء الشمالية الغربية والجنوبية الشرقية من البلاد، حيث تشكل عددا من الظواهر الأرضية الرئيسية كالكثبان الرملية وفرشات (غطاءات) الرمال.

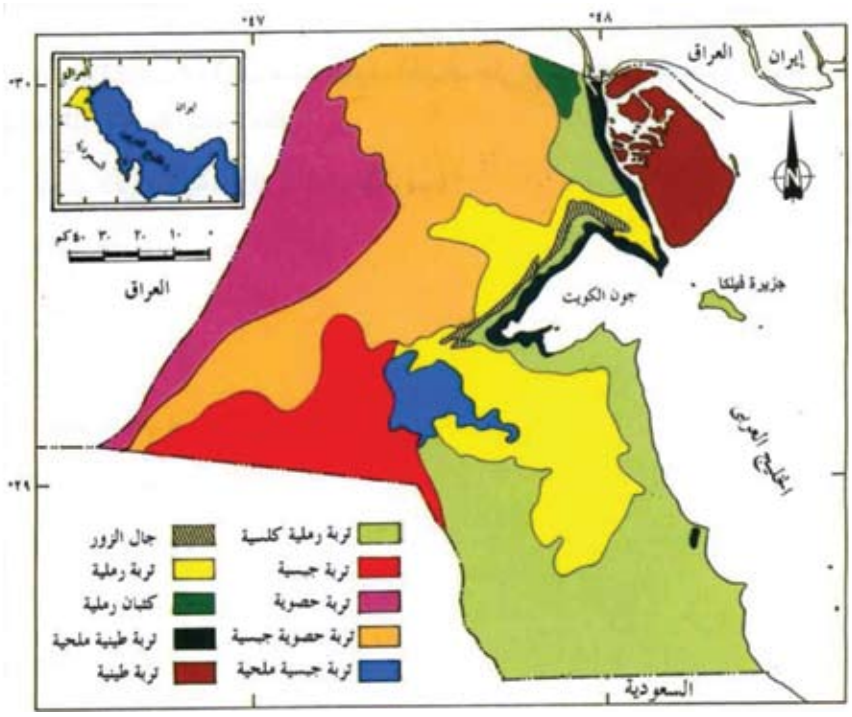
(ب) الرواسب الساحلية

وتنقسم الرواسب الساحلية إلى رواسب مفككة مثل الرمال الشاطئية والطين والغرين والسباخ، ورواسب متماسكة مثل الحجر الجيري، والأحجار الرملية، والأصداف المتماسكة بمواد جيرية لاصقة.

2 - أنواع التربة

يتراوح سمك التربة عادة من بضعة سنتيمترات إلى حوالي مترين. ويعزى تكوين التربة بدولة الكويت إلى عمليات التجوية والنقل والترسيب بواسطة السيول خلال العصور المطيرة السابقة التي كانت سائدة بالمنطقة قبل حقبة الجفاف الحالية حيث تشكلت التربة في عدة مناطق في الكويت من فتات صخري، قوامه الحصى الصغير والكبير (الصلبوخ)، والرمال، والغرين. وعند سيادة الجفاف تعاظم دور التجوية في تشكيل التربة، حيث تكونت التربة الرملية في مناطق كثيرة بدولة الكويت، وقد ساعدت ظروف الجفاف على تركيز الأملاح بالطبقة السطحية بالتربة نتيجة للبخر الشديد وقلة مياه الأمطار. وتنتشر في الكويت الأنواع الآتية من التربة: تربة رملية كلسية، وتربة جبسية، وتربة حصوية، وتربة حصوية جبسية، وتربة جبسية ملحية، وتربة صخرية (جال الزور)، وتربة رملية، وتربة طينية ملحية، وتربة طينية (شكل 51).

والتربة الرملية فقيرة إلى معظم المعادن والعناصر الأساسية اللازمة لنمو النباتات فضلا عن عدم قدرتها على الاحتفاظ بالماء لنفاذيتها العالية وقلة محتواها من المواد العضوية والطمي. ومن ناحية أخرى تتصف التربة بتواجد طبقة جيرية متماسكة تحت سطح التربة المفككة وعلى أعماق متفاوته لاتزيد عن مترين في معظم الأحوال، تعرف هذه الطبقة باسم الجتش وهي من المحددات الأساسية للتنمية الزراعية بالكويت حيث تمنع تصريف المياه وتعيق تغلغل جذور بعض النباتات في التربة.



شكل 51: أنواع التربة بدولة الكويت. «معهد الكويت للأبحاث العلمية 1993»

الفصل الرابع
التصحر وتدهور الأراضي الجافة
Desertification and Land Degradation in Arid Lands

تمهيد

يحتفل العالم سنويا في 17 يونيو باليوم العالمي لمكافحة التصحر، وذلك لأهمية تخفيف المعاناة البيئية والاجتماعية والصحية الناتجة عن التدهور المتزايد للأراضي في العالم. وبرزت كلمة التصحر في أحاديث التنمية الدولية منذ أصدرت الجمعية العامة للأمم المتحدة في ديسمبر 1974 قرارين: الأول دعوة إلى الدول عامة للاهتمام بدراسات التصحر والتعاون فيما بينها لتقصي ظواهره وتبين طرائق مكافحته. والثاني قرار بعقد مؤتمر دولي عن التصحر عام 1977 وقد عقد في نيروبى (كينيا) في الفتره من 29 أغسطس حتى 9 سبتمبر 1977. وبدت كلمة التصحر كبديل لمصطلحات سابقة مثل «زحف الصحراء» والذي يعبر عن جزء محدود من المشكلة لا يتجاوز 10٪، ويتمثل في زحف الكثبان الرملية.

أما مصطلح التصحرفيعبر عن الأراضي خارج نطاق الحدود الطبيعية للصحاري التي تتدهور وتفقد قدرتها على الإنتاج (محاصيل زراعية، كلأ وأعشاب المرعى، أخشاب وحطب الوقود). وبالتالي تتحول هذه الأراضي إلى ما يشبه الصحراء شحيحة الإنتاج. أي أن التصحر يصيب أراضي منتجة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وتعتبر الأراضي في النطاقات الجافة وشبه الجافة نظم بيئية هشة أي أن لها قدرة محدودة على استرجاع العافية إذا تعرضت للتدهور.

يعرف التصحر تبعاً لاتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر في 1992 بأنه «تدهور الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة وشبه الرطبة نتيجة عوامل مختلفة من أهمها التغيرات المناخية والأنشطة البشرية».

أولاً: الأراضي الجافة وأهميتها Types and importance of arid lands

تمثل الأراضي الجافة على مستوى العالم حوالي 41,3٪ من إجمالي مساحة اليابسة. وتقسم الأراضي الجافة إلى مناطق جافة، وشبه جافة، شبه رطبة جافة. وتتميز الأراضـي الجافة بأمطار قليلة ومتباعدة وغير منتظمة وغير متوقعة، واختلافات كبيرة في درجات الحرارة أثناء النهار وأثناء الليل، وتربة تحتوي على مكونات عضوية قليلة وتفتقر إلى المياه، ونباتات وحيوانات متأقلمة مع العوامل المناخية (تقاوم الجفاف وتتحمل الأملاح وتتحمل الحرارة وتستطيع التكيف مع نقص المياه).

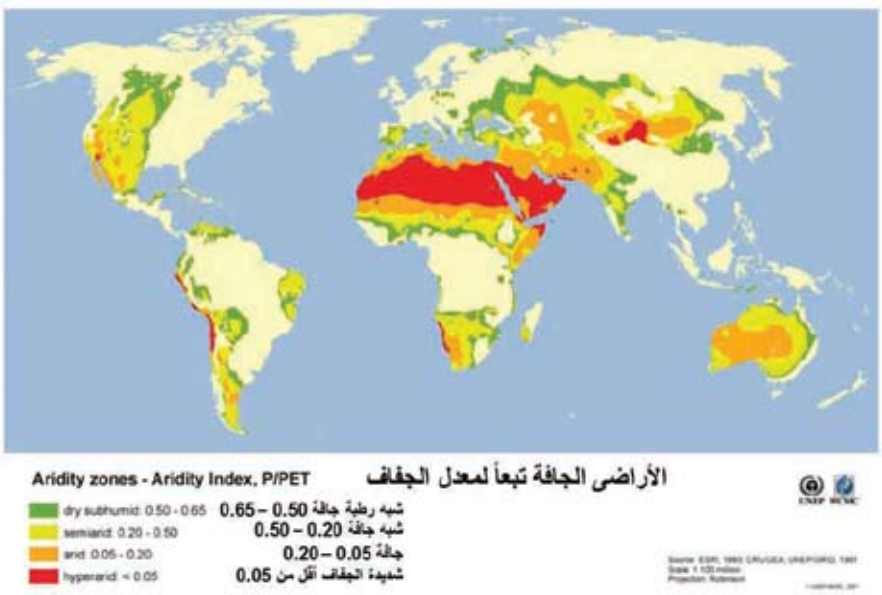
1 - معدل الجفاف

الجفاف صفة جغرافية لمناطق من العالم تكون فيها موارد الماء من الهطول أقل من كمية الماء التي يمكن أن تذهب بها قوى البخر والنتح. عندما تقل المياه المتساقطة عن كمية المياه التي يمكن أن يذهب بها البخر والنتح خلال أشهر السنة يكون الإقليم صحراء بالغة الجفاف. أما إذا تواجد فصل في العام (من شهر إلى 3 شهور) غير جاف أي يزيد فيه الهطول على البخر والنتح يكون الإقليم جافاً لأن البخر والنتح في أغلب شهور السنة أكبر من قدر الهطول.

تعبر النسبة بين كمية الهطول وكمية البخر والنتح عن معدل الجفاف. واعتمد برنامج الأمم المتحدة للبيئة على هذا المعدل في تصنيف أقاليم المناطق الجافة على نحو ما يبينه الجدول رقم 3، وتبين الخريطة في شكل رقم 52 توزيع هذه المناطق في العالم، وتشمل الصحراء الكبرى وصحاري كالاهاري وناميبيا في أفريقيا، وصحاري شبه الجزيرة العربية في آسيا، وصحاري أتكاما في أمريكا الجنوبية، والمناطق الجافة بالولايات الجنوبية والغربية للولايات المتحدة الأمريكية، والمناطق الجافة في أستراليا.

جدول رقم 3: التوزيع النسبي للأراضي الجافة
على أساس معدل الجفاف (الهطول/ البخر والنتج)

النطاق المناخي	معدل الجفاف	٪ من أراضي العالم	المساحة (مليون كم2)
شديد الجفاف (صحراء)	أقل من 0.05	6.6	9.8
جاف (شبه صحراء)	0.20 - 0.05	10.6	15.7
شبه جاف (مرج)	0.50 - 0.21	15.2	22.6
شبه رطب جاف (مرعى)	0.65 - 0.51	8.7	12.8



شكل 52: توزيع الأراضي الجافة بناءً على معدل الجفاف على مستوى العالم

2 - السكان وندرة المياه العذبة

يعيش معظم سكان الأراضي الجافة والبالغ عددهم 2.1 مليار نسمة في الدول النامية تحت خط الفقر وبدون كميات ملائمة من مياه الشرب. وتزداد الكثافة السكانية كلما قل الجفاف، حيث تتراوح الكثافة السكانية من 10 نسمة لكل كيلومتر مربع في الصحراء إلى 71 شخصا في المناطق شبه الرطبة (المراعي).

ويحتاج كل فرد إلى 2000 متراً مكعباً على الأقل من المياه سنوياً. ولا يحصل سكان الأراضي الجافة سوى على 1300 متراً مكعباً، ومن المتوقع أن تنخفض وفرة المياه. وتؤثر ندرة المياة على ما بين مليار إلى مليارين شخص، يعيش معظمهم في المناطق القاحلة. ووفقا لسيناريو تغير المناخ في عام 2030، فإن ما يقارب من نصف سكان العالم سوف يعانون من ندرة المياه. وفي بعض المناطق القاحلة وشبه القاحلة، سيتسبب ذلك في نزوح من 24 إلى 700 مليون شخص.

3 - استخدامات الأراضي الجافة

ويغلب على الأراضي الجافة استخدامات بشرية محددة منها أراضي المراعي (59٪)، وأراضي الزراعة (30٪)، والمناطق الحضرية (2٪) وهناك مناطق أخرى شديدة القحولة مثل أكثر الأماكن جفافاً في العالم مثل صحراء أتاكاما في شيلي وصحراء نامبيا في جنوب غرب أفريقيا بالإضافة إلى المناطق القطبية. ويتكون الغطاء الأرضي السائد في الأراضي الجافة من الشجيرات ثم المزارع والسفانا والسهول والأراضي العشبية والغابات والمناطق الحضرية.

وجرت العادة على استخدم الأراضي الجافة في رعي الماشية، إلا انها تُحول بصورة متزايدة إلى أراضي زراعية. وتوفر المراعي سبل العيش لـ 50 في المائة من الثروة الحيوانية، وموئلا للحياة البرية. وتربية الماشية هي الإنتاج السائد في المناطق الأكثر جفافا، في حين تسيطر الأراضي الزراعية على المناطق الجافة شبه الرطبة.

4 - التنوع الحيوي

لا تزال طبيعة الأنواع الموجودة في المناطق الجافة مجهولة، بسبب عدم وجود أي تقييم شامل حتى الآن. فثمانية في المائة من الأراضي الجافة محمية، بالمقارنة مع متوسط 10 في المائة في نظم بيئية أخرى. ويظهر تقييم الألفية تواجد 8 من 25 من المناطق الساخنة في العالم في المناطق القاحلة. وتلك مناطق تستوطنها 0.5 في المائة من الأنواع النباتية، إلا أن نسبة الفقدان البيولوجي تتجاوز نسبة 70 في المائة.

5 - الأراضي الجافة وتغير المناخ

تضطلع المناطق الجافة بدور حيوي في تنظيم المناخ على المستويين المحلي والعالمي. فاستخدام الأراضي يغير من انبعاثات غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي، وتحسن التربة يساعد في امتصاص الكربون الزائد في الغلاف الجوي. وتخزن المناطق القاحلة حوالي 46٪ من الكربون العالمي وتحتوي تربتها على 53٪ من كربون التراب الأرضي ونباتها على 14٪ من الكربون الحيوي في العالم. وتسهم ممارسات معالجة التربة - مثل تمهيدها وزراعتها واعادة استزراعها - في رفع مخزون التربة من الكربون. وهذه التقنيات هي جزء من أدوات التكنولوجيا المعروفة بمصطلح «الإدارة المستدامة للأراضي».

ثانياً - مفهوم التصحر Concept of desertification

يشمل مفهوم التصحر تدهور الأراضي في الأقاليم الثلاثة الجافة، وشبه الجافة، وشبه الرطبة الجافة نتيجة عوامل مختلفة منها الاختلافات المناخية مثل الجفاف أو الفيضانات، والأنشطة البشرية مثل الرعي الجائر والزراعة الجائرة وإزالة الغابات ونظم الري سيئة التخطيط.

وعندما تتردى الأراضي الجافة كثيراً ما ينتج عن ذلك ظروف شبه صحراوية. ويكمن وراء تردي الأراضي الجافة حدوث اضطرابات في الدورات البيولوجية التي تعتمد عليها الحياة فضلاً عن القضايا الاجتماعية والإنمائية. وتعاني تربة الأراضي المتردية من نقص القدرة على دعم نمو النبات مما ينتج عنه فقدان الحياة

النباتية والإنتاجية الاقتصادية، فالتصحر له آثار خطيرة على البيئة.

ويعتبر 24٪ من الأراضـي على مستوى العالم فـي تدهور، ويعتمد نحو 1.5 مليار شخص مباشرة على هذه المناطق المتدهورة. وما يقارب 20٪ من الأراضي المتدهورة هي أراضي زراعية، و20 إلى 25٪ منها هي مراعي. فـي أفريقيا تعتبر الصحراء الكبرى فـي الشمال وصحراء هضبة كالاهاري وصحاري نامبيا من الأراضي المتدهورة. وفـي آسيا تعتبر صحاري شبه الجزيرة العربية الربع الخالي ونجد والدهناء والنفود من أكبر المناطق بالغة الجفاف. وفـي أمريكا الجنوبية توجد صحاري أتكاما فـي شيلي، وفـي أمريكا الشمالية تمتد المناطق الجافة عبر الولايات الجنوبية الغربية للولايات المتحدة الأمريكية والمناطق الشمالية من المكسيك. وتغطي الأراضي الجافة الجزء الأكبر من الأقاليم القارية (الداخلية) من أستراليا.

ثالثاً: أسباب التصحر «تدهور الأراضي» Causes of desertification

تعتبر التغيرات المناخية والأنشطة البشرية من العوامل الرئيسية لحدوث التصحر. فالاختلافات المناخية مثل الجفاف، وانخفاض رطوبة التربة، وأنماط هطول الأمطار والتبخر، والفيضانات، والأنشطة البشرية مثل الرعي الجائر، والزراعة الجائرة، وإزالة الغابات ونظم الري سيئة التخطيط هي أسباب رئيسية لتدهور الأراضي.

1 - تعرية التربة Soil Erossion

يمكن تعريف تعرية التربة بأنها فقدان التربة بسبب انجراف حبيباتها بواسطة الرياح أو المياه. تعتبر تعرية التربة من العمليات الطبيعية التي تعمل على نقل الحبيبات من مكان لآخر، ولكن التأثيرات الإنسانية مثل الأنشطة الزراعية والتقطيع تزيد من هذه العملية وتحولها إلى مشكلة بيئية خطيرة.

- يعتبر الرعي الجائر، وحرث الأراضي بشكل عميق، وإزالة المحاصيل والبقايا النباتية من العمليات التي تؤدي إلى تعرية التربة وتعرضها للإنجراف بواسطة الرياح والمياه. ويؤدي ذلك إلى فقدان ملايين الأطنان من التربة.

- تؤدي إزالة الغابات وتقطيع الأخشاب أيضاً إلى تهديد مساحات من الأراضي لأخطار التعرية.
- أدت التأثيرات الإنسانية المتعلقة بإزالة الغطاء النباتي الطبيعي من مساحات شاسعة من الأراضي واستبدالها بزراعات موسمية مثل زراعة الحبوب والمحاصيل إلى تعرض التربة لأخطار التعرية والتصحر.

2 - الرعي الجائر Overgrazing

يمكن أن يحدث التصحر في أراضي الحشائش التي تتعرض للرعي الجائر بواسطة أعداد كبيرة جداً من الماشية والأغنام تفوق قدرة المراعي على الإمداد بالغذاء. ويؤدي ذلك إلى تعرية التربة وفقدان الطبقة السطحية الخصيبة من التربة. تـزداد هذه المشكلة فـي الأراضـي الجافة حيث يسرع المناخ الجـاف من عمليات التعرية وفقدان التربة وبالتالي إلى مزيد من التصحر. تعتبر مساحات شاسعة من أفريقيا وآسيا مهددة بأخطار التصحر.

3 - تملح التربة Soil Salinization

يحدث تملح التربة نتيجة لاستمرار عملية ري الأراضي بطريقة خاطئة. تذيب مياه الري العديد من أملاح التربة. عندما تتبخر مياه الري تبقى الأمـلاح فـي التربة. فـي الأراضي التي تحتوي على شبكة صرف جيدة تغسل هذه الأملاح مع مياه الصرف. أما الأراضي التي تفتقر لنظام صرف جيد فتظل الأملاح فـي التربة السطحية وتحدث مشكلة تملح التربة. كذلك يمكن أن تحدث مشكلة تملح التربة نتيجة ري الأراضي الزراعية بمياه ذات نسب ملوحة مرتفعة. تتأثر معظم النباتات بارتفاع ملوحة التربة مما يؤثر على نموها وإنتاجيتها.

4 - تلوث التربة Soil Pollution

يؤثر تلوث التربة على التـوازن البيئي ويسبب أضـرار بالغة فـي الصفات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للتربة ويؤثر على صحة الإنسان والكائنات

الحية الأخرى. ويحدث تلوث التربة نتيجة إضافة كميات هائلة من الملوثات وبخاصة المبيدات والمخصبات الزراعية، مما يؤدي إلى تدهور التربة وضعف قدرتها الإنتاجية.

تعتبر المبيدات **Pesticides** مركبات كيميائية مصنعة بغرض القضاء على الآفات. وتقسم المبيدات على حسب نوعية الآفات المستهدفة ومن أمثلة ذلك: مبيدات الحشائش، ومبيدات حشرية، ومبيدات فطرية، ومبيدات النيماتودا، ومبيدات القوارض. ولقد ساعدت المبيدات في التحكم في الحشرات الناقلة للأمراض المعدية التي تهدد حياة الإنسان مثل مرض الملاريا. وساعدت أيضاً في التحكم في الآفات التي تقلل من الإنتاج الزراعي. كذلك ساعدت المخصبات (الأسمدة) الكيميائية على تعويض التربة ما تفقده من عناصر جراء النشاط الزراعي المتكرر مما يسمح باستمرار زراعتها.

على الرغم من هذه الفوائد إلا أن التأثيرات الضارة للملوثات الكيميائية «المبيدات والمخصبات غير العضوية» أصبحت مهددة لصحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى وملوثة للبيئة بشكل متسارع، ومن هذه التأثيرات الضارة ما يلي:

- تؤدي هذه الملوثات إلى تدمير الشبكة الغذائية في النظام البيئي، وتقلل من تنوع الكائنات الحية في التربة، وفي النهاية تدمير لجودة التربة.
- العديد من المبيدات والمخصبات غير العضوية مواد سامة للإنسان والحيوانات والكائنات الحية الأخرى وبخاصة إذا انتقلت هذه الملوثات من التربة إلى النباتات التي يتغذى عليها الإنسان بصورة مباشرة أو غير مباشرة.
- تزداد خطر هذه الملوثات إذا انتقلت إلى الهواء أو مصادر المياه » مثل: الترع، والأنهار، والبحيرات، والمياه جوفية ».
- يتسبب العديد من المبيدات والمخصبات الكيميائية في كثير من الأمراض وبخاصة الأمراض السرطانية، وأمراض نقص النمو.
- العديد من المبيدات لم تختبر تأثيراتها الضارة على صحة الإنسان وبخاصة على المدى الطويل.

رابعاً - الآثار المترتبة على التصحر Effects of desertification

يُهدد التصحر سبل عيش أكثر من مليار شخص، يقيمون في 100 بلد. وهؤلاء، وهم الأكثر فقرا وتهميشا، يعيشون في المناطق الأكثر ضعفا والأكثر تضررا من التصحر. ويعاني السكان في الأراضي المتدهورة من الآتي:

- تقلص إنتاج الغذاء وعدم خصوبة التربة وانخفاض المرونة الطبيعية للأرض.
- زيادة الفيضانات وانخفاض جودة المياه والترسبات في الأنهار والبحيرات وامتلاء الخزانات وقنوات الملاحة بالطمي.
- تفاقم المشاكل الصحية المرتبطة بالأتربة التي تحملها الرياح وتشمل التهابات العيون وأمراض الجهاز التنفسي والحساسية والضغط العصبي.
- فقدان سبل العيش مما يرغم المجموعات المتضررة على الهجرة.

خامساً: مكافحة التصحر وحماية الأراضي الجافة

How to combat desertification and protect arid lands

يعتبر منع الأراضي الجافة من التردي أكثر جدوى اقتصاديا من محاولة استعادة الأرض التي تعرضت للتعرية. فعلى سبيل المثال نحتاج إلى 500 سنة حتى يتكون 2.5 سنتيمتر من التربة ولكن تدمير هذه الطبقة لا يستغرق سوى بضع سنين. وبالرغم من شدة درجة تردي الأراضي، لا يعني ذلك بالضرورة بقاء الحال على ما هو عليه إذ من الممكن استعادة الأراضي المتردية من خلال الممارسات الزراعية الجيدة على سبيل المثال. ومن أجل الحفاظ على إنتاجية التربة، يجب انتهاج ممارسات مستدامة طويلة المدى.

إن مكافحة التصحر وتعزيز التنمية شديد الارتباط بالأهمية الاجتماعية والاقتصادية للموارد الطبيعية. فعندما يعيش الناس في ظروف الفقر، لا يوجد أمامهم العديد من الخيارات فيضطرون إلى الاستغلال الجائر للأرض. هذه هي الحلقة المفرغة التي تسعى الاتفاقيات الدولية لمكافحة التصحر إلى كسرها من خلال عملها.

الإدارة المستدامة للأراضي

تساعد تطبيقات ممارسات الإدارة المستدامة للأرض في مكافحة التصحر واستعادة واعادة تأهيل الأراضي، والمياه والتربة والغطاء النباتي. وتشير الإدارة المستدامة للأراضي إلى استخدام متعدد الوظائف للأرض، على عكس الاستخدام الأحادي للأراضي. وقد تبين أن تطبيق الإدارة المستدامة للأراضي يزيد من غلة المحاصيل بنسبة تتراوح بين 30 و170 في المائة. ويمكن أن تنتج الأراضي المفقودة 20 مليون طن من الحبوب سنويا.

يستطيع الغطاء النباتي الطبيعي مقاومة الجفاف والظروف البيئية القاسية وبذلك يعمل على تثبيت التربة والمحافظة عليها. في حين أن المزروعات المختلفة لا تستطيع ذلك وبمجرد حصد المحصول تترك التربة لأخطار التعرية بواسطة الرياح أو المياه.

أبرزت دراسة للمعهد الدولي لبحوث السياسات الغذائية لعام 2009 حدوث ترميم للغابات على نطاق واسع في مناطق مكتظة بالسكان ببوركينا فاسو والنيجر بفضل أنشطة ترميم ذات تكلفة منخفضة قام بها المزارعون.

ومن الحلول المقترحة لمكافحة التصحر وإدارة الأراضي المتدهورة ما يلي:

1 – زراعة الأشجار كمصدات للرياح حول الأراضي الزراعية للتقليل من التعرية.

2 – استخدام الري بالتنقيط للحفاظ على الموارد المائية وتوجيه الماء مباشرة للنباتات.

3 – في حالة ري الأراضي الزراعية بالغمر يجب إنشاء نظام صرف جيد للحد من مشكلة التملح.

4 – منع أو تقليل ملوثات التربة، من خلال التقليل من المخصبات غير العضوية والمبيدات. وتشجيع استخدام المخصبات العضوية «روث الحيوانات، والمخصبات النباتية Composting». واستخدام المبيدات العضوية والمكافحة الحيوية لمقاومة الآفات.

المكافحة «المقاومة» الحيوية

المكافحة الحيوية هي التحكم في الآفات من خلال استخدام المفترسات أو الأعداء الطبيعية لهذه الآفات. مثال على ذلك: استخدام حشرة أسد المن (شكل 53) في مقاومة حشرات المن التي تصيب العديد من الحاصلات الزراعية، حيث تلتهم حشرة أسد المن ما يقرب من 50 إلى 75 من الآفات الحشرية في اليوم.

شكل 53: حشرة أسد المن Ladybug.

سادساً: التصحر في الوطن العربي

Desertification in Arab Countries

تشير الدراسات إلى تعرض الموارد الأرضية في الوطن العربي إلى الاستنزاف نتيجة لتراجع الغطاء النباتي والرعي الجائر وتدهور التربة وتعريتها وارتفاع نسبة الملوحة في التربة وتدهور المياه الجوفية كماً ونوعاً. كذلك تتعرض الشواطئ والبيئات الساحلية لضغوطات متزايدة نتيجة للتوسع في الأنشطة الحضرية والصناعية، وعمليات استكشاف وتصدير النفط، وعمليات الردم والتجريف، والصيد الجائر، والسياحة غير الرشيدة، والزراعة، وتحلية مياه البحر.

1 - أسباب التصحر في الوطن العربي

(أ) أسباب طبيعية وتشمل الظروف المناخية ومنها:

1 - تكرار فترات الجفاف، والتباين الكبير في كمية وتوزيع الهطول.
2 - سيادة الرياح القارية الجافة وما يصاحبها من عواصف رملية وترابية.
3 - الفرق الكبير في المدى الحراري اليومي.

(ب) أسباب بشرية وتشمل:

1 - الزيادة السكانية وما يصاحبها من زيادة استهلاك الموارد البيئية، والتوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية والرعوية والبيئات الصحراوية والساحلية.
2 - الرعي الجائر حيث أدى زيادة أعداد الحيوانات الرعوية بما يفوق القدرة الإنتاجية للمراعي الطبيعية إلى تدهور المراعي الطبيعية.
3 - الاحتطاب وتقطيع الأشجار والشجيرات من أجل الوقود والتدفية مما أدى إلى القضاء على كثير من الأشجار والنباتات الخشبية الطبيعية وتدهور البيئة.
4 - الممارسات الخاطئة أثناء التخييم في البر ويشمل إزالة الغطاء النباتي وعمل سواتر ترابية وحركة السيارات العشوائية خارج الطرق الرئيسية.
5 - تؤدي معظم هذه الأنشطة إلى تدهور وتجريف التربة وازدياد شدة وتكرار العواصف الترابية وزحفها نحو المناطق الزراعية والمنشآت المدنية والاقتصادية.

2 - جهود دول الوطن العربي في مكافحة التصحر

- إصدار التشريعات الخاصة بحماية البيئة والموارد الطبيعية.
- إنشاء المراكز البحثية المتخصصة في مجال مكافحة التصحر.
- الانضمام للاتفاقيات والمعاهدات الدولية في مجال مكافحة التصحر «اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر».

- تخطيط وتنفيذ عمليات تشجير مكثفة كمصدات للرياح وأحزمة خضراء حول المدن والحقول والطرق الرئيسية، وتثبيت الكثبان الرملية، وإنشاء الغابات.
- دعم التنمية الزراعية، واختيار نظم الري الحديثة تبعاً لنوعية التربة وملوحة المياه.
- تنظيم عمليات الرعي وإدارة المراعي.
- إقامة مناطق محمية ووضع القوانين الخاصة بتنميتها والمحافظة عليها.
- نشر الوعي البيئي ويهدف إلى تغيير سلوكيات الفرد والمجتمع تجاه البيئة. ومن أنشطة نشر الوعي البيئي ما يلي: تضمين التربية البيئية ضمن مناهج المراحل المختلفة من التعليم. برامج التوعية البيئية من دورات وورش عمل وحلقات نقاشية ولقاءات على المستوى الوطني والإقليمى. تكثيف جهود التوعية البيئية في المناسبات والأسابيع البيئية. تخصيص جوائز دورية لأفضل الأعمال البيئية.
- تشجيع البحث العلمي وإجراء الدراسات للتعرف على المشكلات البيئية التي تعاني منها المنطقة.
- تشجيع الجمعيات الأهلية في حماية البيئة.

سابعاً: التصحر في دولة الكويت Desertification in Kuwait

كما ذكرنا سابقاً بأن مفهوم التصحر أو تدهور الأراضي يعبر عن تردي الأراضي في المناطق الجافة الناجم عن عوامل مختلفة بما فيها التغيرات المناخية والنشاطات البشرية. تشير بعض الدراسات بتعرض ما يقرب من 80٪ من مساحة دولة الكويت لأخطار التصحر بدرجات متفاوتة. ويتعرض حوالي 17٪ من الأراضي الزراعية للتصحر بسبب تملح التربة وزحف الرمال، بينما بلغت نسبة التصحر في مقالع الصلبوخ المردومة 53٪، ونسبة التصحر في الحقول النفطية بلغت 10٪ بسبب البحيرات النفطية الناتجة عن الغزو العراقى. كذلك ادى الرعي الجائر إلى تدهور المراعي الطبيعية وتدهور الغطاء النباتي وفقدان التنوع البيولوجي (شكل 54)، في حين أن الاستخدامات الحضرية بلغت نسبة التصحر فيها 5٪ بسبب

مرادم النفايات. كذلك أدى الرعي الجائر والعشوائية في أنشطة التخييم إلى تدهور التربة وتعريتها وانجرافها حيث يؤدي ذلك إلى عدم السماح للنباتات بالنمو واستكمال دورة حياتها وتكوين الثمار مما يؤدي إلى حرمان انتشار النباتات على مدى الاعوام التالية.

شكل 54: الرعي الجائر في منطقتي الخيران والوفرة – جنوب الكويت.

وسوف نعرض بشيء من التفصيل لاثنين من المشكلات البيئية المتعلقة بتدهور الأراضي في دولة الكويت وهما الجريان السطحي وزحف الرمال حيث يعتبر كل منهما محصلة لمجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية المسببة للتصحر.

1 - الجريان السطحي Surface Runoff

يحدث الجريان السطحي بفعل سقوط أمطار غزيرة خلال ساعات قليلة، مما يؤدي إلى انجراف التربة، وتحرك الرواسب المفككة باتجاه الأراضي المنخفضة، وتكوين برك مائية ضخمة. ويحدث الجريان السطحي نتيجة لإنضغاط التربة وتصلب طبقتها الخارجية الذي يحدث مثلا بسبب حركة السيارات خارج الطرق، الرئيسية المعبدة. وتساعد قلة النباتات على سرعة جريان الماء، ومن ثم تقل الكمية المتسربة منه في التربة.

ولهذا الجريان السطحي آثاراً سيئة على المناطق الحضرية القريبة من المنحدارت، حيث يؤدي إلى حدوث خسائر شديدة في المساكن، وفي طرق المواصلات، وتعطيل حركة المرور. ويظهر أثر الجريان السطحي في الكويت في المناطق الآتية: مدينة الجهراء، ومنحدرات جال الزور، ومنحدرات الأحمدي- العدان، ووادي الباطن. ومن الآثار غير المباشرة للجريان السطحي على البيئة الطبيعية تدهور التربة الصحراوية وانجرافها، وكذلك تملح التربة في الأماكن المنخفضة التي تتجمع فيها المياه المتبقية، ثم بعد ذلك تتعرض للبخر فيؤدي ذلك إلى تراكم الأملاح في الطبقة السطحية للتربة.

وللحد من أخطار الجريان السطحي يجب عمل مايلي:

- اعـداد خـرائـط حديثة لمسـارات السيول، والقيام بتحليل جيومورفولوجي وهيدرولوجي للأودية المحيطة بالمناطق الحضرية.
- حماية الغطاء النباتي وذلك عن طريق التحكم والحد من الرعي الجائر، وكذلك منع السير العشوائي للسيارات على الطرق غير المعبدة.
- زراعة المناطق المعرضة للسيول بالأشجار والشجيرات البرية، لأن النباتات تعمل على منع التربة من الانجراف، كما تعمل أيضا على التخفيف من سرعة جريان المياه على المنحدرات.
- إقامة السدود والعوائق على المنحدرات للحد من سرعة الجريان السطحي ولزيادة نسبة التسرب الرأسي، وكذلك إقامة القنوات التحويلية لإبعاد المياه عن الأهداف الحيوية.

2 - ظاهرة زحف الرمال Sand Encroachment

تنشط ظاهرة زحف الرمال في دولة الكويت نتيجة لتضافر عدة عوامل طبيعية وبشرية منها:

- هبوب الرياح النشطة معظم أيام السنة وخصوصاً الرياح الشمالية، والشمالية الغربية، وذروتها في فصلي الربيع والصيف.
- ندرة سقوط الأمطار، وجفاف المنطقة لفترات زمنية طويلة.
- قلة الغطاء النباتي، واختلاف كميته من سنة إلى أخرى مما يساعد على نشاط الرياح في نقل المفتتات.
- توافر المفتتات السطحية على أرض الكويت، وكذلك قرب السهل الفيضي لنهري دجلة والفرات في جنوب العراق، يعملان على إمداد الرياح الشمالية والشمالية العربية بمفتتات دائمة المصدر.
- الرعي الجائر في مثلث الصليبية - المناقيش - القرين الذي يقع في مسار الرياح الشمالية الغربية النشطة الحاملة للرمال. مما يؤدي إلى تراكم الرمال حول مزارع الوفرة، وطريق ميناء عبدالله - الوفرة.
- إقامة المشروعات الحيوية في المسارات الطبيعية للرياح الحاملة للرمال مثل إقامة مشروع تربية الإبل والأغنام بمنطقة كبد والوفرة. إضافة إلى ذلك فإن عملية التخلص من الرمال المتراكمة حول بعض المنشآت ونقلها إلى مواقع عشوائية غير مدروسة يؤدي إلى تراكمها في مناطق جديدة.
- استخراج الحصى (الصلبوخ) في المناطق الشمالية الشمالية الغربية الواقعة في اتجاه الرياح السائدة ساعدت على توافر كميات كبيرة من المفتتات المكشوفة على السطح.
- كان للعمليات العسكرية التي صاحبت الغزو العراقى الغاشم على دولة الكويت وعمليات التحرير، وما ارتبط بهذه الفترة من حفر للخنادق وتفتيت للصخور، ثم عملية التخلص من المخلفات وإزالة الألغام والذخائر وتفجيرها آثار سلبية بالغة خاصة على الرواسب السطحية والغطاء النباتي.

وللحد من ظاهرة زحف الرمال يمكن اتخاذ إجراءات وقائية مثل:

إقامة مصدات الرياح بأنواعها المختلفة، وتساعد عمليات التشجير والأحزمة الخضراء، وكذلك حماية وتنمية الغطاء النباتي الطبيعي في الحد من زحف الرمال على المنشآت الحيوية.

ولعل التربية البيئية ورفع مستوى الوعي البيئي للأفراد يدفعهم إلى المحافظة والاهتمام بالبيئة، ويشمل ذلك تجنب الرعي الجائر في بعض المناطق، والمحافظة على النبات الطبيعي، وكذلك عدم إثارة الغبار بسبب إقامة الحواجز الرملية حول مخيمات الربيع التي تحمل مفتتاتها لتلقى بها بعد ذلك حول المنشآت المدنية والعسكرية.

جهود اللجنة الوطنية لمكافحة التصحر

وفي الوقت الحالي تعمل دولة الكويت ممثلة باللجنة الوطنية لمكافحة التصحر بالهيئة العامة للبيئة جاهدة للسيطرة على تدهور الأراضي واعداد كافة المتطلبات اللازمة لتأهيلها ومن بين إنجازات اللجنة اعدادها للبرنامج الوطني لمكافحة التصحر وإقامة الحلقات النقاشية والدورات التدريبية ودعم الكوادر الوطنية والتوسع في برامج الوعي البيئي والتواصل الدائم والمستمر مع المنظمات والهيئات المحلية والإقليمية والدولية.

ومن أهم المشاريع الجاري اعدادها للتنفيذ من خلال هذا البرنامج الوطني ما يلي:

- مراقبة حركة الرواسب الريحية «الرمال والغبار» وإعداد خطط الوقاية والتخفيف من الرمال الزاحفة والعواصف الغبارية.
- الرصد الدوري للتغيرات في خصائص التربة والغطاء النباتي والتنوع البيولوجي.
- اعداد قاعدة بيانات وخرائط حديثة عن تدهور الأراضي في الكويت.
- وضع خطط للإدارة المستدامة للأراضي وصيانة التربة من الانجراف والتعرية والتصلب والتملح.

- اعادة تأهيل المناطق الرعوية المتدهور، ومقالع الصلبوخ، والمرادم الصحية.
- إشـراك المواطنين فـي المشاريع التي تعدها الدولة لاعـادة تأهيل الأراضي المتدهورة بكافة أشكالها.
- نشر التوعية والتثقيف بهذه المشكلة البيئية وحماية الحياة الفطرية فـي الكويت.

الباب الثالث
التنوع البيولوجي
Biodiversity

الفصل الأول
مفاهيم التنوع البيولوجي وأهميته
Concepts and Importance of Biodiversity

تعريف التنوع البيولوجي

يقصد بالتنوع البيولوجي أو التنوع الحيوي تنوع الكائنات الحية في الطبيعة، ويشير هذا المفهوم إلى تنوع الأنواع، وكذلك تنوع النظم البيئية، وتنوع الصفات الوراثية داخل النوع الواحد.

وغالبا ما يفهم هذا التنوع في إطار التنوع النباتي والحيواني والكائنات الدقيقة. وحتى الآن تم وصف وتعريف ما يقرب من 1.75 مليون نوعاً من الكائنات الحية. ويتوقع علماء التصنيف بأن العدد الإجمالي للكائنات الحية على الأرض قد يتراوح ما بين 5 إلى 10 مليون نوعاً.

ويشمل التنوع البيولوجي أيضاً الاختلافات الوراثية في كل نوع، وتحدد الكروموسومات والجينات والحمض النووي DNA- وهي اللبنات الأساسية للحياة - ما يميز كل شخص وكل نوع.

وجانب آخر من جوانب التنوع البيولوجي هو تنوع النظم البيئية، مثل الصحاري والغابات والأراضي الرطبة والجبال والبحيرات والأنهار والمسطحات الزراعية. ففي كل نظام بيئي، تكون المخلوقات الحية، بما فيها البشر، مجتمعاً خاصاً بها، وتتفاعل مع بعضها، كما أنها تتفاعل مع الهواء والماء والتربة المحيطة بها.

أهمية التنوع البيولوجي

يوفر التنوع البيولوجي عدداً كبيراً من السلع والخدمات التي تقوم حياتنا عليها. فالموارد الحيوية هي الركائز التي نبني عليها الحضارات. وتدعم منتجات الطبيعة صناعات متنوعة مثل الزراعة ومستحضرات التجميل والمستحضرات الصيدلانية والورق والبستنة والبناء ومعالجة النفايات. وتهدد خسارة هذا التنوع البيولوجي

الإمدادات الغذائية، وفرص الاستجمام والسياحة، كما أنها تهدد مصادر الخشب والطب والطاقة. بالإضافة إلى أنها تتعارض مع وظائف بيئية أساسية.

وتشمل «السلع والخدمات» التي تقدمها النظم البيئية والتنوع البيولوجي:

- توفير الغذاء والوقود والألياف
- توفير المأوى ومواد البناء
- تنقية الهواء والماء
- إزالة السموم وتحيل النفايات
- استقرار مناخ الأرض واعتداله
- اعتدال الفيضانات والجفاف والتقلب الشديد في درجات الحرارة وقوى الرياح
- تخصيب التربة، بما في ذلك تدوير المغذيات
- تلقيح النباتات، بما في ذلك المحاصيل
- مكافحة الآفات والأمراض
- صيانة الموارد الوراثية كمدخلات رئيسية لتنوع المحاصيل والسلالات الحيوانية، والأدوية وغيرها من المنتجات
- الفوائد الثقافية والجمالية
- القدرة على التكيف مع التغيّر

هذه السلع والخدمات يمكن تقسيمها إلى خمسة عناوين رئيسية كما يلي:

1 - الأهمية التراثية والأخلاقية

يعتبر التنوع البيولوجي من المؤثرات البيئية في ثقافة الشعوب، ومصدراً رئيسياً لتنمية الذوق والإلهام والتدين. فمن الملاحظ تأثر ثقافات الشعوب بما تتميز به بيئاتهم من تنوع حيوي. ويظهر ذلك جلياً في أدبياتهم وأشعارهم وقصصهم حيث نجدها تذكر الكثير من الأمثلة النباتية والحيوانية وصفات كل منها. كذلك تتأثر سلوكيات الشعوب وعاداتهم بالتنوع البيولوجي فنجد مثلاً البيئات الرعوية لديها من العادات والتقاليد التي تنظم عمليات الرعي.

2 - أهمية الترفيه والتسلية والسياحة البيئية

يوفر التنوع البيولوجي للإنسان العديد من الخدمات التي تكسبه المتعة والتسليه والترفيه ومن ذلك التمتع بالمناظر الطبيعية وما تحتويه من كائنات حية، ومشاهدة الطيور، والتأمل في النباتات وتنوعها، والحيوانات وسلوكها، والغوص ومشاهدة الكائنات البحرية. لذلك تعتمد السياحة البيئية على ما تتميز به النظم البيئية من تنوع حيوي.

3 - الأهمية البيئية

كلما ازداد التنوع البيولوجي في النظام البيئي كلما أدى ذلك إلى نجاحه واستقراره وأدؤه لوظائفه. ومن الأهمية البيئية للتنوع البيولوجي ما يلي: التحكم في الفيضانات، وتثبيت التربة، ودوران العناصر، والحفاظ على توازن الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، وتنظيم المناخ.

4 - الأهمية المباشره

تظهر الأهمية المباشره للتنوع البيولوجي من خلال توفير عدد من المنتجات الاقتصادية وتشمل الغذاء، والدواء، والكساء، وأخشاب البناء والوقود، والمقاومة الحيوية. فكلما ازداد التنوع البيولوجي كلما ازدادت قدرة النظام البيئي على إمداد الإنسان باحتياجاته من هذه المنتجات.

5 - الدلائل الحيوية Biological indicators

من أهمية التنوع البيولوجي أن الكثير منها يمكن استخدامه كدلائل حيوية تدل على طبيعة أو ظروف البيئة المحيطة بها، ويكون ذلك إما بدليل وجودها أو غيابها أو شكلها أو وفرتها. فمثلاً تنمو نباتات من جنس أستراجالس ***Astragalus*** مرتبطة بالسيلينيوم، وهو معدن من المعادن الموجودة في التربة والتي تتواجد بصورة عامة في رسوبيات اليورانيوم أو قريبة منها. وهكذا تستخدم هذه النباتات للاستدلال على مكامن خام اليورانيوم. وقد دلت الدراسات على أن تواجد الصنوبر ***Pinus***،

والعرعر ***Juniperus*** فوق مصادر اليورانيوم يؤدي إلى احتواء أغصانها الهوائية على تراكيب عالية من اليورانيوم. ويمكن الاستدلال على ذلك عن طريق جمع كمية من الأوراق وحرقها وفحص رمادها، فإذا كانت النسبة جزئين بالمليون، فإن اليورانيوم قابل للاستغلال تجارياً.

ويعد وجود البكتريا القولونية ***E. coli*** (وهي من الكائنات الدقيقة التعايشية في أمعاء الإنسان والحيوان) في الماء دليلاً على تلوثه بالبراز. فإذا فاق عدد البكتريا المذكورة معايير معينة في بحيرة، تمنع السباحة فيها. وتستخدم أيضاً الطحالب لنفس الغرض، حيث تدل على التلوث بالمجاري العامة، الذي يؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication، فازدهار الطحلب الأخضر ***Chlorela*** يدل على التلوث. كما يدل نوع الأنابينا ***Anabaena*** وهو من البكتيريا الخضراء المزرقة على تلوث أكثر خطورة.

ويوجد الكثير من الأنواع النباتية، التي تدل على المناطق الجافة أو الرطبة أو المناطق الساحلية، وتدل بعض النباتات على أنواع التربة أو ملوحتها، وتدل أنواعاً أخرى على المناخ السائد في المنطقة.

وهناك طراز آخر من الدلائل الحيوية ارتبطت باضطرابات بشرية، مثل التلوث بأنواعه المختلفة، وتدمير البيئات الطبيعية نتيجة للأنشطة الحضرية والإنشائية المختلفة. بعض الكائنات الحية تظهر أعراض مرضية استجابة لملوثات هوائية معينة. مثلاً تدل علامات بين عروق أوراق البنفسج على تراكيز عالية من ثاني أكسيد الكبريت. كذلك يدل اختفاء الأشنات على التلوث الهوائي بنسب عالية من الكبريت. أشارت بعض الدراسات البيئية بدولة الكويت بأن زيادة كثافة نباتات مثل الهرم ***Zygophyllum qatarense***، والحاد ***Cornulaca aucheri***، والمليح ***Salsola imbricata*** في البيئات الساحلية يعتبر من الدلائل الحيوية على تعرض هذه البيئات للتدهور نتيجة للأنشطة الحضرية والإنشائية.

الفصل الثاني
العوامل المؤثرة على التنوع البيولوجي
Factors Affecting Biodiversity

يتأثر التنوع البيولوجي بالعديد من العوامل البيئية وتشمل العوامل الجغرافية وخصائص المناخ والتربة، والعلاقات التفاعلية بين الكائنات الحية مثل التنافس والافتـراس. كذلك يتأثر التنوع البيولوجي بالاضطرابات الطبيعية والبشرية. وسوف نعرض بشيء من التفصيل لتأثيرات هذه العوامل والاضطرابات على التنوع البيولوجي.

أولاً: تأثير العوامل الجغرافية الحيوية على التنوع البيولوجي للمجتمعات
Biogeographic factors affect community biodiversity

تختلف المجتمعات عن بعضها فـي عدد الأنـواع التي تتواجد فـي كل منها. يمكن تفسير ذلك من خلال عاملين رئيسيين مرتبطان بتنوع االمجتمعات من هذه الناحية، وهما الموقع الجغرافـي ومساحته. وقد أشار شارلز داروين والفريد واليس فـي منتصف القرن التاسع عشر إلى أن المناطق المدارية أكثر تنوعاً فـي النباتات والحيوانات عن المناطق الأخرى فـي العالم. ولاحظوا أيضاً أن الجزر الصغيرة المنعزلة تحتوي على أنواع من الكائنات أقل من التي تحتويها الجزر الكبيرة والقريبة من القارات. تدلل هذه الملاحظات على ارتباط التنوع البيولوجي وتنوعه مع التغير فـي الأنماط الجغرافية، مما يدلل على أهمية دراسة التدرج والتباين فـي العوامل البيئية المختلفة والمصاحبة لكل نمط جغرافـي وتأثيره فـي التنوع البيولوجي.

1 - تأثير المناطق الجغرافية على التنوع البيولوجي

تحتوي المناطق المدارية **tropical regions** على عدد أكبر من الأنواع عن المناطق المعتدلة **temperate regions** أو المناطق القطبية **polar regions**. فـي إحدى الدراسات وجد أن عدد أنواع النمل وصل إلى 200 نوع فـي البرازيل، و73 فـي

ولاية أيوا، و7أنواع في ألاسكا. كذلك بالنسبة لأنواع الأشجار فيوجد حوالي 717 نوعاً من الأشجار في مساحة حوالي 6.6 هكتار (هكتار = 10 ألاف متر مربع) في ماليزيا، وحوالي 10 إلى 15 نوعاً من الأشجار في مساحة 2 هكتار في الغابات النفضية بولاية ميتشجان، وحوالي 50 نوعاً من الأشجار في كامل المناطق القطبية من غرب أوروبا وشمال الألب (حوالي 200 مليون كيلومتر مربع، ما يعادل 20 مليار هكتار). ويمكن أن نعتبر التنوع البيولوجي في المناطق الصحراوية الحارة أقل من المناطق المعتدلة وأكثر من المناطق القطبية.

يمكن أن يرجع تدرج وفرة الأنواع **Species Richness** ما بين المناطق المدارية والقطبية لاثنين من العوامل هما التطور التاريخي والمناخ. تعتبر مجتمعات المناطق المدارية بوجه عام أقدم من المناطق المعتدلة أو القطبية، ويعتبر موسم النمو في غابات المناطق المدارية أطول من مثيله في التندرا بحوالي خمس مرات. وبناءً عليه يمكن القول أن التطور التاريخي للأنواع في المناطق المدارية أسرع بخمس مرات عن المناطق القطبية. هذا بالإضافة أن مجتمعات المناطق المعتدلة والقطبية تعرضت لاضطرابات جليدية متكررة مما جعل هذه المجتمعات تبدأ مجدداً في بناء نفسها بعد كل حادثة من هذه الاضطرابات.

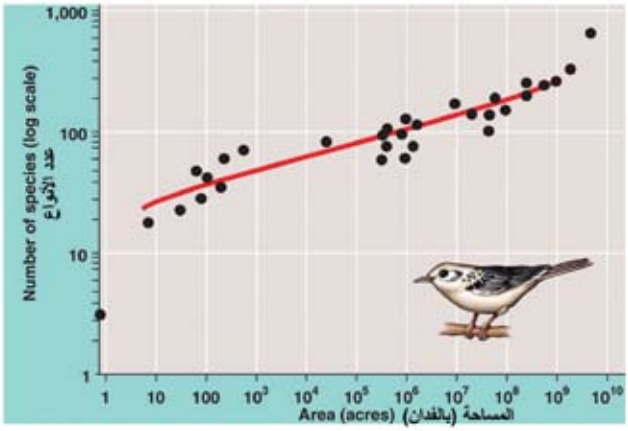
يعتبر المناخ هو السبب الرئيسي لتدرج التنوع البيولوجي عبر دوائر العرض. ومن أهم العوامل المناخية المؤثرة على التنوع البيولوجي هي الطاقة الشمسية وكمية المياه المتاحة. ويمكن قياس هذين العاملين من خلال قياس معدل التبخر النتحي **Evapotranspiration**. والمقصود بذلك بخار الماء الناتج من التربة، وبخار الماء الناتج من عملية النتح في النبات. ويعبر عن معدل التبخر النتحي بالميليمتر في العام أي بما يكافي مقياس المطر.

ومعدل التبخر النتحي الفعلي أو الحقيقي **Actual evapotranspiration** (والذى يعبر عن مقدار الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة والمياه المتاحة) أكثر في المناطق الحارة التي تزداد فيها كمية الأمطار عن المناطق الأقل في درجات الحرارة والأقل في كمية الهطول. ويعرف التبخر النتحي الفعلي بأنه كمية المياه الكلية المتبخرة من التربة والنباتات عندما تكون التربة في حالة رطوبتها الطبيعية. أما معدل التبخر

النتحي المحتمل أو الكامن **Potential evapotranspiration** (والذي يعبر عن الطاقة وليس الماء المتاح، ويقدر بكمية الأشعة الشمسية ودرجات الحرارة فقط) فيعتبر أكبر في المناطق التي يصلها أكبر كمية من أشعة الشمس والحرارة. ويعرف التبخر النتحي الكامن بأنه أقصى كمية للماء ممكن أن تتبخر في مناخ محدد من غطاء نباتي مستمر يغطي كامل الأرض ومغذىً جيداً بالماء. ترتبط وفرة الأنواع سواءً في النباتات أو الحيوانات بمعدل التبخر. في إحدى الدراسات في شمال أمريكا وجد أن وفرة أنواع الأشجار تزداد بزيادة معدل التبخر النتحي الفعلي، في حين تزداد الفقاريات بزيادة معدل التبخر النتحي الكامن.

2 - تأثير المساحة على التنوع البيولوجي

في 1807 وصف ألكسندر فون هامبولد **Alexander von Humboldt** أحد الأنماط الأولى للتنوع البيولوجي والتي عرفت بمنحنى الأنواع والمساحة **species-area curve**، والذي يوصف ما هو ظاهر بطريقة كمية. فعند ثبات بقية العوامل، نجد أن كلما زادت المساحة الجغرافية للمجتمع كلما زاد عدد الأنواع الممثلة في هذا المجتمع (شكل 55). فكلما زادت المساحة الجغرافية زاد التنوع في المواطن البيئية والمواطن الدقيقة **microhabitats** عن المناطق الأقل في المساحة. مثل هذه الدراسات تساعد في التنبؤ بنسبة فقدان الأنواع المحتملة في منطقة معينة وتأثير ذلك على التنوع البيولوجي للمجتمع.



شكل 55: منحنى الأنواع والمساحة لقارة أمريكا الشمالية
يوضح ارتباط زيادة أنواع الطيور مع زيادة المساحة الجغرافية.
(المصدر Campbell and Reece 2005)

3 - نموذج التوازن في الجزر Island Eqilibrium Model

نظراً لانعزالها عن بعضها وصغر مساحتها، تعتبر الجزر نموذجاً لدراسة تأثير عوامل الجغرافيا الحيوية على التنوع داخل المجتمعات. والجزر لا تشير فقط إلى اليابسة المحاطة بالمياه **Oceanic Islands**، ولكن أيضاً تعتبر المواطن المنعزلة المحاطة ببيئات مغايرة وغير ملائمة للأنواع التي توجد في تلك المواطن المنعزلة نوعاً أيضاً من الجزر**Habitat Islands**. ومن أمثلة ذلك البحيرات المحاطة باليابسة، ومناطق الغابات الصغيرة المنعزلة المحاطة بالنظم الحضرية أو الزراعية، وكذلك مناطق النباك المنعزلة في البيئات الصحراوية نظراً للاضطرابات البشرية.

في 1960 بدأ روبرت ماك أرثر وويلسون من علماء البيئة الأمريكيين في تطوير نموذج للجغرافيا الحيوية للجزر. وتم تعريف العوامل البيئية المؤثرة على التنوع البيولوجي للجزر، وكذلك على العلاقات التفاعلية بين الأنواع مما يؤثر في النهاية على معدلات الهجرة والانقراض. ويمكن وصف هذا النموذج في النقاط التالية:

- إذا افترضنا وجود جزر محيطية حديثة التكون تستقبل هجرات لبعض الأنواع من الأراضي التي تتواجد على مسافات بعيدة. في هذه الحالة هناك عاملين

يتحكمان في عدد الأنواع التي سوف تستوطن هذه الجزر هما معدل هجرة الأنواع إلى الجزيرة، ومعدل انقراض الأنواع على الجزيرة.

- هناك اثنين من العوامل البيئية تؤثر في معدل الهجرة ومعدل الانقراض وهما المساحة الجغرافية للجزيرة والمسافة التي تفصلها عن اليابسة. فالجزر الصغيرة سوف تستقبل معدلات هجرة أقل من الجزر الكبيرة لأن فرص وصول الأنواع المهاجرة مثل الطيور للجزر الصغيرة تكون قليلة مقارنة بفرص وصول الطيور المهاجرة للجزر الكبيرة. كذلك معدل الانقراض يزداد في الجزر الصغيرة وذلك لقلة مواردها مقارنة بالجزر الكبيرة.
- أما إذا كانت هناك جزر متقاربة في الحجم فإن أقربهم لليابسة سوف يستقبل هجرات بمعدل أكبر من الجزر التي تفصلها مسافات أطول عن اليابسة. كذلك تعتبر الجزر القريبة من اليابسة تتمتع بمعدل انقراض أقل من الجزر البعيدة. لأن استمرار الهجرات وزيادتها سوف يدعم الأنواع على الجزيرة ويقلل من فرص انقراضها.
- وفي أي فترة زمنية، يتأثر معدل الهجرة ومعدل الوفيات على الجزر أيضاً بالعدد الفعلي للأنواع المتواجدة. ومع زيادة عدد الأنواع على الجزيرة تتناقص معدلات الهجرة، وذلك لأن معظم الأفراد التي تصل إلى الجزيرة سوف تجد أفراد من نفس النوع قد سبقتها للجزيرة واستقرت بها. وفي نفس الوقت مع زيادة عدد الأنواع على الجزيرة فإن معدل الانقراض سوف يزداد نظراً لزيادة التنافس الإقصائي **competitive exclusion** بين الأنواع.

تمثيل معدل الهجرة والانقراض بيانياً بدلالة عدد الأنواع الموجودة على الجزيرة أدى إلى نموذج رياضى يعبر عن نموذج التوازن للجزر **island equilibrium model**، لأن الجزيرة سوف تصل في فترة ما إلى مرحلة الاتزان الذي يتساوى فيه معدل الهجرة مع معدل الانقراض. وعند الاتزان نجد أن عدد الأنواع يرتبط بعاملي حجم الجزيرة والمسافة التي تفصلها عن اليابسة. ومثل صور الاتزان البيئي الأخرى فإن هذا الاتزان في عدد الأنواع يتصف بالديناميكية بمعنى أن استمرارية الهجرة والانقراض مع مرور الزمن يمكن أن تؤدي إلى إحداث تغيرات في مكونات الأنواع على الجزيرة.

قام ماك أرثر وويلسون بدراسة التنوع النباتي والحيواني لكثير من سلاسل الجزر، مما يؤكد توقعهم بأن وفرة الأنواع تزداد بزيادة مساحة الجزيرة، ويدعم نظرية الأنـواع والمساحة **Species-area theory**. كذلك أكدت هـذه الدراسة انخفاض وفرة الأنواع بزيادة بعد الجزيرة عن اليابسة.

فـي العقود الماضية تعرض نموذج التوازن للجزر لمزيد من الدراسات أدت إلى أن التوقعات الخاصة بنموذج الاتـزان فيما يخص مكونات الأنـواع للمجتمعات على الجزر يمكن تطبيقها على حالات محددة وعلى فترات زمنية قصيرة، حيث الاستيطان **colonization** هو العملية الرئيسية المؤثرة على مكونات الأنواع **species composition**. أما على فترات زمنية طويلة، فإن الاضطرابات الطبيعية كالعواصف، والتغيرات التطورية التكيفية تغير من تركيبة وتكوين المجتمعات على الجزر. ولكن مما لا شك فيه فإن نموذج أرثر وويلسون قد شجع الكثير من الباحثين فـي دراسة العلاقة بين التنوع البيولوجي وحجم المواطن الأمر الذي يعتبر من الأهمية بمكان خاصة فـي مجال الصون البيولوجي.

ثانياً: تأثيرات العلاقات التفاعلية والاضطراب على التنوع البيولوجي

يعتقد الكثير من علماء البيئة أن مجتمعات الكائنات الحية توجد فـي حالة من الثبات أو الاتزان الطبيعي ما لم يؤثر عليها أنشطة إنسانية. يعتمد هذا الاتزان الطبيعي على العلاقات التفاعلية مثل التنافس التي تتحكم فـي تركيبة وثبات المجتمعات. ويشير مفهوم الاستقرار**Stability** ميل المجتمع للوصول والحفاظ على تركيب ثابت نسبياً فـي مواجهة الاضطرابات التي تواجهه.

على عكس الافتراض السابق، فمن الملاحظ أن السمة الغالبة فـي العديد من المجتمعات هي التغير وليس الثبات. وهذاالتفسير الجديد أدى إلى ما يعرف بنموذج عدم الاتـزان **nonequilibrium model** والذي يصف المجتمعات على أنها تتغير باستمرار بعد حدوث صدمات من الاضطرابات. وسوف نتناول تأثير الاضطرابات على مكونات وتركيب المجتمع.

تعريف الاضطراب Disturbance

يعرف الاضطراب على أنه حدث مثل العاصفة، أو الحريق، أو الفيضان، أو الجفاف، أو الرعي الجائر، أو الأنشطة البشرية والذي يؤدي إلى إحداث تغييرات في المجتمع، مما يؤدي إلى إزالة بعض أنواعه ويؤثر على وفرة موارده.

تتفاوت أنواع الاضطرابات وتكراريتها وتأثيراتها من مجتمع لأخر. ويعتبر أكثر الاضطرابات تأثيراً هي الاضطرابات الشديدة المتكررة، أما أقلها تأثيراً فتنتج من الاضطرابات الضعيفة قليلة التكرار. تؤثر العواصف في الكثير من المجتمعات الأرضية والبحرية. وتؤثر الحرائق على المجتمعات الأرضية. وتعتمد الكثير من الأقاليم على الحرائق المتكررة. وتؤثر العواصف الترابية والفيضانات والظروف الجفافية في المجتمعات الصحراوية.

يهتم علماء البيئة بدراسة تأثيرات الاضطراب على تكوين **composition** وتركيب **structure** المجتمعات. وعلى الرغم من أن مصطلح الاضطراب يعني تأثيرات سلبية على المجتمع، فإن هناك بعض الاضطرابات توفر فرصاً لأنواع لم تكن متواجدة سابقاً في المجتمع. فالاضطرابات المحدودة تحسن أحياناً من ظروف مساحات أو رقع بيئية **environmental patchiness** مما يؤدي إلى الحفاظ على التنوع البيولوجي. تدعم نتائج الدراسات البيئية الأرضية والمائية افتراض الاضطراب المتوسط **intermediate disturbance hypothesis**. والذي يفترض أن المستويات المتوسطة **moderate** من الاضطراب ممكن أن تحدث ظروف تعزز وجود تنوع أنواع أكثرمن المستويات الشديدة **high** أو المنخفضة **low** من الاضطراب. تقلل المستويات الشديدة من الاضطراب تنوع الأنواع من خلال خلق ضغوطات **stresses** بيئية تفوق قدرة تحمل العديد من الأنواع فتتعرض لتهديد الاستبعاد من المجتمع، أو تعرض المجتمع لتكرارية الإضطرابات الشديدة مما يبطئ استعمار أو نموالأنواع التي يتم استبعادها. وعلى النقيض من ذلك نجد أن المستويات المنحفضة من الاضطراب يمكن أن تقلل تنوع الأنواع من خلال إتاحة فرص تنافسية لأنواع سائدة لاستبعاد أنواع أقل في قدرتها التنافسية. أما المستويات المتوسطة من الاضطراب فتعزز زيادة التنوع من خلال اتاحة المواطن لأنواع قدرتها التنافسية أقل، لكن هذا الاضطراب

لم يحدث بعد تغيرات شديدة تتعدى تحمل أو معدل تعافي أنواع المجتمع.

تكرارية حدوث الاضطرابات الصغيرة يمكن أيضاً أن تمنع حدوث اضطرابات كبيرة. تعتبر حرائق الغابات المتكررة نموذج لذلك. فعلى سبيل المثال الغابات المخروطية تتميز بأشجار متشابكة من الصنوبريات بما يمنع وصول كمية مناسبة للضوء تشجع نمو أجيال جديدة من هذه الأشجار. وتعتمد مثل هذه الغابات على تكرارية حدوث الحرائق لتجدد نفسها. وتبقى المخاريط التي تحمل بذور الصنوبر مغلقة حتى تتعرض لدرجات حرارة عالية. ويؤدي حدوث الحريق إلى تدمير أشجار الصنوبر الأصلية وتفتح المخاريط وتحرر البذور. تنبت البذور بعد ذلك وينمو الجيل الجديد من أشجار الصنوبر معتمداً على العناصر الغذائية والمادة العضوية الناتجة عن حرق أشجار الصنوبر الأصلية، ومستخدماً الإضاءة المباشرة التي كانت محجوبة في الغابة القديمة قبل حدوث الحريق. عندما قاوم الإنسان هذه الحرائق لعقود وأطفأ الحرائق الصغيرة في مثل هذه الغابات أدى ذلك إلى بقاء أشجار الصنوبر القديمة وعدم إتاحة أي رقع لنموات جديدة من هذه الأشجار. ووصلت أعمار ثلث أشجار الصنوبر إلى حوالي 250 إلى 300 عام. وأصبحت الطاقة المختزنة في هذه الأشجار قابلة أكثر للإشتعال. ومع مرور الغابة بفترات جفافية أدى ذلك إلى حدوث حرائق مدمرة على نطاق واسع دمر معظم أجزاء الغابة. ولكن في العام التالي بدأت تظهر نموات جديدة في المناطق التي حرقت مما يدلل على قدرة المجتمعات على الاستجابة السريعة للأحداث الكارثية من الاضطرابات. مثل هذه الدرسات تؤيد فكرة عدم اتزان nonequilibrium معظم المجتمعات وأنها تتغير باستمرار نتيجة الاضطرابات الطبيعية والعمليات الداخلية المتعلقة بالنمو والتكاثر.

ثالثاً: الاضطرابات البشرية وفقدان التنوع البيولوجي
Human Disturbance and Biodiversity Loss

تعتبر الأنشطة البشرية من أكثر التهديدات لمجتمعات الكائنات الحية على مستوى العالم، لما لها من تأثيرات سلبية على تنوع الأنواع للمجتمعات. تشتمل

هذه التأثيرات على انقراض بعض الأنواع بالكلية، وتهديد البعض الآخر بأخطار الانقراض، وفقدان بعض من التنوع الوراثي للصفات داخل بعض الأنواع نتيجة لنقص عدد أفرادها أو البيئات التي تعيش فيها مما يعرضها لتهديدات الانقراض. ومن الكائنات الحية المهددة بالانقراض يوجد حوالي 24٪ من الثدييات (1130 نوع)، و12٪ من الطيور (1183 نوعاً). يؤدي نقص الأنواع إلى عواقب سيئة تؤثر على الحياة بصفة عامة وعلى الإنسان والأجيال القادمة بصفة خاصة.

فقد أدت التنمية الزراعية إلى اختفاء الأقاليم النباتية الطبيعية التي عرفت في الماضى مثل أراضي الحشائش والبرارى في شمال أمريكا. وأدت التنمية العمرانية إلى اختفاء البيئات الساحلية وبخاصة السبخات الملحية وما يميزها من مجتمعات في الساحل الغربي للخليج العربي. كذلك أدت الأنشطة الحضرية والصناعية والزراعية إلى إزالة أجزاء كبيرة من الغابات وما تبقى منها إلا رقع متناثرة منعزلة في مناطق كثيرة من الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا. ونتيجة لذلك استعمرت الشجيرات والحشائش هذه المناطق المهددة لعدة سنوات. الغابات المطيرة أيضاً في تراجع نتيجة التقطيع الجائر للأشجار للحصول على الأخشاب واستبدالها بأراضي زراعية أو مراعي. أدى العديد من عقود الرعي الجائر والاضطرابات الناتجة عن الأنشطة الزراعية في أجزاء كثيرة من قارة أفريقيا إلى تحويل كثير من أراضي الحشائش إلى أراضي جرداء.

ويمكن حصر أسباب تدهور التنوع البيولوجي الناتجة عن الأنشطة البشرية فيما يلي:

1 – تدهور وتجزئة البيئات والمواطن الطبيعية التي تعيش فيها الكائنات الحية

ينتج هذا التدهور والتجزئة للمواطن من الأنشطة الإنسانية مثل بناء المدن، شق الطرق، الأراضي الزراعية، المناطق السكنية والصناعية. يعتبر تدهور وتجزئة المواطن من أهم أسباب انقراض ونقص التنوع البيولوجي، وأن ما يقرب من 67٪ من الكائنات المهددة بالانقراض سببها تدهور وتجزئة المواطن الطبيعية.

2 - الاستهلاك الجائر «الاستنزاف» للأنواع الحية

من أمثلة ذلك: تقطيع الأشجار وإزالة الغابات، والتقطيع الجائر للنباتات الطبية، والصيد الجائر للعديد من الحيوانات مثل الأفيال للحصول على العاج، والنمور والثعالب والحيوانات الأخرى للحصول على الفراء والجلود، والحيتان والأسماك للحصول على الغذاء.

3 - التلوث بأنواعه

يؤدي التلوث إلى موت مباشر للعديد من النباتات والحيوانات، ويقلل من عدد افراد العشائر، ويلوث البيئات. من هذه الملوثات استخدام المبيدات، وتسرب البترول للمسطحات المائية، والهطول الحمضي، والتغيرات المناخية، ونقص تركيز الأوزون. إلقاء المخلفات والمواد الصلبة الغير قابلة للتحلل يؤدي إلى وفاة العديد من الكائنات البحرية.

تسارع معدل تدهور التنوع البيولوجي

ومن الملاحظ في الوقت الحالي هو تسارع حدة التأثيرات الناتجة عن الأنشطة البشرية، وتغيير البيئة الطبيعية للأرض، وتدمير التنوع البيولوجي بمعدل وحجم لم يسبق له مثيل في تاريخ البشرية. ونتيجة لذلك تواجه الحياة الاقتصادية والثقافية في عديد من المجتمعات تهديدات حقيقية. ويرجع تسارع معدل تدهور التنوع البيولوجي إلى ما يلي:

- تنامي الطلب على الموارد البيولوجية نتيجة لتزايد عدد السكان والتنمية الاقتصادية.
- عدم وجود سياسات واضحة وفعالة في مواجهة الإسراف في استخدام الموارد الطبيعية والبيولوجية.
- عدم وعي المواطنين والحكومات والنظام الاقتصادى في تقدير القيم الحقيقية الاقتصادية والاجتماعية للتنوع البيولوجي.

- عدم وجود خطط تنمية تعتمد على الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية والبيولوجية.

ويبقى السؤال، هل يمكننا الحفاظ على النظم البيئية للعالم، ومعها الأنواع التي نهتم لها، والملايين غيرها من الأنواع، التي قد تنتج بعضها غذاء الغد ودوائه؟ والجواب يكمن في قدرتنا على تحقيق مطالبنا بصورة تتماشى مع قدرة الطبيعة على انتاج ما نحتاج إليه واستيعاب مخلفاتنا استيعاباً مأموناً.

الفصل الثالث
الصون البيولوجي Biological Conservation

تعتبر التوعية البيئية، والتشريعات البيئية، وإنشاء المحميات الطبيعية، وتعزيز مفهوم التنمية المستدامة من الحلول المقترحة للحفاظ على البيئة والتنوع البيولوجي من تهديدات الأنشطة البشرية غير الرشيدة وبخاصة مخاطر التلوث. يحث الاسلام على الاستخدام الأمثل للموارد الطبيعية وحماية جميع أشكال الحياة على الأرض والمحافظة على مواطنها الطبيعية. قال الله عز وجل: (وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ) الأعراف 31، وقال عز وجل: (وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا ۚ ذَٰلِكُمْ خَيْرٌ لَكُمْ إِنْ كُنْتُمْ مُؤْمِنِينَ) الأعراف 85. ولعل أول درس إلهي للبشرية للحفاظ على التنوع البيولوجي هو ما أمر الله عز وجل عبده نوح عليه السلام بأن يحمل في فلكه من كل زوجين اثنين حتى لا يكون الطوفان سبباً لانقراض هذه الكائنات. قال الله عز وجل: (قُلْنَا احْمِلْ فِيهَا مِنْ كُلٍّ زَوْجَيْنِ اثْنَيْنِ) هود 41. سوف نتعرض في هذا الفصل للجهود المبذولة في مجال الصون البيولوجي والتي تهدف إلى حماية التنوع البيولوجي واعادة تأهيل البيئات المهددة.

أولاً: طرق صون التنوع البيولوجي Methods of Biodiversity Conservation

مع تنامي التأثيرات البشرية على الموارد الطبيعية يزداد الاحتياج لبرامج الصون التي تحمى تلك الموارد والتي تشتمل على التنوع البيولوجي. يعرف صون التنوع البيولوجي على أنه مجموعة من النظم والاستراتيجيات التي تهدف لحماية الكائنات الحية المهددة والأصول الوراثية، وعشائر ومجتمعات هذه الكائنات، وكذلك النظم البيئية التي تحتوي على هذه المجتمعات المهددة.

ويوجد نوعان رئيسيان من الصون البيولوجي هما:

الصون الموقعي *In Situ* Conservation،

والصون خارج الموقع *Ex Situ* Conservation.

1 - **الصون الموقعي *In Situ* Conservation**

يشتمل هذا النوع من الصون على الأنشطة التي تتم في المواطن الطبيعية التي تتواجد فيها الكائنات الحية سواءً داخل المحميات الطبيعية أو خارجها.

المحميات الطبيعية

مناطق محددة من الأرض «يابسة أو مياه» تعلن من خلال إصدار القوانين والتشريعات على أنها مناطق لحماية وتأهيل الموارد الطبيعية، والحياة البرية، والحياه البحرية، والأماكن الأثرية والتاريخية. تقسم المحميات إلى محميات برية ومحميات بحرية. وتعتبر المحميات الطبيعية من أهم الأنشطة المتعلقة بالصون. ما يقرب من 10٪ من مساحة اليابسة تعتبر من المحميات الطبيعية.

الأهداف العامة للمحميات الطبيعية

1 - المحافظة على توازن النظم البيئية الأرضية والبحرية.
2 - حماية الأنواع المهددة من الأحياء البرية والبحرية.
3 - الحفاظ على التراث الحضاري والتاريخي.
4 - التحكم في الأنشطة المؤثرة بالبيئة البرية والبحرية.
5 - رصد ومتابعة التغيرات البيئية.
6 - الاستثمار السياحي للمحميات الطبيعية.
7 - التنمية المستدامة للموارد الحيوية بالمحمية.
8 - تدريب وتأهيل الكفاءات على إدارة المحميات.
9 - تسهيل عملية البحث العلمي بالمحمية حيث تتوفر البيئة الطبيعية للكائنات الحية.

أنواع المحميات

تقسم المحميات الطبيعية تبعاً لنظام الإتحاد الدولي للمحافظة على الطبيعة (IUCN) إلى ست فيات وفقاً لأهداف الحماية وهي كالتالي:

(أ) مناطق الحماية الطبيعية Nature Area

هي مناطق لا تـزال تحتفظ بجاذبيتها ومميزاتها الطبيعية ويعزى تعرضها للتدهور غالباً لتأثيرات الإنسان. تتم حماية هذه المناطق للمحافظة على التنوع البيولوجي والسمات الجيولوجية. على أن تكون التأثيرات البشرية محدودة جداً. يعتبر هذا النوع من المحميات مناطق مرجعية للمراقبة والبحث العلمي.

(ب) المتنزهات الوطنية National Parks

هي مناطق محمية طبيعية أو شبه طبيعية، تم تحديدها لحماية التوازن البيئي وتنمية التنوع البيولوجي، والتشجيع على ترشيد الاستخدام، وكذلك لتحقيق الأهداف الثقافية والترفيهية.

(ج) المعالم الطبيعية الوطنية Natural Monuments

هي مناطق محمية تهدف لحماية معالم وطنية محددة، يتم زيارتها بأعداد كبيرة. تشتمل هذه المعالم على أحد السمات الجيولوجية، أو الأشكال الأرضية أو البحرية، أو بعض الأشجار والشجيرات القديمة. وهي عادة مناطق محدودة المساحة.

(د) مناطق تدار فيها المواطن والأنواع بفاعلية Habitat Species Management Areas

هي مناطق محمية تهدف إلى حماية أنواع معينة من الكائنات الحية، أو مواطن بيئية فـي أجزاء من النظام البيئي. تحتاج هذه المناطق إلى تدخلات إدارية منظمة لكي تلبي احتياجات أنواع محددة، والمحافظة على المواطن الطبيعية.

(هـ) محميات المشهد الطبيعي والمناطق البحرية Protected Landscape Seascape

تهدف إلى حماية ودعم مناطق ذات قيمة هامة من الناحية الطبيعية والبيولوجية والتراثية، وتشمل مناطق المناظر الطبيعية البرية والبحرية، ويرافق ذلك التفاعلات

مع الناس والتي تتمثل بالتقاليد والأعراف في التعامل مع الطبيعة وإدارة مواردها.

(و) محمية مع الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية Protected area with sustainable use of natural resources

مناطق محمية واسعة بشكل عام، تهدف إلى المحافظة على النظم البيئية والقيم الثقافية المرتبطة بها، ونظم إدارة الموارد الطبيعية التقليدية. كذلك تهدف إلى تشجيع الاستثمار والاستخدام المستدام للموارد الطبيعية.

2 - الصون خارج الموقع *Ex Situ* Conservation

يتضمن الصون خارج الموقع على أنشطة تهدف لحماية الكائنات الحية خارج المواطن الطبيعية التي تنمو فيها وتشتمل على: بنوك الجينات **Gene Banks**، والحدائق النباتية **Botanical Gardens**، وحدائق الحيوان **Zoo**.

(أ) بنوك الجينات Gene Banks

هي عبارة عن وسائل لحفظ المواد الوراثية الحيوانية والنباتية تحت درجات حرارة تجميد متفاوته لحين الاحتياج إليها. ومن ذلك بنوك الجينات النباتية التي تهتم بحفظ البذور النباتية. وهناك بنوك الجينات الحيوانية التي تهتم بحفظ الأمشاج الحيوانية «الحيوانات المنوية والبويضات».

(ب) الحدائق النباتية Botanical Gardens

تحتوي الحدائق النباتية على العديد من الأنواع النباتية وبخاصة النباتات المعمرة والخشبية وتعرف الحدائق النباتية التي تحتوي على تنوع من الأشجار بال **Arboretum**.

(ج) حدائق الحيوان Zoo

تحتوي حدائق الحيوان على تنوع من الحيوانات البرية والحيوانات الأخرى

المجلوبة من بيئات خارجية داخل مجموعة متنوعة من المسيجات.

ثانياً: التشريعات البيئية المتعلقة بصون التنوع البيولوجي

أدى إصدار التشريعات البيئية للحفاظ على الحياة البرية دوراً هاماً في صون الكائنات الحية وبخاصة المهددة بالانقراض. ومن هذه التشريعات الهامة الاتفاقيات الدولية الآتية:

1 - **اتفاقية السايتس CITES Convention**

وهي اتفاقية دولية تهتم بالتحكم في الاتجار الدولي للأنواع النباتية والحيوانية البرية المهددة بالانقراض. تعتبر هذه الاتفاقية بمثابة معاهدة بين الحكومات وتهدف إلى ضمان أن التجارة الدولية بالحيوانات والنباتات البرية لا تهدد بقاء تلك الكائنات على قيد الحياة. وتلتزم الدول الموقعة ببنود هذه الاتفاقية الدولية من خلال تبني تشريعات محلية مناسبة.

2 - **اتفاقية حماية التراث العالمي الثقافي والطبيعي The World Heritage Convention**

تجمع هذه الاتفاقية بين حماية التراث الثقافي والتراث الطبيعي في أداة واحدة. وقد ارتفع عدد مواقع التراث العالمي، منذ اعتماد الاتفاقية من قبل المؤتمر العام لمنظمة البونيسكو عام 1972، ليصل إلى 963 موقعاً مدرجاً بفضل القيمة العالمية المميزة لهذه المواقع الموزعة في 153 بلداً حول العالم.

3 - **الاتفاقية الدولية للحفاظ على الأراضي الرطبة Ramsar Convention**

تعتبر هذه الاتفاقية من أقدم الاتفاقيات في حماية البيئة والمتخصصة لحماية نظام بيئي خاص ألا وهو الأراضي الرطبة والتي تشمل المستنقعات والسبخات والبحيرات لما لها من أهمية عالمية للحياة البرية حيث تعتبر محطات في هجرة الطيور. وضعت هذه الاتفاقية سنة 1971م بمدينة رامسار الإيرانية ودخلت التنفيذ في سنة 1975م. وتهدف هذه الاتفاقية إلى ايقاف الزحف المطرد على الأراضي

الرطبة، وفقدانها في الحاضر وفي المستقبل والاعتراف بالوظائف البيئية الأساسية للأراضي الرطبة وقيمتها الاقتصادية والثقافية والعلمية والترفيهية. وينبغي على الدول الأعضاء تعيين أرض رطبة واحدة على الأقل لضمها إلى قائمة الأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية كما تضع في اعتبارها مسئوليتها الدولية إزاء حفظ السلالات المهاجرة من الطيور وأن تتعاون في مجال تبادل المعلومات وتدريب الموظفين بغية إدارة الأراضي الرطبة.

4 - الاتفاقية المتعلقة بالتنوع البيولوجي Convention on Biological Diversity CBD

تشمل الأهداف الأساسية لاتفاقية التنوع البيولوجي: الحفاظ على التنوع البيولوجي، والاستخدام المستدام لعناصر التنوع البيولوجي، والمشاركة في الفوائد الناتجة عن استخدام الموارد الجينية. وتلتزم الدول الموقعة على الاتفاقية بوضع اعتبارات التنوع البيولوجي في دائرة التخطيط الوطني وعمليات التنمية، وخلق سياسات وأطر عمل لدعم وتشجيع الحفاظ على التنوع البيولوجي، والاستخدام الأمثل للموارد البيولوجية.

5 - اتفاقية المحافظة على الحياة الفطرية ومواطنها الطبيعية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية «الإمارات العربية المتحدة، والبحرين، والمملكة العربية السعودية، وسلطنة عمان، وقطر، والكويت».

تهدف هذه الاتفاقية إلى المحافظة على الحياة الفطرية، والأنواع المهددة بالانقراض، ومواطنها الطبيعية واعادة تأهيلها، وضمان الاستغلال المستدام لها وذلك من خلال:

أ- سن وتطبيق وتطوير التشريعات والقوانين والأنظمة الملائمة.

ب- حماية وإدارة مساحات كافية من المواطن المناسبة للحياة الفطرية كمناطق محمية سواء كانت طبيعية أو غير طبيعية وذلك وفقاً للمعايير الدولية والتشريعات الوطنية.

ج- العمل على وقاية الحياة الفطرية وبيئاتها من كافة التهديدات، كالتلوث والتدهور

البيئي واتخاذ التدابير الكفيلة بمكافحتها والسيطرة عليها فور حدوثها لتقليل تأثيراتها.

د- اشتراط القيام بدراسات لتقييم الأثر البيئي لكافة المشاريع التنموية قبل البدء في تنفيذ هذه المشاريع وإيجاد آلية لمتابعة تنفيذ المقاييس والاشتراطات البيئية المعتمدة في كل دولة.

هـ- الاهتمام بالتعليم البيئي للتوعية بأهمية المحافظة على الحياة الفطرية ومواطنها الطبيعية والأبعاد الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لها.

و- العمل على نشر الوعي بأهمية المحافظة على الحياة الفطرية ومواطنها الطبيعية باستخدام وسائل الاعلام المختلفة.

ز- التعاون في مجال البحوث وتبادل الخبرات وتدريب الكوادر المتخصصة وإيجاد الحلول للمشكلات المشتركة المتعلقة بإدارة الموارد الطبيعية.

الفصل الرابع
التنوع البيولوجي في دولة الكويت
Biodiversity in Kuwait

يمكن تقسيم النظم البيئية بدولة الكويت إلى قسمين رئيسيين هما النظم البيئية الصحراوية وتغطي مالا يقل عن 90٪ من إجمالي مساحة الدولة، والنظم البيئية البحرية والساحلية. ونظراً للتباين الطبيعي في الأشكال الأرضية والسمات الجيومورفولوجية في هذه النظم البيئية ظهر العديد من الأنواع النباتية والحيوانية (جدول 4).

جدول 4: التنوع البيولوجي في دولة الكويت

التنوع البيولوجي البري	عدد الأنواع	التنوع البيولوجي البحري	عدد الأنواع
النباتات	386	الأسماك	465
الثدييات	28	اللافقاريات	250
الزواحف والبرمائيات	40	الهائمات النباتية والحيوانية	200
الطيور	350	الحشرات	648

ويتميز النظام البيئي الصحراوي بالعديد من الأشكال الأرضية هي السهول الحصوية، والكثبان الرملية، والسبخات، والأراضي المنبسطة الرملية، والمنخفضات، والحافات الصخرية والتلال. كما تتميز البيئة الصحراوية بنظام موسمي فريد ألا وهو البرك الموسمية أو الخبرات كما تسمى محلياً في اللهجة الكويتية، حيث تتجمع المياه في الأراضي المنخفضة أثناء موسم الشتاء والربيع وتجف أثناء الصيف. وتعتبر البرك الموسمية بيئة هامة لكثير من الحيوانات مثل القشريات والحشرات والضفادع، إضافة إلى الكثير من النباتات التي تدفن بذورها في قاع البرك وتتراكم عليها الرمال أثناء فترة الجفاف ثم تعود إلى الحياه مرة أخرى مع

موسم الأمطار.

إلا أن الظروف الجفافية للمناخ جعلت النظم البيئية وبخاصة الصحراوية نظم هشة وحساسة لأي ضغوط سواء كانت حضرية أو صناعية أو عسكرية مما يؤدي إلى تدهور وفقدان لمثل هذه النظم البيئية والموائل الطبيعية والتنوع البيولوجي يصعب استرجاعها، وتحتاج إلى بذل الجهود ووضع الاستراتيجيات طويلة الأجل لإعادة تأهيلها.

أولاً: التنوع النباتي في الكويت Plant dirersity in Kuwait

بينت أحدث الدراسات النباتية وجود 386 نوعاً نباتياً من النباتات الوعائية البرية بدولة الكويت، هذا بالإضافة إلى 80 نوعاً نباتياً من النباتات العشبية التي تنمو في الأراضي الزراعية. وتشكل النباتات الحولية حوالي 68٪ من الفلورا الكويتية.

وقد أشارت القائمة المرجعية لنباتات الكويت البرية (بولس والدوسري 1994) إلى وجود 374 نوعاً نباتياً من النباتات الوعائية البرية والمتوطنة تنتمي إلى 55 عائلة نباتية. ويبلغ عدد الأنواع النباتية من ذوات الفلقتين 286 نوعا تتبع 44 فصيلة والفلقة الواحدة 86 نوعاً تتبع 9 فصائل. أما عاريات البذور والسراخس فممثلة بنوع واحد لكل منهما. وتضم هذه القائمة 256 نوعاً حولياً، و83 نوعا من الأعشاب المعمرة، و34 نوعا من الشجيرات وتحت الشجيرات، ونوعاً واحداً من الأشجار تعرف بشجرة الطلحة ***Acacia pachyceras*** وهي من النباتات المهددة جداً بالانقراض في الكويت حيث لا يوجد منها سوى شجرة واحدة في محمية صباح الأحمد الطبيعية (شكل 56).

شكل 56: شجرة الطلحة *Acacia pachyceras* – محمية صباح الأحمد الطبيعية.

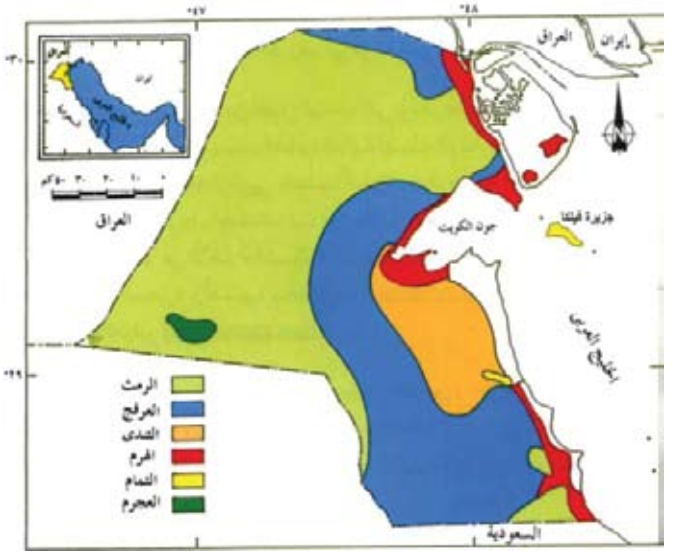
وفي دراسة أخرى لسبعة من الجزر الكويتية هي فيلكا، ومسكان، وكبر، وعوهه، وأم المرادم، وقاروه، وأم النمل أشار العبادي (2005) إلى تواجد حوالي 138 نوعاً نباتياً زهرياً مقسمة إلى 60 نوعاً معمراً، و78 نباتاً حولياً. وذكرت الدراسة أن من أكثر الفصائل النباتية انتشارا بالجزر الكويتية العائلة النجيلية (Poaceae) ومنها 23 نوعاً نباتياً، والعائلة المركبة (Asteraceae) 14 نوعاً، والعائلة البقولية (Fabaceae) 13 نوعاً، والعائلة الرمرامية (Chenopodiaceae) 13 نوعاً نباتياً. وبينت الدراسة أن جزيرة فيلكا حصلت على المرتبة الأولى من حيث كثرة النباتات وتنوعها ولوحظ وجود بعض النباتات فيها دون غيرها من مناطق الكويت وهي نباتات نادرة مثل *Gladiolus italicuc* الذي ينمو بالأماكن المزروعة وذلك لاشتهار جزيرة فيلكا بالزراعة قديما. ونبات فول العرب *Vaccaria hispanica* يكثر في جزيرة فيلكا لكن تم رصده في محمية صباح الأحمد مؤخراً، ونبات *Fumaria*

parviflora الذي يوجد فيها فقط وهو من النباتات النادرة وكان يوجد قديما في حقول الذرة المزروعة بالجزيرة. وأشارت الدراسة إلى أن جزيرة أم النمل ومسكان جاءتا على التوالي بعد جزيرة فيلكا، أما جزيرة قاروه فقد جاءت بالمرتبة الاخيرة نظراً إلى قلة النباتات فيها.

يعتبر الغطاء النباتي في دولة الكويت فقير ومحدود الانتاجية، ويعزى ذلك إلى العديد من الأسباب من أهمها الظروف المناخية القاسية والمتمثلة في ندرة الأمطار وسيادة الجفاف لفترات طويلة، ودرجات الحرارة العالية. إضافة إلى ضحالة التربة وافتقارها إلى المواد العضوية، ووجود طبقة جيرية متماسكة على أعماق قريبة تحت سطح التربة تمنع تصريف المياه، وتركز الأملاح بالتربة، وتعيق نمو جذور الشجيرات والأشجار.

وتعد التربة الرملية المنقولة بالرياح من أفضل البيئات التي يزدهر عليها الغطاء النباتي وبخاصة خلال فصل الربيع عقب موسم الأمطار، وذلك بسبب القدرة العالية لهذه التربة على امتصاص كميات كبيرة من مياه الأمطار مما يزيد محتواها من الرطوبة، كما أن تراكم الرمال حول الحشائش والشجيرات يساعدها على مواجهة ظروف الجفاف بما يمدها من رطوبة أرضية.

ويمتاز الغطاء النباتي في الكويت بانتشار خمس مجتمعات نباتية رئيسية هي: الرمث *Haloxylon salicornicum*، والعرفج *Rhanterium epapposum*، والثندى *Cyperus conglomeratus*، والثمام *Panicum turgidum*، والهرم *Zygophyllum qatarense* (شكل 57، 58).



شكل 57: الغطاء النباتي بدولة الكويت.
(المصدر: Halwagy and Halwagy 1974)

نبات الرمث ***Haloxylon salicornicum*** نبات الثمام ***Panicum turgidum***.

شكل 58: بعض نباتات البيئة الصحراوية بدولة الكويت.

ويصاحب هذه المجتمعات عدداً من النباتات الأخرى منها:
النصى ***Stipagrostis plumosa***، والحماط ***Moltkiopsis ciliata***، والربلة ***Plantago boissieri***، والصفار ***Schimpera arabica***، والكحيل ***Arnebia decumbens***،

والحلب/الحالب ***Astragalus schimperi***، والقفعاء ***Astragalus hauarensis***.

تتميز السبخات الساحلية بخمس مجتمعات نباتية رئيسية هـي: التليث ***Halocnemum strobilaceum***، والغرقد ***Nitraria retusa***، والطرفة ***Tamarix aucherana***، والشنان ***Seidlitzia rosmarinus***، والهرم ***Zygophyllum qatarense*** (شكل 59). ومن الملاحظ أن فـي الوقت الراهن حدث تدهور شديد فـي البيئات الساحلية نظراً للتنمية العمرانية مما أدى إلى تعرض هذه المجتمعات لخطر الانقراض.

نبات التليث ***Halocnemum strobilaceum*** نبات الهرم ***Zygophyllum qatarense***.

شكل 59: بعض نباتات البيئة الساحلية بدولة الكويت.

وللنباتات الصحراوية أهمية بالغة من الناحية البيئية وتكمن أهميتها فـي الآتي:

- وقاية التربة والحد من انجرافها، حيث تعمل النباتات كغطاء واق يحمى التربة، ويزيد درجة تماسكها، ويمنع انتقال حبيباتها، ومن ثم تقل العواصف الرملية والترابية.
- نمو النباتات الحولية عقب المواسم المطيرة يغطى مساحات كبيرة من التربة الرملية ويؤدي تغلغل جذورها لأعماق تصل إلى 15 سم إلى تثبيت التربة، ومن ثم الحد من انجرافها بفعل الرياح، وعدم حدوث عواصف رملية.
- تعتبر النباتات مصدات للرياح المحملة بالرمال مما يجبرها على تفريغ حمولتها حول النباتات مشكلة بذلك الأكمات النباتية أو النباك، مما يحد من مشكلات زحف الرمال.

- تحسين جودة البيئة الصحراوية وذلك بخفض درجة حرارة التربة والهواء الجوي الملامس لها، وكذلك تحسين خواص التربة وزيادة مساميتها، ومحتواها من الرطوبة، والمادة العضوية.

ثانياً: تنوع الحياة الحيوانية في الكويت Animal dirersity in Kuwait

تعتبر دولة الكويت موطناً للعديد من الحيوانات البرية والتي يمكن تقسيمها إلى فقاريات ولافقاريات على النحو التالي:

1 - الفقاريات:

(أ) الزواحف

يوجد حوالي 40 نوعاً من الزواحف مثل وزعة دقيقة الأصابع، ووزعة صفراء البطن، ووزعة المنازل، ووزعة الصحراء، والحرباء، والضب، والأجاما الباهته، والورل، وحية الفيران، وثعبان الرمل. ويعتبر الضب من الزواحف المهددة نظراً لما يتعرض له من تجزئة بيئاته، وكثرة اصطياده.

(ب) البرمائيات

يوجد نوع واحد من البرمائيات في الكويت، حيث تنتشر الضفادع في برك المزارع التي تحتوي على المياه العذبة مثل ضفدع الطين الأخضر ***Bufo viridis***.

(ج) القوارض

تم تسجيل 10 أنواع من القوارض، منها فأر بلوشستان، وفأر هندي، وفأر منزلي، وجربوع صحراوي.

(د) الثدييات

تم تسجيل 28 نوعاً من الثدييات 10 أنواع منها مهددة بالانقراض كثعلب الفنك

Fennecus zerda، والثعلب الأحمر الشائع *Vulpes vulpes*، وغرير العسل Mellivora capensis، والنمس الهندي الرمادي *Herpestes edwardsi*، والقط البري *Felis silvestris iraki*، والوشق *Caracal caracal*، وغزال الدوركاس *Gazella dorcas saudiya*، وغزال الرمال *Gazella subgutturosa marica*، والقنفد طويل الأذن، والقنفدالأثيوبي، والأرنب البري، والذئب العربي، والذئب الهندي.

(هـ) الطيور

تعتبر الطيور أكثر تنوعاً من الثدييات، ذلك لأن الكويت تقع على مفترق طرق للعديد من رحلات هجرة الطيور حيث تتوقف للراحة والغذاء خاصة في فصل الربيع لاعتدال درجات الحرارة ووفرة المطر، وزيادة نمو النباتات والثمار والبذور، وانتشار الحشرات التي تتغذى عليها الطيور. ففي الربيع تكون هجرة الطيور آتية من المملكة العربية السعودية واليمن وأفريقيا. وفي فصل الخريف تأتي من أوروبا وآسيا. أما في فصل الصيف فتأتي الطيور من الشمال إلى شواطئ الكويت وخصوصاً الخلجان الطينية ومناطق المد والجزر ويعود معظم تلك الطيور إلى مناطق تزاوجها في الشمال بينما يبقى بعض منها بالكويت خلال فصل الصيف. فمن الطيور المهاجرة ما تتخذ من جزر الكويت مثل جزيرة كبر مقر إقامة خلال الصيف للتزاوج على سواحلها ثم تترك الجزيرة خلال موسم الخريف.

تم تسجيل حوالي 350 نوعاً من الطيور، منها 45 نوعاً يتكاثر في الكويت، وحوالي 45 نوعاً يعتبر مقيماً، و177 زائراً شتوياً، و55 نوعاً زائراً صيفياً، و103 نوعاً من الطيور البحرية، كما يوجد 5 أنواع نادرة من الطيور كالحباري *Chlamydotis undulata*، والحنكور آكل السرطان *Dromas ardeola*، والكروان العسلي *Cursorius cursor*، والغراب أسمر العنق *Corvus ruficollis*، والقطا *Pterocles alchata*. وتبلغ نسبة الطيور المقيمة بالكويت حوالي 10 ٪ من إجمالي الطيور المتواجدة خلال العام.

2 - اللافقاريات

وتشتمل **اللافقاريات** على مجموعتين هما: مجموعة العقارب والعناكب، ومجموعة الحشرات.

(أ) العقارب والعناكب

يعتبر العقرب الأسود ***Androctonus crassicayda*** أكثر العقارب انتشاراً، أما العناكب فتشمل عناكب الذئب ***Pardosa sp***، وعناكب السرطان ***Thomisus sp***، وعناكب الجمل ***Galeodes arabs***، والحلم المخملي ***Dinothrombium sp***، والأرملة السوداء **Tarentula sp**، والقراديات.

(ب) الحشرات

تم تسجيل 648 نوعاً من الحشرات، اثنين فقط من الحشرات غير المجنحة ويتبعان عائلتى ذات الذنب القافذ والسمك الفضى، أما الباقي فمن الحشرات المجنحة وتقسم إلى طويئفة خارجية الأجنحة ويتبعها 145 نوعاً وتشمل الجراد، والصراصير، والبق، والرعاشات، والأرضة، وطويئفة داخلية الأجنحة ويتبعها 501 نوعاً وتشمل الخنافس والنحل والدبابير والذباب والفراشات.

ثالثاً: التنوع البيولوجي في البيئة البحرية Biodiversity of marine environment

تتميز البيئة البحرية لدولة الكويت بالعديد من أنواع الهائمات البحرية، والربيان، والأسماك. وتتم المراقبة بانتظام لأنواع مختاره من هذه المجاميع كمؤشرات مهمة يستدل بها على الضغوط البيئية. وتشير تقارير ودراسات الهيئة العامة للبيئة لعام 2009 إلى أن هناك 95 نوعاً من الهائمات النباتية تتبع ثلاث مجموعات رئيسية هي الدياتومات **Diatoms**، والدينوفايتات **Dinoflagellates**، والبكتيريا الخضراء المزرقة **Cyanobacteria**. أما الهائمات الحيوانية فبلغت 105 أنواع تنتمي لأربعة مجاميع رئيسية من الهائمات الحيوانية منها مجموعة المجدافيات **Copepods**،

ومجموعة القشريات، ومجموعة غير القشريات **Non Crustacea**، ومجموعة اليرقات البلانكتونية **Planktonic Larvae**. إضافة إلى ذلك فقد تم تسجيل 465 نوعاً من الأسماك البحرية في مياه الخليج العربي، منهم 22 نوعاً لهم أهمية تجارية.

يمكن تمييز ثلاث مناطق رئيسية في البيئة البحرية وهي بيئة منطقة المد والجزر، وبيئة المسطحات الطينية، وبيئة الشعاب المرجانية.

1 - منطقة المد والجزر

تشتمل مناطق المد والجزرعلى كل من المسطحات الطينية، والرملية والصخرية، وكذلك الشواطئ الرملية والصخرية في منطقتي الدوحة وراس عجوزة في جون الكويت، والبدع وميناء الزور في المنطقة الجنوبية. وتعتبر المسطحات الطينية الأكثر انتاجية وتنوعاً لأنها تدعم أنواع الحياة البحرية الأخرى وتمثل منطقة عبور هامة للطيور المهاجرة، وتعتبر كذلك منطقة تفريخ وحضانة للأسماك. وتوجد السبخات الساحلية (المستنقعات المالحة) في الجزء الأعلى ارتفاعا من المسطحات الطينية والتي تتميز بوجود النباتات الملحية.

بينت الدراسات أن منطقة المد والجزر تتميز بوجود 235 نوعاً من اللافقاريات القاعية كبيرة الحجم (**Macrofauna**) وتشمل الرخويات **Mollusca**، والديدان المقسمة **Annelida**، ومفصليات الأرجل **Arthropoda**. كذلك تم تسجيل 304 من الكائنات الدقيقة المائية القاعية (**Meiofauna**) وتشمل ثلاث مجتمعات رئيسية هي المثقابيات **Foraminifera**، والرخويات البطنقدمية **Gastropoda**، والديدان الإسطوانية الخيطية **Nematoda**.

2 - المسطحات الطينية

تشكل المسطحات الطينيه جزءاً هاماً من منطقة المد والجزر في جون الكويت وهي تدعم أنواعاً كثيرة ومختلفة من الكائنات الحية النباتية والحيوانية، وتعد واحدة من أغنى موائل البيئة البحرية الكويتية. فهي تتميز بوجود نوع من سرطانات

البحر ***Leptochryseus Kuwaitensa*** تم رصده في دولة الكويت فقط وأيضاً هناك ثلاثة أنواع من أسماك نطاط الوحل (**Mudskippers**) ذات أهمية أساسية للمنطقة. هذا إضافة إلى احتوائها على تلك الأنواع التي تم ذكرها أعلاه في بيئة منطقة المد والجزر.

3 - الشعاب المرجانية

توجد الشعاب المرجانية في الكويت في المناطق البحرية الجنوبية حول ثلاثة جزر رئيسة هي كبر، وقاروه، وأم المرادم. كما توجد قطع مرجانية أخرى متفرقة. ومجتمع الشعاب المرجانية في الكويت أقل تنوعا مقارنة بشعاب البحر الأحمر أو تلك الموجودة حول جزيرتي جنا وكاران في السعودية. تم تسجيل حوالي 35 نوعاً من المرجان في المياه الكويتية. يسيطر على المجتمعات المرجانية نوعان من المرجان هما **Porites** عائلة السناميات و**Acropora** عائلة الغصنيات. وقد تم تحديد ارتباط وجود حوالي 199 نوعاً من الأسماك بالشعب المرجانية وهي تشكل حوالي 50٪ من أنواع الأسماك المسجله في المياه الكويتية.

رابعاً: تدهور التنوع البيولوجي في الكويت Biodiversity loss in Kwuait

اعتمد الاقتصاد الكويتي في حقبة ما قبل اكتشاف النفط على الموارد البيولوجية مثل محار اللؤلؤ والأسماك وحيوانات الرعي والألياف والدواء المستخرج من النباتات الصحراوية، وعلى الرغم من اعتماد الاقتصاد الكويتي بشكل أساسي على عائدات النفط في الوقت الحاضر، إلا أن للموارد البيولوجية أهمية خاصة لدى الشعب الكويتي، حيث تشكل الموارد البحرية على الأخص الأسماك والربيان 50٪ من الطلب المحلي على الأغذية البحرية وللنباتات الصحراوية نفس الأهمية كمصدر هام لعلف الماشية والمنتجات الدوائية التقليدية، كما توفر تربية المواشي والدواجن متطلبات الاستهلاك المحلي للحليب واللحوم، وتعد الكائنات الفطرية وعلى الأخص أنواع الطيور والأسماك المختلفة في غاية الأهمية بالنسبة للقنص وهواة صيد السمك، كما يمكن في المستقبل الاستفادة من التنوع البيولوجي وذلك بالتوسع في

إنتاج المحاصيل كالشعير والقمح والتمر

وقد استخدمت الموارد الطبيعية بمعدلات متوازنة حتى العقود الأخيرة التي شهدت تدهوراً سريعاً للتنوع البيولوجي صاحب الثروة النفطية وازدياد أعداد السكان والنمو الاقتصادى وزيادة الطلب على الموارد الطبيعية. ومن أهم المشكلات التي تهدد التنوع البيولوجي والنظم البيئية بدولة الكويت التأثيرات السلبية الناتجة عن الأنشطة البشرية والتي أدت إلى انتشار تصحر الأراضي الرعوية، وتفتيت التربة وتعريتها، وتدمير الغطاء النباتي، وفقدان الكثير من التنوع البيولوجي وبخاصة الثدييات. كما أن العمليات العسكرية وسكب كميات هائلة من النفط وحرق العديد من آبار النفط التي صاحبت الغزو العراقي أدت إلى حدوث تلوث نفطى شديد خاصة في البيئات البحرية والساحلية، وتدهور البيئات الصحراوية وزيادة كثافة العواصف الرملية. وتواجه البيئات الساحلية أيضاً ضغوطاً بسبب التنمية وإقامة المنتجعات السياحية والشاليهات الشاطئية، كما تتعرض مناطق المد والجزر لخطر الردم لإقامة المشاريع التنموية بما يهدد التنوع البيولوجي في مثل هذه البيئات الهامة.

أسباب تدهور التنوع البيولوجي

يمكن حصر أهم العوامل التي أدت إلى إحداث تغيرات سلبية في التنوع البيولوجي لدولة الكويت على النحو التالي:

1 - إدخال أنواع جديدة إلى البيئة

يعتبر إدخال كائنات حية من بيئات مختلفة إلى البيئة المحلية من التهديدات للتنوع البيولوجي لما تتمتع به هذه الكائنات الدخيلة أو الغازية **Invasive species** من قدرة تنافسية عالية يجعلها تنتشر وتسود في بيئات على حساب تدهور وتناقص أعداد الكائنات الحية المحلية. ومن ذلك استيراد أعداد كبيرة من الأنواع النباتية الدخيلة لأغراض الزينة والتشجير وإقامة المسطحات الخضراء والمتنزهات. وهذه النباتات تعرض الحياة الفطرية للخطر أيضاً لما تحمله غالباً من آفات حشرية، وفطرية، وبكتيرية، وفيروسية.

2 - التغيرات المناخية

تعتبر الظروف الجفافية والتغيرات المناخية المتجهه نحو مزيد من ارتفاع في درجات الحرارة وقلة الأمطار من العوامل الطبيعية التي تهدد النظم البيئية والحياة الفطرية مما يدفع الكثير من الأنواع التي لا تستطيع التأقلم مع هذه التغيرات إلى الهجرة أو تعرضها لخطر الانقراض.

3 - الأنشطة البشرية

تعتبر التدخلات البشرية غير الرشيدة من أنشطة حضرية وصناعية وممارسات سلوكية خاطئة من التهديدات الرئيسة للتنوع البيولوجي وللأنظمة البيئية، ومن ثم تحرم الكائنات الحية من بيئاتها الطبيعية، وبالتالي تعرضها لخطر الانقراض، أو تدفعها للهجرة. ومن أهم هذه الأنشطة والممارسات البشرية ما يلي:

(أ) تدمير الموائل وإزالة الغطاء النباتي

ويرجع ذلك إلى التوسع العمرانى في المناطق الصحراوية وإقامة المنتجعات والشاليهات في المناطق الساحلية، والممارسات الخاطئة أثناء فترة التخييم من إزالة للغطاء النباتي وإقامة السواتر الترابية وعشوائية سير المركبات على الطرق الترابية، والرعي الجائر والتحطيب واقتلاع الشجيرات الخشبية.

(ب) الصيد العشوائي والجائر

يعتبر الصيد الجائر من العوامل التي أدت إلى انقراض العديد من الأنواع الحيوانية وتهديد الأنواع الأخرى بالانقراض. تتعرض الأسماك لعملية الصيد الجائر من خلال شباك الجر القاعية، والصيد في موسم التكاثر مما يشكل خطراً على التنوع البيولوجي في البيئة البحرية. كذلك يعتبر الصيد الجائر للطيور والثدييات من التهديدات المباشرة للحياة الفطرية بالكويت.

(ج) التلوث البيئي

يعتبر التلوث بكافة صوره عاملاً رئيسياً لانقراض العديد من الكائنات الحية، فإلقاء المركبات الكيميائية السامة وخاصة مركبات الكلور والأسمدة والمبيدات الحشرية التي تتراكم عبر السلاسل الغذائية يهدد الكائنات الحية القريبة من قمة الهرم الغذائي لهذه السلاسل سواءً الأرضية أو البحرية. من الملوثات الرئيسية أيضاً للبيئة البحرية التلوث النفطى والتلوث بمياه الصرف الصحي والذي يعرض الكائنات البحرية لخطر الانقراض. وقد أدى التلوث النفطى في مياه الخليج إلى نفوق أعداد هائلة من الأسماك والمرجان. وقد لوحظ تأثير القاء الصرف الصحي على البيئات الشاطئية الشمالية بالكويت حيث أدى إلى ظاهرة النمو المفاجئ والكثيف لأنواع من الطحالب والبكتيريا الخضراء المزرقة فيما يعرف بالازدهار الطحلبي **Algal Bloom** مما أدى إلى تلوث البيئة الساحلية وانبعاث روائح كريهه واستنزاف الأكسجين وموت الكائنات الحية.

خامساً: الجهود المبذولة للحفاظ على التنوع البيولوجي

Conservation of biodiversity in Kuwait

أدركت دولة الكويت أهمية المحافظة على البيئة والتنوع البيولوجي والموارد الطبيعية، لما لها من قيم بيئية واقتصادية واجتماعية وباعتبارها جزءاً أساسياً من تراثها الطبيعي وقاعدة أساسية للتنمية الاقتصادية المستدامة من أجل رفاهية الإنسان وتوفير حياه أفضل. ولتحقيق ذلك قامت الكويت في 2002 بالإنضمام إلى العديد من الاتفاقيات الدولية للحفاظ على التنوع البيولوجي والتراث الطبيعي منها: اتفاقية التنوع البيولوجي **CBD**، واتفاقية التحكم في الاتجار الدولى بأنواع النباتات والحيوانات المهددة بالانقراض **CITES**، واتفاقية المحافظة على الحياة الفطرية ومواطنها الطبيعية في دول مجلس التعاون الخليجى.

ولتحقيق الحفاظ على التنوع البيولوجي في دولة الكويت من خلال الحماية والاستخدام المستدام يجب توافر العناصر التالية:

- توعية جميع مستويات المجتمع الكويتي بوضع النظم البيئية المحلية

وتحذيرهم من تأثيرات مستويات استهلاكهم وأساليب عيشهم على الموارد البيولوجية.

- سن وتنفيذ التشريعات واللوائح اللازمة لصون التنوع البيولوجي والحفاظ عليه.
- التنسيق والتوافق بين سياسات القطاعات ذات الصلة بالتنوع البيولوجي وتقديم حوافز اقتصادية واجتماعية للحفاظ على التنوع البيولوجي وإلغاء السياسات الخاطئة والدعم الحكومي الذي يؤدي إلى فقدان التنوع البيولوجي.
- إنشاء وإدارة نظام من المناطق المحمية الممثلة للتنوع البيولوجي في دولة الكويت.
- تشجيع التعاون بين الإدارات الحكومية والمجتمع العلمي والقطاع الخاص والمواطنين للمحافظة على التنوع البيولوجي.
- دعم القدرات الوطنية التعليمية والبحثية والفنية وذلك لفهم وتحليل ورصد التنوع البيولوجي في دولة الكويت.
- تعزيز التعاون الإقليمي في مجال المحافظة على التنوع البيولوجي وذلك من خلال إقامة متنزهات حدودية والتنسيق الإداري وتبادل المعلومات والخبرات والموارد الوراثية.

1 - برامج الصون للمحافظة على التنوع البيولوجي والحياة الفطرية

تم وضع خطط واستراتيجيات بدولة الكويت للحفاظ على الحياة الفطرية النباتية والحيوانية واعادة تأهيل النظم البيئية المتدهورة واشتمل ذلك على العديد من الإجراءات منها:

- إقامة المحميات الطبيعية وزيادة عددها ومساحاتها. ويلاحظ زيادة الوعي البيئي لدى المجتمع الكويتى من خلال الإقبال على استخراج التصاريح الخاصة لزيارة المحميات الطبيعية.
- إصدار العديد من القرارات للمحافظة على التنوع البيولوجي والموارد الطبيعية.

- إصدار بعض القرارات التي تتضمن حمايه الشعاب المرجانية من خلال حظر الصيد بشباك الجر ومنع الصيد ثلاث أميال من الساحل والجزر.
- قامت الهيئة العامة لشئون الزراعة والثروة السمكية بإصدار عدة قرارات لتنظيم الصيد للمحافظة على مصايد الأسماك الاقتصادية والتي منها الربيان والزبيدى والميد والكنعد بالإضافة إلى تنظيم صيد محار اللؤلؤ. وحظر الصيد في أوقات التكاثر.
- منع صيد الأنواع المهددة بالانقراض والأنواع الأكثر تدهوراً والاتجار بها ومن ذلك أسماك القرش، والسلاحف، والثدييات البحرية، والأسماك البحرية النادرة بجميع أنواعها وأحجامها وأعمارها. كما تم منع جمع القواقع وبيض السلاحف البحرية والعبث ببيئات تكاثرها.
- قامت الهيئة العامة لشئون الزارعة والثروة السمكية بعمل مشاريع لرصد آثار تغير المناخ على التنوع البيولوجي على المدى الطويل في المناطق الحضرية والصحراوية، وتقييم التنوع البيولوجي محلياً.
- إدراج الشعاب المرجانية ضمن المناطق ذات الحساسية البيئية التي يحظر العبث بها.
- وأخيرا قامت الهيئة بتنظيم المخيمات الربيعية مع المجلس البلدى للمحافظة على البيئة الصحراوية والحياة الفطرية.

2 - المحميات القائمة والمقترحة في دولة الكويت

قامت الكويت بإنشاء محميات طبيعية للحفاظ على التنوع البيولوجي لدولة الكويت تغطي ما يعادل 2٪ من المساحة الإجمالية لدولة الكويت. كذلك تم اقتراح إقامة محميات جديدة تصل مساحتها ما يعادل 20٪ من إجمالي مساحة دولة الكويت (شكل 60).

شكل 60: مناطق المحميات الطبيعية القائمة والمقترحة في دولة الكويت.
(المصدر: الهيئة العامة للبيئة)

أهم المحميات الطبيعية القائمة بدولة الكويت

تشتمل المحميات القائمة بدولة الكويت على محميات بحرية وهي محميات جابر الكويت، ومحميات ساحلية وتشمل محمية خليج الصليبخات، ومحمية شرق الجهراء للطيور، ومحميات صحراوية وتشمل محطة الأبحاث الزراعية في الصليبية / كبد، ومحمية صباح الأحمد الطبيعية، ومحمية اللياح. وسوف نتحدث بشيء من التفصيل حول محميات جابر الكويت، ومحمية شرق الجهراء للطيور، ومحمية صباح الأحمد الطبيعية.

(أ) محميات جابر الكويت

محميات بحرية تهتم بحماية وتأهيل الحياة البحرية من خلال وضع مجسمات خرسانية مختلفة الأشكال والأحجام في قاع البحر في عدة مواقع بحرية (شكل

61) وبأعماق مناسبة لاستيطان الأحياء البحرية (شعاب مرجانية، وأسماك، وكائنات أخرى).

من الدوافع الرئيسية لإنشاء هذه المحميات هو ندرة عوامل بناء الشعاب المرجانية في البيئة البحرية للخليج العربي. ومحدودية رقعة وانتشار الشعاب المرجانية بالبيئة البحرية لدولة الكويت. والدمار الذي لحق بالشعاب المرجانية الطبيعية نتيجة للعوامل الطبيعية والبشرية.

الخصائص الرئيسية للمجسمات الخرسانية المستخدمة لبناء المحمية

- الخرسانة المعالجة لتناسبها مع مكونات البيئة البحرية.
- تجاويف ومكامن للأسماك والكائنات البحرية.
- تماسك وثبات المجسم.
- سهولة وصول الضوء والتبارات المائية إلى جسم المحمية.
- تقليل مساحة ارتكازها على القاع.

أهداف إنشاء المحمية الكبرى بمنطقة بنيدر

- تهيئة بيئة صناعية لنمو المرجان وتوطين الأسماك.
- جذب واستقطاب الغواصين الهواة، وزيادة الوعي لديهم بمراقبة نمو الشعاب المرجانية.
- إنشاء منتزه قومي تحت مائي لتقلبل ضغط ارتياد الغواصين للشعاب المرجانية الطبيعية.
- طول المحمية 300 متر تقريباً، وإجمالي مساحة الموقع 2400 متر مربع.

تم افتتاح المحمية في 2/10/2003، وبعد مرور ثماني سنوات من انشائها بدأت في جذب الشعاب المرجانية والأسماك حيث أظهرت الدراسات نمو العشرات من المرجان والإسفنجيات والكائنات البحرية الأخرى في منطقة المحمية. وتعتبر منطقة بنيدر من مناطق الغوص القديمة لأهل الكويت وتتميز بانخفاض الأمواج وقربها من الساحل.

شكل 61: المجسمات الخرسانية المستخدمة في محميات جابر الكويت.
(المصدر: المبرة التطوعية البيئية – فريق الغوص https://www.flickr.com)

(ب) محمية شرق الجهراء للطيور

تقع محمية شرق الجهراء للطيور المتوطنة والمهاجرة من الجهة الغربية من جون الكويت وتبلغ مساحتها 3.5 كم2. تعتبر محمية شرق الجهراء من مناطق الأراضي الرطبة حيث تحتوي على بركة من المياه تكونت نتيجة لتجمع مياه الأمطار والصرف الصحي لمحافظة الجهراء نمت حولها مجتمعات نباتية من البوص، والسويدة، والشنان، وشجيرات الطرفة، والعوسج، والغردق. تعتبر المحمية ضمن نطاق منطقة التحريج شرق الجهراء حيث تم زراعة العديد من الأشجار مثل الأثل ***Tamarix sp*** والصفصاف ***Prosopis sp***.

تهدف المحمية إلى حماية الحياة البرية وبخاصة الطيور (شكل 62). تعتبر محمية الجهراء من أهم مناطق تجمع الطيور لوقوعها على خط هجرة الكثير من الطيور التي تعبر دولة الكويت من الشرق إلى الغرب ومن الشمال إلى الجنوب وبالعكس. يرد إلى المحمية العديد من الطيور المهاجرة والمقيمة، وكذلك الطيور

البحرية وبعض الطيور البرية. تم تسجيل مرور حوالي 350 نوعاً من الطيور في المحمية، واستيطان ثمانية أنواع من الطيور المقيمة.

الإشراف: الهيئة العامة للبيئة

- الطيور المقيمة: دجاج الماء / مغرد القصب / الزقزاق الانجليزي / القنبر ذو العرف / عصفور المساكن / البلبل الابيض الخد.
- طيور فصل الشتاء: الفلامنجو / بلشون البقر / البلشون الذهبي/ الغره/ زقزاق المطوق / الذعرة البيضاء / الطول الاسود الجناح / النكات.
- طيور فصل الربيع: الذعرة الرمادية / الذعرة صفراء الرأس / السنونو / الصفارية الذهبية / الشقراق الهندي / الهدهد / الخضيراء/ الصرد أحمر الذيل.
- الطيور الجارحة: عقاب السهول.
- أنواع أخرى: الخفاش / القنفذ.

شكل 62: بركة محمية شرق الجهراء للطيور

(المصدر: بيئتنا، تصوير عنود محمد القبندي http://www.beatona.net)

(ج) محمية صباح الأحمد الطبيعية

- تقع المحمية شمال شرق الكويت على طريق الصبية بمساحة 320 كيلومتراً مربعاً يحيطها سياج طوله 110 كيلومترات (شكل 63).
- تتميز بتضاريسها المتنوعة من تلال وسهول ومنخفضات ومسطحات طينية وشواطئ بطول 16 كيلومتراً.

أهداف المحمية

- اعادة توطين الحيوانات والنباتات المهددة بالانقراض.
- المحافظة على الصفات الطبيعية البيئية في الكويت.
- جعل المحمية تمثل مخزوناً استراتيجياً للنباتات الوراثية من نباتية وحيوانية.
- تشجيع الشباب للانضمام إلى العمل في مجال التطوع في خدمة البيئة والمحافظة عليها.

الإشراف: مركز العمل التطوعي

- أهم المواقع: المسطحات الطينية/السهل الساحلي/جال الزور/وادي أم الرمم.

التنوع النباتي

تم التعرف على 147 نوعاً من النباتات داخل المحمية، معظمها (68٪) من النباتات الحولية التي تزدهر في فصل الربيع مثل الربلة، والأقحوان، والكحيل، والباقي (32٪) من النباتات المعمرة مثل العرفج، والرمث، والشدة (شكل 64).

ومن النباتات المميزة للمحمية: شجرة الطلحه (منطقة طلحه) نبات القرضي، ونبات الأرطى (وادي أم الرمم).

شكل 63: الفرق بين المناطق المحمية (يمين) والمناطق غير المحمية (يسار) لاحظ كثافة الغطاء النباتي وتنوعه داخل محمية صباح الأحمد الطبيعية.

الثدة Cyperus conglomeratus

الأقحوان Anthemis deserti

شكل 64: بعض النباتات البرية المميزة لمحمية صباح الأحمد الطبيعية

التنوع الحيواني

تحتوي محمية صباح الأحمد الطبيعية على العديد من الحيوانات اللافقارية مثل أنواع من العقارب والعناكب والحشرات، ومن الحيوانات الفقارية مثل أنواع من الزواحف (مثل السحالي، والأجاما، والأفاعي، والضب - الورل) (شكل 65) والطيور (مثل الهدهد، والعقاب، والبومة)، والثدييات (مثل الذئب، والثعلب الأحمر، والأرنب البري).

الضب *Uromastyx microlepis*

الورل *Varanus griseus*

شكل 65: بعض الحيوانات البرية المميزة لمحمية صباح الأحمد الطبيعية

أهم المواطن البيئية بالمحمية

كما ذكرنا سابقاً تتميز محمية صباح الأحمد الطبيعية بعدة أشكال وتضاريس أرضية متميزة وهي تلال وسهول ومنخفضات ومسطحات طينية وشواطئ. توفر هذه الأشكال الأرضية مواطن بيئية متنوعة أدت إلى تميز المحمية بتباين في التنوع البيولوجي. من هذه المواطن البيئية ما يلي:

تلال جال الزور

تمتد تلال جال الزور في المحمية بطول 16 كيلومتراً تقريباً. ولهذه التلال منحدرات وأودية صخرية ورملية تكونت بسبب الأمطار والسيول منذ سنوات طويلة. وتعد تلال جال الزور من أهم البيئات الطبيعية التي تتميز بها المحمية لكونها الملاذ الآمن للكثير من الثدييات الكبيرة وفي مقدمتها القط الرملي والثعلب الأحمر «الحصني»، ومن القوارض الصغيرة مثل اليربوع، ومن الطيور مثل طائر البومة الصغيرة.

كذلك تتميز تلال جال الزور بتنوع نباتي يشمل العديد من الشجيرات تميزها عن المناطق الأخرى مثل القرضي، والأرطي، والثندة، وكثير من النباتات الحولية مثل السليح، والعضيد، والسعدان.

منخفض وادي أم الرمم

تبلغ مساحة منخفض وادي أم الرمم حوالي 13 كيلومتراً مربعاً، ويتميز بتجمع الأمطار على شكل بحيرات موسمية لذلك فهو غني بالشجيرات مثل القرضى والعوسج، إضافة إلى النباتات الحولية. كذلك يتميز المنخفض بتنوع الحيوانات مثل الثعلب الأحمر، وأنواع من الطيور مثل الهدهد والصرد الرمادي الكبير والبومة الصغيرة.

منطقة طلحة

تقع منطقة طلحة في غرب المحمية بالقرب من منخفض أم الرمم. وتتميز منطقة طلحة بوجود شجرة واحدة من الطلح الذي يعتبر من النباتات المهددة بالانقراض في الكويت. ويصل عمر هذه الشجرة إلى 100 عام تقريباً.

يوجد أيضاً بمنطقة طلحة بركة ماء عذبة اصطناعية زرع على ضفافها أشجار السلم والسدر، وذلك لجذب الطيور والحيوانات الأخرى. وتعتبر من الأماكن الهامة لرصد الطيور وتوثيقها.

المنحدر الخلفي ومنطقة العوجة

يعتبر المنحدر الخلفي لتلال جال الزور من أكبر المناطق في المحمية ويتميز بسهوله المنبسطة وبعض التلال الرملية المتفرقة والمنخفضات التي تتجمع فيها مياه الأمطار على شكل بحيرات موسمية.

تتميز هذه المنطقة بمجتمع شجيرات الرمث التي تغطي معظم المنطقة. هناك أيضاً شجيرات القتاد والعديد من النباتات الحولية مثل النوير والعنصيل والبروق والكحيل التي تنمو في فصل الربيع.

تتميز المنطقة بالعديد من صور الحيوانات البرية وتشمل الفراشات الربيعية مثل فراشة أبي العيد، والأفاعي والسحالي بأنواعها المختلفة، والضب، والورل. ومن الطيور البرية التي تستوطن هذه المنطقة القبرة المتوجة «القوبعه»، والقبرة

الهدهدية «أم سالم»، والقبرة قصيرة الأرجل. ويشاهد أيضاً في المنطقة طائر الحباري، ومن الجوارح عقاب السهول، ومرزة البطاح، والنسر الرمادي.

السهل الساحلي

تقع منطقة السهل الساحلي أسفل جال الزور باتجاه البحر، وتمثل سهل ساحلي بطول 16 كيلومتراً تنتشر فيه السبخات كلما اقتربنا من البحر.

ينمو في هذا السهل الساحلي مجتمعات من الشجيرات الملحية مثل التليث، والغردق، والهرم. كذلك ينتشر في السهل الساحلي في فصل الربيع الكثير من النباتات الحولية.

وقد أكدت الدراسات البيئية، بعد مرور حوالي عشر سنوات، استعادة المحمية لعافيتها من ناحية زيادة الغطاء النباتي، واستعادة العديد من صور الحياة النباتية والحيوانية مقارنة بالمناطق غير المحمية. وهذا يدلل على أهمية برامج الصون الموقعي طويل الأجل في استعادة الأراضي المتدهورة والنباتات والحيوانات المهددة بالانقراض.

3 - **قانون حماية البيئة لسنة** 2014

ولعل من أهم الجهود المبذولة في دولة الكويت لحماية البيئة ومواردها وحماية الحياة الفطرية هو إصدار قانون حماية البيئة رقم 42 لسنة 2014، والذي يهدف إلى تحقيق الأغراض الآتية:

- حماية البيئة ومصادرها والحفاظ على توازنها الطبيعي في إقليم الدولة كاملاً.
- مكافحة التلوث والتدهور البيئي بأشكاله المختلفة وتجنب أي أضرار فورية أو بعيدة المدى نتيجة لخطط وبرامج التنمية الاقتصادية أو الزراعية أو الصناعية أو السياحية أو العمرانية أو غيرها من الأنشطة وبرامج التنمية التي تهدف إلى تحسين مستوى الحياة.
- تنمية الموارد الطبيعية وضمان تحقيق أهداف التنمية المستدامة والحفاظ على

التنوع الحيوي فـي إقليم الدولة كاملاً.

- حماية المجتمع وصحة الإنسان والكائنات الحية من جميع الأنشطة والأعمال المضرة بها.
- حماية البيئة من التأثير الضار للأنشطة والأعمال التي تتم خارج إقليم الدولة.

الخاتمة

إن الاهتمام بالبيئة ضرورة حياة، وإدراك مخاطر ما تتعرض له البيئة، والنظم البيئية الطبيعية، ومكوناتها الحية، من هدر وإسراف واستنزاف جائر لم يعد شأناً محلياً خاصاً أو وطنياً بحتاً إنما أصبح هماً إقليمياً ودولياً في آن واحد. وهو ما يستوجب أن ينضم الصالحون في العالم إلى ركب حماة البيئة بوصفها الإطار الذي نحيا فيه جميعاً، ونحصل منه على مقومات حياتنا، ونمارس فيه علاقاتنا الطبيعية مع بني البشر الآخرين، فنحميها ونصون مواردها المتاحة، ونستخدمها وننميها بحكمة، فتستمر حياتنا، وحياة الأجيال القادمة، ويتحقق لمجتمعاتنا الرفاه والرقي، في ظل تنمية مستدامة، تضمن حماية البيئة، وجودة الحياة، والمساواة الاجتماعية.

يعتبر عام 1972 العام المفصلي في تأريخ اهتمام الإنسان بالبيئة، إذ شهد ذلك العام إنعقاد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة البشرية في استوكهولم بالسويد، وتم إنشاء برنامج الأمم المتحدة للبيئة **UNEP**، ومنذ ذلك العام لقيت كلمة البيئة رواجاً وانتشاراً في كافة المجتمعات. ولم يعد خافياً أن المحيط الحيوي الذي يعيش فيه الإنسان، ويستمد منه كل مقومات حياته، أصبح يتعرض للانتهاك والاستنزاف بصورة سافرة، مما أدى إلى ظهور المشكلات التي أخذت تهدد سلامة الحياة البشرية. ولم يقف الأمر عند هذا الحد، بل إن هذه المشكلات قد تنوعت مع تنوع النشاطات البشرية. وإزاء هذا كله باتت حاجة الإنسان اليوم لفهم المحيط الذي يحيى فيه أكثر من أي وقت مضى، بل وجدنا الإنسان مرغماً لدراسة المشكلات البيئية الأكثر إلحاحاً وخطورة، بغية التصدي لها والتخفيف من آثارها. ومن هنا برزت جهود للإحاطة بمشكلة التلوث التي كانت ولا تزال من المسببات الرئيسية للمشكلات الصحية والاجتماعية والاقتصادية. كما ركزت جهود أخرى لملاحقة مشكلة الغذاء التي تترك آثاراً سلبية على كافة جوانب الحياة البشرية. واهتمت جهود أخرى بالبحث عن حل لأزمة الطاقة، وغيرها للنظر في أزمة المياه، والمشاكل البيئية الأخرى مثل التغير المناخي، والهطول الحمضي ونقص تركيز طبقة الأوزون، والتصحر.

وأصبحت المفاهيم والمسائل المتعلقة بالبيئة والتنمية أكثر وضوحاً. وبات من المعترف به الآن أن البلدان ذات التجارب المختلفة في التنمية الاقتصادية قد تضع أولويات خاصة مختلفة داخل النطاق الشامل لحماية البيئة وتحسينها. وبالمثل تزايد الاعتراف بأن مشكلات حماية البيئة وتحسينها كثيراً ما تتخطى الحدود الوطنية. وبالتوازي مع هذه التغيرات في التفكير بشأن البيئة، فإن مفهوم التنمية ذاته بدأ يتعرض للتغيير. فقد إبتعدت التنمية عن تركيزها الضيق السابق على نمو نصيب الفرد من الناتج القومي الإجمالي، لتتخذ معنى أكثر شمولاً وواقعية يشمل التحسين المستمر في نوعية الحياة، والقضاء على الفقر المدقع، والمشاركة في مكاسب التنمية. وصار مفهوم حماية البيئة يتجه إلى الحفاظ على الأنظمة البيئية وحمايتها من التلوث من مختلف المصادر التي أصبحت تكَّون مشاكل عديدة وتؤدي إلى تدهور الأنظمة البيئية ومواردها كما يتجه هذا المفهوم إلى حماية البيئة من الاستنزاف أو الانقراض.

وقد طرأ تغير كبير على التفكير الإنمائي، فظهرت سلوكيات ومصطلحات جديدة، مثل التنمية المستدامة، تعبيراً عن إدراك أن التنمية والبيئة مسألتان مترابطتان ترابطاً وثيقاً، وتدعم إحداهما الأخرى، بما يعود بالمنفعة والخير على الإنسان والمجتمع. ومن هذا المنطلق يجب إدماج الأبعاد البيئية في عمليات التخطيط والإنشاء، عبر اعتماد مبدأ تقييم الآثار البيئية للمشاريع والمنشآت وممارسته على الدوام، إلى جانب التدقيق، والمراجعة، واعادة التقييمات، لتعزيز الإيجابيات ولتلافى المشكلات البيئية قبل حدوثها.

تتطلب التنمية المستدامة أيضاً مشاركة المجتمع بجميع مكوناته وأفراده لترشيد استخدام الموارد الطبيعية المختلفة، وحماية البيئة من التلوث، وصون الطبيعة والحياة البرية، والحفاظ على الملكية العامة، واحترام حقوق الآخرين في العيش في بيئة مستقرة ونظيفة.

كذلك لابد من خلق تربية بيئية، ووعي وثقافة بيئية سليمة ليس فقط لدى عامة الشعب، بل ولدى المسؤولين، والمؤسسات والمنظمات الحكومية وغير الحكومية، لإدراك أهمية البيئة، وصونها، وضرورة المحافظة على مقوماتها، واستخدام

مـواردهـا، بما من شأنه المحافظة على القوانين التي تنظم مكوناتها الطبيعية وتحفظ توازنها بشكل محكم ودقيق. إن الاستخدام الرشيد للموارد الطبيعية بعيداً عن الإسـراف والتلف والاستنزاف من خلال ترشيد وضبط الاستهلاك، يضمن تلبية حاجات الإنسان والإيفاء بمتطلباته عبر الأجيال المختلفة.

المراجع

المراجع العربية

1. ابن منظور، لسان العرب، طبعة دار صادر، بيروت.
2. أحمد محمد مجاهد وأخرون، علم البيئة النباتية، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة 1990
3. الاستراتيجية الوطنية للتنوع البيولوجي في دولة الكويت، الهيئة العامة للبيئة، الكويت، 1998
4. التقرير الوطني الرابع حول تنفيذ اتفاقية التنوع البيولوجي. الهيئة العامة للبيئة، الكويت، 2010
5. رشيد الحمد ومحمد صباريني، البيئة ومشكلاتها،عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 1984
6. سميرة عمر وأخرون، الغطاء النباتي في الكويت، معهد الكويت للأبحاث العلمية، 2007
7. سميرة عمر وأخرون، محمية صباح الأحمد الطبيعية، معهد الكويت للأبحاث العلمية، 2008
8. عيسى جاسم الخليفة ومحمد صلاح الدين شركس، نباتات الكويت الطبية، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، 1984
9. قانون حماية البيئة، قانون رقم 42 لسنة 2014م، الهيئة العامة للبيئة، دولة الكويت 2014
10. كاظم المقدادي، أساسيات علم البيئة، الجامعة العربية المفتوحة في الدنمارك، السويد، 2006
11. كمال الدين حسن البتانوني، التنوع البيولوجي، سلسلة قضايا بيئية معاصرة، مصر ' 2001
12. كمال حسين شلتوت، علم البيئة النباتية، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، 2002

13. محمد حامد الشوري ورقية حسين جاسم، علم البيئة والنباتات الصحراوية، دار الترجمة للنشر، الكويت 1996
14. محمد صبارينى ورشيد الحمد، الإنسان والبيئة (التربية البيئية)، مكتبة الكتاني، أربد، 1994
15. محمد عبد الفتاح القصاص، التصحر: تدهور الأراضي في المناطق الجافة، عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 1999
16. محمد عبد الفتاح القصاص، قضايا البيئة المعاصرة، العلوم الحديثة، 1983
17. محمود عبد القوى زهـران، أساسيات علم البيئة النباتية وتطبيقاتها، دار النشر للجامعات، مصر، 1998
18. مركز العمل التطوعي، محمية صباح الأحمد الطبيعية، الكويت، 2010
19. الموارد الطبيعية والسمات البيئية في دولة الكويت، معهد الكويت للأبحاث العلمية، 2000
20. الاتفاقية المتعلقة بالتنوع البيولوجي https://www.cbd.int/convention/text
21. عقد الأمم المتحدة للصحاري ومكافحة التصحر 2010-2020
http://www.un.org/ar/events/desertification__decade/whynow.shtml
22. اتفاقية المحافظة على الحياة الفطرية ومواطنها الطبيعية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية .http://www.gcc-legal.org/TreatyDetails aspx?id=540

المراجع الأجنبية

1. Abd El-Wahab R (2015) Species richness, structure, and conservation of *Nitraria retusa* communities in the coastal salt marshes of Kuwait. Reg Environ Change. doi: 10.1007/s 10113-015-0831-0
2. Abd El-Wahab R, Al-Rashed A (2010) Vegetation and soil conditions of phytogenic mounds in Subiya area northeast of Kuwait. Catrina 5(1):87-95
3. Al-Dousari A, Ahmed M, Al-Senafy M, Al-Mutairi M (2008) Characteristics of nabkas in relation to dominant perennial plant species in Kuwait. Kuwait J Sci Eng 35:129-150
4. Al-Hurban, AE, Al-Sulaimi, JS (2009) Recent Surface Sediments and Landforms of the Southern Area of Kuwait. European Journal of Scientific Research 38 (2):272-295
5. Almedeij J (2012) Modeling rainfall variability over urban areas: a case study for Kuwait. Scientific World Journal, Article ID 980738, 8 pages. http://www.plosone.org/article/info:doi/10.137/journal.pone.0109816
6. Baby S, Nathawat M, Al-Sarawi M (2014) Major impacts from anthropogenic activities on landscape carrying capacity of Kuwait Coast. Pol J Environ Stud 23:7-17
7. Barbour M, Burk J, Pitts W (1987) Terrestrial plant ecology. The Benjamin Cummings Publishing Company, California, USA
8. Batanouny, K (1983) Human impact on desert vegetation. In: Man's impact on vegetation, Holzner W, Werger MJA, Ikusima I (eds.), Dr. W. Junk Publishers, London
9. Boulos L (1988) The weed flora of Kuwait. Kuwait University, Kuwait
10. Brown G (2003) Factors maintaining plant diversity in degraded areas of northern Kuwait. J Arid Environ 54:183–194. doi:10.1006/jare.2001.0880

11. Campbell NA and Reece JB (2005) Biology, 7th Ed. Pearson Education Inc., Benjamin Cummings, New York, USA
12. Daoud H, Al-Rawi A (1985) Flora of Kuwait. Volume one: Dicotyledoneae. KPI, London in association with Kuwait University
13. Dudley N (ed.) (2008) Guidelines for applying protected area management categories. Gland, Switzerland: IUCN.
14. El-Baz F, Al-Sarawi M (2000) Atlas of the state of Kuwait from satellite images. Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences and Remote Sensing Center, Boston University, USA
15. El-Ghareeb R, El-Sheikh M, Testi A (2006) Diversity of plant communities in coastal salt marshes habitat in Kuwait. Rend. Fic. Acc. lincei 17:311-331
16. El-Sheikh M, Abbadi G, Bianco P (2010) Vegetation ecology of phytogenic hillocks (nabkhas) in coastal habitats of Jal Az-Zor National Park, Kuwait: Role of patches and edaphic factors. Flora 205:832-840
17. Halwagy R, Halwagy M (1977) Ecological studies on the desert of Kuwait. III. The vegetation of the coastal salt marshes. Kuwait J of Sci Eng 4:33–74
18. Halwagy R, Moustafa AF, Kamel SM (1982) On the ecology of the desert vegetation in Kuwait. J Arid Environ 5:95–107.
19. Khalaf F, Al-Hurban A, Al-Awadhi J (2014) Morphology of protected and non-protected *Nitraria retusa* coastal nabkha in Kuwait, Arabian Gulf: A comparative study. CATENA 115:116-122. doi: 10.1016/j.catena.2013.12.001
20. Khalaf F, Misak R, Al-Dousari A (1995) Sedimentological and morphological characteristics of some nabka deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabian Gulf. J Arid Environ 29:267-292
21. Kleo A, Al-Qtaibi O (2011) The sustainable development of Kuwaiti Sabkhas. Digest Middle East Studies 20:27-49
22. Louw GN, Seely MK (1982) Ecology of desert organisms. Longman Scientific and Technical, New York, USA

23. Nabors MW (2003) Introduction to Botany. Pearson Education Inc., Benjamin Cummings, New York, USA
24. Omar S, Al-Mutawa Y, Zaman S (2007) Vegetation of Kuwait. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait
25. UNDP (2012) The future we want: Biodiversity and ecosystems—Driving sustainable development. United Nations Development Programme Biodiversity and Ecosystems Global Framework 2012-2020. New York.

ملحق1: بعض الجهات ذات الصلة بحماية البيئة والتنوع البيولوجي

على المستوى الدولي:

1 - برنامج الأمم المتحدة للبيئة United Nations Environment Programme (UNEP) تأسس سنة 1972

يعد برنامج الأمم المتحدة للبيئة بمثابة الصوت المعبر عن حالة البيئة داخل منظومة الأمم المتحدة. ويعمل برنامج الأمم المتحدة للبيئة كبرنامج محفز وداعم ومعلم وميسر لتشجيع الاستخدام الرشيد والتنمية المستدامة للبيئة العالمية، من خلال تقييم الظروف والاتجاهات البيئية العالمية والإقليمية والوطنية، وتعزيز المؤسسات من أجل إدارة حكيمة للبيئة.

الموقع الإلكتروني: http://www.unep.org

2 - الاتحاد الدولي لحماية الطبيعة (IUCN) تأسس سنة 1948
International Union for Conservation of Nature

يساعد الاتحاد الدولى لصون الطبيعة (IUCN) العالم على إيجاد الحلول العملية للتحديات البيئة والتنمية الأكثر إلحاحا. ويركز عمل IUCN على المحافظة على الطبيعة، وضمان الإدارة الفعالة والاستخدام المستدام، ونشر الحلول المستندة إلى الطبيعة للتحديات العالمية في المناخ والغذاء و التنمية، ودعم البحث العلمي وإدارة المشروعات الميدانية في كافة أنحاء العالم.

الموقع الإلكترونى: www.iucn.org

على المستوى الإقليمي:

1 - الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية تأسست سنة 1981

تقوم الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية من خلال اللجنة الدائمة ولجنة التنسيق البيئي بمتابعة تنفيذ اتفاقية المحافظة على الحياة الفطرية

ومواطنها الطبيعية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية.

الموقع الإلكتروني: http://www.gcc-sg.org

2 - المنظمة العربية للتنمية الزراعية تأسست سنة 1970م

تهتم المنظمة على مستوى الوطن العربي وتحت مظلة جامعة الدول العربية بعدة مجالات منها:

- تطوير وتنمية الغذاء
- تنمية الموارد الطبيعية وحماية البيئة
- رصد المتغيرات الاقتصادية وتحليل السياسات الزراعية.

الموقع الإلكتروني: www.aoad.org

على المستوى المحلي لدولة الكويت:

1 - الهيئة العامة للبيئة تأسست في عام 1996

- تقوم بمركز التنسيق لاتفاقية التنوع البيولوجي.
- تمثيل الكويت كعضو دولة في الاتحاد الدولى لصون الطبيعة.
- تختص بوضع المبادئ التوجيهية لحفظ التنوع البيولوجي.
- تعيين وإدارة المناطق المحمية في دولة الكويت.

الموقع الإلكتروني: www.epa.org.kw

2 - الهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية أنشأت في عام 1983

- تشرف على جميع أنشطة الانتاج على مستوى الدولة، وأنشطة الزراعة التجميلية بالتنسيق مع بلدية الكويت، وأراضي المراعي بالتعاون مع الجهات المعنية في الدولة.
- ألقيت على عاتقها مسؤولية إنشاء المتنزهات الوطنية الصحراوية والقيام بالإشراف عليها.

الموقع الإلكتروني: www.paaf.org.kw

3 - **معهد الكويت للأبحاث العلمية تأسس في عام** 1967

- يتم فيه إجراء الأبحاث المتعلقة بالكويت والنظم الايكولوجية والموارد الطبيعية.
- يوفر الدعم العلمي لحفظ التنوع البيولوجي وتعيين المناطق المحمية وإدارتها.

الموقع الإلكتروني: www.kisr.edu.kw

4 - **جامعة الكويت**

- شاركت كلية العلوم في جامعة الكويت في الأبحاث في عدد من المناطق المحمية والتنوع البيولوجي، وخصوصاً في جون الكويت والخيران على الساحل الجنوبي.
- توفر الدعم العلمي لحفظ التنوع البيولوجي.

الموقع الإلكتروني: www.kuniv.edu/kw

5 - **مركز الكويت للعمل التطوعي تأسس في عام** 2004

- يشارك المركز في تصميم وتنفيذ مشاريع العمل التطوعي في مختلف الجوانب.
- من هذه المشاريع إدارة المناطق المحمية (محمية صباح الاحمد الطبيعية، ومحمية خليج الصليبخات) والمحافظة على التنوع البيولوجي (الإفراج عن العديد من أنواع الحياة الفطرية البرية والبحرية في محمية صباح الاحمد الطبيعية).

الموقع الإلكتروني: www.kuwaitvolunteers.com

6 - **الجمعية الكويتية لحماية البيئة تأسست في عام** 1974

- تهدف لحماية البيئة، والسيطرة على مصادر التلوث في جميع المجالات.
- توحيد وتنسيق جهود العاملين في المسائل البيئية.
- العمل على تهيئة البيئة العلمية والرأي العام من أجل وضع التشريعات اللازمة لحماية البيئة من التلوث والحفاظ على الموارد الطبيعية في البلاد من خلال التعاون المتبادل مع السلطات المعنية.

الموقع الإلكتروني: www.keps.org.kw

7 - بلدية الكويت تأسست في عام 1930م

ينص قانون بلدية الكويت لسنة 1960 م في مادته الثانية على الآتي: تعمل البلدية على تقدم الكويت عمرانيا وصحيا عن طريق تنظيم المدينة وتجميلها ووقاية الصحة العامة وتأمين سلامة المواد الغذائية والمحافظة على الراحة العامة في المساكن والطرقات واتخاذ ما يؤدي إلى تقدم الكويت ورفاهية سكانها. ويتبع بلدية الكويت إدارة لشئون البيئة تعمل على حماية البيئة والتخلص الآمن من النفايات، وتنظيم أعمال التخييم الربيعي الموسمي ووضع الاشتراطات والضوابط التي تساهم في تحقيق مصلحة المواطنين والمقيمين من مرتادي البر - وكذلك المصلحة العامة في الحفاظ على المكونات الطبيعية للبر وعدم الإضرار بها.

الموقع الإلكتروني: www.baladia.gov.kw

8 - الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب

يشارك قسم العلوم بكلية التربية الأساسية في رصد وتقييم الموارد الطبيعية والتنوع البيولوجي في العديد من البيئات الصحراوية والساحلية بدولة الكويت.

الموقع الإلكتروني: www.paaet.edu.kw

د. رأفت حسن عبد الوهاب

أستاذ مشارك، كلية العلوم، جامعة قناة السويس، مصر
أستاذ مساعد، كلية التربية الأساسية الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب، الكويت

- بكالوريوس العلوم في النبات من جامعة الإسكندرية، مصر 1988.
- ماجستير العلوم في البيئة النباتية من جامعة قناة السويس، مصر 1995.
- دكتوراه الفلسفة في العلوم في البيئة النباتية من جامعة قناة السويس، مصر 2003.
- شارك في العديد من الدراسات والاستشارات البيئية المتعلقة بالغطاء النباتي والنباتات الطبية في البيئات الصحراوية في سيناء والصحراء الشرقية بمصر، والبيئات الصحراوية بالكويت.
- قام بالعديد من الأبحاث العلمية حول التوزيع الجغرافي للمجتمعات والعشائر النباتية، وتقييم التأثيرات البشرية على الغطاء النباتي والنباتات الطبية والنباتات المهددة، ومتابعة التغيرات في تركيب عشائر الأشجار والشجيرات في عدد من المحميات الطبيعية بمصر والكويت.
- شارك في العديد من المؤتمرات الدولية وورش العمل المتعلقة بحماية البيئة وتقييم البيئات الصحراوية والنباتات الطبية والتصحر في مصر والكويت.

د. منى عايش حسين السلامين

أستاذ مساعد، كلية التربية الأساسية الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب، الكويت

- بكالوريوس العلوم في علم الحيوان من جامعة الكويت 1981.
- ماجستير العلوم في فسيولوجيا حيوانات البيئة الصحراوية من جامعة الكويت 1986.
- دكتوراه الفلسفة في العلوم في البيئة البحرية من جامعة كلية لندن بالمملكة المتحدة 2000.
- شاركت في العديد من الدراسات والاستشارات البيئية المتعلقة بالبيئة البحرية للخليج العربي وبحر عمان، وتقييم الوضع الراهن ومعدلات التلوث البحري.
- قامت بالعديد من الأبحاث العلمية حول تأثيرات العوامل البيئية على فسيولوجيا الخنافس في صحراء الكويت، وتوزيع المثقبات القاعية في الخليج العربي وبحر عمان، والصفات الظاهرية للمثقبات كأحد المعايير البيولوجية الدالة على التلوث البحري.
- شاركت في العديد من المؤتمرات الدولية وورش العمل المتعلقة بحماية البيئة وتقييم الوضع البيئي لشبه الجزيرة العربية والخليج العربي وبحر عمان.

View publication stats