مقدمة في علم البيئة ومشكلاتها

الاستاذ المساعد الدكتور
شكري إبراهيم الحسن

الطبعة الثانية
2019

دار المعارف الجامعية

شكري إبراهيم الحسن

مقدمة في علم البيئة ومشكلاتها

هذا الكتاب..

إن دراسة علم البيئة والمشكلات المرتبطة بها والتفاعل فهمها والوعي تجاهها، بات أمراً ضرورياً بالنسبة للطالب الجامعي، فهو المرشح الأقوى لقيادة عملية التوعية البيئية في المجتمع، لاسيما أننا قد غدونا نعيش في ظل واقع بيئي محلي وعالمي يتداعى باضطراد مع استمرار تزايد مسببات ذلك التداعي. لذا، فأن هذا الكتاب يمثل محاولة لإفهام واقناع القارئ، أكان طالباً جامعياً أم سواه، بالأهمية الجوهرية للبيئة وبعظمة الخدمات التي تقدمها للبشرية جمعاء من ناحية، وبخطورة المشكلات التي تسببها لها من ناحية أخرى.

المؤلف في سطور..

تخرج الدكتور شكري إبراهيم الحسن في كلية الآداب بجامعة البصرة عام 1995. وأنجز رسالته للماجستير في الجغرافيا البيئية من الكلية نفسها عام 1998، ثم نال درجة دكتوراه فلسفة في تخصص البيئة والتلوث من آداب البصرة أيضاً عام 2011.

يعمل منذ العام 2005 تدريسياً في قسم الجغرافيا بكلية الآداب في جامعة البصرة، وكان قبلها قد درّس في جامعات ليبية، تولى مسؤولية إدارة مختبر أبحاث البيئة في كلية الآداب. لديه مشاركات أكاديمية في محافل علمية متعددة، وصدرت له مجموعة من الكتب والبحوث في مجال رصد التلوث البيئي والتوعية تجاه أخطاره وإيجاد الحلول المناسبة لمعالجته. ويعد في الوقت الحاضر أحد النشطاء المدافعين عن حقوق البيئة والمنادين بضرورة صونها وحمايتها.. في بلده.. العراق.

دار المعارف الجامعية
موقع كلية الآداب - العراق - البصرة
تليفون ٠٥٥-٢٢٠٠٠٠ - ٠٧٧٠٤٧٤٢٤٣ ، ٠٧٩٠٠٠٠٠٠

مقدمة في
علم البيئة ومشكلاتها

الدكتور شكري إبراهيم الحسن

أستاذ علم البيئة والتلوث المساعد

قسم الجغرافيا

كلية الآداب – جامعة البصرة

الإهـــــــداء

إلى.. (نهر الحب) الذي يرويني.. ولم أزل عطشاً

وإلى.. جميع طلبتي الأوفيـــاء

شكري

المحتويات

المقدمة 10

الباب الأول: علم البيئة

الفصل الأول: تعريف علم البيئة وتاريخه ومجاله ومناهجه

تعريف علم البيئة وأقسامه 14

نبذة تاريخية عن تطور علم البيئة 17

البدايات المبكرة لعلم البيئة 17

تطور علم البيئة منذ القرن العشرين 19

مجال علم البيئة 21

مناهج البحث الحديثة في علم البيئة 22

منهج استخدام الدراسات الحقلية في اختبار النظريات 22

منهج التشارك ما بين الدراسات الحقلية والمختبرية 24

منهج المسوحات الحقلية 26

منهج استلال المعلومات من سجلات حبوب اللقاح 28

منهج الاستفادة من دراسة التاريخ الطبيعي 29

أسئلة للمناقشة والمراجعة 31

الفصل الثاني: مفاهيم أساسية في علم البيئة

المكونات البيئية 32

الغلاف الحياتي 32

الإقليم الاحيائي 33

النظام البيئي 34

المجتمع الاحيائي والجماعة والكائن الحي 35

بيئة عيش الكائن الحي 36

الموطن الطبيعي 37

الموئل 37

الكائنات الناقلة للطاقة عبر النظام البيئي 38

المنتجات 39
قياس الإنتاجية الأحيائية 40
المستهلكات 41
مسارات سريان الطاقة عبر النظام البيئي 42
السلاسل والشبكات الغذائية 43
انتقال الطاقة 44
محددات المستويات الغذائية 46
الدورات البيئية الكبرى 46
دورة الماء في الطبيعة 47
دورة الكربون 48
دورة النتروجين 50
دورة الفسفور 51
التعاقب والثبات البيئي 53
التعاقب البيئي 53
العوامل المؤثرة في التعاقب 53
أنواع التعاقب البيئي 54
التعاقب البيئي بحسب نظرية كلمنتس 56
الثبات البيئي 56
أنواع الثبات البيئي 57
عناصر الثبات البيئي 57
أسئلة للمناقشة والمراجعة 58

الفصل الثالث: نماذج من العلاقات البيئوية

التكيف 60
مبادئ التكيف 61
منحنى التحمّل 61
ضبط الكائنات الحية لأوضاعها الداخلية 61
الهروب من الظروف غير المناسبة 62
أمثلة عن التكيف 62
التكيف مع درجة الحرارة62
التكيف مع الماء 67
التنافس 70

التنافس الإقصائي 70
التنافس المؤدي إلى تقليص حجم الموئل 72
المنافسة وتغيير الصفات الوراثية 72
المنافسة وتقاسم المورد 74
الافتراس 74
الوسائل الهجومية للمفترسات 74
الوسائل الدفاعية لدى الفرائس 74
وسائل دفاع الفرائس الحيوانية 75
وسائل دفاع الفرائس النباتية 77
التكافل 78
التطفل 78
تبادل المنفعة 79
الاعتياش 80
أسئلة للمناقشة والمراجعة 83

الباب الثاني: المشكلات البيئية العالمية

الفصل الرابع: العلاقة ما بين الإنسان والبيئة ومفهوم المشكلة البيئية

تاريخ العلاقة ما بين الإنسان والبيئة 86
أمثلة عن دور الإنسان في تغيير الطبيعة 87
المراحل التاريخية لتأثير الإنسان في البيئة 89
مفهوم المشكلة البيئية 90
هيكل المشكلة البيئية 90
سمات المشكلة البيئية 92
أسئلة للمناقشة والمراجعة 93

الفصل الخامس: مشكلة التلوث البيئي

أساسيات عن التلوث البيئي 94
تعريف التلوث والملوثات البيئية 94
عوامل تفاقم التلوث 95

مكامن خطورة التلوث 96
تصنيف خطورة التلوث 96
أنواع التلوث ومصادره وآثاره 98
تلوث الهواء 98
تلوث الهواء المحلي والإقليمي 98
تلوث الهواء العالمي 102
تلوث المياه 103
ملوثات المياه التقليدية 103
ملوثات المياه غير التقليدية 104
تلوث التربة 106
سوء استخدام التربة 106
النفايات الصلبة 107
التلوث الإشعاعي 110
التلوث بالمبيدات 112
التلوث الضوضائي 115
أسئلة للمناقشة والمراجعة 117

الفصل السادس: مشكلة تحطيب الغابات المدارية

الغابات المدارية ومعدلات تحطيبها 119
جغرافية الغابات المدارية 119
تعريف تحطيب الغابات 121
معدلات تحطيب الغابات 122
أسباب تحطيب الغابات المدارية 123
أمثلة حول مسببات تحطيب الغابات المدارية في بعض البلدان 125
فيتنام 125
ساحل العاج 126

الفلبين 127
البرازيل 127
عواقب تحطيب الغابات المدارية 128
التأثير في الموارد المائية 129
التأثير في خزانات السدود وفي منسوب المياه الجوفية 130
التأثير في تدهور التربة 131
التأثير في المناخ 133
التأثير في الحياة النباتية والحيوانية 135
مشكلة الحرائق 136
أسئلة للمناقشة والمراجعة 137

الفصل السابع: مشكلة التصحر

تعريف التصحر 139
أسباب التصحر ونتائجه 142
الرعي الجائر 142
الزراعة المفرطة 146
الاستغلال الجائر للغطاء النباتي 147
مشكلة الملوحة 149
أسباب أخرى 152
أسئلة للمناقشة والمراجعة 153

الفصل الثامن: مشكلة التغير المناخي

أثر البشر في الغلاف الجوي 155
غازات الدفيئة وظاهرة الاحتباس الحراري 160
غازات الدفيئة 160
ظاهرة الاحتباس الحراري 162

الأثار البيئية لظاهرة الاحتباس الحراري 165

أسئلة للمناقشة والمراجعة 174

الفصل التاسع: مشكلة خسارة التنوع الأحيائي

معنى خسارة التنوع الأحيائي 176

التهديدات التي تواجه التنوع الأحيائي 177

الأنواع المهددة بالانقراض 179

التهديدات التي تواجه الحياة النباتية والحيوانية 180

مظاهر تهديد التنوع الأحيائي 182

تدمير المواطن الطبيعية 182

الاستغلال الجائر 187

انقراض الأنواع المستوطنة في الجزر 190

أسئلة للمناقشة والمراجعة 193

الفصل العاشر: مشكلة الأمن الغذائي العالمي

تعريف الأمن الغذائي ومعدلاته 195

تعريف الأمن الغذائي 196

معدلات العوز الغذائي 197

التحديات البيئية التي تعترض تحقيق الأمن الغذائي 198

ندرة المياه 198

تدهور التربة 200

التغير المناخي 200

الآفات الزراعية 201

دور الحكومات 202

المخاطر التي تهدد الأمن الغذائي العالمي 203

النمو السكاني 203
الاعتماد على الوقود الاحفوري 204
التهجين والهندسة الوراثية وخسارة التنوع الأحيائي 205
أسئلة للمناقشة والمراجعة 206

الفصل الحادي عشر: مشكلة إنتاج الطاقة

مفهوم الطاقة ومصادرها 208
الأثار البيئية لإنتاج الطاقة 210
الطاقة المائية 211
طاقة الرياح 212
الطاقة الشمسية 214
طاقة المد والجزر 215
طاقة الحرارة الباطنية 217
الطاقة النووية 219
الوقود الحيوي 221
الوقود الاحفوري 224
أسئلة للمناقشة والمراجعة 228

الفصل الثاني عشر: الكوارث الطبيعية

الكوارث الطبيعية وتصنيفها 230
نماذج من الكوارث الطبيعية 232
الزلازل 232
الثورانات البركانية 236
الأعاصير المدارية العملاقة 239
الفيضانات 243
الأوبئة الفتاكة 246
الكوليرا 247
الملاريا 249
أسئلة للمناقشة والمراجعة 254
المصادر والمراجع 256

مقدمة

من دواعي سروري أن أقدم بين أيدي الطلبة الأعزاء في المرحلة الجامعية ومعهم كل الباحثين والمهتمين بموضوع البيئة ومشكلاتها، ثمرة الجهد المتواضع المتمثلة بهذا الكتاب، وهو عصارّة خبرة علمية تمتد لأكثر من عشر سنوات قضيتها في تدريس هذا المقرر الجامعي.

إن دراسة علم البيئة والمشكلات المرتبطة بها واتقان فهمها والوعي تجاهها، بات أمراً ضرورياً بالنسبة للطالب الجامعي، فهو المرشح الأقوى لقيادة عملية التوعية البيئية في المجتمع، لاسيما أننا قد غدونا نعيش في ظل واقع بيئي محلي وعالمي يتداعى باضطراد مع استمرار تزايد مسببات ذلك التداعي. لذا، فأن هذا الكتاب يمثل محاولة لإفهام واقناع القارئ، أكان طالباً جامعياً أم سواه، بالأهمية الجوهرية للبيئة وبعظمة الخدمات التي تقدمها للبشرية جمعاء من ناحية، وبخطورة المشكلات التي نسببها لها من ناحية أخرى.

الكتاب في الأصل عبارة عن مجلدين مضغوطين بين دفتي كتاب واحد: علم البيئة من جهة والمشكلات البيئية من جهة أخرى. وعلى الرغم من أن هذين الموضوعين مترابطين مع بعض، فأنهما واسعين بما لا يحتملان أن يكونا ضمن مقرر جامعي منفرد. غير أن الاضطرار دفعني إلى تقديم الكتاب بالشكل الاستخلاصي الحالي تلبيةً للمفردات المنهجية التي أقرتها وزارة التعليم العالي والبحث العلمي العراقية، مراعياً في ذلك ـ قدر المستطاع ـ وضوح المعلومة وتنويعها وسلاسة أسلوب عرضها وبساطتها ومنطقية تسلسلها وتفسيرها فضلاً عن إضفاء عنصر التشويق، مع الأخذ بالحسبان عامل الوقت المتاح. لكن حرصت في الوقت نفسه أن لا يكون هذا العرض المستخلص على حساب قيمة المادة العلمية للموضوعات المطروحة، إذ توخيت استلال المعلومات من أفضل المصادر الأجنبية وأحدثها.

يختص الباب الأول من الكتاب بعلم البيئة Ecology، منقسماً إلى ثلاثة فصول: الأول منها يقدم تعريفاً لهذا العلم مع بيان لتاريخ تطوره ومناهجه العلمية، ويتطرق الفصل الثاني لأهم المفاهيم الأساسية في علم البيئة من قبيل المكونات البيئية والنظام البيئي والدورات البيئية الكبرى. أما الفصل الثالث فيعرض لشرح العلاقات البيئوية القائمة بين الكائنات الحية والتي تحكم المجتمع الأحيائي مثل التكيف والتنافس والافتراس والتكافل.

أما الباب الثاني فهو يهتم بموضوع المشكلات البيئية العالمية Global Environmental Issues. وعلى الرغم من تعدد هذه المشكلات وتنوعها، فقد كان الاختيار مقيداً نوعاً ما بالمفردات المنهجية المقرّة. وضمن هذا الباب، يمهد الفصل الرابع إلى تحديد معنى المشكلة البيئية وبيان هيكلها وتاريخ نشوئها. وبدءاً من الفصل الخامس يجري استعراض المشكلات البيئية متمثلة أولاً بمشكلة التلوث البيئي بأنواعه المختلفة وآثاره المتنوعة، فيما يُعنى الفصل السادس بمشكلة تحطيب الغابات المدارية، ويهتم الفصل السابع بمشكلة التصحر، ويعرض الفصل الثامن لمشكلة التغير المناخي وأبعادها البيئية، أما الفصل التاسع فيختص بتحليل مشكلة خسارة التنوع الاحيائي، وينتقل الفصل العاشر إلى اختلال الأمن الغذائي العالمي بوصفه مشكلة بيئية ناشئة، فيما يستعرض الفصل الحادي عشر مشكلة إنتاج الطاقة والآثار البيئية الناجمة عنها. ويمثل الفصل الثاني عشر ختام هذا الكتاب عبر تناوله بعض الكوارث الطبيعية باعتبارها مشكلات بيئية مؤثرة مثل الزلازل والانفجارات البركانية والفيضانات العارمة والاعاصير المدمرة وتفشي الأوبئة الفتاكة.

ينتهي كل فصل من فصول هذا الكتاب، بسلسلة من الأسئلة المتنوعة الأنماط، غايتها تجديد ذهنية الطالب ـ أو القارئ عموماً ـ وإثارة رغبة النقاش لديه واستذكار المواضيع ومراجعتها. وتعد فقرة الأسئلة هذه مهمة جداً لقياس مستوى

فهم الطالب واستيعابه لمحتوى المواضيع المطروحة. وبطبيعة الحال تظل مثل هذه المواضيع تثير مزيداً من الأسئلة العلمية عدا ما أدرج منها هنا.

آمل أن يكون نصيبي التوفيق في تقديم هذا الكتاب للمكتبة العربية ولطالبيها.. وغاية رجائي أن يكون الكتاب إضافة علمية متواضعة ترتقي درجاتها بما ينفع الناس جميعاً.

والله ولي التوفيـــق،،،

د. شكري إبراهيم الحسن

البصرة 8/ 2/ 2014

الباب الأول

علم البيئة

الفصل الأول
تعريف علم البيئة وتاريخه ومجاله ومناهجه

يهتم الفصل الأول من هذا الكتاب بتقديم تعريف لمفهوم علم البيئة وتقسيماته الرئيسة، مع نبذة تاريخية عن نشوؤه وتطوره عبر الزمن، ثم بيان لمجال هذا العلم، فضلاً عن استعراض أهم مناهجه العلمية الحديثة.

تعريف علم البيئة وأقسامه

علم البيئة يعني تفاعل الأحياء مع بيئة كوكب الأرض

إن مصطلح علم البيئة Ecology مشتق من الكلمة الاغريقية (oiko التي تعني مسكن، و oyia ومعناها دراسة أو علم). ويقصد به ذلك العلم الذي يُعنى بدراسة العلاقات الرابطة ما بين الكائنات الحية وبيئتها، والمتمثلة بعلاقة الكائنات الحية مع بعضها البعض من جهة أو مع مكونات البيئة غير الحية التي تعيش فيها من جهة أخرى. ويهتم المختصون في مجال علم البيئة بدراسة التنوع بين الكائنات الحية وبتوزيعها الجغرافي وأعدادها وتكاثرها، فضلاً عن الاهتمام بطبيعة العلاقات التي تربطها، مثل المنافسة والتكافل والتطفل والافتراس.

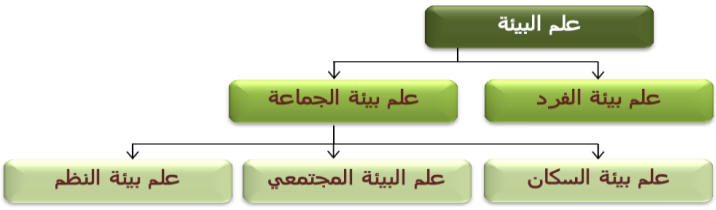
إن علم البيئة علم متداخل المعارف يجمع ما بين علم الأحياء Biology وعلم الأرض Earth science. وتجدر الإشارة إلى أن اصطلاح علم البيئة ليس مرادفاً لمصطلح البيئة Environment أو العلوم البيئية Environmental science أو التاريخ الطبيعي Natural history، فتلك مجالات علمية أخرى لها نهجها الخاص.

على هذا، فأن من الأشياء المهمة التي تميز علم البيئة عن غيره من العلوم، هي تأكيد علم البيئة ومحاولته تفسير المسائل الآتية:

1. عمليات تكوين الحياة والتفاعلات الرابطة بينها والتكيفات التي تجري بموجبها.
2. حركة المواد والطاقة السائرة عبر المجتمعات الاحيائية.
3. التطور التعاقبي للأنظمة البيئية.
4. تواجد الكائنات الحية وتوزيعها وتنوعها داخل البيئة.

إن علم البيئة علم واسع وممتد الآفق، لذا يتطلب الإلمام به جمع معلومات كثيرة حول الكائنات الحية وظروف بيئاتها، فضلاً عن مراقبة التفاعلات الجارية وقياسها، وفهم الأنماط الناتجة عن ذلك مع محاولة تفسير تلك الأنماط وتعليلها.

ينقسم علم البيئة عموماً إلى قسمين رئيسين: علم بيئة الفرد Autecology، وعلم بيئة الجماعة Synecology. فأما علم بيئة الفرد، فالمقصود به دراسة فرد أو نوع معين من الكائنات الحية، من حيث علاقاته وتفاعلاته بالظروف البيئية المحيطة به. وأما علم بيئة الجماعة، فيعني دراسة جماعة أو مجتمع من الكائنات الحية سواء أكانت من النوع نفسه أم لا، وتحليل علاقاتها مع البيئة المحيطة. ولذا فأن هذا الأخير ينقسم بدوره إلى فروع أخرى هي: علم بيئة السكان Population ecology، علم البيئة المجتمعي Community ecology، وعلم بيئة النظم Ecosystem ecology (الشكل 1-1).



الشكل (1-1): الأقسام الرئيسة لعلم البيئة ولعلم بيئة الجماعة.

لقد تطور حقليّ علم بيئة الفرد وعلم بيئة الجماعة بشكل مستقل عن بعضهما الأخر، لكن الإلمام بكليهما يعد أمراً ضرورياً لفهم طبيعة الكائن الحي فرداً كان أم جماعة أم نظاماً بيئياً. ويتصف علم بيئة الفرد بكونه علماً تجريبياً واستقرائياً من الناحية المنهجية، أما علم بيئة الجماعة فهو ذي منحى فلسفي واستنباطي. ولأن علم بيئة الفرد يهتم بدراسة علاقة الكائن الحي بواحد أو أكثر من المتغيرات البيئية كالضوء أو درجة الحرارة أو الرطوبة أو الملوحة، لذا فأن من السهل قياسه واخضاعه للتجربة سواء في المختبر أو في الحقل. أما علم بيئة الجماعة فيعتمد على الوصف بدرجة كبيرة وليس من السهولة بمكان اخضاعه لتجارب.

يستعين علم بيئة الفرد بمعظم تقنياته من علميّ الفيزياء والكيمياء. أما علم بيئة الجماعة، فلم يدخل بقوة إلى مرحلة التجريب إلا في السنوات الأخيرة، بعد تطور تقنيات كالحواسيب واقتفاء الأثر الإشعاعي مثلاً.

من ناحية أخرى، ومع تسارع ركب التقدم العلمي في الوقت الحاضر، أخذ المعنيون بعلم البيئة يقسمّون هذا العلم إلى حقول متعددة أكثر تخصصاً وتفصيلاً، مثلما يتضح بعضها مثلاً في الآتي:

علم البيئة البشرية Human ecology

علم البيئة الاجتماعي Social ecology

علم البيئة السلوكي Behavioral ecology

علم بيئة المجهريات Microbial ecology

علم البيئة الجزيئي Molecular ecology

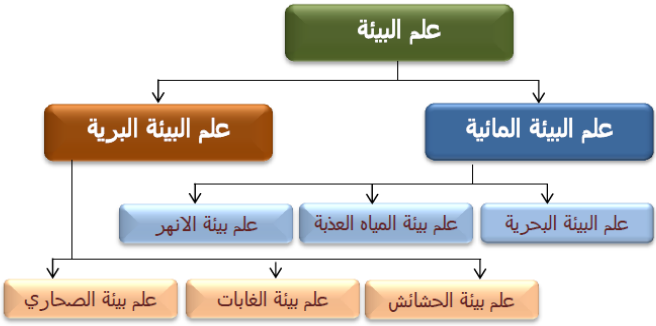
علم بيئة الإشعاع Radiation ecology

علم بيئة التلوث Pollution ecology

علم البيئة الجغرافية Geographical ecology

علم بيئة معالم الأرض Landscape ecology ... الخ،،،

يمكن أيضاً تقسيم علم البيئة إلى تقسيمات ثانوية أخرى، منها مثلاً على أساس نوع البيئة الطبيعية، وذلك بتقسيمه إلى علم البيئة المائية Aquatic ecology وعلم البيئة البرية Terrestrial ecology، مع كل تفرعاتهما، وعلى النحو الآتي (الشكل 2-1):



الشكل (2-1): تقسيم علم البيئة على أساس نوع البيئة الطبيعية.

نبذة تاريخية عن تطور علم البيئة

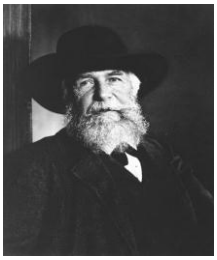
البدايات المبكرة لعلم البيئة

لعلم البيئة جذور تاريخية متشعبة، ويرجع سبب هذا التشعب بالدرجة الأساس إلى طبيعته المتشابكة مع علوم أخرى كثيرة. وعلى العموم، يعد فلاسفة الاغريق القدامى من أمثال هيبوكراتس Hippocrates وأرسطو طاليس Aristotle أول من دونوا ملاحظات عن التاريخ الطبيعي. إذ كانوا ينظرون للحياة على أنها "ماهيوية Essentialism"، تكون فيها الأنواع الاحيائية مجرد أشياء ساكنة لا تتغير، أما التنوع الموجود ــ من وجهة نظرهم ــ فما هو إلا شذوذ عن الحالة المثالية. وهذا يناقض بطبيعة الحال النظرية البيئوية الحديثة التي ترى أن التنوع هو الظاهرة الفعلية الواجبة الاهتمام وأن له دور في نشأة التأقلم من طريق الانتقاء الطبيعي. ويمكن إرجاع أصول أولى مفاهيم علم البيئة، كتوازن الطبيعة مثلاً، إلى هيرودوتس Herodotus (المتوفى عام 425 ق.م)، حيث كان أول من وصف عملية الأيض لدى

الكائنات الحية. وبينما يعد أرسطو أول من ترك أثراً على التطور الفلسفي لعلم البيئة، فأن تلميذه ثيوفراستس Theophrastus دوّن الكثير من الملاحظات حول النباتات والحيوانات، في ضوء هجرتها وجغرافيتها الحياتية وفسيولوجيتها وسلوكيتها، وهو ما شكل اللبنة الأولى لعلم البيئة بمفهومه الحديث.

ظهرت المفاهيم البيئية المتمثلة بالسلسلة الغذائية والتنظيم السكاني والإنتاجية لأول مرة خلال القرن الثامن عشر، وذلك على يد عالم الأحياء الدقيقة انتوني فان لوينهوك Antoni van Leeuwenhoek (1632 – 1723) وعالم النبات ريتشارد برادلي Richard Bradley (1688 –1723). أما الجغرافي ألكسندر فون همبولدت Alexander von Humbolt (1769 – 1859)، فيعد من الرواد الأوائل في الفكر البيئي وهو أول من ميّزَ التدرج البيئي، وهو التدرج الذي تتباين بموجبه أجناس الأحياء وتستبدل تبعاً لتدرج ظروف البيئة بتأثير عامل الارتفاع. هذا وقد وضع مؤرخو الطبيعة الأوائل من أمثال، همبولدت وجيمس هيوتن James Hutton وجان لامارك Jean-Baptiste Lamarck وأخرين، وضعوا اللبنات الأولى لعلم البيئة الحديث.

يعد عالم الأحياء الألماني أرنست هيغل Ernst Haeckel أول من استخدم كلمة "Ecology" بمفهومها الحديث، وذلك في كتابه الموسوم (المورفولوجيا التكوينية للكائنات الحية) الصادر عام 1866. وكان هيغل عالم حيوان وفناناً وكاتباً واستاذاً في علم التشريح المقارن.



ارنست هيغل

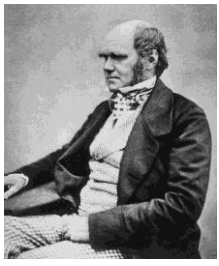
يوغنس ورمنغ

مؤسسا علم البيئة الحديث

لكن هناك اختلافاً في الرأي حول تحديد المؤسس الحقيقي لعلم البيئة الحديث. فبينما يعد البعض هيغل هو المؤسس الأول، يرى أخرون أن يوغنس ورمنغ Eugenius Warming هو

المؤسس من خلال كتابه (علم بيئة النباتات: المدخل إلى دراسة المجتمعات النباتية) الصادر عام 1895، فيما يرى البعض الأخر أن كارل لينيوس Carl Linnaeus هو المؤسس الأول، وذلك بكتابه (اقتصاد الطبيعة)، معتبراً فيه علم البيئة على أنه اقتصاد الطبيعة. وقد تأثر لينيوس بمبادئ تشارلز داروين، وعلى ضوئها كان أول من وضع نظرية التوازن الطبيعي.

لقد كانت النظرة السائدة لعالم الطبيعة، منذ عهد أرسطو ولغاية مجيء داروين، أنه عالم ساكن لا يتغير. وقبل نشر الكتاب الشهير (أصل الأنواع) لداروين، لم يلتفت أحد لمسألة العلاقات المتغيرة والمتبادلة ما بين الكائنات الحية والبيئة، وتكيفها في ضوء ذلك. والاستثناء الوحيد لذلك هو كتاب (التاريخ الطبيعي لسليبورن *Selborne*) لمؤلفه غيلبرت وايت Gilbert White (1720 – 1793) الصادر في العام 1789. إذ يعدّ البعض هذا الكتاب من أول الكتب عن علم البيئة.



تشارلز داروين.. صاحب الأثر الأكبر في تطور علم البيئة الحديث

أما تشارلز داروين Charles Darwin (1809 ــ 1882)، فإن كتابه (أصل الأنواع) ـ الذي نشر في العام 1859 ـ يعد بمثابة أول اختبار لعلم البيئة. ويعد داروين مؤسساً لعلم بيئة التربة Soil ecology على الرغم من أن كتابه ذاك اشتهر بنظرية النشوء والتطور Evolution. وقد كان لهذه النظرية دوراً مهماً في تغيير مسار الباحثين نحو انتهاج العلوم البيئية.

تطور علم البيئة منذ القرن العشرين

لازال علم البيئة الحديث يافعاً، فهو لم يصبح علماً متكاملاً إلا في نهايات القرن التاسع عشر، كما أسلفنا قبل قليل. على أن علم البيئة تحول، منذ مطلع القرن العشرين، من مجرد علم ذي طابع يصف التاريخ الطبيعي إلى أخر ذي طابع أكثر

علميةً يقوم على تحليل معمق للتاريخ الطبيعي. إذ نشر فريدريك كلمنتس Frederic Clements أول كتاب أمريكي حول علم البيئة في العام 1905، وفيه طرح نظريته القائلة أن المجتمعات النباتية هي بمثابة الكائن الحي الأعظم Superorganism، كما أنه كان رائد مفهوم التعاقب البيئي. وفي العام 1926، استخدم جان كرستين سمتز Jan Christian Smuts، مصطلح "التكامل البيئي Holism"، مستلهماً هذه الفكرة من نظرية الكائن الحي الأعظم لكلمنتس. وفي الوقت نفسه، طرح تشارلز ألتون Charles Elton ، مفهوم السلاسل الغذائية في كتابه الأصيل (علم بيئة الحيوان).

في العام 1942، كتب رايموند لندمان Raymond Lindeman، بحثاً شهيراً حول حركية المستويات الغذائية في علم البيئة، وقد أصبح هذا البحث فيما بعد الأساس لنظرية سريان الطاقة والمواد عبر الأنظمة البيئية. وخلال عقد الخمسينيات من القرن العشرين، أدخل روبرت ماك آرثر Robert E. MacArthur إلى علم البيئة، النظريات والتنبؤات والاختبارات الرياضية.

شهد علم البيئة تطوراً أيضاً من خلال إسهامات جاءته من علماء في بلدان أخرى، مثال ذلك الروسي فلاديمير فرنادسكي Vladimir Vernadsky، صاحب مفهوم الغلاف الحياتي في العشرينات. والياباني كنجي امانيشي Kinji Imanishi صاحب مفهومي التناغم في الطبيعة وعزلة المواطن الطبيعية خلال الخمسينيات.

هذا وشهد علم البيئة اهتماماً ملحوظاً على الصعيدين العلمي والشعبي خلال عقديّ الستينيات والسبعينيات، وذلك بفضل الحراك الجماهيري حول القضايا البيئية آنذاك، عبر ما يسمى بالحركة البيئية Environmental movement. فهنالك ترابط تاريخي وعلمي قوي ما بين علم البيئة وإدارة البيئة وحمايتها. وكان لكتابات عاشقي الطبيعة من أمثال آلدو ليوبولد Aldo Leopold وآرثر تانسلي Arthur Tansley، دوراً مؤثراً في الدعوة إلى حماية الطبيعة المنفصلة عن المراكز الحضرية حيث يتركز فيها التلوث والتدهور البيئي.

راتشيل كارسون..
مفجرة الحركة البيئية

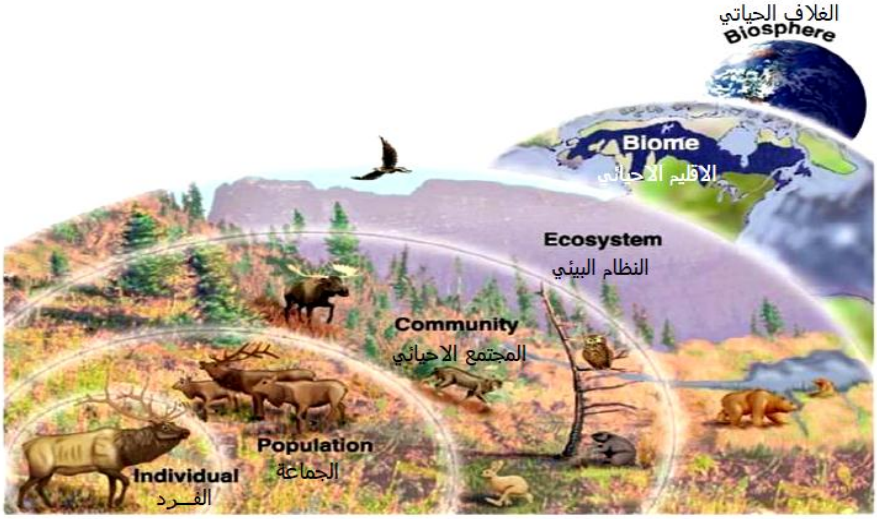
في العام 1962، ساعد كتاب (الربيع الصامت) لعالمة الأحياء والبيئة البحرية راتشيل كارسون Rachel Carson على دفع الحركة البيئية إلى الأمام، وذلك بعدما لفتت كارسون الرأي العام العالمي إلى قضية التلوث بالمبيدات السامة والتراكم الحيوي لمبيد الـ د.د.ت DDT في البيئة. واستفادت كارسون من علم البيئة في إثبات علاقة طرح السموم إلى البيئة بصحة الإنسان والنظام البيئي. وعلى هذا، بات علماء البيئة يكرسون، منذ ذلك الحين، جل اهتمامهم على ربط تدهور الأنظمة البيئية لكوكب الأرض بالسياسة والقوانين المتعلقة بالبيئة وبالكيفية التي تدار بها الموارد الطبيعية.

مجال علم البيئة

يشمل مجال علم البيئة The scope of ecology حيزاً واسعاً من مستويات التنظيم والتفاعل ما بين الأحياء تبدأ من أصغر مستوى (الذي يتمثل بالخلية) وينتهي بأكبر مستوى الذي يتمثل بكوكب الأرض بأكمله (أو ما يسمى بالغلاف الحياتي). فالنظم البيئية، على سبيل المثال، تشمل مواراداً غير حية وأشكالاً أخرى متفاعلة مع الحياة، ولذا تجد دراستها غاية في التعقيد، لكونها تتطلب تفصيلات لمجالات علمية عديدة وتتبعاً دقيقاً لتطور أشكال الحياة بحسب طبيعة الكائن قيد الدراسة. لكن مثل هذه الدراسة تتباين أيضاً من حيث المجال الجغرافي، فقد تتضمن مجرد تناول حشرة صغيرة ضمن نطاق لا يتعدى بضعة سنتمترات مربعة إلى تناول غابة تغطي مساحة إقليم بأكمله يمتد لعدة كليو أمتار مربعة.

لهذا، يمكن تقسيم مجال علم البيئة على مستوى التنظيم إلى خمسة مستويات أو نطاقات، نظراً للتعقيد الذي يتسم به مجال هذا العلم. وتتضح هذه المستويات في الشكل (3-1)، الذي يبين تنظيماً هرمياً لنطاق الدراسة البيئية. إذ يمكن أن يترتب

من الأكبر إلى الأصغر ليشمل: الغلاف الحياتي، الإقليم الحياتي، النظام البيئي، المجتمع الحياتي، ثم الجماعة الأحيائية، وأخيراً الكائن الحي المنفرد. وسنأتي إلى شرح كل واحدة من هذه المكونات البيئية في الفصل القادم.



الشكل (3-1): التنظيم الهرمي للنطاقات الجغرافية الاحيائية على وفق المجال الدراسي لعلم البيئة.

مناهج البحث الحديثة في علم البيئة

يعتمد موضوع البحث في علم البيئة وطبيعته ومجاله الجغرافي على اختيار المنهج العلمي المناسب الذي يحقق الأهداف المتوخاة للبحث. على هذا، ينتهج الباحثون في علم البيئة حالياً عدداً من الطرائق المنهجية لتحقيق أفضل النتائج، وتتمثل هذه المناهج بالآتي معززة بأمثلة توضيحية لكل واحد منها:

منهج استخدام الدراسات الحقلية في اختبار النظريات

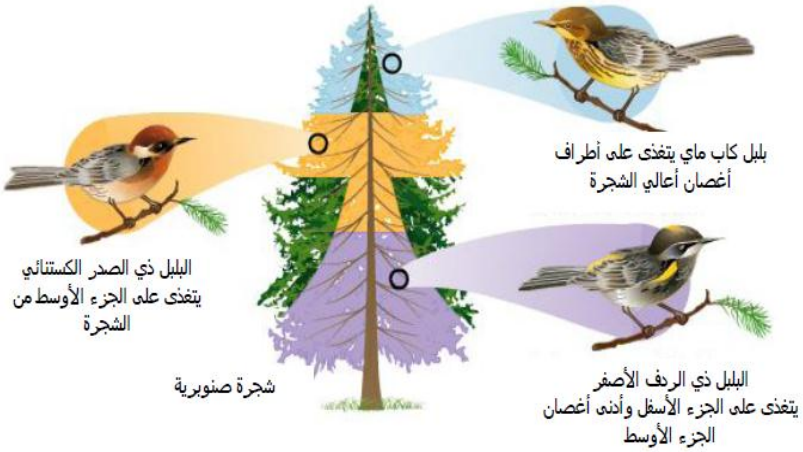
(مثال بيئة طيور الغابات)

في العام 1955 أجرى روبرت ماك آرثر Robert McArthur دراسة بيئية لثلاثة أنواع من الطيور المغردة (بلابل) تعيش مجتمعة في الغابات الصنوبرية الواقعة في القسم الشمالي الشرقي من أمريكا الشمالية. وتتشابه تقريباً هذه الأنواع الثلاثة من

حيث الحجم والشكل والاغتذاء على الحشرات، وهذه الأنواع هي: بلبل كاب ماي *Dendroica tigrina* والبلبل ذي الردف الأصفر *D.coronata* والبلبل ذي الصدر الكستنائي *D.castanea*. وتقوم دراسة ماك آرثر على تفنيد النظرية القائلة بأنه إذا كان هناك نوعان من الأحياء يحتاجان إلى نفس المتطلبات البيئية فسوف ينافس أحدهما الآخر، ونتيجة لذلك فإنهما سوف لن يستطيعا العيش في البيئة ذاتها. ولذا أراد ماك آرثر معرفة كيفية عيش هذه الطيور المغردة جنباً إلى جنب وهي في الغابة نفسها.

تتغذى الطيور المغردة بالدرجة الأساس على التقاط وجمع الحشرات من لحاء الأشجار ومن أورقها. ويعتقد آرثر أن بمقدور هذه الطيور التعايش مع بعضها البعض وأن لا ينافس أحدها الأخر إذا ما تغذت على الحشرات ضمن مستويات مختلفة من الشجرة الواحدة. وقد أثبت اعتقاد آرثر صحته. إذ أظهرت الملاحظات الميدانية التي دوّنها أن هذه الأنواع الثلاثة من البلابل إنما تأخذ غذائها من مستويات متعددة ضمن شجرة الصنوبر الواحدة. ومثلما يوضح الشكل (4-1)، فإن البلبل المسمى كاب ماي يتغذى أساساً من منطقة الأوراق الأبرية والبراعم الجديدة الموجودة في أعالي الأشجار. أما البلبل ذي الصدر الكستنائي فيتغذى على الجزء الأوسط من الشجرة. فيما يتغذى البلبل ذي الردف الأصفر على الأقسام التحتية من الشجرة وعلى الأطراف السفلى من الجزء الأوسط.

لقد دللت مشاهدات ماك آرثر على أنه بالرغم من عيش هذه الطيور في الغابة نفسها، فإنها تحصل على غذائها من مناطق مختلفة لأشجار الغابة. وقد توصل هذا الباحث إلى أن هذه التغذية المتعددة المستويات ربما تكون هي السبب في ضعف المنافسة بين هذه الطيور في الغابات الصنوبرية. وبذلك فقد تم اختبار نظرية كانت تبدو صحيحة، لكن بواسطة المراقبة والدراسة الحقلية تم تفنيدها والبرهنة على خطئها.



الشكل (4-1): مناطق اغتذاء الطيور المغردة ضمن الغابة الصنوبرية.

منهج التشارك ما بين الدراسات الحقلية والمختبرية

(مثال النحل الطنّان)

قد يتطلب تحليل بعض المشكلات البيئية المعقدة القيام بعدد من الدراسات الميدانية والمختبرية معاً. فأما الدراسات الميدانية فإنها تمدنا بمعلومات عن واقع الطبيعة، وأما الدراسات المختبرية فهي تمدنا بقياسات دقيقة ضمن حدود بيئات مسيطر عليها. وكلتا الطريقتين يكملان بعضهما الأخر.

من الأمثلة على تطبيق هذا المنهج، ما أتبعه بيرند هيرنش Bernd Heirnrich في تناول العديد من المشكلات البيئية المعقدة عن طريق مجموعة من الدراسات الميدانية والمختبرية معاً. إذ يذكر في أحدى مشاريعه البحثية أن النحل الطنّان، على سبيل المثال، يعيش في معظم الأقاليم الباردة من العالم. وأن هنالك نوعان منها يعيشان في المناطق الشمالية الشديدة البرودة بعدد يزيد عن عدد البشر الموجودين. وفي جميع هذه المناطق المذكورة يقوم النحل الطنّان أثناء عمله وتحركه بالحفاظ على منطقته الصدرية دافئةً، لأن ذلك الجزء من جسمها هو الذي توجد فيه العضلات

التي تساعدها على التحليق كما ترتبط به الأجنحة والأرجل، لكن عملية المحافظة على درجة حرارة الجسم دافئة في بيئة باردة تتطلب في الحقيقة وجود طاقة. لذا يجب معرفة مقدار الطاقة المفقودة والمكتسبة.

من أجل ذلك قام هيرنش بإجراء عدد من الدراسات الحقلية والمختبرية لتخمين موازنات الطاقة لنحل يتغذى على أنواع مختلفة من الأزهار في درجات حرارية متباينة. ولكي تحافظ مستعمرة النحل الطنّان على بقاءها يجب موازنة الفرق بين الوارد من الطاقة والخارج عنها. ويمثل اغتذاء النحل على الأزهار ضمن درجات حرارة معينة اكتساباً للطاقة فيما تمثل عملية تجوالها بحثاً عن الطعام فقداناً للطاقة. ويمكن للنحل استثمار ما يكسبه من طاقة في عملية إنتاج العسل لإطعام مستعمرة النحل وكذلك في إعادة إنتاجه من جديد. أما عملية التجوال بحثاً عن الطعام فإنها تعني فقدان للطاقة ومن ثم غذاءً أقل وتضاؤلاً في الإنتاجية وبالنتيجة عدم الاستطاعة على البقاء لفترات طويلة.

دراسة النحل الطنّان ما بين الحقل والمختبر.. كشفت حقيقة علمية مذهلة

في الحقل، استخدم هيرنش ساعة توقيت لقياس المدة التي يقطعها النحل الطنّان في طيرانه واغتذاءه. وقام أيضاً باصطياد عدد منها ثم قاس درجة حرارة صدورها بواسطة محرار خاص. أما في المختبر، قام بتحليل فسيولوجي عبر استخدام عدد من الأجهزة والمعدات المختبرية الخاصة، وذلك لتقدير كمية الطاقة المستنفذة في أثناء عملية تحليق النحل ومقدار الطاقة اللازمة لتسخين أجسامها.

لقد توصل هيرنش، في نهاية المطاف، إلى أن النحل يحافظ على درجة حرارة منطقته الصدرية بما يتراوح من 30 – 37 °م، حتى عندما تهبط درجة حرارة الهواء إلى ما دون الصفر المئوي. وهنا السؤال كيف يمكن لهذا النحل المحافظة على درجة

حرارة صدوره مرتفعة في مثل هذه البيئات الباردة؟ أنها تقوم بذلك من خلال تقليص عضلاتها في أثناء التحليق، إذ تتقلص هذه العضلات في كل حركة صعود ونزول لأجنحتها، ونتيجة لذلك تدفئ تدريجياً، وألا سوف يصيبها الارتعاش والارتجاف إن لم تفعل ذلك.

من هذا المثال، يتضح كيف أن تضافر العمل الحقلي مع التحليل المختبري الفسيولوجي استطاع أن يجيب عن تساؤلات علمية ربما لم يكن بالمقدور الإجابة عنها لو تم الاعتماد على أسلوب واحد فقط.

منهج المسوحات الحقلية

(مثال الموازنات الغذائية في الغابات)

ناليني نادكارني..
ساعد تسلقها الغابة على حل لغز علمي

إن أول عمل يقوم به المتخصصون في مجال علم البيئة لدى دراستهم للدورات الغذائية كالنتروجين أو الفسفور أو الكالسيوم هو استطلاع تواجد هذه العناصر الغذائية ومسحها ومعرفة توزيعها ضمن النظام البيئي. فالمسوحات التي أجرتها عالمة البيئة ناليني نادكارني Nalini Nadkarni، قد غيرت من أفكارنا تجاه التركيبة التي تتميز بها الغابات المدارية والمعتدلة المطيرة وكيفية أداء عملها. إذ تسلقت نادكارني ببطء عبر عدد من أشجار أحدى الغابات المطيرة في كوستاريكا وصولاً إلى قممها، وهناك وجدت عالماً لم يسبقه إليه أحد فأصبحت بذلك رائدة لهذا الاكتشاف الجديد. لقد أصابتها الدهشة لما رأته فوق قمم الأشجار من تنوع هائل في الكائنات الحية وما يتخلل ذلك من علاقات بيئية تربط هذه الكائنات بعضها ببعض وهو ما لم يكن متوقعاً أن تجده في مثل هذا القطاع من الأشجار. لكن دهشتها هذه سرعان ما قادتها إلى ابتكار طريقة جديدة في البحث العلمي، إذ أن

نادكارني لا تعد أول من بحث في أعالي الأشجار فحسب بل تعد أيضاً أول من سبر أغوار بيئة هذا العالم المجهول.

تتصف ترب العديد من الغابات المطيرة بكونها تفتقر إلى العناصر الغذائية كالنتروجين والفسفور، وذلك بسبب ترشحها مع مياه الأمطار الغزيرة باستمرار. وقد أثارت هذه الشحة في العناصر الغذائية في ترب تلك الغابات لغزاً حيّر علماء البيئة في حينها. إذ كان أكثر ما يشغل بالهم هو كيف يمكن لهذه الحياة التي تزخر بها الغابات المطيرة أن تدوم وتستمر في مثل هذه الترب الفقيرة بالعناصر الغذائية. والحقيقة أن هناك عدة عوامل تسهم في ديمومة هذا النشاط الحيوي الزاخر. فجاء بحث نادكارني هذا ليكشف النقاب عن واحد من تلك العوامل، وهو يتمثل بوجود خزين هائل من العناصر الغذائية في قمم أشجار هذه الغابات المطيرة.

هناك نوع من النباتات يعرف بالنباتات الهوائية Epiphytes يرتبط وجودها بهذه المستودعات الغذائية في الغابات المطيرة. والنباتات الهوائية، شأنها شأن الكثير من النباتات السحلبية والسرخسيات، عبارة عن نباتات تنمو فوق أغصان وجذوع غيرها من النباتات. على أن النباتات الهوائية ليست طفيلية، فهي لا تستمد غذائها من نبات أخر تنمو عليه، بل أنها تنمو فوق أغصان الأشجار فقط لأجل حفظ المادة العضوية، لتتحول فيما بعد إلى ما يشبه الحصيرة. ويأخذ سمك هذه الحصائر بالازدياد حتى يصل إلى أكثر من 30 سم، فتوفر بذلك تركيبة معقدة تكون داعماً لحياة كثير من المجتمعات النباتية والحيوانية.

تحتوي حصائر النباتات الهوائية على كميات كبيرة من العناصر الغذائية. وقدرت نادكارني بأن هذه الكميات في بعض الغابات المدارية المطيرة تعادل تقريباً نصف المحتوى الغذائي الموجود في أوراق أعالي الأشجار. وتبين من بحث العالمة نادكارني أيضاً أن الأشجار في كل من الغابات المعتدلة والمدارية المطيرة تصل إلى هذه المستودعات الغذائية من طريق نشر وتفريع الجذور الممتدة من جذوعها

وأغصانها بدءاً من الأرضية وصعوداً إلى الأعلى. وحصيلة لما قدمه لنا هذا البحث، فقد بات بالمقدور الآن فهم الاقتصاد الغذائي في الغابات المطيرة.

منهج استلال المعلومات من سجلات حبوب اللقاح

(مثال تغير الغطاء النباتي)

إن الأرض وما عليها من حياة في حالة تغير دائم ومستمر. على أن أغلب هذه التغيرات المهمة إنما تحدث عبر فترات زمنية طويلة وعبر مساحات مكانية شاسعة مما يجعل دراستها ومتابعتها أمراً عسيراً. إلا أن هنالك منهج يجعلنا نستشرف العمليات الزمنية البعيدة والمكانية الشاسعة، ذلك هو منهج تفحص حبوب اللقاح المحفوظة في رواسب البحيرات.

فعلى سبيل المثال، قامت مارغريت ديفز Margaret Davis ببحث وتمحيص دقيقين لعينة تحتوي على حبوب لقاح مأخوذة من رواسب أحدى البحيرات الواقعة في جبال الأبلاشيان بالولايات المتحدة الأمريكية، حيث ستكون حبوب اللقاح هذه بمثابة وثيقة تعينها على أدراك التغيرات التي اعترت النباتات النامية على مقربة من هذه البحيرة على مر بضعة آلاف من السنين الماضية. والسيدة ديفز هي في حقيقتها عالمة في مجال البيئات القديمة مختصة بتحليل ودراسة البيئات على المستويات المكانية والزمانية السحيقة. وقد أفنت ردحاً طويلاً من عمرها وعملها في استقصاء التغيرات التي طرأت على الغطاء النباتي إبان الزمن الجيولوجي الرابع، لاسيما إبان الـ 20000 سنة الأخيرة.

إن بعض حبوب اللقاح التي تنتجها النباتات النامية بجوار البحيرة تسقط فوق سطح البحيرة وتغوص إلى الأعماق ومن ثم تطمر مع رواسب البحيرة. ولما كانت رواسب البحيرة ترجع في أصولها إلى عدة قرون، فإن حبوب اللقاح هذه تُحفظ بين طياتها وتؤلف بذلك سجلاً تاريخياً يدون أنواع النباتات التي عاشت هنا وفصائلها. ولأن النباتات التي تغطي ضفاف البحيرة تتعرض باستمرار للتغير، فأن

مزيج حبوب اللقاح المحفوظ في رواسب البحيرة هذه يتعرض للشيء نفسه أيضاً. فمثلاً يرجع أول ظهور لحبوب اللقاح المتساقطة عن أشجار صنوبرية من نوع البيسية Picea الموجودة في الرواسب البحيرية إلى حوالي 12000 سنة خلت، أما الحبوب المتساقطة عن أشجار الزّان نوع *Fagus grandifolia*، فإن أول ظهور لها في الرواسب يمتد إلى نحو 8000 سنة خلت. فيما لم يظهر وجود لحبوب لقاح أشجار الكستناء في تلك الرواسب ألا منذ 2000 سنة تقريباً. لذا بالإمكان إعادة كتابة تاريخ الغطاء النباتي عن أية منطقة من خلال تفحص حبوب اللقاح المحفوظة في رواسب بحيرات أخرى. ومثلما فعلت العالمة ديفز فقد كان لبعض أعمالها قيمة كبيرة في إعادة كتابة تاريخ الغابات النفضية في الجزء الشرقي من أمريكا الشمالية، وكشفت عن دور التغير المناخي في تبدل ظروف تلك الغابات.

يمكن لحبوب اللقاح..
أن تكشف عمر غابات بأكملها

منهج الاستفادة من دراسة التاريخ الطبيعي

(مثال متنزه شجرة المطر الوطني):

المثال على ذلك هو انتهاج عالم البيئة دانيال جانزن Daniel Janzen لهذا المنهج وإفادته من دراسة التاريخ الطبيعي في الوصول إلى الحقائق العلمية. كان جانزن يطمح لإعادة إحياء غابة متنزه شجرة المطر الوطني في كوستاريكا، التي كانت في يوم من الأيام تزخر بالحياة كما هي عليه الغابات المدارية المطيرة تقريباً، أما الآن فأنها تقارب الجفاف بعدما فقدت العديد من أشجارها، لاسيما شجرة المطر Guanacaste، وهي من نوع *Enterobbium cyclocarpum*. وحينما شرع هذا الباحث بدراسة أسباب تناقص أعداد هذه الأشجار، لاحظ وجود شيء مفقود في الغابة الحالية. فمن خلال تفحصه لأرجاء هذه الغابة الجرداء، لم يلمح أي وجود

لحيوانات محلية قادرة على بعثرة بذور شجرة المطر. ذلك أن شجرة المطر هذه، وهي عضو من عائلة البازلاء، تنتج ثماراً على شكل أقراص يبلغ قطر الواحدة منها 10 سم ويتراوح سمكها من 4 إلى 10 ملم. ويصل إنتاج كل شجرة كبيرة منها سنوياً إلى أكثر من 5000 ثمرة، إذ تسقط على الأرض بعد نضوجها.

قاد تتبع التاريخ الطبيعي لشجرة المطر إلى إعادة إحياء غابة مدارية من جديد

لقد أستطاع جانزن، بالرجوع إلى سجلات التاريخ الطبيعي، فهم العمليات الحيوية التي سببت توقف شجر المطر عن التكاثر. فقد ظهر أن هذه المنطقة كانت تزخر في السابق بوجود حيوانات ضخمة عاشبة كالجمال والخيول البرية، التي تقتات مع العشب على البذور المتساقطة لأشجار المطر، ومن ثم تسهم في نشرها من طريق البراز الذي تطرحه أو من طريق بعثرتها بحوافرها عند تجوالها في المنطقة. على أن هذه الحيوانات أبيدت وانقرضت منذ ما يقرب من 10000 سنة خلت، ولعل لعمليات الصيد المفرط التي كان يقوم بها الإنسان في ذلك الوقت دوراً في ذلك. وبذلك ظلت أشجار المطر تطرح سنوياً آلافاً من بذورها غير أنها لا تجد من يساعد على نشرها عبر أرض الغابة. فأدرك جانزن القيمة العملية للماشية في بعثرة البذور ونشرها وقام بضمها إلى خطته لإعادة تأهيل الغابة المدارية في متنزه شجر المطر الوطني بكوستاريكا. وبالفعل بدأت الغابة اليوم تستعيد عافيتها بعد إدخال حيوانات الماشية والخيول إليها، إذ أنها تقوم بدور فاعل في تكاثر شجر المطر عبر أرجاء الغابة.

إن سعة وعمق النظرة التي يقدمها التاريخ الطبيعي، تمنح الباحثين رؤية واضحة يستطيعوا من خلالها النفاذ إلى ما وراء رؤية الأشياء الظاهرية. فمن خلال عدسات التاريخ الطبيعي، يمكن مدّ النظر إلى ما وراء اعتبار بعض الحيوانات مجرد كائنات متطفلة، بل اعتبارها حيوانات أساسية لإعادة إحياء نظام بيئي بكامله. وفي

مثال جانزن، لم يبادر أي شخص من قبله إلى ملاحظة غياب هذه الحيوانات ولم يلحظ أحد أثرها البيئي المهم على حياة الغابات المدارية، ولكن بالإفادة من مراجعة التاريخ الطبيعي حقق ما يصبوا إليه.

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1- ما الركزتين الأساسيتين في تعريف علم البيئة؟ وما العنصر المشترك بينهما؟

2- بما يتميز علم البيئة عن غيره من العلوم؟

3- ما الفروقات الجوهرية بين علم بيئة الفرد وعلم بيئة الجماعة؟

4- أرسم مخططات انسيابية لتقسيم علم البيئة إلى أقسام متعددة أكثر تفصيلاً مبنية على أسس علمية مختلفة.

5- من هم مؤسسو علم البيئة من القدامى والمتأخرين؟ وما هي مساهمات كل واحد منهم في تطوير علم البيئة؟

6- لماذا يتصف مجال علم البيئة بالتعقيد؟ وما هي مستويات أو نطاقات مجاله الجغرافي؟

7- أذكر مناهج البحث الحديثة في علم البيئة، مع الإشارة إلى الحقائق العلمية التي توصل إليها بعض الباحثين بفضل تطبيقهم لهذه المناهج. لخصّ إجابتك بصيغة نقاط واضحة.

8- بماذا يمكن أن تنفعك دراسة علم البيئة في حياتك اليومية؟ أورد أمثلة تطبيقية عن ذلك، بما تستطيع.

* * *