مع تحيات د. سلام الهلالي

طبعة ملونة

علم البيئة

الدكتور
حسين السعدي

اليازوري
www.yazory.com

مقدمة المؤلف

الحمد لله الذي مكنني من تقديم هذا الجهد العلمي في تأليف الكتاب المنهجي الموسوم " علم البيئة والتلوث " الذي جاء حصيلة للخبرة المتراكمة لأكثر من ثلاث عقود في البحث والتأليف.

لقد شهد العالم اهتماماً متزايداً في موضوع البيئة والحفاظ عليها من مخاطر التلوث خلال الفترة الماضية لما لها أهمية في حياة الإنسان وما يحيط به من الكائنات الحية . وعقدت العديد من المؤتمرات العالمية التي يشارك فيها معظم دول ا لعالم. وكذلك الحال في قطرنا المناضل والذي يواجه حصاراً اقتصادياً جائراً وعدواناً مستمراً من دول الشر التي تقودها أمريكا والصهيونية العالمية، فقد شهد تطوراً واضحاً في المجالات البيئية حيث استحدثت أقساماً ومراكز بحثية في الجامعات والمعاهد فضلاً عن التوجهات في الدراسات العليا لدراسة الظواهر والمشاكل البيئية في القطر وإعطاء الحلول في معالجتها.

أعد الكتاب وفق المفردات المقرة من قبل الهيئة القطاعية لكليات التربية في القطر ضمن مواضيع المرحلة الثالثة من أقسام علوم الحياة .ويقع الكتاب في خمسة عشر فصلاً تضم الموضوعات البيئية الأساسية فضلاً عن موضوع التلوث ، مع إعطاء أمثلة عن البيئة العراقية المحلية لتكون عوناً للطالب لفهم الموضوع. كما أن العديد من مفرداته تدعم أقسام علوم الحياة في كليات العلوم فضلاً عن كليات الزراعة والاختصاصات ذات العلاقة الأخرى. وقد اعتمدت عدد من المصادر الحديثة.

أود أن أشكر الهيئة القطاعية لكليات التربية في وزارة التعليم العالي والبحث العلمي وجامعة بغداد لتشريفي بتأليف هذا الكتاب وتعضيده. والشكر موصول إلى كافة الباحثين والناشرين الذين استعنت بمطبوعاتهم لإغناء هذا الكتاب وتعميق فائدته. وأخيراً ليس آخراً أشكر زوجتي وبقية أفراد عائلتي لتحملهم انشغالي في تأليف هذا الكتاب خلال السنتين الماضيتين.

آملاً أن أكون قد وفقت في إعداد هذا الكتاب خدمة لحركة التقدم العلمي في قطرنا الحبيب وأمتنا العربية المجيدة. وسأكون ممتناً للآراء والأفكار التي تصلني بعد الاطلاع على محتويات هذا النتاج من قبل المختصين لأخذها في نظر الاعتبار عند إعادة طبعه.

والله ولي التوفيق

المؤلف

تموز 2002

ع مع تحيات د. سلام الهلالي

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

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

salamalhelali@yahoo.com

فيس بك... كروب... رسائل وأطاريح في علوم الحياة

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

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

07807137614

الفصل الأول

المقدمة

Introduction

مع تحيات د. سلام الهلالي

المحتويات

مقدمة المؤلف	I
المقدمة	III
الفصل الأول	III
: مقدمة تاريخية	1
2-1 : تعريف علم البيئة Definition of Ecology	4
3-1- علاقة علم البيئة بالعلوم الأخرى:	6
4-1- فروع علم البيئة Branches of Ecology	7
أولاً : علم البيئة المائية Aquatic Ecology	7
1-1 1. البيئة البحرية Marine Ecology	7
2-1 2. بيئة المصبات Estuarine Ecology	7
3-1 3. بيئة المياه العذبة Fresh water Ecology	7
4-1 ثانياً : علم بيئة اليابسةTerrestrial Ecology	8
5-1 1. علم البيئة الذاتيةAutecology	9
6-1 2. علم بيئة المجموع Synecology	9
النظام البيئي	13
Ecosystem	13
الفصل الثاني	13
1-2 : المقدمة	15
2-2 : تركيب النظام البيئي Structure of the Ecosystem	16
2-2-2- : ثانياً: المكونات الأحيائيةBiotic Components	18
2- الكائنات غير ذاتية التغذيةHeterotrophic organisms	20
1- الملتهمات Phagotrophs	21
3-2 : النظام البيئي الدقيق Micro Ecosystem	25
4-2: الأنظمة البيئية غير الكاملة Incomplete Ecosystems	25
5-2: المفاهيم المتعلقة بالنوع والفرد	26

7-1 1- الموطن والمركز البيئي Habitat and Ecological niche 26
2- المكافئ البيئي Ecological equivalent 27
3- إزاحة الصفات Character displacement 28
8-1 5- الانتخاب الصنعي Artificial selection 30
9-1 6- الساعة البيولوجية Biological clock 31
10-1 7- الأنماط السلوكية الأساسية Basic behavioral patterns 32
6-2: التوازن البيئي Environmental stability 35
الدورات الكيماوية 39
الأرضية الحياتية 39
Biogeochemical 39
cycles 39
الفصل الثالث 39
1-3: المقدمة 41
11-1 3-2-1: أولاً : دورة الماء Hydrologic cycle 43
2-2-3: ثانياً : الدورات الغازية Gaseous cycles 46
12-1 1- دورة الكاربون Carbon cycle 46
13-1 3-2-3: الدورات الرسوبية Sedimentary cycles 52
14-1 2-دورة الفسفور Phosphorus cycle 54
العوامل المحددة 59
Limiting factors 59
الفصل الرابع 59
1-4 المقدمة 61
2-4: قانون ليبج للحد الأدنى Liebig law of the minimum 62
15-1 3-4 : قانون شيلفورد للحد الأعلى Shelfords law of the maximum 63
16-1 4-4 : مفهوم الجمع (بين قانوني الحد الأعلى والحد الأدنى) للعوامل المحددة 65
17-1 5-4 : العوامل اللاحياتية ذات الأهمية كعوامل محددة 66
18-1 1-5-4 : أولاً: درجة الحرارة Temperature 66

19-1 أ- خطوط العرض Latitude 68
20-1 ب- مستوى سطح البحر Sea level 68
21-1 ج- الغيوم Clouds 68
4-5-2: الثانية: الرطوبة Humidity 69
22-1 1- النباتات المائية Hydroppytes 71
23-1 3- النباتات الصحراوية Xerophytes 72
24-1 4-5-3: ثالثاً : الضوء Light 73
25-1 1- نباتات طويلة النهار Long-day plants 74
26-1 4-5-4: رابعاً : الرياح Wind 75
27-1 4-5-5: خامساً: التربة Soil 77
مكونات التربة Soil composition 78
28-1 نسجة التربة Soil texture 79
4-5-6: سادساً: الحرائق Fires 80
4-5-7: سابعاً: الملوحةSalinity 81
4-5-8:ثامناً: درجة الأس الهيدروجيني PH 83
4-5-9: تاسعاً: الغازات Gases 83
29-1 4-5-10: عاشراً: المغذيات Natrients 85
30-1 4-5-11: حادي عشر: التيارات والضغوط Currents and pressures 85
الفصل الخامس 86
5-1: المقدمة 86
5-3: العوامل المحددة للإنتاجية 90
31-1 2- قياس الأوكسجين Oxygen measurement 96
32-1 3- قياس ثنائي أوكسيد الكربون Carbon dioxide measurement 96
33-1 4- قياس الأس الهيدروجيني PH measurement 97
34-1 5- قياس المواد الأولية Raw materials measurement 97
35-1 7- قياس الكلوروفيل Chlorophyll measurement 98
36-1 5-6: السلاسل الغذائية Food chains 98

5-7: الشبكات الغذائية Food webs 102
5-8: التركيب الاغتذائي Trophical structure 105
5-9: الأهرام البيئية Ecological Pyramids 107
2- أهرام الكتلة الحية The pyramids of Biomass 112
1-37 3- أهرام الطاقة The pyramids of energy 114
السكان 118
(الجماعة) 118
Population 118
الفصل السادس 118
6-1:مقدمة 120
6-2: خصائص الجماعة السكانية Population group properties 120
1-38 1- الكثافة Density 121
1-39 2- الولادة Natality 123
1-40 3- الهلاك Mortality 124
1-41 4- انتشار السكان Population dispersal 125
1-42 6-3: التنظيم السكاني Population regulation 126
6-4: الإقليمية: Territorialism 129
6-5: مراتب الهيمنة Dominance hierarchies 130
6-6: السلوك الاجتماعي في تنظيم السكان Social behavior in population regulation 131
6-7: القدرة على تنظيم الأعداد 133
1-43 3- التوزيع المتكتل Clumped dispersion 134
6-8: جداول الحياة Life tables 135
6-9: توزيع عمر السكانPopulation age distribution 137
6-10: أشكال النمو في السكان Population growth shapes 138
المجتمع 140
والعلاقات بين الأنواع 140
Community and 140
Relationships 140

among species 140
الفصل السابع 140
7-1: المقدمة 142
1-44 7-2-1: أولاً: العلاقات السلبية Negative relationships 145
1-45 7-2-2: ثانياً: العلاقات الإيجابية Positive relationships 156
1-46 1- التعايش Symbiosis 156
1-47 ب. المعايشةCommensalism 157
1-48 7-3: تباين الأنواع Species diversity 158
التعاقب البيئي 162
Ecological 162
succession 162
الفصل الثامن 162
8-1: المقدمة 164
8-2: الأنواع الأساسية للتعاقب Basic types of succession 165
1-49 أولاً: التعاقب الابتدائي Primary succession 165
1-50 1- التعرية والتجريد Nudation 166
1-51 2- الاجتياح Invasion 166
1-52 3- التنافس والتفاعل Competition and reaction 166
ثانياً: التعاقب الثانوي Secondary succession 167
1-53 8-3-1: أولاً: التعاقب المائي Hydrach succession 168
1-54 1- التعاقب في المياه العذبة Freshwater succession 168
2- التعاقب البحري Marine succession 170
8-3-2: ثانياً: التعاقب الجفافي Xerach succession 170
1-55 1- المسلسلة الصخرية Lithosere 171
1-56 2- المسلسلة الرملية Sandsere 171
1-57 3- تعاقب الحقل المعمر Old field succession 173
1-58 8-3-3: ثالثاً: أشكال التعاقب الدقيق The Microsuccession forms 173
8-4: الذروة Climax 174

نشوء النظام البيئي 178
وتطوره 178
Development and 178
evolution 178
of the ecosystem 178
الفصل التاسع 178
9-1: المقدمة 180
9-3: تطور النظام البيئي Ecosystem development 182
9-4: النظام البيئي وعلاقته بعلم بيئة الإنسان 185
9-5:الاتجاهات الحديثة في علم البيئة 188
المناطق البيئية 192
Ecological Regions 192
الفصل العاشر 192
10-1: المقدمة 194
10-2: المناطق البيئية البرية 194
10-3: الأقاليم الحياتيةBiomes 197
59-1 أولاً: الصحاري Deserts 197
60-1 ثالثاً: الغابات Forests 202
61-1 2- إقليم الغابات الاستوائية المطيرة Tropical rain forests 204
3- الغابات المخروطية الشمالية Northen coniferous forests 206
62-1 4- الغابات النفضية المعتدلة Temperate Deciduous forest207
63-1 رابعا: السهوب (السفانا المدارية) Savanna 208
1-64 الحار الجاف 209
65-1 خامساً: أراضي الحشائش (المراعي) Grass lands 210
أولاً: بيئة المياه العذبة Freshwater environment 214
66-1 1- المياه الساكنة أو الراكدة Lenntic water 215
67-1 أولاً: الانتاجية Productivity 216
68-1 1. البحيرات قليلة التغذية Oligotrophic lakes 216
69-1 2. البحيرات غنية التغذية Eutrophic lakes 217

70-1 3. البحيرات عسرة التغذية Dystrophic lakes 217
71-1 ثانياً: الملوحة Salinity 217
72-1 1. بحيرات عذبة Freshwater lakes 217
73-1 2. بحيرات مالحة Salt lakes 218
التمنطق في البحيرات Zonation 218
74-1 1. المنطقة الضوئية Photic zone 218
75-1 2. المياه الجارية Lotic Water 220
أولاً: المنتجات Producers 222
76-1 1- الطحالب Algae 222
77-1 2. النباتات الوعائية Vascular plants 223
ثانيا: المستهلكات Consumers 223
78-1 1. المستهلكات الأولية Primary consumers 223
2. المستهلكات الثانوية Secondary consumers 224
3. المستهلكات الثالثية Tertiary consumers 224
ثالثا: المحللاتDecomposers 225
ثانيا: بيئة المياه البحرية Marine environment 225
79-1 1- منطقة المد والجزر Intertidal zone 226
80-1 2. منطقة الجرف القاري Continetalshelf zone 228
4. المنطقة القاعية Benthic zone 230
5. منطقة الشعاب المرجانيةCoral reef zone 231
التلوث البيئي 234
Enviromental 234
pollution 234
الفصل الحادي عشر 234
11-1: المقدمة 236
11-2 : تعريف التلوث البيئي 239
81-1 11-3: مخاطر النمو السكاني 240
82-1 11-4: التلوث الطبيعي Natural pollution 242
11-5: دور دول العالم 243

6-11: طبيعة المواد الملوثة Nature of pollutants 245
ثانياً: حسب تركيبها الكيماوي: يمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسيين هما: 246
ثالثاً: درجة تحللها : تشمل نوعين هما: 246
تلوث الهواء 248
Air pollution 248
الفصل الثاني عشر 248
12-1: المقدمة 250
-2: طبيعة الغلاف الجوي 252
83-1 12-4-1: أولاً: الدقائقيات Particulates 255
84-1 12-4-2: الملوثات الغازية Pollutant gases 260
85-1 1- الهايدروكربونات Hydrocarbons 260
86-1 2- غاز أحادي أوكسيد الكربون CO 262
87-1 3- ثنائي أوكسد الكربونCO2 263
88-1 5- أكاسيد الكبريت Sulpher oxide Sox 266
89-1 6- غاز كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulphide 268
90-1 12-5: الكوارث والظواهر البيئية المسببة لتلوث الهواء 269
12-6: ملوثات الهواء ذات الطابع العالمي 273
91-1 12-6-1: أولا: الاحتباس الحراري Global warning 274
92-1 12-6-2: ثانيا: طبقة الأوزون في الغلاف الجوي 275
93-1 12-6-3: ثالثا: التلوث الإشعاعيRadiation pollution 277
التأثيرات البيولوجية للإشعاع 282
الكوارث البيئية من التلوث الإشعاعي 284
94-1 12-6-4: رابعا: التدخين Smoking 286
تلوث المياه 295
Water Pollution 295
الفصل الثالث عشر 295
13-1: مقدمة 297
95-1 13-2: الخواص الفيزياوية والكيماوية ذات العلاقة 298
96-1 1- التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity 298

97-1 2- الملوحة Salinity 299
98-1 3- الأوكسجين المذاب: Dissolved oxygen 299
99-1 4- الأس الهيدروجيني pH 301
100-1 5- اللون Color 301
101-1 6- الكدرة Turbidity 302
1-102 7- كبريتيد الهيدروجين H_2S 302
103-1 8- المواد ذات النشاط الإشعاعي Radioactive materials 303
104-1 13-3: ملوثات المياه Water pollutants 303
105-1 13 -3-1: أولاً: الفضلات المتطلبة للأوكسجين Oxygen demanding wastes 304
106-1 1- المتطلب أو الاحتياج الحيوي للأوكسجين Biological Oxygen Demand 304
107-1 2- المتطلب أو الاحتياج الكيماوي للأوكسجين Chemical Oxygen Demand 305
108-1 3- الكاربون العضوي الكلي Total Organic Carbon 305
13-3-2: ثانياً: العوامل المسببة للمرض Disease causing agents 306
109-1 13-3-3: ثالثاً: المركبات العضوية المصنعة Synthetic organic compounds 307
110-1 13-3-4: رابعاً: المغذيات النباتية Plant nutrients 310
111-1 13-4-5: خامساً: الكيماويات غير العضوية والمواد المعدنية Inorganic chemical and mineral substances 311
112-1 13-3-6: سادساً: الترسبات Sediments 312
113-1 13-3-7: سابعا: المواد المشعةRadioactive substances 313
114-1 13-3-8: ثامنا: التلوث الحراري Thermal Pollution 314
115-1 13-4: المعالجة والحد من تلوث المياه 315
13-5: تلوث المياه بالنفط Oil Pullution 317
تلوث التربة 319
Soil Pullution 319
الفصل الرابع عشر 319

14-1: المقدمة 321
1-116 14-2-3: ثالثاً: الأمطار الحامضية Acid rains 325
1-117 14-2-4: رابعا: المعادن الثقيلة Heavy metals 325
التربية والوعي البيئي 333
Environmental education and consciousness 333
الفصل الخامس عشر 333
15-1: المقدمة 335
15-2: مفهوم التربية البيئية 338
15-3: مجالات التربية البيئية 340
1-118 15-3-1:تعليم الجمهور 340
1-119 15-3-2: تعليم الفئات المهنية والاجتماعية 340
1-120 15-3-3: التعليم النظامي المدرسي 340
1-121 15-3-4: التعليم غير النظامي (اللامدرسي) 340
1-122 15-4: أهداف التربية البيئية 341
15-5: سمات التربية البيئية 341
15-7: اهتمامات بلدان العالم 345
15-8: الاهتمامات البيئية في العراق والتشريعات ذات العلاقة 346
المصادر العربية 353
المصادر الأجنبية 357

: مقدمة تاريخية

لقد مرت دراسة البيئة بمراحل مختلفة من النمو خلال التاريخ حيث اهتم الإنسان منذ زمن مبكر من تاريخه بالبيئة فكان يحمي نفسه من الحيوانات المفترسة ويبحث في النباتات ويختار منها غذاءه. كما تعايش مع سقوط الأمطار والثلوج وهبوب الريح وتعاقب الفصول وغيرها من التغيرات في العوامل البيئية المختلفة. ومع التقدم الذي شهده الإنسان في مجالات الحياة المختلفة استطاع أن يتكيف في مكان معيشته وغذائه خلال محاولة تفهمه لما يحيطه من كائنات حية وعوامل البيئة غير الحية.

تدل الشواهد المستمرة من دراسة المتحجرات التي تم جمعها من بقاع مختلفة من العالم على الهجرة المستمرة لبعض الأقوام والمجتمعات السكانية هروباً من درجات الحرارة غير الملائمة أو من التأثيرات القاسية للعوامل البيئية غير الحياتية الأخرى. لذا نشأت الحضارات القديمة من مناطق تتلاءم وظروف الحياة كما هو الحال في حضارة وادي الرافدين وحضارة مصر القديمة. فالبابليون والمصريون القدامى كانوا يخشون موجات الجراد التي تهلك المزروعات.

احتوت كتابات أبقراط (460–377 ق.م) وأرسطو طاليس وعدد من الفلاسفة الآخرين من المرحلة الإغريقية على بعض الأفكار والمعلومات التي تخص البئة. ففي القرن الرابع قبل الميلاد (384–322 ق.م) حاول أرسطو طاليس (Aristotle) أن يفسر الموجات الوبائية للجراد وجرذ الحقل في كتابه المعروف تاريخ الحيوان (Historia Animalium). حيث أشار بصورة واضحة إلى أن السبب في الموجات الوبائية لجرذ الحقل يعود إلى قابليته التكاثرية التي أدت إلى وجود أعداد هائلة من سكان هذا الحيوان لدرجة أصبحت خارج إمكانيات السيطرة الطبيعية عليها خلال وجود الثعالب أو تدخل الإنسان. ويذكر أرسطو طاليس أنه لا يستطيع أحد أن ينجح في السيطرة على ذلك إلا سقوط الأمطار حيث أن المطر يؤدي إلى اختفاء الجرذ بسرعة. كما يشير أرسطو في كتاباته عن التاريخ الطبيعي Natural History إلى عادات الحيوانات والظروف البيئية السائدة في بقاع معينة.

شملت المعرفة الإغريقية للطبيعة على المعلومات البيئية كما أن هناك مفاهيم لدى الإغريق تخص التوازن الطبيعي الذي بموجبه تعمل الطبيعة في حفظ النوع. حيث كان مثل هذا المفهوم في كتابات هيرودوتس (Herodotus) وبلاتو (Plato). والافتراض لهذا المفهوم عن التوازن الطبيعي يعتمد على أن أعداد أي نوع من الكائنات الحية يبقى ثابتاً، وان الموجات الوبائية لبعض المجاميع السكانية من الممكن أن تقع ويرجع السبب في ذلك إلى فعل شيطاني. فكل نوع له مكان محدد في الطبيعة وأن الإفتراض لا يمكن أن يقع لأن ذلك يخرب التوازن الطبيعي (Naturalbalance).

قد جاء ثيوفراستس (Theophrastus). تلميذ أرسطو بمعلومات تخص النباتات ومجتمعاتها في البيئات المختلفة للمدة 372–287 ق.م. ويعد ثيوفراستس أول عالم بيئي متخصص في بيئة الأشجار. وقد كتب عن المجتمعات النباتية وطرز النباتات الموجودة في أماكن مختلفة ودرس هذه المجتمعات على أساس البيئة التي توجد فيها مثل النباتات المائية البحرية والنباتات الساحلية البحرية ونباتات البيئة الملحية وغيرها. وقسم النباتات إلى الأعشاب والشجيرات والأشجار المعمرة.

بينت الآثار الحفرية والرقم والأختام في العصور التي سبقت اليونانيين بأن الحضارات القديمة في وادي الرافدين كانت تملك العديد من المعلومات المتعلقة بظروف الزراعة ومواسمها وجداول الطقس والدورات المناخية.

كتب العرب العديد من المراجع والمؤلفات ذات العلاقة بالبيئة. فقد كتب الجاحظ (738–873 م) تصنيفاً للحيوانات على أساس عاداتها وبيئاتها وبذلك يعد أول الذين تطرقوا عن أثر البيئة في الكائنات الحية. يعد الرازي (850–950 م) أول من أطلق عملياً علم البيئة في الطب حين درس مختلف مواقع المدن من حيث الحرارة والرطوبة والرياح وغيرها من العوامل البيئية ذات العلاقة بصحة الإنسان والأمراض التي تصيبه.

كما قام العالم السويدي لينايوس Linniaus (1707–1779 م) في تصنيف الكائنات الحية ، كذلك عمل العالم الإنكليزي جارلس دارون Charles Darwin (1809–1882 م) في مجال التطور والانتخاب الطبيعي والتي ذات طبيعة بيئية. وعالج العالم بوفون Buffon سنة 1956 م في كتابه الموسوم التاريخ الطبيعي الكثير من

المشاكل البيئية مبيناً أن مجاميع البشر وبقية الحيوانات والنباتات تخضع لمعالجات ثابتة.كما اعتقد أن التكاثر العالي لكل نوع من هذه الأنواع يتوازن مع عدد غير محدود من عوامل الهلاك أو التدمير بما في ذلك العوامل الحياتية.

أما العالم كراونت Graunt 1662 م ، فكان من بين أولئك الذين ركزوا على الإطار التحليلي حيث أكد أهمية الطرق الكمية في القياسات مثل قياس معدلات الولادة والوفيات ونسبة الجنس وبنية التركيب السكاني لذلك فقد يعده البعض أبا الإحصاء السكاني. وقد أصدر العالم الإنكليزي مالثوس Malthus في العام 1798 م كتاباً عن الإحصاء السكاني والذي أكد فيه أهمية كميات الغذاء المنتج في تحديد التكاثر كما أوضح أن زيادة أعداد السكان تتبع نمط المتوالية الهندسية بينما تتبع التجهيزات الغذائية لهذه الكائنات نمط المتتالية العددية أو الحسابية. ولقد أثارت هذه الفرضية الكثير من الجدل حتى ظهرت فكرة العالم دوبل داي Doubleday عام 1814 م ، الذي وجد أن أي نوع مهدد بالزوال،وستعمل الطبيعة جاهدة للحفاظ عليه من خلال زيادة تكاثر أفراده. وقد وجد على سبيل المثال أن مجاميع البشر التي تعاني من نقص في التغذية تكون لها نسب عالية من التكاثر بينما تنخفض هذه النسب في المجاميع ذات التغذية الكاملة. وفي العام 1943 م وجد العالم فار Farr أن معدل الوفيات يزداد بمقدار يساوي الجذر السادس لكثافة السكان، كما أشار إلى إمكانية هبوط معدل الولادات ونسب الوفيات معاً في نفس الوقت. وقد أوضح أيضاً أن زيادة معدلات كمية الغذاء قد تأخذ نمط المتوالية الهندسية وقد يزيد عن معدل الازدياد السكاني كما هي الحالة في الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً.

لقد مرت على المعرفة العلمية قرون من الركود سميت بالقرون المظلمة حتى انتهت مع بداية النهضة العلمية حيث استأنف العديد من المعارف ومنها دراسات التاريخ الطبيعي التي بدأت بعدد من المشتغلين من بينهم العالم الفرنسي رينيه رومور Rene Reamur (1683–1757 م) الذي نشر ستة مجلدات عن التاريخ الطبيعي للحشرات (مذكرات خاصة بدراسة تاريخ الحشرات). لقد احتوت هذه المذكرات على قدر كبير من المعلومات المتعلقة بالبيئة الخاصة بالحشرات.

وظهرت حركة اكتشاف الأراضي والبيئات الجديدة في مناطق متعددة من العالم. فقد قام العالم البريطاني أدوارد فوربس Edward Forbs (1844 م) بدراسة توزيع تجمعات الحيوانات على الساحل البريطاني وقسم من سواحل البحر المتوسط حيث تعرف على السمة الديناميكية للعلاقة المتبادلة بين هذه الأحياء والمحيط الخارجي.كما اعتقد بوجود توازن مستمر في الطبيعة يعمل على تكثير كل نوع ضمن حدود معينة سنة بعد أخرى بعكس ما يطمح إليه ذلك النوع في الازدياد . لقد كان لجهود العالم جارلس دارون Charles Darwin (1809–1883 م) الأثر الكبير في اكتشاف العلاقات التطورية حيث تجول على ظهر الباخرة بيكل Beagle حول العالم لمدة خمس سنوات جامعاً العديد من النماذج الحية والمتحجرات وتمكن بعدها من نشر أعماله ومؤلفاته عن تلك المرحلة.

2–1 : تعريف علم البيئة Definition of Ecology

استخدم العالم هيلاري Hillary عام 1859 م مصطلح علم الايثولوجيا Ethology للإشارة إلى دراسة العلاقات بين الكائن الحي والبيئة ، إلا أن هذا المصطلح لم يلق قبولا عاما من قبل علماء البيئة الأوائل وقد عد هذا العلم في السنين الأخيرة جزءً مهماً من علم البيئة لأنه يتعلق في مجال سلوك الحيوان. وبعد ذلك استخدم رايتر Reiter في العام 1865 م المصطلح Ecology والمستمد من المقطع اليوناني Oikos بمعنى بيت أو المسكن أو مكان المعيشة، والمقطع Logos بمعنى دراسة أو علم. ثم أعقبه العالم الألماني أرنست هيكل Ernst Heckle سنة 1866 م الذي عرّف المصطلح Oekologie بأنه العلم الذي يشمل دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات ومحيطها الخارجي. والمحيط الخارجي يعني مجموعة القوى والتأثيرات الخارجية كدرجة الحرارة والتي تؤثر في حياة الكائنات.

كما أن للعرب دوراً واضحاً في مجال البيئة ومنهم الجاحظ (768–873 م) الذي صنف الحيوانات على أساس عاداتها وبيئتها. ويعد من الأوائل الذين ساهموا في تبيان أثر البيئة في الكائنات الحية. ويعد الرازي(850–950 م) أول من بيّن علاقة

البيئة في الطب، فقد درس مواقع المدن من حيث الظروف البيئية كالحرارة والرطوبة والرياح وغيرها بغية اكتشاف الأمراض وعلاجها.

يعد علم البيئة من العلوم الحديثة نسبياً فقد تطور خلال القرن العشرين وبدأ يأخذ مكانته بين العلوم في السنوات الأخيرة. والتعريف المعتاد لهذا العلم هو دراسة علاقة الكائن الحي أو الكائنات الحية بمحيطها. أو أنه العلم الذي يعنى بالعلاقة المتبادلة بين الكائن الحي ومحيطه.وبما أن علم البيئة يختص في حياتية مجموعة الكائنات الحية وعملياتها الوظيفية سواء أكانت تلك الكائنات في المياه العذبة أم المالحة أم اليابسة أم الهواء. لذا يمكن القول أن علم البيئة هو دراسة العلاقات للموارد الحية الطبيعية من حيث تركيبها ووظيفتها وموقعها. ويعد الإنسان جزءً من تلك الطبيعة والعلاقات المتبادلة.

لقد اتفق معظم العلماء على أن علم البيئة هو دراسة الكائن الحي في مكانه الطبيعي أي دراسة الكائن الحي أو الكائنات الحية بمحيطها وهذا يعني دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائن الحي ومحيطه كما تم ذكره في أعلاه.

وقد اقترح العالم الإنكليزي بيلنكز Billings عام 1970 م تعريفاً للبيئة أنها "محاولة لفهم العلاقات بين النباتات والحيوانات والمحيط الذي تعيش فيه" وذلك للإجابة عن الاستفسارات المتعلقة بمكان وكيفية معيشة هذه الكائنات.

لقد تم تأكيد العلاقة بين الشكل والتأثير في تعريف العالم أودم Odum (1971 م) حيث جاء في تعريف علم البيئة أنه دراسة التركيب وتأثيرات الطبيعة. ومن بين التعاريف الآخر لعلم البيئة ذلك الذي يعتبرها " الدراسة العلمية للتفاعلات التي تحدد توزيع الكائنات الحية وغزارتها ". وبذلك فقد أعطى نوعاً من الشمولية المؤكدة معرفة مكان الكائنات وأعدادها وكيفية تواجدها في المناطق المختلفة.

ويتضح مما سبق أن تعريف علم البيئة يكون دقيقاً كلما توجه نحو تأكيد دراسة الكائنات الحية وعلاقتها ببعضها البعض من جهة وبمحيطها الخارجي من جهة أخرى. لذا فإن علم البيئة يعرف أنه العلم الذي يشمل دراسة الكائن الحي في المسكن أو مكانه الطبيعي الذي يشمل العوامل الفيزياوية والكيماوية والحياتية من جهة والعوامل السلوكية

من حيث غذاؤه وفريسته من جهة والمفترس من جهة أخرى على سبيل المثال. لذا فبالإمكان تعريف علم البيئة أنه " دراسة الكائن الحي بالنسبة إلى جميع العوامل المحيطة به الحية وغير الحية".

ويكتسب علم البيئة أهميته من كونه أحد المجالات المهمة في علم الأحياء Biology والتي هي ثلاثة مجالات رئيسة تشمل مجالات الشكلياء Morphology وعلم وظائف الأعضاء Physiology وعلم البيئة Ecology.

1-3- علاقة علم البيئة بالعلوم الأخرى:

Relation of Ecology with other Sciences

هناك أربعة فروع رئيسة من العلوم الحياتية لها صلة قريبة ومتداخلة مع علم البيئة وهي الوراثة والفسلجة والتطور والسلوك. حيث أن التنافس بين أفراد النوع الواحد يقود إلى الاختلاف وراثياً والبناء النسبي في تلك المنطقة يقود إلى التطور. وأن أكثر أنواع التطبع للأحياء المختلفة مرتبط بالبيئة التي يعيش فيها الكائن والمؤشرة في الطبيعة الفسيولوجية والسلوكية التي تؤدي دوراً مهماً في البقاء.

إن لعلم البيئة علاقة مع العلوم الأخرى حيث ربط بعض العلماء الحقول المختلفة في علم الأحياء وكذلك العلوم الأخرى بعلم البيئة كما موضح في الشكلين (1-1 و 1-2). ومثل العالم أودم Odum علاقة علم البيئة بالعلوم البيولوجية الأخرى بكعكة البيئة كما موضح في الشكل (1-3) حيث يقسم العلوم بصورة أفقية وعمودية ، إذ يتماثل علم البيئة فيها بالقطع العمودي والذي يمثل أحد العلوم الأساسية.

لقد اعتمد علم البيئة على علوم المعرفة المختلفة كعلم المناخ والفيزياء والكيمياء والرياضيات والجيولوجيا والاجتماع والجغرافيا. فعلم البيئة يرتبط ارتباطاً وثيقاً بعلم الجغرافيا لكونه يبحث في تضاريس الأرض وحركة الرياح واختلاف الحرارة والضغط وحالات الجفاف والرطوبة وتساقط الأمطار ومواسمها ثم معرفة أثر هذه الظواهر في حياة الكائنات الحية ومنها الإنسان.

1-4- فروع علم البيئة Branches of Ecology

يرتبط علم البيئة ارتباطا وثيقا في المكان وما يحويه من نظم حياتية. وعند النظر على الكرة الأرضية نلاحظ نوعين متباينين من المحيط Environment وهما المياه التي تشكل أكثر من70% من الكرة الأرضية واليابسة تمثل المتبقي. لذا يمكن تقسيم علم البيئة إلى قسمين متميزين هما:

أولاً : علم البيئة المائية Aquatic Ecology

ويهتم هذا العلم بدراسة الأحياء المائية وعلاقتها مع بعضها البعض من جهة ومع العوامل غير الحية المحيطة بها من جهة أخرى. وقد اهتم الإنسان حديثا في دراسة البيئة المائية بخاصة دراسة البحار والمحيطات وما تخفيه من أسرار لحياة الأحياء المختلفة سواء ضمن عمود الماء أو على القاع. فقد بدأ الاهتمام في دراسة هذا العلم في النصف الثاني من القرن العشرين وبدأت الجامعات بتدريس مثل هذا العلم في كلياتها المختصة وأنشأت مراكز بحثية لدراسة البيئة المائية وقد قسمت الدراسة اعتمادا على عامل الملوحة إلى ثلاث بيئات مائية رئيسة هي:

1-1 1. البيئة البحرية Marine Ecology

وتشمل دراسة البيئة المائية مياه البحار والمحيطات والتي تتميز بملوحتها حيث تحوي هذه المياه على ملوحة تقدر بحدود 35 جزء بالألف ويكون كل من أيوني الكلوريد والصوديوم هما المتغلبين من بين الأيونات الأخرى المتواجدة في المياه.

2-1 2. بيئة المصبات Estuarine Ecology

ويهتم علم بيئة المصبات في دراسة البيئة في مصبات الأنهار والتي تعد منطقة تلاقي مياه الأنهار العذبة عند جريانها إلى البحار حيث تختلط مع مياه البحار المالحة وبذلك تكون ملوحة المياه مخففة عن ملوحتها في البحار وأكثر ملوحة من المياه العذبة.

3-1 3. بيئة المياه العذبة Fresh water Ecology

وتشمل دراسة بيئة المياه العذبة الداخلية Inland water كما هو الحال في الأنهار والجداول. كما تضم أيضا دراسة البحيرات لذا يسمى هذا العلم كذلك باللمنولوجي

Limnology. وتتميز المياه العذبة بملوحتها التي لا تزيد عادة عن 0.5 جزء بالآف. وفي تطور الدراسات للبيئة المائية برزت الاهتمامات في دراسة بيئة المياه العذبة خلال تقسيم المياه الداخلية إلى نوعين رئيسيين هما:

أ. بيئة المياه الراكدة Lentic environment (Standing Water) وتشمل البحيرات والأهوار والمستنقعات والبرك حيث تكون حركة المياه فيها نسبيا ساكنة.

ب. بيئة المياه الجارية Lotic environment (Running Water) وتشمل الأنهار والجداول والقنوات والينابيع والتي يلاحظ فيها حركة المياه واضحة وقد تصل سرعة التيارات فيها إلى مديات واسعة.

4-1 ثانياً : علم بيئة اليابسة Terrestrial Ecology

يهتم هذا العلم بدراسة الكائنات الحية وعلاقتها مع بعضها من جهة وبقية العوامل البيئية ذات العلاقة من جهة أخرى وذلك في أية منطقة من اليابسة. وقد ركز العلماء في دراسة هذا العلم منذ نشوء علم البيئة وذلك لسهولة الوصول إلى أية منطقة في اليابسة إذا ما قورنت مع البيئة المائية. واهتم العلماء في التركيز على طوبوغرافية الأرض ومواقعها المختلفة لذا تم تقسيم بيئة اليابسة إلى ما يأتي:

1. بيئة الجبال Mountain Environment
2. بيئة الهضاب Plateau Environment
3. بيئة السهول Plainland Environment
4. بيئة التلال Hill Environment
5. بيئة الصحاريDesert Enviornment

وهكذا اعتماداً على الخواص التي تتميز فيها كل بيئة. كما تم الاهتمام في دراسة البيئة حسب المواقع من خط الاستواء وكما يأتي:

1) البيئة الاستوائية Tropical Environment

2) البيئة شبه الاستوائية Sub tropical Environment

3) بيئة المناطق المعتدلة Temperate Environment

4) البيئة القطبية Polar Environment

كما هناك أنماط مختلفة في دراسة بيئة اليابسة مثل بيئة الغابات Forest أو بيئة المدن Urban وبيئة المحاصيل Crops وبيئة المراعي Grass land وبيئة الأدغال Weeds وبيئة البساتين Green land وهكذا.

كما يمكن تقسيم بيئة اليابسة حسب المجموعات الحياتية التصنيفية المختلفة فعلى سبيل المثال هناك بيئة الطيور وبيئة الزواحف وبيئة الحشرات وبيئة اللبائن.

يمكن دراسة علم البيئة من وجهة نظر أخرى مثل الاعتماد على نوع أو مجموعة أنواع من الأحياء. لذا يمكن تقسيمه إلى قسمين رئيسيين هما:

1-5 1. علم البيئة الذاتية Autecology

يهتم هذا العلم في دراسة كائن حي واحد أو مجموعة من الكائنات الحية تعود إلى نفس النوع Species وذلك لدراسة علاقتها بالعوامل البيئية المحيطة من عوامل حياتية أو غير حياتية . وكمثال على ذلك دراسة بيئة الإنسان أو غير حياتية أو بيئة بكتيريا القولون أو بيئة أشجار اليوكالبتوس وهكذا .

1-6 2. علم بيئة المجموع Synecology

ويهتم هذا العلم بدراسة المجاميع الحياتية المختلفة أي أنواع مختلفة في منطقة محددة من حيث علاقتها مع العوامل البيئية المحيطة بها مثل بيئة الغابة أو البيئة الصحراوية أو بحيرة ما أو بيئة نهر وهكذا. ويدعى هذا العلم كذلك بأنه علم بيئة الجماعة أو المجتمع أو البيئة الجماعي المأخوذ من أصل الكلمة الإغريقية syn ومعناها مجموعة أي العلم الذي يتعامل مع مجموعة من الكائنات أو مجموعة من العوامل.

ونظراً للتقدم الواسع والمستمر في جميع مجالات العلوم أو المعرفة لذا بات من الصعوبة بمكان تغطية أي فرع من فروع علم البيئة بصورة تفصيلية. لذلك فقد بدأت المحاولات لتطبيق المجال الواسع لعلم البيئة إلى مجالات أخرى. فقد ظهر علم البيئة الفسلجية Ecophysiology الذي يربط العوامل البيئية بالوظائف الفسلجية وبالعلاقات المتواجدة فيها بين الكائنات الحية في منطقة أو مناطق مختلفة. كما ظهرت علوم بيئية أخرى مثل علم البيئة السلوكيةBehavior Ecology والذي يعني بدراسة العلاقة بين سلوك الكائن الحي والعوامل البيئية المختلفة . فضلا عن ظهور دراسة الموديلات البيئية Ecological Models من خلال التقدم الواضح في العقد الأخير من القرن العشرين في مجال الحاسوب. وخلال هذه الموديلات واعتمادا على المعلومات البيئية المتوافرة لمنطقة معينة يمكن التنبؤ عن التغيرات المحتملة لبيئة تلك المنطقة مستقبلا على سبيل المثال.

وهناك تقسيم آخر لعلم البيئة اعتماداً على الكائن الحي نوعا وعددا إلى ما يأتي:

1. بيئة الفرد Individual Ecology
2. بيئة الجماعة السكانية Population Ecology
3. بيئة المجتمع Community Ecology

بيئة المحيط الحيويBiosphere Ecology.

والتقسيمات أعلاه كما هو واضح من التسمية تبدأ في بيئة الفرد أي الاهتمام في دراسة كائن حي واحد ثم بيئة المجموعة التي تخص دراسة مجموعة أفراد تابعين إلى نوع واحد ثم بيئة المجتمع التي تشمل مجموعة من الأفراد تعود إلى أنواع مختلفة في مكان محدد ثم المحيط الحيوي الذي يشمل الدراسة لمجتمعات مختلفة في مناطق أوسع قد تشمل الكرة الأرضية كلها وهكذا.

كما هناك ربط بين علم البيئة ودراسة التوزيع الجغرافي للأحياء ويسمى Gewgraphical Ecology وعلاقة علم البيئة بالمتحجرات بما يسمى بعلم بيئة

المتحجرات Paleoecology وعلم البيئي التطبيقي Applied Ecology حيث يعطي المعلومات والإجراءات التطبيقية التي يستفاد منها عمليا في حالات مختلفة مثل السيطرة على الحشرات والآفات الضارة أو المحافظة على الأحياء البرية من الانقراض أو تنمية الغابات وغيرها.

مع تحيات د. سلام الهلالي

الفصل الثاني

النظام البيئي

Ecosystem

2-1 : المقدمة

النظـام البيئـي هـو عبـارة عـن أيـة وحـدة تنظيميـة فـي مكـان مـا، يشـمل علـى المكونات الحية والمكونات غير الحية حيث تكون بصورة متفاعلة فيما بينها مما يؤدي إلى تبادل للعناصر والمركبات بين الأجزاء الحية وغير الحية في النظام البيئي. ويعني أن هذا النظام يضم التداخلات كافة بين المكونات الحية للمجتمعات النباتية والحيوانية والأحياء المجهرية من جهة والعناصر والمركبات الكيماوية من جهة أخرى فضلا عن العوامل الفيزياوية (المناخية وغير المناخية) التي تؤثر في الموقع أو مكان ذلك النظام وحيثيات التفاعل بين هذه العوامل. وبذلك تتم في هذا النظام عمليات تحويل المواد اللاعضوية إلى مواد عضوية ثم إلى مواد لا عضوية مرة أخرى بفعل عوامل حية أو غير حية أحياناً. وهذا يعني أن دورة العناصر المعدنية وغير المعدنية فضلا عن أشكال الطاقة تحدث وتتم داخل مثل هذه الأنظمة في مناطق مختلفة من العالم وفي تفاعل حركي. ويستنتج من ذلك أن النظام البيئي يتميز بالديمومة الذاتية. وعندما يشار إلى التفاعل الحركي لبعض مكونات البيئة فإن المقصود به تبادل المواد بين المكونات الحية وغير الحية.

إن تعبير النظام البيئي Ecosystem استخدم لأول مرة عام 1935 م من قبل العالم البريطاني تانسلي (Tansley). ورغم أن هذا المفهوم ليس بهذه الحداثة حيث وجدت الإشارات إليه ضمن مفاهيم وحدة الكائنات الحية والبيئة. فقد كتب العالم كارل موبياس (Karl Mobias) عام 1877 م باللغة الألمانية عن تجمع الكائنات الحية كالمحار مستخدما تعبير المجتمع بصيغة Biocoenosis . أما عالم البيئة الأمريكي فوربس (Forbs) فقد أورد عام 1887 م في مقالته الكلاسيكية عن البحيرة واصفا إياها بالعلم الدقيق Micro cosme.

قد تم تأكيد مفهوم المجتمع من زاوية النظام البيئي من قبل العالم دوكاتشوف Dokutchaev (1846-1903م) الـذي تـم توسـيعه إلـى تعبيـر النظـام البيئـي Geobiocoenosis وهكذا أصبح علماء البيئة يقتربون من فكرة الوحدة الطبيعية من خلال اختيارهم لمختلف التعابير من وجهة النظر الشمولية.

مع أن مختلف هذه التعابير مترادفة رغم استخدامها بأكثر من لغة فإن تعبير النظام البيئي Ecosystem يتميز بسهولة الاستيعاب وتأكيد التكامل الوظيفي والتركيبي للمكونات البيئية حيث أصبح أكثرها استخداما وقبولا، ومن الجدير بالذكر أن النظام البيئي قد يتركز في أية منطقة صغيرة تتواجد وتستمر فيها الحياة على الكرة الأرضية ، فقد يكون بركة أو مستنقعا أو حقلا زراعيا أو مدينة أو قارة (الشكل 2-1)

يشكل العالم بأكمله نظاما بيئيا ضخما ومتوازنا وهو ما يدعى بالمحيط البيئي Ecosphere الذي يدعى كذلك العالم أو الغلاف الحياتي Biosphere والذي يغطي المنطقة المذكورة على الكرة الأرضية التي تقطنها الأحياء وقد يصل مداها أيضا إلى الأجواء التي تتواجد فيها الأحياء وهكذا يمكن اعتبار هذا النظام البيئي بمثابة كيان أو وحدة ديناميكية مستقلة ومتزنة ولها القابلية الذاتية على إدامة واستمرار الحياة فيها الأمر الذي يؤدي إلى نشوء نوع من التوازن بين العناصر والعوامل المختلفة مما يعطي للنظام البيئي حالة من الاكتفاء الذاتي عن طريق سلسلة من العلاقات الاغتذائية ضمن مستويات مختلفة داخل النظام البيئي حيث يتم من خلالها تنظيم انتقال وتوزيع الطاقة بأنواعها المتوافرة لهذا النظام حيث تتحول المواد والمركبات في شبكات من الحلقات الطبيعية.

تتبادل الكائنات الحية التأثيرات المتداخلة فيما بينها من جهة وبين ما يحيط بها من عوامل من جهة أخرى ولا تشمل هذه المبادلات انتقال المواد الغذائية والعناصر المهمة في الدورات البايوجيوكيماوية فحسب بل يرافقها سريان الطاقة وانتقالها.

2-2 : تركيب النظام البيئي Structure of the Ecosystem

يتكون النظام البيئي من مكونين رئيسيين وهما:

2-2-1 : أولاً: المكونات غير الأحيائية Abiotic components

تؤلف العوامل والظروف الطبيعية الفيزياوية والمكونات غير الأحيائية الرئيسة للنظام البيئي ويمكن التطرق إلى نوعية هذه المكونات وكما يأتي:

1- المواد المعدنية والصلبة التي تتشكل منها التربة Lithosphere، وهذه تشمل جميع العناصر والمركبات الكيماوية الضرورية لاستمرار ديمومة الحياة بأنواعها كافة ضمن النظام البيئي فضلاً عن العناصر والمركبات المساعدة لتكملة التفاعلات الحياتية بين الكائن الحي والتربة أو بالعكس، وتكون المواد العضوية وغير العضوية حجر الأساس في مكونات التربة Soil، وتتميز بعض أنواع الترب في النظام البيئي أو في الأنظمة البيئية بكمية الدبال Humus المتواجدة ضمن أجزاء التربة ودقائقها. وتسند الترب الغنية بالمواد العضوية أو الدبال عادة بكميات كبيرة من الأحياء.

2- تشكل المياه الحجم الأكبر للنظم البيئية المائية كالبحار والمحيطات Hydrosphere وتحتضن المياه عدداً كبيراً من العناصر والمركبات الكيماوية المذابة التي تستعمل في الفعاليات الحيوية فضلاً عن كون الماء بحد ذاته من الضروريات الأساسية لاستمرار ديمومة الحياة فهو يشكل نسبة عالية من مكونات الخلية الحية تصل إلى أكثر من 90% في بعض الخلايا. وفي بيئة اليابسة يعد الماء ضرورياً أيضاً لإكمال عملية البناء الضوئي Photosynthesis حيث أن الماء من المواد التي تدخل في تفاعلات هذه العملية ، فضلاً عن أهمية الماء في عدد آخر من العمليات الحيوية الفسلجية للكائنات الحية كالتفاعلات الأنزيمية وانتقال المواد مثل الهرمونات والفيتامينات وكوسط للتفاعل وغيرها. ويتواجد الماء في النظام البيئي بأشكال متباينة وتؤثر في العوامل البيئية المحيطة بالكائن الحي في النظام البيئي بصورة مباشرة أو غير مباشرة فزيادة التبخر سوف تقلل من درجة الحرارة وتزيد من كمية الرطوبة التي بدورها تقلل عمليات النتح وهكذا.

3- للغازات دور واضح في النظام البيئي فهي مزيج من عدة أنواع في الهواء أو الغلاف الجوي Atmosphere الذي يحيط بأي نظام بيئي. وأساساً يتكون هذا المزيج من النيتروجين والأوكسجين وثنائي أوكسيد الكربون وبخار الماء والغازات الأخرى. وبالرغم من اختلاف أهمية المكونات المختلفة للغازات في استمرارية الحياة يلاحظ أن الأوكسجين هو من الأساسيات الرئيسة التي يجب توافرها للكائن الحي في النظام البيئي.

وأحياناً كثيرة تتحدد أنواع وأعداد وأحجام الكائنات الحية في النظام البيئي بتوفير أو عدم توفير الأوكسجين كما هو الحال في العديد من النظم البيئية المائية.

4- الطاقة الشمسية Solar energy لها تأثيرات واضحة في النظام البيئي وتختلف هذه الطاقة حسب موقع النظام البيئي على الكرة الأرضية وكذلك تتأثر بحركة الأرض حول الشمس. وكما هو معروف فإن اختلاف كثافة الكائنات الحية تتغاير من فصل إلى فصل آخر ومن موقع لآخر فضلاً عن تأثيرات أخرى على كمية الطاقة المتدفقة إلى النظام البيئي مثل طوبوغرافية المنطقة وطبيعة الطقس كوجود الضباب والارتفاع أو الانخفاض عن مستوى سطح البحر.

هناك عوامل غير أحيائية إضافة لما ذكر في أعلاه منها عوامل فيزياوية مختلفة ومنها المناخية التي تؤثر في النظام البيئي كالحرارة والأمطار والرياح والغبار والحرائق والهزات الأرضية وغيرها. كما أن التفاعل بين هذه العوامل يسير في نمط وحدة النظام البيئي حيث لا يمكن تغيير أو إزالة أي عامل من هذه العوامل دون التأثير على العوامل الأخرى. لذلك يلاحظ أن النظام البيئي يكتشف عادة بوحدة كاملة ويعبر عنها بحالة وحدة العوامل البيئية التي تؤثر بصورة جماعية على نمط النظام البيئي وبالتالي على الحياة في النظام البيئي بغض النظر عن كون تأثير هذه العوامل إيجابية أو سلبية.

2-2-2- : ثانياً: المكونات الأحيائية Biotic Components

تشمل الكائنات الحية كافة المتواجدة في النظام البيئي بأنواعها المختلفة وأعدادها وأحجامها وطرق تغذيتها، واعتمادا على مصادر تغذيتها أي مصدر الطاقة ويمكن تقسيمها إلى ما يأتي:-

1- الكائنات ذاتية التغذية Autotrophic organisms

تضم الكائنات التي تستطيع صنع غذائها بنفسها التي تشمل النباتات الخضراء وبعض أنواع البكتيريا التي لها القدرة على استغلال الطاقة الكيماوية في حين أن النباتات الخضراء لها القدرة على استغلال الطاقة الضوئية التي تستقطب من قبل الصبغات الخضراء (الكلوروفيلات) في صناعة غذائها العضوي وتعرف هذه الكائنات

بالكائنات المنتجة Producers أو Self-nourishment . علما بان بقية الكائنات الحية تعتمد بصورة مباشرة أو غير مباشرة على إنتاجية الكائنات المنتجة.

تتبين أهمية الكائنات المنتجة في بيئة اليابسة على تواجد وانتشار النباتات الخضراء بأحجامها الكبيرة وأعدادها الكثيرة في النظم البيئية حيث تقوم باستقطاب الطاقة الضوئية وتحويلها إلى أنواع أخرى من الطاقة كالطاقة الكيماوية التي تستغل في تحويلها إلى طاقة مخزونة في أجزاء النباتات المختلفة كالأوراق والثمار والبذور والجذور، وفي البيئة المائية كالبحار والمحيطات وهذه الكائنات تتمثل بالطحالب بصورة أساسية التي هي كائنات صغيرة مجهرية والتي تتواجد بأعداد هائلة تضاهي أعداد النباتات على اليابسة، وهذه الطحالب التي تتواجد معظمها على هيئة هائمات نباتية Phytoplankton لها أهمية كبيرة لاستمرار ديمومة الحياة فضلاً عن الأهمية لهذه الكائنات في التوازن الغازي في الطبيعة حيث توفر كميات كبيرة من الأوكسجين والغذاء للأحياء المائية الأخرى.

لا بد من أن لكل نظام بيئي كائناته الحية المنتجة التي لها القابلية في تحويل الطاقة الضوئية (الطاقة الشمسية) إلى طاقة أخرى يمكن الاستفادة منها من قبل الكائنات الحية الأخرى في ذلك النظام.

لذا وكما ذكر في أعلاه فإن الكائنات ذاتية التغذية تشمل جميع أنواع النباتات الخضراء التي لها القابلية على القيام بعملية البناء الضوئي التي تتضمن تحويل ثنائي أوكسيد الكربون بوجود الماء إلى مواد عضوية باستخدام الطاقة الكيميائية التي تنتج خلال استقطاب الطاقة الضوئية من قبل الصبغات الخضراء وهي الكلوروفيلات Chlorophylls ففي البيئة المائية التي تغطي حوالي 71% من مساحة الكرة الأرضية يلاحظ أن الطحالب خاصة الهائمات النباتية فيها هي الكائنات المنتجة والتي تصل أعدادها إلى عدة ملايين في اللتر الواحد وفي بيئة اليابسة الرقية هي الأساس والتي تشكل معظم الكائنات المنتجة والتي تتخلخل جذورها في التربة لكي تحصل على العناصر الغذائية الأساسية وتقوم بصناعة المواد العضوية خلال عملية البناء الضوئي وتعد غذاء لبقية الأحياء على اليابسة بشكل مباشر أو غير مباشر (الشكل 2-2).

رغم أن الكائنات المنتجة تشمل أساساً النباتات الخضراء في المياه واليابسة إلا أنه تبقى هناك أعداد وأنواع مختلفة من الكائنات الأخرى التي لها القابلية في استخدام الطاقة المنبعثة من أكسدة المواد الكيمائية كما هو الحال في بعض أنواع من البكتيريا مثل بكتيريا الكبريت والحديد واستغلالها في صنع غذائها بنفسها والتي تسمى Chemosynthetic Bacteria.

2- الكائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophic organisms

تعتمد هذه الكائنات بصورة مباشرة أو غير مباشرة على الكائنات المنتجة في غذائها لذا تسمى بالكائنات معتمدة التغذية أو مختلفة التغذية، ويطلق عليها كذلك بالكائنات المستهلكة Consumers . وهذه الكائنات تعمل على استخدام أو إعادة ترتيب وتحليل المواد العضوية الجاهزة لغرض القيام بفعاليتها الايضية ومن ضمنها النمو وخزن هذه المواد بتراكيب معقدة أخرى. وتتمثل هذه الكائنات بالحيوانات المختلفة متباينة التغذية والحجم والعدد. وتأخذ هذه الكائنات مستويات متعقبة ضمن السلسلة الغذائية في النظام البيئي اعتمادا على مدى تعقيد المواد العضوية الجاهزة والمنتجة فضلاً عن التكييفات الفسلجية والتشريحية للكائن الحي. وقد يكون حيوانا معينا ضمن المستوى الاغتذائي الثاني (نباتي التغذية) في نظام بيئي معين أو في مرحلة عمرية معينة بينما يتغير موقعه ضمن السلسلة الغذائية في نظام بيئي آخر أو في مرحلة عمرية أخرى. وكمثال جيد لهذه الحالة ما يلاحظ في الحشرات بصورة عامة.

كما يمكن اعتبار الضواري كالذئاب وغيرها من الأحياء معتمدة التغذية على مواد غذائية معقدة يضمنها النظام لذا يكون موقعها في السلسلة الغذائية في نقطة بعيدة عن مصدر الطاقة. علما بأن الحيوانات تحصل على طاقتها من أحياء أخرى (نباتية أو حيوانية) أو مواد عضوية متبقية.

تعتبر الفطريات والعديد من أنواع الأحياء المجهرية الأخرى كبعض أنواع من البكتيريا كائنات معتمدة التغذية أيضا كونها رمية أو طفيلية ويشار لمثل هذه الأحياء في النظام البيئي Decomposers. ولما تقدم يمكن أن تقسم الكائنات معتمدة التغذية إلى قسمين أساسيين وهما:

1- الملتهمات Phagotrophs

هي الأحياء التي تلتهم الغذاء وتهضمه داخل أجسامها ورغم كونها من المستهلكات Consumers يلاحظ أن غذاءها قد يقتصر على النباتات وتسمى في هذه الحالة بآكلات الأعشاب أو العواشب Herbivores أو من آكلات اللحوم أو اللواحم Carnivores . وقد تكون اللواحم أولية Primary Carnivores أو لواحم ثانوية

Secondary Carnivores وقد تكون بعض المكونات الأساسية للمستهلكات ضمن النظام البيئي تعتمد في غذائها على النباتات وتسمى القوارت Omnivores أي أنها تلتهم مصادر غذائية نباتية وحيوانية علما بأن طريقة التغذية في الكائنات الحية وسلوكية المستهلكات تختلف من نظام بيئي لآخر أو تتباين باختلاف مراحل النمو للكائن أو توفر الغذاء.

2- متغذيات المواد الناضحة أو النافذة Osmotrophs

وهذه الكائنات لا تتمكن من التهام الغذاء وهضمه وإنما تقوم بامتصاص الغذاء بعد إفراز إنزيمات هاضمة لتكسير مكونات الغذاء إلى مواد بسيطة التركيب. وتضم هذه الأنواع من الأحياء بصورة عامة الأحياء المجهرية (البكتيريا والفطريات) وتسمى بالكائنات الطفيلية Parasitic Organisms عندما تعتمد في غذائها على كائنات حية أو تكون كائنات ذات طبيعة رمية Saprophytic Organisms حيث أنها تعيش على المواد العضوية الميتة. كما يمكن أن تعرف هذه الكائنات بالمحللات Decomposers وذلك لقدرتها على تحليل المواد العضوية المعقدة واختزال الجزيئات العضوية المعقدة من الحيوانات والنباتات وتحويلها إلى مركبات عضوية بسيطة يمكن للمنتجات Producers أن تمتصها بوصفها مواد غذائية حيوية لاستكمال الحلقة الأساسية الأخيرة من دورات الحياة.

يمكن إعطاء عدد كثير من الأمثلة على النظم البيئية في الطبيعة (الشكلان2-3 و 2-4) . ويمكن أن تكون البركة مثالا بيئيا بسيطا متكاملا أنموذجا للنظام البيئي كما يشار لذلك في الكتب الأساسية والمرجعية كأملاح الكالسيوم والنتروجين والفسفور وغيرها، والمركبات العضوية كالأحماض الأمينية والدبال فضلا عن المياه والغازات مثل ثنائي أوكسيد الكربون والأوكسجين. وهناك جزء يسير من المواد المغذية يكون على هيئة محلول جاهز لتناوله من قبل أحياء البركة في حين يتواجد الجزء الاخر والأكبر ضمن ترسبات القعر. تؤدي العوامل البيئية الأخرى إلى تنظيم معدل الفعاليات داخل البركة. ومن بين هذه العوامل كل من الضوء والحرارة والكدرة والرياح والحالة المناخية وما تفرزه من مؤثرات وعوامل بيئية .

يلاحظ في البركة وجود المنتجات Producers التي تتمثل بالنباتات الراقية الكبيرة ذات الجذور أوالطافية تنمو النباتات المجهرية وهي الطحالب التي قد تكون هائمة Phytoplankton أو عالقة Benthic Algae وهذه الطحالب قد تسبب تلون المياه خاصة عند تواجدها بكميات كبيرة أي في حالة ازدهار نموها Blooming وتؤدي أحيانا الدور الأساسي في إنتاج الغذاء (المواد العضوية) في البرك.

عند التطرق إلى مستوى اغتذائي آخر في البرك كالحيوانات أي تعد من الكائنات المستهلكة Consumers فيمكن ملاحظة الحيوانات الصغيرة المستهلكة Microconsumers كاليرقات والقشريات والإبتدائيات بالإضافة إلى الحيوانات الكبيرة (الأكبر حجما) Macroconsumers كالحشرات والأسماك وغيرها والتي تترابط فيما بينها ضمن الشبكة الغذائية Food web داخل النظام البيئي . كما يمكن أن يلاحظ تواجد الكائنات الرمية Saprotophic Organisms التي تقوم في تحلل المواد العضوية ضمن الظروف الحرارية الملائمة في المسطح المائي وتعمل على تكسير الأجسام الميتة وتبسيطها بفعل أنواع من البكتيريا والفطريات التي تمثل الكائنات المحلل Decomposers مما يوفر الغذاء لها وللحيوانات الحتاتية الأخرى.

أما دراسة النظام البيئي في المرج Meadow، فإن أنموذجه يمتلك نفس التركيب الأساسي للبركة، فالمنتجات في المرج تتمثل بالنباتات الخضراء التي تقابلها الطحالب في البركة. وتتمثل المستهلكات بمجاميع الحشرات كالنمل والعناكب والطيور واللبائن وغيرها من الأحياء التي يقابلها الحيوانات الصغيرة والمرئية في البركة. ولعل التباين الواضح بين النظامين (البركة والمرج) ينحصر في حجم النباتات الخضراء التي هي أقل عددا دائما وأكبر حجما كأفراد أو كتلة حيوية Biomass بالنسبة لبيئة اليابسة Terrestrial Enviroment مقارنة مع البيئة المائيةAquatic Enviroment.

تتماثل الكائنات المحللة Decomposers في المروج مع ما هو موجود في البرك، حيث تتواجد أنواع من البكتيريا والفطريات الأرضية التي تعمل على إنجاز وظيفتها الأساسية بالطريقة الماثلة في البيئة المائية.

2–3 : النظام البيئي الدقيق Micro Ecosystem

يعبر عن النظام البيئي الدقيق أنه نظام مصغر له حدود مميزة يمكن التأثير فيها وتكرارها في أي وقت. وتحتوي هذه الأنظمة المصغرة على المكونات الأساسية للنظام البيئي وتكون عادة على نوعين أحدهما يشتق مباشرة من الطبيعة وذلك من خلال نمو الكائنات وازدهارها في أوساط صغيرة، والثاني يدام بمختلف أنواع المتبنات الكيماوية مع توفير التدفق الداخل والخارج للمغذيات والكائنات الحية المنظمة لها. ومن بين الأمثلة على الأنظمة البيئية الدقيقة هي أحواض أسماك الزينة حيث يمكن إنجاز نوع من التوازن المائي بشرط البقاء على عدد الأسماك المتوازنة مع المياه والنباتات الصغيرة من أجل إنجاز التوازن الغازي والغذائي في النظام البيئي. وقد قام عدد من الباحثين في مراكز البحوث والمؤسسات العلمية في عمل نظام دقيق لتحقيق بعض الدراسات وذلك خلال عمل حوض بأبعاد معينة وعلى سبيل المثال بقطر 2–3 م وعمق 3 م وملئه بمياه بحيرة ما ومحاولة تعريضه لنفس الظروف البيئية من درجة الحرارة والضوء لإنجاز بعض الدراسات والمراقبات البيئية على وفق تصميم التجربة اعتمادا على الهدف المطلوب.

2–4: الأنظمة البيئية غير الكاملة Incomplete Ecosystems

تعد الأنظمة البيئية التي تملك جميع المكونات الأساسية التي تم التطرق إليها سابقا نظما بيئية متكاملة Complete Ecosystems كما توجد بعض النظم التي ينقصها واحد أو أكثر من هذه المكونات الأساسية لذا سميت بالنظم البيئية غير الكاملة. ومن الأمثلة الواضحة لهذه الأنظمة تلك التي تتواجد في الأعماق السحيقة للبحار والمحيطات حيث توجد كائنات محللة وأخرى مستهلكة في حين لا وجود للكائنات المنتجة بسبب الظلام الدامس وذلك لعدم وصول الأشعة الضوئية إلى تلك الأعماق ويكون المستهلك في هذه الحالة مؤلفا من كائنات تتغذى على ما يسقط من كائنات ميتة نباتية كانت أم حيوانية من الطبقات العليا وربما هناك بعض المفترسات التي تتغذى على تلك الكائنات فضلا عن المحللات. وبالرغم من احتمال وجود بعض الكائنات البكتيرية التي تستطيع بناء المواد كيماويا Chemosynthetic Bacteria إلا أن

إنتاجها من المواد العضوية يكون بكميات محسوسة لا يعول عليها في الإنتاجية المطلوبة.

من الأمثلة الأخرى المتعددة للأنظمة البيئية غير الكاملة مثل مناطق الكهوف ذات الظلام الدامس حيث لا يتواجد المنتج لنفس السبب الموضح أعلاه ويلاحظ فيها المستهلك والمحللات. وقد توجد أشكال في النظم غير الكاملة تتألف من الكائنات المنتجة والمحللة فقط مع غياب المستهلك كما هي الحالة في إزدهار الطحالبBlooming في الأنظمة البيئية المائية حيث تموت الكائنات المستهلكة عند تغذيتها مما يمنع سريان الطاقة خلال السلسلة الغذائية. وقد تكون بعض الأنظمة البيئية غير المتكاملة لا أحيائية أي أنها خالية تماما من الحياة أو الكائنات الحية كما هو الحال في أعماق التربة أو خارج الكرة الأرضية على وفق ما يتوفر من معلومات لحد الآن كما في الأنظمة على سطح الكواكب السيارة كالقمر والمريخ وغيرهما.

عندما تتعرض بعض المناطق إلى الكوارث كالحريق فإنها تبقى غير كاملة لفترات مؤقتة فقط وتكون العوامل غير المناخية لها تأثير واضح ولكن لمدد محدودة.

2-5: المفاهيم المتعلقة بالنوع والفرد

هناك عدد من المفاهيم ذات العلاقة بالنوع Species والفرد Individual في النظام البيئي سيتم التطرق إليها بشكل موجز وتشمل بعضا من المفاهيم الرئيسة:

7-1 1- الموطن والمركز البيئي Habitat and Ecological niche

يعرف موطن الكائن الحي بالمكان الذي يعيش فيه أو يلجأ إليه ويعرف المركز البيئي بأنه المكان الطبيعي الذي يحتله الكائن الحي فضلا عن أثره الوظيفي في المجتمع وبمعنى آخر فإن المركز البيئي هو أكثر شمولا من تعبير الموطن. كما يعبر عن الموطن أنه عنوان الكائن الحي في حين يكون المركز البيئي حرفته بالمعنى الحياتي. ويتضمن المركز البيئي مجموعة غير محددة من الصفات الاحيائية والمقاييس الفيزياوية لذا فإن مفهوم المركز البيئي أكثر فائدة وأكثر قابلية للتطبيق كميا.

ويستخدم تعبير الموطن Habitat على نطاق واسع ليس في علم البيئة فحسب، بل في مواقع أخرى. وبصورة يعنى الموطن بانه المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي. كما يشير الموطن إلى المكان الذي يحتل من المجتمع Community بكامله. ويشمل الموطن المكونات الأحيائية وغير الأحيائية . لذا يمكن استخدام تعبير موطن الكائن الحي لنوع معين Species habitat أو موطن الجماعة أو المجموعة أو السكان Population habitat أو موطن المجتمع Community habitat.

يعد مفهوم المركز البيئي أكثر حداثة فقد استخدم العالم جوزيف كرينيل Joseph Grinnell (1917–1928) كلمة Niche من أجل دعم فكرة الوحدة التوزيعية التي بضمنها يقيد كل نوع بتحديدات تركيبية وغريزية ولا يمكن لنوعين أن يحتلا طويلا المركز البيئي نفسه، وقد فكر كرينيل في مفهوم المركز البيئي نفسه،وقد فكر كرينيل في مفهوم المركز بتعبير الموطن الدقيق Microhabitat أي المركز المكاني وكان العالم التون Charles Elton (1927) في إنكلترا من الأوائل الذين استخدموا تعبير المركز البيئي Niche بمعنى الحالة الوظيفية للكائن الحي في مجتمعه. ونتيجة لتأثيره الكبير في التفكير البيئي أصبح المقبول بأن المركز بأية حال ليس مرادفا للموطن Habitat ومنذ أن أكد التون علاقات الطاقة فإن روايته عن المفهوم ربما اعتمدت المركز الغذائي Trophicnice. واقترح هجنسن G.E.Hutchison (1957) بأن المركز يمكن أن يتخيل كمكان متعدد الذي بضمنه تسمح البيئة للفرد أو النوع أن يعيش بصورة محدودة.

قد أوضح ماك أرثر Mac Arther (1968) أن التعبير البيئي Niche والتعبير الوراثي Phenotype هما مفهومان متوازيان لكونهما يتضمنان عددا غير محدود من المساهمات، كلاهما يتضمن بعض أو كل المقاييس نفسها.وان كليهما مفيد في تحديد الفروق بين الأنواع والأفراد.

2– المكافئ البيئي Ecological equivalent

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

متكافئة لتكون على علاقة تصنيفية قريبة في المناطق المتجاورة ولكن كثيرا ما لا تكون على علاقة قريبة في مناطق تكون مفصولة كثيرا أو بعضها معزول عن بعض.

3- إزاحة الصفات Character displacement

الأنواع التي تتواجد في منطق جغرافية مختلفة أو أنها منفصلة بحاجز مكاني يطلق عليها أنواع مختلفة الموطن Allopartic . في حين يطلق على الأنواع المتواجدة في نفس المنطقة ولكن ليس من الضروري نفس المركز أنها أنواع متصلة الموطن Symopatric. وغالبا ما تكون الفروق في الأنواع قريبة العلاقة بارزة أي أنها متباعدة في الموطن المتصل وضعيفة أي أنها متقاربة في الموطن المختلف عن طريق عملية تطورية تعرف بالإزاحة الصفاتية Character displacement.

على سبيل المثال ، فالنوعان قريبا العلاقة ذات مديين متداخلين حينما يوجد أحد النوعين في أجزاء من المديين تكون المجاميع السكانية لذلك النوع مشابهة للنوع الآخر وربما يصعب حتى تمييزه عنه. وفي منطقة التداخل حينما يوجد النوعان معا، تكون المجاميع السكانية Population أكثر تباعدا ويسهل تمييزها. أي يزيح أحدهما الآخر في واحدة أو أكثر من الصفات المشتركة. ويمكن أن تكون الصفات المشمولة مظهرية أو بيئية أو سلوكية أو وظيفية، ويفترض بأنها وراثية الأساس. لذا فإن الطبيعة الثانية لهذا الطراز تظهر الأنواع إزاحة عندما تكون موطن متصل Symopatric وتقاربا فعالا عندما تكون مواطن مختلفة Allopatric (الشكل 2-5) وقد أورد آودم (Odum 1971) مثالا عن حالة نوعين من كاسرات الجوز للجنس Sitta وهما من الطيور . وعندما يكون النوعان متصلي الموطن يوجد تباعد بارز في المظهر حيث يمكن تمييزها بشكل اسهل فيصبح المنقار والشريط الوجهي في لحد النوعين متوسعين، وفي حين تختزل هاتان الصفتان في الحجم من النوع الأخر (الشكل 2-5). وهكذا فإن الفرق البارز في حجم المنقار يقلل التداخل في المركز Food nich . ويعزز الفرق الواضح في الشريط الوجهي لمعرفة النوع ويمنع التهجين أو على الأقل يخفض الطاقة التي يمكن أن تبدو في الاقتران غير الناضح أو غير المثمر مع النوع غير الصحيح.

4-الانتخاب الطبيعي Natural selection

يعرف النوع Species أنه وحدة حياتية طبيعية مرتبطة معا في أقسام مجمع مشترك من الجينات. أما التنويع speciation فإنه تكوين أنواع جديدة وتطور تنوع الأنواع وأنه يقع عندما يقطع التدفق الجيني ضمن المجمع المشترك عن طريق آلية انعزالية. وعندما يحصل الانعزال عبر الفصل الجغرافي لمجاميع سكانية منحدرة من أصل مشترك فإن تنويعا مختلف الموطن Allopartic speciation قد ينتج. وعندما يحصل الانعزال عبر سبل بيئية أو وراثية ضمن المنطقة نفسها فإن تنويعا متصل المواطن Symopatric speciation يكون محتملا.

بصورة عامة، افترض أن التنوع مختلف الموطن هو الآلية الأولية الذي تنشا عبره الأنواع ، ووفق هذه النظرة تصبح قطعتان من سكان تتزاوج فيما بينهما بحرية منعزلة مكانيا (كما في جزيرة أو مكان منفصل بسلسلة جبلية) . وبمرور الزمن تتجمع فروق وراثية كافية في الانعزال حيث لم تعد القطعتان تتبادل الجينات (تتزاوج Interbreed) عندما تعودان معا ثانية . وبهذا تتعايشان كنوعين متميزين مختلفين (أو ربما تتركز هذه الفروق أبعد من ذلك بعملية إضافية من الإزاحة الصفاتية Character) . displacement)

علما بأن التنوع متصل المواطن ربما يكون أكثر انتشارا مما يعتقد حيث أثبت بوضوح أولا في النباتات الراقية التي تكون فيها آليات انعزال وراثية كهذه مثل التضاعف الكروموسومي (مضاعفة المجموعات التي يمكن أن تنتج عزلا وراثيا مباشرا) والتهجين والإخصاب الذاتي والتكاثر اللاجنسي اكثر شيوعا مما هي في الحيوانات . إن غزو المستنقع الملحي الكبير في بريطانيا مثال جيد عن التنوع الآني الناتج من تحطيم العزل الجغرافي المتسبب من الانسان متبوعا بالتهجين ومضاعفة الكروموسومات Polyploidy . فعندما أدخل عشب المستنقعات ملحبة النوع Spartina alterniflora الأمريكي إلى الجزر البريطانية فهجن مع النوع الأصلي S.maritime ينتج نوعا جديدا مضاعف الكروموسومات وهو S.tounsendii الذي غزا الان المسطحات الطينية في منطقة المد والجزر الجرداء سابقا غير المحتلة من النوع الأصلي. وكلما اصبحت الآليات البيئية العازلة متضمنة انعزال المركز Niche يكون أكثر تفهما حيث يبدو

واضحا أن القدرة الكامنة للتنويع المتصل هي غير مقصورة على آليات الوراثة الداخلية الخاصة بالنباتات.وهناك حالات متعددة من التوطين Homing والانتشار المحدود للمنتجات التكاثرية والاستيطان وما إلى ذلك كدليل لدعم الرأي عن أي توافق المورث Gene flow في الطبيعة هو أكثر تحديدا مما كان يفكر عموما. وهذا يعني أن الطرز السلوكية والتكاثرية تميل لتجزئة سكان النوع إلى أجزاء منعزلة وراثيا حيث يحصل تبادل المورث بين المجتمعات المحلية Local community بمعدل أوطأ كثيرا مما هو داخل المجتمعات. وإن التمييز قد يحصل حتى عندما تتبادل المجاميع السكانية المورثات بحرية لأن أجزاء السكان كثيرا ما تخضع لضغط انتخابي بيئي مختلف. فمثلا قد يسلط مفترس ضغطا انتخابيا على قطعة من السكان دون الأخرى وهكذا فالمجاميع السكانية المحلية المتزاوجة، مثلها مثل الأنواع ككل، يمكن ان تكون وحدات تطورية تسبب التكيف والتنوع في المجتمعات.ومع ذلك فالانتخاب الطبيعي على مستوى النوع وتحته يمكن أن يكون جزءا من هذه الحالة.

8-1 5- الانتخاب الصنعي Artificial selection

يعرف الانتخاب الذي ينجز من قبل الانسان بهدف تكييف الكائنات الحية لمتطلباته بالانتخاب الصنعي Artificial selection ويتضمن تدجين Domestication للنباتات والحيوانات أكثر من تحوير وراثة النوع لأن التكيفات المتقابلة بين الأنواع المدجنة والمدجنة (الإنسان عادة) تكون مطلوبة وتؤدي إلى شكل خاص من التكافلية Mutualism . وقد يفشل التدجين في تحقيق أهدافه على المدى البعيد ما لم تكن العلاقة التكافلية هي أيضا تكيفية على مستوى النظام البيئي،أو يمكن أن تكيف هكذا عن طريق تنظيم هادف.

التدجين هو حالة قائمة بين سكانين Two populations ينجز فيها أحد السكانين (المدجن Thedomesticator) شيئين للآخر وهو المدجن (Domesticated) ، الأول: يعمل السكان المدجن . والثاني يفرض السكان المدجن نوعا من نظام الانتخاب الصنعي والذي يعمل عندها على تحديد مستقبل تركيب مجمع المورثات للسكان المدجن في غياب الانتخاب الطبيعي. وهكذا،يمكن تعريف السكان

البري Wild population أنه سكان يكون مستقبل تركيب مورثاته تحت السيطرة المباشرة لتفاعل الانتخاب الطبيعي والطفرة بالمعنى الداروينى ، والسكان الداجن Domestic population هو الذي يكون مستقبل تركيب مجمع مورثاته تحت السيطرة المباشرة لنظام ما من الانتخاب الصنعي، مفروض عليه خارجيا من سكان من نوع آخر، والسكان الوحشي Feral population هو الذي كان مستقبل تركيب مجمع مورثاته في يوم ما تحت سيطرة تفاعل الانتخاب Natural selection- Mutation interaction) .

يعد التدجين أنموذجا خاصا ومهما جدا من تبادل المنفعة التي تحدث تبدلات عميقة في النظام البيئي لأن العلاقة تؤثر في عدد كبير من أنواع أخرى وفي عمليات (تدوير المغذيات وتدفق الطاقة وتركيب التربة وغيرها) غير المشمولة مباشرة في التفاعل بين المدجن والمدجن، وكمجهود منشود من قبل الإنسان يمكن أن يفشل التدجين من تحقيق أهدافه بعيدة المدى إذا لم تعوض تقييدات التغذية الاسترجاعية للانتخاب الطبيعي التي كانت قد أزيلت بالانتخاب الصنعي بتغيرات استرجاعية صنعية هادفة وهكذا، فالإنسان وأبقاره سيتلفون البيئة جراء الرعي المفرط ما لم تنظم العلاقة بمفهوم النظام البيئي ككل حيث تكون تبادلية منفعة حقا (نافعة لكليهما) بدلا من الاستنزاف.كذلك فإن بعضا من أسوأ مشاكل الإنسان قد تسببت من الحيوانات والنباتات المدجنة التي تهرب (أي أصبحت وحشية) إلى الطبيعة وتصبح آفات رئيسة.

9-1 6- الساعة البيولوجية Biological clock

تمتلك الكائنات الحية آلية وظيفية لقياس الوقت تعرف بالساعة الحياتية أو البيولوجية Biological clock كما أن الايقاع اليومي Circadian rhythm يعبر عن القدرة على توقيت وإعادة الفعاليات للكائن الحي بمدد من نحو 24 ساعة حتى في غياب الأدلة النهارية كالضوء على سبيل المثال. وتعود الأحداث المؤقتة الأخرى إلى الدورات القمرية(التي تحكم المد والجزر مثلا) وإلى الدورات الفصلية.

وهناك نظريات عن آلية الساعة البيولوجية الأولى فرضية الموقف الداخلي The endogenous timer hypothesis أي أن الساعة عبارة عن آلية داخلية يمكنها

قياس الوقت دون أدلة بيئية. والثانية فرضية التوقيت الخارجي The external timing hypothesis أي أنه الساعة الداخلية تؤقت بإشارات خارجية من البيئة. وبغض النظر عن الآلية فإن الفائدة البيئية أو الانتخابية من الساعة البيولوجية غير قابلة للنقاش لأنها تربط التوترات البيئية والوظيفية وتمكن الكائنات من توقع الدورات اليومية والفصلية وغيرها من الضوء والحرارة والمد والجزر وهكذا.

10-1 7- الأنماط السلوكية الأساسية Basic behavioral patterns

يعرف السلوك أنه المعنى الواسع للفعل العلني الذي يتخذه كائن ما ليتلاءم مع الأحوال البيئية لكي يؤمن بقاءه. وهو كذلك وسيلة مهمة تصبح الأفراد خلالها موحدة في جماعات ومجتمعات منظمة ومعدلة.ويمكن عد السلوك على أنه مركب من ستة مكونات تختلف في الأهمية حسب نوع الكائن وهي:

1. الانتحاءات Tropisms
2. الانجذابات Taxis
3. الأفعال الانعكاسية Reflexes
4. الغرائز Instincts
5. التعلم Learning
6. التسبيب Reasoning

وينحصر استخدام الانتحاءات Tropisms بصورة عامة بالحركات الموجهة أو التوجهات في الكائنات كالنباتات الفاقدة للأجهزة العصبية . بينما المكونات الخمسة الأخرى المدرجة في أعلاه بتتابع تطوري لحد ما تكون مصاحبة مع الحيوانات التي تملك أجهزة عصبية وحسية معقدة (الشكل 2-6).

ويشتق علم السلوك Ethology من الكلمة Ethos وتعنى عادة. حيث نزع علماء السلوك في الأساس لعمل تمييز حاد بين السلوك الفطري (المكونات الأربعة الأولى أعلاه) والسلوك المكتسب (المكونات الخامسة والسادسة) . غير انه من الواضح بان السلوك المتعلم يبنى على طرز معقدة من الأفعال الانعكاسية والغرائز

وطرز السلوك الموروثة الأخرى من ضمنها التوترات اليومية وتوترات الجسم الفطرية الأخرى.

ويمكن أن ينظر إلى مكونات السلوك الستة المبينة أعلاه بنوع من التتابع التطوري. ومع ذلك، لوحظ في الفقاريات العليا والإنسان، والمكونات الأكثر بدائية (الغرائز والأفعال الانعكاسية) لا تزال تؤدي دورا في تحديد كيفية تصرف الأفراد ، ربما أكثر أهمية مما يرغب الإنسان أن يعترف. فالانتحاء Tropism مأخوذة من كلمة Tropos تعني تحولا أو تبدلا، وهي حركات أو توجهات موجهة توجد في النباتات وعلى سبيل المثال زهرة الشمس فإن زهرة هذا النبات تحول لمواجهة الشمس والذي يسمى بالانتحاء الضوئي Photropism والتوجه العمودي لأوراق الأشجار في يوم مشمس حار يدعى Heliotropism أي الانتحاء الشمسي، أو النمو السفلي للجذور وما يسمى الانتحاء الأرضي Geotropism . وبما أن سلوكا تكيفيا كهذا يحصل بغياب الأجهزة العصبية فإنه يشمل عادة جزء بدلا من كل الكائن وتهيئ الهرمونات إليه الموازنة الرئيسية.

وتستعمل الانجذابات Taxis لتشير بصورة عامة إلى حركات المنبه– الاستجابة (Stimulus-Response) التي تلاحظ بسهولة في الحيوانات الواطئة.وكلمة Taxis تعني كذلك الترتيب وهي من المكونات السلوكية التي تشمل:

1. ردود الأفعال غير الموجهة مثل تجنب عام للبيئة الملائمة التي يدعى بأنها Kineses
2. ردود أفعال موجهة (taxis, sensustrictu) مع توجيه مباشر نحو المنبه أو بعيد عنه وعلى سبيل المثال طيران العثة نحو الضوء.
3. توجهات مستعرضة أو حركات بزاوية ما بالنسبة لاتجاه المنبه، مثل توجه بوصلة الضوء وإيجاد الاتجاه المعروف في النحل.

لا يمكن رسم خط صارم بين الانجذاب Taxis والأفعال الانعكاسية Reflexes، ويمكن أن تعد الأفعال الانعكاسية بصورة عامة انها استجابات منبه

لأعضاء أو أجزاء معينة من الجسم وكلاهما يمكن أن يحور بالتجربة. والأفعال الانعكاسية الشرطية Conditioned reflexes هي بداية سلوك "متعلم " والتي يعتقد سابقا أنها محصورة بالحيوانات الراقية. وقد ظهر الآن أن أوطأ الديدان وربما حتى الحيوانات الابتدائية Protozoa يمكن أن تشرط Conditioned

إن سلوك تغذية الهايدرا Hydra (فاقدة للجهاز العصبي المركزي) يوضح كيف أن الانتحاءات شبه النباتية والاستجابات اليسيرة الموجهة توازن بوساطة هرمون ينتج من خارج جسم الهايدرا (أي هرمونات بيئية) . فعندما يحصل تماس بفريسة وتخترق الخلايا اللاسعة لإحدى المجسات، فإن مادة تدعى الكلوتاثايون المختزل Reduced glutathion تنشر من الفريسة، محدثة توازنا سريعا ونشطا لجميع المجسات والتي بعدها تحرك الفريسة نحو الفم المركزي الموقع. وقد أظهرت التجارب أن الكلوتاثايون كان محررا نوعيا جدا لسلوك التغذية.

يكون السلوك الغريزي مسؤولا عن قسم كبير لما تؤلفه الحشرات والفقاريات الواطئة من تعقبات محولة من سلوك مطبوع, كتعاقب بناء العش وجمع الغذاء والمغازلة والاقتران ووضع البيض وحماية الصغار التي تشكل دورة التكاثر لزنبور الورق Paper wasp أو لطير. وأخيرا فالسلوك المتعلم والتسببي يزداد في الأهمية ويتناسب طرديا مع التوسع في الدماغ خاصة قشرة المخ.ويصبح التسبب المتضمن حل المشاكل وصياغة المفاهيم مكونا رئيسا من السلوك في الرتبة المقدمة العليا والانسان فقط.

لتوضيح كيف يندمج السلوك الفطري والمكتسب يمكن اقتباس الحالة المعروفة بالصم Impinting . حيث يملك البط والاوز حديث الفقس على سبيل المثال ميلا فطريا لاتباع الأبوين، ولكن عليهم أن يتعلموا تمييز الأبوين عبر المصاحبة. فلو أن شخصا أو حتى أنموذجا غير حي متحركا استعيض به عن الأبوين الطبيعيين أثناء الأسابيع الأولى القليلة من الحياة ، فان صورة البديل ستبصم لدرجة أن الصغير أخيرا سوف يتبع البديل مفضلا إياه على الأبوين الحقيقيين. ويظهر أن الغناء في كثير من الطيور هو مزيج من سلوك فطري ومتعلم أيضا .

إن عودة السمك والطيور إلى مواطنها Homing المثيرة هو أنموذج من السلوك الغريزي الذي هو بالرغم من ذلك،يحتمل أن يتضمن واحدا أو أكثر من المكونات الشرطية أو المتعلمة. فالسلمون على سبيل المثال قادر على اقتناء مجرى موطنه بشم أو تذوق المياه التي تحول في ذاكرته أثناء حياته المبكرة في المياه الرئيسة. والظاهر ان كل حاجز مائي Water shed يطلق إلى المجرى مكونا عضويا يختلف قليلا يمكن اقتناؤه بوساطة جهاز السمكة الحسي، حتى عندما تتبدل كيمياء المجرى لدرجة كبيرة بالملوثات التي من صنع الإنسان.

2-6: التوازن البيئي Environmental stability

تعد الأنظمة البيئية قادرة على إدامة نفسها وعلى تنظيمها مثلما تفعل مكوناتها من المجامع السكانية والكائنات الحية، لذا فإن علم السيطرة أو علم الضبط Cybernetics ذو أهمية تطبيقية في علم البيئة خاصة وأن الانسان يميل بشكل متزايد لتمزيق السيطرة الطبيعية أو يحاول تعويض الآليات الصناعية بدلا من الطبيعة ،والتوازن الطبيعي Homeostasis هو التعبير الذي ينطبق عموما على ميل الأنظمة الحياتية لمقاومة التغير وتبقى في حالة متوازنة.

قد اتفق علماء البيئة على أن أي إخلال في التوازن الطبيعي لأي نظام بيئي يعد نوعا من أنواع التلوث Pollution . مما يدل أن التوازن البيئي ذو أهمية في استقرار مكونات ذلك النظام البيئي. ويقصد بالاخلال في التوازن الطبيعي التغيرات المفاجئة أو المتأثرة بإحدى العوامل لإحدى أو اكثر من المكونات الأحيائية أو ألاّ أحيائية وسيتم التطرق لهذا الموضوع عند تناول مواضيع التلوث في الفصول القادمة.

إن مفهوم النظام البيئي مفهوم واسع ويجب أن يكون كذلك وأن وظيفته في الفكر البيئي تأكيد العلاقات الإجبارية والعلاقات المتوافقة والعلاقات العرضية ، أي اقتران المكونات لتكوين وحدات وظيفية. وكنتيجة طبيعية لهذا فانه ما دامت الأجزاء غير قابلة للانفصال عمليا من الكل ،فالنظام البيئي هو المستوى من التنظيم الحياتي الأكثر ملاءمة لتطبيق تقنيات تحليل الأنظمة. والأنظمة البيئية يمكن إدراكها ودراستها بأحجام

مختلفة فالبركة والبحيرة وبقعة من غابة أو حتى مزرعة مختبرية (نظام بيئي دقيق Microecosystem) تقدم وحدات ملائمة للدراسة. وما دامت المكونات الرئيسة موجودة وتعمل معا لإنجاز نوع من الاستقرار الوظيفي، ولو لوقت قصير فقط، يمكن أن تحسب الوحدة نظاما بيئيا. فالبركة المؤقتة هي نظام بيئي محدد له عملياته وكائناته الخاصة به على الرغم من أن وجودها الفعال محدد بمدة زمنية قصيرة يظهر خلالها استقرارها البيئي.

التوازن الطبيعي على مستوى الكائن من المفاهيم المعروفة جيدا في علم وظائف الأعضاء Physiology . أن التوازن بين الكائنات الحية والبيئة يمكن الإبقاء عليه أيضا بعوامل تقاوم التبدل في النظام ككل. وقد كتب الكثير عن هذا التوازن في الطبيعة غير انه فقط مع التطور الحديث في الطرائق الجيدة لقياس معدلات العمل للأنظمة ككل كانت بداية لفهم ما تشتمل عليه من آلية. وتنظم بعض المجموعات السكانية عن طريق الكثافة التي تغذي استرجاعيا بطريقة من آليات سلوكية لتقلل أو تزيد من معدل التكاثر (المستجيب The effector) وبذلك تحافظ على حجم السكان (الكمية المسيطر عليها) ضمن الحدود المعينة.ولا يبدو لمجموعات سكانية أخرى أنها قادرة على تحديد نفسها ولكنها محكومة بعوامل خارجية (وهذه قد تتضمن الإنسان) . وكما ذكر في أعلاه فإن آليات السيطرة العاملة على مستوى النظام البيئي تشمل تلك التي تنظم خزن وإطلاق المغذيات وإنتاج المواد العضوية وتحليلها. إن تفاعل دورات المادة وتدفقات الطاقة في الأنظمة البيئية الواسعة تولد توازن طبيعيا ذاتي التصحيح دون الحاجة إلى سيطرة خارجية.

إن فكرة النظام البيئي، وإدراك أن الإنسان جزء منه وليس بعيدا عن معقد الدورات الكيماوية الأرضية الحياتية مع قوة متزايدة لتحوير الدورات، هي مفاهيم أساسية لعلم البيئة الحديث. وهي كذلك وجهات نظر ذات أهمية قصوى في مشاكل الإنسان بصورة عامة. يجب أن تبنى صيانة الموارد الطبيعية والتطبيق العملي الأهم لعلم البيئة حول وجهات النظر هذه وهكذا. ومن هذا يفهم أن الإنسان ونتيجة لتطور الجهاز العصبي المركزي له تأثير واضح وفعال في تحوير فعل الأنظمة البيئية والعمل على

عدم استقرارها. مما يتطلب أن نهتم في زيادة الوعي البيئي للإنسان لكي لا يؤثر أو يكون تأثيره السلبي محدودا في النظام البيئي.

مع تحيات د. سلام الهلالي

الفصل الثالث

الدورات الكيماوية الأرضية الحياتية

Biogeochemical cycles

مع تحيات د. سلام الهلالي

3-1: المقدمة

بالامكان تفهم العديد من مبادئ النظم البيئية من خلال تتبع دورة العناصر الرئيسية مثل الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنيتروجين والفسفور والكبريت بين المكونات الحية وغير الحية للنظام البيئي وبالرغم من أن ما يتواجد في داخل جسم الكائن الحي من العناصر قد يتجاوز الأربعين عنصراً إلا أن اعتماد الحياة على الطاقة يترافق أو يتزامن مع احتياجاتها لما هو متوافر من حوالي عشرين عنصراً ضروريا لديناميكية الفعاليات الحيوية للكائن الحي. كما أن خمسة عناصر منها وهي الكربون والأوكسجين والنتروجين والفسفور تمثل أكثر من 97% من تركيب البروتوبلازم في معظم أنواع الكائنات الحية.

إن انتقال هذه العناصر من الحالة اللاعضوية إلى الحالة العضوية ومن ثم رجوعها إلى الحالة اللاعضوية قد يسبب الاختلاف والتباين بين عدد من الكائنات الحية وأنواعها من منطقة إلى أخرى على وفق سرعة التحول (سرعة انتقال) هذه العناصر من حالة إلى أخرى وكذلك باختلاف كميتها والتي ترتبط وتتغاير باختلاف عوامل محيطية وحياتية عديدة. وإن متابعة هذا المسار (انتقال) أي عنصر من الحالة اللاعضوية إلى الحالة العضوية ورجوعها إلى الحالة اللاعضوية في الطبيعة تسهل إدراك العلاقات المتواجدة بين الكائنات الحية ومحيطها الذي تتواجد فيه. وأن استكمال هذه الدورة بالنسبة إلى العناصر المختلفة بين المحيط والكائن الحي ثم رجوعها إلى المحيط يسمى بدورة العناصر الكيماوية الأرضية الحياتية.

إن العلاقة بين الكائن الحي ومحيطه الذي يتواجد فيه هي علاقة معقدة جدا.وخلال تبسيط وإدراك هذه العلاقة هي بالأساس ما يتضمنه علم البيئة Ecology ككل. وأن استيعاب مثل هذه العلاقة لجميع العناصر والكائنات الحية يشكل القاعدة الأساسية التي يستند إليها إدراك المفاهيم الأساسية في تشعبات أساسيات علم البيئة ومفهوم النظام البيئي بالذات. وبما أن مسارات هذه العناصر ضمن أية دورة من دورات العناصر تتبع نظم حياتية وأرضية وكيماوية مختلفة ومتباينة لذا فإنها توسع من إدراك وتفهم هذا العلم (الشكلان 3-1 و 3-2).

تكـون بعـض الـدورات مقتصـرة علـى مواقـع محـددة أساسـا وتسـمى بالـدورات الموقعية Local cycles والأخرى تتوسع لتشمل الكرة الأرضية كلها Global cycle بمياهها وتربتها وهوائها تقريبا كما وضحت في الشكلين المشار إليهما أعلاه.

تشمل الدورات الموقعية العناصر ذات الحركة المحدودة(العناصر التي لا تمتلك ميكانيكية الانتقال إلى مسافات بعيدة) في حين أن الدورات المحيطية الشاملة تحتوي على مركبات غازية ومن ثم تتعلق وتتوثق مع جميع الكائنات الحية على الكرة الأرضية وبمعنى آخر إنها تشمل الكتلة الحية Biosphere ككل. وعند الأخذ بنظر الاعتبار الفترات الجيولوجية فإن فعالية جميع العناصر الأساسية في دوراتها بفعاليات وعمليات متباينة تشمل التعرية والانجراف المترسب أو إعادة تراكم العناصر. ومن هذا الإطار الواضح تكون الفعاليات الحيوية هي المسؤولة عن الدورات الكيماوية الأرضية الحياتية . وهناك ثلاثة أنواع من الدورات التي يمكن ملاحظتها لهذه المواد أو العناصر في النظام البيئي وهي:

1- دورة الماء Hydrologic cycle التي تمتاز بدوران مركب الماء.

2- الدورة الغازية Gaseous cycle التي يتم فيها تدوير الغازات وتساهم فيها الكائنات الحية ومحيطها.

3- الـدورة الرسـوبية Sedimentary cycle التـي تضـم تـدوير العناصـر الكيماويـة وتساهم فيها الكائنات الحية ومحيطها. إن العناصر ذات الدورات الرسوبية تتحدد دوراتها في الطبيعة ضمن نظام بيئي محدد لكون مركباتها تنتقل بعمليات الترسيب، عليه تكون دورات مغلقة تتغير بالتغيرات الجيولوجية. وان الجزء الذي يتحدد بموقع معين ضمن الدورة لهذه العناصر ترتبط أرتباطا وثيقا بالأفعال الحيوية ومن ثم تتأثر وتتحفز بتدفق الطاقة ضمن النظام البيئي لذا فإن التدفق الأكثر للطاقة تعجل في سرعة دوران العنصر. وإن زيادة سيولة المغذيات وتدفقها ترتبط مع تدفق الطاقة الأساسية في مسارها في المنتج إلى المستهلك ضمن الشبكة الغذائية.

إن تراكم وتجمع المغذيات في داخل الجسم الحي (امتصاصه) من المحيط الخارجي عملية تحتاج إلى استخدام الطاقة. وإن العلاقة بين تدفق الطاقة ودورات

العناصر أصبحت من الحقول المثمرة في التطبيقات العملية في التحليلات البيئية. وحيث أن تدفق العناصر خلال النظام البيئي يوضح بعض القياسات حول ديمومته واستمراريته وكذلك تتبع مسارات الطاقة فيها ضمن الشبكة الغذائية لذا فإن تحليل دورات العناصر ضمن النظام البيئي هو الوسيلة الصحيحة لفهم النظام البيئي، بغض النظر عن ما ذكر فإن دورات العناصر في الطبيعة قد تقسم إلى نوعين رئيسيين اعتمادا على مصادر هذه العناصر فهناك الدورات الغازية التي يكون الغلاف الجوي هو المصدر والمستودع الأساسي لها، والدورات الرسوبية حيث يكون سطح الكرة الأرضية هو المستودع الأساسي لها ، وتنقسم هذه الدورات إلى دورة كاملة ودورات غير كاملة حيث تعد الدورة الغازية من الدورات الكاملة بينما تعد الدورة الرسوبية من الدورات غير الكاملة بصورة عامة.ولو استمر العالم في استهلاك الصخور الفسفورية بنفس معدل عام 1970 أي حوالي 94 مليون طن سنوياً فإن الاحتياطي العالم سوف يبقى لمائة سنة فقط وإذا لم نستطع أن نحافظ عل هذا المصدر الحيوي فإن تأثير نفاذه سوف يؤدي إلى حدوث كارثة.

3-2: الدورات

وتشمل:

1-2-3 11-1: أولاً : دورة الماء Hydrologic cycle

يعد الماء أساساً لكل الكائنات الحية. ويشكل الماء الجزء الأكبر من أجسام وأنسجة معظم الأحياء. ويؤدي الماء دوراً مهماً ليس فقط بالنسبة لنشوء الأنواع في الأحقاب الجيولوجية الغابرة وفي استمرار الحياة في الكرة الأرضية في الوقت الحاضر بل كذلك على المستوى الخلوي والمستوى الجزيئي. ويكون الماء حوالي 60-90% من الوزن الطري لمعظم الأحياء بصورة عامة ونادراً ما تنخفض عن هذه النسبة وعلى سبيل المثال فإن نسبة الماء في البذور الجافة للنباتات والأبواغ الكامنة Dormant spores قد تصل إلى حدود 10% من وزنها الطري في حين بعض الحالات قد ترتفع إلى أكثر

من 98% كما هو الحال في ثمار بعض النباتات كالخيار والرقي وبعض أنواع قناديل البحر.

تصل نسبة الماء في جسم الانسان بحدود 60–70 % وقد تم تقدير كمية الماء التي تفقد من جسم إنسان وزنه حوالي 70 كغم بحدود 2500 سم^3 يوميا خلال العمليات الإبرازية المختلفة وعملية التنفس. وفي حالة القيام بمجهودات بدنية أو رياضية قد تصل كمية الماء التي يفقدها الإنسان إلى أربعة أضعاف الكمية أعلاه.

عند ملاحظة انتشار المياه في الكرة الأرضية فإن أكثر من 70% تغطيها المياه التي تشكل المحيطات بصورة رئيسة. وثم تبخر الماء من سطوح المحيطات وبقية المسطحات المائية كالبحار والبحيرات والأنهار فضلاً عن التبخر من أجسام الأحياء حيوانية كانت أم نباتية. ويعود هذا الماء المتبخر إلى الأرض مرة أخرى ساقطاً على أجسام الكائنات الحية وعلى التربة وعلى المسطحات المائية المختلفة وقدرت كمية المياه الساقطة على سطح الكرة الأرضية بحدود 4.46×10^{20} غم سنويا منها 0.99×10^{20} غم تسقط على اليابسة والمتبقي وهو 3.47×10^{20} غم تسقط على المحيطات . علماً بأن حوالي 2% من مجموع المياه الموجودة في الكرة الأرضية يكون مثبتاً بطريقة أو بأخرى منها ما يشكل كتلا جليدية كالجبال الجليدية في القطب أو يكون مرتبطاً بدقائق التربة Bound water أو جزء من بنية أجسام الكائنات الحية . أما الجزء المتبقي والأكبر فإنه يجري تدويره بصورة مباشرة بين سطح الأرض المغطى بالمياه أو اليابسة وبين الجو كما موضح في الجدول (3–1) .

علما بأن الماء ينتقل بين اليابسة والجو والمسطحات المائية سواء كان حرا أو مرتبطا بشكل مؤقت وكما موضح بالشكل (3–3).

جدول رقم (3–1) المحتوى المائي (غم) لمكونات القشرة الأرضية.

القشرة الأرضية	المحتوى المائي (غم) × 10^{20}
المحيطات	250000
الصخور	13800
الصخور الرسوبية	2100
القطبان الشمالي والجنوبي	167
المياه تحت الجوفية	2.5
المياه الداخلية	0.25
بخار الماء الجوي	0.13

إن الماء الحر Free water المتواجد في أي مكان هو الذي يحدد طبيعة أنواع الكائنات الحية التي يمكن أن توجد فيه ومدى وفرة أعدادها ، فضلا عن ذلك المياه السطحية Surface water المنتشرة في بقاع المعمورة المختلفة المتمثلة بالبحيرات Lakes والبرك Ponds والأنهار Rivers والجداول Streams كما هناك المياه الجوفية Ground water المتواجدة في خزانات بأعماق مختلفة في باطن الأرض في الطبقات الجوفية النفاذة من الصخور أو الرمل أو الحصى. وتمثل المياه الجوفية في العديد من مناطق العالم المصدر الأهم من مصادر المياه وعلى سبيل المثال فإن حوالي 96% من المياه العذبة في الولايات المتحدة الأمريكية هي مياه جوفية.

تكون المياه الجوفية بالمقارنة مع المياه السطحية ذات جريان بطيء. كما أن المياه السطحية بقدر ما هي متوفرة في عدد من الأقطار العربية مثل العراق ومصر والسودان وسوريا وغيرها. فضلاً عن المياه الجوفية الوفيرة لكن هناك أقطار عربية أخرى تكاد تكون المياه الجوفية المصدر الوحيد للماء اللازم لسد احتياجات السكان كما هي الحال في معظم أقطار الخليج العربي. علماً بأن العديد من دول العالم تستغل المياه الجوفية لاستخدامات مختلفة منها تكون مصدراً لمياه الشرب.

لا بد هنا من الإشارة بأن المياه الجوفية تتعرض إلى عدد من الملوثات كما هو الحال في المياه السطحية ومن الضروري الحفاظ عليها والانتباه بان هذه المياه رغم وجودها في باطن الأرض لكن يصلها العديد من الملوثات خلال ما ينفذ من سطح التربة من مواد مختلفة كالمبيدات أو بعض العناصر الثقيلة وغيرها من الملوثات.

3-2-2: ثانياً : الدورات الغازية Gaseous cycles

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

12-1 1- دورة الكاربون Carbon cycle

تعد دورة الكاربون من أبسط دورات العناصر بسبب تميز مكوناتها الرئيسة (الشكل 3-4). كما أن هذه الدورة تعد من الدورات الكاملة وذلك لأن الكاربون يعود إلى المحيط البيئي بنفس السرعة التي يزول فيها. ويكون المسار الرئيس للكربون في هذه الدورة من المحيط الجوي Atmosphere الذي يكون المخزن الأساس له في الكائنات المنتجة Producers وبشكل رئيسي النباتات الخضراء ومن ثم الكائنات المستهلكة Consumers ومن هاتين المجموعتين إلى الكائنات المحللة Decomposers التي تتمثل بالبكتيريا والفطريات ومنها تعود إلى المحيط الجوي الذي يحتوي بين 0.03 – 0.04 % من ثنائي أوكسيد الكاربون . علما بان هذا الغاز يتزايد في الجو ويعود السبب إلى عاملين أساسيين وكلا العاملين يعودان إلى أنشطة الإنسان وهما:

1- قطع كميات كبيرة من أشجار الغابات لاستغلال الإنسان لها في تصنيع الخشب في صناعات مختلفة دون الموازنة بين ما يقطع وما يزرع من أشجار جديدة في العديد من مناطق العالم خاصة البلدان الغربية وكان هذا الأمر محور النقاش في مؤتمر قمة الأرض الذي عقد في ريو دي جانيرو في البرازيل عام 1992.

2- الازدياد المضطرد في الصناعات وما تفرزه من مخلفات غازية منها غاز ثنائي أوكسيد الكاربون بخاصة البلدان الغربية الصناعية.

لذا يتطلب الأمر الاهتمام بالتشجير في جميع أنحاء العالم والتي ستقوم بامتصاص كميات هائلة من غاز ثنائي أوكسيد الكربون خلال عملية البناء الضوئي علما بأن هذه العملية يتم خلالها تثبيت حوالي 1-2 كغم من الكاربون بالمتر المربع سنويا في الغابات الاستوائية على سبيل المثال خلال عملية البناء الضوئي Photosynthesis ، حيث أن الكاربون اللاعضوي الذي هو على هيئة غاز ثنائي اوكسيد الكاربون يتحول إلى كربون عضوي يثبت في الخلايا النباتية ويعود الكاربون مرة أخرى إلى الجو على هيئة غاز ثنائي أوكسيد الكاربون خلال العمليات التنفسية Respiration للكائنات الحية المختلفة.وبعد موت الكائنات الحية وخلال عمليات التحلل التي تقوم بها البكتيريا والفطريات تتحلل فيها المادة العضوية وتتحول إلى غاز ثنائي اوكسيد الكاربون فضلا عن الأكسدة بالعوامل اللاأحيائية كارتفاع درجة الحرارة وقد يكون الكاربون مقيدا ضمن تراكيب متنوعة في الكائنات الحية كالأصداف أو الترسبات البحرية للكاربونات الحيوانية أو على هيئة أملاح كاربونات غير عضوية كالحجر الجيري ، فضلاً عن وجود الكاربون كرواسب عضوية في الفحم والنفط الذي يبقى كذلك آلاف السنين.

إن التغيرات القليلة في تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكاربون الجوي تؤدي دورا كبيرا من التأثيرات الرئيسة في المناخ حيث أن زيادة تركيز هذا الغاز تؤدي إلى زيادة في حرارة البيئة التي تعرف بتأثير البيت الزجاجي Green house effect الذي يؤدي إلى الاحتباس الحراري. وهذا ما يؤدي إلى ذوبان الكتل الجليدية القطبية أو الجبال الثلجية مما يسبب ارتفاعا في منسوب المياه في المحيطات الذي يؤدي إلى كوارث وخسائر كبيرة في المناطق الساحلية فقتد تغطى مساحات كبيرة من جملتها مدن ساحلية بالمياه وهذا الأمر يطرح دائما في المؤتمرات العالمية التي تخص موضوع البيئة بخاصة ما تم تأكيده خلال العقد الأخير من القرن العشرين الماضي.

يمكن ملاحظة تطور الجو في وقتنا ا لحاضر مقارنة مع بداية الحياة على الأرض قبل أكثر من بليونين من السنين.حيث كان الجو مثل جو كوكب المشتري الآن مكوناً من غازات بركانية تحوي كميات من غاز ثنائي أوكسيد الكربون والقليل من غاز الأوكسجين إن لم يكن معدوماً. والتراكيز الحالية لثنائي أوكسيد الكربون ملائمة لنمو الكائنات الحية لغاية وقتنا الحاضر بالرغم من أن تراكيز ثنائي أوكسيد الكربون في الجو أظهرت زيادة ملحوظة بعد الثورة الصناعية تصل إلى حوالي (10) جزء بالمليون حجماً لكل عشر سنوات. ولكنه يبدو أن الكساء الخضري الذي يقوم بعملية تثبيت هذا الغاز، والنظام الكاربوني للبحار والمحيطات غير كافيين في وقتنا الحاضر في إزالة التركيز الإضافي من هذا الغاز من الجو، فإن الزيادة الكبيرة في استهلاك وقود المتحجرات التي لا تتوازن مع قدرة الإزالة للحزام الأخضر.وتلاحظ الزيادة في تركيز هذا الغاز في الجو بصورة عامة مبينا في الشكل (3-5).

كما أن تبادل غاز ثنائي أوكسيد الكربون بين المحيط الجوي والمحيط المائي مهم جدا في التوازن لتركيز هذا الغاز حيث أنه يذوب في الماء خلال سقوط المطر وقد قدر أن للتر الواحد من الماء يحوي على حوالي 0.3 سم^3 من غاز ثنائي أوكسيد الكربون بعد اتحاد الغاز مع الماء الموجود في التربة أو في الأنظمة البيئية المائية مما ينتج عنه حامض الكربونيك $H_2\ CO_3$ وهذا التفاعل يكون عكسياً . ويمكن أن يتحلل هذا الحامض إلى أيوني الهيدروجين وأيون البيكاربونات HCO_3 وهذا التفاعل عكسي كذلك. والأخير يمكن أن يتحلل في تفاعل عكسي إلى أيون الهيدروجين وأيون الكربونات = CO_3 وكما يلاحظ في التفاعلات الآتية:

$$H_2O + \text{Dissolved } CO_3 \rightleftharpoons \text{Atmospheric } CO_3$$

ثنائي أوكسيد الكربون المذاب في الماء — ثنائي أوكسيد الكربون الجوي

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H + HCO_3 \rightleftharpoons H + CO_3$$

حامض الكربونيك — بيكاربونات — كربونات

وكما هو واضح من التفاعلات أعلاه فإن جميعها تفاعلات عكسية لذا فإن اتجاه التفاعل يعتمد على تركيز المكونات الحرجة لهذا فإن الاضمحلال الموقعي لثنائي أوكسيد اكربون في الجو سيؤدي إلى حركة هذا الغاز من الحالة الذائبة إلى الهواء مما سوف يحفز مجموعة من التفاعلات التعويضية.

لذا تلاحظ نفس الحالة في أيون البيكاربونات HCO3 من خلال عملية البناء الضوئي للنباتات المائية ومنها الطحالب، وسيؤدي بالمعادلة في الاتجاه المعاكس .ولكن توازن النظام البيئي هو أكثر تعقيدا مما ذكر سابقاً. فمثلا إن كمية الكربون على هيئة بيكاربونات أو كربونات تعتمد على تركيز أيون الهيدروجين PH في الماء. فعندما يكون المحيط قاعديا أي قيم عالية لتركيز أيون الهيدروجين فإن كمية الكاربون تزداد على هيئة كربونات. أما إذا كانت الظروف حامضية فإن زيادة في ذوبان اكاربون تحصل .ومن هذا يتضح أن التحكم بتركيز أيون الهيدروجين (H2S) . إن وجود الترسبات الطبيعية للكبريت كعنصر يرجع إلى فعل البراكين أو لفعاليات الأحياء الدقيقة (الشكل 3-8).

إن القليل من الكائنات الحية تستطيع أن تسد متطلباتها من الكبريت العضوي مثل الأحماض الأمينية كالستين Systene إلا أن الكبريت غير العضوي يعد المصدر للكبريت الداخل في الأنظمة الحياتية. كما أن أغلب الكبريت الذي يدخل في الفعاليات الحيوية يكون مصدره عمليات التحليل للمواد العضوية بوساطة أنواع تعود لجنسين من الفطريات هما Neurospora و Aspergillus . ويمكن أن يختزل الكبريت في الظروف غير الهوائية إلى كبريتيد Sulfide ومن أمثلتها كبريتيد الهيدروجين H_2S بوساطة أنواع من البكتيريا تعود للأجناس Protens و Escherichia . ويستطيع قسم من الكبريت العضوي الدخول إلى المحيط الجوي على هيئة ثنائي اوكسيد الكبريت SO_2 خلال الاحتراق الناقص للوقود الأحفوري والذي يعد من أهم المصادر لتلوث الهواء في وقتنا الحاضر .ويمكن أن يترسب الكبري اللاعضوي على هيئة كبريتات $SO4^{-2}$ لكونه قابلا للذوبان في الماء. ويمكن أن يكون مصدرا للكبريت في العديد من الأنظمة البيئية.وقد يختزل الكبريت تحت الظروف غير الهوائية إلى هيئة كبريتيت أو كبريتيد من ضمنها كبريتيد الهيدروجين بوساطة البكتيريا متباينة التغذية Desul Favibrio . كما

بالامكان أن تشترك أنواع أخرى تابعة للأجناس يتم تثبيت النتروجين في التربة خلال ما تقوم به بعض أنواع البكتيريا غير التعايشية Asymbiotic nitrogen fixing bacteria المثبتة للنتروجين مثل أزوتوباكتر Axotobacter (هوائية) وكلوستيريديوم Clostridium (لا هوائية)، والبكتيريا التعايشية Symbiotic nitrogen fixing bacteria المتواجدة في العقد الجذرية لبعض النباتات كالبقوليات مثل بكتيريا Rhizobium ، فضلاعن قام بعض الطحالب الخضر المزرقة Blure green algae في تثبيت النتروجين كما في حقول نبات الرز مثل طحالب الأنابينا Anabaena والنوستوك Nostoce. وقد أكتشف أن البكتيريا الأرجوانية Rhodosprillium وغيرها من بكتيريا البناء الضوئي هي من مثبتات النتروجين ايضا. وهناك أدلة على أن البكتيريا والطحالب النامية على أوراق النباتات في الغابات الاستوائية الرطبة تقوم بتثبيت كميات ملحوظة من النتروجين الجوي قد يستخدم بعضه من الأشجار نفسها.

إن أهمية البكتيريا المثبتة للنتروجين المرافقة للبقوليات معروفة في الزراعة الحديثة. حيث توفر الخصوبة المستمرة للحقل الذي ينفذ به دورة زراعية متضمنة نباتات بقولية يقابل ما يستخدم من أسمدة نتروجينية. وعلى سبيل المثال فإن حقول الرز توفر الملائم لنمو الطحالب الخضر المزرقة كما هو الحال في الأهوار المنتشرة قرب نهر الفرات ومزارع الشنافية لمحصول الرز جنوب العراق فضلا عن مناطق جنوب شرق آسيا التي تزدهر فيها مزار حقول الرز.

ويمكن أن تتم عملية تثبيت النتروجين بوساطة التأثير المؤين للبرق (الكهربةElectrification) أو بشكل اصطناعي، ويصل إلى التربة كأكاسيد للنتروجين.وتقدر كمية النتروجين المثبتة من الهواء بين 140–700 ملغم بالمتر المربع سنويا للبيئة الحياتية ككل. وتشير المصادر أن معظم هذا التثبيت هو حياتي مع جزء قليل منه (لا يزيد عن 35 ملغم بالمتر المربع بالسنة في المناطق المعتدلة) ناتج من الكهربة والتثبيت الكيموضوئي Photochemical fixation . إن تثبيت النتروجين الحياتي في المناطق الخصبة أكثر بكثير مما هو لمعدلات البيئة الحياتية لحد 20 غرام بالمتر المربع سنوياً . أما تثبيت النتروجين في المناطق المضاءة Photic zones

للبحيرات الصغيرة فإنها تتراوح بين 1–50 ميكروغرام باللتر يومياً، علما بأن القيم العالية سجلت في بحيرات ملوثة بمجاميع سكانية من الطحالب الخضر المزرقة.

كما ذكر في أعلاه فإن معدل تثبيت النتروجين على أساس المتر المربع أقل في المحيط منه على اليابسة بسبب الانتاجية المنخفضة بصورة عامة. ولكن الكمية الكلية في النتروجين المثبتة في المحيطات تكون كبيرة وتشكل أهمية واضحة إلى دورة النتروجين ككل.

هناك أشكال من النتروجين تستطيع النباتات الراقية تناولها خلال جذورها الممتدة بين جزيئات التربة وهي على شكل أيونات النترات NO_3 والأمونيا NH_4 بشكل رئيسي. وتتناول الطحالب هذه الأشكال أيضا. وفي داخل الخلايا تختزل أكاسيد النتروجين إلى الأمونيا التي بدورها تساهم في بناء الأحماض الأمينية Amino acids ومن ثم تدخل هذه الأحماض في تكوين البروتينات Protein synthesis ومنها بقية المركبات العضوية الأخرى. وعندما تتغذى الحيوانات على النباتات (الراقية منها والواطئة كالطحالب) فإن النتروجين ينتقل على هيئة مركبات عضوية من النباتات إلى الحيوانات. وبعد موت كل من النباتات والحيوانات تبدأ عملية التحللDecomposition بوساطة الكائنات المحللة Decomposers كالبكتيريا والفطريات وعندها يتم تحويل النتروجين العضوي إلى شكل لا عضوي وهي الأمونيا NH_4 بصورة رئيسة. كما أن الحيوانات تطرح النتروجين إلى خارج أجسامها كناتج للفعاليات الايضية Metabolism كما هو الحال في إفراز اليوريا على سبيل المثال (الشكل 3–6).

إن للبكتيريا دورا واضحا في عمليات التحلل للمركبات النتروجينية خلال عمليات النشدرة Ammonification والنترجة Nitrification ونزع النتروجين Denitrification التي تشارك فيها أكثر من نوع من البكتيريا. وعلى سبيل المثال تساعد بكتيريا النشدرة مثل بسودوموناس Pseudomonas وبرتيوس Proteus في تحليل الحوامض الأمينية (group $-NH_2$) وإنتاج الأمونيا (NH_3) .وهذه الأمونيا بدورها تتأكسد وتتحول إلى نتريت NO_2 بسرعة بواسطة بكتيريا النتريت مثل

نتروسوموناس Nitosomonas ومن ثم إلى نتراتNO_3 بوساطة بكتيريا النترات مثل نايتروباكتر Nitrobacter.

تمتص النباتات أيونات النترات مباشرة ثم تنتقل إلى داخل خلاياها من صنيعتها اللاعضوية لتتحول إلى الحالة العضوية في تركيب الأحماض الأمينية والبروتينات والأحماض النووية وغيرها من المركبات العضوية النتروجينية.وهناك بعض الأنواع من البكتيريا تساعد في إرجاع النتروجين إلى صيغته في الجو بوساطة عملية نزع النتروجين Denitrification التي تسمى بالبكتيريا النازعة للنتروجين مثل بسودوموناس Pseudomonas وثايوباسيليس Thayobacillus ومايكروكوكس دبنيتريكانس Micrococcus denitificans . إن وجود هذه الأنواع من البكتيريا له أهمية كبيرة في المحافظة على الانسياب الدوري للنتروجين من خلال أي نظام بيئي متوازن (الشكل 3-7) . وتعد عملية أخذ النبات للنتروجين في أشكاله اللاعضوية كالنترات مقياساً جيداً للتوازن بين التحلل البروتيني والتأثير البكتيري والإنتاجية الأولية. فعند تواجد النترات في تراكيز عالية في أي مسطح مائي يمكن أن يكون دليلا على الإثراء الغذائي Eutrophication.

13-1 3-2-3: الدورات الرسوبية Sedimentary cycles

لبعض العناصر المغذية الضرورية Essential elements مثل الكبريت تكون في حالة غازية على هيئة غاز ثنائي أوكسيد الكبريت لكنها تعد غير مهمة. حيث أن لدورة الكبريت أو غيرها من الدورات الرسوبية لا تكون جاهزة كما هو الحال في الكربون والنتروجين. كما أن مسارات هذه الدورات في أغلب مراحلها على المدى القصير أو البعيد تعد راكدة.وهذه الحالة الراكدة هي الترسب في المحيط أو في أعماق البحيرات كما هو الحال في ترسبات البحيرة العظمى. وسيتم التطرق إلى دورتين رسوبيتين هما دورة الكبريت ودورة الفسفور لأهميتها في الفعاليات الحيوية والنمو في الكائنات الحية.

1- دورة الكبريت Sulfur cycle

مع تحيات د. سلام الهلالي

يعد الكبريت من العناصر الأساسية في بناء جزئية البروتين. وكما هو معروف فإن البروتينات تدخل في تركيبه المادة الحية للخلية ومنها لجسم الأحياء.ولا يمكن للحياة أن تدوم دون وجود الكبريت. ويتواجد الكبريت في الطبيعة على هيئة عنصر الكبريت (S) أو على هيئة كبريتيت ($SO3^{-2}$) أو كبريتات ($SO4^{-2}$) ويتحلل الكبريت العضوي من أجسام الأحياء المتحللة كالنباتات والحيوانات إلى كبريتيد الهيدروجين (H_2 S) . إن وجود الترسبات الطبيعية للكبريت كعنصر يرجع إلى فعل البراكين أو لفعاليات الأحياء الدقيقة(الشكل 3-8) .

إن القليل من الكائنات الحية تستطيع أن تسد متطلباتها من الكبريت العضوي مثل الأحماض الأمينية كالستين Systene إلا أن الكبريت غير العضوي يعد المصدر للكبريت الداخل في الأنظمة الحياتية. كما أن أغلب الكبريت الذي يدخل في الفعاليات الحيوية يكون مصدره عمليات التحليل للمواد العضوية بوساطة أنواع تعود لجنسين من الفطريات هما Neurospora و Aspergithus . ويمكن أن يختزل الكبريت في الظروف غير الهوائية إلى كبريتيد Sulfide ومن أمثلتها كبريتيد الهيدروجين H_2 S بوساطة أنواع من البكتيريا تعود للأجناس Proteus و Escherichia .ويستطيع قسم من الكبريت العضوي الدخول إلى المحيط الجوي على هيئة ثنائي أوكسيد الكبريت SO_2 خلال الاحتراق الناقص للوقود الاحفوري والذي يعد من أهم المصادر لتلوث الهواء في وقتنا الحاضر. ويمكن أن يترسب الكبريت اللاعضوي على هيئة كبريتات $SO4^{-2}$ لكونه قابلاً للذوبان في الماء. ويمكن أن يكون مصدراً للكبريت في العديد من الأنظمة البيئية. وقد يختزل الكبريت تحت الظروف غير الهوائية إلى هيئة كبريتيت أو كبريتيد من ضمنها كبريتيد الهيدروجين بوساطة البكتيريا متباينة التغذية Desul favibrio. كما بالإمكان أن تشترك أنواع أخرى تابعة للأجناسExcherichia. Aerobacter في هذه العملية . وهذه الأنواع من البكتيريا تستخدم الكبريت كمستلم للهيدروجين Hydrogen acceptor من خلال الأكسدة الأيضية بطريقة تشبه استخدام النتريت والنترات في البكتيريا والتي ورد ذكرها في دورة النتروجين.

ويمكن لكبريتيد الهيدروجين أن يتراكم بالتحلل السريع للبروتينات. وقد تكون تراكيز كبريتيد الهيدروجين وحامض الكبريتيك عالية مما تستبعد كل أشكال الحياة عدا بكتيريا الكبريت كما يحدث في البحر الأسود وتحت 150 متراً. ويلاحظ كذلك التجمعات الضخمة في بعض المصبات الملوثة تعاني من نبات خس البحر الذي عند تحلله تنتج رائحة كريهة تعود إلى كبريتيد الهيدروجين. كما يحبس الكبريت ايضا في الفحم والنفط وينطلق مرة أخرى على هيئة ثنائي الكبريت SO2 إلى الجو عند حرق هذه المواد.

14-1 2-دورة الفسفور Phosphorus cycle

كما في الكبريت فإن الفسفور من أحد العناصر الأساسية في تركيب الخلية الحية لجميع الأحياء ويؤدي دورا رئيسا في خطوات متعددة من العمليات الأيضية فهو من العناصر الأساسية في بنية جزيئة الدنا DNA وجزيئة الرنا RNA من العناصر الأساسية في مركبات الطاقة مثل ثلاثي فوسفات الأدينوسين ATP فضلا عن اشتراكه في تركيب الليبيدات المفسفرة التي تدخل في تركيب العضيوات والأغشية الخلوية. أما الفسفور اللاعضوي فيكون على هيئة أيونات الفسفور $PO4^{3-}$ و $HPO4^{-2}$ و $H2PO4^{-1}$ والتي تمتصها النباتات وتثبت في الخلايا خلال العمليات الأيضية.

يعد الفسفور اللاعضوي أقل وفرة في الطبيعة مقارنة مع النتروجين وتشير المصادر أن المستويات الطبيعية بمعدل 1: 23 بالنسبة للنتروجين في النظام البيئي اللا أحيائي. أما الخزين الأساسي للفسفور في الطبيعة فهو الصخور الفوسفاتية وبقايا ذرق الطيور وفضلات الأسماك والترسبات في الحيوانات المتحجرة. ويتدفق الفوسفور من هذه العناصر خلال عمليات التآكل والتعرية والانجراف فضلا عن عمليات التنقيب واستخدامات الأسمدة المختلفة. ويتحرر الفوسفور من بعض هذه العمليات على هيئة فوسفات إلى التربة لتكون جاهزة لامتصاصها من قبل جذور النباتات وخلالها يدخل الفوسفور إلى الأجزاء الحيةمن النظام البيئي خلال المستويات الاغتذائية المختلفة قبل رجوعها إلى التربة مرة أخرى. وأن الكثير منها تغسل وتنجرف مع المياه وتتدفق إلى البحار مباشرة. وأن عمليات الخلط والتنقيب في التربة تعجل في هذه العملية بصورة عامة.

تمتص النباتات الفسفور اللاعضوي باعتباره أحد المغذيات الرئيسة ويتحول إلى الحالة العضوية ومنها ينتقل إلى الحيوانات التي تتغذى عليها (الشكل 3–9) . وعند موت هذه الأحياء سوف تعمل المحللات الموجودة في التربة أو المياه على إرجاع الفسفور لحالته اللاعضوية فضلا عن ما يخزن ضمن الرواسب والصخور الرسوبية التي بدورها تطلق الفسفور اللاعضوي خلال عمليات التعرية كما هو الحال كذلك في الصخور النارية. وتشمل مسارات دورة الفسفور في الطبيعة ما يأتي:

1– التدفق السنوي للفسفور يقدر بحوالي 14 مليون طن متري يذهب إلى البحار خلال الانجراف والتعرية والأسمدة الزراعية وتعد هذه العملية ذات اتجاه واحد بسبب ما يعود منها بما لا يزيد عن 0.01 مليون طن متري إلى اليابسة عن طريق الطيور البحرية.

2– يعد قاع البحار والمحيطات المستودع الأساسي للفسفور الذي يحتوي بحدود 120 مليون طن متري، وتبقى هذه الكمية ثابتة بسبب انحلال جزيئات الفسفور غير العضوي أو التحلل المائي لمركبات الفسفور العضوية بسبب ترشيح الفوسفات غير الذائبة وتمثيلها من قبل النباتات ومن ضمنها الطحالب. حيث أن حاجة الهائمات النباتية Phytoplankton من الفوسفور سنوياً تقدر بحدود 1.2 مليون طن متري .

3– تستهلك النباتات من قبل الكائنات الكبيرة الحيوانية أو بعد موتها فتتحول إلى الفسفور غير العضوي.

4– هناك بعض الأحياء غير النباتية قد تفرز مركبات الفسفور العضوي المذاب، وأن البكتيريا تقوم بتمثيل هذه المركبات وتحرر المركبات الفوسفاتية الأخرى. وفي النتيجة فإن موت هذه الكائنات يكون فضلات التي تحتوي على الفوسفور بوصفها مواد عضوية.

5– قد تتكون المركبات الفوسفاتية العضوية بسبب تحلل الفضلات من مصادر صناعية مختلفة .

6–تستقر جزيئات الفسفور في القاع أو تجلب إلى الطبقة الفعالة في المحيطات من خلال المزج أو الخلط بسبب التيارات فضلا عن أن الفوسفات غير العضوية قد تحرر أيضا خلال دورة الكبريت في الطبيعة.

ومن خلال العمليات الأيضية Metabolism يتحول الفسفور العضوي الموجود في بروتوبلازم الخلايا الحية إلى فوسفات ذائبة مثل فوسفات الكالسيوم. فضلا عن أن بكتيريا الفسفتة Phosphorizing bacteria تقوم بنفس العملية بعد تلك الأحياء. ويمكن استخدام الفوسفات الذائبة في بناء المادة العضوية في أجسام النباتات أو تساهم في الترسبات البحرية كما هو الحال في الصخور الفوسفاتية $Ca_3 (PO_4)_2$ غير قابلة للذوبان نسبياً.

يتواجد الفسفور بكميات كبيرة وعلى هيئة فوسفات الكالسيوم والحديديك غير الذائبة نسبياً في الصخور. وخلال عملية النترجة يتكون حامض النتريك المخفف الذي بتأثيره يمكن للفسفور أن يحرر ببطء إلى أشكال قابلة للذوبان. وتدل الدراسات بأن فقدان الفوسفور في المياه اكبر من اكتسابه على اليابسة مما قد يمثل مشكلة في عدد من الدول كالهند ودول آسيوية أخرى.

وفي بعض الحالات تستقبل بعض المسطحات المائية كميات كبيرة من الفسفور مما يقود إلى ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication وتعني إزدهار الطحالب فضلا عن زيادة النمو البكتيري مما قد يجعل سواحل هذه المسطحات غير مناسبة للسباحة. على سبيل المثال تستقبل بعض البحيرات كميات من المنظفات الغنية بالفسفور فضلا عن الصرف الزراعي ومياه الصرف المنزلية.

هناك عدة صعوبات في متابعة دورة الفسفور غير المتكاملة Imperfect cycle في الطبيعة ويمكن تلخيصها في مجالين وهما:-

1- صعوبة تحديد تراكيز الفسفور الفعال في الطبيعة، وذلك لتواجده بتراكيز واطئة جدا فضلا عن تواجده بأشكال مختلفة.

2- يعد قياس نسبة استهلاكه من قبل الأحياء المائية ثم تحررها إلى الطبيعة من الأمور الصعبة خاصة في البيئة البحرية حيث هناك وسيلتان أساسيتان هما الوسيلة الحياتية والوسيلة الفيزياوية وتشمل قابلية ذوبان مركباته مثل فوسفات الكالسيوم والتي تبدو أنها تؤثر في تنظيم كميات الفسفور في أعماق المحيطات فضلا عن تأثير التيارات المائية في عمود الماء.

3-3 مصادر الثروة الطبيعية المتجددة وغير المتجددة

كل ما يستهلكه الكائن الحي يعد من الموارد لذلك الكائن. فالنتروجين والفوسفور والضوء علي سبيل المثال تعد موارد للنبات، كما قد يكون الرحيق Nector وحبوب اللقاح Pollen كموارد للنحلة Bee ،وقد يكون جوز البلوط والجوز وبذور أخرى موارد لحيوان السنجابSquirrel .وهذا التعريف للموارد ما ذكره العالم تلمان (1982 Tilman) . ولكن هذا التعريف الواسع واجه أسئلة عديدة حول ما يتم استهلاكه او استخدامه كغذاء أو استخدامه كمصدر للطاقة أو المشاركة في تكوين الكتلة الحية Biomass .ومع ذلك فالموارد ليست الظروف فإنها أي الموارد تمثل كميات quantities ويمكن أن تقل أو تتناقص بسبب نشاط الكائن الحي.

إن المصادر للكائنات الحية هي أساسا تلك التي تشترك في بناء أجسامها والطاقة التي تشترك في انشطتها المختلفة والمواقع أو المناطق التي تعمل بها وتكمل دورة حياتها. ويتكون جسم النبات الأخضر على سبيل المثال من الأيونات غير العضوية والجزيئات والتي تمثل موارد غذائية Food resources ، في حين أن الأشعة الشمسية التي تستقطب من قبل النبات خلال عملية البناء الضوئي تعد موردا للطاقة Energy resources . كما أن النباتات نفسها تعد موارد غذائية للعشبيات Herbivores وهذه بدورها موارد غذائية للواحم Carnivores . كما أن أجسام الكائنات الحية تعد موارد غذائية للطفيليات Parasites عندما تموت تلك الكائنات.وهذه الكائنات الميتة تكون موردا غذائيا للمحللات Decomposers كالبكتيريا والفطريات.

اعتمادا على الموارد الطبيعية للكائنات الحية يمكن متابعة العلاقات التي تربط الكائن الحي مع محيطه الأحيائي واللاأحيائي ومنه ما يفهم في دراسة السلسلة الغذائية Food chain وما ينتج عنه في الشبكة الغذائية Food wed وكذلك العلاقات بين الكائنات الحية المختلفة الإيجابية منها كالتعايش Symbiosis والسلبية كالافتراس Predation.

كما ورد في أعلاه عند التطرق إلى الدورات الكيماوية الأرضية الحياتية كدورة الماء والدورات الغازية والرسوبية يلاحظ الموارد الأساسية للكائنات الحية المختلفة ضمن هذه الدورات المختلفة وخلالها. ومن هذه الدورات تبين أن قسما من هذه الموارد الطبيعية متجدداً كما يحدث على سبيل المثال لا الحصر للنتروجين فإنه يعد من الموارد الغذائية الأساسية للنبات ويمكن تجدده خلال عدة عمليات مثل تثبيته من الجو بوساطة بكتيريا تثبيت النتروجين أو عند تحلل النبات بعد موته من الحالة العضوية إلى الحالة اللاعضوية وهكذا موارد أخرى يمكن ملاحظتها في الدورات التي تم شرحها. في حين أن بعض الموارد الطبيعية تكون غير متجددة كما هو الحال في الطاقة الشمسية التي تستقطب من قبل الصبغة الخضراء (الكلوروفيل) في النبات وتتحول إلى طاقة كيماوية يستفيد منها النبات في تثبيت ثنائي أوكسيد الكربون إلى مادة عضوية والتي ستشارك في بناء جسم النبات. وبمعنى آخر أن ما يستقطب من طاقة شمسية (كمورد للطاقة) يتحول إلى طاقة أخرى وهي طاقة كيماوي أي لا تتجدد مرة أخرى كطاقة ضوئية.

مع تحيات د. سلام الهلالي

الفصل الرابع

العوامل المحددة

Limiting factors

4-1 المقدمة

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

يمكن ملاحظة نشوء بعض الأنواع بمستويات تحمل عالية لعدد من العوامل مما جعلها تمتلك القدرة على الانتشار الواسع في مناطق مختلفة كما في حالة بعض الحيوانات كالعصفور والفأر المنزلي والقطط. وفي بعض النباتات كورد الجوري وأشجار اليوكالبتوس والثيل.في نفس الوقت هناك أحياء تعيش في منطقة محددة فهي محدودة الانتشار وذلك لعدم تحملها لبعض العوامل البيئية كما هو الحال في أشجار النخيل والبلوط من النباتات وكذلك الدببة والشادي ذهي الوجنات والجمال من الحيوانات. وقد أهتم علماء البيئة في دراسة تحمل هذه الكائنات أو عدمه للعوامل المختلفة وعلاقة ذلك في الصفات المورفولوجية والفسيولوجية. ويمكن القول أن وجود أي كائن حي أو مجموعة من الكائنات واستمرارها في بيئة معينة يعتمد في الأساس على مجموعة متداخلة من العوامل. وأن أية من هذه العوامل تكون في مدى التحمل لبقاء ذلك الكائن في المنطقة.

عند تفهم مستويات التحمل Tolerance levels والعوامل المحددة للكائنات الحية يمكن الإجابة عن أسئلة عديدة مثل لماذا توجد النمور في الهند ولكن لا توجد في أفريقيا أو الاختلاقات بين الغابات والنباتات الصحراوية أو وجود طفيليات البلهارزيا في حوض النيل ومنطقة الأهوار جنوب العراق ولا توجد في نهري الراين والتايمس في أوروبا واختلاف أعداد الطيور من منطقة إلى أخرى ليس العدد فحسب ولكن الاختلاف في الأنواع. ولماذا تتواجد أشجار الكرز والجوز واللوز والفستق في شمال العراق ولا توجد في الجنوب وعكس ذلك في أشجار النخيل. ولماذا تتواجد أسماك الزبيدي والروبيان والصبور في الخليج العربي وشط العرب ولا تتواجد في شمال العراق. وغيرها من الأسئلة

والتي واجهت علماء البيئة في التوصل إلى بعض المفاهيم البيئية للاستدلال بها في التفهم والإجابة عن هذه الاختلافات في تواجد الكائن الحي وانتشاره.

4-2: قانون ليبج للحد الأدنى Liebig law of the minimum

عبر العالم الألماني ليبج J.Leibig عام 1840 عن المواد الكيماوية اللازمة لنمو النباتات والحيوانات وديمومتها في بيئتها الطبيعية فقد أوضح أن غلة المحاصيل غالبا ما تتحدد بتوفر الظروف والعوامل التي يحتاجها بكميات كبيرة كالأوكسجين والماء وثنائي اوكسيد الكربون حيث تكون متوافرة عادة في البيئة الطبيعية،ولكنها تتحدد ببعض المواد الأولية التي تحتاجها الكائنات الحية ولو بكميات قليلة جداً على سبيل المثال بعض الفيتامينات أو الإنزيمات أو بعض المعادن كالزنك أو البورون والتي تكون كمياتها نادرة أصلا في البيئة الطبيعية لكن الكائن الحي يحتاجها في نموه واستمرار حياته.

وينص قانون ليبج على أن المواد الأساسية المتوافرة في موطن Habitat الكائن الحي بكميات قليلة جدا تقرب مقدارها من الحد الأدنى الحرج الضروري لحياة الكائن الحي ونموه وتعد هي العامل المحدد لذلك النوع من الأحياء. لذا سمي قانون ليبج بقانون الحد الأدنى Low of minimum واعتمد على عبارته المشهورة " إن نمو النباتات يعتمد على كمية المادة الغذائية التي توفر له بمقدار الحد الأدنى" وقد توسع الباحثون بعدئذ ليشمل عوامل مختلفة أخرى كالعوامل الفيزياوية مثل الضوء والحرارة والرطوبة والعوامل الكيماوية والبيولوجية فضلا إلى عامل الزمن.

تختلف العوامل المحددة للنمو باختلاف الكائنات الحية واختلاف موطن تلك الكائنات فعلى سبيل المثال تعد السليكا في المياه الداخلية العراقية متوافرة بكميات كافية لنمو الديوتومات التي تحتاجها في نموها واستمرار حياتها باعتبارها تشكل الأساس في بنية جدارها الخلوي. في حين تعد السليكا من العوامل المحددة الانتاجية في عدد من

بحيرات بريطانيا خاصة للأنواع التابعة إلى أجناس الديوتومات مثل Cyclotella و Asterionella و Tabelaria و Aulecosira.

15-1 4-3 : قانون شيلفورد للحد الأعلى Shelfords law of the maximum

يعتمد تواجد الكائن الحي في موطن ما على أمور عدة، كما أن غياب الكائن أوفشله في التواجد في موطن ما يمكن السيطرة عليه خلال زيادة أو نقصان نوعا أو كما لبعض العوامل والتي يمكن أن تقترب من حدود التحمل لذلك الكائن.

لقد قام العالم شيلفورد في عام 1912 بتوسيع قانون الحد الأدنى مما جعله يعلن عن قانونه الجديد المسمى بقانون شيلفورد للتحمل Shelords law of tolerance أو قانون الحد الأعلى Law of maximum . ويشمل هذا القانون أن أية كمية أو عامل يفوق الحد الأقصى الحرج يستطيع أن يوقف نمو الكائن الحي وتكاثره في بيئته الطبيعية وبذلك سوف يخرج من تلك المنطقة. لذا فإن قيمة العامل وكميته يجب أن تبقى دون الحد الأقصى الحرج لتحمل الكائن الحي. ويمكن أن يعرف هذا القانون أن بقاء أو عدم بقاء الكائن الحي في موطن ما يعتمد على عوامل متداخلة عدة ومعقدة وأن زيادة كمية أو نسبة أية من العوامل لتقترب من حدود تحمل الكائن الحي تحدد بقاءه.

من المفهوم أعلاه فإن قانون شيلفورد للتحمل يناقض لحد ما قانون ليبج حيث يوضح أن بقاء أو عدم بقاء الكائن الحي لا يحدده قلة أو نادرة العامل فحسب بل أن الكثرة كذلك تحدد وجود هذا الكائن الحي. فعلى سبيل المثال ارتفاع درجات الحرارة او زيادة شدة الضوء أو زيادة كمية سقوط الأمطار غالباً ما تؤدي إلى القضاء على العديد من الكائنات الحية التي لا تتحمل هذه الزيادات وفي مناطق مختلفة.

قد مهد قانون التحمل الطريق إلى تفهم الحدود التي يمكن ان تعيش فيه مختلف الكائنات الحية الراقية منها والواطئة في الطبيعة مما ساعد على إدراك توزيع الأحياء وانتشارها في البيئة الطبيعية.

يمكن التوصل إلى بعض المفاهيم الأساسية المهمة في نتائج تطبيقات قانون التحمل تجريبيا في الطبيعة. ويلاحظ أن أوسع الكائنات الحية انتشارا في الطبيعة هي الكائنات ذات التحمل الواسع لجميع العوامل. علما بأن بعض الكائنات الحية لها الإمكانية ان تمتلك مديات واسعة للتحمل لبعض العوامل في حين لها مديات ضيقة لعوامل أخرى. كما أن نقص كمية ما أو عامل ما في الطبيعة يؤثر سلبياً أو إيجابياً على مدى التحمل بالنسبة لعامل آخر. وعلى سبيل المثال فإن مدى التحمل للعطش يزيد بانخفاض درجات الحرارة والعكس صحيح بالنسبة إلى الملوحة. كما أن العلاقات بين الكائنات الحية المختلفة كالتنافس والتطفل والافتراس لها كذلك دور واضح في التأثير على انتشار تلك الأحياء في مديات تحملها فضلا إلى عوامل أخرى.

إن مديات التحمل للعديد من العوامل تستعمل بشكل واسع من قبل علماء البيئة ومن أهمها ما يأتي:

العامل	مدى واسع	مدى ضيق
الحرارة	Eurythermal	Stenothermal
الملوحة	Euryhalic	Stenohalic
الماء	Euryhydric	Stenohydric
الغذاء	Euryphagic	Stenophagic
الموطن	Euryecious	Stenoecious

ويمكن توضيح مديات التحمل الواسعة والضيقة من خلال الشكل(4-1) فيما يخص عامل الحرارة على سبيل المثال.

16-1 4-4 : مفهوم الجمع (بين قانوني الحد الأعلى والحد الأدنى) للعوامل المحددة
Combined concept of limiting factors

هناك قانون ثالث يتعلق بالعوامل المحددة ومستويات التحمل وهذا القانون ينص على أن بقاء الكائن الحي أو عدمه يعتمد على مجموعة من العوامل والظروف المتباينة. وأن أية من العوامل إذا ما اقتربت من حدود التحمل أو تعداه يقال عنه يمثل العامل المحدد. إن العوامل المختلفة من حيث الكمية والنوعية يجب أن تتواجد بحد أدنى في الأقل وذلك في المحيط الذي يتواجد فيه الكائن الحي وان يكون ضمن مدى تحمل الكائن الحي في ذلك النظام البيئي.

باختلاف الكائنات الحية تختلف أهمية العوامل وكذلك تؤخذ بنظر الاعتبار المواطن البيئية مما يؤثر ذلك في التوزيع الجغرافي للكائنات الحية. وكمثال يلاحظ في بيئة اليابسة توفر الأوكسجين لا يمكن أن يكون محدداً بصورة عامة في حين أهمية الأوكسجين تكون ذات أهمية أكبر في البيئة المائية وقد يكون عاملا محددا.

بذلك يختلف توزيع الكائنات الحية وانتشارها في المناطق المختلفة من الكرة الأرضية فقد تلاحظ أنواعاً أو مجاميع من أنواع محددة في منطقة معينة محدودة في حين تلاحظ أنواعاً أخرى ذات انتشار واسع في مناطق واسعة سواء على مستوى اليابسة أم المياه. ومن الأمثلة الواضحة هي تواجد الجمال في الصحاري والغزلان في البراري والبطريق في المناطق القطبية. وفي النباتات يلاحظ أن أشجار البلوط تنتشر في شمال العراق بينما النخيل يتواجد في الجنوب والوسط، في حين يلاحظ أن ورد الجوري ينتشر في مناطق واسعة في بقاع العالم المختلفة وكذلك الحال في الانسان. وبعبارة أخرى فإنه كلما زاد تحمل الكائن الحي للظروف البيئية المحيطه به ازداد انتشاره ومقاومته والعكس صحيح وهذا ينطبق على الأمثلة الوارد ذكرها في أعلاه.

إن مدى تحمل الكائن الحي للظروف البيئية تختلف باختلاف الكائن فلو أخذنا مثالا على ذلك حيوانات الجمال والبطريق فكلاهما من الكائنات قليلة التحمل ولكن

باختلاف واضح، فالجمال تعيش في المناطق الحارة ولا تتحمل البرودة في حين يعيش البطريق في المناطق الباردة ولا يتحمل الحرارة العالية. علما بان انتشار الاثنين يكون محدودا. وهذا المثال يمكن توضيحه في الشكل (4-1).

إذا أخذنا مثالا آخر في البيئة المائية فيلاحظ أن أسماك الشبوط والكطان من أسماك المياه العذبة في حين أسماك الزبيدي والحيتان في المياه البحرية. وبمعنى آخر أن هذه الحيوانات من أسماك المياه العذبة لها تحمل قليل جدا للملوحة في حين تلاحظ أسماك السلمون في جيمع البيئات المائية وكما هو الحال في عدد أنواع الهائمات النباتية والحيوانية.

مما تقدم يلاحظ أن تأثير العوامل على الكائن الحي يختلف باختلاف نوع الكائن وتوفر العوامل المحيطة ومدياتها المختلفة ومن الضروري الأخذ بنظر الاعتبار العوامل كافة وتأثيراتها وإمكانية الكائن الحي للتحمل لتفسير تواجده وانتشاره في بيئته الطبيعية.

4-5 : العوامل اللاحياتية ذات الأهمية كعوامل محددة 17-1

Abiotic factors of importance as limiting factors

سيتم التطرق إلى العوامل اللاحياتية الفيزياوية منها والكيماوية كعوامل بيئية قد تكون عوامل محددة لنمو الكائن الحي وانتشاره وفي نفس الوقت هناك عوامل أخرى وهي العوامل الحياتية التي لا تقل أهمية في تحديد وانتشار والوفرة الحقيقية للأحياء في الطبيعة وسيتم التطرق إلى العوامل الحياتية Biotic factors في الفصول القادمة لتبيان تأثيراتها في الكائن الحي.

4-5-1 : أولاً: درجة الحرارة Temperature 18-1

لكل كائن حي درجة حرارة مثلى للنمو Optimum temperature فضلا عن مدى معين من درجات الحرارة. وهناك اختلافات واسعة بين المديات لتحمل الكائنات الحية المختلفة من درجات الحرارة حيث أن المدى الحراري يعتمد على عوامل عدة

داخلية وخارجية مثل الصفات الوراثية والعمر وبيئة الكائن الحي. وقد تتأقلم بعض الأحياء إلى مديات من درجات حرارة عالية أو منخفضة خارج المدى المحدد لذلك النوع.

تعد درجة الحرارة من العوامل الأساسية المؤثرة في العمليات الأيضية Metabolism لكل الكائنات الحية كالتنفس والتفاعلات الإنزيمية المختلفة.وفي النباتات فإن الحرارة عامل مهم في عملية البناء الضوئي Photosynthesis . ويمكن للكائن الحي تخفيض درجة حرارة جسمه خلال تبخر الماء إلى خارج جسمه كما يحدث في الحيوانات خلال عملية التعرق وفي النباتات خلال عملية النتح Transpiration . حيث أن الغرام الواحد من الماء السائل عند تحويله إلى نفس الوزن من الماء البخار يحتاج إلى 540 سعرة حرارية التي يوفرها جسم الكائن الحي نفسه. ومن ذلك يمكن الاستدلال عن كيفية تواجد الكائن الحي والعيش في بيئة درجة الحرارة فيها أكثر من 40 درجة مئوية ويشمل ذلك الإنسان والحيوان والنبات. علما بأن الحرارة عند زيادتها عن 40 درجة مئوية سوف تؤثر في البنية الثانوية للبروتينات حيث تكسر الأواصر الهيدروجينية التي تثبت في البنية الثانوية Secondary structure للبروتين. وبما أن الإنزيمات هي عبارة عن بروتينات فإن بنيتها الثانوية سوف تتأثر وبذلك لا يمكن عندها أن تقوم الإنزيمات بعملها وبذلك يتوقف نمو الكائن الحي خلال توقف كل العمليات الأيضية الإنزيمية . وهذه الظاهرة ما تسمى بتغير طبيعة البروتين Denaturation of protein

يلاحظ في درجات الحرارة للبيئة المائية ذات تفاوت في توزيعها ضمن عمود الماء. فالمياه السطحية تتأثر بصورة مباشرة بدرجة حرارة الجو وفي الأعماق القليلة (بضعة أمتار) كما هو الحال في الأنهار فإن درجة الحرارة تكون نوعا ما متجانسة بسبب قلة العمق وتيار المياه مما يجعل كتلة المياه في مزيج جيد. أما في المياه السطحية والمياه العميقة التي قد تصل إلى آلاف الأمتار والتي عندها في الأعماق قد تنخفض درجة الحرارة إلى 4 درجة مئوية أو أقل والتي لا تتأثر بتغيرات درجة حرارة الجو

الخارجي. وهذا بالطبع سوف يؤثر على نوع الأحياء المائية التي تتحمل مثل هذه الدرجات المنخفضة من الحرارة.

علما بأن درجة الحرارة تتأثر بعدة عوامل ومن أهمها ما يأتي:-

1-19 أ- خطوط العرض Latitude

لزاوية سقوط الشمس على سطح الكرة الأرضية أهمية في تحديد طول الفترة الضوئية خلال اليوم الواحد في أي موسم. وتستقبل خطوط العرض العليا أشعة الشمس بزاوية أكبر من الزاوية التي يستقبلها عند خط الاستواء, وهذا يعطي فرصة أكبر للهواء الجوي لامتصاص كمية أكبر من الحرارة مما يجعلها عند وصولها إلى سطح الأرض بكمية أقل من الحرارة إذا ما قورنت مع المنطقة الاستوائية. لذا يلاحظ أن مناطق خط الاستواء ذات حرارة أعلى من خطوط العرض الأخرى (الشكل 4-2)

1-20 ب- مستوى سطح البحر Sea level

كما هو معروف فإن درجة الحرارة تنخفض كلما زاد الارتفاع بما يعادل درجة مئوية واحدة لكل 150 متراً مع الاخذ بنظر الاعتبار سرعة الرياح ونسبة الرطوبة الجوية. لذا نلاحظ أن المناطق الجبلية خاصة قمم الجبال ذات هواء بارد بالمقارنة مع السهول المنخفضة.

1-21 ج- الغيوم Clouds

تعمل السطوح العليا للغيوم على انعكاس أشعة الشمس أثناء النهار مما قد يسبب انخفاضاً في درجة حرارة سطح اليابسة في الأيام الغائمة. وهناك رأي آخر هو أن الغيوم تمتص حرارة أشعة الشمس وهي أي الغيوم بدورها تشع حرارة بأطوال موجية طويلة إلى سطح الأرض مما قد يزيد من درجة حرارة اليابسة . لذا تأثير الغيوم في خفض أو زيادة درجة حرارة الأرض يعتمد على عوامل مختلفة مثل ارتفاع الغيوم وكثافتها والوقت من اليوم والرياح وغيرها.

د- الرياح Winds

عندما تهب الرياح من مكان بارد سوف تؤدي إلى خفض درجات الحرارة وهذا ما يحدث عند هبوب الرياح الشمالية على جنوب العراق في أيام الصيف الحارة والعكس صحيح. كذلك للرياح تأثير في البيئة المائية حيث تؤدي إلى تكوين الأمواج والتيارات المختلفة وهذا يؤدي إلى خلط عمود الماء وبالتالي تتجانس درجة الحرارة فيه.

هـ- المحتوى المائي للتربة Water content of soil

عندما تكون التربة رطبة ستكون درجة حرارتها أعلى من الترب الجافة وذلك بسبب أن الحرارة النوعية للماء أعلى منها للتربة.

و- الكساء الخضري Vegetation cover

المناطق ذات الكساء الخضري الكثيف مثل الغابات تكون ذات درجات حرارة أقل من المناطق التي تفتقر لمثل هذا الكساء كما هو الحال في الصحاري. والسبب في ذلك يعود إلى كون النباتات تقوم بامتصاص جزء من الحرارة المنعكسة عن سطح التربة.

4-5-2: الثانية: الرطوبة Humidity

يعد عامل الرطوبة ذات أهمية واضحة في بيئة اليابسة بينما لا علاقة لهذا العامل في البيئة المائية. حيث أن الرطوبة يقصد بها توافر جزيئات الماء في الغلاف الجوي أو في سطح التربة أو في أعماقها. ويشمل مفهوم الرطوبة التساقط Precipitation بأنواعه المختلفة كالأمطار والجليد والثلوج والبرد والتي تعد المصدر الرئيس للرطوبة في التربة.

تتواجد الرطوبة على هيئة بخاء ماء أو جزيئات الماء السائل أو الصلب كالغيوم والثلوج والبرد فضلاً عن الأمطار. علماً بأن فترة سقوط الأمطار وكمياتها تؤثر في انتشار الكائنات الحية المختلفة خاصة النباتات ومن ثم الحيوانات وصولاً إلى الانسان. وهناك تفاوت كبير في معدلات التساقط في مناطق العالم المختلفة، فهناك أمطار غزيرة في جميع الفصول في المناطق الاستوائية في حين هناك أمطار فصلية، وأخرى مناطق

جافة في الأقاليم المدارية المجاورة للمناطق الاستوائية الرطبة. وفي المناطق شبه المدارية يلاحظ بصورة عامة ذات صيف جاف وشتاء ممطر. ويؤثر نمط تساقط الأمطار الفصلية على استغلال الأرض زراعياً أو غير ذلك. وعند استغلال الإنسان في زراعة الأرض عند توفر الأمطار أو المياه فسوف يكون أكثر استقراراً في تلك الأرض في حين يبتعد عن المناطق القاحلة أو الجافة كالصحاري.

لا بد من التأكيد أن عامل الرطوبة ذو علاقة مع عوامل بيئية أخرى مثل درجة الحرارة والرياح والإشعاع الشمسي. حيث كلما زادت درجة الحرارة فإن جزيئات الهواء تستطيع حمل بخار الماء بكمية أكبر. أما عن الرياح فإن الجافة منها سوف تقلل من الرطوبة خلال إزاحتها للهواء الرطب أو خلطه مع الهواء الجاف والعكس صحيح. أما عن الإشعاع الشمسي فيكون تأثيره غير مباشر خلال تأثيره المباشر في ارتفاع درجات الحرارة . كما أن للكساء الخضري تأثيره في زيادة الرطوبة خلال عملية النتح التي تقوم بها النباتات وهنا ما يلاحظ عند التجوال في الغابات.

لو أخذنا معدلات سقوط الأمطار يمكن تقسيم العراق إلى أربعة مناطق رئيسة وهي:-

1- الصحاري: وتتمركز في المنطقتين الجنوبية والغربية حيث يكون معدل السقوط السنوي قليلاً (أقل من 100 ملم).

2- السهول المنبسطة: وتتواجد في منطقة ما بين النهرين دجلة والفرات في وسط العراق ويتراوح معدل السقوط السنوي فيها ما بين 100-200 ملم وتشمل محافظات بغداد وبابل وديالي.

3- المنطقة المتموجة: وتقع هذه المنطقة شمال منطقة السهول وتشمل محافظات نينوى واربيل والتأميم حيث يتراوح معدل السقوط السنوي فيها بين 200-500 ملم.

4- المنطقة الجبلية: حيث يزداد في هذه المنطقة معدل سقوط الأمطار السنوي ليصل بين 1000-1200 ملم وتشمل المنطقة السلاسل الجبلية في اتجاه الشمال والشمال الشرقي وتمتد شمال خط عرض 36.

تشارك الرطوبة درجة الحرارة في أهميتها بوصفها من العوامل المحددة في بيئة اليابسة لنمو النباتات وازدهارها وانتشارها فضلاً عن عامل التربة. تؤدي هذه العوامل الثلاثة في تحديد نوعية النباتات وتوزيعها وانتشارها. وعلى سبيل المثال فإنه يلاحظ انتشار الغابات في المناطق التي يبلغ معدل التساقط السنوي فيها أكثر من 250 ملم، في حين تنمو الحشائش في المناطق التي لا يتجاوز التساقط عن 100 ملم سنويا. وتتكيف النباتات الصحراوية للظروف الجافة خلال مظهرها الخارجي وتشريحها الداخلي.

اعتمادا إلى وجود الرطوبة يمكن تقسيم النباتات إلى ثلاث مجاميع رئيسة وهي:-

1-22 1- النباتات المائية Hydroppytes

حيث تعيش هذه النباتات في وسط مائي حيث لا يكون الماء عاملا محددا لنموها لتوفره باستمرار. وتمتاز هذه النباتات بصغر مجموعها الجذرية أو اختزاله، وطبقة الأدمة Cuticle تكون رقيقة أو معدومة وتواجد البلاستيدات الخضر في خلايا البشرة الاعتيادية للورقة ووجود أنسجة تهوية في النسيج المتوسط للأوراق وكبر مساحة الأوراق . ومن أمثلتها نبات الشمبلان Ceratophyllum demersum ونبات الخويصة Vallisneria spiralis ونبات حشيش السمك Nymphaea alba والأنواع التابعة لجنس Potamogen ونبات القصب Phragmites communis والبردي Typha angustata ويمكن ملاحظة هذه النباتات منتشرة في الأهوار جنوب العراق.

2- النباتات الوسطية Mesophytes

تحتاج هذه النباتات إلى كمية معتدلة من الماء ويمكن أن نقول أن معظم المحاصيل الحقلية كالحنطة والشعير والذرة ومحاصيل الخضر كالطماطم والخيار

والباقلاء تعود إلى هذه النباتات فضلا عن نباتات الزينة المختلفة ونباتات الفاكهة كالتفاح والعنب والبرتقال.وتمتاز هذه النباتات بوجود سمك محدود للأدمة وخلو خلايا البشرة الاعتيادية للأوراق من البلاستيدات الخضر وتوازن بين مجموعها الخضري ومجموعها الجذري. وتنتشر عادة في المناطق التي يمكن توفير المياه لتجهيزها وقت الحاجة.

23-1 3- النباتات الصحراوية Xerophytes

يعد عامل الماء عاملا محدداً لنمو هذه النباتات بصورة عامة حيث تعيش في بيئة صحراوية قاحلة مما يجعلها بحاجة إلى تحورات مظهرية مثل تقليص المساحة السطحية الكلية للنبات في الساق والأوراق أو تحورها إلى أشواك فضلاً عن تحورات تشريحية مثل زيادة الأنسجة الخازنة للماء كما في النباتات العصيرية Succulent plants مثل نبات الصبير Cactus. كما تسعى بعض النباتات لزيادة حجم المجموع الجذري إلى عمق كبير في التربة بحثاً للماء. وتكون الأدمة عادة سميكة في الأوراق والسيقان كما يلاحظ وجود الثغور الغائرة Sunken stomata لتقليل فقدان الماء من النبات. ومن الأمثلة الشائعة لهذه النباتات هي نباتات الشوك Prosopis stephaniana ونبات العاقول Alhagi maurorum التي تنتشر في صحاري العراق فضلاً عن نباتات Atriplex confirtifoila و .Artimesaia spp .

أما عن الحيوانات وعلاقتها بالرطوبة فيمكن مناقشته بطرق مباشرة أو غير مباشرة . فالمناطق الرطبة تعد موطناً لأنواع مختلفة من الحيوانات كالتماسيح والجاموس والثعابين المائية والديدان والقواقع والأسماك والحيتان والهائمات الحيوانية. وتنتشر بعض الحشرات في البيئات الرطبة كالبعوض. كما أن بعض الحيوانات التي تعتمد في غذائها أو معيشتها على النباتات تتواجد مع وجود هذه النباتات والأخيرة تتواجد وفق حاجاتها المائية أي ستكون علاقة الحيوانات بالرطوبة هنا علاقة غير مباشرة. علماً بأن بعض الحيوانات يمكن لها أن تتحمل العطش كالجمال التي تعيش في بيئة صحراوية.

24-1 4-5-3: ثالثاً : الضوء Light

يطلق مصطلح الضوء على الجزء المرئي Visible radiation من الإشعاع الشمسي.وهذا الإشعاع يعد مصدراً للطاقة الكلية للأرض تقريباً حيث يكون على هيئة موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic ذات طول موجي يتراوح بين 290-5000 مليميكرون أما الضوء فهو جزءً من ذلك ويقع بطول موجي يتراوح ما بين 380-760 مليميكرون (الشكل 4-3).

يعد الضوء من العوامل المهمة في النظام البيئي بوصفه مصدراً للطاقة الضوئية Light energy التي تستغل من قبل النباتات خلال عملية البناء الضوئي Photosynthesis حيث تتحول هذه الطاقة إلى طاقة كيماوية تساعد في تثبيت ثنائي أوكسيد الكربون على شكل مركبات عضوية ابتداءً من السكر السداسي (الكلوكوز) . وتعد النباتات الوحيدة في إمكانيتها على استقطاب وامتصاص الطاقة الضوئية بسبب احتوائها على الصبغة الخضراء وهي اليخضور (الكلوروفيل Chloropyll) وعند تثبيت ثنائي اوكسيد الكربون بوصفه مادة لا عضوية في النباتات خلال عملية البناء الضوئي يمكن لهذه المادة العضوية أن تكون غذاءً مباشراً لبعض الحيوانات وبذلك تنتقل الطاقة إلى تلك الحيوانات التي تتغذى على هذه النباتات كمصدر للطاقة. وبذلك تعد النباتات كائنات ذاتية التغذية Autotrophic بينما تعد الحيوانات مختلفة التغذية Heterotrophic.

كما يعد الضوء محفزاً للتواقت اليومي أو الفصلي للكائنات الحية نباتية كانت أم حيوانية. فالحيوانات الصحراوية الناشطة في الليل على سبيل المثال تستخدم الضوء بوصفه منبهاً لذروات أنشطتها. وتكون مواسم التكاثر لعدد من النباتات والحيوانات مرتبطة بتغيرات طوال النهار أي طوال المدة الضوئية Photoperiod . فعلى سبيل المثال قسمت النباتات بالنسبة لاحتياجاتها لطول الفترة الضوئية لعملية أزهارها إلى ثلاث مجموعات وهي:

25-1 1- نباتات طويلة النهار Long-day plants

التي تزهر عندما تتعرض لفترات ضوئية يومية أطول من الفترة الضوئية الحرجة Critical photoperiod كما في نباتات البنجر واللفت والفجل والسبانغ والشعير والبرسيم والشوفان.

2- نباتات قصيرة النهار Short- day plants

التي تزهر عند تعرضها لفترات ضوئية أقصر من الفترة الضوئية الحرجة لها كقصب السكر وفول الصويا والتبغ والرز والذرة الصفراء والدخن.

3- نباتات معتدلة النهار Day-neutral plants

هذه النباتات تزهر دون العلاقة بطول الفترة الضوئية أي ليس لها فترة ضوئية حرجة كما هو الحال في نباتات الطماطة والخيار والفاصوليا وزهرة الشمس والقطن.

كما أن لشدة الضوء Light intensity وكميته quantity تأثيراً في نمو النباتات والكائنات الأخرى. وتزداد شدة الضوء في المناطق الاستوائية بسبب الوضع العمودي لأشعة الشمس وبذلك تزداد درجات الحرارة في حين تقل كلما اتجهنا نحو القطبين .كما لنوعية الضوء Light quality تأثيراً آخر حيث تعد الموجات الحمراء والزرقاء من الضوء ذات تأثير في عملية البناء الضوئي والتي يتم امتصاصها من قبل الصبغات النباتية والتي بدورها تعكس هذه الموجة لذا فإن اللون الأخضر للعين المجردة هو السائد في ألوان الأوراق النباتية.

يلاحظ أن اللون الأحمر بطول موجي 666 مليميكرون و 730 مليميكرون هما المؤثران في صبغة الفايتوكروم Phytochrome التي لها علاقة بعملية إنبات البذور. ويبلغ أعلى امتصاص لهذه الصبغة عند طول موجي 666 مليميكرون التي عندها تعرف بصبغة الفايتوكروم الحمراء (Pr) وعند طول موجي 730 مليميكرون تعرف بصبغة الفايتوكروم فوق الحمراء (Pfr) . وتؤدي هاتان الصبغتان دوراً مهما في عمليات ايضية أخرى مثل تزهير النباتات واستطالة السلاميات.

كما أن الموجات فوق البنفسجية Ultraviolate ذات أطوال موجية أقل من 290 مليميكرون لاتصل إلى سطح الأرض حيث يتم امتصاصها من قبل مكونات الهواء

الجوي كالنتروجين والأوكسيجين في منطقة الأوزون التي تبعد حوالي عشرة كيلومترات في طبقات الجو العليا. علماً بان هذه الأشعة قصيرة جداً لا ترى من قبل العين البشرية ولا تحتاج إليها النباتات والكائنات الأخرى بل تكون مضرة لها حيث تعد ذات تأثير مهلك لخلايا الكائنات الحية.

تختلف الحيوانات في مدى تأثيرها بالضوء. ويمكن لبعض الحيوانات العيش في أعماق المحيطات والبحار بعيداً عن الضوء مثل أحياء القاع أو العيش في أعماق التربة أو الكهوف.وبعضها يحتاج الضوء لحياته. وتتأثر الحيوانات بطرائق مختلفة فمنها تتأثر بشكل مباشر لوجود أعضاء حسية ضوئية أو بصورة غير مباشرة خلال اعتمادها في غذائها على النباتات. كما أن الضوء له علاقة بعامل الحرارة وبذلك يؤثر بصورة غير مباشرة على تواجد الحيوانات وانتشارها.

للفترة الضوئية تأثيراتها على الحيوانات فنلاحظ أن لهذه الفترة علاقة ببعض الفعاليات الفسيولوجية كما في الطيور تشمل تغير ريشها ولونه وترسيب الدهن أو وضع البيض والهجرة من مكان لآخر. وتهاجر الطيور شمالاً عندما يطول النهار وجنوباً عندما يقصر. كما أن أعضاء البصر عند الحيوانات تتأثر سلباً عند انعدام الضوء لذا يلاحظ أن بعضها الذي يعيش في ظلام دامس يكون أعمى أو ضعيف البصر كما في أعماق البحار والمحيطات والكهوف المظلمة فضلاً عن ظهور صبغات على هيئة بقع على جلدها بلون الوسط الذي يعيش فيه. فالحيوانات التي تعيش أعماق البحار يكون جلدها أسود أو أحمر قاتم. ويتغير لون فراء الأرانب القطبية من اللون البني صيفاً إلى اللون الأبيض شتاءً.

1-26 4-5-4: رابعاً : الرياح Wind

إن للرياح تأثيرات مختلفة على الكائنات الحية منها ما هو مباشر ومنه ما هو غير مباشر خلال تأثيراتها على عدد من العوامل البيئية الأخرى في النظام البيئي ويمكن أن تكون هذه التأثيرات إيجابية أو سلبية. فقد تؤدي الرياح إلى رفع درجة الحرارة على السفوح الجبلية المغطاة بالثلوج مما يساعد على توفير مياه بعد ذوبان الثلوج أي دعم نمو

الحشائش ونباتات أخرى في الوديان والسهول. وتعمل الرياح في نقل حبوب اللقاح لإكمال عملية التلقيح بين النباتات وكذلك في نقل بذور النباتات وانتشارها في مناطق مختلفة. وقد تساعد الرياح عملية التبخر من سطح التربة وكذلك في عملية النتح للنباتات بخاصة إذا كانت ذات سرعة بطيئة تعمل على إزالة الطبقة المستقرة على سطح الأوراق Boundary layer وهي طبقة من الهواء الرطب والتي تقاوم خروج الماء من النبات، وزيادة النتح سوف تساهم في أمور عدة منها عملية انتقال الماء خلال النبات إلى أعلى فضلاً عن امتصاص النبات لجزيئات الماء من جزيئات التربة ، كما أن عملية النتح تساهم في تبديد حرارة جسم النبات وتزيد من مقاومته في البيئة الحارة.

عند هبوب رياح شديدة السرعة قد يقود سلباً في بعض مكونات النظام البيئي. حيث تعمل الرياح القوية على إزالة الطبقة السطحية العليا من التربة الغنية بالعناصر الغذائية كما أنها تنقل حبيبات التربة إلى مناطق أخرى فتغير من صفات التربة في المناطق المنقولة منها والمنقولة لها. وقد وجد أن الرياح الشديدة قد تؤدي إلى أضرار ميكانيكية في النباتات بكسر بعض أعضائها من الساق أو الأوراق أو حتى اقتلاع الأشجار من جذورها كما يحدث في الأعاصير ومن أمثلتها عديدة منها أعاصير أندرو في ولايتي فلوريد ولويزيانا في الولايات المتحدة الأمريكية أواخر آب 1992 فقد وصلت سرعة الرياح إلى أكثر من 240 كيلو متراً في الساعة وتسبب في خسائر تقدر بحوالي 2 مليار دولار في حينها.

من التأثيرات السلبية الأخرى ما تحدثه الرياح من تكوين التيارات المائية والأمواج في المسطحات المائية المختلفة بخاصة في البحار والمحيطات. وتحمل الرياح الرذاذ الملحي المتناثر مع الأمواج في البحار والمحيطات مما يحدد نمو الأجزاء النباتية التي تتعرض لذلك والواقعة قرب السواحل.

يكون اتجاه الرياح عادة من منطقة الضغط الجوي العالي إلى منطقة الضغط الواطئ وبشكل غير مباشر نحو مركز الضغط الواطئ . كما أن اتجاه الرياح حول منطقة الضغط الواطئ يكون عكس اتجاه عقرب الساعة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية والعكس صحيح في النصف الجنوبي. في حين يحدث العكس عند اتجاه الرياح

حول مناطق الضغط العالي. وهذا يرجع إلى أن سرعة دوران أية نقطة فوق سطح الكرة الأرضية عند خط الاستواء تكون أعظم من سرعة دوران نقطة أخرى بعيدة عنه،أي تتناقص هذه السرعة تدريجياً باتجاه القطبين. لذا يلاحظ أن هبوب الرياح نحو القطبين تنقل من جهات سريعة الدوران إلى أخرى أبطأ نسبياً فتسبق الجهات الأخيرة في دورانها وتنحرف نحو الشرق باعتبار أن دوران الكرة الأرضية حول نفسها يكون من الغرب إلى الشرق. وتهب الرياح نحو خط الاستواء فتنتقل من جهات بطيئة إلى جهات سريعة وبذلك تنحرف إلى الغرب.

هناك رياح دائمية Permanent winds التي تهب طيلة أيام السنة تقريباً وتختلف في سرعتها وانتشارها من فصل لآخر. ورياح موسمية Monosoons ويكون اتجاهها متغيراً في معظم الأحيان بين فصلي الصيف والشتاء. وتظهر غالباً بين المدارين على المناطق الشرقية للقارات. ويلاحظ أن قارة آسيا من المناطق المشهورة في مثل هذا النوع من الرياح. كما ان هناك رياحا يومية Daily winds وعادة تكون ذات سرع خفيفة نتيجة للاختلافات المحلية في درجات الحرارة وتؤثر عادة على مناخ مناطق صغيرة نسبياً مثل نسيم البر ونسيم البحر ونسيم الوادي ونسيم الجبل. أما الرياح المحلية Local winds فإنها تهب بنظام ثابت تقريباً ولفترات قصيرة (بضعة أيام) . وقد تنشط في بعض الفصول كما في حال الرياح التي تهب بسبب الانخفاضات الجوية.

27-1 4-5-5: خامساً: التربة Soil

تعد التربة إحدى العوامل المهمة والأساسية لنمو الكائنات الحية وانتشارها. فالنباتات تمد جذورها في التربة فتحصل على الماء والعناصر الغذائية. كما أن التربة تعد موطناً Habitat للأحياء المجهرية وللحيوانات مثل دودة الأرض والحيوانات الحفارة.وعند تواجد النباتات في التربة سوف تتواجد الحيوانات التي تعتمد في غذائها على هذه النباتات كغذاء مباشر أو كمضيف تعيش عليه كما هو الحال في بعض أنواع من الفطريات مثل تلك التي تسبب مرض التفحم المغطى على نبات الحنطة أو مرتعاً

للحشرات كما في حشرة الدوباس على أشجار النخيل. وتعيش في التربة أنواع مختلفة من الحيوانات كالديدان الخيطية وعديدة الأهداب والحشرات والقوارض بالاضافة إلى الكائنات الحية الواطئة كالبكتيريا والفطريات والطحالب والابتدائيات.

تنشأ التربة من تفتت الصخور ويشارك في تكوينها الماء والهواء والأحياء المختلفة . والتربة إذن عبارة عن تلك الطبقة السطحية من القشرة الأرضية التي تكونت خلال عملية تفتت الصخور إلى جزيئات صغيرة تشمل كلاً من جزيئات الرمل Sand والغرين Silt والطين Clay (الجدول 4-1) . كما يمكن أن تلاحظ آفاق عدة (Horizons) في مقد التربة Soil profile (الشكل 4-4).

تؤدي العوامل الفيزياوية كالحرارة والماء والرياح والجليد والجاذبية الأرضية دوراً في تكوين التربة فضلاً عن العوامل الكيماوية كذوبان مواد التربة وعمليات الأكسدة Oxidation والتميؤ Hydration والكربنة Carbonation (أي أخذ ثنائي اوكسيد الكربون) ، والحامضية وتفاعلات الأيونات والأملاح المختلفة والمواد العضوية.

مكونات التربة Soil composition

تعد التربة نظاما معقدا تحوي على أربعة مكونات غير حية أساسية والتي تكون بنسب مختلفة وهي:-

1- الدقائق المعدنية Minerals
2- المادة العضوية غير الحية التي تشكل المادة الصلبة Matrix
3- محلول التربة Soil solution
4- الهواء Air

يشغل محلول التربة والهواء المسافات الموجودة في داخل المادة الصلبة. فضلاً عن أن التربة تحتوي على مكونات حياتية تم ذكر بعض الأمثلة عنها في أعلاه. وتؤدي الأحياء الدقيقة كالبكتيريا والفطريات دوراً مهماً في تحلل المواد العضوية وتدوير العناصر الغذائية الأساسية للنبات كالنتروجين والفسفور والكبريت وغيرها.

1-28 نسجة التربة Soil texture

تعتمد نسجة (قوام) التربة على نسبة كل من الرمل Sand والغرين Silt والطين Clay الموجودة في الجزء الصلب وبذلك يتم تصنيف الترب اعتماداً على نسب هذه المكونات (الشكل 4-5).

هناك (12) نوعاً من الترب اعتماداً لطبيعة أنسجتها أو قوامها كالترب الطينية والرملية والغرينية والمزيجية Loam والمزيجية الرملية والرملية الطينية والغرينية وهكذا. ولكل نوع من هذه الأنواع صفاته الفيزياوية خاصة كالمساحة السطحية وقابليتها على الاحتفاظ بجزيئات الماء Water holding capacity والأيونات الموجبة والتهوية وغيرها. أما الصفات الكيماوية فتتمثل عن ما تحويه من مادة عضوية وكمية الأيونات المتواجدة ونوعيتها وأنواع الأملاح . وتضيف المادة العضوية صفة النعومة إلى القوام الخشن والترب الرملية مما يزيد من المحتوى المائي ويزيد قابلية التربة على مسك الأيونات.

يعبر عن المحتوى المائي بمصطلحات مختلفة فالسعة الحقلية Field capacity تعني بالمحتوى المائي للتربة بعد أن يصبح صرف ماء الجاذبية الأرضية بطيئاً جداً ويعادل جهداً مائياً Water potential بحدود 0.03 ميكاباسكال أو أقل (1 بار Bar = 0.1 ميكاباسكال Mpa). أما المحتوى المائي الذي تصبح عنده النباتات في حالة ذبول دائم Permanent wilting حيث لا يمكن رجوعها إلى حالتها الطبيعية عند إضافة الماء وذلك بسبب تقطع الروابط البلازمية Plasmodesmata التي تربط بروتوبلازم الخلايا المجاورة، وحالة الذبول الدائم تقابل ما يعادل 1.5 ميكاباسكال.ويعد المحتوى المائي بين هاتين القيمتين مثالياً لنمو النباتات وامتصاصها للماء.

عندما يكون الماء متوفراً بشكل دائم قد يصل الجهد المائي في التربة أعلى قيمة فالحالة هنا رغم توفير الماء لكن الحالة تكون سلبية على نمو النباتات باعتبار نقص الأوكسجين في التربة مما يقلل تهوية التربة وبذلك تختنق الجذور بمعنى عدم تجهيز الأوكسجين الكافي لعملية التنفس لإنتاج الطاقة المطلوبة لإدامة حياة الخلايا الحية في الجذور.

تضاف إلى التربة كميات متباينة من الدبال Humus التي هي عبارة عن المواد العضوية من بقايا الكائنات الحية بعد موتها، والتي بدورها تؤثر في صفات التربة المختلفة وخلالها تعاد دورة عدد من العناصر الغذائية إلى التربة. فضلاً عن أن للدبال أهمية في زيادتها قابلية احتفاظ التربة بالرطوبة فضلاً عن زيادة خصوبتها وعند المقارنة يلاحظ أن طبقة الدبال سميكة في الغابات والمروج في حين لا تشكل طبقة تذكر في ترب الصحاري.

4-5-6: سادساً: الحرائق Fires

تعد الحرائق إحدى العوامل المهمة المؤثرة في بيئة اليابسة بخاصة المناطق الحارة والجافة منها مما تؤدي إلى إتلاف وتغير النظام البيئي حيث تنخفض مكونات الكساء الخضري وتتأثر الحيوانات المتعايشة معها.

هناك مصدران أساسيان للحرائق أحدهما طبيعياً كالبرق أما الآخر فهو بفعل الإنسان . وقد يكون الحريق في بعض الأحيان مفيداً لبعض المناطق مثل إزالة الأنواع النباتية غير المرغوب فيها أو القضاء على بعض الأمراض النباتية ومسبباتها.

تكون بعض الأنواع النباتية أكثر مقاومة للحريق من غيرها من خلال عدة خواص مثل امتلاكها لطبقة سميكة جداً من القلف Bark، كما في أشجار الخشب الأحمر Red wood . وقد تحمي الأجزاء النامية والنشطة بأوراقها ذات الزغب الكثيفة كما في نبات الصنوبر ذو الأوراق الطويلة ، أو بدفنها تحت سطح التربة. وقد تحوي أعضاء تكاثرية التي لا تظهر بذورها إلا عند الحرق كما في مخاريط بعض أنواع الصنوبريات Confires.

أنواع الحرائق

توجد ثلاثة أنواع رئيسة للحرائق التي يمكن ان تتحول من نوع لآخر على وفق الظروف البيئية حينها كالرياح والحرارة ونوعية الكساء الخضري والرطوبة.وهذه الأنواع هي:-

1- الحرائق الأرضية Ground fires : وتحدث هذه الحرائق في الترب المغطاة بطبقة سميكة من المواد العضوية حيث يتم احتراقها ببطئ وبدون لهب. وقد تؤدي هذه الحرائق إلى موت معظم النباتات التي تمتد جذورها ضمن منطقة الإشعال.

2- الحرائق السطحية Surface fires: وتمتد هذه الحرائق بسرعة لتشمل الأعشاب والشجيرات وبقايا على سطح التربة.

3- الحرائق التاجيةCrown fires: وتنتقل هذه الحرائق بين قمم الأشجار كما يحدث في بعض الغابات الكثيفة التي تؤدي إلى قتل معظم النباتات فوق سطح التربة ويمكن نجاة الأجزاء النباتية أو البذور المغمورة تحت التربة السطحية بخاصة عندما تكون رطبة.

4-5-7: سابعاً: الملوحة Salinity

تؤخذ الملوحة بوصفها عاملاً مهماً في البيئة المائية واعتماداً على درجة الملوحة قسمت المياه إلى أنواع مختلفة فالمياه التي ملوحتها أقل من 0.5 جزء بالألف هي مياه عذبة Fresh water والتي تزيد عن 30 جزء بالألف تدعى مياه مالحة Salina water وما بينهما هي مياه مويلحة Brackish water . وتتميز مياه البحار والمحيطات بطعمها الملحي الذي يرجع إلى وجود عنصري الكلور والصوديوم بصورة رئيسة فضلاً عن تواجد أكثر من (70) عنصراً آخر وبنسب متفاوتة (الجدول 4-2). ومعظم هذه العناصر وأشكالها المتأتينة لا تتواجد على هيئة أملاح.لذا فالملوحة يمكن أن تتمثل بجميع المواد الذائبة في البحار وتشكل ستة عناصر كمية أكثر من 99% من مجموع العناصر.

الجدول (4-2) : المكونات الأساسية لمياه البحار والمحيطات

الأيون		% من المجموع
الكلور	Cl^-	55.04
الصوديوم	Na^+	30.61

الكبريتات So^{-2}	7.68
المغنيسيوم Mg^{+2}	3.69
الكالسيوم Ca^{+2}	1.16
البوتاسيوم k^{+}	1.10
المجموع	% 99.28

ويمكن تقسيم العناصر الموجودة على هيئة ثلاث مجاميع وكما يأتي:

1- المكونات الأساسية والتي تزيد تركيزها عن 100 جزء بالمليون وكما موضحة في الجدول أعلاه.

2- المكونات قليلة التواجد التي يتراوح تراكيزها بين 1-100 جزء بالمليون ومن أمثلتها عناصر البورون والكربون والسترونتيوم والبورون والسليكون والفلور.

3- العناصر النادرة أو النزرة التي يكون تركيزها أقل من جزء بالمليون وتشمل كلاً من النتروجين والفسفور والليثيوم واليود والحديد والزنك والمولبيدنوم وغيرها.

وهناك علاقة بين درجة الملوحة وتركيز الكلور كما هو موضح في المعادلة الآتية:

الملوحة (جزء بالألف) = 0.03 + 1.805 × تركيز أيون الكلور (جزء بالألف)

واختصرت المعادلة أعلاه إلى ما يلي:

الملوحة (جزء بالألف) = 1.80655 × تركيز أيون الكلور (جزء بالألف)

تقدر الملوحة في مياه البحار والمحيطات بحدود 35 جزء بالألف وذات كثافة 1.02822 غرام بالسنتيمتر المكعب. وقد لوحظت أن أعلى قيمة للملوحة 35.5 جزء بالألف في شمال المحيط الأطلسي وأوطانها (34.2) جزء بالألف في شمال المحيط الهادي. كما تم تسجيل قيم أكثر في بعض البحار والخلجان وعلى سبيل المثال تصل الملوحة في مياه الخليج العربي على حوالي 40 جزء بالألف أو أكثر في بعض المناطق الضحلة منه(الجدول 4-3).

للملوحة تأثيرات بيئية واضحة في تحديد الأحياء المائية نوعاً وكماً. كما أن بعض الأحياء لها قابلية التحمل للمدى الواسع للتغيرات في درجة الملوحة كما هو الحال

في الأحياء المائية التي تستطيع العيش في مصبات الأنهار في حين لا يمكن لأحياء المياه العذبة مثل أسماك الكطان والشبوط والبني العيش في المياه المالحة. والعكس صحيح فإن الأسماك البحرية لا يمكن لها العيش في المياه العذبة. كما أن النباتات الراقية التي تتواجد في المياه العذبة لا تستطيع العيش في مياه البحار والمحيطات . أما النباتات الواطئة كالطحالب فهناك أنواعاً بحرية المعيشة وأخرى في المياه العذبة.

4-5-8:ثامناً: درجة الأس الهيدروجيني PH

تبدو أهمية درجة الأس الهيدروجيني بشكل أوضح في مواطن خاصة مثل التربة حيث تعيش فيها الأحياء المجهرية كالبكتيريا والفطريات وجذور النباتات الراقية. وكذلك في البيئة المائية وتتراوح قيم الأس في المياه الطبيعية بين 4-9 ، وهناك مديات أقل أو أكثر من ذلك لكنها تشكل حالات نادرة فقد سجلت قيم 2.5 في بعض البحيرات مثل فولكانيك Volcanic وبحيرة تيسيان Tessain ولغاية 10.5 كما في بحيرة التبخر Evaporite lake في المناطق القاحلة. ويتراوح الأس الهيدروجيني عادة بين 7.5-8.4 في مياه المحيطات. وللكائنات الحية مديات محددة من قيم الأس الهيدروجيني في البيئة سواء المائية منها أو اليابسة ففي بيئة اليابسة تعد قيم الأس الهيدروجيني إحدى صفات التربة الأساسية لذا يتم التطرق له ضمن عامل التربة.

4-5-9: تاسعاً: الغازات Gases

القسم الأكبر جو البيئة الحياتية يكون ثابتاً. فالتركيز الحالي للأوكسجين في الجو هو بحدود 21 % حجما وثنائي اوكسيد الكربون هو 0.03 % حجماً. وقد تكون هذه الغازات محددة بعض الشئ لبعض النباتات الراقية . كما أن عملية البناء الضوئي في العديد من النباتات الراقية يمكن زيادتها بزيادات معتدلة من ثنائي أوكسيد الكربون. ويصبح الأوكسجين محدداً كلما تعمقنا في التربة وكذلك الحال يصبح كذلك في الترب الغدقة.

تختلف الحالة في البيئات المائية لأن كميات الأوكسجين وثنائي أوكسيد الكربون تذوب في الماء وبذا تكون في متناول أحياء مائية متنوعة من وقت لآخر ومن مكان لآخر., ويعد في أحيان كثيرة الأوكسجين بوصفه عاملاً محدداً بخاصة في البحيرات وفي المياه ذات حمل ثقيل من المواد العضوية. وان درجة الحرارة والأملاح المذابة تؤثران لدرجة كبيرة في قابلية الماء للاحتفاظ بالأوكسجين وتزداد قابلية ذوبان الأوكسجين في المياه في درجات الحرارة الواطئة وتنخفض بالملوحة العالية.

يتباين محتوى الأوكسجين للمياه البحرية بين الصفر بخاصة في قاع البحار أو المحيطات إلى 8.5 مليمتر باللتر كمعدل. وعادة تكون القيم العالية قرب السطح حيث تتأثر قيمته بالأوكسجين الجوي.

تحتوي مياه البحار ايونات قاعدية قوية كالصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم مما يوفر كمية من ثنائي أوكسيد الكربون في المحلول والتي لها أهمية كبيرة مما يرفد عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية. ولا يعد ثنائي أوكسيد الكربون عاملاً محدداً لنمو النباتات في الظروف الطبيعية . ويتواجد ثنائي أوكسيد الكربون في مياه البحار أساساً كأيونات البيكاربونات فضلاً عن وجود بعض الكميات من ثنائي أوكسيد الكربون الذائب وحامض الكربونيك وأيونات الكربونات .وعند المياه السطحية يميل ثنائي أوكسيد الكربون الذائب بالتعادل مع تركيزه في الجو كما موضح في المعادلة الآتية:-

$$HCO_{-3} + H^{+} \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 \rightleftharpoons CO_2$$

حامض الكربونيك — الذائب — الجوي

$$\downarrow\uparrow$$

$$CO_3^{-2} + H^{+}$$

علماً أن ذوبان ثنائي أوكسيد الكربون في المياه يكون حوالي 200 ضعف من الأوكسجين ويكون على هيئة بيكربونات أو كربونات التي تعد مصدر للكربون لعملية البناء الضوئي للطحالب. ويبين الجدول (4-4) الصفات الجزيئية لمجموع ثنائي أوكسيد الكربون الحر وأيونات الكربونات والبيكربونات وعلاقتها بقيم الآس الهيدروجيني في درجة حرارة (15) درجة مئوية.

1-29 4-5-10: عاشراً: المغذيات Natrients

تحتاج الكائنات الحية في نموها عدداً من المغذيات والتي يمكن تصنيفها إلى مجموعتين الأولى المغذيات الكبيرة التي يحتاج لها الكائن الحي بكميات كبيرة مثل الكربون والكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والحديد وتدعى هذه المغذيات Macronutrients ، أما المجموعة الثانية فهي المغذيات الدقيقة Micronutrients والتي تشمل المنغنيز التي تم درجها أعلاه للنباتات أما للحيوانات فبالإضافة لهذه المغذيات يضاف الصوديوم واليود ولبعض الأحياء الآخرى كالطحالب العصوية أي الدايوتومات Diatoms فيضاف السليكون. حيث أن كلاً من هذه العناصر المغذية لا بد وله دور أو وظيفة في إحدى العمليات الأيضية ولا يمكن للكائن الحي إكمال دورة حياته بغياب إحدى هذه المغذيات كما تظهر أعراض نقص لأي عنصر منها ولا يمكن تصحيح النقص إلا بإضافة نفس العنصر. ومن هذه الوظائف تكمن أهمية هذه المغذيات.

تعد المغذيات عوامل محددة سواء في التربة او في البيئة المائية وغالباً ما تشكل العناصر المغذية كل من النتروجين والفسفور عوامل محددة في التربة وبخاصة في المياه . كما أن بعض المغذيات بخاصة الدقيقة منها والتي يحتاجها النبات والحيوان إلى تراكيز قليلة جداً قد تكون مثبطة للنمو أوسامة في تراكيز عالية كما هو
الحال في العناصر الثقيلة منها الزنك والنحاس والمنغنيز والحديد.

1-30 4-5-11: حادي عشر: التيارات والضغوط Currents and pressures

في الكثير من الأحيان لا تكون الأوساط الجوية والمائية التي تعيش فيها الكائنات ثابتة تماماً طول الوقت. فقد تم التطرق إلى عامل الرياح في أعلاه. أما التيارات المائية فهي تؤثر في تركيز الفلزات والمواد المغذية بدرجة كبيرة وبذلك تعمل بوصفها عوامل محددة في بعض المسطحات المائية في نمو بعض الأحياء المائية. علماً بأن الكثير من الأحياء قد تكيفت مظهرياً ووظيفياً لتحتفظ بمكانها للحد من تأثير التيارات ولحد ما كما هو الحال في الأحياء القاعية Benthic organisms وتختلف

شدة التيارات باختلاف أنواع المسطحات المائية وعوامل بيئية أخرى كالرياح والضغط الجوي ودرجة الحرارة.

أما الضغط الجوي فليس له تأثير مباشر أو بعبارة أخرى لا يعد عاملاً محدداً مباشراً للكائنات. فالضغط الجوي له دور واضح في المناخ والطقس واللذين يكونان محددين للكائنات بصورة مباشرة. وفي المياه يزداد الضغط جوياً واحداً لكل 10 أمتار من العمق وإذا ما عرفنا أن أعمق نقطة في المحيطات تصل إلى حدود 10-11 كيلومتراً فيعني أن الضغط يصل إلى حدود1000 ضغط جوي في ذلك العمق أو أكثر. وتتحمل بعض الحيوانات مدى واسعاً من الضغط بخاصة إذا كان جسمها لا يحوي هواءً أو غازاً طليقاً. وعندما يكون الأمر كذلك تنمو صمامات غازية. علماً بان الضغوط الكبيرة تسبب تأثيراً ضاغطاً ومثبطاً في نمو الأحياء المائية.

مع تحيات د. سلام الهلالي

الفصل الخامس

الإنتاجية

Productivity

5-1: المقدمة

تستمد الكائنات الحية طاقتها بصورة مباشرة أو غير مباشرة من الشمس التي تنبعث مها الطاقة بصورة مستمرة.ويتم استغلال هذه الطاقة أساساً من عملية البناء الضوئي Photosynthesis التي تقوم بها النباتات الخضر أي التي تحتوي على صبغات الكلوروفيل او اليخضور. وهذه الصبغات هي التي تقوم بامتصاص الطاقة الضوئية الصادرة من الشمس وتحويلها إلى طاقة كيماوية والتي تساهم في عملية تثبيت ثنائي اوكسيد الكربون على هيئة مركب عضوي وهو سكر سداسي (الكلوكوز Glucose) . ومن هذا المركب العضوي يمكن أن يتحول إلى مركبات عضوية أخرى بوصفها تعمل مخزناً للطاقة والعناصر داخل النظام البيئي. ويسمى هذا الإنتاج بالإنتاج الحيوي Biological productivity . ويتميز عن الإنتاج الكيماوي أو الصناعي بكون النوع الأول عبارة عن عملية مستمرة في حين أن الآخر عبارة عن أدلة نهاية التفاعل.

ويقسم الإنتاج الحيوي إلى نوعين أساسيين:-

1- الإنتاجية الأولية أو الأساسية Primary productivity أو Basic productivity:-

وتعرف هذه الانتاجية لنظام بيئي أو لمجتمع أو لأي جزء منه أنها المعدل الذي تخزن فيه الطاقة الإشعاعية بفعالية البناء الضوئي والتركيب الكيماوي للكائنات المنتجة وهي النباتات الخضر بصورة رئيسة على شكل مواد عضوية يمكن أن تستعمل بوصفها مواد غذائية للكائنات الحيوانية الأخرى.

2- الإنتاجية الثانوية Secondary productivity :

وفيها تتحول الطاقة الكيماوية إلى طاقة كيماوية أخرى كطاقة متمثلة أو كفضلات. وفي الحالة الأولى تتحول الطاقة الكيماوية إلى طاقة كيماوية أخرى (النمو)

أو طاقة حرارية (التنفس). ويشار إلى الإنتاجية الثانوية بأنها معدلات خزن الطاقة على المستويات الغذائية للمستهلك.

2-5: خطوات الإنتاجية الحيوية ومراحلها

تبدأ الإنتاجية الحيوية عندما تبدأ النباتات الخضر استقطاب الطاقة الضوئية من قبل صبغات الكلوروفيل وتحويلها إلى طاقة كيماوية تستغل في تثبيت ثنائي أوكسيد الكربون على هيئة مادة عضوية التي تم تعريفها بالإنتاجية الأولية Primary productivity. وتعرف الإنتاجية الأولية الإجمالية Gross primary productivity أنها تمثل المعدل الكلي لعملية البناء الضوئي من ضمنه المادة العضوية المستعملة في عملية التنفس أثناء مدة القياس. ويعرف هذا كذلك بالبناء الضوئي الكلي Total photosynthesis أو التمثيل الكلي Total assimilation .أما الإنتاجية الأولية الصافية Net primary productivity وتمثل معدل خزن المادة العضوية في الأنسجة النباتية زيادة على الاستهلاك التنفسي من قبل النباتات أثناء مدة القياس،ويعرف هذا كذلك بالبناء الضوئي الظاهر Apparent photosynthesis أو التمثيل الصافي Net assimilation . وتضاف كمية التنفس عادة إلى قياسات البناء الضوئي الظاهر في التطبيقات العملية لغرض الحصول على تقديرات الإنتاج الإجمالي.

أما الإنتاجية الصافية للمجتمع Net community productivity فإنها تمثل معدل خزن المادة العضوية غير المستعملة من قبل معتمدات التغذية أي أنها صافي الانتاجية الأولية ناقصا ما يستهلكه معتمدو التغذية Heterotrophic organisms خلال المدة التي تحت الدراسة وعادة تكون فصلا للنمو أو سنة.

ويشار إلى معدلات خزن الطاقة على المستويات الغذائية للمستهلك بالإنتاجية الثانوية Secondary productivity .وبما أن المستهلكين Consumers يستعملون مواد غذائية منتجة سابقا فقط مع خسارات خلال عملية التنفس وتحويلها إلى أنسجة

مختلفة عن طريق العمليات الأيضية ، لذا لا يمكن تقسيم الإنتاجية الثانوية إلى كميات إجمالية وكميات صافية . كما أن تدفق الطاقة الكلي على مستويات معتمدة التغذية والذي يكون مماثلا للانتاجية الإجمالية لذاتية التغذية يجب أن يشار إليه بالتمثيل Assimilation وليس بالإنتاج Production

3-5: العوامل المحددة للإنتاجية

لقابلية النبات على تمثيل أو تثبيت Fixation ثنائي أوكسيد الكربون أهمية كبيرة في التأثير على عملية البناء الضوئي وهناك طريقتان رئيسيتان لاختزال ثنائي أوكسيد الكربون اللتان تمثلان الخطوة الأولى في عملية البناء الضوئي وتعتمدان على نوع النبات. فالطريقة الأولى هي ما تعرف بطريقة كالفن وبنسن Calvin-Bensen pathway والتي تتبع من خلال نباتات C3 Plants حيث أن ثنائي أوكسيد الكربون يثبت على هيئة 3-PGA(3-Phospho Glyceric Acid) وهو حامض الفوسفوكليسيرك ذات ثلاث ذرات من الكربون والذي هو أول مركب عضوي مستقر بعد عملية التثبيت حيث يقوم مركب سكري خماسي الكاربون RuDP (الرايبوز ثنائي الفوسفور Rubilose diphosphate) باستقبال الغاز بمساعدة إنزيم الكربوكسيليز RuDP carboxylase وبما أن أول مركب مستقر يتكون من ثلاث ذرات من الكربون لذا أطلق على هذه النباتات C3plants . ومن أمثلتها الحنطة والشوفان والبنجر السكري وفول الصويا والخس والتبغ.

أما الطريقة الثانية وهي طريقة هاتش وسلاك Hatch and Slack pathway والتي تتبعها نباتات C4 plants حيث أن غاز ثنائي أوكسيد الكربون يثبت على هيئة مركب رباعي الكربون وهو OAA (حامض الاوكسالواسيتيك Oxalo Acetic Acid) وهو أول مركب عضوي مستقر يتكون من استقبال الغاز من مركب ثلاثي الكربون PEP (فوسفواينول بايروفيت Phospho Enol Pyrovate) بمساعدة إنزيم

الكربوكسيليز (PEP carboxylase) . وبما أن أول مركب مستقر يتكون من أربع ذرات من الكربون لذا أطلق على هذه النباتات C4Plants . ومن أمثلتها نبات قصب السكر والذرة الصفراء والذرة البيضاء والثيل والرغل وعرف الديك.

وهناك فروقات كبيرة بين هاتين المجموعتين من النباتات تشمل أموراً عديدة منها تشريحية وفسلجية وبيئية.ففي نباتات C4 تكون فيها عملية نقل العصارة السكرية Translocation أسرع. كما أنها تعيش في ظروف رطوبة عالية وكذلك درجة الحرارة المثلى للنمو ولعملية البناء الضوئي تكون عالية تصل بين 30–35 درجة مئوية وحتى أكثر. كما أنها تاخذ غاز ثنائي اوكسيد الكربون وتثبته من الجو بصورة أكثر فاعلية وأسرع بالمقارنة مع نباتات C3 . وتتواجد نباتات C4 في المناطق ذات شدة إضاءة عالية وذات توفر محدود من المياه.

يؤثر على الإنتاجية الأولية عامل الضوء الساقط نوعيةً وشدة وكذلك عامل درجة الحرارة وعامل توفر الماء وتركيز ثنائي اوكسيد الكربون والأوكسجين والعناصر الغذائية المختلفة. كما هناك عوامل تخص النبات مثل صبغة الكلوروفيل والمساحة الكلية للورقة وكثافة النباتات ومستويات المجتمع. فعلى سبيل المثال في الغابات يلاحظ هناك مستويات مختلفة في النباتات مما تتأثر بعوامل مختلفة من أهمها الضوء ودرجة الحرارة وبالتالي تؤثر في الإنتاجية.

وتعد نفاذية الضوء من العوامل المهمة في تقدير الإنتاجية في البيئة المائي حيث أن الضوء ينفذ إلى أعماق معينة حتى في المياه الصافية فضلاً عن أن نوعية الضوء تختلف حسب الأعماق لذا فإن توزيع الهائمات النباتية وانتشارها في الأعماق المختلفة سوف يتأثر كما يلاحظ في البحار والمحيطات والبحيرات.

4-5: سريان الطاقة والقوانين ذات العلاقة

معظم الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الكرة الأرضية ينعكس أو يمتص حيث أنه ينتشر في الجو أو يتحول إلى حرارة. ومن الضوء الساقط على النباتات ينعكس حوالي 98 % منه بينما تمتص النباتات حوالي 2% منه فقط. حيث يكون حوالي نصف هذا الضوء الممتص ضمن الأطوار الموجية التي تستقطبها صبغات الكلوروفيل في عملية البناء الضوئي والتي هي طاقة ضوئية مرئية في حدود طول موجي بين 400–700 مليميكرون أو نانومتر ما يعادل 4000–7000 أنكستروم.

إن استنزاف طبيعة الطاقة الناتجة وكميتها عن الضغوط المناخية أو التلوث أو الحصاد وغيرها تؤثر بصورة فعالة في تقييم إنتاجية النظام البيئي. وغالباً ما يعمل اختزال فقدان حرارة التنفس في تعويض الطاقة الذي يعزز الإنتاجية الضرورية لصيانة التركيب الحياتي في النظام البيئي.

بغض النظر عن كون الإنتاجية أولية أو ثانوية يلاحظ عند التعمق في تعريف الإنتاجية والتي هي كمية الطاقة المنتجة في المستوى الإغتذائي ضمن فترة زمنية محددة.

تستعمل الكائنات الحية المكونة للمستوى الاغتذائي جزءً كبيراً من الطاقة المنتجة لأغراض النمو والتكاثر والتنفس والأفعال الحيوية الأخرى. بينما يخزن الباقي في أجزاء مختلفة من الجسم. وان الإنتاجية يمكن أن تنقسم إلى قسمين على هذا الأساس حيث أن الإنتاجية الإجمالية او الحقيقيةGross productivity تعني مجموع الطاقة المتدفقة والمستغلة من قبل الكائنات الحية في مستوى اغتذائي محدد بغض النظر عن تسلسلها ومصدر الطاقة. وبما أن الطاقة المتدفقة إلى المستوى الاغتذائي الأول والتي تأتي من الشمس تستغل للأفعال الحيوية المختلفة بضمنها الخزن والتنفس في النباتات عليه تسمى الإنتاجية هنا بالإنتاجية الأولية الإجمالية Gross primary productivity . وأن الإنتاجية هنا تشمل الطاقة المستعملة للتنفس حيث تتحول إلى

الحرارة وتنطلق خارج جسم النبات(الكائن الحي) ، وان جزءً كبيراً منها يبقى في أجزاء مختلفة من الجسم حيث تتعفن وتتحلل إلى خارج المستوى الاغتذائي بينما يخزن الجزء الآخر منها في مناطق متباينة في الجسم، لتستفيد منها الكائنات الواقعة في المستويات الاغتذائية اللاحقة.

بما أن ما ينقل من الطاقة من مستوى اغتذائي إلى مستوى اغتذائي لاحق هي الإنتاجية الظاهرة. عليه كثيراً ما يلاحظ أن الإنتاجية في قياساتها العملية تنحصر بهذه الإنتاجية الظاهرة. عليه كثيراً ما يلاحظ أن الإنتاجية في قياساتها العملية تنحصر بهذه الإنتاجية الظاهرية أو الصافية Net primary productivity ، والتي تعني الإنتاج الظاهري الصافي دون التنفس والطاقة المتدفقة إلى خارج المستوى الاغتذائي. أما في المستوى الاغتذائي الثاني فتسمى صافي الإنتاجية الثانوية Net secondary productivity فهي الإنتاجية الظاهرية في المستوى الاغتذائي الثاني.

إن القانون الأول للديناميكية الحرارية ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم وإنما تتحول من نمط إلى آخر كما هو الحال في تحول الطاقة الضوئية إلى الطاقة الحرارية والطاقة الحركية وهكذا. بينما ينص القانون الثاني على أنه ليست هناك عملية تحويل طاقة إلا وهناك تناثر من صورة مركزة إلى مشتتة. وبما أن بعض الطاقة تتشتت عند كل تحول، عليه فإنه ليست هناك تحول للطاقة بكفاءة 100% . لذا فإن علماء البيئة عملوا بقياس مسارات وكفاءة انتقال الطاقة ضمن المستويات الاغتذائية المتعاقبة في النظام البيئي لأجل الوصول إلى معرفة كيفية الحصول على أفضل فائدة من نماذج تدفق الطاقة بغية تحسين كمية المؤونة الغذائية ونوعيتها للكائن الحي.

يتبين من هذه الحقائق أن كتلة المنتج يجب أن تزيد دائماً عن كتلة المستهلك الأولي والتي تزيد كتلتها عن المستهلك الثانوي آخذين بنظر الاعتبار أن الكتلة هي إحدى الوسائل للتعبير عن الطاقة التي ينطبق عليها قانون نيوتن الثاني.

إن من السهل تقدير الإنتاج ي أية لحظة بصيغة الوزن بدلاً من محتوى الطاقة لأن محتوى الطاقة في وحدة الزمن يختلف باختلاف الكائنات الحية أو أجزاء الجسم المختلفة. فمحتوى الطاقة على أساس سعرة في الغرام الواحد من الوزن الجاف في الديدان تقدر بحوالي 4617 سعرة بينما في الفئران تصل إلى 5163 سعرة وفي الطحالب تقدر بحوالي 4100 سعرة. هذا من جهة ومن جهة أخرى يلاحظ أن محتوى الطاقة في البذور تصل إلى 5065 سعرة بينما لا يزيد المحتوى عن 4267 في السيقان في حين تصل إلى 4720 سعرة في الغرام من الوزن الجاف في الجذور.

يعبر عن مجموعة الكتلة الحية Biomass في أية لحظة معينة بالمحصول القائم أو الثابت Standing crop . ويعود الاهتمام بالإنتاجية إلى فترات طويلة سابقة، لكن الاهتمام ظل مقتصراً على بعض الأجزاء المستخدمة فقط. ففي الحيوانات على سبيل المثال يهتم بالبيوض أو اللحوم ، أما في النباتات فيدرس إنتاج الحبوب لبعض المحاصيل والدرنات لمحاصيل أخرى. وتؤخذ الأجزاء الخضرية فقط أو الثمار في نباتات أخرى بنظر الاعتبار وتسمى الإنتاجية هنا بالمحصول Yield.

إن معدل الانتاجية للكائنات الحية هي دالة أخذ الطاقة من قبلها. ففي النباتات الخضر يكون المجموع الكلي للضوء المثبت خلال عملية البناء الضوئي ولفترة محدودة ما يسمى بالإنتاجية الإجمالية . ومن هذه الكمية يستفيد النبات من جزء منها للإبقاء على ديمومته خلال عملي التنفس والباقي يكون جاهزاً لاستخدامات آخرى لأغراض النمو المتمثل بالإنتاجية الصافية. وعليه تكون :

الإنتاجية الإجمالية = الإنتاجية الصافية + التنفس.

لمتابعة انتقال الطاقة في أي نظام بيئي يكون من الضروري معرفة ذلك الجزء من الإنتاجية الصافية الذي يسبب تكوين الأنسجة الجديدة وبالتالي زيادة الكتلة الحية Biomass وكذلك معرفة كمية الطاقة المستهلكة بوساطة آكلات الأعشاب أو من خلال موت الأجزاء أو الأفراد .وعليه تكون:

الإنتاجية الصافية= زيادة الكتلة الحية + الطاقة المستهلكة بوساطة آكلات الأعشاب + الطاقة المستهلكة خلال موت بعض الأجزاء أو الأفراد.

عند التعرف على توزيع الإنتاجية المستهلكة والمحصول القائم في العالم فإن المعلومات المتوافرة تشير إلى أن الغطاء النباتي على اليابسة من الكرة الأرضية يكون ما يقارب 30% من تلك المساحة ويجهز هذا الغطاء 62% من الكمية للإنتاجية الأولية والتي يقدر مجموعها بحوالي100 مليون طن في السنة. وتوضح التقديرات لإنتاجية مختلف الأنظمة البيئية أن الغطاء البيئي الصحراوي لا ينتج أكثر من 250 غم وزن جاف للمواد العضوية في المتر المربع الواحد في السنة، في حين أن المناطق الاستوائية الرطبة تصل إنتاجية غاباتها إلى حوالي 5000 غم في المتر المربع في السنة. بينما إنتاجي مياه المصبات Estuaries تصل إلى 4000 غم في المتر المربع في السنة.

5-5: طرق قياس الإنتاجية الأولية

بالإمكان قياس الإنتاجية الأولية Primary productivity خلال عملية البناء الضوئي. وبعبارة أخرى خلال قياس كميات ثنائي أوكسيد الكاربون المثبتة في النبات أو كميات الأوكسجين المتحررة، أو الزيادة في كميات المادة العضوية المنتجة كالكاربوهيدرات وغيرها من الطرق. وسنورد أهم هذه الطرق بإيجاز:

1- طريقة الحصاد Harvest method

يمكن إجراء هذه الطريقة للمجتمعات الأرضية ومجتمعات المياه الضحلة حيث يكون النمو نشطاً. وتتلخص الطريقة في حصد جميع النباتات في وحدة مساحة في المجتمع خلال فترات قصيرة، وتعزل أجسام النباتات المزالة إلى جذور وسيقان وأوراق وغيرها ثم يحسب الوزن الجاف لها. وتجمع الزيادات في الكتلة الحية Biomass في الفترات المختلفة ويحسب الفقدان أيضاً في حالة وجوده. ولا تعطي هذه الطريقة تقديراً عن الإنتاج الأولي الإجمالي Gross primary production. وقد تسبب هذه الطريقة

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

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

salamalhelali@yahoo.com

فيس بك... كروب... رسائل وأطاريح في علوم الحياة

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

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

07807137614

بعض المشاكل خاص في مناطق الغابات حيث انه من غير المرغوب فيه قطع عدد كبير من الأشجار وحصادها في فترات قصيرة.

31-1 2- قياس الأوكسجين Oxygen measurement

يمكن أن يكون إنتاج الأوكسجين أساساً لتحديد الإنتاجية . ففي البيئة المائية تستخدم طريقة القناني المضيئة والمظلمة وذلك بأخذ عينتين من المياه الأولى توضع في قنينة مضيئة (غير مغطاة) والأخرى في قنينة معتمة(مغطاة بقماش داكن اللون أو ورق) .ثم تحفظ القناني تحت سطح الماء عند العمق المطلوب خلال النهار لعدة ساعات ثم يقاس تركيز الأوكسجين المذاب في الماء قبل التجربة، وتعطي الزيادة في تركيز الأوكسجين في القنينة المضاءة عن كمية البناء الضوئي الصافية ويمكن إضافة كمية الأوكسجين المفقود عن طريق القنينة المعتمة لإيجاد الإنتاجية الإجمالية الكلية. وبالرغم من اعتماد هذه الطريقة لكن قد تكون نتائجها غير مضبوطة وذلك لأنه لا يمكن حساب تنفس المستهلكات بضمنها البكتيريا والفطريات.

أما في اليابسة فلا يمكن حساب التغيرات الطفيفة في تركيز الأوكسجين بصورة دقيقة لذا فإنه يتم حساب ثنائي أوكسيد الكربون.

32-1 3- قياس ثنائي أوكسيد الكربون Carbon dioxide measurement

يمكن حساب كمية ثنائي أوكسيد الكربون بإحدى الطرق المعروفة(Cuvette method) في بيئة يابسة. ويتم وضع أغصان صغيرة من الأشجار أو جزء من المجتمع في حجرة شفافة يمكن تسليط تيار من الهواء داخلها ويتم استخدام التغيرات في تركيز ثنائي أوكسيد الكربون في الهواء الداخل والخارج في حساب ما تم تثبيته في عملية البناء الضوئي كما يمكن حساب الفقدان التنفسي من حجرة مظلمة مماثلة.

1-33 4- قياس الأس الهيدروجيني PH measurement

في الأنظمة البيئية المائية يمكن أن يكون الأس الهيدروجيني دالة لمحتوى ثنائي أوكسيد الكربون الذائب والذي يقل بدوره خلال عملية البناء الضوئي ويزداد بعملية التنفس. ولغرض استخدام الأس الهيدروجيني دليلاً للإنتاجية يجب أن يتم تهيئة منحني المعايرة للماء في النظام المعني الذي سيدرس حيث أن محتوى ثنائي أوكسيد الكربون والأس الهيدروجيني ليسا ذا علاقة خطية.

1-34 5- قياس المواد الأولية Raw materials measurement

يمكن أن تقاس الإنتاجية ليس بمعدل تكوين المواد (الغذاء والمعادن والبروتوبلازم) وبقياس التبادل الغازي فحسب ولكن بمعدل اختفاء المعادن أو المواد الأولية ايضاً. وقد استعملت هذه الطريقة في مناطق محيطية معينة حيث يتجمع الفوسفور والنتروجين في المياه أثناء الشتاء. وان نسبة الاستعمال يمكن أن تقاس أثناء مدة النمو في الربيع للهائمات النباتية. ويجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار لأن القوى غير الحية قد تسبب اختفاء المواد أيضاً.

6- استخدام النظائر المشعة Use of radioactive materials

من الطرق الدقيقة المثبتة في العديد من المراكز البحثية هي استخدام النظائر المشعة. وتستخدم هذه الطريقة في بيئة اليابسة أو البيئة المائية على حد سواء وتطبق نفس المبادئ. فعلى سبيل المثال يستخدم الكربون المشع C^{14} لمدة من الزمن عادة بضعة ساعات ويتم تتبع ذلك لمعرفة كمية المواد العضوية ذات الكربون المشع كقياس على الإنتاجية .ونفس الحالة استخدمت في البيئة المائية حيث تزود القناني المضيئة والعاتمة بالكربون المشع على هيئة كاربونات أو بيكربونات وقياس المواد العضوية المشعة والتي هي دليل على الإنتاجية أي ما تم تثبيته من الكربون المشع خلال عملية البناء الضوئي على هيئة كاربون عضوي.

7

35-1 7- قياس الكلوروفيل Chlorophyll measurement

يمكن أن يكون قياس الكلوروفيل من الطرق الجيدة في قياس الإنتاجية للمحصول القائم للنبات. ويكون قياس محتوى الكلوروفيل على أساس المساحة لكامل المجتمع دليلاً على إنتاجيته.كما أن قياس الكلوروفيل – أ(Chlorophyll – a) أحد المؤشرات للإنتاجية للهائمات النباتية في البيئة المائية حيث أن الكلوروفيل – أ موجود في كل خلايا الطحالب على اختلاف أنواعها وما يسمى بالصبغة العامة Unieversal prigment . لذا فإن الكلوروفيل – أ دليلاً للكتلة الحية Biomass ومؤشراً للإنتاجية الأولية.

36-1 5-6: السلاسل الغذائية Food chains

انتقال الطاقة الغذائية من المصدر النباتي عن طريق سلسة من الكائنات الحية المختلفة أي عبر سلسلة من المستويات المختلفة حيث يتغذى الكائن الحي من جهة ويستهلك أو يؤكل من جهة أخرى بصورة مستمرة داخل أو خارج النظام البيئيEcosystem. وتسمى هذه السلسلة بالسلسلة الغذائية Food Chain (الشكل 5-1). أي أن الوصف الخطي للعلاقة الغذائية بين الأحياء المختلفة تسمى بالسلسلة الغذائية حيث يكون العنصر المنتج أو الكائنات ذاتية التغذية القاعدة الأساس لهذه السلسلة. وفي كل مرحلة من مراحل انتقال الطاقة تتبعثر كمية هائلة منها كحرارة وذلك عن طريق التنفس بصورة رئيسية. وبما أن مراحل انتقال الطاقة وخطواتها بين الكائنات الحية محدودة كما هو معروف، حيث لا يزيد عادة عن أربع أو خمس خطوات عليه يمكن الجزم أنه كلما تقصر السلسلة الغذائية كلما تزيد كمية الطاقة الكامنة المتوافرة في الكائنات الحية عدا النباتات. وتعتمد على بعدها أو قربها من مصدر الطاقة الذي هو النباتات بوصفها مصدرا للطاقة الغذائية في السلسلة الغذائية.

لذا فإنه ينصح الإنسان تفضيل أو ترويج الاعتماد على لحوم الأغنام والأبقار والدواجن التي تعتمد في غذائها على الأعشاب (النباتات) بالدرجة الأساسية ولا ينصح تناول الغراب أو الجوارح حيث تحتوي على كمية أقل من الطاقة لأن موقعها بعيد عن مصدر الطاقة الغذائية (النباتات)، حيث من المعروف بأن هذه الكائنات تتغذى على الحيوانات المفترسة الأخرى. وتطبق هذه الحقيقة في العديد من شعوب العالم كتقاليد وديانات فلا يؤكل الغراب والكلاب والجوارح في الكثير من البلدان ومنها العراق وبقية الدول الإسلامية.

في النظم البيئية المختلفة المتواجدة على الكرة الأرضية، يلاحظ أن الكائنات الحية مختلفة التغذية Heterotrophic تكون إما آكلات الأعشاب Herbiverous التي تتغذى مباشرة على النباتات وتكون معتمدة على الطاقة الغذائية لها (الطاقة الكامنة) في الكائنات ذاتية التغذية Autotrophic . بينما آكلات اللحوم Carnivorous يقتصر غذاؤها على منتجات حيوانية وهكذا فإنها تعتمد بصورة غير مباشرة على العنصر المنتج ويكون موقعها بعيداً عن مصدر الطاقة الغذائية . أما آكلات اللحوم التي تقتل حيوانا آخر فتعد من المفترسات Predators والحيوان المقتول يدعى بالفريسة Prey وهكذا.

كما أن هناك بعض الكائنات الحيوانية تعتمد في غذائها على النباتات والحيوانات والتي تكون آكلات الأعشاب واللحوم في آن واحد وتسمى بالكائنات القارتة أو القوارت Omnivorous مثل الإنسان حيث يستخدم الغذاء الأسهل توفراً والأكثر تواجداً. ورغم أنه في كثير من الحالات يختلف استخدام الطعام باختلاف النظم البيئية للكائنات القارتة. لكن بصورة عامة يمكن القول أن هذه الكائنات تستخدم الغذاء الأسهل توفراً والأكثر تواجداً والذي يتغير باختلاف الفصول والمواقع على الكرة الأرضية من جهة وعمر الكائن الحي من جهة أخرى.

هناك تداخلات بين المستويات الاغتذائية Trophical levels تستوضح في دورة حياة الحيوانات ومنها الإنسان حيث يختلف غذاؤه باختلاف عمره ومكان تواجده. فغذاء الطفل الرضيع يختلف عن غذاء البالغ. كما أن غذاء الأوربيين على سبيل المثال يختلف عن غذاء الآسيويين (الهند مثلا) . كما أن مصدر الطاقة يختلف باختلاف وجبات الغذاء اليومية والفصلية أيضاً. فوجبة الإفطار تختلف عن وجبة الغذاء في تركيبها ومكوناتها, وقد يمكن توضيح هذا أكثر عند متابعة حيوانات أخرى مثل الحشرات إذ تختلف تغذيتها في الأدوار المختلفة من حياتها، فمصدر الطاقة الغذائية لطور اليرقة يختلف عن طور النضوج. كما أن توفر بعض الأغذية في مواسم مختلفة يزيد من التعقيد والتشعب.

يلاحظ في بعض الأحيان أن مجموعة كاملة من الكائنات الحية تموت جوعاً رغم توفر المواد الغذائية بكميات كافية أو فائضة في منطقة أخرى. وكمثال على ذلك الخنافس التي تعيش على الحشائش حيث أن زيادة الكثافة لها تؤدي إلى الجوع بين الأفراد غير البالغة من الخنافس رغم وجود أعداد كافية من الحشائش في المناطق القريبة (50 متر أو أكثر) وذلك للإمكانات الضعيفة على الانتشار من قبل الخنافس غير البالغة للوصول إلى المؤونة الغذائية.وقد تحدث إبادة جماعية لهذه المستعمرة في الوحدة البيئية . ويمكن تطبيق هذا المثال على الإنسان أيضاً، حيث تموت أعداد كبيرة من البشر جوعاً سنوياً في حين يتوفر الغذاء بكميات هائلة في مناطق أخرى. وهنا يتداخل علم البيئة مع علوم أخرى كالنظم الإدارية والاقتصادية والسياسية للبلدان الأخرى.

هناك كائنات متطفلة تحتاج إلى الطاقة الغذائية ولكنها تحتوي بين أفرادها أنواعا نباتية وحيوانية وبكتيرية حيث يعتمد المتطفل في غذائه على سوائل سبق أن امتصت من قبل كائنات أخرى. فقد يكون الطفيلي عالي التخصص ويتطلب نوعا واحدا من الكائنات الحية لإكمال دورة حياته أو يكون عديم التخصص حيث يتمكن من

العيش على مجموعة كبيرة من العوائل Hosts فضلا عن أن هناك حيوانات ونباتات رمية Saprohpytic التي تعتمد في مصدر طاقتها على بقايا النباتات والحيوانات الميتة.

مما تقدم يستوضح أن السلسلة الغذائية متباينة ومعقدة داخل النظم البيئية المختلفة. وبالامكان تلخيص وتقسيم هذه الأنواع المتباينة من السلاسل الغذائية إلى ثلاثة أقسام رئيسة التي تعتمد على مصدر الطاقة الغذائية أي اعتمادا على كيفية انتقال الطاقة الغذائية في المراحل المتعاقبة:

1- السلسلة الغذائية الافتراسية Predator chain

هذا النوع من السلاسل الغذائية التي يتبين فيه انتقال الطاقة من النباتات إلى الحيوانات الصغيرة وثم إلى الحيوانات الكبيرة والمفترسة . وتعتمد هذه السلسلة الغذائية على الطاقة الغذائية المتواجدة في النباتات الخضر.

2- السلسلة الغذائية التطفلية Parasitic chain

فيها تنتقل الطاقة الغذائية من النباتات أو الحيوانات المفترسة إلى الكائنات الصغيرة. وهنا لا يعتمد المصدر الأساسي للطاقة في السلسلة الغذائية على الغذاء المخزون في النباتات فقط.

3- السلسلة الغذائية الرمية Saprophyti chain

هذا النوع من السلسلة الغذائية التي تنتقل فيه الطاقة من الكائنات الميتة بغض النظر عن كونها حيوانية أو نباتية إلى الأحياء الدقيقة المختلفة. وهنا يكون مصدر الطاقة المنتقلة من كائن حي إلى آخر من المواد العضوية المعقدة الموجودة في بقايا الكائنات النباتية والحيوانية الميتة.

عند ملاحظة السلسلة الغذائية في المناطق القطبية يلاحظ أنها قصيرة حيث أن المستوى الاغتذائي الأول First trophical level الذي يتمثل بالنباتات يكون قليل الأنواع والأعداد وبالتالي يتميز بالكثافة القليلة وأنه يستغل من قبل الإنسان وأنواع قليلة

من الحيوانات عادة مثل الدب الأبيض والقوارض والثعالب القطبية وطائر النورس (الشكل 5–2). في حين تكون السلسلة الغذائية في المناطق الاستوائية طويلة حيث أن أطوال السلاسل الغذائية معروفة في هذه المناطق. ويلاحظ أن النباتات قد تؤكل من قبل حيوانات أرضية متباينة والتي تشمل الحشرات والحمار المخطط والغزلان والثعالب والطيور وغيرها فضلا عن الإنسان. أما المستوى الاغتذائي الثاني Second trophical level بغض النظر عن كونه من الحشرات أو الغزلان أوالطيور أو غيرها فإنها تجهز الطاقة لمجموعة أخرى كبيرة من الحيوانات والتي تتمثل بالطيور الجارحة والثعالب والأسود والقطط وغيرها. هذا مع العلم أن الحيوان الواحد (الفريسة الواحدة) يمكن أن يجهز مجموعة متباينة من الكائنات في مستويات اغتذائية مختلفة كما موضح في الشكل (5–3) وهذا ينطبق على النظم البيئية المائية في المناطق المختلفة.

وتختلف السلاسل الغذائية باختلاف البيئات المختلفة من حيث تركيبها رغم كونها متشابهة وعلى سبيل المثال قد تبدأ السلسلة الغذائية في نهر أو بحيرة من الطحالب مرورا بالقشريات والحشرات وانتهاء بالأسماك.

5–7: الشبكات الغذائية Food webs

فكرة السلسلة الغذائية هي بسيطة نسبيا عندما تلاحظ أو تناقش بالنسبة إلى كائن حي واحد أو مجموعة من الكائنات الحية العائدة لنفس النوع (Population). ولكن عندما ينظر إلى السلسلة الغذائية في أي مجتمع Community ككل يلاحظ أن السلسلة تتعقد وتتشابك العلاقات الغذائية فيما بينها مكونة ما يسمى بالشبكة الغذائية Food web . ومن أهم أسبابها أن الحيوانات المختلفة في أي نظام بيئي تستهلك أنواعا متباينة من الأغذية وذلك باختلاف أنواعها وأحجامها وأعمارها فضلا عن الظروف المحيطة. حيث أن وجبات الغذاء تتغير بشكل كبير. وعلى الرغم من أن

اللواحم تتغذى على اللحوم بصورة عامة إلا أنها تتغذى على النباتات أحيانا. فيلاحظ أن المفترس في مرحلة من مراحل حياته في النظام البيئي يتحول إلى فريسة في فترة أخرى وهكذا فإن أعداد الكائنات الحية وأنواعها لها تأثير كبير في نوعية الشبكة الغذائية من حيث تعقيداتها. فعند ملاحظة المناطق القاحلة أو القطبية حيث تتميز بوجود أعداد وأنواع قليل من الكائنات الحية.

تكون الشبكة الغذائية بسيطة في المناطق التي تحتوي على أنواع قليلة من الكائنات الحية كما في القطبين والمناطق القاحلة (الشكلان 5-4 و 5-5). وتتعقد كلما ازداد عدد الأنواع داخل الوحدة البيئية كما في المناطق الاستوائية أو في المحيطات (الشكل 5-6). لكنها تكون أعقد في الأنهر المنتجة في المناطق المعتدلة.أما في البرك والبحيرات تكون الشبكة الغذائية أبسط عما هي في الأنهر.

لقد حاول الانسان أن يبسط الشبكة الغذائية كما هو الحال في الزراعة وتربية الحيوانات كالدواجن والأبقار التي هي إحدى الوسائل التطبيقية لتبسيط الشبكة الغذائية وذلك بتحديد أنواع النباتات المراد تنميتها والقضاء على النباتات غير المرغوبة كالأدغال Weeds.

ويجب هنا ملاحظة الإفراط في التثبيط حيث يجب الانتباه إلى أن التفريط يضر في البيئة والكائنات الحية في الطبيعة وقد يؤدي إلى إحداث كوارث وأوبئة مرضية على نطاق واسع مما يصعب السيطرة عليها.

هناك أمثلة كثيرة على تبسيط الشبكة الغذائية في مناطق مختلفة على الكرة الأرضية من حيث النباتات والحيوانات فاستبدال مجموعة الحيوانات ذوات الحافر المعقد في الهند وأفريقيا والتي كانت تتكون من عدة أنواع من الحيوانات كالجاموس البري والحمار الوحشي والظباء البرية وغيرها بنوع واحد من الأبقار أدت إلى تأثير سلبي على الغابات الوطنية وإحداث أوبئة مرضية على نطاق واسع مثل طاعون

الماشية. ودفع الإنسان ويدفع ثمن إفراطه في تبسيط الشبكة الغذائية بالإقلال من ثبات النظم البيئية الطبيعية.

أوضح العالم التون 1958 أهمية الحفاظ على التنوع الأحيائي Biodiversity من خلال الحفاظ على المواطن المتباينة لدعم وتأمين بقاء أنواع عديدة من الكائنات الحية في الطبيعة كالنباتات والحيوانات التي تكون أكثر تعقيدا ولكنها أكثر تباينا لاستمرارية الحياة والشبكة الغذائية.

إن العلاقة بين ظاهرة وواقع الشبكة الغذائية (أخذ الطاقة وإعطاؤها) في داخل النظام البيئي مع الأفعال الحيوية للكائن الحي وعلاقتها بحجمها تجعل الاختلاف واضحا بين نظام بيئي وآخر على سطح الكرة الأرضية (الغابات والحقول الزراعية والبساتين والبرك والأنهر والبحيرات وغيرها). وقد يحسب المستوى الاغتذائي إما بالكتلة الحية Biomass في وحدة المساحة أو الطاقة المخزونة Storage energy في وحدة المساحة أو وحدة الزمن في مستويات اغتذائية متباينة.

قد يقع الكائن الحي في المستوى الاغتذائي الثاني عندما يعتمد في غذائه ومصدر طاقته على النباتات بصورة كلية، أو قد يقع في المستوى الثالث اعتمادا على مصدر غذائه وطاقته ، عليه فإن النباتات التي لها القابلية على تكوين غذائها بنفسها من المواد اللاعضوية واستقطاب الطاقة الضوئية تقع دائما في المستوى الاغتذائي الأول. أما الحيوانات آكلة الأعشاب Herbivores فتقع في المستوى الثاني وهكذا. ويمكن ملاحظة الكثير من الكائنات الحية أن لها القابلية على تغير مستواها الاغتذائية من الثاني إلى الثالث أو أكثر ويمكن تطبيق هذه الظاهرة على بعض الحيوانات والإنسان. فغذاء الإنسان رغم كونه يتكون عادة من البروتينات والدهون والكاربوهيدرات ولكن يختلف باختلاف الطبائع والتقاليد ، فغذاء الهندوس يختلف عن غذاء الأوربيين وهما يختلفان عن الإسكيمو. ويمكن أن يكون الاختلاف في وجبات الإفطار عن الغداء والعشاء. كما يمكن أن يختلف باختلاف الفصول ويعتمد على نوع الصيد الذي يكون

عشوائيا عادة. ويستوضح ذلك في تغذية الراكون (حيوان يشبه القطط يتواجد في أمريكا). إذ يعتمد في غذائه على اللحوم والأعشاب في الفصول الدافئة وعلى الثمار في الفصول الباردة.

إن جميع الكائنات الحية التي تحصل على طاقتها مباشرة من آكلات الحشائش كالأبقار والأغنام وجرذان المراعي والعديد من الحشرات كفرس النبي تقع ضمن التركيب الاغتذائي Trophical structure فيما إذا وجدت في نظام بيئي محدد. ويمكن تطبيق هذا على المستويات البيئية المختلفة.

5-8: التركيب الاغتذائي Trophical structure

مكونات ومحتويات كل مرحلة أو خطوة من خطوات السلسلة الغذائية تتضمن وتتبين فيها مصادر انسياب الطاقة من جهة وكمية الطاقة المتدفقة إلى خارج المرحلة من جهة أخرى.

يختلف التركيب الاغتذائي Trophical structure باختلاف مواقع المراحل ضمن السلسلة الغذائية حيث أن الكائنات الحية ذاتية التغذية Autotrophes تشمل المرحلة الأولى في السلاسل الغذائية والتي تعرف بالمنتج Producer وتسمى بالمستوى الاغتذائي الأول First trophical level أي أنها تستمد طاقتها مباشرة من الشمس لتحول المواد غير العضوية إلى مواد عضوية خلال عملية البناء الضوئي Photosynthesis . ويختلف تركيبها باختلاف مواقع السلاسل الغذائية فقد تكون الهائمات النباتية في المحيطات أو تتكون من الهائمات النباتية والنباتات الراقية المائية في البرك والمستنقعات والأهوار أو تتكون من الأعشاب والحشائش أو من الأعشاب والأدغال والأشجار في بيئة يابسة . وتقتصر محتويات المستوى الاغتذائي الأول عادة على النباتات في السلاسل الغذائية الاعتيادية، على الرغم من أنها تتكون من النباتات أو الحيوانات عند النظر إلى السلاسل الغذائية التطفلية أو الرمية.

إن النظم البيئية ذات التراكيب الاغتذائية البسيطة Simple trophical structures تكون عادة أكثر تعرضا لتغيرات عنيفة بالمقارنة بالنظم البيئية ذات التراكيب الاغتذائية المعقدة Complex trophical structures. وعلى سبيل المثال يلاحظ عند تضرر إنتاج الاشنات في البيئة القطبية الأرضية فإن النظام البيئي سوف يتضرر بأجمعه بسبب أن ديمومة الحياة تعتمد على الأشنات حصرا. ومثال آخر في البيئة المائية عند القطب الجنوبي حيث أنه عند إزالة الروبيان عن طريق حادث معين سوف يكون هناك انحدار مأساوي لجميع الثديات البحرية والطيور والأسماك التي تعتمد جميعها على الروبيان في غذائها.

في حين يلاحظ في النظم البيئية الأخرى مثل المناطق المعتدلة والاستوائية التي توفر مؤونات غذائية بديلة فإن الفقدان المؤقت لأي نوع لا يعرض بالضرورة النظام بأجمعه إلى الخطر. وبطبيعة الحال هناك استثناءات لهذه القاعدة. فإذا أزيل نوع واحد سائد Dominat من الأعشاب في مروج فسوف تتضرر جميع أنواع آكلات الأعشاب (العشبيات). ولكن في الطبيعة يلاحظ أن التركيب الاغتذائي للمروج يتضمن عادة بضعة أنواع من الأعشاب والحشائش.وكمثال آخر يلاحظ أن المراعي في شمال العراق تتضمن تركيبا اغتذائيا معقدا يضم عشرات الأنواع من النباتات، لذا لا يكون لفقدان نوع واحد من الأعشاب تأثير كبير في النظام البيئي. عليه يمكن الجزم بأن التراكيب الاغتذائية المعقدة تكون أكثر استقرارا وأمانا بالمقارنة مع النظم البيئية البسيطة المعتمدة على أنواع قليلة من الكائنات . حيث يتواجد البديل بالنسبة للمصادر الغذائية في أكثر الأحيان في النظم البيئية المعقدة بينما ينحصر الاعتماد على نوع واحد من الغذاء في النظم البيئية البسيطة.

إن الكائنات التي تحصل على غذائها في المجتمعات الطبيعية المعقدة بنفس عدد الخطوات تعود إلى نفس المستوى الاغتذائي Trophical level . لذا يلاحظ بأن النباتات الخضر (مستوى المنتج) تحتل المستوى الاغتذائي الأول، وتحتل العواشب

المستوى الاغتذائي الثاني بينما تحتل اللواحم (التي تأكل العواشب) المستوى الاغتذائي الثالث، وتحتل اللواحم الثانوية المستوى الاغتذائي الرابع. ويعد هذا التصنيف للكائنات الحية على أساس وظيفي غذائي Trophical function فقط مع العلم أن هناك احتمالا كبيرا أن يحتل سكان مرحلة معينة مستوى أو أكثر من السلسلة الغذائية وذلك حسب مصدر الطاقة الممثلة. وخير مثال هو الإنسان حيث يتغذى على الحبوب أحيانا وعلى اللحوم في فترات أخرى. وتعتمد الكائنات الحية التي تقع في المستوى الاغتذائي الثالث على سبيل المثال بغض النظر عن تصنيفها وتركيبها وأنواعها كالطيور والدجاج والفراشة وغيرها. والقصد هنا أن الطاقة الكامنة الموجودة في المستوى الاغتذائي الثاني تتحول إلى المستوى الثالث أو تتحلل. إذن فإن وظيفة الكائنات الحية في المستوى الاغتذائي المحدد تكون متشابهة من حيث مصدر أخذ وإعطاء الغذاء (الطاقة).

5-9: الأهرام البيئية Ecological Pyramids

إن الطاقة التي تمر خلال السلسلة الغذائية أو الشبكة الغذائية تفقد منها باستمرار خلال المستويات الاغتذائية المختلفة. ويستعمل مصطلح الكفاءة البيئية Ecological efficiency لوصف النسبة بين الطاقة المتدفقة من وإلى كل مستوى اغتذائي والتي يعبر عنها بالنسبة المئوية عادة. لذا فإن الطاقة المتدفقة في أي مستوى اغتذائي يمكن أن يعبر عنها بمجموعة الكتلة الحية مع ما يحتاجها الكائن الحي من الطاقة إلى التنفس في ذلك المستوى الاغتذائي.

تعد ظاهرة فقدان الطاقة إحدى المظاهر في السلسلة الغذائية. كما أن العلاقة بين الأفعال الحيوية وحجم الكائن الحي والتي لها علاقة عكسية عادة تؤدي إلى تمييز نظام بيئي عن نظام بيئي آخر في بقاع الكرة الأرضية المتباينة كالبحيرات والغابات والجزر وغيرها.

بما أن المحصول القائم Standing crop يمكن أن يعبر عنه بوساطة الطاقة في مساحة معينة في وحدة الزمن في المستويات الاغتذائية المختلفة في نظام محدد أو عدة أنظمة عليه يمكن ملاحظة التحولات في الطاقة في كل خطوة من خطوات السلسلة الغذائية حيث تفقد دائما وبالتالي تكون هناك طاقة مفيدة متاحة بكميات مختزلة كلما ابتعدنا عن مصدر الطاقة في السلسلة. لذا فإن الطاقة المتواجدة في المنتج أكثر من الطاقة المتواجدة في مستوى العشبيات والتي بدورها تكون أكثر من مستوى اللحميات وهكذا.

يعني هذا بأن المستويات المتعاقبة تتعاقب سلبيا في محتواها من الطاقة . وهذا ما تم توضيحه في بحيرة مندونا في الولايات المتحدة الأمريكية حيث كانت الطاقة المتواجدة في المستوى الاغتذائي الأول تعادل أكثر من عشرة أضعاف ما لوحظ في العشبيات وكانت أكثر من عشرين ضعفا ما لوحظ في اللحميات البدائية وفيها عادت الطاقة حوالي عشرة مرات ما لوحظ في اللحميات الثانوية . ولوحظت نفس العلاقة في الأهوار المالحة أيضا.

لو أراد الإنسان على الكرة الأرضية أن يبقى ويزيد من نفوسه إلى الحد الأعلى فعليه أن يتغذى على أولى المستويات الاغتذائية ضمن السلسلة. أي أن يعتمد في غذائه على النباتات لكي يخفض نسبة الهدر من الطاقة إلى أدنى ما يمكن، عليه فإن استهلاك اللحوم يعد هدرا للطاقة. ومن الواضح أنه يمكن إعالة عدد أكبر من الأشخاص على غذاء نباتي مقارنة بغذاء حيواني.

قد ذكر اودم Odum بأن صافي الإنتاج في النباتات المتوفرة تعادل في إحدى مناطق فلوريدا في الولايات المتحدة الأمريكية 8833 كيلو سعرة في المتر المربع في السنة والتي بدروها تجهز 1478 كيلو سعرة في المتر المربع في السنة كصافي الانتاج. وهكذا يلاحظ أن السعرات الحرارية تختزل من حيث الإنتاج الإجمالي والصافي في المستويات المتعاقبة والتالية. عليه فإن هذا الاختزال في الطاقة يستوضح في أعداد

الكائنات وكذلك في كتلها حيث أن هذه المعايير هي الوسائل البسيطة البديلة لتصدير كميات الطاقة المتوفرة.

إن سريان الطاقة أو ما تتضمنه المستويات الاغتذائية المتعاقبة من الطاقة في أية سلسلة غذائية داخل النظام البيئي بشكل هندسي منتظم ينتج عنه مستويات متعاقبة تصاعديا حيث تقل الطاقة في المستويات المتعاقبة وبهذا يمكن الحصول على شكل هندسي هرمي.

ما يجري داخل النظام البيئي من فعاليات حيوية وعلاقات ما بين الأنواع Intraspecific relationshipsأو البين نوعية Interspecific relationships بشتى أنواعها التنافسية والتكاملية والتعايشية وغيرها من الكائنات الحية ضمن النظام والتي تشكل إحدى الركائز الأساسية لأي نظام بيئي قد يمكن التعبير عنها بوسائل أخرى غير السلسلة أو الشبكة الغذائية وبالرغم من أن المفهوم والغاية قد تختلف.

يلاحظ ضمن الهرم البيئي Ecological pyramid أن القاعدة تشكل المستوى الاغتذائي الأول حيث تكون أعرض من المستويات الاغتذائية التي تليها وبهذا تتوضح أن ما يحتويه هذا المستوى (القاعدة) الأول من الطاقة أو الكتلة الحيوية Biomass هو أكثر من المستويات المتعاقبة الأخرى.

يستوضح في الهرم البيئي الحقيقة المعروفة في النظام البيئي عن أن التناسب الطردي المعروف بين الطاقة الكامنة المتواجدة فيه مع مصدر الطاقة الأساسية التي هي الشمس في كثير من الأحيان. ويمكن توضيح الطاقة الكامنة الموجودة والطاقة المتدفقة إلى خارج المستوى، وبأسلوب آخر يمكن في الهرم البيئي توضيح كمية الطاقة المتهيئة في أي مستوى اغتذائي إلى المستوى الاغتذائي الآخر والذي يليه من جهة وكمية الطاقة المتدفقة إلى خارج المستوى الاغتذائي (الطاقة غير المستعملة) وهذا يشمل الطاقة المتحولة إلى الحرارة من التنفس فضلا عن الطاقة غير المستهلكة من قبل المستوى الاغتذائي التي تعنيها.

إن تعقيدات الطبيعة تنعكس في الأهرام البيئية في حالات كثيرة مختلفة عندما يلاحظ وجود كائنات حية تتغذى بصورة مختلطة Heterotrophic كالإنسان على سبيل المثال حيث يكون عشبي التغذية Herbevorous أو لحمي Carnivorous باختلاف السنوات والفصول والأيام وحتى باختلاف الوجبات خلال اليوم الواحد. وهنا يتداخل موضعه ضمن الهرم البيئي من المستويات المختلفة وأحيانا أخرى يلاحظ أن الكائن الحي تختلف تغذيته باختلاف عمره. ففي المراحل البدائية من عمره تختلف مصادر طاقته عن مرحلة أخرى وهكذا يمكن انعكاس هذه الحالة ضمن المستوى الاغتذائي (المنتج Producer) الذي يشكل القاعدة في الهرم البيئي.

حيث أن البذور التي تعد نباتا كاملا في دور السبات، فعند تعداد أعدادها أو كتلها التي تلاحظ في مساحة محدودة تستوضح أن الموقع لا يتمكن من إسناد هذا العدد من البادرات Seedlings بالرغم من تواجدها في تلك البقعة وإنما سوف تبقى وتنمو بعضا منها فقط بناء على ما يطرأ عليها من الظروف الداخلية والمحيطة بالإضافة إلى عوامل التنافس وغيرها.

أنواع الأهرام البيئية

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

1- الأهرام العددية The pyramids of numbers

يمكن التعبير عن النظام البيئي من الناحية الحياتية بعدد أنواع الكائنات الحية حيث تكون أعداد جميع الأنواع النباتية في منطقة ما بغض النظر عن أحجامها. حيث يمكن تقدير عدد النباتات في اليابسة بطريقة المربع Quadrat أو أية طريقة أخرى. ويوضع هذا العدد في قاعدة الهرم. ومن ثم يعد جميع العشبيات التي تتواجد بأعداد أقل وتوضع في شكل هندسي فوق المستوى الاغتذائي الأول ومن ثم تأتي اللحميات بأعدادها وهكذا ينتج شكل الهرم البيئي (الشكل 5-7).

إن شكل هرم العدد يختلف كثيرا باختلاف المناطق والمجتمعات والفصول فضلا عن نوعية الكائنات الحية المتواجدة في النظام البيئي. فمثلا قد تكون الأفراد المنتجة صغيرة مثل الهائمات النباتية أو من الأعشاب أو قد تتكون من أشجار الحمضيات والجوز والبلوط فضلا عن ذلك فإن الأعداد قد تختلف كليا ويصعب حصرها ضمن المقياس العددي كمجموعة كاملة (الشكل 5–8).

يلاحظ لهذه الأسباب أن كل مستوى اغتذائي ضمن السلسلة الغذائية أو ضمن الهرم البيئي يمكن ابرازها بأنموذج خاص يمثل الهرم البيئي العددي ضمن ذلك المستوى. فعلى سبيل المثال يمكن رسم أنموذج عددي هرمي خاص بالمستوى الاغتذائي الثاني (المستهلك) حسب أوزان أو أحجام الحيوانات. وفي أي نظام بيئي يلاحظ أن أعداد الكائنات الحيوانية الصغيرة تكون في الغالب أكثر من الحيوانات الأكبر منها وهكذا (الشكل 5–9). وهكذا يمكن توزيع الحيوانات إلى مستويات ضمنية متعاقبة ضمن المستوى الواحد. وبهذا يمكن رسم أنموذج عددي كما موضح في الشكل (5–10) الذي يمثل الحيوانات في خليج نيفا حيث قسمت الحيوانات إلى سبعة مستويات ويمكن اختزالها إلى عدد أقل حسب الحاجة لرسم الأنموذج علما بأن الهرم الموضح هو حسب الحيوانات، حيث تمثل القمة حيوانات وزنها اقل من 10 كيلو غرامات وتليها الحيوانات التي وزنها أقل من كيلو غرام ومن ثم تنخفض لغاية 0.01 مليغرام.

لقد أوضح العالم اودم Odum الهرم العددي الأنموذجي نظريا وذلك في المراعي حيث تمثل قاعدة الهرم المنتج والتي تتمثل بحدود 1500000 فرد من النباتات وتليها العشبيات 200000 فرد ومن ثم تأتي اللحميات حيث تم إحصاء 90000 فرد والتي تستهلك من قبل إنسان واحد بالسنة (الشكل 5–9) إن هذا الأنموذج يمثل كل الكائنات الحية في هكتار واحد ما عدا حيوانات التربة والأحياء المجهرية.

إن المعلومات التي يتم الحصول عليها لأجل توضيح النتائج كهرم بيئي عددي في كثير من الأحيان يفضل أن تدون كجداول وليس كأهرام لأسباب تطبيقية عددية منها استبعاد العامل الهندسي والثانية أن الحيوانات الدقيقة أو الحشرات قد تتواجد بشكل مستعمرات كبيرة العدد تجعل الهرم البيئي العددي غير ممكن أو قد لا تسهل رسم النماذج الهرمية بسهولة. حيث من الممكن أن يقع المربع ضمن مواقع جرداء عليه فإن أنموذج الأعداد لغرض الهرم البيئي العددي غالبا ما يظهر أشكالا غير هرمية . عليه فإن هذا يحول دون استعمالها والاستقصاء عن طريقة أخرى غير العدد الكلي للأفراد في النظام البيئي (الشكل 5-11).

2- أهرام الكتلة الحية The pyramids of Biomass

تعد أهرام الكتلة الحية نماذج هندسية لما يجري داخل النظام البيئي من تفاعلات وعلاقات بين المستويات الاغتذائية على أساس أوزانها (الوزن الكلي الجاف أو الطري) أو القيمة الحرارية في داخلها (ضمن أفراد كل مستوى اغتذائي) أو أي مقياس آخر يدل على الكتلة الحية Biomass لمجموع أفراد المستوى الاغتذائي (الشكلان 5-11 و 5-12).

يلاحظ في كثير من النظم البيئية أن التعبير بالكتلة الحية يؤدي إلى أنموذج هرمي صحيح مقارنة مع الهرم العددي. فعندما يكون حجم الكائنات الحية متشابها في المستويات الاغتذائية المتباينة في أي نظام بيئي يلاحظ أن هرم الكتلة يعطي أنموذجا جيدا عندما تكون أعداد الأفراد في المستويات تميل بالضرورة إلى الاختزال.

حيث أن الحجم هو دالة واضحة عادة إلى الوزن، عليه فإن الأنموذج الهرمي بدلالة الكتلة يكون مثاليا. بينما إذا أخذت دورات الحياة بنظر الاعتبار فيلاحظ أن المستهلك في كثير من النظم البيئية يتميز بطول دورته وذلك لأنه يحتاج إلى فترة

طويلة (عدد من السنين) إلى أن يصل إلى دور النضوج. عليه فإن قياس المحصول القائم Standing crop في أية فترة محددة قد تعطي صورة غير حقيقية فيما لو أهمل عامل العمر.

بما أن المحصول القائم Standing crop هو دالة القياس لغرض الهرم البيئي في تلك اللحظة، وحيث أن أية قيمة حقيقية في أي نظام بيئي يمكن أن يتكرر ويحصل عليه عدة مرات وهذا ما لا يحدث لو لم يأخذ العمر بنظر الاعتبار. عليه من الملاحظ أن الهرم البيئي الكتلوي يكون واضحا جدا في بيئة اليابسة وخاصة في نظام بيئي حديث (حقل جديد على سبيل المثال). حيث يتميز النظام البيئي بكتلة كبيرة من المنتج ويليه المستهلك الأولي ثم الثانوي وهكذا. فإن شكل الهرم البيئي الكتلوي يكون منتظما وهذا ما يحدث عادة في المياه الضحلة أيضاً حيث يكون المنتج كبيرا ومعمرا.

بهذا تكون قاعدة الهرم واسعة مقارنة بالمستويات الاغتذائية الأخرى, وهذا ينطبق على مناطق الغابات المختلفة في العالم بغض النظر عن مناطق الغابات الاستوائية أو الأوروبية (تحت القطبية) حيث أن كتل الأشجار (المنتج) تكون كبيرة جدا مقارنة مع المستويات الاغتذائية الأخرى وتنتهي بقمة الهرم الصغير عادة بينما عندما تقارن هذه المناطق مع مناطق المياه المفتوحة حيث يكون المنتج عادة من الهائمات النباتية التي تتميز بأحجامها الصغيرة وبالتالي كتلها الصغيرة ولكن تتميز هذه الكائنات بدورات حياة قصيرة مع قابلية عالية للتكاثر وتغيرات موسمية واضحة ويتعاقبها على نفس المنوال العشبيات التي تتكون في الغالب من الهائمات الحيوانية والقشريات الصغيرة. وبما تتميز بها هذه النظم من خواص بيئية موسمية فيلاحظ أن الأهرام في هذه المناطق تختلف باختلاف الفصول حيث في فترات الازدهار يزداد عدد الهائمات ليصل عدة ملايين في اللتر الواحد في أوائل فصلي الربيع والخريف عادة ما يحدث في مياه دجلة في العراق، بينما تقل أعدادها في فصول أخرى لتصل

بضعة آلاف في اللتر الواحد. وكل هذا له تأثير واضح على نمط وشكل الهرم البيئي الكتلوي.

أخيرا تبقى مناطق البحيرات والمستنقعات التي تمثل بتواجد النباتات الجذرية Rooted plants والهائمات النباتية في المستوى الاغتذائي الأول وتشمل العشبيات (الحشرات والحلزون والسلحفاة) فضلا عن الاسماك العشبية وغيرها وبهذا يكون الهرم البيئي الكتلوي في هذه المناطق حالة وسطية بين الغابات ومناطق المياه المفتوحة حيث يكون الهرم البيئي مقلوبا باختلاف الأماكن والمواقع وهذا ينطبق على المناطق الصحراوية والبقاع الأخرى في العالم.

إن ما يجري في النظام البيئي من تدفق أو هدر الطاقة بأسلوب أو بآخر كما تم توضيحه في أعلاه والتي تتوضح بأسلوب متشابك ومعقد ضمن الشبكة الغذائية أو السلسلة الغذائية ولكن يبقى الكثير من مكونات النظم البيئية أن تتواجد لها مواقع ضمن الهرم البيئي العددي وبالرغم من أن كتلها تكون قليلة ولكن كما هو معروف فإن مصادر طاقتها ومصدر غذائها من جميع المستويات الاغتذائية وبهذا فإنها تشترك مع المستهلكات المتعددة المستوى Multilevel concumers مثل النمور والنوارس التي تشترك في وظيفتها مع بعض الحشرات والديدان الأرضية حيث ترتبط وظيفتها بصورة وثيقة مع ما تعمله المحللات في النظام البيئي.

بناء على ما جاء أعلاه يلاحظ أن العالم التون Elton (1958) قد اخترع الأنواع الثلاثة من الأهرام البيئية حيث يمكن التعبير عن ما يجري في النظام البيئي بوساطة هرم الطاقة والتي تواجه مشاكل كبيرة في إجراء القياسات ولكنها تبقى منتظمة على جميع النظم البيئية.

37-1 3- أهرام الطاقة The pyramids of energy

تختلف أهرام الطاقة عن الأهرام العددية او الكتلوية حيث أنها لا تعبر عن الحالة الراهنة في النظام البيئي. فهي صورة كلية لمعدلات مرور الطاقة عبر السلسلة

الغذائية. وهي تؤخذ جميع مصادر الطاقة ومساراتها ضمن السلسلة الغذائية فيكون الهرم دائما بوضع صحيح حسب قوانين الديناميكية.

لا يعبر هرم الطاقة عن ما يحتويه المستويات الاغتذائية فحسب بل كفاءة النظام البيئي ككل من جهة وكفاءة الكائنات الحية المكونة لكل مستوى اغتذائي ضمن السلسلة الغذائية وبصورة صحيحة من جهة أخرى عكس ما لوحظ في الأهرام العددية حيث تزيد أهمية الأحياء الصغيرة والمجهرية وتضخم موقعها. بينما تبالغ الأهرام الكتلوية في أهمية الأحياء الكبيرة ولا يبين أي منهم الأثر الوظيفي للمجاميع السكانية في النظام البيئي التي تعتمد على العلاقة العكسية بين الأفعال الحيوية والحجم.

يمكن لهرم الطاقة أن يتوضح في المثال الذي ذكره العالم ساوثيك في أن ما يحتاجه شخص واحد من البروتين لمدة سنة يحتاج إلى حوالي خمسة عجول والتي بدورها تحتاج إلى حوالي تسعة أطنان من الجت.وكما ذكر سابقا فإن اقل من 1% من الطاقة الشمسية يمكن استغلالها من قبل النباتات الخضر. وعندما ينظر إلى الطاقة المستغلة من قبل النباتات يلاحظ أن أقل من 1% من الإنتاج الأولي الإجمالي في النظام البيئي يتجه إلى العشبيات كالأبقار.

بعبارة أخرى إن من أصل حوالي 600 غم من الكربون المثبت لكل متر مربع في السنة بوساطة النباتات الخضر سوف يصبح أقل من 6 غرامات جزء من العجل. كما أن 77% منها تذهب إلى التنفس والتحلل في النباتات وان 22% الباقية تذهب إلى التنفس والعمليات الأيضية الأخرى في الحيوان في ذلك النظام. أي أنه في أفضل الظروف يترك أقل من 1% من الإنتاج الأولي إلى إنتاج اللحوم الحقيقي (الشكلان 5-10 و 5-11) . وأن نسبة استغلال الطاقة المتواجدة في المستوى الاغتذائي الأول قد تزيد في نظم بيئية أخرى مثل البحيرات.

بصورة عامة يتبين أن نسبة الطاقة المستغلة في المستوى الاغتذائي الأول تتراوح بين 0.1 إلى حوالي 2%. بينما يتراوح الاستغلال في المستويات الاغتذائية

الأخرى بصورة عامة بين 5–20% وهذا يعني أن الطاقة المتواجدة في المستوى الاغتذائي الأول تكون أكثر من المستويات المتعاقبة وهكذا بالنسبة إلى المستوى الاغتذائي الثاني وهكذا. عليه يلاحظ أن هرم الطاقة لا يمكن أن يكون مقلوبا في أي موقع على الكرة الأرضية.

يتميز هرم الطاقة دائما بقاعدة عريضة وتتعاقبها مستويات ذات قيم أوطأ للطاقة. ويمكن أن يتوضح بمثال تطبيقي حيث أن المساحة المعينة من الأرض التي تكفي لإعالة 100 شخص فيما قاموا باستهلاك الأرض مباشرة. واعتمد الأشخاص على لحوم الماشية فيلاحظ أن نفس المساحة لا تكفي إلا لإعالة 10 أشخاص فقط. ويمكن تفسير هذه الظاهرة بصورة أوضح كما يلي:

إن ما يتناوله الفرد الواحد يوميا من الطعام (الطاقة الحرارية كالبروتين والدهون) تأتي من المحاصيل الحقلية (خاصة الحنطة والرز) حيث توفر ما مجموعه 52.4 % من السعرات الحرارية وحوالي 47.4 % في البروتين. بينما توفر المنتجات الحيوانية 16.7% فقط من السعرات الحرارية 31.7% من البروتين. علما بأن المنتجات الحيوانية تكون غالية الثمن. ومما يجدر ذكره هنا أن المناطق المتقدمة من العالم تستمد معظم البروتين من مصادر حيوانية عكس المناطق النامية. علما بأن تناول البروتين الحيواني يؤدي إلى فقدان السعرات الحرارية من جهة وعدم كفاءته من جهة أخرى.

إن من المهم معرفة ميزانية الطاقة والمهمة البيئية والكلية للنظام البيئي من حيث إنتاجيته وحيويته ودوره في توازن النظام ككل من حيث علاقته بالأراضي المجاورة هل يوفر موطنا مناسبا للمفترسات الطبيعية كبرك البعوض على سبيل المثال، فهل يمكن استعمالها كمزارع بحرية .ولا بد من معرفة هذه الأشياء قبل البدء بإبداء الرأي للتغيرات على النظام. ولكن تبقى محاولة إيجاد البديل في الطبيعة من أهداف علماء البيئة لأجل توفير الغذاء الكافي لبني البشر حيث ما يزال حاليا يموت الملايين سنويا ونحن في بداية القرن الحادي والعشرين بسبب نقص الغذاء في بقاع العالم المختلفة.

عند مقارنة الكفاءة البيئية Ecological efficiency بين المستويات المختلفة، يلاحظ أن كفاءة المستوى الاغتذائي تكون قليلة جدا مقارنة بكفاءة أية ماكنة اصطناعية حيث أن كفاءة محرك السيارة تصل إلى 25% في حين لا تصل كفاءة أي مستوى اغتذائي إلى نصف هذه النسبة . علما بأن المحرك ليس مسؤولا عن الصيانة والنمو والتكاثر وغيرها من الفعاليات الحيوية التي تدخل ضمن ميزانية الطاقة. وهناك اهتمام واضح في الآونة الأخيرة حول محاولة رفع قيمة الكفاءة البيئية للمنتج بزراعة الطحالب مثل الأنواع التابعة للجنس كلوريلا Chlorella حيث قد تصل كفاءتها إلى أكثر من 20% واستغلال البروتين منها بوصفه عاملا غذائيا. ولكن تبقى محاولة لإيجاد البديل في الطبيعة من أهداف علماء البيئة لتوفير الطاقة والغذاء الكافي كما ذكر في أعلاه.

الفصل السادس

السكان
(الجماعة)

Population

6-1:مقدمة

تعرف الجماعة على أنها مجموعة من الأفراد تعود إلى نفس النوع Species وتشغل مكانا معينا في فترة معينة.كما يطلق على الجماعة مصطلح السكان أيضا. وللجماعات صفات متنوعة وذات طبيعة إحصائية لا تظهر في فرد بمفرده في المجموعة ، فالصفة الأساسية للجماعة أو السكان هي كثافتها أو حجمها Population desnity or size. وتحدد هذه الصفة بأربعة قياسات هي معدل الولاداتNatality ومعدل الوفيات Mortality والهجرة Emmigration الداخلية والخارجية .أي أن المجموعة السكانيةPopulation group هي مجموعة تعاونية Collective group من كائنات من نفس النوع (أو مجموعات أخرى يمكن أن تتبادل الأفراد ضمنها المعلومات الوراثية) تحتل مكاناً معيناً ،ولها صفات متنوعة.

هناك صفات ثانوية للجماعة التي تمتلكها الأفراد وتشمل توزيع العمر Age ditribution والإمكانية الحياتية Biotic potential والتركيب الوراثي Genetic structure وتوزيع الأفراد Distribution ضمن المكان الذي يحتله السكان والتكيف Adapation ومن الناحيتين التركيبية والوظيفية. ويمثل مستوى تنظيم السكان مستوى أعلى من التنظيم الحياتي مما للكائن الحي بمفرده، ذلك المستوى الذي له صفاته الخاصة غير المتوافرة في الكائن وحده، وبعد فهم هذه الخصائص أساسا لفهم مجموع ما يدور حول علم البيئة السكانية Population ecology.

6-2: خصائص الجماعة السكانية Population group properties

تتصف الجماعة السكانية بعدة صفات متنوعة منها الكثافة ومعدل الولادة ومعدل الوفيات وتوزيع العمر والإمكانية الحياتية والتفرق وشكل النمو. فضلاً على أن للمجموعات السكانية صفات وراثية ترتبط بيئتها مثل التكيفية والملائمة التكاثرية والثبوتية. وسيتم التطرق لبعض هذه الخصائص:

1-38 1- الكثافة Density

تعرف الكثافة أنها حجم السكان بالنسبة إلى وحدة ما من المكان وبعبارة أخرى فإن الكثافة السكانية تمثل عدد الأفراد أو الكتلة الحيوية في وحدة مساحة أو حجم . وعلى سبيل المثال يقال 180 شجرة في الدونم أو مليون دايتوم في المتر المكعب من مياه بحيرة ما أو 150 كيلو غراماً من الأسماك في دونم من مزرعة سمكية وهكذا.

وهناك تنوع واسع في الصفات يمكن أن تعتمد كوحدة كتلة حياتية تتراوح من محتوى الوزن الجاف إلى محتوى الدنا والرنا DNA & RNA . لكن المهم في بعض الأحيان أن نميز بين الكثافة الخام Crude density أي العدد أو الكتلة الحياتية في وحدة مكان كلي، وبين الكثافة النوعية أو البيئية Specific or ecological density أي العدد أو الكتلة الحياتية في وحدة موطن Habitat من المكان أي الحجم أو المساحة المهيأة التي يمكن استيطانها فعلاً من السكان. والأكثر أهمية في كثير من الأحيان معرفة ما إذا كان السكان متغيراً بالزيادة أو النقصان بدلاً من معرفة الحجم في أية لحظة. وفي مثل هذه الحالات تكون أدلة الوفرة النسبية مفيدة. ويمكن أن تكون هذه زمنية النسبة Time-relation على سبيل المثال عدد الطيور المشاهدة في الساعة، أو أن تكون نسبياً لمختلف الأنواع، مثل النسبة للعينات التي يحتلها نوع معين من النبات.

إن طريقة تقدير الكثافة السكانية لأي نوع يختلف عن تقديرها لنوع آخر.فمثلاً الطريقة المثلى لحساب الكثافة السكانية لنوع من الابتدائيات لا يمكن اعتمادها في حساب الكثافة السكانية لنوع من الحيوانات الفقارية. عليه يمكن الاستنتاج بان هناك بعض العوامل المهمة التي يجب الأخذ بها بنظر الاعتبار في تحديد طريقة حساب الكثافة السكانية لأي نوع منها الحجم والحركة والموقع قياساً بالانسان.

ويصبح من غير المنطقي أن نقوم بحساب الكثافة المطلقة Absolute density لأي سكان (أي عدد أفراد نوع ما في مساحة معينة) وأن الأكثر مناسبا أن تكون كثافة نوع معين في المساحة (س) أعلى مما في المساحة (ص) ، أي تقدير أعداد

السكان في وحدة موطن من المكان. وهذا النوع من الكثافة يطلق عليها بالكثافة النسبية Relative density . وقد استخدمت طرائق عديدة مختلفة لقياس الكثافة السكانية ومن أهمها ما يأتي:

1- الحسابات الكلية Total count : ويكون ممكناً في بعض الأحيان مع الكائنات الكبيرة أو الواضحة في بيئة اليابسة بينما يستخدم بصورة عامة في المياه بالنسبة إلى النباتات المائية كالهائمات النباتية.

2- طريقة النمذجة بالمربع Quardrate sampling method : وهذه الطريقة تتضمن حساب أعداد أو أوزان الكائنات الموجودة في مساحة معين من الأرض تضم النباتات أو الحيوانات للحصول على كثافة مقدرة في تلك المساحة .وفي هذه الطريقة من الضروري حساب أعداد أو أوزان الأفراد في كل مربع بشكل دقيق. وتستخدم هذه الطريقة غالباً في مجال البيئة النباتية فضلاً على الحيوانات اللافقارية البطيئة الحركة.

3- طريقة التعليم وإعادة الاصطياد Marking and recapture method: استخدمت هذه الطريقة للحيوانات المتحركة والتي بإمكانها التنقل من مكان كالطيور والحشرات والحيوانات البرية المختلفة. وتشمل الطريقة القبض على عينة Sample من السكان ثم يتم تعليمها بعلامات معروفة تحوي رقماً ومعلومات معينة عن ذلك الفرد ثم تطلق الأفراد المعلمة. وأن نسبة الأفراد المعلمة من عينة أخرى تستخدم لتحديد مجموع المجاميع السكانية. فمثلاً إذا علم 150 فرداً وأطلقت ثم وجد أن 5 أفراد من عين أخرى مقدارها 100 فرد كانت معلمة، فتحسب كثافة السكان كالآتي:_

$$\frac{150}{س} = \frac{5}{100}$$

إذن س = 3000 فرد

ويشترط أن يتم اصطياد الحيوانات المعلمة وغير المعلمة بشكل عشوائي. كما أن هذه الحيوانات بجب أن تكون معرضة لنفس المعدلات من الوفيات.

39-1 2- الولادة Natality

تعرف الولادة أنها قابلية السكان الغريزية للازدياد. وتدل على زيادة السكان تحت ظروف بيئية معينة وتختلف باختلاف حجم وتركيب السكان والظروف البيئية , وهناك مصطلح معدل الإنجاب Birth rate الذي هو واسع يشمل إنتاج أفراد جديدة لأي كائن بأية طريقة من طرائق التكاثر الممكنة كالفقس والولادة والانقسام والإنبات. ويسمى الحد الأعلى من الولادة أحياناً بالولادة المطلقة أو الولادات الوظيفية Physiological natality والتي تعني إنتاج الحد الأعلى النظري من أفراد جدد تحت ظروف مثلى أي بتأثير عوامل وظيفية فقط ، والتي تكون ثابتة بالنسبة إلى أية مجموعة سكانية . في حين أن الولادة Natality والتي تشير إلى الزيادة في السكان تحت ظروف بيئية تكون غير ثابتة ويشار إليها عادة بالولادة البيئية والتي تتباين بتباين الظروف البيئية . وكما هو معروف فالسكان عبارة عن كيان متغير لذا فإن الاهتمام لا يقتصر على حجمه وتركيبه في أية لحظة فحسب بل في كيفية تغييره.

تتعلق العديد من صفات السكان المهمة بالمعدلات Rates. ويمكن الحصول على المعدل من قسمة التغير أي عدد الأفراد الجديدة المنتجة على المدة الزمنية التي استغرقها التبدل ويطلق عليه معدل الولادة Natality rate .وهذا المعدل لا يكون مساوياً لكل فرد من الأفراد المكونة للسكان أي أن معدل الولادة يختلف كثيراً باختلاف أعمار الأفراد. علماً أن لكثافة السكان تأثيراً كبيراً على معدلات الأفراد المكونة للسكان . وان أعلى معدل للتكاثر في بعض المجموعات السكانية يحصل عندما تكون كثافة السكان واطئة في حين يلاحظ أعلى معدل لسكان الفقاريات العليا عندما يكون السكان متوسط الحجم. لذا يجب الإشارة إلى السكان وليس إلى أفراد معزولين عندما يؤخذ

متوسط سعة التكاثر كمقياس للولادة وليس قدرة الفرد الأكثر أو الأقل إنتاجاً حيث قد تظهر أفراد من السكان ذات معدلات تكاثرية غير اعتيادية، إذ لا يمكن اعتباره مقياساً سليماً لمعدلات النمو. عليه فإن أحسن تقدير لمعدل الحد الأعلى من الولادة Maximum natality لا يعتمد على العوامل الفيزياوية فحسب بل على حجم السكان وعوامل حياتية أخرى كالتنافس وغيرها من العوامل.

40-1 3- الهلاك Mortality

يشير الهلاك إلى موت الأفراد في السكان وهو لحد ما نقيض للولادة. وكما في الولادة فإن الهلاكات يمكن التعبير عنها بعدد الأفراد الميتة ضمن السكان خلال مدة زمنية محددة . أي عدد الوفيات مقسوم على الزمن كمعدل نوعي بمفهوم النسبة من مجموع السكان أو أي جزء منه.

وهناك نوعان من الهلاكات:

أ- الهلاك البيئي Ecological mortality : الذي هو هلاك الأفراد تحت ظروف بيئية معينة وهي تكون غير ثابتة وتعتمد على طبيعة السكان والظروف البيئية المحيطة . كما يحدث في الكوارث الطبيعية كالزلازل والبراكين والفيضانات والأمراض الوبائية كالهيضة والطاعون فضلاً على الحروب.

ب- الهلاك الفسلجي Physiological mortatlity: وذلك بأن الأفراد تهلك نتيجة للشيخوخة وهي ثابتة نوعاً ما لأنها تتم تحت الظروف المثلى أو غير المحددة.

قد يعبر عن الهلاك بما يسمى بالهلاك النوعي Specific mortality وتعني النسبة المئوية من السكان الأصلي خلال مدة زمنية معينة . ويستخدم مصطلح معدل البقاء Survival rate بدلاً من مصطلح معدل الهلاك Mortality rate.

كما ذكر أعلاه في الولادات، فإن الهلاكات تختلف كثيراً باختلاف عمر الأفراد. وأن الهلاكات النوعية لأعمار مختلفة لا تقل أهمية عن تحديد معدل الوفيات لسكان لا على التعيين. كما أن تحديد ذلك يمكن معرفته من القوى الأساسية في هلاك السكان.

1-41 4- انتشار السكان Population dispersal

يقصد بالانتشار هو ترك منطقة النشوء والتحول إلى مناطق أخرى. وقد يكون للماء أو الرياح والطيران والتعلق بالحيوانات وسيلة لتنقل الأفراد من منطقة إلى أخرى مما قد يؤدي إلى تجمعها من منطقة خارج منطقة نشوئها الأصلية أو إلى تبعثرها وضياعها. ويعرف الانتشار أنه حركة المجتمعات من مناطق نشوئها وتبعثرها في مناطق جديدة ومختلفة عن المناطق الأصلية.

تعد الهجرة Migration الحركة المباشرة من مكان لآخر ثم العودة الدورية إليه. ويستخدم مصطلح Emigration أي الاغتراب أو الهجرة الخارجية والذي يشير إلى هجرة الأفراد إلى خارج مناطق نشوئها وعدم العودة إليها. في حين يستخدم مصطلح الاستيطان Immigration الذي يشير إلى هجرة الأفراد لمنطقة معينة لم تكن قد دخلتها من قبل. أما الهجرة Migration فهي المغادرة الدورية ثم العودة.

يعد الانتشار من الخصائص المهمة للسكان كالولادة والهلاك التي تحدد نمو السكان والكثافة. ومن أهم أسباب الانتشار الهجرة الموسمية كما يحدث في الكثير من الحيوانات كالطيور والحشرات والأسماك . كما أن هناك سبباً آخر وهو التزاحم Crowding مما يجعل المكان والغذاء غير كافيين لكل الأفراد فيدفع بعض الأفراد إلى البحث عن غذاء أفضل ومحل أوسع في منطقة أخرى.

هناك بعض الكائنات تتحدد في انتشارها بسبب عدم قدرتها على التنقل كالنباتات وبعض الحيوانات الصغيرة في حين أن السبورات والبذور قد تنتشر لمناطق بعيدة فضلاً عن بعض الحيوانات قد تعوم بضعة كيلومترات كالعناكب التي تتعلق بخيوط دقيقة والتي هي من صفاتها الخاصة.

يعد الانتشار نوعاً من التكيف Adaptation حيث يلائم السكان مع الظروف البيئية المتغيرة . ويحصل الانتشار عند نقص الغذاء أو عند زيادة حجم السكان أي زيادة عدد الأفراد وذلك ليستطيع الإبقاء على أعداد مناسبة منها في الطبيعة. كما يسمح

الانتشار بتبادل المادة الوراثية (الجينات Genes) بين المجموعات السكانية . حيث أن المستودع الجيني المتنوع يزيد من قابلية المجتمع على التكيف للبيئة مقارنةً بالمجتمع الجيني المحدود. ولا يكون الانتشار ذا فائدة مطلقة للفرد لأن للفرد قابلية محدودة في اكتشاف المصدر الغذائي البعيد عن البيئة ولكنه قد لا يكون ذا فائدة للسكان وعلى العموم فإن الأفراد المنتشرة أكثر لياقة من غيرها وربما تكتشف غذاءً أو ملجأً أفضل مما هو موجود في بيئتها. لذا فإن أفضل تدبير للسكان هو المحافظة على مقدار عال من الانتشار مباشرة عند تغير الظروف (الغذاء والمكان) وباتجاه الأفضل منها.

42-1 6-3: التنظيم السكاني Population regulation

يلاحظ في الأنظمة البيئية المجهدة طبيعياً ذات التنوع المنخفض Low diversity , أو في تلك الأنظمة المعرضة إلى اضطرابات خارجية غير منتظمة أو لا يمكن التنبؤ بها، تميل المجاميع السكانية إلى أن تنظم بمكونات فيزاوية كالطقس وتيارات المياه والعوامل الكيماوية المحددة والتلوث وغيرها. أما في الأنظمة البيئية ذات التنوع العالي أو في تلك التي تكون غير مجهدة طبيعياً فإنها تميل المجاميع السكانية إلى أن تكون محكومة حياتياً. وفي جميع الأنظمة البيئية هناك ميل شديد لجميع المجاميع السكانية لان تتطر خلال الانتخاب الطبيعي Natural selection نحو التنظيم الذاتي وقد يكون من الصعب إنجاز ذلك تحت الإجهاد الخارجي.

يتحد نمو السكان بوساطة نوعين رئيسيين من العوامل معتمدة الكثافة Density-dependent وغير معتمدة الكثافة Density-independent (الشكل 6-1) . والنوع الأول عبارة عن مؤشرات بيئية تتباين فيها شدة الفعل مع كثافة السكان وبصورة طبيعية تزداد شدة الفعل بزيادة الكثافة. وعلى سبيل المثال يكون عامل الوفيات الذي يهلك 10% فقط من السكان عند كثافات واطئة و 70% عند كثافات عالية يكون

عاملاً معتمداً نفسه بغض النظر عن الكثافة. فقد يهلك إعصار أو موجة برد 95% من السكان بغض النظر عن كثافتها.

هناك نظريات تهتم بتفسير كيفية التوازن في حجم السكان. علماً بأن هذه النظريات تعتمد في تفسيرها على التفاعل بين السكان والعوامل البيئية اللاحياتية كالظروف المناخية وتوفر الغذاء والمكان والعوامل الحياتية كالمفترسين والطفيليات والأمراض. وهذه النظريات هي:

أ- المدرسة الحياتية : والتي تقترح أن العوامل معتمدة الكثافة تكون مهمة في منع السكان من الاستمرار بالزيادة وتحديد معدل الكثافة .ويعد الأعداء الطبيعيون من العوامل الأساسية للعوامل معتمدة الكثافة في العديد من المجموعات السكانية.

ب- المدرسة المناخية: التي تؤكد أهمية الدور الذي تؤديه العوامل المناخية في تأثيرها على حجم السكان . وتعتقد هذه النظرية أن المناخ قد يعمل بوصفه عاملاً معتمد الكثافة. وبصورة عامة فإن جميع العوامل سوء أكانت معتمدة أم غير معتمدة الكثافة تكون ذات أهمية في تنظيم حجم السكان. كما أن التغيرات في حجم السكان مسيطر عليها من قبل التشابك المعقد للعوامل الفيزياوية اللاحياتية والحياتية والتي تتباين بتباين الزمان والمكان.

ج- مدرسة التنظيم الذاتي: وهذه النظرية تؤكد ما يحدث في داخل السكان وذلك عن طريق الاختلافات الفردية في السلوك والوظيفة. إن الافتراض العام الذي تستند عليه هذه النظرية هو عن أن تغير الكثافة السكانية يعتمد على تغيرات فردية. فقد تتغير معدلات الكثافة نتيجة للتغيرات الوراثية في السكان لذا فإن كلاً من النوعية والكمية يصبحان مفهومين مهمين بالنسبة للسكان.

والآن عند تفسير التنظيم الطبيعي لحجم السكان يصبح من المهم الفهم المشترك لجميع النظريات بدلاً من الاعتماد على نظرية دون الأخرى.

أظهرت العديد من الدراسات أن آليات تنظيم السكان غالباً ما تكون بوساطة الاستجابات السلوكية. وبيّن عالم الأحياء المشهور في هارفرد أرنست ماير Ernst Mayer أن السلوك ربما يكون أقوى الضغوط الانتخابية المؤثرة في المملكة الحيوانية. وهذا يدل على أن السلوك يكون واحداً من المحددات الأولية لتكيف الحيوان وكذلك بالنسبة للوفرة والتوزيع والتطور. وعلى الرغم من أن الموارد الفيزياوية والحياتية كالمكان والغذاء وتواجد الأحياء الأخرى قد تكون كافية لإعالة أعداد أكبر لنوع معين في منطقة معينة ، إلا أن الأجهزة السلوكية الداخلية غالباً ما تعمل على أعداد للسكان بمستويات أقل.

أوضحت إحدى الدراسات أن جماعات فأر المروج Peromyscus maniculatus المجهزة بكميات غير محدودة من الطعام والماء تصبح منظمة عند كثافات متباينة أدنى بكثير من تلك التي تسمح بها المؤونة الغذائية. إن العوامل الاجتماعية والسلوكية الناتجة عن نمو السكان تقوم بزيادة الوفيات أو بتكوين مثبط تراكمي للتكاثر Accumulative inhibition of reproduction . وأن المستوى الذي يحدث فيه تنظيم السكان لا يتعلق بصورة دائمية بأية كثافة معينة كما أنه لا يكون متشابهاً في الجماعات المختلفة التي تعيش في بيئات فيزياوية متماثلة. ويعد السلوك الفردي وسلوك المجموعة من المتغيرات الأساسية.

تعد الإقليمية Territorialism ومراتب الهيمنة Dominance hierarchies وجهين للسلوك الاجتماعي التي تكون منتشرة في المملكة الحيوانية والتي تكون ذات أهمية كبيرة في علم بيئة السكان Population ecology . وبصورة أساسية تعد الاقليمية أسلوباً اجتماعياً لاستغلال حيزي تقوم بموجبه الأفراد أو الجماعات بالسيطرة على وحدات معينة من المساحة. في حين تكون مراتب الهيمنة عبارة عن أنظمة تسلسل

مراتب تحدد حرية وصول الفرد وأفضلياته لاستخدام الموارد الطبيعية. وتتعلق كلتا الظاهرتين بعلم بيئة السكان جوهرياً حيث أنها تمثل التحكم السلوكي، تلك التي تؤثر في وفرة وتوزيع الحيوانات وأساليب تكاثرها وأنماط وفياتها. ولقد أظهرت عدة دراسات الأنواع الإقليمية أو الأنواع ذات المراتب ، وأن الافراد العديمة الإقليم والأفراد ذات المراتب السفلى نجاحاً تكاثرياً أوطأ ومعدلات وفيات أعلى من تلك الأفراد والتي تحتل إقليماً و/ أو الأفراد ذات المرتبة الأعلى.

6-4: الإقليمية: Territorialism

يعرف الإقليم أنه تلك المنطقة التي يتم الدفاع عنها ضد أعضاء آخرين عائدين لنفس النوع، وقد يقوم باحتلاله والدفاع عنه فرد واحد كما في حالة سمك أبي شوكة Gasterosteus aculeatus ، أو يقوم بذلك زوج كما في حالة العديد من الطيور ، أو مجموعة اجتماعية كما في حالة قرود القرفت Cercopithecus aethiops وقرود الجبون Hulobates lar. كما انه يشمل معظم أو كل مدى مسكن الفرد المحتل بما في ذلك الوكر الذي يعيش فيه والمناطق التي يغزوها كما في حالة أقاليم رتبة الرئيسات Primates . أو قد يشمل فقط منطقة محددة حول موقع العش أو موقع التغذية كما هو الحال في طيور عديدة. أو قد يشمل مكاناً صغيراً جداً فقط في الأرض يحدث فيه الجماع كما في حالة ظبي أوغندة Adenota Kob أحد أنواع الظبي الأفريقي.

بناء على ما ذكر أعلاه فإن الإقليمية تعد ظاهرة معقدة ومتباينة للغاية وتشمل طيفاً واسعاً من أنماط السلوك. وفي جميع الأحوال، فإن للإقليمية صفة أساسية وهي أن للحيوانات الفردى أو للمجاميع الحيوانية ملكية سيطرة على بقعة معينة من المكان ويكون لها حقوق استغلال لهذه البقعة وللموارد التي تحويها.

6-5: مراتب الهيمنة Dominance hierarchies

في الوقت الذي تعمل الإقليمية على توزيع الموارد إلى حصص على أساس حيزي، فإن مراتب الهيمنة توزع الموارد إلى حصص على أساس تفضيل فردي في الحيز الفيزياوي نفسه. وقد لوحظت الأنظمة المرتبية في جميع رتب الفقاريات وفي لافقاريات عديدة.

كما هو متوقع فإن للحيوانات المهيمنة حرية وصول تفضيلي للغذاء المتاح وللتزاوج ولمواقع العش ولمحلات الراحة. وغالباً ما تكون الهيمنة واضحة بين الحيوانات عن طريق الإزاحة الجسدية أي إزاحة أحد الأفراد من قبل فرد آخر في موقع التغذية أو موقع الاستراحة. وقد تتضمن الهيمنة أحياناً استعراضات مختلفة تصل إلى التهديدات بين الأفراد، ونادراً ما تتضمن صراعاً مباشراً . ويمكن أن يلاحظ بعض الصراعات التي لم تحدد فيها بعد مرتبة الهيمنة أو الحالة الاجتماعية لكل فرد. وفي حالة تأسيس المراتب فعندئذ يتم الحفاظ عليها بوساطة الاستعراض أو بوساطة الذاكرة الاجتماعية . فعندما يوطد أحد الحيوانات مرتبة عالية من الهيمنة فإنه لا يحتاج لعرض هذه المرتبة باستمرار إلى الأفراد الآخرين في مجموعة اجتماعية ثابتة. وتصبح المرتبة العالية لبعض الأفراد والمرتبة الواطئة لأفراد آخرين نمطاً اجتماعياً مقبولاً ضمن المجموعة. وعندما تصبح الظروف غير مستقرة فقط من جراء الموت أو الاغتراب او الغزو فسيكون هناك إعادة توطيد علني للمكانة ضمن مراتب الهيمنة.

6-6: السلوك الاجتماعي في تنظيم السكان Social behavior in population regulation

ما تم من دراسات عن الإقليمية ومراتب الهيمنة هي في الواقع تخص علم السلوك المقارن والسلوك الحيواني. ولوظائف هذه الأنظمة السلوكية وعواقبها أهمية بيئية بالغة القصوى. وأكدت العديد من الدراسات عن الحيوانات الإقليمية بأن الأفراد التي تحتل إقليماً يكون لها النجاح التناسلي الأعلى.في حين أن الحيوانات غير الإقليمية تعجز عادة عن التناسل.وعلى سبيل المثال في حيوان الظبي الأوغندي يتطلب نجاح التناسل في أن يمتلك الذكر إقليماً وأن يحافظ عليه. وفي طائر الطيهوج الأحمر الاسكتلندي، فإن الذكور التي تفشل في الحصول على أقاليم في الشتا لا تتناسل في الربيع الذي يليه.

أما فيما يخص مراتب الهيمنة فتظهر حالة مشابهة مع الإقليمية. حيث تكون الحيوانات ذات المرتبة العالية نجاح تناسلي أكبر في تلك المجاميع الاجتماعية المتميزة بمراتب الهيمنة. بينما تكون الأفراد ذات المرتبة السفلى نجاج تناسلي أوطأ أو أنها تفشل كلياً في محاولات التناسل. وفي قطعان الدجاج، تظهر الديوك ذات المراتب السفلى سلوكاً غزلياً متكررا أكثر من الديوك المهيمنة في بعض الأحيان، ومع ذلك يكون لها نجاح ضئيل نسبي في إكمال التزاوج.

هكذا يبدو من الواضح أن الأنظمة الاجتماعية للإقليمية ولمراتب الهيمنة يكون لها وظيفة محددة في ديناميكيات السكان. وبمعنى آخر، أنها تحدد التناسل بتلك الأفراد التي تكون بيئياً وسلوكياً أكثر نجاحاً في تأسيس إقليم أو مرتبة عالية. ومن الناحية النظرية، كلما ازدادت كثافات السكان وأصبحت المساحة محددة أكثر فإنه يكون بمقدور نسبة أقل من الأفراد ضمن السكان الحصول على إقليم أو على مرتبة عالية. وهكذا ينخفض التكاثر الكلي بالنسبة لحجم السكان (الجماعة). وبصورة مثالية،تكون هذه

السلوكيات عوامل محددة للسكان معتمدة الكثافة.وهذا يعني انه كلما كانت كثافة السكان أعلى كان التأثير التحديدي على السكان أكبر.

لقد أوضح العالم واين– ادواردز V.C. Wynne-Edwards دور السلوك الاجتماعي في تنظيم السكان. فقد افترض هذا العالم بأن مستوى الجماعة الأساس على المدى البعيد لحيوانات عديدة ينشأ بصورة مطلقة نتيجة لوفرة الغذاء والموارد . ومع ذلك فإن للسلوك الاجتماعي تأثيراً منظماً مباشراً أكثر من حجم السكان وكثافته. ولقد شعر أن لهذا التأثير للسلوك الاجتماعي دوره قبل الوصول إلى مستويات جماعي حرجة، وبمعنى آخر قبل أن يصبح السكان و / أو العدوان العنيف الضار واضحاً.

أورد العالم واين– ادواردز أمثلة عديدة عن نظريته بما في ذلك أساليب العرض المعقد للطيور كدجاج المروج والدجاج ذات الذيل المدبب والطاووس وطيور البساتين وغيرها، ولطيور الماء وطيور مفردة عديدة. كما أنه اعتبر أيضاً أن الأصوات الإنشادية للبرمائيات وللقطعان المائية للأسماك ولأسراب الطيور ولقطعان الثديات، أمثلة على سلوك اجتماعي معقد ذلك الذي يؤدي وظيفته نقل المعلومات حول كثافة السكان والتنافس الاجتماعي.

واجهت نظرية واين – ادواردز انتقادات عديدة وبصورة خاصة تلك الفكرة التي تفيد بأن السلوك الاجتماعي قد نشأ في الواقع بوصفه وسيلة للتحكم بمستويات السكان. حيث افترض ادواردز على سبيل المثال أن الإقليمية نشأت بوصفها وسيلة اجتماعية لمنع حدوث زيادة مفرطة في تعداد السكان. وكان عدد من علماء البيئة في محل خلاف من هذه النظرية حيث أن هناك دليلاً موثوقاً ضئيلاً لدعم هذه النظرية على الرغم من كونها جذابة جداً من الناحية المنطقية.

أشار العالم براون Brown إلى تنظيم السكان لا يكون أبداً تحت سيطرة النوع بمفرده بصورة تامة، لكنه يعتمد على التفاعلات بين أعضاء المجتمع البيئي بصيغة معقدة. وعلى المرء أن يأخذ بنظر الاعتبار تفاعل جميع العوامل بما في ذلك الافتراس

والمرض والمؤونة الغذائية والتنافس البينوعي وغيرها لمحاولة إدراك وفهم ديناميكيات السكان لأي نوع معين. ولقد وجد براون دليلاً مقنعاً بأن الإقليمية تميل لتوزيع الأفراد في أرجاء الموطن المتوفر. أي أنها تؤدي إلى زيادة في معدلات الاغتراب والوفيات في الأفراد العاجزة عن إيجاد أقاليم، وبأن هذا يؤثر أيضاً في نجاح التكاثر. وهكذا فمن الواضح أن يكون للإقليمية دور في علم بيئة السكان. لكن براون لم يجد دليلاً مقنعاً على أن الإقليمية قد نشأت فعلاً لمنع الزيادة المفرطة في تعداد السكان واقترح بدلاً عن ذلك بأنها قد ظهرت كاستجابة للانتخاب الفردي الناتج من التنافس العدواني.

في الموطن الثابت، قد تبقى المستويات والتراكيب الاجتماعية لجماعة الجرذان المنزلية على سبيل المثال مستقرة تماماً ولفترة معينة من الوقت. لكن مواطن القوارض المنزلية تكون غير مستقرة على نحو متميز. فتكون كميات الغذاء المخزون متغيرة حيث أن المحاصيل ومخزون الغذاء تزداد وتنخفض. أو أن أنماط الوفيات تكون متغيرة عندما تزداد وتتضاءل حملات التحكم وتفشي الأمراض أو أن ظروف المخبأ تكون متغيرة عندما تزداد وتنخفض كميات القمامة. وهكذا فإن سكانها غالباً ما يعانون من ظروف وموارد متغيرة بصورة عنيفة، وتحت هذه الظروف تستجيب الجماعات بسرعة باندفاعات أو بانخفاضات في النمو.

6-7: القدرة على تنظيم الأعداد

التطرق إلى حجم السكان وكثافته يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار التوزيع المكاني للأفراد. ويتضمن التوزيع المكاني Dispersion أو التفرق تداخلاً للعوامل السلوكية والبيئية. ففي الغالب عندما يتم الحديث عن كثافة السكان وكأن الكائنات الحية موزعة بصورة عشوائية إلا أن الأفراد ضمن السكان ممكن أن تتوزع على هيئة ثلاثة أصناف:

1- التوزيع العشوائي Random dispersion

2- التوزيع المتجانس Uniform dispersion

1-43 3- التوزيع المتكتل Clumped dispersion

يعد التوزيع العشوائي نادر الحدوث، أما التوزيع المتجانس فيمكن أن يحدث في حالات التنافس الشديدة. أما التوزيع المتكتل وبدرجاته المختلفة كافة يعد أكثر الأنواع شيوعاً. حيث أن أفراد أي جماعة تميل إلى التجمع، ومن أسباب التجمع أو التكتل عدم تجانس البيئة من حيث توزيع الغذاء أو الغطاء أو المأوى. وقد يعزى التكتل في حالات أخرى إلى السلوك الاجتماعي للنوع. فقطعان السمك وأسراب الطيور وقطعان الثديات جميعها كتبعية للسلوك الجماعي وقد يرتبط هذا التكتل بالموارد البيئية ولكن ليس بالضرورة.

عند ملاحظة الشكل(6-2) الذي يمثل أنموذجاً نمطياً للتوزيع المكاني داخل جماعة. فأفراد الجماعة ليست متباعدة بصورة عشوائية بل تميل إلى التجمع. وهذا يكون أنموذجاً على سبيل المثال بالنسبة لتوزيع الحشرات في حقل قديم أو ذوات ألفية الأرجل في غابة أو الطيور المعشعشة أو كلاب المراعي في مرج أو سمك في بحيرة أو الهائمات في البحر، وأسباب هذا التكتل قد ذكرت في أعلاه.

أما عن الانتشار أو التوزيع العشوائي للحيوانات فإنه قد يحدث في بعض الحالات. حيث لوحظ أن خنافس الطحين تتوزع في الطحين تبعا لتوزيع بويسون Poissen (نوع من أنواع التوزيع الطبيعي للأفراد) ، مما يدل على أن الأفراد تكون متباعدة عشوائياً. كما وجد أن بعض العناكب بصورة عشوائية تحت ألواح تركت فوق أرض الغابة. وقد تكون هذه الأمثلة غالبا استثناءات للقاعدة العامة. وتبدو في الغالب عائدة إما إلى الطبيعة المتجانسة أو الاصطناعية للبيئة في كل حال. ويمكن القول لأغراض التعميم بتأكيد معقول أن معظم الحيوانات والعديد من النباتات في البيئة

الطبيعية تظهر الطراز المتكتل أو اللاعشوائي للتوزيع. وعلى الرغم من أن التكتل قد يزيد من حالات التنافس بين الأفراد من أجل الغذاء أو المكان غير أن ازدياد بقاء المجموعة عن طريق التجمع يفوق الطرز الناتجة عن التنافس في كثير من الأحوال.

وكثيراً ما تعاني الأفراد في المجموعات معدلاً أوطأ من الهلاك في الظروف غير الملائمة أو أثناء تعرضها للأعداء منه في الأفراد المنعزلة، لأن المساحة السطحية المعرضة تكون أقل بالنسبة للكتلة الحية ولأن المجموعة يمكن أن تكون قادرة على تحوير المناخ الدقيق Microclimate أو الموطن الصغير بما يلائمها.

إن درجة التجمع فضلاً على الكثافة الكلية التي تؤدي إلى نمو السكان والبقاء الأمثل يختلف بالنسبة للأنواع والظروف لذا فإن النقص في الازدحام تماماً كفرط في الازدحام ويمكن أن يكونا محددين. وهذا هو مبدأ ألي Allee والذي يذكر بأن النمو والبقاء في بعض المجموعات السكانية يكون على أعظمه عندما يكون حجم السكان صغيراً بينما يقضي التعاون الأولي في غيرهما إلى حجم سكان متوسط وفي هذه الحالة يكون الازدحام ضاراً كضرر فرط الازحام.

لقياس درجة التكتل أو نمط التوزيع المكاني بين الأفراد في سكان ما، تستخرج أولاً قيم كل من معدل كثافة السكان والمتغير في كثافة السكان في موطن ما في وقت ما. فإذا كانت قيم كل من المعدل والمتغير متساوية فإن التوزيع يكون عشوائياً أما إذا كان المتغير أكبر من المعدل فإن التوزيع يكون متكتلاً أو متجمعاً وفي حالة كون المتغير أقل من المعدل فإن التوزيع يكون منتظماً أو متجانساً.

6-8: جداول الحياة Life tables

تمثل جداول الحياة معلومات مرتبة تشمل ما يأتي:

1- تركيب عمر السكان.

1- معدل الوفيات

3- أنماط طول العمر.

وقد تكون هذه المعلومات الأساسية لجدول الحياة واحدة من طرازين أساسيين وهما :-

1- معلومات دقيقة لأعداد الأفراد في كل مستوى عمر

2- معلومات عن وفيات لعدد الأفراد لكل مجموعة عمر تموت لعدد معين من السنين.

لذا فإن جداول الحياة تعطي صورة كاملة للهلاك في السكان وهي أداة إحصائية مهمة. ومن مثل هذه المعلومات يمكن حساب البقاء على قيد الحياة وطول العمر. وتستخدم شركات التأمين على الحياة إحصائيات جداول حياة على الجماعات البشرية لتقدير احتمالات الموت عند أية مجموعة من العمر وعند هذه المعطيات يمكنهم أن يثبتوا معدلات في التأمين على الحياة.

يعد العالم ريموند بيرل Raymond Pearal عام 1920 أول من أدخل جدول الحياة على بيانات مرتبة بشكل أعمدة. وتمد جداول الحياة علماء البيئة بالمعلومات الأساسية لإدارة الجماعات الحيوانية فهي تشير بدقة إلى نماذج الوفيات. وبذلك تدل على وقت حدوث الوفيات وعددها. فإذا وجد المرء وفيات عالية بصورة اعتيادية بين الصغار والحيوانات الناضجة وحتى البلوغ، عندئذ قد يقترح إجراءات إدارية معينة لتفادي هذه الوفيات. فمثلاً قد تكون وفيات الصغار المفرطة مصحوبة بغذاء غير كاف للحيوانات الصغار أو غطاء غير كافي بوساطته يمكنها تفادي الكائنات 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 التموينات الغذائية للكبار أو على أمراض معدية أو أعباء طفيلية تصبح أكثر قسوة في طور البلوغ أو من المحتمل وجود تزاحم زايد في أثناء فترة التناسل والتكاثر حيث يصبح الصراع الجنسي عنيفاً. وهكذا توفر معطيات جداول الحياة مفاتيح مهمة لدراسة أكثر تفصيلاً. وهي نادراً

ما تعطي الإجابات النهائية لكيفية وقوع أحداث معينة وأسباب ذلك، لكنها تعطي مؤشرات قد تكون نقطة البدء الأساسية لما هو حادث في جماعة ما.

إن استنتاج جداول الحياة بات أمراً يعتمد عليه للتخطيط المستقبلي من قبل المسؤولين السياسيين للدول المختلفة لمعرفة النمو والتوزيع المكاني كما هو معمول به في دول أوروبا الغربية كالسويد وألمانيا وبريطانيا. ويتطلع علماء البيئة في الوطن العربي إلى اعتماد المسؤولين في بلدانهم على جداول الحياة والتخطيط لتهيئتها بغية الاعتماد عليها في تنفيذ الخطط الاجتماعية والصحية لسكانهم من أجل دعم خطط التنمية القومية.

6-9: توزيع عمر السكان Population age distribution

تعد نسب العمر من العناصر المهمة في تركيبة الجماعة السكانية. وتعتمد في تحليل مركبات الجماعة . وهناك ثلاثة أنواع أساسية لصفوف العمر (الشكل 6-3) وهي:

1- نوع متدهور بنسب مئوية منخفضة للصغار في الجماعة. أما الأعمار فقد تتفاوت في نسبهما.

2- نوع مستقر بنسب أكبر من الصغار على البالغين.

3- نوع فتي بنسب مئوية كبيرة جدا من الصغار.

يتوقف الشكل والنسب الدقيقة لأهرام العمر هذه على نسب المواليد ونسب الوفيات التي بدورها تتأثر بمختلف الظروف البيئية وبذلك فإن توزيع العمر يكون متغيرا ولكن ضمن حدود معينة. فإذا حصل طارئ بيئي على توزيع العمر لسكان معزول فإن ما يحصل من شواذ يميل قريباً لكي يستعيد توزيعه الأصلي. والحقيقة

يوجد أنموذج معين ثابت من توزيع العمر يتغير حوله العمر الفعلي،ويرجع إذا قوطع بأي عامل من تلك. علماً أن معدل الوفيات يكون بنسب متزايدة في الحالات الثلاثة أعلاه.

على قدر ما يعني الأمر السكان، فهناك ثلاثة أعمار بيئية وهي:

1- عمر ما قبل التكاثر Prereproductive

2- عمر التكاثر Reproductive

3- عمر ما بعد التكاثر Postreproductive

إن المدة النسبية لبقاء هذه الأعمار بالنسبة لطول العمر تختلف كثيراً باختلاف الكائنات. وتكون الأعمار الثلاثة متساوية نسبياً في الطول في الإنسان حيث أن نحو الثلث من حياته يقع في كل صنف. علماً أن الإنسان البدائي كان يملك مدة من عمر ما بعد التكاثر أقصر بكثير. كما أن كثيراً من الحيوانات والنباتات تمتلك مدة طويلة من عمر ما قبل التكاثر. فالحشرات خاصة تمتلك مدداً طويلة جداً من عمر ما قبل التكاثر ومدة قصيرة جداً من عمر التكاثر وعدم وجود عمر ما بعد التكاثر. وتعد ذبابة مايس (من العائلة Ephemeridae) والسكادا ذات 17 سنة من الأمثلة التقليدية. وتحتاج الأولى من سنة إلى بضع سنوات لتكمل الدور غير البالغ في الماء وتعيش لأيام قلائل في دور البلوغ. وتملك الأخيرة تاريخاً طويلاً من النمو (ليس من الضروري أن يكون 17 سنة) مع حياة بالغة أقل من فصل واحد. لذا فإن مدة الأعمار البيئية تحتاج لأن تؤخذ بنظر الاعتبار في تفسير المعلومات عن توزيع العمر.

6-10: أشكال النمو في السكان Population growth shapes

للمجاميع السكانية أنموذجان أساسيان لنمو السكان هما:

1- شكل حرف J J-shaped growth form

2- شكل حرف S S-shaped growth form

هذان الأنموذجان (الشكل 6-4) ، يمكن أن يتحورا تبعاً لنوع الكائنات الحية وللظروف البيئية. ففي النمط الأول تزداد الكثافة بسرعة وبشكل أسيّ كما تتوقف فجأة حسب المقاومة البيئية أو أي ظرف بيئي محدد. ويعتمد أساساً على المعادلة الآتية:

التغير في السكان ضمن مدة معينة = حجم السكان × المعدل الموروث للزيادة.

أما النمط الثاني من نمو السكان والذي يعرف أيضاً بالنمط اللوجستي Logestic model ، فيكون فيه النمو في البداية بطيئاً (طور التعجيل الموجب) ، ثم يزداد بسرعة وعندئذ يعرف بالطور اللوغاريتمي Logarithmic phase .ولكنه ما يلبث أن يتباطأ بالتدريج حيث تزداد المقاومة البيئية بنسبة عكسية (طور التعجيل السالب) حتى يصل إلى مستوى متوازن لحد ما ويبقى كذلك. وهذا النوع من النمو يعتمد على المعادلة الآتية:

التغير في السكان ضمن مدة معينة= معدل الحد الأعلى من الزيادة (معدل النمو غير المحدد × حجم السكان) × درجة تحقق معدل الحد الأعلى

كما موضح في الشكل أعلاه من المعادلة بان K هو ثابت يمثل الحد الأعلى الذي لا يمكن أن تحصل بعده زيادة في حجم أو عدد السكان ويدعى Upper asymptotic ويعرف أيضاً بسعة الحمولة Carrying capacity .

الفصل السابع

المجتمع
والعلاقات بين الأنواع

Community and Relationships among species

7-1: المقدمة

يتألف المجتمع الأحيائي Biotic community من مجمل جماعات Populations الكائنات الحية التي تقطن منطقة معينة. أي أنه حشد سكاني يعيش في مساحة محددة أو موطن Habitat فيزياوي. فهو وحدة منظمة حيث يملك خصائص إضافية على ما تملكه مكوناته من السكان والأفراد. وبمعنى آخر فإنه يمثل مرتبة من التنظيم الأحيائي تكون أعلى بدرجة من الجماعات. ومع ذلك، نظراً لأن المجتمعات الأحيائية تشمل الكائنات الحية فقط لذلك فإنها لا تكون شاملة كالنظم البيئية Ecosystems. وبمعنى أوضح فإن دراسة المجتمعات تشمل علم الأحياء ككل في منطقة ما دون التطرق إلى التفاعلات الموجودة بين العوامل غير الحية من جهة والكائنات الحية (كالنباتات والحيوانات والأحياء الأخرى) من جهة أخرى. ويعمل المجتمع بوصفه وحدة حيوية واحدة، أي يمكن التحدث عن المجتمع دون التطرق إلى العوامل الأحيائية أو إلى النظام البيئي. ويعد المجتمع جزءً حياً من النظام البيئي.

ينشأ المجتمع الحيوي عندما يعيش نوعان في الأقل من الكائنات الحية وعادة يكون أكثر من نوعين في نفس البيئة أو النظام البيئي. إن مفهوم المجتمع الحيوي يتضمن فهم التفاعل الحاصل سلباً أو إيجاباً بين المجموعات المختلفة في ذلك النظام البيئي وليس المهم حجم ومساحة المكان أو عدد الأنواع لكل نوع من الأنواع. فعندما تشارك الأحياء في العيش في موطن واحد فإنها تتفاعل بينها وبصورة معقدة جداً حيث يتقرر بموجبها بقاء نوع أو بضعة أنواع وفي بعض الأحيان يتهدد حياة المجتمع بأكمله اعتماداً على كفاءة الاستغلال والتعايش ونمطه.

يسود أحياناً نوع أو أكثر من الكائنات الحية في المجتمع الحيوي بشكل ملحوظ من الناحية العددية أو الكتلوية. وعلى سبيل المثال فقد تكون الغابة سائدة بأشجار البلوط أو الجوز أو الخيزران وأحياناً أخرى ضمن أشجار البلوط تكون النباتات العالية الكبيرة من نفس النوع هي السائدة وهنا تحجز الضوء بصورة ملحوظة عن النباتات الأخرى

ويتحدد بالضرورة حينذاك نموها وتكاثرها في ذلك النظام البيئي. وبمعنى آخر لا يمكن أن يلاحظ في المجتمع الحيوي عادة أعداداً متساوية من الأنواع المختلفة للكائنات الحية.

يعد مجازاً النوع السائد Dominant species في مستوى المنتج أو مستوى المستهلك أو أي مستوى اغتذائي آخر وهو النوع السائد في المجتمع وذلك في دراسة النظام البيئي. ومن السهل تحديد النوع السائد في الأنظمة البيئية البسيطة التي تحتوي على نوع أو نوعين سائدين في كل مستوى اغتذائي. في حين الأنظمة البيئية المعقدة يكون من الصعوبة تحديد النوع السائد حيث يصعب تمييز نوع واحد بسيادته على الأنواع الأخرى, كما يلاحظ هناك اختلافات واسعة وكبيرة وموسمية وأحياناً سنوية في النوع السائد. وعلى سبيل المثال تلاحظ سيادة نوع معين من النباتات في أغلب أشهر السنة ولكن يسود نوع آخر في الأشهر الأخرى. وفي مثال آخر في العراق إذا أخذنا البيئة المائية فإن مجموعة الدينومات من الطحالب هي السائدة في المياه العراقية الداخلية والتي قد تصل فيها السيادة أكثر من 90% . لكن تلاحظ هناك اختلافات واسعة في سيادة أنواع معينة من هذه الدايوتومات في مسطح مائي معين عن مسطح مائي آخر وكمثال الأنهار المختلفة والبحيرات المختلفة وغيرها. كما تلاحظ أن سيادة نوع معين لا يسود كل أيام السنة أو أشهر السنة في أي مسطح مائي كما أثبتت الدراسات خلال ثلاثة عقود الماضية في المياه العراقية.

لا تمتلك المجتمعات وحدة وظيفية محددة وتراكيب غذائية مميزة ونماذج تدفق الطاقة فحسب، بل تمتلك أيضا وحدة تركيبية في وجود احتمال معين بأن أنواعا ستوجد معاً. ومع ذلك تكون الأنواع قابلة للاستبدال لحد ما في الزمان والمكان لدرجة أن المجتمعات المتشابهة وظيفياً يمكن أن تمتلك تراكيب من أنواع مختلفة.

يكون من المناسب التفكير بالمجتمعات كما هو في حالة الجماعات بمفهوم التركيب والديناميكيات. ويشير التركيب إلى التنظيم المكاني للمجتمعات وإلى الأسلوب

الذي تكون فيه الجماعات المختلفة مترابطة بالمظهر والهيئة. كما تشير الديناميكيات إلى العمليات التفاعلية وإلى علاقات الطاقة وإلى أنماط التغير ضمن المجتمعات.

تتخذ المجتمعات الأحيائية Biotic communities تنوعاً في الأشكال بشكل كبير. فعندما يلاحظ الاختلافات في المناطق المختلفة يمكن أن يدرك التنوع الهائل الذي يحدث ضمن المجتمعات الطبيعية وهذه المناطق تشمل الغابات الاستوائية والأراضي العشبية والصحاري والمناطق المعتدلة والمنحدرات القطبية والأعماق القاعية للمحيطات والبحيرات وغيرها من المناطق. إن المجتمعات البرية الرئيسة التي يتميز كلاً منها بأنواع معينة من النباتات وأشكال حياة مميزة يطلق عليها مجمعات أحيائية أو الأقاليم الحياتية Biomes . وسيتم التطرق إلى المناطق البيئية Ecological regions بما يشمل المناطق البيئية البرية Terrestrial والمائية Aquatic في فصل لاحق.

2-7: العلاقات بين الكائنات الحية والتداخل بين الأنواع

هناك شبكة من التفاعلات التي ترتبط بها الأنواع المختلفة من الكائنات الحية. حيث لا تتواجد أنواع الكائنات المختلفة وحدها في الطبيعة بل مع العديد من أنواع أخرى وضمن مساحة معينة. وتكون هذه التفاعلات مباشرة وجلية كما في السلاسل الغذائية وقد تكون تفاعلات أخرى أكثر تأثيراً ولا تتضمن التغذية الضرورية. وبعضها تعاونياً ونافعاً لواحدة أو أكثر من الجماعات المتفاعلة بينما يكو بعضها الآخر تنافسياً أو محدداً للجماعات المتفاعلة.

وتتمثل التفاعلات التعاونية بالتعايش Commensalism والتبادل Mutualism التي تعد أنماطا متخصصة للتكافل Symbiosis . في حين تتمثل العلاقات التنافسية أو المحددة بالافتراس Predation والتطفل Parasitism بما في ذلك الأمراض المعدية بجميع أنواعها والتنافس البينوعي Interspecific competition والتضادية Amensalism أو التضاد الحيويAntibiosis .ولا بد من

المعرفة بالمبادئ البيئية المتضمنة في هذه العلاقات المتخصصة للإدراك الأفضل لآليات الجماعة ضمن مجتمع ما.

إن الدلائل عن وجود مثل هذه العلاقات واضحة. فالمجموعة السكانية لنوع معين تختلف في حالة وجودها أو حالة غيابها مع مجموعة سكانية تعود لنوع آخر. وأن كل علاقة من هذه العلاقات قد تتغير تحت ظروف مختلفة أو خلال الأدوار المتعاقبة من تاريخ دورات حياة الأنواع المتفاعلة. وقد يظهر نوعان في وقت ما علاقة تطفل على سبيل المثال وفي وقت لآخر علاقة معايشة وفي وقت ثالث تعادلاً وهكذا.

كما أن مصطلح التكافل يعني العيش معاً Living together حيث يشير في معناه الأوسع إلى علاقة من أي طراز بين اثنين أو أكثر من الكائنات الحية. فقد تكون العلاقة التكافلية نافعة أو ضارة للكائنات المتفاعلة. وقد أصبح التكافل بالاستعمال الشائع يعني بالمقام الأول تلك العلاقات التي تكون نافعة أو محفزة لواحدة أو أكثر من الجماعات المتفاعلة. فالعلاقة التي تتفاعل فيها جماعتان بأسلوب يكون نافعاً لإحداها ومتعادلاً للأخرى يشار إليها بالتعايش. وعندما تتفاعل جماعتان بطريقة ما حيث أنها تكون نافعة لكليهما فإن هذا التفاعل يطلق عليه بالتبادل Mutualism.

بصورة عامة يمكن اختصار جميع هذه العلاقات والتداخل بين الأنواع بالعلاقات السالبة والعلاقات الموجبة كما يأتي:

1-44 7-2-1: أولاً: العلاقات السلبية Negative relationships

وتشمل:

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

أ- التنافس من أجل الموارد Resource competition

يحدث هذا النوع من التنافس عندما تحتاج مجموعة من الكائنات العائدة لنوع واحد أو لأنواع مختلفة. إلى المورد نفسه والذي يكون عادة متوافراً في البيئة بكميات قليلة.

ب- التنافس الداخلي Interference competition

يحدث هذا النوع من التنافس من أجل الموارد وتنافس مضادات الحياة أو التنافس من أجل ا لضوء أو يمكن أن تقسم بالنسبة إلى شدة التأثير الضاغط. إن التفاعل التنافسي كثيراً ما يتضمن المكان والغذاء أو المواد المغذية والضوء والفضلات والتعرض للمفترسات والأمراض وغيرها.

قد يحدث التنافس بين نوعين أو أكثر Interspecific competition أو قد يحصل بين أفراد النوع الواحد Intraspecific competition. وقد يكون التنافس غالباً من أجل أمور مختلفة من أهمها المكان والغذاء والضوء من المتطلبات الضرورية الأخرى لبقاء النوع. ولنتائج التنافس أهمية بيئية كبيرة. ويعد التنافس من إحدى المقومات الميكانيكية للانتخاب الطبيعي Natural selection . وقد يؤدي التنافس بين الأنواع إلى حدوث التوازن بين النوعين المتنافسين، أو قد ينتج عنه بأن يحل أحد النوعين المتنافسين محل النوع الآخر في ذلك المكان أو يجبره على الرحيل إلى مكان آخر أو يستخدم غذاء آخر من مورد آخر.

لوحظ أن الأنواع المتقاربة ومتشابهة الموطن Habitat غالبا ما توجد في أماكن مختلفة،وان وجدت في نفس المكان فيجب عليها استخدام غذاء مختلف أو نشاط مختلف. أي يجب أن يكون لها مركز بيئي مختلف. ويمكن القول أنه لا يمكن لنوعين لهما نفس المركز البيئي Ecological niche أن يبقيا. إلا أن الأنواع وخاصة المتشابهة فسلجياً أو مظهرياً لدرجة أن يكون لهما نفس متطلبات المركز البيئي ولكي يستمرا بالبقاء يجب أن يحتلا مراكز مختلفة ، أي بمعنى آخر يجب أن ينعزلا بيئياًEcological isolation .وهذا العزل بين الأنواع المتقاربة جداً يعرف بمبدأ

الإقصاء التنافسي Competitive exclusion أو الإقصاء البينوعي Interspecific exclusion وقد تم اعتباره دليلاً على التنافس البينوعي.

تمت دراسة مختبرية لجماعات من حيوان البراميسيوم من نوع Paramecium caudatum ونوع آخر P.Aurelia وهما نوعان متقاربان من الحيوانات الأولية المهدبة. وقد أوضحت الدراسة أولى البراهين على التنافس البينوعي Interspecific competition. فعندما يزرع النوعان بصورة منفصلة في المختبر، فإن كل نوع ينمو بصورة جيدة على الوسط الغذائي نفسه مستخدماً البكتيريا في غذائه.ولكن عندما يزرع النوعان معاً فإن النوع الثاني P. Aurelia يزيح النوع الآخر والذي يختفي بعد حوالي 16 يوماً(الشكل 7-1) . وقد تم الحصول على نتائج مشابهة في جماعات القشريات والحشرات.

في جماعات مختلطة يسبب برغوث الماء من نوع Daphnia pulicaria انقراض نوع D.magna عندما يكون إمداد الأوكسجين والغذاء محدداً.وفي تجارب أخرى على البعوض في ظروف المختبر فإن البعوضة Aedes albopictus تزيح دائماً بعوضة A.polynesiensis نتيجة تنافس الحيوانات البالغة واليرقات معا. ويمكن أن يؤخذ بنظر الاعتبار أخذ قاعدة الإقصاء التنافسية في موضوع السيطرة البيولوجية. حيث أن بعض الأنواع قد تكون ناقلة لمرض منها ونوع آخر منافس له يكون غير ناقل وبذلك يمكن أن يحدث إقصاء لذلك النوع الضار.

من التجارب المختبرية التقليدية على التنافس بين الأنواع هي تلك التي أجريت على خنفساء الطحين التي تعود إلى جنس Tribolium وبخاصة النوعان T.confusm و T. castaneum وهما نوعان متقاربان جداً في صفاتهما المظهرية وطريقة تكاثرهما. ويمكن أن يعملا في نفس المركز البيئي في المطاحن ومخازن الحبوب ولا يقصي أحدهما الآخر. حيث أن العامل المسؤول عن الإقصاء التنافسي هو

الظرف البيئي أي أنه عامل خارجي وليس داخلي. ويتكاثر أحد النوعين أسرع من الآخر بملاءمة ظرف بيئي معين فيقصي الآخر، وتحت ظرف بيئي آخر تنعكس الحالة.وقد وجد أن النوع T. castaneum هو المتغلب تحت الظروف الباردة والجافة في حين النوع الآخر T. confusum يكون هو المتغلب تحت الظروف الرطبة الدافئة. ففي الحقل عندما لا يتوافر الظرف البيئي الملائم لأحد النوعين يستطيع أن ينتقل إلى مكان آخر، وعليه فإنه يمكن جعل كليهما يتعايشان في المختبر إلى ما لا نهاية بإمدادهما بطحين طري ينقل بالتناوب إلى ظرف بارد وجاف وظرف دافئ ورطب وبذا يمكن تحقيق بقائهما المشترك.

إن آليات الإقصاء التنافسي بين الأنواع المتقاربة تتباين بدرجة كبيرة. وقد يكون تفوق نوع آخر مباشراً إلى حد العدوان السلوكي المجرد الذي يقوم فيه أحد الأنواع بطرد النوع الآخر بعيداً. أو أنه قد يعود إلى تباين حاذق في نجاح بيولوجي. فقد يكون للأنواع الناجحة معدل تكاثر أعلى قليلاً تقوم من جرائه بوضع بيض أكثر عدداً.وهكذا يولد كل جيل عدداً أكبر من الصغار لكيما تحتل موطناً محدداً. وقد تكون الأنواع الناجحة قد عززت من إمكانية البقاء الذي قد يعتمد على مقاومة الأمراض ونجاحاً أكبر في ايجاد الغذاء ومواقع أوكار أو نجاح أكبر في تفادي المجابهات التنافسية. وبالعكس، قد يكون النوع الناجح أكثر قدرة على استخدام العلاقات التعاونية والاستفادة منها.

2- الافتراس Predation : يشير الافتراس إلى اقتناص حيوان لحيوان حي آخر من أجل الغذاء. ويعد الافتراس ذا أهمية خلال ثلاثة مستويات وهي:

أ- تأثير الافتراس في تحديده لتوزيع ووفرة السكان. ففي حالة تأثيره على الآفات يعد ذا فائدة بيئية،في حين في حالة تأثيره على الفرائس المهمة بالنسبة للإنسان فيعد ضاراً.

ب- تساهم بعض حالات الافتراس في تنظيم المجتمعات

ج- يعد الافتراس قوة رئيسة في الانتخاب الطبيعي Natural selection حيث أن العديد التكيفات التي تلاحظها بوضعها وسائل التحذير والتلون، كلها توضح مساهمة علاقة الفريسة بالمفترس في التطور.

من الأمثلة ألا نموذجية للافتراس العلاقة الموجودة بين الصقر والفأر، وبين الأسد والظبي وبين سمك القاروس وسمك المنوة وهكذا.وتعد المفترسات من آكلات اللحوم Carnivores ،وفي المستويات الاغتذائية تكون بدرجة أعلى من آكلات الأعشاب Herbivores وعلى سبيل المثال فإن الصقر الذي يتغذى على طير آكل للبذور يكون في مستوى اغتذائي ثالث، والصقر الذي يتغذى على طير آكل للحشرات يكون في مستوى اغتذائي رابع وهكذا.

في إحدى الدراسات التي أجريت في ولاية أريزونا الأمريكية تم توضيح دور الافتراس في تنظيم أعداد سكان الفريسة وذلك خلال إحصاء عدد الغزلان في منطقة الدراسة ثم تمت حماية هذه المنطقة من مفترسات الغزلان كالأسود والذئاب فضلاً على منع صيد الغزلان فيها. فقد كان عدد الغزلان في البداية بحدود 4000 غزال عام 1907 ثم وصل في عام 1940 إلى 100000 غزال ولكن بعد مرور الشتاء وآخربدأ موت أعداد كبيرة من الغزلان وهبط العدد 10000 غزال فقط حيث قام الغزلان بالقضاء على جميع المؤونة الغذائية المتوافرة في المنطقة. فانعدام المفترسين أدى إلى زيادة كبيرة في أعداد الفريسة وهذا أدى إلى زيادة في استهلاك الغذاء المتوافر لهم مما أدى إلى إخلال التوازن بين أعداد الفرائس والبيئة نتيجة فقدان الموازنة بين أعداد الفريسة والمفترس.

يعد الافتراس علاقة مثيرة إلى حد كبير بين جماعات حيوانية متباينة. وقد أنشأ الانتخاب الطبيعي تكيفات هائلة عن الافتراس . فقد جلب انتباه علماء الطبيعة وعلماء البيئة بدرجة ملحوظة. وقد وصل الإنسان في القرن الماضي (العشرين) إلى إدراك كافٍ للأهمية البيئية للافتراس. وما زال العديد من البشر خاصة الذين يشجعون برامج المنح السخية الموجهة نحو القضاء على الأسود والذئاب والثعالب والصقور غير قادرين لحد

الآن إدراك الأهمية الحقيقية للافتراس. فعلى سبيل المثال التخلص من طيور البوم أدى إلى زيادة جماعات القوارض التي تعد من الآفات الزراعية الكبيرة للمحاصيل.

في منتزه الصخرة الصفراء Yellow stone park في ولاية وايومنيك الأمريكية، أدى التحكم المفرط للافتراس في بداية القرن العشرين إلى زيادة كبش الجبال الصخرية والالكة (وهي نوع من الأيل) . فأصبح الموطن مزدحماً وتدهورت ظروف الحيوانات وأصيبت بالدودة الرئوية ومرض ذات الرئة وخمج الدم النزيفي. ويعتقد بأن ازدهار هذه الأمراض من خلال الاختلال بالموازنة البيئية بغياب إزالة المفترس للأفراد الضعيفة والمريضة.

لقد أظهرت عدة دراسات أن الافتراس يزيل بصورة اختيارية حديثة السن والمعمرة والمريضة أو المصابة من جماعة الفريسة. فعند إزالة تلك الأفراد والتي يمكن اقتناصها من الجماعة، يميل الافتراس لإزالة الأفراد البطيئة والضعيفة والعاجزة. في حين تكون الحيوانات النشيطة والسليمة والجيدة التكيف أقل عرضة للوقوع ضحية المفترس .

كما أن هناك أنواعا عديدة للافتراس لا تكون انتخابية على النحو الذي يشير إليه في أعلاه. فطيور السنونو التي تتغذى على حشرات العث والذباب،وأسماك السلمون والمنوة التي تتغذى على يرقات البعوض،وآكل النمل الذي يتغذى على مستعمرة نمل تكون أقل تمييزاً على اقتناص الفريسة. ويتم افتراس العديد من الأفراد السليمة والقوية والنشيطة وكذلك الضعيفة دون تمييز. وفي مثل هذه الحالات التي تتضمن أعداداً كبيرة فإن جماعة الفريسة تظهر إنتاجية كبيرة تمكنها من استيعاب هذه الوفيات الجماعية. فعلى سبيل المثال تمتلك العديد من الأسماك والحشرات واللافقاريات الأخرى إنتاجا هائلاً من البيض واليرقات. ولكن نسبة مئوية صغيرة فقط تتفادى انقضاضات الافتراس. فعلى سبيل المثال يقوم السرطان الشبيه بنعل الفرس Limulus والذي يعيش في المصبات والمياه الساحلية . عند تأثير المفترس على الفريسة يمكن أن نلاحظ في المثال التالي عندما أدخل مفترس بصورة غير مقصودة للقضاء على سمك التروات في البحيرات

العظمى نتيجة لدخول سمك اللامبري إلى هذه البحيرات. يعيش هذا النوع من الأسماك على شواطئ المحيط الاطلسي في شمال أمريكا ويهاجر إلى المياه العذبة لغرض التكاثر. وللأسماك البالغة فم ماص خادش والذي خلاله تقوم بتثبيت نفسها على جانب الفريسة (الأسماك) وتعمل فتحة في جسمها ومن ثم تمتص العصارة. وكان دخول هذا النوع من الأسماك سابقاً غير ممكن وذلك بسبب وجود شلالات نياكارا، لكنه بعد إنشاء قناة ويلاند عام 1829 أصبح دخوله ممكناً. وفعلاً تم تسجيل أول سمكة عام 1921 ونتيجة لذلك فإن كمية سمك التروات الذي تم اصطياده كان في تناقص مستمر وصلت إلى الصفر تقريباً خلال 20 سنة من دخول السمك المفترس (الشكل 7–2) . وقد بدأت جهود كبيرة لغرض الحد من سكان سمك اللامبري منذ عام 1951 ولحد الآن في محاولة للعودة بصيد السمك في البحيرات العظمى لما كانت عليه.

تحاول الفرائس أن تتبع وسائل لتفادي المفترسات وبطرق مختلفة. فالزواحف على سبيل المثال تعمل أنفاقا تحت الأرض فإنها تحاول الهرب من المفترس خلال عمل أنفاق أخرى قريبة من سطح التربة عندما يحاصرها المفترس داخل النفق. وأحيانا يكون السلوك أو المظهر الخارجي للحيوان حيث يصعب اكتشافه من قبل المفترس. ومثل هذه التكيفات يمكن أن تكوّن الرائحة والصوت والألوان والهيئة والحركة. فالتلون مثال معروف في الحيوانات حيث يمكن لبعض الحيوانات أن تختار الأرضية الملائمة لغرض التلاؤم معها بصورة صحيحة كما هو الحال مع الجراد. ففي المناطق

القاحلة يكون لونها رمادياً أما في المناطق الخضراء فتتلون باللون الأخضر. كما أن الكثير من الحشرات تشابه أجزاء النبات التي تعيش عليها بخاصة الأوراق أو الأغصان كما هو الحال في حشرة عصا الراعي. وحيوانات أخرى تكون مغطاة ببقع من الألوان المختلفة التي تؤدي إلى صعوبة رؤيتها كما هو الحال في الأفعى ذات الأجراس والنمور والزرافة. كما أن الكثير من الطيور واللبائن تمتلك إشارات الإنذار التي تعطيها أو تصدرها لغرض تنبيه أفراد النوع الآخر عن وجود المفترس. وهناك العديد من الحيوانات تطلق رائحة معينة عند مسكها من قبل المفترس تؤدي بالمفترس الابتعاد عنها فضلاً عن تنبه الأفراد الأخرى من نفس النوع إلى مثل هذا الخطر. ويطلق على هذه المواد بالفرمونات المنبهة Alarm pheromones.

لا يمكن للنباتات التخلص من أعدائها كما تفعل الحيوانات لكونها ساكنة. لكنه لا تتواجد في بعض النباتات من التحورات المظهرية مثل وجود الشعيرات والأشواك والزوائد الأخرى التي من شأنها إبعاد الرعي عنها. كما أن بعض النباتات تصدر مواد كيماوية والتي هي عبارة عن نواتج عرضية لبعض الفعاليات الأيضية في النباتات كالمواد التانينية Tanins التي يكون تأثيرها إما جعل المادة الغذائية غير قابلة للهضم وبذلك تقل قيمتها الغذائية أو أن البعض منها يرتبط بالإنزيمات الهاضمة ويثبط عملها . وهناك مواد سامة تتواجد في بعض المركبات الكيماوية كالسيانيد في النباتات تبعد عنها العواشب.

2- **التطفل Parasitism**: تشمل العلاقة التطفلية كون كائن حي يعيش بداخل أو على جسم كائن حي آخر ويستمد غذاءه منه وبذلك يؤدي ضرراً له يصل إلى حالة الموت, وبهذا يتشابه مفهوم التطفل مع مفهوم الافتراس. وقد يكون طفيلياً مؤقتاً كما في حالة قرادة الخشب أو قد يكون مقيماً بصورة أكثر دائمية كما في حالة الدودة الشريطية . أما الضرر الذي يسببه الطفيلي للمضيف Host فإنه قد يكون ضئيلاً نسبياً أو ضرراً معيناً ومتفاوتاً ويصل الموت في أشده.

يكون التطفل ظاهرة شاملة فعلياً في جميع الكائنات الحية تشمل النباتات والحيوانات وغيرها. وتوجد الطفيليات الداخلية في الحيوانات الفقارية ضمن الأجهزة العضوية الرئيسية للجسم. وأنها توجد بصورة أكثر شيوعاً في أجهزة الهضم والدوران وفي الأجهزة البولية والتناسلية. كما تتواجد الطفيليات الخارجية على الجلد أو داخل الجلد وملحقاته كالشعر والحراشف.

يهاجم الإنسان العديد من الطفيليات مثل الديدان المعوية كالديدان الشريطية المسطحة والديدان الخيطية وغيرها، والأوليات المعوية كالاميبا والهدبيات والسوطيات، وطفيليات الدم كالخيطيات الدقيقة وطفيلي الملاريا وطفيليات خارجية أخرى كالقمل والسوس والبعوض والقراد، فضلاً عن البكتيريا.وهذه الطفيليات تستمد غذاءها من المضيف مما يجعل البعض منها مرضياً حيث يؤدي إلى اعتلال الصحة وإضعاف الوظائف الأساسية للمضيف كالبكتيريا من جنس شيكيلا Shigella التي تسبب الديزانتاريا العصوية. في حين هناك أنواع أخرى من السوطيات المعوية غير مرضية ولا تسبب ضرراً للمضيف. وقد يكون العديد من الكائنات الحية الطفيلية مرضية في فرد معين وتكون غير مرضية في فرد آخر.فعلى سبيل المثال لا يظهر أغلب الأفراد المصابين بالاندميبا هستولاتكا Endamoeba histolytica أية إصابة بمرض الديزانتاريا الأميبية ، وقد لا يبدي هؤلاء الأفراد أية أعراض مرضية. في حين قد يسبب للكائن الحي نفسه مرضاً حاداً في أفراد أخرى وربما يسبب الوفاة. ويعود هذا إلى تباين البيئة والمناعة الفردية والحالة الصحية.

يستخدم تعبير الطفيلي Parasite عادة لوصف الكائنات الصغيرة التي تعيش مثلاً أما في داخل أو على جسم العائل أو المضيف ليكون مصدراً للطاقة وموطناً يعيش عليه الطفيلي. وفي هذا المجال يختلف عن المفترس حيث ان الفريسة تكون مصدراً للطاقة فقط دون أن تكون له موطناً ، وعلى الرغم من أن الافتراس والتطفل قد يتشابهان استناداً إلى دورهما في التنظيم البيئي إلا أن هناك اختلافات كبيرة توجد في الحالات المتطرفة في كل حالة. فالطفيليات لها قابلية تكاثر عالية وتخصص كبير للعوائل بالمقارنة مع المفترسات. فضلاً على ذلك فإن الطفيليات تكون متخصصة أكثر من

ناحيـة التراكيـب والفعاليـات الأيضـية ودورة الحيـاة متوافقـة مـع ظـروف البيئـة الداخليـة الخاصة وظروف انتشارها الخاصة من مضيف إلى مضيف آخر.

يعد تأثير التطفل على جماعة المضيف من أكثر المسائل التطفلية أهمية من الناحية البيئية. ويكون لأقدم الطفيليات وأفضلها تكيفاً تأثير قليل أو غير مرضي على المضيف. فعلى سبيل المثال، تكون إصابات الدودة الخيطية في الأطفال غير ضارة نسبياً على الرغم من أنها قد تسبب التهاباً طفيفاً حول المخرج. وقد أظهرت دراسات في الهند أن أكثر من 75% من السكان المحليين في غرب البنغال مصابون بالديدان الشوكية(Necator sp., Ancylostoma sp.) ، ولكن ليس هناك تأثير أو حالات مرضية ظاهرة على الناس. ويبدو أن عبأ الإصابة (أي عدد الطفيليات في كل شخص) ضئيل وغير ذي أهمية. ويكون لمعظم الحيوانات الوحشية متطفلات وبمقدورها الاحتفاظ بصحة جيدة بالرغم من وجود هذه الطفيليات. وعلى سبيل المثال، تكون الحمير الوحشية في كينيا مصابة بدرجة حادة بطفيليات داخلية وخارجية عديدة، لكنها تكون بصحة جيدة.

إن العديد من الطفيليات تتخصص على نوع واحداً وأنواع قليلة متقاربة من المضايف وهذا التخصص مهم ومحدد لكلا السكانين سكان الطفيلي وسكان المضيف. وقد استطاع الإنسان أن يستخدم الطفيليات في مسعاه لتنظيم أو السيطرة على سكان الآفات. وفي حالات كثيرة فإن الحشرات التي تم إدخالها من مناطق أخرى من العالم كانت تحت سيطرة الطفيليات الموجودة في موطنها الأصلي.وهذه الحالة ملحوظة في المكافحة الحياتية التطبيقية Applied biological control ، حيث تتم السيطرة على سكان الآفة الحشرية بوساطة الطفيليات. وتستطيع مثل هذه الطفيليات أن تعمل وتكيف نفسها استناداً إلى سكان الآفة صعوداً أو نزولاً في الكثافة.وعلى العكس من ذلك فإن من الصعوبة السيطرة على أية آفة بوساطة مفترس غير متخصص والذي من الممكن أن يكون هو آفة إذا منا انشر وبدأ مهاجمة أنواع أخرى كما هو الحال في فشل العصفور المنزلي الإنكليزي English sparrow لغرض السيطرة على الحشرات التي تصيب أشجار الدر دار والذي بدوره اصبح آفة في بعض مناطق الولايات المتحدة الأمريكية. علماً بأن يرقات الحشرات لم تكن غذاءه الرئيسي.

4- التضادية والتضاد الحيوي Amensalism and antibiosis : تعد التضادية من العلاقات التي يتم فيها تثبيط جماعة واحدة في حين تكون الجماعة الأخرى غير متأثرة. فعلى سبيل المثال فإن تظليل نباتات معينة تحت الأشجار العالية في الغابة، فإن الأشجار العالية سوف تقلل من كمية الضوء ونوعيته الذي يصل إلى سطح الغابة. ولا يمكن للكثير من النباتات الحصول على كفايتها من الضوء. لذا فإن النباتات التي تتحمل الظل يمكن لها العيش في مثل هذه الظروف.

أما التضاد الحيوي فهو نمط معين من التضادية حيث يقدم كائن حي بإنتاج مادة أيضية بوصفها ناتجاً عرضياً تكون سامة لكائنات حية أخرى. ومن الأمثلة على التضاد الحيوي هو العفن Penicillum الذي ينتج مادة حيوية مضادة تسبب موت العديد من البكتيريا. ومن هذا المفهوم استطاع الانسان تطوير مفهوم المضادات الحيوية Antibiotics في الطب السريري فعلى سبيل المثال استخدم كل من البنسلين Penicillin والستربتومايسين Streptomycin والايرومايسين Aureomycin ضد كائنات ممرضة. كما تنتج العديد من الفطريات والطحالب مواد أيضية تقوم بتثبيط النمو البكتيري.

ينتج الطحلب الأخضر من جنس كلوريلا Chlorella مواد تثبط نمو الدايتومات من جنس Nitzschia . وبالعكس تنتج هذه الدايوتومات من نفس الجنس مواد تثبط نمو طحلب الكلوريلا ينتج مواد تثبط عملية التغذية لبرغوث الماء من جنس الدافينا Daphnia . كما تنتج الازدهارات الطحلبية Algal blooms لبعض أنواع الطحالب الخضر المزرقة والطحالب الحمر مواد كيماوية سامة للأسماك. فعلى سبيل المثال فإن المد الأحمر Red tide ما هو إلا ازدهار للطحلب Gymnodinium brevis من الطحالب الدوارة من صف الداينوفايسيDinophyceae المتواجدة في المياه الساحلية الجنوبية، والتي تؤدي إلى هلاك جماعي للأسماك.

كما تنتج شجيرة صحراوية Halogeton glomeratus حامض الاوكزاليت Oxalate الذي يكون ساماً للأغنام. كما أن بعض النباتات تفرز مواد مثبطة لنمو نباتات أخرى وهذه الظاهرة تعرف بالاليوباثي Allelopathy . وعلى سبيل المثال ما

يعمله نبات سرطان الثيل الذي يفرز مواد مثبطة لنمو نبات الثيل وهذه حالة واضحة في مساحات الثيل المختلفة والعلاج هو التخلص من نباتات سرطان الثيل.

45-1 7-2-2: ثانياً: العلاقات الإيجابية Positive relationships

تشمل:

46-1 1- التعايش Symbiosis

يطلق على الارتباطات الوثيقة المختلفة بين الكائنات الحية من أنواع مختلفة مصطلح التعايش. كما أن هناك أنواعاً من هذه الارتباطات من أهمها:

أ. تبادل المنفعة Mutualism

هذا الارتباط يستفيد النوعان المتفاعلان من هذه العلاقة والتي تكون إجبارية أو اختيارية ومهمة لبقاء كلا النوعين. ويتمثل التبادل بصورة تقليدية بالترافق بين الطحالب Algae والفطريات Fungi لتكوين الأشنات Lichens. حيث تجهز الفطريات الهيكل والرطوبة ومواقع التعلق التي تنمو فيها خلايا الطحالب. وتقوم الطحالب بإنتاج الغذاء لنفسها وللفطريات معاً. كما يكون الترافق بين سرطان الناسك Euparcurus prideauxi وشقائق النعمان Adamsia palliata كمثال أنموذجي آخر لتبادل المنفعة. حيث يجهز السرطان الناسك موقع اتصال ونقل لشقيق البحر (على صدفة حيوان رخوي متروكة يحتلها السرطان الناسك) ، ويقوم شقيق البحر بالتمويه عن السرطان الناسك والدفاع عنه.

كما أن العلاقة بين جذور البقوليات وبكتيريا تثبيت النتروجين حيث تجهز الجذور موطناً لمعيشة البكتيريا من مكان ورطوبة ونجهز البكتيريا النتروجين بعد تثبيته على هيئة نترات تستطيع جذور النباتات امتصاصه. ومثال آخر عن العلاقة بين المايكوريزا Mycorriza وجذور الأشجار. ومعايشة طيور القرادة الصغيرة التي تعيش وترافق حيوان الكركدن وأنواع أخرى من ذوات الحافر وتلتقط القراد والطفيليات الخارجية من جلودها.

كمثال على التبادل الإجباري عن العلاقة بين الحيوان الأولي السوطي Trichonympha والنمل الأبيض آكل الخشب، إذ لا يستطيع أي من هذين النوعين

من العيش دون وجود النوع الآخر . فالحيوان الأولي يعيش فقط في القناة الهضمية للنمل ويقوم بهضم مادة السليلوز،ويقوم النمل بتجهيز الحيوان الأولي بموطن أساسي وبيئة ثابتة فضلاً عن المواد الغذائية الأساسية. كما يوفر الحيوان الأولي عملية هضم حيوية النمل.ومثال آخر على التبادل الإجباري ما يحدث بين بعض أنواع النمل مثل النوع Cremastogaster lineolatae وحشرات المن أو قمل النبات مثل Aphis caliginosa ، إذ يقوم النمل بالحفاظ على حشرات المن في أوكار مشيدة خاصة والتغذي على سائل مغذ تفرزه حشرات المن. وقد أطلق على حشرات المن في بعض الأحيان بالأبقار باعتبارها تفرز هذه السوائل عندما تضرب بوساطة قرون استشعار النمل. وهكذا يحصل النمل على غذائه من حشرات المن، وتحصل حشرات المن على الحماية والملجأ والعناية من النمل (الشكل 7-3).

47-1 ب. المعايشة Commensalism

في حالة المعايشة تكون العلاقة بين نوعين مختلفين لكن أحدهما يستفيد من الآخر لأن النوع الآخر لا يستفيد وفي نفس الوقت لا يتضرر. وعلى سبيل المثال فإن علاقة سمك الريمورا مع القرش Remora-shark مثال على المعايشة حيث تتعلق سمكة الريمورا من النوع Echeneis naucrates بجلد القرش بوساطة قرص محجمي قوي ويتم نقلها على نحو واسع وبصورة سريعة بوساطة القابلية الحركية للقرش، كما تلتهم الريمورا أيضا بقايا الطعام المطروحة بين فكي القرش فضلاً عن توفي الحماية لسمكة الريمورا . لذا تستفيد الريمورا في نواحي عديدة ويكون القرش غير متأثر نسبياً.

يلاحظ أن عدداً من الكائنات الحية الكبيرة يمكن أن توفر موطن أو ملجأ لكائنات حية أخرى. فعلى سبيل المثال إن الأشجار الكبيرة في الغابات تعد مواطن لعدد من الحيوانات التعايشية كأنواع مختلفة من الطيور حيث تسكن فيها وتتكاثر وتضع بيوضها وتربي أفراخها دون الضرر لتلك الأشجار. كما توفر الفجوات الموجودة بين الجذور الداعمة ملاجئ للخفافيش وضفادع الشجر والسحالي والحشرات وغيرها من حيونات أخرى.

كما أن معظم الحيونات وبضمنها الإنسان تحوي على متعايشات داخلية .فالقناة الهضمية للإنسان مأهولة بأنواع مختلفة من البكتيريا والحيوانات الأولية والتي لا تكون متطفلة ولا مرضية ولكنها تكون متخلفة في القناة الهضمية مثل حيوان Endamoeba coli.

قد تنمو بعض الطحالب على ظهور السلاحف التي توفر للطحالب موطناً للعيش والتكاثر في حين لا تتأثر السلاحف. وهناك أمثلة عديدة لمثل هذه الطحالب التي تعيش على سطوح الحيوانات Epizoic أو تعيش على نباتات أو طحالب أخرى Epiphytic وهذا ما يلاحظ في البيئة المائية.

1-48 7-3: تباين الأنواع Species diversity

عدد الأنواع للكائنات الحية على الكرة الأرضية بما في ذلك الأنواع في البيئة اليابسة والبيئة المائية غير محدد بدرجة دقيقة وذلك بسبب أن أنواعا جديدة تكتشف بشكل مستمر فضلاً عن أن هناك مناطق عديدة في العالم ما تزال غير مدروسة بشكل كامل مثل الغابات المطيرة الاستوائية . وتشير المصادر الحديثة أن التقديرات لعدد الأنواع الكلي المعروفة تصل إلى 1.4 مليون نوع. ويمكن زيادة العدد على ذلك أضعافا مضاعفة عند اكتشاف الأنواع الأخرى غير المعروفة في العالم كما أكد ذلك كل من بوتكن وكيلر (Botkin and Keller 2000) في كتابهما " علم البيئة).

يصل عدد الأنواع المعروفة والتابعة لمملكتي الطلائعيات Moneraوالفطريات Fungi إلى 100 ألف نوع لكل منهما. كما يصل عدد الأنواع في مملكة الابتدائيات Protista إلى 60 ألف نوع. أما المملكة النباتية Plantae فيبلغ عدد أنواعها أكثر من 270 ألف نوع تشمل كل من الحزازيات Bryophyta بحدود 24 ألف نوع ، والسرخسيات Pteredophyta بحدود 12 ألف نوع والصنوبريات Coniferophyta 550 نوعاً ونباتات ذوات الفلقة الواحدة Monocotyle dones بحدود 65 ألف نوع ونباتات ذوات الفلقتين Dicotyledones بحدود 170 ألف نوع. ويبلغ عدد الأنواع في المملكة الحيوانية Animalia إلى أكثر من مليون نوع منها أكثر من 750 ألف نوع

تعود إلى الحشرات Insecta، و 10 آلاف نوع من كل من الاسفنجيات Porifera واللواسع Cnidarid . كما تضم المملكة الحيوانية حيوانات أخرى مثل العريضات Platyhelminthes بحدود 20 ألف نوع، والدولابيات Rotifera بحدود ألفي نوع. والديدان الخيطية Nematoda بحدود 80 ألف نوع, والرخويات Mollusca بحدود 110 ألف، والحلقيات Annelida بحدود 15 ألف نوع، وأكثر من مليون نوع من المفصليات Arthropoda التي تعود لها الحشرات التي ذكرت أعلاه. أما الحبليات Choradata فتضم بحدود 45 ألف نوع معظمها من الفقاريات Vertebrata بحدود 44 ألف نوعاً.

يتأثر التنوع الإحيائي إيجابيا بعوامل عدة مثل حدوث التغيرات الفيزياوية لموطن الكائنات الحية وبعض الاضطرابات الطبيعية مثل حدوث حريق أو هبوب عاصفة في غابة أو تدفق فجائي للمياه إلى بركة ما بسبب العواصف والتغيرات الأخرى في الظروف البيئية كدرجة الحرارة وسقوط الأمطار وتجهيز المغذيات وغيرها. والتنوع الكبير في إحدى المستويات الاغتذائية وزيادة في التنوع لمستوى اغتذائي آخر. على سبيل المثال الأشجار التي تجهز موطناً لعدد من الطيور والحشرات. ومن العوامل الأخرى التي تسبب زيادة التنوع الأحيائي هي التحسن الكبير للحياة في بيئة ما، على سبيل المثال تربة غنية بالمواد العضوية ، والمراحل الوسطية للتعاقب البيئي.

كما أن هناك عوامل أخرى تميل إلى تقليص التنوع الأحيائي وتشمل الإجهاد البيئي والبيئات الشديدة كالظروف القريبة من الحدود التي تتحملها الكائنات الحية،والحدود القاسية في تجهيز أي من الموارد الأساسية، والحالات الشديدة للإضرار أو الإزعاج للكائنات الحية،والتدخل الحديث من أنواع غريبة قادمة من مناطق أخرى, والعزل الجغرافي مثل جزيرة حقيقية بيئياً.

يؤثر الانسان بالتأكيد في التنوع الأحيائي حيث أن التمدن والصناعة والزراعة تقلل فرص التنوع حيث تعمل على تقليص عدد من المواطن Habitats للأحياء. فضلاً عن أن الإنسان يقوم بتربية أو زراعة مساحة كبيرة لنوع أو بضعة أنواع من الكائنات الحية حيوانية كانت أم نباتية.

سابقاً ، يلاحظ أن الإنسان نادراً ما يفكر عن المدن بأن لها تأثيرات سلبية في التنوع الأحيائي. وفي الواقع فإن تطور المدن أدى إلى تقليص هذا التنوع خاصة وأن المدن تقع في مواقع جيدة للنقل مثل محاذاة الأنهار أو قرب المحيطات التي يكون التنوع الأحيائي عندها عالياً .وأكدت السنوات الأخيرة من القرن العشرين أن المدن يمكن أن تقدم وسائل مهمة في صيانة التنوع الأحيائي.

الفصل الثامن

التعاقب البيئي

Ecological succession

8-1: المقدمة

يعد التعاقب من وجهة النظر البيئية التتابع المنظم للمجتمعات الحياتية المختلفة عبر فترة من الزمن في بيئة معينة. وقد يؤدي هذا التغير الحاصل في المجتمعات الحياتية إلى تكوين المستعمرات في المناطق الجرداء. وتؤدي التغيرات والتبدلات الحاصلة في البيئة دوراً حاسماً في تغيير تركيب المجتمعات النباتية والحيوانية التي تعمل على أن تتكيف مع الوضع المتغير. وقد تكون التغيرات دورية أو غير دورية بمعنى أنها قد تحصل بصورة متكررة أو أنها تكون ذات طبيعة دائمية.

هناك من العوامل التي تتغير بصورة مؤثرة مثل درجة الحرارة والرطوبة والضوء والتبخر والرياح وغيرها من العوامل التي تؤثر في المجتمعات النباتية ثم يمتد تأثيرها لاحقاً إلى المجتمعات الحيوانية . وتلاحظ التغيرات أحيانا مع بدء العلاقات الحياتية في أي نظام بيئي ومن سنة إلى السنة التي تليها في حين يمكن أن تمر عدة سنوات أو ربما قرون دون ملاحظة التغيرات الكبيرة في التركيب الأحيائي والتي يمكن دراستها بالطرق غير المباشرة كتطور الأنواع الجديدة أو هجرة أنواع أخرى أو انقراضها والتي تمثل تغيرات غير دورية.

يعد التعاقب البيئي ظاهرة طبيعية فهو تغيير تراكمي في المجتمع الأحيائي طويل الأمد وذو اتجاه واحد يحدث في نفس المكان. ويمكن ملاحظة أية مساحة من الأرض أو أي موطن بيئي قاحل سرعان ما تسكنه أنواع مختلفة من الكائنات الحية والتي تنظم نفسها في مجتمعات مختلفة. ويطلق على سلسلة التغيرات هذه تسمية التعاقب Succession والتي استخدمت لأول مرة من قبل العالم هلت Hult عام 1885 في دراساته على المجتمعات الأحيائية جنوب السويد.

يعرّف التعاقب كذلك أنه التغيرات الكمية والنوعية والتركيبية في المجتمعات الأحيائية ضمن فترات محددة وذو اتجاه واحد يحدث في نفس المكان وتبدأ العملية عادة بالرائد الأولي Pioneer كالتعاقب الذي يظهر في الأرض الجرداء والتي لم يسبق أن أحتل من قبل أية مجموعة من الكائنات الحية. ويسمى كذلك بالتعاقب الابتدائي Primary succession وينتهي التعاقب عادة بالتوازن عند الوصول إلى حالة الذروة Climax (الشكل 8-1).

8-2: الأنواع الأساسية للتعاقب Basic types of succession

هناك طرازان عاملان للتعاقب اللذان يتواجدان في جميع البيئات الأساسية على طبيعة ومدى تأثير العوامل المحيطة وهما:

1-49 أولاً: التعاقب الابتدائي Primary succession

تظهر الأحياء في هذا النوع من التعاقب ولأول مرة في الموقع البيئي والذي لم تكن قد ظهرت فيه أية كائنات حية سابقاً. ويمثل النوع الأحيائي الذي يظهر ابتداءً بالكائن الرائد Pioneer ويطلق على المجموعات الأول من أحياء نباتات وحيوانات وغيرها والتي تنجح في الاستقرار اسم المجتمع الرائد Pioneer community . ويطلق على سلسلة التغيرات التي يمكن تمييزها في المجتمع أثناء التعاقب بالمراحل الزمنية أو المسلسلة Sere ويسمى كل طور للمجتمع الأحيائي Serial stage وعليه تدعى المراحل التسلسلية للتعاقب الأولي بالمراحل الأولية Prisere .أما المراحل الثانوية فتدعى Subsere . وتدعى مراحل التعاقب التي تنتج أساسا من تفاعل الكائن الحي مع محيطه بذاتية الحدوث Autogenic . أما تلك التي تحدث نتيجة عوامل خارجية كتزويدها بالغذاء بمفتعلة الحدوث Allogenic.

يحدث التعاقب كذلك في المسطحات المائية لذا يدعى بالتعاقب المائي Hydrach، في حين أن التعاقب الذي يحدث في الأراضي الجافة فيدعى بالتعاقب الجاف Xerach. وتسمى المراحل التسلسلية لهما على التتالي بالسلسلة المائية Hydrosere والسلسلة الجافة Xerosere.

يمكن أن يكون التعاقب البيئي ذاتي التغذية Autotrophic أو متباين التغذية Heterotrophic حيث أن الأول يكون فيه الإنتاج الأولي Primary prouction أكثر، في حين تكون التغذية في النوع الثاني عضوية في المجتمع الذي يعتمد على بقايا المواد المتحللة. كما أن المجتمع الأخير الذي يكون في حالة توازن ديناميكي مع كل ما يحيط به من عوامل والذي لا يمكن أن يحل محله أي مجتمع أحيائي آخر فيسمى مجتمع الذروة Climax community.

قد قام العالم كليمنت Clement بعدة دراسات توصل إلى ملاحظة عدد من الظواهر قبل وأثناء مراحل التعاقب البيئي. ومن هذه الظواهر ما يأتي:

1-50 1- التعرية والتجريد Nudation

نقطة البدء للتعاقب تنطلق في الأرض الجرداء. وعلى الرغم من أن الأحياء تنتشر في الأماكن كافة من سطح الكرة الأرضية إلا أن حدوث الكوارث المدمرة كالبراكين والفيضانات والحرائق وانتشار الأمراض تعمل جميعاً على تكوين العديد في المناطق الجرداء الخالية من الحياة. إن مثل هذه العمليات تدعى بالتعرية أو التجريد.

1-51 2- الاجتياح Invasion

يقصد بها غزو المناطق البكر بأنواع من البذور أو السبورات بوساطة الهواء أو الماء أو الحيوانات بحيث يؤدي توطن هذه الأجزاء التكاثرية إلى الخطوة التالية وهي إنباتها ونمو النباتات الناتجة منها وتكاثرها. ثم تأتي الخطوة الثالثة وهي تجمع الأحياء وازدهارها في الموقع البيئي (Aggregation) . وهكذا يعتمد نجاح الاجتياح على قابلية الكائنات الحية على التكاثر والتكيف مع ظروف البيئة الجديدة.ويمكن أن يطلق على انتقال هذه البذور أو السبورات إلى منطقة جديدة بالهجرة Migration والتي تتبعها الخطوة التالية التي يمكن أن تسمى بالتوطن Ecesis.

1-52 3- التنافس والتفاعل Competition and reaction

يحصل التنافس بين أفراد النوع الواحد بسبب الزيادات العددية في الأفراد لذلك النوع.كما يحدث التنافس بين أفراد الأنواع المختلفة سواء تلك التي تأتي إلى البيئة الجديدة أم تلك التي توجد فيها أصلا. إن ظاهرة تحوير البيئة تسبب عدم ملاءمة لأنواع وافدة جديدة . وهكذا يستمر التنافس والتفاعل بين الأنواع السابقة الموجودة أصلاً واللاحقة للحصول إلى حالة التوازن الجديدة. وفي النهاية ستكون البيئة الجديدة غنية بالمواد المغذية والعضوية والرطوبة مما يشجع أعدادا أكبر من النباتات والحيوانات للظهور في البيئة حيث تتعزز عمليات التعاقب.

4- الاستقرارية والذروة Stabilization and climax

في نهاية التعاقب يصل المجتمع Community إلى حالة الاستقرار حيث تنشأ بين الكائنات الحية علاقات منسقة تبقي تركيب المجتمع ثابتاً إلى حد ما. وتعد هذه الحالة مرحلة توازن حركي Dynamic equilibrium وليست حالة سكون.وتدعى هذه الحالة بالذروة Climax كما ذكر في أعلاه.وهناك بعض الاختلافات حول مظاهر

الذروة وحالاتها. ولكن ما قدمته كليمنت في دراساته عن التعاقب ما زال يؤخذ بالاعتبار وهو بأن الذروة تعني العلاقات المنتظمة بين المجتمعات الأحيائية ومحيطها. وتتصف الذروة بمجتمعاتها بالوحدة Unity بمعنى آخر أن مجتمع الذروة يعد وحدة متكاملة ودليلاً لنوعية المناخ حيث تعبر أشكال النمو والحياة في مجتمع الذروة عن طبيعة المناخ المنسجم معها. أما الصفة الثانية فإنها تكون ممثلة بالاستقرار Stability والتي تعني أنه على الرغم من أن مجتمع الذروة مجتمع ديناميكي (دائم التغيير) إلا انه يبدو ظاهرياً بحالة مستقرة أي أن الحالة لا تسمح بأن تحل أية مجموعة من الأنواع في ذلك المناخ محل مجتمع الذروة والذي يتألف من الأنواع الخاصة والسائدة في تلك المنطقة . أما الصفة الثالثة فتتمثل بالأصل وعلاقات التطور النوعي Origin and phylogenetic relations حيث يمثل فيه مجتمع الذروة بحالة مناظرة للكائن الأمثل. أما عمليات التعاقب فإنها ستكون متكافئة لنمو هذا الكائن الحي عبر المراحل الثلاثة الولادة والنمو والبلوغ مع بداية التعاقب.

لقد أثير الكثير من الخلاف والجدل حول الصفة الثالثة هذه، الأمر الذي أدى إلى ظهور العديد من التسميات والتقسيمات في ماهية وأنماط الذروة فضلاً عن الاختلاف في كون التعاقب يسير دائماً التقدم Progressive أم أنه يمكن أن يشمل الانحلال التراجعي Regressive. رغم اتفاق الأكثرية على أن التعاقب دائماً باتجاه التقدم، ومع ذلك يبقى التعاقب واحداً من الأسس المهمة في علم البيئة والذي يكتسب أهمية بالغة نتيجة لتطبيقاته الواسعة في موضوعات إدارة المصادر الطبيعية.

ثانياً: التعاقب الثانوي Secondary succession

هو الطراز العام الآخر للتعاقب ويكون فيه الوسط قد احتل من قبل تجمعات من الكائنات الحية سابقاً إلا أنها اختفت لأسباب قاهرة نتيجة لعوامل مناخية حادة أو نتيجة لتدخل الإنسان ومن أمثلة هذه الظروف الحرائق التي تحصل بفعل البرق أو بوساطة الإنسان. وكذلك حدوث الفيضانات أو الغمر الشديد والرطوبة الزائدة وكذلك حدوث العواصف والأعاصير بأنواعها أو قطع الأخشاب أو هجر الإنسان للأراضي المكشوفة أو دخول النفايات التجارية والصناعية أو صرف المجاري إلى القنوات أو المياه الساحلية

فضلاً عن الحرائق والزلازل والبراكين أو أية ظاهرة تزيل التعاقب الابتدائي في أية مرحلة من مراحله.

8-3: التعاقب في البيئات الأساسية

هناك اختلافات في طبيعة التعاقب وأسلوبه باختلاف البيئة الأساسية حيث تؤثر نوعية العوامل البيئية تأثيراً حاسماً فضلاً عن طبيعة المجتمعات النباتية والحيوانية التي تتكيف للمعيشة في تلك البيئات وتحت تلك الظروف. وقد تم ذكر نوعين من التعاقب وهما التعاقب المائي والتعاقب الجاف. وسيتم التطرق إلى أهم خصائص التعاقب في أشكال البيئات التي تعود إلى هذين النوعين من التعاقب:

8-3-1 53-1: أولاً: التعاقب المائي Hydrach succession

يمكن تتبع التعاقب في البيئة المائية خلال النوعين الأساسيين من المياه هما المياه العذبة والمياه البحرية وكالآتي:

1-54 التعاقب في المياه العذبة Freshwater succession

تختلف أنماط التعاقب في المياه العذبة تبعاً لحجم المسطحات المائية وطبيعة حركة المياه فيها حيث تؤدي عمليات التغرين Sitting دوراً مهماً في إحداث التعاقب (الشكلان 8-2 و 8-3). والمقصود بالتغرين هي حالة تراكم المواد الغرينية التي تدخل إلى المسطح المائي بوساطة الأنهار والغدران والجداول. ويسبب تراكمها مع أشكال التربة والصخور ومختلف البقايا مشاكل تجعل من هذه المسطحات المائية أجساما أكثر ضحالة بمرور الوقت.كما يتوقف حدوث هذه العمليات على كميات التعرية التي تحدث في القنوات المجاورة التي تصب فيها فضلاً عن كميات الأمطار ونوعها.

يتحول المسطح المائي إلى موطن مستنقعي عند استمرار تراكم المواد الترابية لعدة سنوات متعاقبة ويؤدي أخيراً إلى تكوين غابة. وتتغير المكونات النباتية والحيوانية مع التغيرات الحاصلة في البيئة وخلال التكوين التتابعي للبيئات الجديدة.

وقد يحل في أنماط البيئات الجافة المناخ في أن يتحول المستنقع إلى مرج منخفض بدلاً من موطن مستنقعي وفي النهاية يتكون إقليم مروجي حقيقي متحول إلى إقليم مروجي ذروي.

يبدأ التعاقب النباتي بظهور النباتات المائية المغمورة مثل حشيشة الماء Elodea وحشيشة البركة وحشيشة القرن وحشيشة المثانة والعشب الشريطي Vallisneria وبعدها يبدأ ظهور النباتات الطافية مثل زنبق الماء Nymphea وعصا الراعي وحشيشة البط وإلى أن يحين تحول البركة إلى الطراز المستنقعي تبدأ ظهور النباتات البارزة مثل نبات البردي Typha angustata والرز البري Zizinia sp. والسمار وذنب القط وحشيشة المنشار. ومن ثم ظهور العديد من ضروب الشجيرات كورد المستنقعات والحور القطني ومن ثم يعقبها ظهور الاسفندان الأحمر وبلوط المستنقعات. ويمكن أن تظهر بعدئذ أشجار الدردار والزيزفون والاسفندان والزان وصولاً إلى المجتمع الغابي الذروي الذي تسود فيه أشجار السرو واللاركس وغيرها.

مع التغيرات التي تحدث في الكساء الخضري وتقدم عمر البركة وتكوين المستنقعات، تكون المجاميع الحيوانية قد تغيرت كذلك. حيث تتباين مجاميع الحيوانات اللافقارية من ناحية الكمية والنوعية بدء من أنواع ذباب الكاوس والدامسل مع ظهور الخنافس بأنواعها المختلفة. وتظهر أنواع مختلفة من الأسماك التي تتدرج أنواعها مع تدرج التحول في المسطح المائي.

ومن الحيوانات الأخرى التي تنتشر في المستنقعات والبرك حيوانات بطنية القدم من القواقع فضلاً عن أنواع الهايدرا والديدان وتظهر اللافقاريات والفقاريات تكيفاً تسلسلياً تتمكن بوساطته من تحمل الظروف المتبدلة للتعاقب في البيئات المائية على شكل مياه جارية كالأنهار والغدران والتي ينتقل فيها الماء من منطقة جغرافية إلى منطقة أخرى فإن النمط التعاقبي يكون أكثر تبايناً وذلك بسبب تعدد العوامل المؤثرة في التعاقب مثل سرعة التيار وعمق المجرى ونوعية القاع والتضاريس الخاصة بالمنطقة.ومع مرور الوقت يتباطأ معدل التيار تدريجياً فيتكون عدد من الأحواض على طول مجرى النهر وتبدأ عمليات التغرين فتتغير طبيعة القاع. وقد تغير المجرى المائي عن اتجاهه الطبيعي مخلفاً وراءه بركاً أو مستنقعات معزولة تتحول بمرور الزمن إلى غابات.

2- التعاقب البحري Marine succession

هناك بعض الصعوبات تعترض دراسة ظاهرة التعاقب البحري وذلك بسبب طبيعة البحار والمحيطات من ناحية أعماقها السحيقة واتساع مناطقها النائية فضلاً عن ظاهرة المد والجزر وانتقال بعض مكونات القاع والتيارات الشديدة والأعاصير وغيرها. لكنه يلاحظ أن مناطق المد والجزر قد حظيت بدراسة أشمل وذلك للسهولة النسبية للعمل عندها.

يبدو أن التعاقب يظهر على الأسطح النظيفة التي تمثل فيها الطحالب المجتمعات الرائدة ثم تعقبها الرخويات الملتصقة على الصخور من آكلات الطحالب وثم المحار.

إن التعاقب ألا نموذجي للمجتمعات على السطح النظيف في مناطق المد والجذر يمكن أن تشمل التسلسل الآتي: سطح نظيف – بكتيريا – دايتومات – طحالب أخرى– جوف معويات – حيوانات آكلات الطحالب– رخويات– رخويات ثنائية المصرع. إن مثل هذا التعاقب لا يحتاج إلى أكثر من خمس سنوات لاكتماله مقارنة مع السنوات الطويلة التي يحتاجها التعاقب الأرضي أي على اليابسة.

8-3-2: ثانياً: التعاقب الجفافي Xerach succession

في هذا النوع من التعاقب يتميز بأن الرطوبة غير متوافرة أو قليلة لا تسد حاجة النباتات والحيونات وتشمل هذه الظروف من المناطق الصحراوية الجافة التي قد تمر عليها عدة سنوات دون سقوط أمطار إلى المناطق الصحراوية الرطبة التي تسند مجتمعات المروج. وأغلب الأحيان تكون التربة رملية التي لا تحتفظ عادة بالرطوبة لفترة طويلة. وتكون النباتات الجفافية وبعض الحيوانات كالزواحف والثديات الصغيرة التي تعيش في الصخور قادرة على تحمل ظروف الجفاف خلال تكيفاتها الفسلجية والموروفولوجية والسلوكية. ويكون التعاقب الجفافي بصورة عامة أبطأ من غيره لكنه يتميز إلى التقدم نحو المجتمعات ذات الكمية معتدلة الرطوبة في التربة. ويمكن تمييز عدة أشكال من التعاقب الجفافي منها:

55-1 1- المسلسلة الصخرية Lithosere

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

يمكن ملاحظة سطح الصخرة المكشوف ومتابعة تجمعاته الأحيائية حيث تتواجد الاشنات Lichens التي تمثل المكون الخضري في المجتمع الرائد مثل Grimnia laevigato التي تمثل النماذج القشرية من الأشنات ثم تتبعها الأشنات الشجرية Cladonia حيث تبدأ عمليات تحلل المواد المعدنية .وتكون المجاميع الحيوانية قليلة الأنواع في هذه المرحلة حيث تقتصر على النمل وبعض العناكب التي تبني أعشاشها داخل شقوق الصخور وتتعرض إلى ظروف التطرف صيفاً وشتاءً مع قلة الحماية. وبعد ذلك تظهر النباتات الحزازية Bryophytes التي تحتل محل أنواع من الطحالب الخيطيةFilamentous algae النامية قبلها على الصخور، وبذلك تكون هذه النباتات الحزازية حصيرة من الدبال وبمساعدة الدقائق المعدنية ستصلح وسطاً جيداً لمد جذور النباتات الراقية حالما تصل الأعشاب الصغيرة والحشائش والخنشاريات (Ferns) إلى المنطقة. ومما يزيد التحور في البيئة هو وصول الحيوانات كالحشرات والديدان الخيطية وبذلك يزداد عدد الأنواع نباتية كانت أم حيوانية وتبقى التربة والمنطقة تحت الشجيرات رطبة مما يمهد إلى ظهور المجتمع الغابي (Forest community) حيث تحل النباتات الكبيرة المعمرة وذات العمر الطويل محل النباتات الصغيرة ذات العمر القصير.

تتكون التربة تدريجياً ويزداد محتواها من الرطوبة ويقل تدريجياً مدى التغاير الحراري ويزداد توفر المواد الغذائية وبذلك يستطيع المجتمع أن يحافظ على نفسه إلى حدود معينة مع شرط عدم تغير الظروف المناخية أو حدوث الظواهر القاسية والكوارث الطبيعية.

56-1 2- المسلسلة الرملية Sandsere

تدعى أيضا بمصطلح Psamosere . وتتتابع مراحل التعاقب على المساحات الواسعة من الرمال ويشكل هذا النوع من التعاقب نمطاً آخر من التعاقب الجفافي

Xerosere (الشكل 8–4) . وتتواجد الأراضي الرملية على ضفاف الأنهار وسواحل البحار والمحيطات وفي الصحاري كذلك. وتعد الترب الرملية غير ثابتة وعرضة للتحول من مكان إلى آخر كما أنها تتميز بجفافها وقلة قابليتها على الاحتفاظ بالرطوبة بسبب كبر قطر جزيئاتها مع غياب المواد المغذية وتوفر نسب متباينة من الأملاح. ويتضمن التعاقب على الكثبان الرملية ثلاث مراحل أساسية:

أ– المرحلة الأولى: وهي عملية ربط جزيئات الرمل السطحية مما يجعل الكثيب أقل عرضة للانتقال بوساطة الرياح أو المياه ثم تقوم الأعداد القليلة من الطحالب النامية عليه أثناء سقوط المطر بتجهيز كميات كافية من المادة العضوية مما يساعد على ربط ذرات الرمل ومنها الأنواع التابعة إلى الجنسين Cenchrus و Ammophila حيث تنمو الجذور الليفية والرايزومات بكثافة تحت سطح التربة وتتشابك فيما بينها لتجعل الطبقة التي تحتها في مأمن من تأثيرات المياه والرياح فضلاً عن إضافتها لمواد عضوية تساعد على الاحتفاظ بالرطوبة وتوفير المواد المغذية.

ب– المرحلة الثانية: حيث تستقر الكثبان الرملية لتظهر فيها أنواع من النباتات الخشبية مثل .Tephrosa spp و .Citrulus spp وغيرهما حيث تمتد الجذور إلى أعماق أكبر للحصول على احتياجات الماء وبذلك تتحقق الحماية من التعرية وتمهد لإضافة أنواع أخرى من النباتات.

ج– المرحلة الثالثة: التي تتميز بالأشجار والحشائش الطويلة وصولاً إلى مجتمع الذروة الذي تمثله غابات الزان والاسفندان. وفي الأنواع من الترب المبتلة في المناخ الدافئ تنمو أشجار الجميز والثواليب.أما في المناطق الجافة فتنمو ذروة من غابات البلوط والكستناء.

إضافة إلى عامل الرطوبة فإن نوع التربة هو الآخر عامل مهم سواء كان طينياً أم رملياً أم غرينياً أم مزيجياً حيث يؤثر ذلك على طرز الكساء الخضري خاصة

عند مرحلة الذروة وتؤثر ذلك على عوامل الرطوبة والتهوية وصرف المياه. ويتأثر الكساء الخضري بالموقع الطوبوغرافي وذلك لاختلاف الظروف المناخية في الأجزاء المتمثلة بالانحدار المواجه للجنوب أو المواجه للشمال وفي الأخاديد العميقة. كما تختلف ظروف المواقع على قمة التل أو الانحدارات المواجهة للشرق. أما المجاميع الحيوانية فإنها ستكون مصاحبة للتغيرات الجديدة في البيئة التي تشمل مختلف الحيوانات الأرضية.

57-1 3- تعاقب الحقل المعمر Old field succession

يتميز هذا النوع من التعاقب بالتنوع والتعقيد في ظهور المجاميع النباتية والحيوانية حيث تسود نمط التعاقب الثانوي هذا نباتات عشب السرطان Digitraria sanguinalis وحشيش الحصان Laptiton canadense حيث يسبقان ظهور القرطيفة البرية Aster ericoides والرجيد Ambrasia artemisifolia . وتكون هذه النباتات ذات سيقان طويلة تتراوح ما بين 60-120 سم حيث تزيح معظم نباتات السنتين الأولى والثانية . وفي الحقول المهجورة التي عمرها ثلاثة سنوات تسود نباتات سمار القشات Andropogon sp. حيث تحتفظ بسيادتها لبضع سنوات ولكن بصورة عامة وبعد مرور سنتين أو ثلاث سنوات تظهر في المنطقة أشجار القرانيا Cornus sp. وأشجار الصمغ الأحمر والاسفندان الأحمر والبلوط الأسود وغيرها.

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

58-1 8-3-3: ثالثاً: أشكال التعاقب الدقيق The Microsuccession forms

يحصل ضمن الموطن البيئي الدقيق Microhabitat نمط من التعاقب فعلى سبيل المثال عند سقوط جذع خشبي على أرض الغابة فمع مرور الوقت سيهاجم هذا الجذع من قبل مجاميع متعاقبة من الكائنات الحية المختلفة كالفطريات والطحالب

والحشرات والديدان الخيطية وعديدات الارجل وحيوانات أم أربع وأربعين والبق والخنافس والقواقع وغيرها.

يمكن ملاحظة التعاقب الدقيق في العينات المختبرية لمياه بركة ما التي تحتوي على خليط من الابتدائيات مع وسط غذائي من ماء تبن مغلي(تحتوي أعدادا كبيرة من البكتيريا) ، فيلاحظ حالات التعاقب الدقيق في الأحياء الدقيقة الابتدائية حيث تصل أحياء البراميسيوم والأميبا والفورتسلا على التتالي نحو قمة التعداد الجماعي.

هناك أمثلة عديدة في أنماط التعاقب الدقيق منها براز الأغنام والمواشي في مناطق المروج أو المناطق التي تنشأ فيها قنوات مياه الأمطار أو الثلوج المنصهرة والمتقطعة حيث تزدهر المجتمعات المائية من البكتيريا المائية والطحالب والهايدرا والديدان المسطحة والابتدائيات والقواقع ويرقات الحشرات المائية. ومع تناقص المياه والجفاف التدريجي لقاع القناة يحل مكان المجتمعات المائية بعض كائنات اليابسة كالنباتات الراقية المعتدلة الرطوبة Mesophytes والديدان الخيطية والقواقع الأرضية والديدان الحلقية والحشرات. عندها تكون الأشكال المائية متحوصلة وتبقى كامنة بانتظار الفترة الرطبة التالية.

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

8-4: الذروة Climax

مفهوم الذروة قد وضعه العالم كليمنت Climent ويتضمن أن التعاقب بهذا المفهوم سيكون سلسلة من التفاعلات بين الكائنات الحية ومحيطها تنتهي بالوصول إلى العلاقة المنظمة التي يتوقف عليها دائماً حدوث التغيرات في المجتمع.ولقد تم وضع ثلاث صفات رئيسة لمجتمع الذروة هي:-

أ- الوحدة Unity

حسب مفهوم العالم كليمنت Clement أن المجتمع عبارة عن وحدة متكاملة تفصح عن نوعية المناخ وطبيعته من جهة ودليل على نوع الظروف البيئية الأخرى من جهة ثانية. وفي حالة غياب الوحدة فإنها لا تعد دليلاً صحيحاً.

ب- الاستقرار Stability

مجتمع الذروة مجتمع ديناميكي أي دائم التغير لكنه يبدو في ظاهره مستقراً واعتماداً على وجهة نظر كليمنت فإنه لا يمكن أن تحل أية مجموعة من الأنواع في المناخ المحدد محل الأنواع المكونة لمجتمع الذروة. وبعبارة أخرى يكون مجتمع الذروة لأية منطقة مناخية محتوياً فقط على الأنواع الخاصة بتلك المنطقة كأنواع سائدة.

ج- الأصل وعلاقات التطور النوعي: Origin and phylogenetic relations

لقد تصور كليمنت مجتمع الذروة بوصفه كائن حيا أطلق عليه اسم الكائن الأمثل Super organism .وأن عملية التعاقب عبارة عن عملية مكافئة لنمو هذا الكائن الحي بمراحلها الثلاث، الولادة والنمو فالبلوغ الذي يبدأ منذ بداية التعاقب ومراحل تقدمه وذروته. لقد فتح هذا التصور أبوابا من الجدل بين علماء البيئة من المؤيدين والمعارضين حتى أن بعضهم مثل العالم تانسلي Tansley اقترح عددا من مجتمعات الذروة التي تتأثر بالعوامل البيئية الأخرى مميزا عدة احتمالات لمجتمعات الذروة الأمر الذي جعل أراءه تعرف بنظرية الذروات المتعددة Polyclimax theory مقابل نظرية الذروة الواحدة لكليمنت Monoclimax theory.

يمثل مجتمع الذروة المجتمع الأخير في السلسلة التعاقبية حيث يستطيع المجتمع حينئذ أن يحافظ على نفسه إلى حدود معين بشرط عدم تبدل الظروف المناخية للمنطقة بشكل أساس أو ظهور حادثة مأساوية حادة كالحريق والسيول والبراكين وغيرها.

ويمكن التنبؤ بمجتمع الذروة المناخي لأية منطقة ذات ظروف مناخية متشابهة.وعلى سبيل المثال فإن غابات الزان والاسفندان هي الذروة المناخية لمجتمعات

الذروة الترابية، بينما تزدهر مجتمعات أشجار الجميز والتواليب في المناخات الأكثر دفئا. وفي الترب الأكثر دفئا وجفافا فقد تتمثل الذروة بغابات البلوط والكستناء.وعلى الرغم من أن الرطوبة تؤدي دورا مهما في تحديد مجتمع الذروة إلا أن لبقية العوامل دورا مهما آخر مثل نوع التربة أي نسجتها والتهوية والصرف والموقع الطوبوغرافي والانحدار ومواجهته للشمال أو الجنوب وغيرها.

الفصل التاسع

نشوء النظام البيئي وتطوره

Development and evolution of the ecosystem

9-1: المقدمة

نشوء النظام البيئي ونموه في أغلب الأحيان إلى التعاقب البيئي Ecological succession ويمكن أن يعرف بمفهوم المعايير الثلاثة الآتية:

1- تتضمن عملية منظمة في نمو المجتمع تبدلات في تركيب النوع وعمليات المجتمع مع الزمن، وهي توجيهية بشكل معقول، لذلك تكون قابلة للتنبؤ.

2- نتيجة لتحوير البيئة الفيزياوية في المجتمع,. وبعبارة أخرى أن المجتمع يسيطر على التعاقب بالرغم من أن البيئة الفيزياوية تحدد الأنموذج ومعدل التبدل.وكثيراً ما تضع حدوداً إلى الحد الذي يمكن أن ينمو المجتمع.

3- أن الذروة Culminate تبلغ في نظام بيئي مستقر تكون فيه الكتلة الحياتية والمصاحبة الفعالة بين الكائنات الحية مدامة بوحدة من تدفق الطاقة المتاحة.

إن تتابع المجتمعات التي يحل أحدها محل الآخر يعرف بما يسمى بالسلسلة sere. كما تعرف المجتمعات الانتقالية نسبياً بالمراحل المتسلسلة Serial stages أو المراحل النامية Developments stages أو المراحل الرائدة Pioneer stages . في حين يعرف النظام النهائي المستقر بالذروة Climax. ويحصل إحلال الأنواع في السلسلة وذلك لأن المجاميع السكانية تنزع لتحوير البيئة الفيزياوية مكونة ظروفاً ملائمة لمجاميع سكانية أخرى إلى أن ينجز توازن بين المكونات الأحيائية واللاأحيائية

لذا فإن التعاقب يعد عملية قصيرة المدى التي من حيث الأساس تشابه النمو التطوري طويل المدى للبيئة الحياتية. كما أن السيطرة المتزايدة للبيئة الفيزياوية أو الاتزان منها تعد إنجازاً لحماية كبيرة من اضطراباتها.ولنمو الأنظمة البيئية كثير من الموازيات في علم الحياة النشوئي للكائنات ولنمو المجتمع الانساني كذلك.

وتتألف المجتمعات الأحيائية Biotic communities من مجمل جماعات الكائنات الحية التي تقطن منطقة معينة. وهي تمثل مرتبة من النظام الأحيائي تكون أعلى بدرجة من الجماعات Populations . ومع ذلك نظراً لأن المجتمعات الأحيائية تشمل الكائنات الحية فقط لذلك فإنها لا تكون شاملة كالنظم البيئية Ecosystems. أي بمعنى آخر تشمل دراسة المجتمعات علم الأحياء Biology بكامله في منطقة ما. لكنها

من المؤكد لا تتضمن الدراسة النوعية لتفاعلات النباتات والحيوانات والأحياء الأخرى مع العناصر اللاأحيائية للبيئة بالطريقة التي يكون فيها تحليل النظام البيئي.

كما ورد ذكره مسبقاً فإن السلاسل الغذائية Food chains والأهرامات البيئية Ecological pyramids تعد من المواضيع المناسبة للإعراب عن العلاقات بين الكائنات الحية المنتجة Producer organisms واكلات الأعشاب Herbivores وآكلات اللحوم Carnivores في الشبكة الغذائية Food web.

2-9: وظائف النظم البيئية وتطورها

يمكن تلخيص وظائف النظم البيئية المختلفة بغض النظر عن حجمها وموقعها لغرض استمرار ديمومة الحياة فيها بوظيفتين أساسيتين هما: الوظيفة الأولى تتركز بالسماح لسيل الطاقة ووصولها إليها وتحويلها من حالة إلى حالة أخرى يمكن الاستفادة منها في المستويات الاغتذائية المختلفة فضلاً عن إمكانية تحويل العناصر ضمن النظام من الحالة اللاعضوية إلى الحالة العضوية ودورانها بوصفها وظيفة ثانية.

وقد أشار العالم أودم Odum إلى أن النظم البيئية تمارس عملية تطورية منظمة مما يؤدي إلى تحور في المحيط الفيزياوي عن طريق الكائنات الحية المتواجدة في النظام بغض النظر عن كونها منتجة أو مستهلكة أو محللة.

أدت دراسات النظام البيئي في الآونة الأخيرة من قبل البرامج البايولوجية العالمية إلى تقييم جديد لخصائص النظم البيئية المختلفة وعلاقتها الوظيفية بالجماعات البشرية . كما مكنت النماذج الرياضية المصممة خلال نتائج الدراسات المستمرة حول التأثيرات والتغيرات الطبيعية وغير الطبيعية في النظم البيئية المختلفة للوصول إلى الدقة المتناهية في التوقعات الطبيعية المحتملة في العواقب البيئية الناشئة من فعاليات الإنسان أو الحضارة. وتعد مثل هذه النتائج بالغة الأهمية في معالجة وحل مشاكل البيئة وتحسينها. ومن الضروري إيجاد وابتكار البرامج الخاصة والنماذج المصممة حول النظم البيئية المختلفة المتواجدة فيها. كما أن توقعات المستقبل تدل على الاعتماد على الثروات الطبيعية في هذه المنطقة كالإنتاج النباتي والإنتاج الحيواني. ولا يمكن الاعتماد على الثروة النفطية فحسب باعتبارها من الثروات الناضبة .

يمكـن إدراك وظـائف الـنظم البيئيـة وتطورهـا خـلال دراسـتها ضـمن أنواعهـا وأحجامهـا المختلفـة. والمهـم هنـا أن تكـون عناصـر النظـام البيئـي متكاملـة وتعمـل معـاً لإنجاز نوع من التوازن الطبيعي والوظيفي ولو لفترة زمنية قصيرة.

9-3: تطور النظام البيئي Ecosystem development

عند تتبع مجالات البحث والدراسات البيئية يلاحظ أن تطور النظام البيئي كان بـارزاً فـي ذلك خـلال العقود الثلاث الأخيرة الماضية من القرن العشرين خـلال التغير المتعاقب للمجتمعات الأحيائية الحيوانية منها أم النباتية أو غيرها.

وتمـارس الـنظم البيئيـة عمليـة تطوريـة منظمـة بمـا يـؤدي إلـى تحـور فـي البيئـة الفيزياوية عن طريق الكائنات الحية المتواجدة في ذلك النظام. ويمكن ملاحظة مثل هذه العمليات في بحيرة حديثة التكوين حيث تتكون الخضرة داخل البحيرة وحولها ومن حيث تسـتوطن جماعـات القشـريات والرخويـات والحشـرات المائيـة وبعـض اللافقاريـات الآخر.وسرعان ما تلحق بها جماعات من البرمائيات والحشرات. وبذلك تتغير البحيرة تدريجياً ومجتمعها الأحيائي مع تراكم المادة العضوية عند القاع وإثراء المياه بالمواد الغذائية الذائبة.

كما بالامكان تتبع تطور النظم البيئية على الجزر البركانية حديثة التكوين حيث أن بعض الأحياء كالنباتات والحيوانات التي ذرتها الرياح أو حملتها المياه استطاعت أن تجد لنفسها مكاناً، وبدأت في عملية تكوين التربة Soil والتطور الأحيائي. وعندما تصدعت الجزيرة البركانية كاراكاتو بين جاوا وسومطرا عام 1833 اختفت الكائنات الحية وأصبحت جزيرة صخرية لا حياة فيها. وخلال خمسين عاما تكونت فيها غابة حديثة تضم بضعة أنواع من النباتات والحيوانات. وخلال مائة عام حصلت على ما يقل من 720 نوعاً من الحشرات و 30 نوعاً من الطيور المستوطنة وبضعة أنواع من الزواحف والثدييات.

إن التطور طويل الأمد للأنظمة البيئية يتجسد في قوى خارجية مثل التبدلات المناخية والجيولوجية ، وعمليات داخلية ناتجة عن فعاليات المكونات الأحيائية للنظام البيئي. لقد كانت الأنظمة البيئية الأول منذ ثلاثة بلايين سنة خلت مأهولة بمعتمدات تغذي لا هوائية ضئيلة عاشت على مادة عضوية مصنعة بعمليات لا حياتية كما وصفها العالم اودم (Odum 1971). وعقب نشوء وانفجار سكاني لطحلب ذاتي التغذية الذي حول جواً مختزلاً إلى جو أوكسجين، وكائنات تطورت عبر عصور جيولوجية طويلة إلى أنظمة متزايدة التعقيد والتنوع Diversity التي أنجزت سيطرة على الجو واستوطنت من أنواع متعددة الخلايا أكبر وأكثر تنظيماً ضمن المجتمع Community . ويعتقد إن التبدل التطوري بصورة أساسية قد حصل عبر الانتخاب الطبيعي Natural selection عند أو تحت مستوى النوع Species . غير أن الانتخاب الطبيعي فوق هذا المستوى يمكن أن يكون مهماً أيضاً بصورة خاصة تشمل التطور المشترك Coevolution أي انتخاب تبادلي بين توافق ذاتيات التغذية ومعتمدات التغذية. وتشمل كذلك انتخاب المجتمع أو المجموعة التي تقضي إلى إدامة الصفات الملائمة للمجموعة حتى عندما تكون ملائمة للحوامل الوراثية ضمن المجموعة .

يعد التطور المشترك Coevolution نمطاً من تطور المجتمع أي تفاعلات تطورية بين كائنات حية يكون فيها تبادل المعلومات الوراثية بين الأنواع في حده الأدنى أو معدوما، متضمناً تفاعلاً انتخابياً تبادلياً بين مجموعتين رئيسيتين من كائنات ذات علاقة بيئية قريبة مثل نباتات وعواشب، وكائنات كبيرة وما يرافقها من أحياء مجهرية ، أو متطفلات ومضيفاتها.

أما انتخاب المجموعة Group selection فهو انتخاب طبيعي ين مجموعات من كائنات ليس من الضروري أن تكون قريبة الارتباط بمصاحبات تكافلية. ويؤدي انتخاب المجموعة نظرياً إلى إدامة صفات ملائمة للمجاميع السكانية والمجتمع، ولكنه انتخاب في صالح الحوامل الوراثية ضمن المجاميع السكانية. وبالعكس فقد تقصى أو تبعد تكرارات واطئة وصفات غير ملائمة لبقاء الأنواع ولكنها ملائمة انتخابياً ضمن المجاميع السكانية. ويتضمن انتخاب المجموعة انقراض مجاميع سكانية بعملية مناظرة لانتخاب الأنماط الوراثية Genotypes ضمن المجاميع السكانية بموت أو اختزال القدرة

التكاثرية للأنماط الملائمة من الأفراد. ومع ذلك فإن فاعلية انتخاب المجموعة يمكن أن تعزز بانجراف وراثي Genetic drift.

تتجه النظم البيئية إلى تكوين مجتمعات مستقرة نسبياً تحتوي أكبر كمية من المادة الحية وتشكيلة متباينة من الكائنات الحية تبعاً لما تفرضه البيئة من عوامل فيزياوية وذلك من حالة عدم تدخل الإنسان أو عدم حصول كوارث طبيعية كالحرائق أو الفيضان أو الأنشطة البركانية. وتعرف المراحل التطويرية بالسلاسل البيئية Seres أو الأطوار التسلسلية Serial stages.ويعرف الطور الأخير والأكثر استقراراً بالذروة Climax وتتميز الأطوار التطورية المبكرة بمستويات عالية من الإنتاج الحياتي ولكنها تظهر تباينا نوعياً أقل وتكون أقل استقراراً من الأطوار الذروية أو الناضجة.

تميل النظم البيئية الحديثة إلى أن تضم جماعات سريعة النمو مع تخصص أقل وحالات أقل من الاختلال والتوازن الداخليين مما في النظم البيئية الناضجة. وتفضل الأطوار التطويرية الحديثة في الممارسات الزراعية لأنها تكون الأكثر إنتاجا ولكنها تكون أيضاً أكثر عرضة للتغير البيئي المفاجئ. ولا بد من رقابتها بكل حرص لتفادي الاحتلال السريع من قبل الأنواع الغريبة عالية السيطرة والتي نسميها أدغالا Weeds أو آفات. وبينما كان يكافح رجال الزراعة أو المزارعون عادة لرفع إنتاجية النظام البيئي إلى الحد الأقصى.

لقد أدت دراسات النظام البيئي تحت إشراف البرنامج البايولوجي العالمي IBP (International Biological Program) خلال الفترة الأخيرة إلى تقييم جديد لخصائص النظم البيئية المختلفة وعلاقتها الوظيفية بالجماعات البشرية. ولقد مكنت النماذج الرياضية والموديلات الرياضية المعتمدة على معطيات البرنامج البيولوجي العالمي علماء البيئة لدراسة التغيرات الطبيعية والمحدثة في النظم البيئية وللوصول إلى توقعات أكثر دقة بالنسبة للعواقب البيئية الناشئة من الفعاليات البشرية. وبمعنى آخر يمكن التنبؤ عن التغيرات البيئية التي قد تحصل مستقبلاً. وهذا ولا شك سبيل مهم يستطيع عالم البيئة أن يكون له دور أكثر دقة في الإدارة البيئية.

9-4: النظام البيئي وعلاقته بعلم بيئة الإنسان

تحمل مبادئ نمو النظام البيئي اهتماماً واضحاً للعلاقات بين الإنسان والطبيعة. فالإنسان يؤثر ويتأثر بالنظام البيئي. فهو يسعى دائماً للإنتاج الأعلى للحصول على أعلى غلة في مساحة معينة من الأرض لكي يديم حياته وبذلك يتدخل في النظام البيئي لتلك المساحة فيحولها من نظام بيئي متعدد الأنواع إلى نظام بيئي أحادي النوع. وبمعنى يهتم في تنمية نوع واحد والحصول على أعلى غلة منه كما يحصل على سبيل المثال في حقل لزراعة الحنطة أو الشعير أو الرز وهكذا. إن مثل هذا التصرف يؤدي إلى تغيرات متعددة. فالنظام البيئي الطبيعي هنا سوف يتحول إلى نظام بيئي محور من نظام متعدد الأنواع إلى نظام أحادي النوع أي تغير في السلسلة الغذائية والشبكة الغذائية مما يعرض النظام البيئي إلى مخاطر منها معاناة النظام من الأمراض والأوبئة فإذا ما أصيب بمرض معين سوف يقضي على ذلك النوع أي بمعنى آخر يقضي على المكونات الأحيائية التي تتمثل بذلك النوع في حين النظام البيئي الطبيعي يتأثر بالمرض نوع أو أكثر في حين تقاومه الأنواع الأخرى.

ويبقى هدف الإنسان الزراعة خاصة والزيادات السكانية في العالم التي يصاحبها طلب عال للغذاء. ومن أجل رفاهية الإنسان فهو يسعى إلى تحقيق الأمن الغذائي وقد يكون ذلك على حساب تدهور أنظمة بيئية طبيعية مختلفة. لكن الانسان لا يعيش بالغذاء فقط فهو يحتاج كذلك إلى جو متوازن من غازي الأوكسجين وثنائي أوكسيد الكربون والذي يتم تجهيزها من المياه السطحية كالمحيطات ومن الكتل الخضراء من النباتات ومن ضمنها الطحالب. كما أن الريف يكون الأكثر مسرة والأكثر أماناً للمعيشة فيه حيث يضم تنوعاً من محاصيل وغابات وبحيرات وأنهار وجداول ومستنقعات وسواحل بحار وأماكن فضلات أي بمعنى آخر يعد مزيجاً من مجتمعات مختلفة الأعمار البيئية.

ومما تقدم يمكن القول أن الانسان يحاول خاصة في الآونة الأخيرة العمل على الموازنة بين الحصول على أعلى غلة وتأمين نوعية جيدة لمكان العيش خال من التلوث ذي هواء نقي ومياه صالحة للشرب وغيرها، بخاصة بعد زياد وعيه البيئي والعمل على حماية البيئة من التلوث والتطور الصناعي والزراعي.

ولقد أنجز علم البيئة تقدما واضحا بوصفه علما موضوعيا وتنبؤيا، لكنه كما هو الحال في علم الأنواء الجوية والاقتصاد، بقيت حقائقه وظواهره معقدة إلى الحد الذي قد تجعل من تنبؤاته الخبيرة عن المستقبل أن تكون خاطئة

إن معظم الجدل الحالي حول علم البيئة يتعلق بمستقبل الإنسان. وما انعقاد الندوات والمؤتمرات العالمية خلال السنوات القليلة الماضية إلا دليل على اهتمام الإنسان بالبيئة كما حدث في انعقاد مؤتمر ريدو جانيرو في البرازيل عام 1992 الذي سمي بمؤتمر قمة الأرض والذي حضره الغالبية العظمى من دول العالم بأعلى المستويات الإدارية والسياسية. وتمت مناقشة العديد من المشاكل البيئية التي تخص حياة الإنسان كالاحتباس الحراري وزيادة تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكربون وتنمية الغابات وطبقة الأوزون والبيئة الصحية وغيرها. ورغم ما يحاول الإنسان من توفير حياة رغدة وللأعداد المتزايدة في كل بقاع العالم بخصة الدول النامية ولكن في الحقيقة فإنه يخطو نحو طريق التدمير الذاتي والتدريجي أو المندفع للموارد الطبيعية.وفي اعتقاد عدد من العلماء المتخصصين فإن الحياة الإنسانية كحضارات مزدهرة لا يمكن أن تستمر إلى أكثر من 100 سنة ما لم تحدث تحسينات جوهرية في مفاهيمنا البيئية وفي علاقتنا مع البيئة.

إن الاعتقاد عن هذه الحالة السلبية في الكرة الأرضية مستند إلى حقائق علمية منطقية منها المفرطة للسكان وقلة موارد الغذاء وسوء الاستخدام للموارد الطبيعية المختلفة وقلة الوعي البيئي بخاصة عند ذوي القرار وغيرها من أمور. ويميل علماء البيئة نحو وجهات نظر متشائمة عن المستقبل منذ أكثر من سبعين سنة. وقد صدرت التحذيرات خلال علماء البيئة منذ الثلاثينات من القرن الماضي (القرن العشرين) عندما صدرت كتب تتحدث عن عدم التوازن البيئي للجماعات البشرية في العالم. وإطلاق هذه التحذيرات المبكرة عن المشكلات البيئية للإنسان وحثت العديد من التخصصين في التحري والدراسة والبحث والمتابعة للشؤون البيئية ذات العلاقة المباشرة وغير المباشرة بحياة الإنسان. فقد اتسعت الصحاري (الزحف الصحراوي) وازداد التلوث وتفاقمت شحة المياه وترسخ القحط وسوء التغذية وموضوع الاحتباس الحراري. وخلال السنوات القليلة السابقة بدأ اهتمام علماء البيئة عن ثقب الأوزون الذي بدأ يهدد حياة البشر في مناطق مختلفة في العالم بخاصة بعض البلدان الأوروبية .ويشعر العديد من

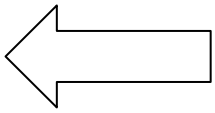
علماء البيئة ونحن في مقتبل القرن الحادي والعشرين أن بقاء الحضارات الإنسانية الحديثة سيكون مرهوناً بسباق شديد ومحموم بين ضغوط سكانية متفاقمة وبين مجتمع بشري متنور يمتلك المعرفة والنضوج الضروريين من أجل البقاء. وعلى الإنسان الاستفادة من التقدم الهائل في التقانات الحياتية والحاسوب والاتصالات وغيرها لخدمة حماية البيئة من مخاطر التلوث والحد من المشكلات البيئية المختلفة. مع الأخذ بنظر الاعتبار مبدأ التعاون الإقليمي والعالمي في هذا المجال.

يعد انعقاد المؤتمر العالمي الأول عن البيئة في استوكهولم 1972 منعطفاً واضحاً للاهتمام في موضوع البيئة عالمياً على مستوى الحكومات نتيجة لضغط الشعوب من ذوي العلاقة بتبيان المشكلات البيئية وتفاقمها في العالم. ثم تلى هذا المؤتمر لقاءات وندوات ومؤتمرات متعددة يجتمع فيها علماء البيئة مع رجال السياسة والقيادات الإدارية في العالم بغية التوصل إلى حلول وسيطة متوازنة من أجل حماية البيئة كما موضح في الجدول (9-1).

لقد رافق التطور الصناعي الكبير والنمو التقني الواسع في العالم آثاراً إيجابية لتوفير الرفاهية والنهوض بحياة الإنسان مكّنه في هذه المجالات استخدام التقانات الحديثة المتطورة للمساهمة في حل العديد من المشاكل البيئية .وفي نفس الوقت برزت آثاراً سلبية رافقت هذا التطور والنمو. فقد ازدادت النفايات الصناعية وبأنواعها المختلفة وساهمت في تلويث البيئة بأنواعها اليابسة منها والمائية فضلاً عن الهواء. وكما موضح في الجدول (9-1) ان جملة من هذه التناقضات التي أوجدت أزمة حقيقية بين الإنسان وبيئته ويبقى الحل الأوفق هو ضرورة التعايش مع هذه التناقضات بالشكل الذي يؤدي إلى الحد من تلوث البيئة. علماً بأن التقدم التقني يرافقه عادةً الكثير من الأزمات الصحية الاجتماعية والنفسية للإنسان فضلاً عن الكائنات الحية الأخرى.

الجدول (9-1):

الأزمة بين الإنسان وبيئته بسبب وجود عدد من التناقضات

الطرف الأول		الطرف الثاني
التقدم التقني ازدياد السكان التوسع الحضري		محدودية النظم البيئية الطبيعية في: المساحة الانتاجية القابلية على تحمل الضغط
التأثيرات	←	النتائج
التلوث بأشكاله سوء استغلال الموارد الطبيعية التوسع الحضري التقني على حساب البيئة الطبيعية	←	تعرض الحياة للخطر تدهور النظم البيئية وتقلص مساحتها التصحر الجوع
الحل: التوفيق بين التناقضات		

9-5:الاتجاهات الحديثة في علم البيئة

ومما تقدم في زيادة المشكلات البيئية في العالم فقد حث علماء البيئة في دراسة المشكلات المستعصية لأجل البقاء ومن أجل حياة أفضل فضلاً عن المساواة والعدالة الاجتماعية لكل بني البشر من حيث استحقاقهم للموارد الطبيعية من الكرة الأرضية التي هي ملك الكل بمياهها وأراضيها وثرواتها وهوائها. وقد بدأ المتخصصون في البيئة بالتفكير وإيجاد السبل والحلول السليمة وتوضيح الآفاق المستقبلية من هذه الناحية أسوة بزملائهم علماء الزراعة والطب والهندسة وغيرهم . ونتيجة لتكاثف الجهود للعلماء بمختلف التخصصات من ضمنها البيئة فقد اقدم الإنسان على زيادة الغلة من المحاصيل الزراعية الثروة الحيوانية والقضاء على الأمراض كالحصبة والتيفوئيد والملاريا والجدري والكوليرا،واستكشاف الجزر في الكرة الأرضية والرحلات المكوكية والفضائية. وهذه الاتجاهات وغيرها من أجل توفير بيئة مناسبة للإنسان.

كما إن التنقيب المستمر لإكتشاف النظم البيئية وتحديد الخلل الموجود الذي يمكن أن يتواجد مستقبلاً في دورات العناصر أو المركبات من جهة وإيجاد واختيار النوع المناسب في النظام البيئي وخلق العوامل الملائمة لنموه من جهة أخرى، واكتشاف الأنواع الضارة والحد من وجودها خدمة لتوفير الغذاء وموارده المختلفة.

قد برز في الآونة الأخيرة موضوع التنوع الأحيائي Biodiversity والاهتمام بالأنواع التي في طريقها إلى الانقراض ومحاولة الإنقاذ لبعض منها والتعرف على الفلورا Flora والفاونا Fuana للمناطق المختلفة وصولاً إلى التوازن الطبيعي في البيئة مما يدعم توفير العناصر الضرورية في الحياة. ويسعى الإنسان إلى استكشاف أعماق البحار والمحيطات بعد أن توفرت الوسائل والتقانات اللازمة للنزول في الأعماق لعدة كيلو مترات واسترجاع هذا المخزون الهائل من العناصر والمركبات إلى حالة فاعلة يستفيد منها النظام البيئي ككل. وهناك على سبيل المثال محاولة لاسترجاع الفوسفور من أعماق البحار الذي اختزل في العقود الثلاث الماضية بشكل ملحوظ على سطح الكرة الأرضية.

بدأ الإنسان بشكل أكثر جدية بالاهتمام الواضح بالموارد الطبيعية كالمراعي والبحيرات والأنهر، وإيجاد البدائل. وعلى سبيل المثال تم اختيار سمك الكارب الغني بالبروتين والذي يتميز بقابليته الواضحة للتكاثر المفرط والنمو السريع من جهة واعتماده على ما يتواجد في المسطح المائي سواء بحيرة أم نهر من مواد غذائية فضلاً عن تحمله العالي للظروف البيئية الصعبة المتمثلة بارتفاع درجات الحرارة ونقص الأوكسجين المذاب. وقد تم استخدامه بديلاً للبروتين بخاصة في البلدان النامية مثل جنوب شرق آسيا. وهناك نشاط واضح في نقله إلى بلدان مماثلة أخرى وذلك للحد من الجوع وإيجاد البدائل الغذائية. كما إن هذا المثال ينطبق كذلك في اختيار أنواع أخرى من الأحياء للحد من الأمراض والآفاق كما حدث في اختيار أسماك البطريح Gambusia للقضاء على يرقات البعوض الناقل للملاريا.

لزيادة الوعي البيئي للإنسان بدأ التفكير في عمل الأحزمة الخضراء حول المدن الكبيرة وزراعة الأشجار دائمة الخضرة للحد من تأثير الرياح من جهة وتوفير الأوكسجين اللازم من جهة أخرى والعمل على تقليل تركيز ثنائي أوكسيد الكربون لتقليل ظاهرة

الاحتباس الحراري. فضلاً عن إنشاء المزارع الصناعية والبيوت الزجاجية والتي تعد وسائل لتوفير العوامل البيئية المساعدة لزيادة الإنتاجية.

إن ايجاد البدائل وتوفير المأوى والغذاء للكائنات الحية والمحافظة على بعض الأنواع من الانقراض لا تقل أهمية عن ما تم ذكره أعلاه. كما أن استكشاف وتحديد دلائل التلوث قبل حدوثها من الأمور التي بدأ الاهتمام بها وكذلك العمل الجاد في الحد من التلوث واستصلاح النظم البيئية عند تلوثها. وعلى سبيل المثال ما حدث في نهر التايمس في أوروبا بسبب التلوث العضوي والمجاري حيث نفذت أسماك السلمون من النهر والتي هي من الأحياء المائية الحساسة للتلوث وذلك لمدة أكثر من ربع قرن. وبعد جهود علماء البيئة بدأ هذا النوع من الأسماك بالظهور والزيادة بصورة ملحوظة في نفس النهر.

يحاول الإنسان جاهداً التوصل إلى الوسائل التي تؤدي للحد من تلوث البيئة فقد تطورت استعمالات المرشحات Filters في المعامل التي تقذف بملوثاتها الغازية على الجو كما يحدث في معامل الأسمنت مما أدى إلى تقليل كمية الغبار والذي يحتوي على أكاسيد الكبريت واسترجاعها. وبدأ الإنسان في تخطيطه للمدن الأخذ بنظر الاعتبار الأسس البيئية في إنشاء وانتشار المعامل والمصانع والأخذ بالاعتبار اتجاه الرياح والقرب أو البعد عن المناطق السكنية والمياه السطحية وغيرها. كما تم التوصل إلى تشريع قوانين صارمة بشأن التخلص من الفضلات الصلبة والسائلة والغازية وغيرها. واعتماد التقنيات الحديثة في تصفية المياه واستخدامها للشرب. وتكاتفت الجهود ي معالجة ما ينجم من مشاكل عند تخلخل طبقة الأوزون أو ارتفاع تراكيز ثنائي أوكسيد الكربون والتحذير من ارتفاع درجات الحرارة في المستقبل لما لها من آثار سلبية في البيئة.

إن التطـور الهائـل فـي الـنظم المعلوماتيـة والحاسـوب والاتصـالات والاسـتعانة بالأقمار الاصطناعية في رصد الظواهر البيئية المختلفة والتقانات الحديثة المبتكرة ونحن في مقتبل القرن الحادي والعشرين سيقود حتماً علماء البيئة بالاستعانة بها للسعي بتوفير بيئة أفضل لسعادة الإنسان.

الفصل العاشر

المناطق البيئية

Ecological Regions

10-1: المقدمة

تتألف المناطق البيئية من مجمل المجتمعات الأحيائية Biotic communities والتي تضم جماعات الكائنات الحية Population لمنطقة معينة وقد تكون هذه المنطقة ممثلة بعدة مواقع مختلفة على الكرة الأرضية. وبعبارة أخرى يقصد بالمنطقة البيئية بأنها يمكن أن تشمل مجموعة من النظم البيئية Ecosystem . كما أن عدداً من المناطق البيئية سوف تشكل المحيط الحيوي Biosphere.

تتخذ المجتمعات الأحيائية تنوعاً كبيراً في الأشكال فإنها تشمل الغابات بأنواعها والصحاري بأنواعها والمسطحات المائية بأنواعها وهكذا . وبما أن الكرة الأرضية تغطيها المياه بأكثر من 70% من مساحتها السطحية لذا يمكن تقسيم المناطق البيئية إلى مجموعتين رئيسيتين وهما:

أولاً: المناطق البيئية البرية Terrestrial Ecological Regions

ثانياً: المناطق البيئية المائية Aquatic Ecological Regions

ولكل من هاتين المجموعتين عدد من المناطق الفرعية كما أن لكل مجموعة عدداً من الأنظمة البيئية Ecosystems التي تشمل المكونات الحية وغير الحية. وتتعرض هذه الأنظمة إلى العديد من التغيرات ومن أهمها تلك التي بسبب الأنشطة البشرية المختلفة بخاصة تلك التي تكون قريبة من التجمعات السكانية والصناعية الكثيفة . وللتعرف على خواص هذه الأنظمة البيئية المختلفة لا بد من التعرف ابتداءً إلى المناطق الفرعية التي تكون كل مجموعة من المجموعتين وكما سيرد شرحه.

10-2: المناطق البيئية البرية

تهدف الدراسات البيئية للمناطق البرية إلى تفهم الأنظمة البيئية في اليابسة من تنظيمات المجتمعات والسكان والتعاقب البيئي والإنتاج وغيرها. ويطلق على هذه الدراسة كذلك ببيئة اليابسة Terrestrial Ecology.

رغم أن اليابسة لا تشكل سوى ربع مساحة الكرة الأرضية تقريباً إلا أن المناطق البيئية فيها أكثر تنوعاً وتشابكاً من المناطق البيئية المائية. ويساهم تنوع العوامل المناخية كالأمطار والرياح ودرجة الحرارة وأشكال سطح الأرض Topography

وخواص التربة وغيرها في تشكيل عدة مناطق فرعية في بيئة اليابسة. وبذلك تتشكل مناطق ذات خصائص جغرافية متشابهة تعرف بالأقاليم الحياتية Regional Biomes حيث يتشابه عدد من الكائنات الحية كالنباتات والحيوانات في تكوينها وصفاتها وتوزيعها في تلك المناطق.

فالإقليم الحياتي إذن هو نتيجة لتفاعل المناخات الإقليمية كالعوامل البيئية غير الحياتية مع مجموعة الأحياء الإقليمية . ويمثل الإقليم الحياتي عموماً منطقة حياتية Biotic Zone.

هناك عدة اتجاهات في تصنيف التجمعات الحياتية البرية وتستخدم النباتات في مثل هذا التصنيف وذلك كون النباتات من عناصر التجمعات الحياتية البرية الثابتة في المنطقة. لذا فإن النباتات في اليابسة تواجه وتعاني التغيرات الكبيرة والسريعة في درجات الحرارة قد تكون يومية أو فصلية، فضلاً عن تعرضها أحياناً إلى جفاف شديد مما يصبح عامل الرطوبة عاملاً محدداً Limiting factor حيث قد يصل إلى حالة يؤثر كثيراً في نمو النباتات ويحدد من نشاطه كما هو الحال في الصحاري.

عند التطرق إلى العوامل البيئية غير الحياتية يلاحظ أن درجة حرارة المحيط الجوي Atmosphere تقل نصف درجة مئوية لكل خط عرض باتجاه الشمال. أما الضوء فإن وصوله إلى اليابسة يختلف حسب نوع الغطاء النباتي. فعلى سبيل المثال في الغابات الاستوائية الممطرة التي يصل هطول الأمطار فيها إلى أكثر من 4000 مليمتر سنوياً، حيث ينفذ ضوء قليل إلى أرضية تلك الغابات . كما أن المادة العضوية تتراكم نتيجة لعمل المحللات Decomposers كالبكتيريا والفطريات في تحلل الأوراق والسيقان وبقايا أجسام الحيوانات الميتة على سطح التربة. في حين يلاحظ في المناطق الصحراوية أن الضوء وبكمية كبيرة يصل التربة، وتكون كثافة الغطاء النباتي قليلة جداً فضلاً عن قلة المادة العضوية في تلك المناطق.

لذا يتضح أن المتغيرات في درجة الحرارة وشدة الإضاءة وسقوط الأمطار وغيرها من العوامل غير الحية لها آثار واضحة في انتشار الكائنات الحية وتوزيعها في المناطق المختلفة. كما أن هناك اختلافات في المواقع البيئية لخطوط العرض العالية والارتفاعات العالية. فعلى سبيل المثال يكون الإشعاع الشمسي في الجبال أكثر كثافة

وبما أن بخار الماء في المحيط الجوي يقع بمستوى أقل من 2000 متر فيلاحظ أن الجبال في الليل غالباً ما تكو أكثر برودة من تلك التي في الارتفاعات الأقل والواقعة على نفس خط العرض. لذا يتوجه المصطافون إلى المناطق الجبلية.كما أن هناك تغيراً موسمياً واضحاً في طول النهار لدرجة الحرارة بالقرب من القطبين مقارنة بالتغير النسبي القليل بالقرب من خط الاستواء. وغالباً ما توجد تغيرات في درجة الحرارة من منحدر لآخر لأي جبل.وعلى سبيل المثال في جبال أزمر شمال العراق التي تغطيها الغابات من جهة بينما تكون عارية من الجهة المقابلة المعرضة للرياح الموسمية.

في خطوط العرض الوسطى لنصف الكرة الأرضية الشمالي على سبيل المثال، تصل أشعة الشمس إلى المنحدرات الجنوبية والقريبة من الجبال في الشتاء.وغالباً ما تكو هذه المنحدرات جافة أكثر من المنحدرات الشمالية والشرقية لنفس الجبال. أما في الصيف فتكون الشمس أكثر حرارة في فترة ما بعد الظهر مقارنة مع فترة الصباح بسبب النقص الحاصل ببخار الماء في الجو.

كما هو معروف فإن وجود أي تجمع نباتي في منطقة معينة سيرافقه تجمع حيواني معين في ظروف جغرافية متجانسة تميز الوسط البيئي لذلك التجمع. لذا فإن الوحدة التصنيفية الأساسية المستخدمة فيها هي التجمع أو الإقليم النباتي Plant biome الذي يمثل أية مجموعة نباتية ذات تركيب محدود ومظهر متجانس نامية في موطن يمتاز لظروف بيئية متجانسة. كما أن التجمع الحيوي لا يشمل فقط نباتات الذروة Climax vegetation وإنما يشمل أيضاً النباتات التي في طور التغير السريع من التعاقب للوصول إلى مرحلة الذروة فضلاً عن التجمع النباتي المستقر. واعتمادا على ما تقدم يمكن ملاحظة عدد من التجمعات الحياتية في بيئة اليابسة كما موضح في الشكل (10-1). ستتم مناقشة هذه التجمعات من خلال التطرق إلى أنواع الأقاليم الحياتية الرئيسة في بيئة اليابسة.

10-3: الأقاليم الحياتية Biomes

يعرف الإقليم الحياتي أنه عبارة عن منطقة ما من سطح الكرة الأرضية والتي تشمل التجمعات النباتية والحيوانية لتلك المنطقة وتخضع لظروف بيئية متماثلة. وتعد التربة والمناخ من أهم الظروف البيئية التي تؤثر في أنماط الحياة وبدرجات متباينة باختلاف نوع الكائن.فالنباتات الطبيعية مثلاً تتأثر بصورة مباشرة بالعوامل البيئية في حين تكون الحيوانات أقل تأثراً من النباتات بسبب قدرتها على الحركة والانتقال إلى منطقة أخرى، كما أن بعضها تقوم بهجرة موسمية من إقليم إلى إقليم آخر حسب الظروف البيئية كالحرارة والجفاف على سبيل المثال.لذا فإن تواجد الكائنات الحية في إقليم ما يعتمد على ما يتوفر من ظروف بيئية ملائمة. فعندما يكون الماء عاملاً محدداً Limiting factor لنمو النباتات كما هو الحال في الصحاري فإن النباتات التي تسود تلك التي تقاوم مثل هذه الظروف مثل نباتات الصبير. وكذلك الحال في الحيوانات فيلاحظ تواجد الجمال والجرابيع التي هي الأخرى تقاوم قلة توفر المياه. في حين عند توفر الرطوبة بكثرة فيلاحظ تواجد الغابات وتكون بعض المستنقعات فضلاً عن تواجد الحيوانات المتكيفة للأشجار الكبيرة مثل أشجار البلوط واللوز والجوز ومنها ما تكون متسلقة كالدببة والقرود على سبيل إضافة إلى الطيور والأفاعي.

مما تقدم يمكن أن يلاحظ وجود ثلاثة أقاليم رئيسة عندما تؤخذ الرطوبة بوصفها عاملاً محدداً وهي الصحاري والحشائش والغابات. ومن جهة عند أخذ عامل الحرارة بنظر الاعتبار فيمكن تقسيم الغابات على سبيل المثال إلى الغابات الباردة والغابات المتعادلة وهكذا.

سيتم استعراض أهم الأقاليم الحياتية وكالآتي:

10-3-1 أولاً: الصحاري Deserts

تعد الصحاري مناطق قاحلة باعتبارها من أكثر النظم البيئية جفافاً. وتكون معدلات سقوط الأمطار فيها منخفضة لا تتعدى 200 مليمتر سنوياً. كما أن معدلات التبخر تفوق كمي الأمطار فضلاً عن ارتفاع في معدلات درجات الحرارة. وتتباين الصحاري في درجات الحرارة خلال اليوم والفصول حيث ترتفع درجات الحرارة اثناء النهار أو الصيف ارتفاعاً واضحاً تزيد عن 35 درجة مئوية وقد يصل إلى أكثر من 50

درجة مئوية ،وتنخفض ليلاً أو خلال فصل الشتاء. وتستقبل الترب الصحراوية حوالي 90% من كمية الإشعاع الشمسي أثناء النهار وتفقدها بسرعة كحرارة أثناء الليل وذلك لعدم توفر غطاء نباتي كثيف يمنع فقدان الحرارة مما يجعل الفروقات في درجات الحرارة كبيرة خلال اليوم الواحد. وتمثل عدة مناطق في شبه الجزيرة العربية وكذلك المنطقة الجنوبية الغربية في العراق أمثلة لهذا الإقليم.

بسبب قلة الأمطار في الصحاري فإنها تكون جافة. فقد لا يهطل المطر على مدى عدة سنوات. وعلى سبيل المثال لم تسقط أي أمطار في إحدى هذه المناطق الصحراوية في تشيلي ولفترة أكثر من عشرين سنة. لذا تكون مثل هذه المناطق خالية من تواجد الكائنات الحية ولمساحات كبيرة. ومثال آخر هو الصحراء الكبرى جنوب ليبيا حيث هناك مئات الكيلومترات المربعة دون أي نبات حي أو أي كائن حي آخر.وجهة أخرى يمكن تواجد بعض الموارد المائية الناتجة من الأمطار الوقتية أو المياه الجوفية وبذلك يمكن أن يكون لها مجتمعات حياتية ذات كثافات مختلفة تبعاً لهذه الموارد المائية ومثال على ذلك الصحراء الجنوبية في العراق في منطقة الزبير وصفوان حيث تتوفر المياه الجوفية بشكل كاف مما تم استغلال المنطقة في إنشاء حقول زراعية لزراعة بعض أنواع الخضر كالطماطة والبصل وغيرها.

تشكل الصحاري بحدود 18% تقريباً من المساحة السطحية للأرض. ويمكن الاستفادة من الصحاري باستخدام التقنيات الحديثة كاستخدام الطاقة الشمسية مصدراً للطاقة أو استثمار المياه الجوفية لتوفير موارد مائية لدعم نمو الكساء الخضري والقيام بعمليات تشجير بعض النباتات المقاومة للجفاف للحد من التصحر Desertification وتثبيت الترب الصحراوية.

في البيئة الصحراوية يكون الكساء الخضري عادة غير كثيف ويتأثر بسبب قلة الموارد المائية .وتقع المنطقة الصحراوية بحدود 20–30 درجة شمال خط الاستواء North latitude وحدود 20–30 درجة جنوب خط الاستواء South latitude أيضا. لذا إن البيئة الصحراوية تنحصر بين هذين الحزامين عند مدار السرطان Tropic of cancer ومدار الجدي Tropic of Capricorn.

عند تتبع الكساء الخضري يلاحظ أن النباتات تكون عشبية وأحيانا شجيرية متكيفة لظروف الجفاف ومن أهم صفاتها المظهرية والتشريحية هي صغر في مجموعها الخضري Shoot system وكبر مجموعها الجذري Root system حيث يكون الجذر عميقا بحثا عن الماء. كما تلاحظ طبقة الأدمة Cuticle الشمعية السميكة تحيط ببشرة الأوراق والسيقان لمنع فقدان الماء من الجسم النباتي فضلا عن وجود الثغور الغائرة Sunken stomata واختزال في المساحة السطحية للأوراق وتحويرها على هيئة أشواك أو أشكال إبرية كما هو ملاحظ في نبات العاقول Alhagi maurorum ونبات الكبر (خرنوب) Capparis spinosa ونبات الشوك Prosopis stephanian. أو تحورها على هيئة حراشف كما في نبات الرمث Haloxylon salicoricum . كما أن بعض النباتات الصحراوية تحوي على الأنسجة العصارية ذات المحتوى العالي للماء مثل الصبيرات .Opantia spp

إن معظم النباتات الصحراوية تكون حولية Annuals حيث تقضي النباتات الفصول الجافة والحارة بهيئة بذور والتي تقاوم الجفاف، وعند توفر الرطوبة أثناء سقوط الأمطار يتم إنبات هذه البذور وينمو النبات بسرعة ويكمل دورة حياته أي يكون الأزهار والبذور قبل حلول فصل الجفاف وبذلك يكون موسم النمو قصيراً جداً تفادياً للظروف غير الملائمة لنموه. كما قد تتواجد النباتات المعمرة Perennials في المناطق الصحراوية والتي تمتلك جذوراً عميقة في التربة لتصل المياه الجوفية. وقد تكون هذه النباتات المعمرة نفضية Deciduous أو دائمة الخضرة Evergreen لكنها في الحالة الأخيرة يجب أن تمتلك تكيفات للبيئة الجافة كالأدمة السميكة والأوراق مختزلة المساحة والثغور الغائرة ووجود الشعيرات البشرية للتقليل من عملية النتح Transpiration . كما هو الحال في نباتات العاقول والشوك والرمث.

أما عن الحيوانات، فإن الأنواع السائدة في الصحاري تشمل الأنواع الحفارة والأنواع الليلية من القوارض والزواحف كالأفاعي والحشرات والأرانب. وتعد الحشرات والحيوانات الأخرى ذات الدم الحار أفضل الحيوانات التي تتكيف لهذا الإقليم الحياتي. وتتكيف بعض الحيوانات للمناطق القاحلة بعدة طرق. فبعضها يختزن الماء في جسمه كما في الجمال Camels التي تشرب كميات كبيرة من المياه عند توفره وتحتفظ به في

جسمها. وبعض الحيوانات تفرز بولاً مركزاً وبرازاً جافاً ، والآخر يمتص الماء من النباتات العصارية. ومن خصائص بعض الحيوانات الصحراوية أيضا التمويه حيث أن لونها يماثل لون التربة والصخور المحيطة كما هو الحال في الزواحف والعظايا والأفاعي والسحالي. وتقوم بعض الحيوانات بالوقاية من الدرجات الحرارية المتطرفة وجفاف هواء الصحراء وذلك خلال معيشتها تحت سطح التربة خلال ساعات النهار والتجوال أثناء الليل.

وتمتلك معظم الحيوانات التي تعيش في ظروف الصحراء تكيفات استثنائية للحفاظ على الماء. وعلى سبيل المثال قوارض الصحراء مثل العضل Gerbillus sp. و Tatera sp. والفأر الكيسي Perognathus sp. والجرذ الكنغر Dipodomys sp. التي تستخدم الماء الأيضي. فهي لا تحتاج إلى ماء حر، لكنها تحصل على ما تحتاجه من الماء عن طريق التحليل الأيضي للكربوهيدرات إلى ثنائي أوكسيد الكربون والماء خلال عملية التنفس الهوائي. كما إن العديد من العنكبوتيات Arachnids كالعقارب والعناكب وكذلك الحشرات تمتلك أغطية شمعية وأنها تقلص من كمية الماء المفقود عن طريق الأدمة. وبعض الحيوانات تلجأ إلى السبات الصيفي Aestivation كالسنجاب الأرضي Ground squirrel . وفي الأنواع التي تعيش في المناطق الباردة مثل أمريكا الشمالية فإنها تلجأ إلى السبات الشتوي Hibernation وذلك لتخطي الظروف البيئية القاسية في كلتا الحالتين. علما بأن ظاهرة السبات الصيفي لا تقتصر على اللبائن بل تشمل قوارض وحيوانات أخرى مثل بعض الطيور والحشرات.

ثانياً: الصحراء الباردة (التندرا) Tundra

كلمة التندرا تعني السهل الغدق في اللغة الروسية وهذا يصف جيداً معظم المناطق المستوية الغدقة التي تقع خلف خط الأشجار في كلا المنطقتين الأوروبية الآسيوية والأمريكية القطبية. وتحتل بيئة التندرا مساحة تصل إلى 10% من مساحة اليابسة وتشكل أوسع مساحة لها في النصف الشمالي للكرة الأرضية.حيث يندر وجودها في نصف الكرة الجنوبي بسبب كون القطب الجنوبي مغطى بصورة كلية بالثلوج تقريباً ورغم كل هذا فإنه توجد مساحات صغيرة منعزلة تحوى على غطاء نباتي يماثل ذلك الذي في التندرا القطبية وهذه المناطق هي جزيرة ماكوري جنوب نيوزيلاندة وجزر الكيركولين في

الجزء الجنوبي البعيد من المحيط الهندي وفي جنوب جيورجيا في جنوب المحيط الأطلسي.

يحتل هذا الإقليم حوالي 40% من مساحة الاتحاد السوفيتي سابقاً فضلاً عن امتلاك كل من كندا والنرويج إلى مساحات واسعة منها. وتعد منطقة الحزام الواقعة ما بين خط الغابات الصنوبرية في شمال آسيا وأوروبا وشمال أمريكا وجنوب منطقة الثلوج الدائمة والدائرة القطبية من أهم مناطق التندرا.

إن قلة أو فقدان أشعة الشمس شتاءً ومصحوبة باستمرارية فقدان الحرارة من الأرض عاملان يجعلان المناخ بارداً جداً حيث تنخفض درجات الحرارة إلى (−50) درجة مئوية، في حين تصل إلى (35) درجة مئوية في فصل الصيف الذي يكون قصيراً. لذا فإن نشاط الكائنات الحية يقتصر بصورة عامة على مدة محدودة في السنة تمتد من نهاية شهر مايس ولغاية بداية شهر أيلول التي خلالها تبدأ مياه التربة المتجمدة بالذوبان أثناء فصلي الربيع والصيف ولعمق لا يتجاوز غالبا عن (50) سنتمتراً. وتبقى الطبقة السفلية للتربة متجمدة طيلة أيام السنة وتسمى بالطبقة المنجمدة الدائمية أو الجمد السرمدي Permaforest. لذا فإن سمك التربة الذائبة غير المنجمدة Thowed soil يكون محدوداً بالعمق أعلاه.كما أن التربة تعد من الترب الفقيرة. علماً أن معدل الهطول Precipitation يقدر بحوالي 25 سنتمتر منها 20 سنتمتر من المطر والباقي بهيئة جليد أو ثلج Snow.

تكون النباتات السائدة هي الأشنات (اتحاد الطحالب والفطريات) وتدعى أشنة الرنة، والحشائش ونباتات السعد والبردي القطبي وغالباً ما تخترق جذورها المنطقة السفلى المتجمدة من التربة. كما تتواجد نباتات الصفصاف القزمية .Salix sp والتوت البردي .Vaccinium sp التي تعد من الشجيرات القزمية التي لا يتجاوز ارتفاعها عن المتر في المناطق الرطبة من التندرا. وخلال فترة الصيف القصيرة يكون موسم الإزهار مفاجئاً وبهيج الألوان. وتكون الخضرة مبطنة بكتلة إسفنجية سميكة من النباتات الميتة غير المتفسخة. كما يكون فعل البكتيريا بطيئاً بسبب درجات الحرارة المنخفضة.ولا يتعدى عدد الأنواع مقارنة بأكثر من 100000(مئة ألف) نوع في المناطق الاستوائية.

أما عن الحيوانات فإنها متمثلة بأنواع قليلة نسبياً تشمل الثدييات والطيور والحشرات الطيارة. وتشمل الثدييات السائدة أيل الكاريبو Rangifer arcticus أو أيل الرنة (Rengifer tarandus نوع أليف من أيل الكاريبو) ،وثور المسكMuskox والتي بدأت أعدادها تتقلص في الوقت الحاضر. فضلاً عن آكلات اللحوم Carnivores كالذئاب Wolves والثعلب القطبي Alopex lagopus. كما تتواجد الأرانب الثلجية وبعض القوارض Rodents. وتتضمن الطيور السائدة الترمجان Lagopus lagopus والطير ذا الشوكة الطويلة .Calcarius sp وطير شبيه بالعصفور والبومة الثلجية Nyctea nyctea . كما تغزو إقليم التندرا في فصل الصيف القصير أعداد ضخمة من الطيور المهاجرة مثل طيور الماء كالبط والإوز والتم وطيور الشاطئ التي تتكاثر بسرعة وتربى صغارها قبل حلول الشتاء القاسي. وكذلك البطريق Auk التي هي من الطيور المتواجدة في المناطق المنجمدة وتتميز بخلوها من الريش. كما تتواجد حيوانات الفقمة أو عجل البحر Seal التي تعود إلى اللبائن المائية ويكثر وجودها في البحار المنجمدة الشمالية. أما الحشرات فإن غالبيتها يعود إلى رتبة ثنائية الأجنحة القاضمة والذباب الأسود والبعوض.

خلال فصل الشتاء المظلم البارد تكون الحياة معدومة نسبياً في منطقة التندرا. فالنباتات تكون غير فعالة وتبقى الحيوانات على قيد الحياة إما بالاختفاء بالحفر تحت الثلج أو الجليد أو بالهجرة إلى مناطق ذات ظروف بيئية أكثر ملائمة.

يمكن ملاحظة مجتمع التندرا في المناطق المعتدلة وذلك إلى ارتفاعات عالية بين 3000–4000 متر والتي تتواجد فيها الأنواع القطبية للنباتات والحيوانات اللافقارية كما هو الحال في جبال روكي وجبال الألب.

60-1 ثالثاً: الغابات Forests

تتباين الغابات بتوزيعها ونوعيتها على وفق الظروف المناخية المختلفة وصفات التربة. وتغطي مناطق الغابات حوالي ثلث مساحة اليابسة. وللغابات أهمية كبيرة في تنقية الأجواء من غاز ثنائي أوكسيد الكربون الجوي حيث إن هذا الغاز بدأ بالزيادة في العالم ويعد من الملوثات لذا فإن للغابات أهمية في هذا المجال خلال أخذها لهذا الغاز

وتثبيته في النباتات على هيئة مركبات عضوية خلال عملية البناء الضوئي. فضلاً عن إطلاق كميات مماثلة من غاز الأوكسجين خلال نفس العملية أي البناء الضوئي.

تعد الغابات مصدات طبيعية جيدة للرياح. كما أن لها دوراً واضحاً في التقليل من الفروقات بين مديات درجات الحرارة اليومية أو الفصلية. كما أن ترب الغابات تكون غنية بالمادة العضوية من جراء تساقط الأوراق وأغصان النباتات واستقرارها على سطح التربة مما يؤدي إلى حماية التربة من الانجراف بمساعدة جذور الأشجار الكثيفة والممتدة في أعماق التربة.

لذا فإن المحافظة على الغابات وتنميتها واجباً لكل دول العالم التي تملك هذه المناطق وضرورة التنسيق في استخدامها لحاجة الإنسان في الصناعة أو توليد الطاقة وغيرها وذلك من خلال تعويض الأشجار المستخدمة بشتلات جديدة والاستغلال الحكيم لهذه الثروة الطبيعية. علماً بأن الفترة الزمنية اللازمة لتجديد الغابات تتباين حسب نوعيتها وتحتاج عشرات السنين لذلك.

يمكن التطرق إلى الأنواع الرئيسة من أقاليم الغابات وكما يأتي:

1- إقليم الشجيرات البلوطية دائمة الخضرة

تتميز هذه المنطقة بالجفاف معظم فصول السنة بخاصة في فصل الصيف. وتكون معدلات درجة الحرارة السنوية بين 5–18 درجة مئوية. كما أن سقوط الأمطار يكون في فصل الشتاء وبكميات متوسطة.

من النباتات التي تتواجد في هذا الإقليم الأشجار دائمة الخضرة وذات أوراق صغيرة الحجم ومغطاة بطبقة شمعية للحد من فقدان الماء فضلاً عن وجود الجذور الممتدة في أعماق بعيدة في التربة. وبسبب احتواء أوراق الأشجار على تراكيز عالية من المواد الشمعية والفينولات وتجمع المادة العضوية على سطح التربة فإن هذه الظروف تساعد في اندلاع الحرائق وذلك لتراكم المادة العضوية والأوراق المتساقطة ذات القابلية للاشتعال من جهة وارتفاع درجات الحرارة نوعاً ما في فصل الصيف والأنشطة البشرية والترويحية من جهة أخرى. وتحدد الحرائق من نمو الفطريات والحشرات لكنها تساهم في تدوير العناصر المعدنية في التربة. ومن أهم حيوانات هذا الإقليم هي الزواحف والطيور والحشرات.

يتواجد هذا الإقليم في الغابات الموجودة في العراق وحوض البحر المتوسط وجنوب كاليفورنيا ووسط شيلي وجنوب استراليا.

61-1 2- إقليم الغابات الاستوائية المطيرة Tropical rain forests

يسود إقليم الغابات الاستوائية الرطوبة العالية والحرارة العالية لذا فهي لا تتعرض إلى الجفاف أو برودة الشتاء. ونتيجة لذلك فإنها تكون غنية بالأنواع النباتية.وتوجد هذه الغابات ضمن مدار السرطان ومدار الجدي (بين خطي عرض 27 و 23 شمالاً وجنوبا) في مناطق يكون فيها معدل سقوط الأمطار بين 1500-4300 مليمتر مما يزيد من الرطوبة النسبية Relative humidity إلى 75-80%. كما أن معدل درجات الحرارة السنوي لا يقل عن 20 درجة مئوية مما يجعل من هذه الظروف المناخية ملائماً لنمو النباتات وتكون الإنتاجية عالية جداً مقارنة مع الأقاليم الأخرى (الجدول 10-1).

يتواجد إقليم الغابات وسط أمريكا الجنوبية ويقع أوسعها في غابات الأمازون، ووسط إفريقيا كغابات الكونغو، واستراليا وجنوب شرق آسيا التي تمتد بين سيلان في الجزء الشرقي من الهند إلى تايلاند والفلبين وجزء كبير من ماليزيا، وتقدر مساحتها بحوالي 34.3% من مساحة الغابات الطبيعية في العالم.

جدول (10-1)

الإنتاجية (غرام كربون بالمتر المربع سنويا) للنظم الحياتية المختلفة

(غرايبة والفرحان 1987)

النظام الحياتي	متوسط الإنتاجية
الشجيرات الصحراوية	32
التندرا	65
الحشائش المتوسطية	225
السفانا (الحشائش الطويلة)	315
الغابات النفضية المتوسطة	540
الغابات المدارية المطيرة	900

هناك نوعان من الغابات الاستوائية هما:

أ. الغابة المغلقة Closed forest

يصل ارتفاع الأشجار في مثل هذه الغابات إلى ما يقارب من 60 مترا ويسود هذا النوع من الغابات في المناطق الاستوائية وتتميز في هطول الأمطار بمعدلات عالية جدا.

ب. الغابة المفتوحة Open forest

في هذا النوع من الغابات يصل ارتفاع الاشجار إلى 20 متر تقريبا. وتتواجد هذه الغابات في المناطق التي تقل معدلات أمطارها عن ما هو في الغابات المغلقة عادة.

تكون الأشجار في الغابات الاستوائية الممطرة متجانسة الهيئة وبصورة عامة يكون تفرع الأشجار في أجزائها العلوية من الغابة. وغالباً ما تكون للأشجار دعائم في قاعدة الجذع خلال وجود الجذور السطحية التي تعطي دعماً وارتكازاً أكثر لها,وتكون الغابات الاستوائية أحيانا كثيفة في أشجارها حيث تحجب أشعة الشمس عن تربة الغابة مما يجعل من الضوء عاملاً محدداً Liming factor لنمو النباتات عند أرضية الغابة وفي نفس الوقت تنمو نباتات الظل التي لا تحتاج إلى كميات كبيرة من الضوء.

كما تتميز تربة الغابات الاستوائية بأنها غنية بأكاسيد الحديد والألمنيوم فضلاً عن وجود الأيونات الموجبة كالبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم والصوديوم. وإن درجات الحرارة العالية والأمطار الغزيرة فضلاً عن التركيز العالي لثنائي أوكسيد الكربون تساعد على تجوية الصخور المتواجدة تحت سطح التربة بأعماق قد تصل إلى أكثر من 10 أمتار وتكون عملية تحلل Decomposition المواد العضوية في التربة سريعة جداً بسبب درجة الحرارة والرطوبة العاليتين.لذا فإن المواد العضوية لا تتراكم رغم كميتها الكبيرة التي تصل إلى حوالي 15 طناً وزناً جافاً للهكتار الواحد سنوياً.

إن ما تقدم من ظروف مناخية يشجع نمو الكائنات الحية وتنوعها حيث يلاحظ أن الغابات الاستوائية المطيرة تكون ثرية بتنوع النباتات والحيونات أكثر من ما هو في غابات المنطقة المعتدلة.وعلى سبيل المثال لا للحصر أوضحت إحدى الدراسات في غابات بنما على ثراء المجتمع الأحيائي في الغابات الاستوائية المطيرة. ويحوي هذا المجتمع على اكثر من 1200 نوع من الأشجار وأكثر من 30000 نوع من الحشرات و

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

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

salamalhelali@yahoo.com

فيس بك... كروب... رسائل وأطاريح في علوم الحياة

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

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

07807137614

310 أنواع من الطيور و 32 نوعاً من البرمائيات و 68 نوعاً من الزواحف و 70 نوعاً من الثدييات وكل هذه الأنواع تتواجد في جزيرة مساحتها 6 أميال مربعة فقط.

كما إن الغابات الاستوائية قد جهزت الإنسان بخشب الساج البرمي Tectona grandis وخشب الماهوكوني الأفريقي Khaya sp. وخشب الورد Dalbergia sp. وأخشاب ثمينة أخرى. لذا فإن الإنسان قد يتجاوز وباستمرار على الغابات هذه خلال قطع الأخشاب وإزالة النباتات للأغراض الزراعية وغيرها مما ينتج عند إزالة هذه الغابات تحولها إلى مناطق ذات أشجار وشجيرات واطئة أو مناطق السفانا المفتوحة المعرضة إلى الحرائق الموسمية.في حين إن الغابات المطيرة يصعب احتراقها بسبب احتفاظها برطوبة عالية. لذا يستوجب المحافظة على وجود مثل هذه الغابات باعتبارها من الموارد الطبيعية المهمة ذات الفوائد الكبيرة مثل تنقية الأجواء بإضافة أو طرح كميات هائلة من الأوكسجين وأخذها لكميات هائلة من ثنائي اوكسيد الكربون.

3- الغابات المخروطية الشمالية Northen coniferous forests

وتشكل هذه الغابات حزاماً يقع على ارتفاعات أقل من التندرا. وتحتل أجزاء رئيسة من الاسكا وكندا واسكندنافيا وسيبريا.وعادة تتواجد بين خطي عرض 50-60 شمالاً وتمتد في المناطق الجبلية باتجاه الجنوب. وتتميز هذه الغابات بشتاء قاس بارد وجاف ويتساقط الثلج فقط مما يؤدي إلى تكوين غطاء ثلجي دائم خلال فصل الشتاء.ويكون فصل الصيف قصيراً وممطراً إذ يبلغ معدل هطول الأمطار السنوي بحدود 350 مليمتراً، ويكون الفصل دافئاً أم بارداً نوعاً ما.

تكون تربة هذه الغابات غالباً غير سميكة وقليلة الخصوبة بسبب بطئ عمليات تجوية الصخور في درجات الحرارة المنخفضة حيث أن درجات الحرارة شتاءً تكون أقل من مثيلتها في الغابات الجبلية. كما إن بقايا الأشجار الصنوبرية تكون قليلة وبالتالي كمية أقل من المواد العضوية والنترات في التربة . ويتكون الغطاء الأرضي من الأشنات والحشائش والبردي والأعشاب المتكيفة للبرودة. ويكون التفسخ بطيئاً. وكما في حالة التندرا، فإن قاع الغابة يميل لتجميع طبقة من المواد العضوية الميتة ذات قدرة فائقة للاحتفاظ بالماء.أما عن إنتاجية هذه الغابات فتكون أقل مما هو عليه في التجمعات النباتية للغابات الأخرى.

تسود الأشجار دائمة الخضرة في هذه المنطقة وتكون أوراقها إبرية كالصنوبر Pines فضلاً عن أشجار التنوب Firs والشوكران والسبروسيات Spruces.وتتراوح الغابات المخروطية أو الصنوبرية الشمالية من غابات واطئة ذات أشجار منخفضة نوعا ما. حيث يصل ارتفاعها إلى 40 متراً. وتوجد أعشاب دائمية خاصة في الأماكن الرطبة. كما إن هناك قليلاً من الشجيرات التي يبلغ ارتفاعها حوالي متر واحد.فضلاً عن وجود الحزازيات Bryophyta. في حين لا توجد نباتات حولية.

أما الجماعات الحيوانية فتكون أكثر تنوعاً من التندرا.لكنها ما تزال تتميز بتغاير موسمي كبير وتذبذبات جماعية واسعة. وتتألف الثدييات النموذجية لهذا المجتمع من الأرانب ذي القبقاب الثلجي Lepus americanus والوشق Lynx Canadensis والسناجيب Sciurus sp. و Tamiasciurus sp. والسنسار Martes Americana والذئب Canis lupus والثعلب ذو الفراء وأيل الغابات Rangifer caribou والوعل Odocoileue sp. والدب الأسود Ursus Americana .وتشمل الطيور الأنموذجية الطهيوج المطوق Bonasa umbellus والقرزبيل Loxia sp. والسكن Spinus pinus وحشد من الطيور الجاثمة التي تأتي مهاجرة للتناسل. كما تتواجد أنواع من رتبة ثنائية الأجنحة كالذباب الأسود والبعوض وكذلك الخنافس والعث من الحشرات السائدة.

62-1 4- الغابات النفضية المعتدلة Temperate Deciduous forest

تعد الغابات النفضية الموجودة في شرق أمريكا الشمالية من أفضل هذه الغابات حيث بقيت هذه الغابات لمدة أطول لانها تشكل مصدراً أساسيا لمعيشة السكان الأصليين من الهنود الأمريكيين. علماً بأن الغابات النفضية تتواجد في النصف الشمالي أكثر من وجودها في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية ،كما تشمل غرب أوروبا ووسطها وتمتد غرباً في أمريكا الشمالية. ويكون فصل الصيف دافئاً والشتاء معتدل الحرارة ممطراً. وتتراوح كمية الأمطار الهاطلة السنوية بين 750-2500 مليمتر.

يكون وجود الأعشاب الحولية محدوداً جداً في الغابات النفضية حيث تنمو بغزارة على تربة الغابة التي يصلها الضوء بشكل مؤقت وعند ظهور الأوراق على الأشجار يبدأ الضوء في الاختزال على أرضية الغابة وحينها تكون الأعشاب الربيعية قد أكملت دورة حياتها وكونت بذوراً.كما تتوجد الحزازيات Bryophyta والاشنات

Lichens نامية على جذوع الأشجار. وفي الشتاء تكون الأشجار دون أوراق مما يختزل نشاطها.

يصل ارتفاع الأشجار النفضية إلى 50 متراً تقريباً فوق سطح الأرض. كما تتميز أشجارها بأخشاب صلبة كما في أشجار الزان Beech والبلوط Oak والاسفندان والدر دار والجوز الأمريكي Hickory والكستناء Chestnut. كما تكثر الأعشاب المعمرة Perennial herbs في هذه الغابات بخاصة تلك التي تمتلك أعضاء للخزن تحت أرضية والتي تزدهر خلال فترة سقوط الأوراق من الأشجار الكبيرة كما ذكر في أعلاه. وتعد الغابات النفضية ذات إنتاجية مقبولة لكنها أقل مستوى من إنتاجية الغابات الاستوائية الممطرة.

من الحيوانات المتواجدة في الغابات النفضية حيث الرطوبة والدفء فتشمل حيوانات لا فقارية مثل الخنافس Beetles والقواقع Snails والعناكب Araneida والنمل والأرضة Termites التي تختبئ تحت جذع أو غصن .فضلاً عن وجود حيوانات أخرى كالزواحف Reptiles والأفاعي Snakes والعضايا Lizards. فضلاً عن وجود بعض اللبائن كالفئران Mices والسنجاب Squirre والثعالب Foxes والغزلان Deers والقردة Monkeys والدببة Beers والذئاب Wolfs وهناك أيضاً تتواجد بعض أنواع من الطيور مثل نقار الخشب Wood pecker والبوم Owl والغراب Crow.

63-1 رابعا: السهوب (السفانا المدارية) Savanna

يتميز المناخ في منطقة السهوب بالحرارة الدافئة وعلى مدار السنة ولكن يتخلله فصل جاف خلال فترة الأشعة المنخفضة الذي يعد فصل البرودة بالنسبة لهذه المنطقة. وقبل بدء هطول الأمطار فإن المناخ يعد حاراً جداً لذا فإن لهذه المنطقة ثلاثة فصول وهي:

1- الدافئ الممطر
2- البارد الجاف

1-64 الحار الجاف

يعد هذا الإقليم بيئة انتقالية بين الغابات دائمة الخضرة الإستوائية الممطرة وأراضي الحشائش. ويكون هطول الأمطار شديد التقطع وأقل بكثير عادة من الغابات الاستوائية حيث تتراوح كمية الأمطار الساقطة سنويا بين 900-1500 مليمتر. كما أن هناك تغايراً واسعاً في معدلات درجة الحرارة الشهرية بسبب الجفاف الموسمي فضلاً عن قلة كثافة الغطاء النباتي Vegetation.

هذه الظروف البيئية تجعل من منطقة السفانا المدارية أو الاستوائية مراعي مفتوحة تتخللها غالباً أشجار متباعدة حيث تعد مرتعاً لرعي اللبائن والتي تمثل سمة مميزة لهذه المنطقة.وتعد هذه المنطقة من أم مناطق الرعي في العالم.

من الأمثلة لهذه الأقاليم هو ما يتواجد في شرقي إفريقيا واستراليا وأمريكا الجنوبية وجنوب شرق آسيا كما في غابات المونسون Monsoon forest. كما تشمل معظم جنوب آسيا بخاصة الهند.

يسود الغطاء النباتي في معظم أقاليم السفانا الحشائش الطويلة والتي بسببها يتعرض الإقليم بعد فصل الجفاف حيث تجف هذه الحشائش مما يسبب اندلاع الحرائق. كما تتناثر ضمن أراضي الحشائش أشجار شوكية واطئة نسبياً ذات قمة مسطحة غالباً.وهذه الأشجار قد تكون نفضية أو دائمة الخضرة والعديد منها يعود إلى العائلة البقولية. إذ أن معظم الأشجار ذات ارتفاع لا يزيد عن 10 أمتار وقد يصل بعضها 20 متراً. أما الحشائش التي معظمها نباتات معمرة Perennial فإن ارتفاعها يصل إلى المترين. وتكون إنتاجية نباتات السفانا الاستوائية عالية ومن المحتمل أن تكون أقل مما هي في معظم الغابات الممطرة الاستوائية. وتعد غذاءً قابلاً للهضم للحيوانات الكبيرة أكثر بكثير مما هو الحال في مناطق الغابات الممطرة الاستوائية.

بسبب توفر النباتات بوصفها غذاء جيداً للحيوانات في هذه المنطقة فإنه سيؤدي إلى تواجد أعداد وفيرة من الحيوانات. ومن أهم الحيوانات التي تتواجد في مناطق السفانا الاستوائية هي الفيلة والأسود والزرافات والجاموس الأمريكي والخنزير الوحشي والوعل التي تكون فريسة إلى الأسود والنمور المخططة والفهود. فضلا عن تواجد الضباع والنسور التي تقتات على الجثث الميتة.

1-65 خامساً: أراضي الحشائش (المراعي) Grass lands

تمثل أراضي الحشائش أو المروج من أكبر المناطق الزراعية في العالم لتربية المواشي وكذلك لزراعة المحاصيل كالذرة والقمح. ففي سهول أمريكا الشمالية،أدى التوسع المفاجئ للزراعة والرعي المفرط إلى تحويل المروج أو المراعي المنتجة إلى مناطق كثيرة الجفاف والعواصف الغبارية وإلى مناطق شبيهة بالصحراء في نهاية الثلث الأول من القرن العشرين. إن ما تم عمله من قبل الإنسان بالمجتمع الإحيائي للمروج هو اختزال تعقيده وتنوع نباتاته وذلك عن طريق استبدال عشرات الأنواع من النباتات الأصلية للمراعي بنوع واحد أو نوعين من المحاصيل الحقلية كالذرة والقمح.

إن معدل هطول الأمطار في منطقة المراعي يقع بين 25-75 سنتمترا سنويا وعادة يكون أقل من معظم مناطق الغابات. وتتميز الأمطار بأنها تتركز خلال فصل الصيف وتسود الحشائش التي يزيد ارتفاعها عن المتر بخاصة في المناطق الرطبة. وهي مناطق صالحة لزراعة الذرة والقمح وبقية الحبوب التي تتميز بكونها حشائش طويلة. أما مري الأعشاب القصيرة Short-grass pararies فهي تكون ملائمة لرعي الماشية.لذا فإن المجتمع النباتي لهذه المناطق تسوده الحشائش فضلا عن أعشاب أخرى بخاصة البقوليات مثل نبات الترمس Lupinus sp. والبرسيم Trifolium sp. والنفل Petalostemum sp. والبيقة Vicia sp. ونباتات العائلة المركبة Compoisite مثل نبات زهرة النجمة Aster sp. وعصا الذهب Solidago sp. وشيخ الربيع Erigeron sp. وعشبة النار Epilobium sp. وزهرة الربيع Chrysanthemum sp. ومن العائلة الحوذية Ranunculaceae مثل نبات شقائق النعمان Anemone sp. والحوذان Ranunculus sp. ونبات العايق Delphinium sp. وقد تحتوي المروج على أكثر من 120 نوعا تنتمي إلى أكثر من عشر عوائل نباتية. وتكون الأعشاب السائدة على ثلاث مجاميع:

1- أعشاب طويلة يصل ارتفاعها بحدود المترين تقريبا مثل عشب الساق الأزرق الطويل Andropogon gerardi وعشبة السوط Panicum sp. وعشبة الهندي Sorghastrum sp. .

2- أعشاب متوسطة ويبلغ ارتفاعها بين 60-120 سنتمترا وتشمل عشبة الساق الأزرق الصغيرة Andropogon scoparius وعشبة الريشة Stipa sp. وعشبة البروم Bromus sp.

3- أعشاب قصيرة والتي لا يتعدى ارتفاعها 60 سنتمترا مثل عشبة الجاموس Buchloe sp. والعشب الأزرق Poa sp. وعشبة المسكيت Bouteloua sp.

تعد منطقة المراعي منطقة إحيائية مفتوحة تتواجد ضمن المنطقة المعتدلة الشمالية North temperate zone وجزء من المنطقة المعتدلة الجنوبية South temperate zone. وتشمل هذه المنطقة كلا من البراري الأمريكية وأراضي الحشائش الجافة والسهوب الاوراسية والأفريقية والباميا في أمريكا الجنوبية. وتعد ترب هذه المناطق من بين أسمك الترب وأغناها في العالم حيث التراكم العضوي السريع لتكوين طبقة سميكة من الدبال Humus. فضلا عن جذور الأعشاب تصل إلى عمق يصل إلى مترين تقريبا في التربة.

كما أن الجماعات الحيوانية في منطقة المراعي ذات تنوع عال حيث تزدهر الثدييات ذوات الحافر والقوارض.فهناك أعداد كبيرة من الثور الأمريكي Bison bison والظبي الامريكي Antilocapra Americana وكلاب المرج Cynomys sp. والسناجيب الأرضية.Citellus sp . والمفترسات الثديية مثل حيوان القيوط Canis latrans والثعالب Vulpes sp. والغرير Taxidea taxus . وتشمل الطيور الأنموذجية كل من دجاج المروج Tympanuchus cupido وطيور الطهيوج قصير الذيل Pedioecetes phasianellus وقبرة المروج Sturnella sp. وعدة أنواع من العصافير فضلا عن وجود الحشرات بأنواع عديدة كالجراد وحشرات الجندب.

10-4: المناطق البيئية المائية

كما هو معروف أن المياه تغطي حوالي 71% من مساحة الكرة الأرضية وتتواجد هذه المياه في مسطحات مائية تختلف أنواعها وأشكالها وحجومها وخواصها البيئية فيما يخص العوامل اللاأحيائية والأحيائية فهناك المحيطات والبحار والبحيرات

والأنهار والأهوار والمستنقعات والجداول والينابيع وغيرها من المسطحات المائية الطبيعية منها والاصطناعية.

لا توجد في الطبيعة مياه نقية صافية Pure water في أي موقع من الكرة الأرضية وفي المسطحات المائية المذكورة آنفا. حيث أن المياه الطبيعية تحتوي على عدة أملاح ذائبة مختلفة وبتراكيز متباينة (الجدول 10-2). ويظهر الجدول التراكيز المختلفة بالمعدلات العامة لأنواع العناصر المختلفة المتواجدة في المياه. فعلى سبيل المثال تلاحظ في مياه البحار والمحيطات زيادة واضحة في تراكيز كل من الكلور والصوديوم إذا ما قورنت بمياه الأنهار وفي نفس الوقت يلاحظ تركيز هذين العنصرين عاليا كذلك في بعض البحيرات بخاصة البحيرات الملحية.

تتباين العوامل المحددة للنظام البيئي المائي عن ما تم توضيحه في الأنظمة البيئية لليابسة. فعلى سبيل المثال الحرارة والرطوبة تشكلان العوامل المحددة الرئيسة في بيئة اليابسة . في حين أن الرطوبة لا يعد لها تأثير في المحيط المائي باعتبار توفرها الدائم والمستمر كما هو واضح في حين يعد كل من الأوكسجين الذائب والضوء عوامل محددة في النظام المائي.

الجدول رقم (10-2)
مكونات لمياه مختلفة، الفراغات تعني غير مقاسه(Round 1981)

	مياه البحر (غم/كغم) ملوحة 35 جزء بالألف	مياه أمطار ملغم/ لتر	بحيرات وسكانسين ملغم/لتر	مياه النهر ملغم/ لتر	بحيرات شرق أفريقيا ملغم/ لتر	البحيرات المالحة شرق أفريقيا ملغم /لتر

الكلور	19.353	−0.2 12.6	0.1	7.8	29.9	16385
الصوديوم	10.77	−0.2 7.5	0.13	6.3	105	18261
الكبريتات	2.721	−1.1 9.6	0.75	11.2	39.5	2175
المغنيسيوم	1.394	غير موجود −0.8	0.5	4.1	33.7	0.5−6.9
الكالسيوم	0.413	−0.1 10	0.13	15	139	32−صفر
البوتاسيوم	0.387	−0.03 0.7	0.25	2.3	62	854
البايكربونات	0.123	غير موجود 2.8−	−	58.4	−	−
البروم	0.067	0.03	−	−	−	−
السترونيوم	0.008	−	−	−	−	−
البورون	0.004	0.01	−	−	−	−
الفلور	0.001	−	−	−	−	−

إن الغلاف الجوي هو المصدر الأساسي للأوكسجين في المسطحات المائية.وهناك تبادل غازي بين المياه والغلاف الجوي.فالعمليات الفيزياوية كالانتشار وفعل الأمواج والتيارات المختلفة وتأثيرات الرياح لها دور واضح في مثل هذا التبادل الغازي فضلا عن ما تقوم به الكائنات الحية من الفعاليات الأيضية مثل عملية التنفس Respiration والتي تستهلك كميات كبيرة من غاز الأوكسجين فضلا عن عملية البناء الضوئي Photosynthesis للنباتات المائية كالطحالب وما تنتجه من غاز الأوكسجين. كما إن لدرجة الحرارة تأثيرا على كمية الأوكسجين المذاب في المياه. فعند ارتفاعها

تتناقص كمية الأوكسجين المذاب. كما يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه إلى تنشيط عملية التنفس التي تقوم بها المحللات Decomposers كالبكتيريا والفطريات مما يزيد من تحلل المواد العضوية ويعني ذلك استهلاكا أكثر للأوكسجين.

علما بأن درجة حرارة المياه تخضع إلى تغيرات يومية وفصلية متباينة لكنها أقل مما هو عليه في درجة حرارة الهواء الملامس لها حيث إن المياه تفقد الحرارة ببطئ وتفقدها ببطئ أيضا. وهذه التغيرات تختلف حسب نوع المسطح المائي وصفاته الفيزياوية كالعمق والتيارات واختراق الضوء أو الطاقة الشمسية والحجم الكلي وغيرها.

يتباين اختراق الضوء لأعماق مختلفة حسب نوع المسطح المائي. فيكون اختراقه إلى أعماق تصل إلى عدة أمتار وقد تصل أكثر من 50 مترا في البحار والمحيطات في حين قد لا يتعدى بضعة سنتمترات في الأنهار بخاصة تلك التي تكون قدرتها عالية كما هو الحال في نهر الفرات جنوب العراق في موسم الفيضان عندما تنجرف مع تيار المياه جزيئات الطين أو الطمى مما يزيد من قدرتها ويحدد اختراق الضوء. وهذا يؤثر على حياة الأحياء المائية بخاصة الهائمات النباتية التي تعتمد على الطاقة بوصفها مصدرا للطاقة في عملية البناء الضوئي Photosynthesis ومن ثم تؤثر على بقية الأحياء في السلسلة الغذائية Food chain.

من أجل دراسة البيئة المائية يمكن تقسيم المناطق البيئية المائية اعتمادا على عامل الملوحة إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

أولاً: بيئة المياه العذبة

ثانياً: البيئة البحرية

أولاً: بيئة المياه العذبة Freshwater environment

تعد المياه عذبة عندما تكون الملوحة فيها قليلة (أقل من 0.5 جزء بالألف). ومن الأمثلة على المياه العذبة هي الأنهار والينابيع كما هو الحال في مياه دجلة والفرات في شمال العراق فضلا عن البحيرات Lakes والبرك Ponds والأهوار Marshes .وبالرغم من أن المياه العذبة تتواجد في مسطحات مائية لا تتعدى مساحتها عن 3% من مجموع ما تشغله المياه من مساحة في الكرة الأرضية إلا أنها ضرورية جدا لحياة الإنسان بوصفها مصدرا لمياه الشرب له ولحيواناته الأليفة وري المزروعات والصناعة.

لذا يبرز الاهتمام في هذه البيئة من قبل الإنسان والعمل الجدي لحمايتها من الملوثات والحد من رمي النفايات المضرة والسامة إلى مصادر المياه العذبة كالأنهار أو البحيرات.

قد تم تصنيف المياه العذبة إلى مجموعتين رئيسيتين اعتمادا على سرعة التيار وحركة المياه وهما:

1-66 1- المياه الساكنة أو الراكدة Lenntic water

تضم كل من مياه البحيرات والأهوار والبرك التي تكون مياهها ساكنة أو راكدة نسبيا ومن أمثلتها البحيرات المنتشرة في العراق مثل بحيرة الحبانية وبحيرة الثرثار وبحيرة سد القادسية والأهوار المنتشرة في الجنوب.

في البحيرات العميقة التي يزيد عمقها عن 15 مترا المتواجدة في أقاليم العروض المعتدلة في النصف الشمالي للكرة الأرضية تحدث ظاهرة التنضيد الحراري Thermal stratification وذلك بتمييز طبقتين من المياه خلال فصل الصيف (الشكل رقم 10-2). الطبقة الأولى السطحية Epilimnion والتي تكون درجة حرارة أعلى من الطبقة الثانية حيث تتأثر بدرجة حرارة الجو وتقل كثافة الماء فيها نسبيا كما تتميز بالتهوية الجيدة لنفس السبب وهو تأثرها بالجو المحيط. أما الطبقة الثانية فهي تكون طبقة سفلية باردة Hypolimnion ذات كثافة مرتفعة نسبيا وبذلك تكون الطبقة السطحية أخف حيث يعلو الماء الدافئ طبقة الماء البارد الأثقل وزنا. كما يحدث اختلاط بسيط بين هاتين الطبقتين وتتكون طبقة أخرى ثالثة بينهما التي تكون خلالها انخفاضا في درجة الحرارة فجائيا وتدعى هذه الطبقة بالطبقة الوسطية

Metalimnion وتعد هذه المنطقة انتقالية بين الطبقتين كما أنها تدعى بمنطقة الانحدار الحراري Thermocline. وفي موسم الشتاء عندما تنخفض درجات الحرارة فإن الطبقة السطحية سوف تنخفض درجة حرارتها وتصبح مساوية لما هو الحال في الطبقة السفلية وعندها يبدأ تركيز الأوكسجين بالازدياد وبذلك يصل إلى أعماق البحيرة. لذا سوف تنعدم الطبقة الوسطية ولا تتواجد منطقة الانحدار الحراري عندئذ.

في المناطق الاستوائية، يلاحظ أن البحيرات المتواجدة ذات درجة حرارة في مياهها السطحية بين 20–30 مْ . وتبقى درجة الحرارة دون اختلاف ضمن عمود الماء وعلى مدار السنة بسبب عدم وجود تغيير كبير في درجة الحرارة طيلة فصول السنة المختلفة وبذلك لا تتواجد طبقة الانحدار الحراري.

يتم تعويض الأوكسجين الذائب الذي يزود الطبقة الدافئة خلال التبادل الغازي مع الغلاف الجوي وكذلك خلال استمرارية عملية البناء الضوئي للطحالب الموجودة في تلك الطبقة في حين تتناقص كمية الأوكسجين المذاب في الطبقة الباردة السفلى نتيجة استهلاكه من قبل المحللات Decomposers في تحلل الرواسب وبقايا الكائنات في قاع البحيرة.

تقسيم البحيرات

يقسم علماء البيئة المائية البحيرات إلى عدة أنواع اعتمادا على بعض الصفات أو العوامل البيئية أو منشأ البحيرة أو موقعها وغيرها من الأسس وسيتم التطرق لبعض من هذه التقسيمات على وفق الأسس المبينة في أدناه:

1–67 أولاً: الانتاجية Productivity

يمكن أن تصنف البحيرات بالاعتماد على الإنتاجية إلى ثلاثة أنواع رئيسة وهي:

1–68 1. البحيرات قليلة التغذية Oligotrophic lakes

تكون إنتاجية هذه البحيرات قليلة. وعادة تكون عميقة جدا وأن المنطقة السفلية Hypolimnion تكون كبيرة الحجم ودرجة حرارتها منخفضة والمواد العضوية العالقة والمتواجدة على القاع قليلة. كما أنها فقيرة نسبيا بالمغذيات كالنتروجين والفسفور والكالسيوم، وأن كمية الاوكسجين الذائب مرتفعة في الاعماق المختلفة وعلى مدار السنة.وتكون الكتلة الحية Biomass صغيرة. كما أن النباتات المائية الوعائية قليلة والهائمات النباتية قليلة العدد ولكن ذات تنوع عالي. وأن ازدهار الهائمات النباتية نادر

الحدوث. علما بأنها غنية بالحيوانات القاعية كما ونوعا. ويمكن أن تتحول إلى بحيرة غنية التغذية مستقبلا.علما بأن هذه البحيرات تدعى أيضا شحيحة التغذية.

1-69 2. البحيرات غنية التغذية Eutrophic lakes

تكون إنتاجية هذه البحيرات عالية. ومياهها دافئة نسبيا وعادة ضحلة نسبيا.تتواجد المواد العضوية بصورة عالقة أو موجودة على القاع بكميات كبيرة. كما أنها تحتوي على تراكيز عالية من المغذيات كالنتروجين والفسفور والكالسيوم. وتتواجد النباتات المائية بكثرة مقارنة مع البحيرات قليلة التغذية. وأن عدد الهائمات كبير وعادة يلاحظ ازدهار Blooming الهائمات النباتية. ويمكن أن تتحول مستقبلا إلى بركة Pond أو مستنقع Swawp أو هور Marsh.

1-70 3. البحيرات عسرة التغذية Dystrophic lakes

تكون هذه البحيرات عادة ضحلة، ودرجة حرارتها مختلفة. ومياهها بنية اللون بسبب وجود المواد العضوية على القاع وكذلك بشكل عالق وبكميات كبيرة. وتكون المغذيات كالنتروجين والفوسفور والكالسيوم بكميات قليلة جدا. كما إن كمية الأوكسجين المذاب قليل جدا قد يصل إلى الصفر بخاصة عند الأعماق والقاع. ويكون تواجد النباتات المائية قليلا وكذلك الحال في الهائمات والحيوانات الكبيرة القاعية والأسماك. وتتحول هذه البحيرات مستقبلا إلى مخاضات دبالية أو مستنقعات خنثية Peat bags.

1-71 ثانياً: الملوحة Salinity

اعتمادا على ملوحة المياه تقسم البحيرات إلى نوعين رئيسيين:

1-72 1. بحيرات عذبة Freshwater lakes

تكون مياه هذه البحيرات مياه عذبة ذات ملوحة بحدود أقل من 0.5 جزء بالألف وكما هو الحال في معظم البحيرات في العالم مثل بحيرة ميشغان في شمال أمريكا وبحيرة الحبانية وبحيرة سد القادسية في العراق وعادة تكون هذه البحيرات متصلة بالأنهار حيث تندفع مياه الأنهار في هذه البحيرات. وتعد هذه البحيرات ذات أهمية بوصفها مصدر لمياه الشرب أوفي الاستخدامات البشرية الأخرى الزراعية منها والصناعية. وتتواجد فيها الأحياء المائية التي تتواجد في المياه العذبة فضلا عن تواجد النباتات المائية الوعائية بصورة واضحة.

1-73 2. بحيرات مالحة Salt lakes

هذه البحيرات تحتوي على مياه مالحة وتتفاوت درجة ملوحتها من منطقة إلى أخرى. وأمثلتها كتلك الموجودة في بعض المناطق الصحراوية Desert salt lakes التي تتواجد المبازل الرسوبية في المناطق الجافة حيث تزيد عملية التبخر على الترسيب أو الهطول وكما هو الحال في بحيرة الرزازة في وسط العراق التي تصل ملوحة مياهها إلى 16 جزء بالألف وكذلك الحال في بحيرة ساوة جنوب العراق. وفي ولية يوتا غرب أمريكا الشمالية تقع بحيرة الملح العظمى Great salt lake التي تضم مجتمعا مكونا من أنواع قليلة من الأحياء المائية التي تتحمل الملوحة العالية ويلاحظ تواجد النباتات الوعائية الملحية halophytes. ويعتبر روبيان المياه المالحة .Artemia sp مميزا في التركيب النوعي للأحياء المائية.

التمنطق في البحيرات Zonation

اعتمادا على اختراق الضوء في البحيرات يمكن أن يلاحظ ثلاث طبقات أو مناطق عمودية (الشكل رقم 10-3)وهي:

1-74 1. المنطقة الضوئية Photic zone

تدعى أيضا المنتجة Euphotic حيث يكون الضوء بشكل يكفي لحدوث عملية البناء الضوئي للنباتات المائية من ضمنها الطحالب. وتشمل هذه المنطقة من سطح البحيرة إلى المستوى الذي تصل به شدة الإضاءة بحدود 1% مقارنة مع كميتها عند السطح. وقد يصل العمق لهذه المنطقة في بعض البحيرات ذات المياه الصافية إلى منطقة أعمق من منطقة الانحدار الحراري Thermocline.

2. المنطقة الضوئية الوسطية Dysphotic zone

لهذه المنطقة كمية من الضوء محدودة جدا لا تكفي لعملية البناء الضوئي.

3. المنطقة المظلمة Aphotic zone

هي المنطقة التي ينعدم فيها الضوء تماما لذا لا تتواجد فيها أية حياة للطحالب. وتمتد هذه المنطقة إلى قعر البحيرة.

لذا فإن بقاء النباتات كالهائمات النباتية في المنطقتين الثانية والثالثة تكون مضرة لها. كما إن أعماق هذه الطبقات أو المناطق الثلاثة تختلف باختلاف الموقع والموسم وظروف المكان مثل وجود الأنهار والتيارات وكمية المواد العالقة. لذا من الصعوبة تحديد عمق هذه المنطقة بشكل عام.

وتحدث عملية التنفس في كل المناطق الثلاث لكنه يلاحظ في المنطقة المظلمة استهلاك الأوكسجين بشكل كبير بسبب عدم تعويضه من جهة لانعدام عملية البناء الضوئي للطحالب وكثرة تساقط المواد العضوية المتأتية من السطح إلى المنطقة العميقة والمظلمة والتي تحتاج كميات أكبر من الاوكسجين لأكسدتها.

كما يمكن تمييز عدد من المناطق في أية بحيرة حسب موقعها من حوض البحيرة واختلاف تواجد الأحياء المائية فيها وكما يأتي (الشكل رقم 10-4).

1. المنطقة الساحلية Littoral zone

تسمى أيضا بالمنطقة الشاطئية وهي منطقة ضحلة قريبة من اليابسة وذات عمق محدود يصل فيه الضوء إلى القاع. وتكون غنية بالأحياء المائية حيث تتواجد الهائمات النباتية Phytoplankton بغزارة بسبب توفر الضوء فضلا عن تواجد الهائمات الحيوانية Zooplankton وبعض الحيوانات السابحة Nektons التي تتغذى على الهائمات. كما تتواجد النباتات الوعائية المائية بمختلف أنواعها الطافية Floating أو المغمورة Submerged أو الغاطسة Emerged ووجود أنواع مختلفة من الحشرات وكذلك الحيوانات القاعية.

2. المنطقة السطحية Pelagic zone

تقع هذه المنطقة في وسط البحيرة بعيدة عن الساحل ويصلها الضوء بصورة كافية لذا تتواجد فيها الهائمات النباتية وكذلك بقية الأحياء المائية التي تتغذى عليها بصورة مباشرة أو غير مباشرة .وتتأثر بالأمواج والتيارات المختلفة. وباعتبارها بعيدة عن الساحل، لذا فلا وجود للنباتات الوعائية البارزة او الغاطسة Emerged حيث أن عمق المياه يكون كبيرا.

3. المنطقة العميقة Profundal Zone

يقصد بهذه المنطقة طبقة المياه التي لا يصلها الضوء وتكون في عمق البحيرة.لذا لا يتوقع تواجد الطحالب في هذه المنطقة في حين تتواجد الأحياء المائية المستهلكة والمحللة. وكما يشمل القعر ضمن هذه المنطقة .

تختلف مساحات المياه وحجمها التي تغطي هذه المناطق بين البحيرات اختلافات واسعة تبعا لعوامل عدة منها أصل البحيرات ونشأتها وطبيعة المنطقة والعوامل المناخية وغيرها.

2. المياه الجارية Lotic Water 75-1

تتواجد المياه الجارية في مسطحات مائية كالأنهار Rivers والجداول Streams والينابيع Springs وهي أقل عمقا وتياراتها أكثر اضطرابا بالمقارنة مع المياه الساكنة. كما أنها لا تشكل أكثر من 0.3% من سطح الكرة الأرضية. ورغم هذا الجزء الضئيل لكن أهميتها واضحة بوصفها مصدر لحياة الإنسان في شربه والاستخدامات البشرية المختلفة سواء في السكن أم الزراعة أم الصناعة.

تحمل الجداول المياه العذبة وتتخذ طريقها لتكن الأنهار ومنها ترمي مياهها إلى البحار. وكلما ازدادت المياه الجارية قدما ازداد طولها وعرضها وعمقها. كما أن حركة المياه تكون فيها مستمرة وباتجاه واحد. كما أنها تتميز بتهوية جيدة وذات امتزاج جيد في كتلتها المائية بسبب حركة المياه المستمرة مما تتأثر درجة حرارتها بحرارة الجو. ولا وجود للتدرج الحراري Thermal stratification في عمود الماء بسبب عمقها القليل وحركة المياه.

تعتمد إنتاجية المياه الجارية على نوعية المواد المغذية الموجودة وكميتها. ولا تعد كمية الأوكسجين المذاب من العوامل المحددة عادة عدا حالة تدفق فضلات المجاري فيها أو مخلفات بعض المصانع مثل مخلفات الصناعات الغذائية والتي تحمل كميات كبيرة من المواد العضوية.

تكون سرعة تيار المياه متباينة في الأنهار حسب الموقع. وتعد سرعة التيار هذه من العوامل المهمة في تحديد نوعية الأحياء المائية وعددها. ففي المنابع تكون القنوات النائية ضيقة وشديدة الانحدار فضلا عن وجود الشلالات التي تعترض المجرى النهري مما يؤدي إلى زيادة سرعة التيار. لذا فإن سرعة التيار تعد من العوامل المحددة الأساسية. في بيئة المياه الجارية. وتتكيف بعض الأحياء المائية لهذه الظروف مثل الالتصاق على الصخور كما يحدث لبعض أنواع الطحالب الخضر. وتقوم بعض الحيوانات بتكوين أجهزة امتصاصية تساعدها على الثبات مثل أفراخ الضفادع. وقسما آخر من الحيوانات تساعدها بطونها بالالتصاق بالصخور كالقواقع. وتقل سرعة التيار في المجرى الأسفل من الأنهار وتظهر الرواسب في القاع وترتفع إنتاجية هذه المواقع وتظهر أنواعا مختلفة من الأسماك على سبيل المثال فضلا عن ظهور النباتات المائية الطافية Floating مثل نبات عدس الماء Limna minor ونبات Nymphiodes indica . كما تنتشر عدد من النباتات المائية الوعائية بخاصة عند ضفاف الأنهار مثل نباتات القصب والبردي والسجل وهي من النباتات البارزة Emerged فضلا عن تواجد النباتات الغاطسة Submerged بخاصة قرب الساحل مثل نباتات الخويصة Vallisneria spiralis ونباتات الحميرة Potamogeton crispus وغيرها.

الأحياء في المياه العذبة

تتواجد الأحياء المائية بأنواعها المختلفة في بيئة المياه العذبة التي تتكيف لمثل هذه الظروف . وسيتم التطرق إلى المجاميع الرئيسة مع إعطاء بعض الأمثلة وكما يأتي:

أولاً: المنتجات Producers

وتشمل:

1-76 1- الطحالب Algae

تعيش الطحالب بشكل طاف أو هائم ضمن عمود الماء أو عالق على سطح ما كالنباتات أو القاع. ومن بين الطحالب العصوية أو الدايوتومات Bacillariphceae التي تلتصق على الصخور Epilithic هما النوعان Cyclotella meneghinana و Coscindodiscus asterophalus .وهناك من الدايوتومات التي تلتصق على النباتات الوعائية السائدة وكذلك تلتصق على الطحالب الخيطية هما النوعان Aulacosira granulata و Diatoma tenus . أما الهائمات النباتية Phytoplankton فمثالها النوعان Synedra ulna و Gyrosigma balticum . أما التي تلتصق وتنمو على الطين Epipelic فهي التابعة للجنس Navicula. علما أن الدايوتومات هي السائدة من الطحالب في معظم المياه الداخلية العراقية.

أما الطحالب الخضر Chlorophyceae فتتمثل في عدد من الأنواع مثل Cladophora crispate و Chlamydononas globosa. ومن الطحالب الخضر المزرقة Cynophyceae مثل الأنواع التابعة للجنس Oscillatoria و Mersmopedia lingrya التي تعيش في ا لمياه الساكنة والجارية وكما تم تشخيصها في العراق كالأهوار وشط العرب. ومن الطحالب اليوغلينية Euglenophceae الأنواع التابعة إلى الأجناس Phacus و Euglena و Lepocinclis. أما الطحالب الدوارة Dinophyceae كالأنواع التابعة للجنس Ceratium التي تتواجد في المياه الساكنة كما في مناطق الأهوار جنوب العراق. أما الطحالب الحمر Rhodophyceae فإنها تتوجد على الصخور أو على حافة الأنهار وتتواجد في مياه المناطق الشمالية في العراق وكذلك في الأهوار كالأنواع التابعة للأجناس Hidenbrandia و Batrachospemum . ومن الطحالب الصفر Xanthophceae الأنواع التابعة للجنس Vaucheria التي تنمو في المياه الساكنة والتي تم تشخيصها في الأهوار جنوب

العراق. علما بأن الطحالب البنية Pheaophyceae ليس لها تواجد في بيئة المياه العذبة.

1-77 2. النباتات الوعائية Vascular plants

تتواجد النباتات الوعائية المائية في ثلاث مجاميع وهي:

أ. النباتات البارزة Emergent plants

تصل جذور هذه النباتات إلى قاع المسطح المائي في حين أن أوراقها وجزء من الساق تكون بارزة فوق سطح المياه كما في نباتات البردي Typha angustata والقصب Phragmites australis المنتشرة في العراق عند ضفاف نهري دجلة والفرات وشط العرب فضلا عن الأهوار.

ب. النباتات الطافية Floating plants

تطفو هذه النباتات بكل أجسامها فوق سطح المياه كما هو الحال في نبات الكوكلة أو حشيش السمك Nymphaea alba ونبات عدس الماء Lemna gibba ونبات الغريزية Salvinia natans .وقد تستغل أوراق هذه النباتات من قبل بعض الأحياء المائية الأخرى لوضع البيض أو مكان للمعيشة كالحشرات المائية.

ج. النباتات الغاطسة Submerged plants

حيث تعيش هذه النباتات مغمورة بصورة كاملة تحت سطح المياه كالأنواع التابعة للجنس Potamogeton ونبات الخويصة Vallisneria spiralis ونبات الشمبلان أو الشلنت Ceratophyllum demersum والتي تتواجد في منطقة أهوار العراق الجنوبية وكذلك في شط العرب.

ثانيا: المستهلكات Consumers

تشمل مستويات مختلفة وهي:

1-78 1. المستهلكات الأولية Primary consumers

تشمل الهائمات الحيوانية والحيوانات القاعية وبعض أنواع يرقات الحشرات التي تتغذى بشكل مباشر على المنتجات. وتنتشر الهائمات الحيوانية في المياه العذبة بصورة واسعة وتضم أفرادا تابعة إلى مجموعة مجذافيات الأرجل Copepoda ومجموعة

الـدولابيات Cladocera. وتتغـذى النـواعم Molusca مباشـرة علـى النباتـات كـالقوقع المعروف باسم Bullinus trancatus الذي يعد المضيف الوسطي لطفيلي مرض البلهارزيـا الـذي ينتشـر فـي عـدة منـاطق فـي الشـرق الأوسـط يضـمنها أهـوار العـراق الجنوبية.

2. المستهلكات الثانوية Secondary consumers

تضم الحيوانات التي تتغذى على حيوانات أخرى والتي تشمل اللافقاريات الكبيرة كالحشرات المائية والقشريات. وتعد حوريات حشرة الرعاش من المفترسات التي تتغذى على الحيوانات الصغيرة فضلا عن الأنواع الأخرى من الحشرات المائية مثل ذبابة مايو May fly والحشرات الصخرية Stone flies وبعض أفراد رتبة نصفية الأجنحة Hemiptera ورتبـة ثنائيـة الأجنحـة Diptera وبعـض أفـراد غمديـة الأجنحـة Coleoptera. كمـا تتواجـد القشـريات بكثـرة فـي الميـاه العذبـة كالروبيـان النهـري Metapenaeus affinis والسرطان النهري Sesarma boulengeri التي تتواجد في مياه شط العرب والأهوار في العراق.

3. المستهلكات الثالثية Tertiary consumers

تضـم الحيونـات التـي تتغذى علـى المسـتهلكات الثانويـة والتـي تشـمل كـلا مـن الأسـماك والبرمائيـات والزواحـف والطيـور. وتضـم الأسـماك أنواعـا لسـمك الجلكـي Lampreg من عديمة الفكوك، فضلاعن الأسماك العظمية كالأسماك النهرية كعائلة الشـبوطيات مثـل أسـماك الشـلك Aspias vorax وأسـماك الجـري Parasilurs triosticus والمتواجدة فـي ميـاه الأنهـار العراقيـة. ومـن الأمثلـة علـى البرمائيـات هـي الضفادع كالنوع Rana esculenta والسلمندر Trifurus vittaltus. وكما هو الحال فـي البرمائيـات فـإن الزواحـف تكـون قليلـة التواجد كـذلك فـي الميـاه العذبـة والتـي تشـمل التماسيح وبعض أنواع الأفاعي والسلاحف. ومن السلاحف النوع Clemny caspia والأفاعي النوع Natrix tesselata الموجودة في المياه العذبة العراقية. ويكثر تواجد الطيور في هذه البيئة كما هو الحال في الأهوار العراقية وتضم كلا من البجع الأبيض ومالك الحزين والخضيري والبط.

ثالثا: المحللات Decomposers

تضم الكائنات المحللة كلا من البكتيريا والفطريات التي تعيش في المياه العذبة. وتتغذى هذه الكائنات على بقايا أجسام الكائنات الميتة والمواد العضوية المتواجدة في قاع المسطح المائي فضلا مما موجود في عمود المياه. وتساعد هذه الأحياء في تدوير المواد المغذية كالنتروجين والفسفور والعناصر الأخرى في النظام البيئي المائي. ومن أنواع الفطريات المتواجدة في المياه العراقية كالأهوار النوعان Saprolegnia ferax و Achlya racemosa.

ثانيا: بيئة المياه البحرية Marine environment

يقصد بالبيئة البحرية كل من البحار والمحيطات التي تشكل مساحة أكثر من 70 % من سطح الكرة الأرضية وما يعادل أكثر من 97% من مساحة المسطحات المائية الكلية. وتكون هذه المياه مالحة تحوي على 35 جزء بالألف من الأملاح ويشكل ملح الطعام NaCl الجزء الأكبر منها. ويترسب عدد من المواد الصلبة والأملاح المختلفة على قاع البحار والمحيطات.

للبيئة البحرية صفات عديدة تختلف عن بيئة المياه العذبة فبالإضافة إلى عامل الملوحة فإن البحار والمحيطات تشكل مساحات شاسعة جدا وذات سعة أو أحجام كبيرة جدا وعميقة حيث أن معدل عمق البحار والمحيطات بحدود 3730 مترا. علما بأن أعمق منطقة تصل إلى 10 كيلو مترات وهي أكثر من ارتفاع قمم جبال الهملايا.

تحوي البحار والمحيطات على 1.4×10^{9} كيلو مترا مكعبا من المياه في حين حجم المياه العذبة يقدر بحوالي 1.5×10^{5} كيلو مترا مكعبا من ضمنها الأنهار التي يقدر حجمها الكلي بحوالي 1×10^{3} كيلو مترا مكعبا والتي بدورها تنقل حوالي 3.75×10^{3} كيلو مترا مكعبا من المياه (حوالي ثلث كمية الأمطار الهاطلة على الأرض) إلى البحار سنويا.

تتصف البيئات البحرية بكونها بيئات متصلة الواحدة بالأخرى وليست منفصلة كما هو الحال في بيئة المياه العذبة وبيئة اليابسة. وتكون مياه البحار والمحيطات في حالة حركة مستمرة تبعا للتيارات المختلفة والاختلاف في درجة الحرارة وعوامل بيئية

أخرى فضلا عن تواجد الأمواج التي تتكون مع فترة المد Tide المتأثرة بحركة القمر والشمس. علما بأن التيارات الرئيسة في المحيطات تتسبب من التأثيرات المتداخلة لعوامل عدة منها الرياح عند السطح والفروق في كثافة المياه بين المناطق المختلفة. وتحصل الفروقات في الكثافة أساسا بسبب الفرق في درجات الحرارة للجو وللمياه في مناطق مختلفة من المياه السطحية للبحار وكذلك الفروقات في عملية التبخر والتخفيف. ويكون تركيز المواد المغذية الذائبة واطئا مما يجعل هذه المواد من العوامل المحددة لنمو الأحياء المائية.

تعد الهائمات النباتية من الأحياء المائية المنتجة الأساسية في البيئة البحرية.كما إن أمعائية الجوف والاسفنجيات وشوكية الجلد والديدان الحلقية وأغلب أفراد الشعاب المرجانية الحيوانية والقشريات فضلا عن الأسماك من الحيوانات التي تشكل الجزء الرئيسي في مثل هذه البيئة. ومن جهة أخرى فإن النباتات الراقية البذرية والحشرات تكون قليلة جدا أو مفقودة (الجدول رقم 10-3).

مناطق البيئة البحرية

اعتمادا على عدد من العوامل البيئية مثل العمق ودرجة الحرارة والضوء والضغط والتيارات وتوفر المغذيات وغيرها يمكن أن تتميز عدة مناطق في البيئة البحرية .ومن هذه المناطق ما يأتي (الشكل 10-5).

1-79 1- منطقة المد والجزر Intertidal zone

تمتد هذه المنطقة من أوطأ مكان تصله المياه في وقت الجزر Low tide إلى أعلى مستوى من الساحل يغطى بالأمواج أو مياه المد .High tide ويطلق على هذه المنطقة ايضا بالمنطقة الساحلية أو الشاطئية Littoral zone وتعد هذه المنطقة من أكثر مناطق البيئة البحرية تباينا في العوامل البيئية.

قد تكون طبيعة منطقة المد والجزر صخرية أو رملية أو طينية والتي تتعرض للغمر بالمياه والهواء يوميا مع مدد المد والجزر على التتالي. وتقدر مساحتها بحدود10% أو أقل من المساحة السطحية للبحار والمحيطات. ورغم صغر مساحتها لكنها

تعد من مصائد الأسماك التجارية الرئيسة في العالم. إذ تبلغ إنتاجيتها مع إنتاجية المصبات الخليجية بحدود 50% من مجموع الإنتاجية الكلية في البيئة البحرية وذلك لأنها ضحلة في مياهها وتوفر الطاقة الشمسية وذات إنتاجية أولية عالية.

إن الأحياء المائية المتواجدة في هذه المنطقة عليها التحمل وعلى درجة عالية من الظروف البيئية المختلفة من جراء ظاهرة المد والجزر التي تحدث يوميا. لذا عليها التأقلم لذلك. وعلى سبيل المثال تحتفظ الطحالب بنسبة معينة من الرطوبة في خلاياها تكفيها لتجاوز فترة الجفاف أثناء فترة الجزر. وفي القعر الرملي يلاحظ وجود أنواع من الحيوانات التي لها القابلية على الحفر كالديدان عديدة الأهداب Arenicola وأنواع من القشريات مثل .Talitrus sp و .Talorchestia spp والتي تتغذى على الأعشاب البحرية المتحللة والمتفسخة بصورة رئيسة. كما تتواجد أنواع من شوكية الجلد .وتعيش في القاع الرملية بعض أنواع النواعم منها العائدة إلى الجنس Ensis. وتتواجد في المناطق الاستوائية أنواع من السرطانات الحفارة مثل .Emerita spp

أما في القاع الصخري في منطقة المد والجزر فيمكن أن تلاحظ بعض أنواع الطحالب مثل تلك التابعة إلى الجنس Enteromorpha من الطحالب الخضر وبعض أنواع الدايتومات وكذلك أنواع من الطحالب البنية مثل Fucus spiralis و Chorda .spp و .Laminaria spp ويعيش عدد من الحيوانية القشرية مثل الأنواع التابعة للجنس Orchestia. ومن النواعم تتواجد الأنواع من صنف بطنية القدم التي تتغذى على الطحالب. كذلك تتواجد أنواع من الديدان مثل .Nereis spp ونجم البحر.Asterias spp ومن الأسماك فإن أغلبها تعود إلى عائلة الأسماك العقربية وعائلة القربيون.

في القاع الطيني والذي يكون أكثر ثباتا بالمقارنة مع القاع الرملي، فتعيش أحياء بحرية كالقشريات والنواعم أساسا والتي تتواجد على السطح أو في داخل الترسبات، وتتمثل القشريات بأنواع من السرطانات مثل .Carcinus spp والنواعم مثل النوع Littorina littorea وبعض أنواع الروبيان مثل .Leander spp و .Crangon spp

فضلا عن وجود الديدان الحلقية مثل Neries diversicolor و .Cirratulus spp التي هي أكثر الأحياء البحرية تواجدا في القاع الطينية.

2. منطقة الجرف القاري Continetalshelf zone 1-80

تمتد هذه المنطقة في نهاية منطقة المد والجزر ولغاية عمق يتراوح بين 100-200 متر أما عرضها وعمق الحافة الخارجية لها فإنها تتباين كثيرا. وتأتي بعد هذه المنطقة منطقة الانحدار القاري التي تتميز بكونها منطقة ذات انحدار قوي وتندمج مع قاع البحر بحدود عمق يتراوح بين 400-500 مترا.وتغطي منطقتي الجرف القاري والانحدار القاري مساحة تعادل 80% من مجمل مساحة قاع البحار والمحيطات.

تعد الطحالب العصوية Diatoms وقديرة الأسواط Dinoflagellates من الأحياء المائية المنتجة في هذه المنطقة. كما تتواجد الطحالب الخضر بشكل ملتصق على الصخور أو القاع الصلبة بوساطة أعضاء خاصة فضلا عن وجود أنواع من الطحالب البنية والطحالب الحمر.

تتواجد الهائمات الحيوانية من أنواع القشريات مثل مجموعة Copepod والأنواع التابعة للجنس Calanus و Euphausids فضلا عن الأحياء الابتدائية والنواعم من مجموعة Ptetripod ومجموعة Heteropod وأمعائية الجوفر مثل الميروزا الصغيرة الحجم وبعض أنواع المشطيات Ctenophores وبعض الديدان من مجموعة عديدة الأهلاب الحرة السباحة.

أما الحيوانات القاعية فهناك السرطان .Emerita spp الذي يعيش على القاع الرملي ويتغذى على الهائمات الموجودة. كما تتواجد بعض الأنواع من الديدان. وتتمثل الحيوانات السابحة بالأسماك وأنواع من القشريات الكبيرة والسلاحف واللبائن المائية مثل الحيتان والفقمة فضلا عن الطيور المائية.

3. منطقة أعالي البحار Oceanic zone

تمتد هذه المنطقة من نهاية الجرف القاري إلى أن تصل إلى عمق أكثر من 1000متر .ورغم اتساع مساحتها إلا أنها لا تعد إنتاجية نسبيا. وكما هو متوقع فإن الهائمات النباتية تعد المنتجات الوحيدة المتواجدة في هذه المنطقة عادة فضلا عن تواجد

الهائمات الحيوانية. وكلا النوعيين من الهائمات تكون غذاء إلى حيوانات أخرى كالأسماك الصغيرة والتي تعد غذاء إلى حيوانات أكبر مثل أسماك التونا والدولفين وسمك أبو سيف Sward fish وسمك القرش.

يمكن تقسيم منطقة أعالي البحار إلى عدة مناطق ثانوية اعتمادا على العمق وكما يأتي:

أ. المنطقة السطحية العلوية Epipelagic

تقع هذه المنطقة على عمق 200 متر وتمتد من السطح, وتعد المنطقة المنتجة أو الضوئية Euphotic zone جزء من هذه المنطقة والتي تعد غنية بالانتاجية الأولية Primary production حيث تمتلك تنوعا عاليا من الهائمات نباتية وحيوانية . وعادة تكون شدة الإضاءة تحت عمق أكثر من 100 متر غير كافية لعملية البناء الضوئي لكنها قد تكون كافية دعم بعض الأنشطة الحياتية التي تتطلب ضوء قليلا (الشكل رقم 10-6).

على سبيل المثال يمكن مشاهدة اللون لغاية عمق 600 متر في مياه المحيط الصافي وحوالي 200 متر في المياه الساحلية . كما يمكن للقشريات استخدام الضوء المتوافر في عمق 900 متر لتكون صورة Image. وتستطيع عين الحيوانات الفقارية أن تكون صورة أعمق من المنطقة الضوئية.

بالرغم من أن هذه المنطقة السطحية العلوية تمثل نسبة ضئيلة من الحجم الكلي للبيئة البحرية فإنها تحتوي على معظم أنواع الأحياء البحرية. كما تكون درجة الحرارة فيها مرتفعة نسبيا بصورة عامة.

ب. المنطقة السطحية الوسطى Mesopelagic

تمتد هذه المنطقة من عمق 200-1000 متر. وتتميز بتدرج واضح في درجات الحرارة مع العمق ودون تغيرات موسمية كبيرة أو واضحة. ولا يصل الضوء في هذه المنطقة إلا بكميات ضئيلة أي معناه ندرة وجود الهائمات النباتية مما يجعل الحيوانات المستهلكة الأولية أن تعتمد في غذائها أساسا على بقايا الغذاء

والفضلات الساقطة من الطبقة العليا مما تضطر بعض الحيوانات إلى الصعود إلى القسم السطحي العلوي لتناول غذائها من الهائمات النباتية خلال النهار.

ج. المنطقة فوق القاعية Abyssopelagic

هي المنطقة العميقة جدا من البحار والمحيطات والواقعة على عمق 1000 متر واكثر. كما أن الضوء منعدم تماما وتكون درجة الحرارة ثابتة. وأن الضغط العالي لعمود الماء فيها يؤدي إلى تغير في لزوجة المياه مما يؤثر في حركة بعض الأحياء البحرية. وأن الحيوانات المتواجدة في هذه المنطقة تكون متطبعة للعيش في مثل هذه الظروف لذا فإن تنوع الأحياء في هذه المنطقة يكون محدودا.

4. المنطقة القاعية Benthic zone

تغطي هذه المنطقة الترسبات البحرية الدقيقة المتكونة من الطين ومشتقاته بصورة أساسية. وتكون هذه القاع الرخوة غطاء لعدد من الحيوانات البحرية التي تعيش عليه فضلا عن وجود بعض المناطق الصلبة في القاع التي تتواجد عليها الحيوانات الملتصقة خلال جزء من أجسامها.

تتأثر البيئة القاعية بعدة عوامل من أهمها العمق وما يسببه من الضغط لعمود الماء ثم سرعة التيارات القاعية والمواد العالقة في طبقة المياه الموجودة فوق القاع والتكوين النوعي لتجمعات الأحياء القاعية. ويمكن ملاحظة الأحياء التي تعيش في المنطقة القاعية بحالتين الأولى تلك التي تعيش على القاع والثانية تلك التي تعيش قرب القاع.

تتواجد الطحالب في المنطقة القاعية بأربع شعب رئيسة وهي الطحالب الخضر المزرقة والطحالب الخضر والطحالب البنية والطحالب الحمر. فالطحالب الخضر المزرقة لها القابلية في تحمل الاختلافات التي تحصل في الظروف البيئية البحرية المختلف حيث تتحمل شدة الإضاءة القليلة فضلا عن تحملها درجات الحرارة والملوحة المتباينة. وتساهم الطحالب الخضر في بناء رواسب القاع إذ تتواجد على المواد الصلبة كالصخور والأحجار مثل الأنواع التابعة للأجناسHalinhoeda و Pencillus و Udotea. ويعد طحلب حشائش البحر Kelp من الأمثلة المتميزة للطحالب البنية الذي

لـه القابلية بالاحتفاظ بنسبة عالية جدا من المياه في خلاياه. أما الطحالب الحمر فإنها تنتشر بشكل واسع في هذه المنطقة وتتركز في البحار الاستوائية. ومن أكبر عوائل هذه الطحالب هي عائلة Corallinaceae.

تتمثل الحيوانات بمجموعات مختلفة من الابتدائيات Protozoa واللافقاريات والفقاريات. ومن أشهر الابتدائيات الأميبية هي الأنواع التابعة للجنسXenophyophoria كما تتواجد أنواع أخرى من الفورامينيفرا. وتتمثل الهائمات الحيوانية بمجموعة شوكية الفكوك Chaetognaths والقشريات من مجموعة Copepod ومجموعة عشارية الأرجل ومجموعة متساوية الأرجل ومجموعة Amohipoda . ومن القشريات الأخرى كبيرة الحجم كأنواع السرطانات والروبيان ورأسية القدم والحبار والأخطبوط. أما الحيوانات اللافقارية الكبيرة الحجم فهي الأنواع التابعة لمجموعة عضدية الأرجل Brachipoda ومجموعة الملتحيات Pogonophores وأنواع الإسفنج المختلفة والزهريات Anthozoa التي تعود إليها أنواع شقائق النعمان Anemos وحيوانات الشعاب المرجانية Corl reef. وتعد الاسماك من أهم الحبليات المتواجدة ومنها الأنواع التابعة إلى رتبة الأسماك الصائدةLophiformes . وهناك نوع من القرش يسمي القرش النائم والذي يصل طوله إلى سبعة أمتار وتتغذى عليه أسماك أخرى والحبار والقشريات.

5. منطقة الشعاب المرجانية Coral reef zone

تعد هذه المنطقة من أكثر المناطق إنتاجية وذات التنوع العالي من الأحياء البحرية. وتنتشر الشعاب المرجانية بشكل واسع في المياه الضحلة والدافئة في العالم. وتفضل الحيوانات المكونة لتلك الشعاب المياه الضحلة وضوء الشمس. ويمكن تحديد موقعها في البحار ابتداء من أوطأ نقطة تغطيها المياه ولغاية عمق 10 أمتار فضلا عن أن أنواعا أخرى لها القابلية في بناء الشعب المرجانية إلى عمق يصل إلى 40 مترا.

تتراوح درجة الحرارة الملائمة بين 22–28 درجة مئوية. وهناك أنواع أخرى للكائنات المكونة للشعاب المرجانية تفضل درجات حرارية واطئة تصل إلى 2 درجة مئوية.

من الكائنات الحية المتواجدة بين الشعاب المرجانية أنواع من النواعم ذات أصداف بألوان زاهية كالنوع Charoma tritinis وأنواع من نجم البحر مثل Acanthaster planic التي تتغذى على الحيوانات البانية للشعاب المرجانية. كما يتواجد عدد من الديدان البحرية وتتغذى على الحيوانات اللافقارية . وتوجد أنواع من قنافذ البحر مثل Heterocentrotus mammillatus. ومن القشريات أنواع من الروبيان والسرطانات المختلفة. ومن الأسماك مثل سمكة الفراشة Chaetodon quadrimoculatus وسمكة الملاك المخطط Holacanthus arcuata وسمكة الصندوق Osrracion meleagris .

هناك نوعان من العوامل التي تؤثر في تكوين الشعاب المرجانية وهي:

العوامل اللاحياتية

تشترك ثلاثة عوامل أساسية في نمو الشعاب المرجانية وهي كل من الضوء والكدرة والمواد المغذية ففي المناطق الاستوائي التي تكون فيها شدة الإضاءة عالية والنهار طويل مقارنة مع المناطق القريبة من القطبين الشمالي والجنوبي التي تكون فيها شدة الإضاءة قليلة مع قصر طول النهار، فيكون نمو الكائنات البانية للشعاب المرجانية سريعا في المناطق الأولى وبطيئة في المناطق الثانية وكذا الحال في تأثير عامل الكدرة في اختراق الضوء. للمواد الغذائية كالنترات والفوسفات دورمهم في تغذية الحيوانات البانية للشعاب خلال تغذيتها على حيوانات أخرى كالهائمات الحيوانية والتي هي الأخرى تتغذى على الهائمات النباتية التي تستخدم تلك المغذيات في نموها وتكاثرها.

هناك عوامل أخرى تؤثر في بناء الشعاب المرجانية كالرياح والأمواج حيث تؤدي دورا في تحديد شكل ومكان الرمل الموجود في منطقة الشعاب. ومن العوامل الأخرى درجة الحرارة والملوحة. فقد وجد أن النمو الجيد للشعاب يحدث في درجات حرارة اكثر من 18 درجة مئوية رغم أن بعض الحيوانات البانية للشعاب تنمو درجة حرارة أقل من ذلك. وعن تأثير الملوحة فإنه يتركز خلال وجود كربونات الكالسيوم المهمة جدا لبناء هياكل الشعاب، لذا فإن مستوى الملوحة الذي يقل عن 30 جزء بالآف والذي يحدث خلال الأمطار الغزيرة أو الفيضانات تؤدي سلبا في بناء تلك الشعاب.

العوامل الحياتية

يقصد بالعوامل الحياتية الأحياء البحرية المؤثرة في تكوين الشعاب المرجانية مثل وجود أنواع من الطحالب التعايشية التابعة للجنس Zooanthellae التي تعيش في داخل خلايا طبقة الاندوديرم Endoderm في الكائنات البانية للشعاب التي بدورها تفقد كمية قليلة من الفسفور مقارنة مع الحيوانات التي لا تتعايش مع هذه الطحالب.وتتدخل هذه الطحالب المتعايشة مع الحيوانات البانية للشعاب حيث تزيد من قابلية الحيوانات البانية على تكوين الهيكل الصلب وتزداد هذه القابلية وسرعة تكوين الهيكل في فترة الضوء وذلك خلا توفير نمو أفضل لتلك الطحالب. أن هذه العلاقة بين الطحالب والحيوانات البانية تكمن في أن ثنائي أوكسيد الكربون الناتج من الطحالب سوف تستخدمه الحيوانات البانية في إنتاج مادة كربونات الكالسيوم والتي تدخل في بناء الهيكل الصلب فضلا عن دور الطحالب في تغذي الحيوانات البانية.

من العوامل الحياتية الأخرى تواجد بعض أنواع الأسماك والحيوانات اللافقارية التي تقوم بالتغذية على الحيوانات البانية لهذه الشعاب أو الحفر داخل الصخور المرجانية. ومن الأمثلة على اللافقاريات نجم البحر Acanthaster planei الذي يتغذى على كميات كبيرة من الحيوانات البانية. وتقوم أفراد نجم البحر بإخراج معدتها إلى الخارج ثم إذابة الأجزاء الدقيقة من الشعاب المرجانية وامتصاص أنسجتها. كما أن هناك بعض الحيوانات التي تقوم بحفر الهياكل للشعاب كبعض أنواع الإسفنج والديدان عديدة الأهلاب والنواعم في مجموعة ذات المصرعين.

مع تحيات د. سلام الهلالي

الفصل الحادي عشر

التلوث البيئي

Enviromental pollution

11-1: المقدمة

نتيجة لتداخل عوامل عديدة في مقدمتها الانفجار السكاني الذي حدث خلال النصف الثاني من القرن الماضي (القرن العشرين) وما رافقه من انشطة تنموية وتطور صناعي وزراعي لسد الحاجات المتزايدة لملايين البشر فضلاً عن استنزاف الموارد الطبيعية واستغلال أراضي الغابات في إنشاء المصانع والمعامل واستغلال الأراضي الزراعية لحل أزمة السكن وشق الطرق ومد خطوط المواصلات والاتصالات وغيرها، فلقد كثرت التحذيرات خلال السنوات الأخيرة من القرن العشرين حول مصير الحياة على الكرة الأرضية. كما توجهت الانتقادات إلى تداخلات الإنسان في التوازن الطبيعي الذي يحدد نمط وأشكال الحياة المعروفة حالياً.

لقد تزايد القلق بسبب استخدام الإنسان للوسائل المؤثرة والناجمة من التطور الهائل للتقنية والصناعة الأمر الذي أوجد مستويات غير مألوفة من التداخل لم يسبقها شيء من هذا القبيل عبر تاريخ تطور المعرفة البشرية مما أصبح يهدد توازن الطبيعية فعلا. ويبقى السؤال الكبير المطروح على المجتمع الانساني ويدعوه إلى التأمل العميق فيما يمكن أن تؤدي إليه فعاليات الإنسان غير المهتمة بالبيئة وتوازنها. فهل تعاني الارض على سبيل المثال عصراً جليدياً جديداً سيؤدي إلى اتصال معظم المنطقة المعتدلة من الأراضي بالمنطقة المتجمدة وذلك بسبب الزيادة المستمرة للغبار والغيوم في الأجواء وإلى الدرجة التي أصبحت تحجب فيها أشعة الشمس مما يؤدي إلى الانخفاض التدريجي في درجات حرارة سطح الكرة الأرضية.

هناك العديد من التساؤلات حول مدى استمرار البشر في الانفجار السكاني وعمليات البناء والتنمية واستنزاف موارد الطاقة من أجل رفاهية الإنسان على حساب زيادة النفايات والملوثات، والجري وراء عمليات التعدين السطحي للقشرة الأرضية فضلاً عن التفجيرات النووية في الأجواء والحروب الكونية ومآسيها التدميرية.

من الناحية الأخرى قد يثار سؤال آخر حول إمكانية حدوث الاحتباس الحراري الذي سيعمل على انصهار معظم ثلوج القطبين والمناطق الجبلية والثلاجات Glaciers، مما قد يحدث الدمار الكبير نتيجة لإغراق الأراضي والمناطق الساحلية تحت الماء.

قد تنشأ هذه المخاوف في الارحتباس الحراري بسبب زيادة تراكيب غاز ثنائي اوكسيد الكربون الناتج من حرق شتى أنواع الوقود الحفري الأمر الذي سيجعل من هذا الغاز متراكما إلى الحد الذي سيمنع فيه موجات الأشعة تحت الحمراء Infrared المشتتة من الحرارة الزائدة الصادرة من سطح الأرض من اختراقه. وبذلك تزداد المعدلات السنوية لدرجات حرارة الأرض. وهكذا نجد أن التوازن الطبيعي سيظل متأرجحاً بين هذين النقيضين. وأن تدخل الإنسان لصالح أي منهما سيعطي محصلة تقود إلى تغيير بعض أشكال الحياة المعروفة حاليا بعد إحلال التوازن الجديد ان حدث ذلك.

لقد نشطت الدول وشعوبها في بذل قصارى جهودها للحد من تفاقم المشاكل التي تواجه البيئة ومنها مشكلة التلوث التي أصبحت تهدد كوكبنا الأرضي، إدراكا منها أن مسؤولية مواجهة هذه المشكلة العالمية واجب على الجميع حماية لهذا الكوكب من مخاطرها والسعي للحفاظ على بيئة سليمة وآمنة، وتمثلت جهود العالم في عقد المؤتمرات والندوات العلمية ودعم البحوث والدراسات والمؤلفات التي تساهم في الحد من أخطار التلوث عالمياً، فضلاً عن اتخاذ الإجراءات المناسبة ووضع التشريعات القانونية المتعلقة لحماية البيئة وصونها وضرورة المحافظة عليها.

من الأمثلة التي تهدد التوازن الطبيعي حالة الخطر الناجم في تدخلات الإنسان للأجواء العليا والتي باتت تهدد طبقة الأوزون بالاختفاء بسبب التدخل في التفاعلات الضوئية والطبيعية المسؤولة عن التوازن بين الأوزون والأوكسجين حيث تبقى كمية مستمرة من هذا الغاز لحماية سطح الأرض والحياة علها من الأشعة فوق البنفسجية Ultra violet القادمة من الشمس والتي لها القدرة على كسر الأواصر بين ذرات الكربون والهيدروجين بطولها الموجي القصير. كما أن لها القدرة على تفكيك جزيئات الماء وتأينها. وهناك أخطار أخرى مؤثرة في طبقة الأوزون مثل الكلور الذري المنبعث من تفكك المركبات العضوية المكلورة كغاز الفرايون والذي توقف العمل به بموجب اتفاقية عالمية اعتباراً من عام 2000 ويفترض أن لا يتم التعامل بهذا الغاز بعد عام 2010 نهائياً بموجب هذه الاتفاقية . كما أن غاز أول أوكسيد النتروجين الناجم من احتراق وقود الطائرات النفاثة والأسرع من صوت Supersound jets التي تحلق عالياً

في مناطق وجود الأوزون (15–50 كم فوق سطح البحر) كما أن غاز أول أوكسيد النتروجين يتكون بكميات كبيرة أثناء تفجيرات القنابل النووية في الأجواء.

يشمل التخريب البيئي قائمة كبيرة من المركبات الكيماوية والتي تم صنعها من قبل الإنسان كمبيدات الحشرات والآفات الزراعية التي تقدر بمئات المركبات أو خليط من المركبات فضلاً عن العديد من المركبات الصناعية التي يؤثر بعضها على الجينات الوراثية مما قد يقود إلى انقراض بعض أشكال الحياة كالطيور على سبيل المثال.

هناك العديد من مركبات التنظيف ومساحيق الغسيل التي تحتوي على الفسفور فضلاً عن النفط ومشتقاته التي تسببت في كوارث عديدة بخاصة في تلوث المياه عن طريق النقل والتجارة المائية.وبدأت مصانع مركبات التنظيف ومساحيق الغسيل بالتخلي عن الفسفور وتعويضه ببدائل أقل ضرراً للبيئة المائية وذلك في السنوات الأخيرة. كما أن الأخطار المحتملة من التلوث الإشعاعي كالذي حصل بعد انفجار مفاعل تشرنوبل في الاتحاد السوفيتي سابقاً عام 1986 كان له تاثير كبير على البيئات المائية واليابسة والأجواء امتدت إلى مسافات كبيرة شملت أوروبا وجزء من قارة آسيا.

يعد التلوث البيئي الشغل الشاغل منذ منتصف القرن الماضي (العشرين) للعديد من الهيئات والمنظمات والمراكز البحثية ووسائل الإعلام. وتم نشر العديد من الكتب والأبحاث والدراسات تتناول تدخل الإنسان المباشر وغير المباشر في التوازن الطبيعي المتمثل بتكامل مقومات الطبيعية الثلاثة وهي:

1- القشرة الأرضية (اليابسة)

2- الغلاف الهوائي

3- المحيط المائي

والتي قدر لها الخالق سبحانه وتعالى هذا التوازن العظيم الذي يفصح في حد ذاته عن عظمة الخالق جل علاه وحكمته.

سيظل الإنسان في المواجهة مع أزمة تلوث البيئة التي تكونت نتيجة لسوء التعامل في حماية البيئة من مخاطر التلوث مع النمو غير المبرمج للسكان الذي لا يهدد فقط الحصول على المستوى المعيشي المناسب للجماعات البشرية بل سيهدد فرص

المعالجة ويؤدي إلى عدم التوازن في إنتاج الغذاء والنمو السكاني ونقص الإنتاجية في مساحات واسعة من سطح الكرة الأرضية في اليابسة والمياه بسبب التلوث الذي أصبح مؤثراً في المناخ المحلي والكوني واللذين انسحبا على الممارسات الزراعية وتدمير الأنواع البرية والعبث بالمجتمعات الإحيائية الطبيعية حتى ظهر العديد من الكائنات الممرضة والآفات التي تدل على الخلل والتذبذب في العمليات التي تسير على مستوى العالم الإحيائي ككل. وهذا الخلل له من القدرة على خفض نوعية البيئة مما تسبب ظهور أخطار اجتماعية وسياسية من الصعب تجاوزها.

11-2 : تعريف التلوث البيئي

مما تقدم بالإمكان التعرف على أهم الاتجاهات في إعطاء تعريف للتلوث البيئي ومن أبسطها ذلك الذي يعتبره شاملاً لأي تدخل في نقاوة الهواء والماء واليابسة.ويؤكد البعض الآخر أن التلوث هو كل ما يطرح إلى البيئة ويؤدي إلى الانحطاط في الخصائص البيئية. وتدور العديد من التعاريف حول اعتبار التلوث الحالة التي توجد فيها مادة أو مواد غريبة أوأي مؤثر في إحدى مكونات البيئة يجعلها غير صالحة للاستعمال أو يحد من استعمالها.

بذلك يكون التلوث البيئي هو التحول غير الملائم لمحيطنا كله أو معظمه نتيجة للفعاليات البشرية والطبيعية خلال تأثيراتها المباشرة أو غير المباشرة للتغيرات في أساليب الطاقة ومستويات الإشعاع والتركيب الفيزياوي والكيماوي ووفرة الكئنات الحية.

كما أن التلوث البيئي يطلق على عملية الإخلال بالتوازن الطبيعي للبيئة والذي يؤثر على حياة الكائنات الحية. أي أن أية تغيرات على سبيل المثال لبيئة الإنسان سوف تؤثر في التوازن الطبيعي البيئي Enviromental balance مما يقود إلى نوع من التلوث لبيئة ذلك الإنسان واستمرارية حياته تعتمد على إيجاد حلول لمشكلات رئيسة تشكل خطراً على بقائه وتتلخص هذه المشكلات بما يأتي:

1- كيفية التخلص من فضلاته التي تتزايد كمياتها بسرعة. وتحسين الوسائل التي يستطيع بواسطتها التخلص من نفايات صناعاته المتعددة بخاصة تلك النفايات غير القابلة للتحلل.

2- كيفية الوصول إلى مصادر جديدة للغذاء لتوفير الطاقة اللازمة لأعداده المتزايدة

3- كيفية التوصل إلى المعادلة السليمة في النمو السكاني أي تحديد عدد الافراد الذين يعيشون على رقعة محدودة من سطح الكرة الأرضية.

1-81 11-3: مخاطر النمو السكاني

يصبح التلوث أكثر المشاكل خطورة كلما ازداد عدد السكان الذي يؤدي إلى تطوير الصناعة وبأكثر كثافة. ولو نظرنا إلى بداية الإنسان فقد كانت حياته بسيطة وبنفوسه القليلة كان يتكيف مع بيئته على وفق حاجاته ويستمد منها حياته ومعيشته من منتجات زراعية ووقود وصيد.علما بأن هذه الأنشطة لم يكن لها تأثير واضح في البيئة. حيث كانت الزراعة لا تدمر صلاحية التربة للاستزراع كما أن الأخشاب التي تستخدم آنذاك بوصفها وقود لم تكن في احتراقها يؤثر في تلوث الجو بالدخان لمحدوديتها فضلا عن أن صيد الحيوانات البرية لم يقضي على بعض أنواعها نهائيا. وذلك لأن هذه الأنشطة البشرية كانت ضمن قابلية البيئة على احتوائها ومعالجة آثارها. لكن الانسان استمر في توسعه وانتشاره وتزايد أعداده مع الزمن حتى وصلت 2500 مليون نسمة عام 1950 ثم إلى 4800 مليون نسمة عام 1985 (الشكل 11-1) علما بأن الزيادة التي حصلت للفترة 1950-1985 أي خلال 35 عاما تساوي تقريبا ما وصلت إليه أعداد النفوس منذ فجر التاريخ ونهاية عام 1950. وعلى وفق التقديرات المعتمدة عن عدد نفوس العالم فإنها تشير إلى أن العدد وصل إلى 6.3 بليون نسمة عام 2000 ويتوقع أنه يتضاعف الرقم في السنوات الخمسين القادمة ليصل إلى حوالي 12 بليون نسمة ويوضح الشكل (11-2) كيف ازدادت نفوس العالم منذ القدم لغاية عام 2000.

من جهة أخرى فإنه من الملاحظ أن الدول النامية وذات زيادة مضطردة بالمقارنة مع الدول المتقدمة. لذا فإن مشكلة الانفجار السكاني يمكن أن تكون أكثر

خطورة في البلدان النامية. وينعكس ذلك في أمور عدة تخص بيئة الإنسان. فإذا أخذنا الاحتياج اليومي من المياه الصالحة للشرب للفرد في الدول المتقدمة فإنها تقدر بحوالي 5000 لتر في حين ينخفض هذا الاحتياج كثيراً في العديد من الدول النامية وقد يصل إلى 50 لتر يوميا للفرد الواحد، بل ينخفض إلى حد 5 لترات فقد في بعض المجتمعات البدائية أو الريفية او المناطق الصحراوية. أي أن ما يحصل عليه الفرد في المجتمعات المتقدمة بحدود ألف مرة مقارنة بالمجتمعا النامية بخاصة البدائية منها بالنسبة للمياه الصالحة للشرب والتي تعني الكثير من التأثيرات السلبية على بيئة الإنسان.

كما أن الأعداد الهائلة في البلدان النامية تقود إلى ما يتخلف من هذه الأعداد من مياه الفضلات والمجاري والنفايات الصلبة التي تزيد الطين بلة في تلوث البيئة. فضلاً عن أن الأعداد الهائلة يمكن أن تستنزف أكثر من الموارد الطبيعية وبذلك ما يؤثر في التوازن الطبيعي للبيئة. كما أن عدد من الفعاليات البشرية تؤثر سلباً في البيئة مما تفرزه من ملوثات إلى البيئة كالأنشطة الصناعية والزراعية. لذا فإن الزيادة غير المتوقعة أو المخطط لها بعدد النفوس في أي بلد يؤدي سلباً في البيئة
(شكل 11-3).

قد استطاع إنسان العصر الحديث أن يسيطر على عدد من عوامل البيئة بالتقدم التقني فقاوم المرض وزاد من إنتاج محصوله الغذائي وازداد وعيه البيئي كل هذا ساعد على زيادة سكانية كثيفة وبشكل ملحوظ كما يلاحظ من الشكل السابق.لكن
هذا التزايد السكاني الضخم في تلوث البيئة السكانية كان على حساب هذه البيئة الطبيعية.

مـــا يعـــرف بـــالتلوث البشـــري المنشـــأ Man-madepollution أو Anthropogenic يعود إلى ما تفرزه فعاليات الإنسان وأنشطته المختلفة من ملوثات إلى البيئة ومنها ما يأتي:

1- مياه الفضلات والمجاري من المناطق السكنية

2- المبيدات المستخدمة في دعم الإنتاج الزراعي سواء كانت نباتياً كالمحاصيل الحقلية أو حيوانياً كالدواجن والأغنام والأبقار لمعالجة الآفات الزراعية المختلفة.

3- المواد الكيماوية الصناعية كالمنظفات والمذيبات والحوامض والمعادن الثقيلة وغيرها وتشمل الفضلات الصناعية المختلفة.

4- الملوثات الغازية المنبعثة من أنشطة مختلفة كالنقل والمواصلات وحرق الفحم والنفط لإنتاج الطاقة وغيرها.

5- النفايات الصلبة كالقمامة والمخلفات الصناعية المختلفة وكذلك الزراعية كمجازر اللحوم على سبيل المثال.

82-1 11-4: التلوث الطبيعي Natural pollution

يقصد بالتلوث الطبيعي أن ليس للإنسان أي دخل فيه. حيث أن الطبيعة عرضة إلى التغير المستمر بسبب عدة عوامل ذاتية كالرياح والسيول والأمطار وحرائق الغابات بسبب زيادة درجات الحرارة وثورات البراكين والزلازل والمد والجزر في البحار وما تفرزه من ملوثات أهمها ما يأتي:

1. الدقائقيات في الهواء كدقائق التراب والرمال في الصحاري ودقائق الرماد والسخام الناتج من الحرائق الطبيعية للغابات وثورات البراكين وتأثيراتها السلبية على صحة الإنسان.
2. المواد العالقة كدقائق الطمى والغرين في مياه الأنهار وتأثيراتها السلبية بالثورة السمكية.
3. حالات التعرية Nudation للتربة والغطاء الخضري بسبب السيول الطبيعية الجارفة مما يؤثر في حياة الكائنات الحية.

4. نتيجة لعملية التبخر بخاصة المناطق الحارة فإن تركيز الأملاح سوف يزداد في المياه مما يزيد من تملح المياه بخاصة العذبة منها.
5. الغازات السامة المنبعثة من البراكين أو العيون المعدنية مثل غاز كبريتيد الهيدروجين وثنائي أوكسيد الكبريت وغاز الميثان، وغيرها. فضلاً من انبعاث المركبات الهيدروكربونية وخامات المعادن الطبيعية لما لها تأثير سام للأحياء.

علماً بأن ما تسببه الكوارث الطبيعية كالزلازل والإعصار والفيضانات البراكين من تلوث للبيئة إلا أن الإنسان لا يمكنه السيطرة التامة عليها. وعلى العكس من ذلك فإن التلوث البشري المنشأ يمكن معالجته أو الحد منه.

11-5: دور دول العالم

يتفاقم الإحساس بأخطار التلوث البيئي عند دول العالم مما دفع العديد منها في وضع الضوابط الروادع للحد من أخطار العبث في البيئة. ففي المملكة المتحدة ظهرت سلسلة من القوانين والتشريعات كان من أبرزها قانون الهواء النظيف الذي صدر عام 1946 . وفي حين ظهرت بعض القوانين في النمسا منذ عام 1811م وفي ألمانيا في الأعوام 1909 و 1920م وفي إيطاليا عام 1912 وفي فرنسا 1932م. وعلى الرغم من جميع هذه التشريعات لكنها لم تكن من الصرامة حيث تمنع حدوث الكوارث البيئية أو تحد بشكل واضح من مخاطر التلوث.

بعد تراكم الدلةي العلمية عن الدمار البيئي بخاصة بعد التفجيرين الذريين الأمريكيين في مدينتي هيروشيما وناكازاكي في اليابان في نهاية الحرب العالمية الثانية وما خلقه من أضرار وحالات مرضية لم تكن معروفة مسبقاً وبقي ظهورها مستمراً ليومنا هذا عبر أجيال من المناطق المنكوبة بسبب بقاء الإشعاع Radiation في البيئة الناتج عن تلك التفجيرات، فضلاً عن الأخطار البيئية التي نجمت عن التجارب النووية في الهواء. وتشكلت إثر ذلك أول لجنة بيئية على مستوى دولي شامل عرفت باسم "اللجنة

العلمية لدراسة تأثير الإشعاع الذري" التي أخذت على عاتقها تقييم مستويات الإشعاع البيئي على المستوى العالمي وعلاقة ذلك بصحة الإنسان.

تولت الأمم المتحدة في عام 1968 الدعوة لعقد أول مؤتمر بيئي عالمي والذي تم عقده في ستوكهولم في السويد عام 1972م. وكخطوة أولى فقد وافقت الأمم المتحدة من بين ما وافقت عليه استحداث مؤسسة للتنسيق في الفعاليات البيئية كافة على المستوى الدولي. وقد تم تدعيم ميزانيتها بمبلغ 100 مليون دولار شارك بها عدد من الدول المتقدمة. وقد تم إبراز أهمية المحافظة على البيئة وتخليد ذلك خلال الاحتفال بيوم البيئة العالمي الذي يصادف في الخامس من حزيران من كل عام.

بعد مؤتمر ستوكهولم للبيئة توالت العديد من الندوات والمؤتمرات العالمية والإقليمية . ولوحظ ظهور حالة تزايد في الوعي البيئي لدى الناس وعلى رأسهم رجال الفكر والسياسة والصحافة. كما أن تطور علوم وتقنية الفضاء واستخدام الاقمار الاصطناعية قد أضافت ابعاداً جديدة في أعمال المراقبة البيئية لرصد انتشار الملوثات كما تم ذلك في رصد الملوثات النفطية أو التصاريف والمخلفات الصناعية في المياه أو رصد الغابات والأراضي الخضراء ومراقبة الزحف الصحراوي ومشكلة التصحر وغيرها.

شهد العقدان الأخيران من القرن العشرين ظهور وعي جماهيري واسع لدعم العمل البيئي وتشكل عدد من الجمعيات والأحزاب والتكتلات في عدد من دول العالم بخاصة المتقدمة منها لخدمة حماية البيئة. كما أدخلت المفاهيم البيئية والحفاظ عليها من مخاطر التلوث ضمن المناهج الدراسية ابتداءً من رياض الأطفال وصولاً إلى الجامعات.

أوضح مؤتمر قمة الأرض الذي عقد في مدينة ريدو جانيرو عام 1992 في البرازيل اهتمام دول العالم كافة في موضوع البيئة والحفاظ عليها من مخاطر التلوث الذي حضر فيه معظم دول العالم متمثلة بأعلى المستويات السياسية من أصحاب القرار. ووضعت العديد من البرامج والتوجيهات للحد من مخاطر التلوث حيث برزفي المؤتمر عدد من المشاكل البيئية شملت ثقب الأوزون والاحتباس الحراري وتدهور الغابات وغيرها.

نتيجة للاستنزاف الخطير لطبق الأوزون فقد دعت الكثير من الدول لمواجهة هذه المخاطر الكبيرة من خلال القضاء على منتجات غاز الفريون (كلوروفلوروكربون) المستعمل في الثلاجات المنزلية في العالم. وبدأت بعض الدول في هذا الاتجاه منذ عام 1997 ومنها ألمانيا والبلدان الاسكندنافية والسويد. وكذلك يستخدم غاز رابع كلوريد الكربون CCL4 في إطفاء الحرائق وكلوروفورم المثيل المستخدم بوصفه مذيباً عضوياً حيث تقرر إيقاف إنتاجهما في السنوات الأولى من القرن الحادي والعشرين الحالي.

6-11: طبيعة المواد الملوثة Nature of pollutants

تشمل المواد الملوثة مدى واسعاً من المواد. فقد تكون أية مادة مصنعة من قبل الإنسان مادة ملوثة في بعض الأحيان. وقد تكون بعض المواد التي تعتبر ضرورية لحياة الكائنات الحية كالحديد والنحاس والزنك على سبيل المثال لكنها قد تكون ذات سمية عالية عند وجودها بكميات وتراكيز عالية. ومن أجل دراسة هذه المواد الملوثة وإمكانية التعرف عليها، يمكن الأخذ بنظر الاعتبار الأمور الآتية:

أولاً: حسب خصائصها الطبيعية : وهي ثلاثة أنواع رئيسة :

1- ذات الطبعية الفيزياوية : هي ظواهر فيزاوية مادية مثل بعض الجسيمات الإشعاعية Radiant Particulates، أو غير مادية كالأمواج الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves. إن هذه المواد الملوثة تتداخل مع الخصائص الفيزياوية لعناصر البيئة الحية أو غير الحية. ومن أكثر الملوثات الفيزياوية شيوعاً في البيئة هي الإشعاع والأمواج الكهرومغناطيسية والحرارة والضوء والضوضاء والاهتزازات المختلفة.

2- ذات الطبيعة الكيماوية: تشمل مدى واسعاً جداً من المواد الملوثة والأكثر انتشاراً في البيئة. وتتزايد أعدادها على مر الزمن عند ظهور مركبات كيماوية جديدة مصنعة من قبل الإنسان على سبيل المثال.وتتباين تأثيراتها بدرجة كبيرة ولفترات زمنية مختلفة. وعند تواجدها بتراكيز عالية فإنها سوف تعمل على تغيير الخصائص الكيماوية أو الفيزياوية للبيئة كظهور الأملاح في المياه. كما أنها قد تؤثر في البيئة حتى في تراكيز قليلة كما

هو الحال في المعادن الثقيلة أو بقايا المبيدات والتي قد تظهر أثراً بيولوجياً في الكائنات الحية التي تتعرض إليها وبضمنها الإنسان.

3- المواد الملوثة الأحيائية: يمكن في بعض الحالات أن تكون الكائنات الحية كمواد ملوثة في البيئة . وعلى سبيل المثال تلك الكائنات المسببة للامراض سواء للإنسان أم الحيوان أم النبات كما هو الحال في بعض أنواع البكتيريا والفطريات والطفيليات. كما أن الحيوانات النافقة يمكن أن تسبب مشاكل بيئية وصحية عديدة وبالتالي تتحول هذه الأحياء إلى ملوثات بيئية بخاصة عندما تترك هذه الحيوانات النافقة دون دفن أو رميها في المصادر المائية الطبيعية بخاصة تلك التي يستعملها الإنسان بوصفها مصدراً لمياه الشرب كالأنهار والبحيرات.

ثانياً: حسب تركيبها الكيماوي: يمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسيين هما:

1- مواد عضوية: تشمل تلك التي تكون غنية بالكلور مثل بعض المبيدات الحشرية كالكلوردين والأدلين ودي دي تي DDT. كما أن هناك مواد عضوية غنية بالفسفور مثل البراثيوم والملاثيون وأخرى غنية بالمعادن.

2- مواد غير عضوية: قد تكوعلى هيئة أيونات كالأيونات الموجبة مثل الزنك ZN^{+} والنحاس Cu^{+} والحديد Fe^{+++} أو اليابسة مثل النترات NO_{-3} والفوسفات PO_{-4} . أو تكون غير أيونية مثل المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكارميوم والزرنيخ.

ثالثاً: درجة تحللها : تشمل نوعين هما:

1- قابلة للتحلل: هي المواد التي يمكن تحللها أو تكسيرها في البيئية من قبل المحللات Decomposers كالبكتيريا والفطريات. وتكون عادة أقل خطورة في تلوث البيئة. علماً بأن تأثيرها السلبي يزول حال تحللها كاملاً من قبل الكائنات الدقيقة.

2- غير قابلة للتحلل: تشمل المواد الكيماوية والصناعية ذات التأثير التراكمي في البيئة التي لا يمكن تحللها مثل مبيدات الحشرات ومبيدات الفطريات ومواد البلاستيك والنايلون والبولي أثلين وبعض المنظفات Detergents.

رابعاً: درجة سميتها: تعد بعض المواد الملوثة مواد سمية للكائنات الحية. ويقصد بالمواد السمية أنها تلك التي تسبب شللاً لحركة الكائنات الحية وتثبط نموها وتؤدي إلى موتها

وذلك من خلال تاثيرها المباشر والفعال على إيقاف وعرقلة الفعاليات الأيضية Metqabolism. وتتفاوت المواد السمية في تأثيرها على وفق تراكيبها الكيماوية وتركيزها المؤثر. ومن الأنواع الرئيسة من الموثات السمية كما يأتي:

1- المعادن: كالرصاص والنيكل والزنك والنحاس والزئبق وغيرها من المعادن الثقيلة التي يكون مصدرها على الأغلب من العمليات الصناعية والزراعية.

2- المركبات العضوية: كالمبيدات العضوية المكورة ومبيدات الأدغال والمركبات المتعددة الكلور ثنائية الفينول(PCB_s) والهايدروكربونات الأليفاتية المكلورة وبعض المذيبات والهايدروكربونات النفطية والمركبات الأروماتيكية المتعددة النوى وثنائية بيزودايوكسين المتكلور والمركبات المعدنية العضوية والفينولات والفورمالديهايد. علماً بأن مصادر هذه المواد مختلفة كالفضلات الصناعية والزراعية والمخلفات المنزلية.

3- الغازات: كالكلور والأمونيا وأول أوكسيد الكربون

4- الأيونات السالبة: مثل أيونات السيانيد والفلوروالكبريتيد والكبريدات وفلوريد الهيدروجين.

5- الحوامض والقلويات: مثل حامض الكبريتيك.

مع تحيات د. سلام الهلالي

الفصل الثاني عشر

تلوث الهواء

Air pollution

12-1: المقدمة

يعد الهواء من أساسيات الحياة فانقطاعه لدقائق معدودة يعد كافياً لهلاك الإنسان. لذا أصبح موضوع تلوث الهواء في مقدمة الموضوعات التي تثير الجدل الحاد والنقاش المستمر ليس في أوساط العلماء المختصين فحسب بل في الأوساط والمؤسسات كافة وحتى بين المواطنين العاديين. وقد انشغل العديد من المشرعين في بلدان العالم في سن القوانين المتعددة لأجل المحافظة على نظافة الهواء والوقاية من تلوثه. ولعل رجال الأعمال واصحاب المصانع والمؤسسات الإنتاجية في مقدمة من يعنيهم الأمر لأنهم أول من يدفع الضرائب والغرامات التي تحملهم المسؤولية في النهاية.

إن ما يزيد موضوع تلوث الهواء خطورة تأتي في ضعف الوسائل العلمية والتقنية المستخدمة للإقلال أو التخلص منه رغم التقدم الكبير الحاصل أخيراً. إن تلوث الهواء بدأ منذ أزمنة قديمة عند معرفة الإنسان الأول للنار ثم أخذ بالازدياد في العصور اللاحقة اصبحت أكثر وضوحاً عندما ازدادت معدلات نمو المدن والصناعات. وعلينا أن نعرف أن تلوث الهواء لا يسببه الإنسان فقط وإنما ينتج من الكوارث الطبيعية كذلك كانفجار البراكين والأعاصير واندلاع الحرائق في الغابات وغيرها.

تكمن خطورة الهواء عند تلوثه في كونه قد لا يرى ولكن الإنسان يأخذه عن طريق جهاز التنفس ويدخل مباشرة إلى ثنايا الرئتين وهي أنسجة حساسة وطرية ومهيأة لعمليات التبادل الغازي. وبذلك فإن وجود أي أبخرة وغازات أو قطيرات سائلة، قادرة على اختراق الأغشية المبطنة للحويصلات الرئوية، وهذا يعني إمكانية وصولها إلى الدم ومن ثم إلى المراكز الحساسة في الجسم خلال عدة ثوان وإحداث تأثير بايولوجي فيه ومن دون إدراك الإنسان لذلك.

إن الدول والحكومات بدأت التحسب من أخطار تلوث الهواء خلال دراسة الظواهر والعمل على الحد منها. وتشكلت في إنكلترا عدة هيئات لدراسة تلوث الهواء الذي نجم من استخدام الحطب عند تحويله إلى الفحم في أفران صناعة الجير وهكذا أخذت الملوثات في الزيادة مع الزيادات السريعة للتطور خلال الثورة الصناعية. كما أصبحت الملوثات بعد الحرب الأهلية الأمريكية من المشاكل المزمنة في الولايات

المتحدة الأمريكية حتى أصبح تلوث الهواء مسؤولاً عن حجب أشعة الشمس في الوصول إلى سطح الأرض في بعض المدن مثل نيويورك وشيكاغو وبنسبة 25% و 40% من الأشعة الساقطة على التتالي.

لا تعود الاثار الضارة لتلوث الهواء إلى كمية المواد المنبعثة بقدر ما تعود إلى تراكيزها في هذه الأجواء. فقد تنتشر كميات قليلة وبتراكيز عالية ضمن مساحة محدودة فتحدث تلوثا كبيرا تفوق أضراره على الحالة التي لو تنتشر فيها لمساحات أوسع.

منذ عام 1750 عندما تطورت الصناعات الكيماوية حيث أدت إلى تحرر الأبخرة الحامضية إلى الجو مما تسبب وجود الدخان في تلك المناطق الصناعية. واتجهت مشكلة تلوث الهواء نحو الأسوأ بازدياد نسبة استخدام الفحم للأغراض المنزلةي والصناعية فضلا عن تأثيرات تطور التقنية الحديثة التي رافقت العمليات الصناعية المعقدة والمصانع التي أصبحت تنتج كميات متزايدة من الفضلات الغازية والصلبة والسائلة وتطرحها إلى البيئة المحيطة بها دون معالجة. إن تطور التقنيات الجديدة لا يؤدي إلى تكوين الفضلات فحسب بل أنها عملت على ازدياد خطور هذه الفضلات لكونها تشمل مواد سامة جديدة مما تخلق مشكلة في إيجاد الطرق الملائمة لتصريف هذه السموم.

إن الكشف عن ملوثات الهواء يقتضي استخدام أجهزة غاية في الدقة وذلك بسبب التراكيز المحسوسة لهذه الملوثات التي تقدر ببضعة أجزاء من المليون ppm أو حتى أقل من ذلك. وربما تقاس بالمايكروغرامات في المتر المكعب (المايكروغرام يعادل جزء بالمليون من الغرام) لذا فإن مسألة تطوير واستخدام الأجهزة العالية الحساسية لملوثات الهواء تعتبر من أهم التحديات العلمية التي تواجه علماء البيئة والهندسة الكيماوية.وقد ظهر مؤخرا في التسعينات من القرن الماضي (القرن العشرين) عدد من هذه الأجهزة ذات الحساسية العالية والتي ترتبط بحاسوب جعلت مهمة مراقبة تلوث الهواء بشكل أفضل.

2-: طبيعة الغلاف الجوي

يتكون الجو من مزيج من الغازات التي تغلف الكرة الأرضية بارتفاع يصل بين 80-100 كم فوق سطح الأرض. ويكون هذا الارتفاع أعلى عند خط الاستواء وأقل عند القطبين. وتتركز معظم كتلة الغلاف الغازي (99.9%) دون ارتفاع حوالي 75 كم. فالهواء هو ذلك الجزء من الغلاف الجوي الأقرب إلى سطح الأرض والذي عندما يكون جافاً وغير ملوث، فإنه يتألف من عدة غازات أهمها من حيث النسبة هو غاز النتروجين الذي يؤلف 78.09% منه، ويليه غاز الأوكسجين الذي يؤلف ما نسبته 20.94% منه، ثم مجموعة كبيرة من الغازات الأخرى بنسب متناقصة لكنها ثابتة في جميع أجزاء الغلاف الجوي لعموم الكرة الأرضية ولغاية ارتفاع يبلغ أقصاه حوالي 75 كم (الجدول 12-1). علماً بأن بخار الماء وغاز ثنائي أوكسيد الكربون يختلفان كمياً حسب ظروف وعوامل معينة، كما أن هناك غازات أخرى لم تدرج في الجدول لانخفاض تراكيزها كثيراً.

يقسم الغلاف الغازي عادة إلى أربع طبقات (الشكل 12-1). فالطبقة السفلى الملامسة لسطح الأرض تدعى طبقة التروبوسفير Troposphere حيث يصل ارتفاعها إلى حوالي 8 كم عند القطبين 16 كم عند خط الاستواء. وتحتوي هذه الطبقة على كميات متفاوتة من الماء تتراوح ما بين 1-4% حجماً، ويبلغ أقصى تركيز له عند ارتفاع يتراوح ما بين 10-15 كم حيث يكون الماء موجوداً بحالته الغازية أو متكثفا على هيئته السائلة بشكل غيوم أو ضباب وقد يكون بهيئته الصلبة على شكل حالوب أو ثلج.وهذه الطبقة هي الأكثر عرضة للتغيرات المناخية وكذلك للتأثيرات السلبية المباشرة لأنشطة الإنسان. ويرى علماء المناخ والأرصاد الجوية أن طبيعة التروبوسفير قد بدأت ظهور طبقة كثيفة من الملوثات تشاهد من فوق المحيطات والقطب الشمالي ، بل أحيانا تظهر مثل هذه الطبقة عند النظر من بناية مرتفعة في منطقة صناعية أو سكنية.

الغاز	الرمز الكيماوي	النسبة المئوية (التركيز)	المجموع الكتلي مقدراً بملايين الأطنان المترية
النتروجين	N2	78.09	3.850.000.000

الأوكسجين	O2	20.49	1.180.000.000
الاركون	Ar	0.93	65.000.000
ثنائي أوكسيد الكربون	CO2	0.032	2.500.000
النيون	Ne	18 ج.م	64.000
الهليوم	He	5.2 ج.م	3.700
الميثان	CH4	1.3 ج.م	3.700
الكربتون	Kr	1 ج.م	15.000
الهيدروجين	H2	0.5 ج.م	180
أحادي أوكسيد النتروجين	N2O	0.25 ج.م	1.900
أحادي أوكسيد الكربون	CO	0.1 ج.م	500
الأوزون	O3	0.02 ج.م	200
ثنائي أوكسيد الكبريت	SO2	0.001 ج.م	11
ثنائي أوكسيد النتروجين	NO2	0.001 ج.م	8

ج.م : جزء بالمليون

الجدول(12-1)

مكونات الهواء الجاف غير الملوث،والنسب الحجمية (التركيز) ومجموع الكتلة لكل منها (العمر 2000)

تقع الطبقة الثانية المسماة الستراتوسفير Stratosphere فوق طبقة التروبوسفير حيث تتراوح ارتفاعها بين 12–50 كم فوق سطح الأرض.وتختلف عن طبقة التروبوسفير باحتوائها على كميات قليلة جدا من بخار الماء لا تتجاوز عن 3 جزء بالمليون وزناً. لذا فإنها تخلو من الغيوم بينما تكون درجات الحرارة فيها ثابتة أو تزداد مع الارتفاع بعكس طبقة التروبوسفير التي تتناقص فيها الحرارة مع الارتفاع. أما بخصوص مكونات الغلاف الغازي لهذه الطبقة فتكون مماثلة للطبقة السابقة وتبلغ الكتلة الغازية لهذه الطبق ما يعادل 15% من كتلة الغلاف الجوي الكلي ولكنها تحتوي على نسب أعلى من الأوزون.

يتواجد الأوزون بهيئة طبقة على ارتفاع يتراوح ما بين 15–60 كم في الجزء العلوي من طبقة الستراتوسفير والطبقة التي تعلوها والمسماة الميزوسفير Mesosphere ويبلغ تركيزه الأعلى عند ارتفاع 20–30 كم فوق سطح الأرض. وتقوم طبقة الأوزون بامتصاص كميات كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet ذات الطول الموجي القصير والتي تخترق هذه الأشعة المؤينة عند غياب طبقة الاوزون أو قلة سمكها مما تؤدي إلى هلاك جميع أو معظم الأحياء على سطح الأرض. ومن ذلك تتضح أهمية طبقة الأوزون لاستقرار الحياة.

أما الطبقة الثالثة الميزوسفير فإنها تمتد لارتفاع يتراوح بين 50–80 كم فوق سطح الأرض. وتحتوي على كتل غازية أقل من الطبقتين التي أسفلها. وتكون هذه الطبقة خالية من بخار الماء. أما الأوزون فإنه يوجد في هذه الطبقة. وتتناقص درجات الحرارة مع الارتفاع في هذه الطبقة.

تعرف الطبقة الجوية الرابعة بطبقة الثرموسفير Thermosphere وتدعى أيضا بالهيتيروسفير Heterosphere والتي تبدأ عند ارتفاع يقدر بحوالي 80 كم فوق سطح الأرض. وتكون هذه الطبقة خالية كذلك من الماء. وترتفع درجات الحرارة فيها تدريجياً مع الارتفاع. أما الغازات المتواجدة فيها فإنها تكون بالحالة الذرية حيث نجد أن غازات النيتروجين والأوكسجين تتركز عند ارتفاع يتراوح ما بين 80–115 كم في حين يشكل الهيدروجين والهيليوم نسباً اساسية عند ارتفاع 500 كم. وهكذا تصبح الطبقات الأعلى مشغولة بنسب قليلة من الغازات حيث تمتد هذه الطبقة إلى نهاية الغلاف الجوي على

بعد 40 ألف كم من سطح الأرض. ويعرف الجزء العلوي من طبقة الميزوسفير والجزء السفلي من طبقة الثرموسفير بطبقة الايونوسفير Ionosphere. ويعود سبب هذه التسمية لوجود الأيونات الحرة فيها.

12-3: المصادر الرئيسة للتلوث

يمكن تلخيص اهم مصادر تلوث الهواء بما يأتي:

1- احراق مختلف أشكال الوقود للحصول على الطاقة كما هو مألوف في العديد من الاستخدامات الصناعية والتجارية والمنزلية.

2- الملوثات المطروحة من قبل مختلف وسائط النقل التي تستخدم البنزين أو الديزل أو الكيروسين.

3- الفضلات الغازية والغبار والحرارة والدقائق المتطايرة والمواد المشعة وغيرها من العناصر التي تنفث إلى الأجواء. كما يحدث ذلك من مداخن المصنع والمعامل مثل صناعة الاسبست والاسمنت وغيرها.

12-4: أنواع الملوثات في الهواء

يمكن تقسيم الملوثات في الهواء إلى مجموعتين رئيسيتين هما الدقائقيات العالقة والملوثات الغازية.

12-4-1 83-1: أولاً: الدقائقيات Particulates

يقصد بالدقائقيات المواد المنتشرة كافة سواء كانت دقائق صلبة أم قطيرات سائلة عالقة في الهواء. وتشمل الدقائق الكبيرة كلاً من الرمال والرماد المتطاير والغبار والسخام Soot في حين تشمل الدقائق الصغيرة كلاً من الدخان والضباب والهباء الجوي Aerosols . وتشكل الدقائقيات مجموعة واسعة من ملوثات الهواء وتكون معلقة في الهواء. وتتنوع أشكالها وتركيبها الكيماوي وتأثيراتها السمية أو الصحية فضلاً عن اعتماد حركتها وبقائها في الهواء. وكذلك العمق التي تدخله في الجهاز التنفسي على قطر الدقيقة أو القطيرة العالقة. وهذه الدقائق لا يشترط فيها أن تكون قابلة للملاحظة أو

الرؤية بالعين المجردة. فهي قد تكون أليافاً متناهية الدقة أو قطيرات ضبابية أو بكتيريا أو فيروسات أو حبيبات لقاح الأزهار أو غبار صناعي أو طبيعي وغيرها.

إن الغالبية العظمى من الدقائقيات هي ذات منشأ طبيعي مثل الدقائق الترابية والرملية المتطايرة من الأراضي الجرداء والصحاري. أما المصادر غير الطبيعية (البشرية المنشأ) فتشمل عمليات حرق الوقود في الصناعة وإنتاج الطاقة ومعامل إنتاج السمنت وطحن الحبوب وغيرها أو في المواصلات وما ينبعث عنها من كميات كبيرة من الدقائق الكربونية التي تدعى بالسخام Soot. وقد تصدر من رش المبيدات في الحقول بخاصة عند استخدام الطائرات. فضلا عن عمليات الإنشاء والبناء وتعبيد الطرق وغيره. ويوضح الشكل (12-2) نسب مساهمة المصادر بشرية المنشأ (عدا الطبيعية) تلوث الهواء بالدقائقيات الصلبة والعوالق.

من أهم المجاميع الرئيسة للدقائقيات في الهواء هي:

1- الرمال Grit:

هي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يزيد قطرها عن 500 ميكرون

2- الغبار الطبيعي Natural dust:

هي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يتراوح قطرها بين 25-200 ميكرون. وهي من أكثر أنواع الدقائقيات في الهواء شيوعاً وانتشاراً ومصدرها طبيعي وهو من طبقات القشرة الأرضية المخلخلة والمعرضة إلى تيارات الهواء حيث تتطاير حال توفير الظروف المناخية الملائمة. وتساهم عمليات إزالة الغطاء الخضري مثل قطع الأشجار ورعي الحيوانات الجائر فضلاً عن حركة السيارات ووسائط النقل الأخرى في الطرق غير المعبدة، في توفير مزيد من المساحات من القشرة الأرضية المعرضة لتطاير دقائقها مع الرياح.

3- الدخان Smoke:

هو عبارة عن المواد الدقيقة الناتجة من عمليات الحرق المختلفة والتي تطلق دقائق لا يزيد قطرها عن 2 ميكرون. ويشكل الكربون غالبتها العظمى.

4- الهباء الجوي Aerosol:

هي الدقائقيات الصلبة أو السائلة العالقة في الهواء والتي يقل قطرها بصورة عامة عن المايكرون الواحد.

5- الضباب Mist:

يشمل الضباب كلاً من القطيريات السائلة والعالقة في الهواء التي تصل أقطارها إلى 100 مايكرون أحيانا، أما دقائقه التي تزيد أقطارها عن 10 مايكرون فتدعى Fog.

6- السخام Soot:

يتمثل بجزيئات الكربون المتناهية الدقة والتي تتجمع بصورة سلاسل طويلة.

7- الغبار الصناعي Artifical dust:

يصدر من نشاط الصناعات المختلفة مثل صناعة الإسمنت والجبس والأجر وعند تقطيع أحجار المرمر لإنتاج قطع البناء وتقطيع جذوع الأشجار في إنتاج الخشب وغيرها مما يتسبب عنه تطاير كميات كبيرة من جسيمات دقيقة في الهواء. وتنطلق من العديد من الصناعات المعدنية جسيمات تكون أدق حجماً عادة وتتألف إما دقائق المعدن نفسه والتي تنتج عن عمليات القطع أو الصقل وغير ذلك، أو تكون متكونة من أملاح المعدن كما هو الحال في صناعة البطاريات السائلة التي تنبعث عنها دقائق أوكسيد الرصاص أو كبريتاته.

8- حبوب اللقاح Pollen grains:

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

يوجد في الهواء كذلك عدد من المواد التي تأخذ شكل جزيئات أو جسيمات أو حبيبات كالاسبست الذي يسبب مرض الاسبستوس Aspestose وسرطان الرئة الذي

ينتشر بين عمال المصانع والمناجم. كما توجد أشكال أخرى للضباب الدخاني، ففي فصل الشتاء وعند تواجد تركيزات عالية من غاز ثنائي أوكسيد الكبريت SO_2 والهايدروكاربونات يتكون الضباب الدخاني المعروف بضباب لندن London smogوفي فصل الصيف وعند توفر أكاسيد النتروجين والهايدروكاربونات والإشعاع الشمسي الحاد فيتكون نوع آخر يدعى بالضباب الأسود الضوء كيماويPhotochemical.

هناك علاقة بين نوعية هذه الدقائقيات وقطرها وتأثيرها في البيئة وفي صحة الإنسان كما أشير له سابقاً ويوضح الشكل (12–3) أكثر الأنواع شيوعاً من الدقائقيات العالقة في الهواء والمدى المحتمل لأقطارها.

من وجهة نظر التلوث الهوائي فإن الدقائق الأكثر أهمية هي تلك التي يتراوح قطرها بين 0.1–10 مايكرون التي تكون تقريباً بحجم البكتيريا والتي لا تميزها العين المجردة. حيث أن عين الإنسان يمكن أن تميز الدقائق التي قطرها يزيد عن 100 مايكرون.

إن الجزيئات التي هي أصغر من واحد مايكرون تنتج على الأكثر من تكثف المواد المتبخرة بعد الاحتراق. أما الدقائق الأكبر من 10 مايكرون فإنها تنتج على الأكثر من العمليات الالية مثل الطحن والبرد.

هناك بعض الصعوبات المرتبطة بتعميم خصائص الدقائقيات حيث قد يتوقف نوع الضرر على حجم تلك الدقائقيات في حين يعود الضرر الآخر إلى سميتها. وتتلخص التأثيرات التي تحدثها الدقائقيات على الظروف الجوية والمحلية وعلى الكائنات الحية كونها تعمل على حجب أشعة الشمس وكذلك تعمل على خفض درجات الحرارة عند سطح الأرض. كما أنها تساهم في تجهيز أنوية للتكثف مما يزيد ظهور الضباب والأمطار في المدن.

كما أن هذه الدقائقيات تسبب ضرراً لصحة الإنسان والحيوان بخصة في الجهاز التنفسي والأمراض الجلدية وأمراض العيون فضلاً عن تأثيراتها على النباتات حيث عند تراكمها على أوراقها فتسبب تثبيط عملية النتح خلال سد الثغور وكذلك تقليل شدة الإضاءة التي تصل إلى النسيج المتوسط للأوراق مما يؤثر في عملية البناء الضوئي.

وما تعمله الدقائقيات في ظاهرة إنخفاض الرؤية تتطلب استخدام الأضواء بدرجة أكبر مما يبرز الحاجة لاستهلاك الطاقة الكهربائية اكثر وهذا يرافق إنتاج التلوث المعروف لمصانع القوة الكهربائية.

شاركت التراكيز العالية للمواد الدقائقية في إحداث كوارث في تلوث الهواء والأجواء. فقد بينت الدراسات الوبائية وجود الارتباط الوثيق بين معدلات الوفيات من أمراض الجهاز التنفسي (كالربو والالتهاب الشعبي والانتفاخ الرئوي وغيرها) وبين معدل مستوى تركيز الدقائقيات في المناطق السكنية . ولوحظ أن الآثار الصحية تحدث عندما يفوق المعدل السنوي للمواد الدقائقية عن 80 مايكرو غرام لكل متر مكعب. ويعتمد سلوك الملوثات على حجم الدقائق والزمن الذي تحتاجه للاستقرار في الأجواء. فالدقائق التي يزيد حجمها عن 50 مايكرون تكون خطورتها التلوثية قصيرة الأمد.

تبقى بعض الملوثات الدقائقية لمدد زمنية مختلفة حيث يمكن أن تعاني تفاعلات كيماوية تؤدي إلى تكوين ملوثان ثانوية. كما أن الدقائق الغازية والصلبة الصغيرة يمكنها أن تبقى عالقة في الأجواء لأيام أو أسابيع وربما لشهور أو سنوات وحسب موقعها في الطبقات الجوية المختلفة. وعلى سبيل المثال قد تبقى في طبقة التروبوسفير لمدةمن 6-14 يوماً، بينما تبقى في طبقة الستراتوسفير العليا فقد تمكث لفترة تتراوح بين 1-3 سنوات، وفي طبقة الميزوسفير لمدة 5-10 سنوات.

إن زيادة نسبة الترسبات الدقائقية الكبيرة على سطح الأرض فإنها تؤثر على التآكل الكيماوي والتعرية للمواد البنائية والمعادن والتماثيل والمعالم الاثارية المختلفة. كما تؤثر الملوثات الغازية في الهواء والملوثات الدقائقية المترسبة على سطح الأرض على الكساء الخضري في تثبيط نموه فضلاً عن تراكمها على الأوراق النباتية وغلق ثغورها.

كذلك تتأثر الحيوانات الحقلية بالملوثات الدقائقية الجوية فقد تصاب بالأمراض المختلفة شأنها شأن الإنسان.

إن التأثير العام والأكثر انتشاراً للتلوث الهوائي على السكان ناجم عن الدخان وثنائي أوكسيد الكبريت اللذين يسببان الضباب الدخاني كالذي حصل فوق لندن عام 1952 م وأودي بحياة أكثر من أربعة آلاف شخص في يوم واحد.

كما أن غبار المعادن والألياف وعدد من المواد الكيماوية المصنعة وغيرها من دقائق الفحم والحجر والمايكا والكرافيت والاسبست وألياف الزجاج والصوف الصخري يؤدي استنشاقها إلى العديد من الأمراض المعروفة التي تتركز في أجهزة التنفس والدوران والهضم.

84-1 12-4-2: الملوثات الغازية Pollutant gases

تشمل:

85-1 1- الهايدروكربونات Hydrocarbons

هي عبارة عن مركبات عضوية غازية أو سائلة أو صلبة وتتألف أساسا من أعداد من ذرات الكربون والهيدروجين بأشكال وأنواع متعددة جدا. ولا تعد الهايدروكربونات مواد ملوثة خطيرة بذاتها باستثناء الأنواع الاروماتية منها غير أن خطورتها تكمن في تفاعلاتها اللاحقة مع الملوثات الأخرى وبوجود أشعة الشمس والأوكسجين والمواد الأخرى.

إن المصادر الرئيسة للهايروكاربونات هي مصادر طبيعية تتمثل في الميثان CH الذي ينتج بحدود أكثر من 200 مليون طن في السنة نتيجة لعمليات التفسخ البكتيري في المستنقعات والأحراش والغابات فضلاً عن إنتاج التربينات الطيارة والايزوبرينات والتي يقدر إنتاجها بحوالي 170 مليون طن في السنة. ولا بد من ذكر النسب القليلة من الهايدروكاربونات التي تنتج طبيعياً من بعض الفعاليات الجيولوجية الحرارية . وهناك التطاير من خزانات الوقود ومحطات التعبئة.

يقدر التلوث الناجم من صنع الإنسان بحوالي أكثر من 88 مليون طن في السنة يعود معظمه إلى العمليات المتعلقة بالصناعات النفطية والغاز الطبيعي والفحم الحجري.

يحتوي الهواء بصورة طبيعية في الأجواء الريفية ما يقرب من 1-1.5 جزء بالمليون من الميثان واقل من0.1 جزء بالمليون من الهايدروكاربونات الأخرى.وتنبعث الهايدروكاربونات نتيجة لنوعين من العمليات هما:

1- الاحتراق غير التام

2- التبخر

على الرغم من أن تراكيز الهايدروكربونات في المدن لم تحدد بعد آثارها الضارة على الصحة بصورة مباشرة إلا أن اشتراكها في تكوين الضباب الأسود الضوء الكيماوي من الأمور المعروفة بأخطارها الجسيمة.

يعد الميثان والإثيلين من المركبات الهايدروكاربونية الضارة الأخرى . حيث يؤدي الأثيلين دوراً ضاراً مباشراً على النباتات فضلاً عن تسببه في تكوين الفورمالديهايد بوصفها مبهجة للعين في التفاعل الضوء كيماوي. أما غاز الميثان فهو أبسط المركبات الهايدروكاربونية تركيباً وهو غاز طبيعي المنشأ وعديم السمية للأحياء. وأنه معروف منذ القدم بغاز المستنقعات لكنه ينتج أيضاَ من عمليات تحلل المواد العضوية المطمورة في التربة أو المياه تحت تأثير نوع من البكتيريا تعرف بالبكتيريا الميثانية Methanobacterium. وتقدر كميات هذا الغاز المنبعثة من مناشئ بيئية مختلفة بحوالي 1000 مليون طن متري سنوياً. إن هذا الغاز غير سام بحد ذاته للأحياء ولكن وجوده في أماكن مغلقة تجعله يزيح الهواء ويحل محله لكونه أثقل من الهواء وزناً. لذا فإنه قد يعرض الإنسان أو الكائنات الحية الأخرى إلى الموت لنقص الأوكسجين فيحصل الاختناق في مثل هذه الظروف. كما أن هنالك خطورة أخرى كامنة في هذا الغاز خلال قابليته على الانفجار حتى دون مصدر اشتعال وذلك إذا كان موجوداً في خليط بنسبة 15% في الهواء ووصل إلى درجة حرارته الكامنة للانفجار.

إن الملوثات الأولية التي يتضمنها الضباب الأسود الضوء كيماوي هي أوكسيد النتريك NO والأوزون ونترات فوق أوكسيد الاسيتايل PAN(CH3 CO3 NO2).

ومن المعلوم أن الأوزون نفسه لا يسبب تهيج العين ولكنه يتفاعل مع الهايدروكاربونات الأخرى فإنه يكوّن بالاضافة على الفورماليديهايد، نترات فوق أوكسيد البنزول Peroxybenzoyl nitrate والاكرولين Acrolin، وتؤدي هذه المواد الملوثة التي ينتجها تفاعل الاوزون مع الهايدروكاربونات دوراً خطيراً من الإصابة بانقباض الغدد وتهيج الغشاء المخاطي والسعال والصداع والإجهاد وفضلاً عن إتلافها لحويصلات الرئة وظهور أعراض الحساسية والربو كما أنها تتلف العديد من المواد كالمطاط والقطن والنايلون وتسبب تقرح أوراق النباتات وضعف نموها.

86-1 2- غاز أحادي أوكسيد الكربون CO

ينتج هذا الغاز من اتحاد الكربون بالأوكسجين عند احتراق الأول احتراقاً غير تام أو تحت ظروف معينة. ومصدر الكربون في هذه الحالات هو الوقود النفطي أو الفحم بأنواعه أو الغاز الطبيعي والتي تعد من الأنواع الرئيسة لمصادر الطاقة على وجه الأرض . وتعرف مجتمعة بالوقود الاحفوري Fossil Fuels. ويعود سبب هذه التسمية إلى منشئها وهو المواد العضوية الحيوانية والنباتية التي انطمرت في باطن الأرض قبل ملايين السنين وتحولت بفعل الحرارة والضغط الشديد إلى الوقود النفطي والفحم الحجري والغاز الطبيعي.

يعد هذا الغاز من أكبر الملوثات لأجواء المدن حيث تعمل المصادر الطبيعية على إنتاج تركيز أساس منه يقدر بحوالي جزء واحد بالمليون ويكون السبب في انبعاثه ناشئاً من الاحتراق غير الكامل للهايدروكاربونات. ومن المعلوم أن مستويات هذا الغاز لا تزداد بصورة مستمرة مما يعزز الاعتقاد بحدوث بعض العمليات الطبيعية التي تقف وراء زواله من الجو.إذ ما تزال المعلومات في هذا الخصوص غير متكاملة.

كما ينبعث غاز أوكسيد الكربون من احتراق وقود السيارات ويتميز هذا الغاز بقدرته على الاتحاد مع هيموغلوبين الدم مكوناً مركباً كاربوكسي هيموغلوبين COHB، مما يؤدي إلى تقليل كفاية الهيموغلوبين في حمل الأوكسجين. وبذلك تصاب الحيوانات ومنها الإنسان بالدوار ويزداد جهد القلب والتنفس. وتتوقف كمية الكاربوكسي هيموغلوبين على تركيز CO وطول مدة التعرض ومعدل نشاط التنفس. كما أنه يجب التمييز بين

المدخنين وغير المدخنين، حيث تحتفظ المجموعة الأولى بمستوى عال نوعا ما من الكاربوكسي هيموغلوبين (حوالي 5%) ، في حين لا يحمل من غير المدخنين تركيزاً أعلى من 0.3%.

إن تراكيز هذا الغاز في تناقص مستمر في أغلب مناطق العالم. وقد بدأ هذا التناقص بوضوح منذ العام 1985. ويعزى سبب هذا الانخفاض إلى عدة أسباب منها تحسين كفاية احتراق الوقود من مكائن الاحتراق الداخلي، وتزايد انتشار واستخدام منظومات السيطرة على الملوثات الغازية في المصانع والمعامل وبعض وسائط النقل. ويمكن أن تدل هذه التطورات على تزايد الوعي البيئي وكذلك استخدام منظومات أكثر فاعلية في حماية البيئة.

هذا الغاز سام للإنسان والكائنات الحية الأخرى وهو عديم اللون والطعم والرائحة مما يجعله أكثر خطورة. إذ أن المتعرض له قد يفقد وعيه دون أن يحس بوجود الغاز. وتحدد المنظمات الدولية أقصى تركيز يمكن التعرض له في حدود 10 ملغم بالمتر المكعب لمدة ساعة أي ما يعادل 30 جزء بالمليون.وتعتبر الحد من الخطر منه في حدود 34 ملغم بالمتر المكعب لمدة 24 ساعة.

87-1 3- ثنائي أوكسد الكربونCO2

ينتج الإنسان كميات كبيرة من هذا الغاز خلال عمليات الاحتراق واستخدام الوقود كالفحم وزيوت البترول والغاز الطبيعي.ومع ذلك لا يعد هذا الغاز من المواد الملوثة للجو. كما أنه من أحد المكونات الطبيعية العادية للهواء كما ورد ذكره مسبقاً. ولكنه في حالة زيادة تراكيزه بما يفوق معدلاته الطبيعي(0.03% حجماً من الهواء) تؤدي إلى ارتفاع درجات حرارة الفضاء المحيط بالأرض خلال ما يعرف بتأثير البيت الزجاجي Greenhouse effect، حيث تنعكس الحرارة المنبعثة من الأرض (المنعكسة عن سطح الارض) وتنحصر في الأجواء بسبب غاز ثنائي أوكسيد الكربون.

إن زيادة درجة الحرارة للمحيط أو الفضاء الذي يحيط سطح الكرة الأرضية ببضع درجات بوصفه معدلاً سنوياً ستقود إلى ذوبان الجبال الثلجية في القطبين مما يؤدي إلى زيادة الكتلة المائية ف المحيطات والبحار وبدورها تؤدي إلى غرق مساحات

من اليابسة ابتداءً من السواحل وما عليها من مدن ومزارع ومصانع والتي تعني حدوث كوارث إنسانية.

ضمن دورة الكربون في الطبيعة، يلاحظ أن غاز ثنائي أوكسيد الكربون يتبادل بين الهواء والنباتات والحيوانات. فالنباتات تأخذه بوصفه مادة أولية في عملية البناء الضوئي Photosynthesis ويتم تثبيته على هيئة مادة عضوية. كما أن النباتات والحيوانات تنتج هذا الغاز خلال عملية التنفس Rspiration. ويشمل الجزء الآخر من دورته في الطبيعة هو ذوبانه وانتقاله من الأجواء إلى المياه. حيث يؤدي عدد من العوامل دوراً مهماً في سرعة الذوبان ومنها الحرارة والحامضية والملوحة. وقد يحصل العكس في المناطق الاستوائية حيث يطلق البخار المتصاعد من البحار والمحيطات كميات من ثنائي أوكسيد الكربون إلى الهواء. ويقوم غاز ثنائي أوكسيد الكربون حديث الذوبان بالماء بزيادة الحامضية فيتفاعل مع الجزء الجبري.

كما أن الغاز في الهواء الملامس لسطح الأرض يعمل على تعرية الصخور السليكانية فينتج من ذلك الحجر الجيري والدولوميت(كاربونات الكالسيوم والمغنسيوم)، غير أن المحطة النهائية لهذه العملية خلال الزمن الجيولوجي هو انتقال ثنائي أوكسيد الكربون من الجو إلى الحجر الجيري الموجود في المياه البحرية

4- أكاسيد النايتروجين Oxides of nitrogen (NO_X)

إن من أهم الغازات النايتروجينية الملوثة للهواء هي غاز أوكسيد النتريك أو أحادي أوكسيد النايتروجين NO وغاز ثنائي أوكسيد النايتروجين NO_2 . وفي ظروف درجات الحرارة العالية(تفوق 1100 درجة مئوية) يتم انبعاث هذين الغازين خلال عملية الاحتراق واتحاد الغازين الأوكسجين والنايتروجين ، فيتحد النايتروجين الجوي مع الأوكسجين ليكونا على الأكثر أوكسيد النتريك NO (Nitrogen oxide) مع قدر صغير من ثنائي أوكسيد النتروجين NO_2 (Nitrogen dioxide). أما الأشكال الأخرى من أكاسيد النتروجين فليس لها أية أهمية بيئية ولعل من أهمها هو غاز أوكسيد النتروز الذي كان يستخدم في الجراحة كغاز بوصفه غازا مخدرا قبل تطور المركبات المخدرة الحديثة، وكان يعرف باسم "الغاز المضحك" نظرا لشكل الشخص المتعرض له الذي

يبدو كما لو كان يضحك. بينما في حقيقة الأمر فإن الغازي يسبب تقلص عضلات الفكين فيبدو الشخص في تلك الهيئة. كما أن هناك أشكالا أخرى من الأكاسيد الأقل أهمية مثل ثلاثي أوكسيد النتروجين $N_2\ O_3$ ورباعي أوكسيد النتروجين $N_2\ O_4$ وخماسي أوكسيد النتروجين $N_2\ O_5$.

باعتبار أن مصدر الغازين (NO_2 , NO) من عملية احتراق لذا فإن انبعاثهما أيضا يتم من جيمع وسائط النقل فضلا عن مصادر أخرى ثابتة مثل محطات توليد الكهرباء وبعض الصناعات التي تحرق الوقود بدرجات حرارة عالية. كما تنبعث كميات كبيرة منها من حرق الوقود في المنازل. وتشكل هذه المصادر مجتمعة ما يعرف بالمصادر الاحتراقية بشرية المنشأ Anthropogenicor man-made combustional sources وتوجد مصادر أخرى لانبعاث أكاسيد النتروجين من مصادر بشرية المنشأ أيضا ولكنها غير احتراقية Anthropogenic non-combustional sources , ومنها معامل صناعة الاسمدة النتروجينية. وكثيرا ما يشاهد غاز NO_2 منبعثا من مثل هذه المعامل بلونه المميز البرتقالي المائل إلى الحمرة. كما أنه ينبعث من الحقول الزراعية بعد عمليات التسميد الكيماوي أو الحيواني ومن بعض الصناعات الكيماوية مثل إنتاج حامض النتريك وصناعة المتفجرات وغيرها. وتقدر الكميات المنبعثة سنويا من مثل المصادر غير الاحتراقية بحوالي 48 مليون طن سنويا.

ليس لأوكسيد النتريك آثار صحية سيئة ومعروفة عند التراكيز الاعتيادية له في الأجواء إلا أنه يعد غازا مهيجا وساما بخاصة للعيون والمسالك التنفسية. ويؤدي غاز ثنائي أوكسيد النتروجين أيضا إلى انحلال ألياف القطن والنايلون ويعمل عل تآكل أسلاك النحاس والنيكل. وغاز NO_2 الأكثر وجودا في الهواء ويمكن للإنسان أن يميز رائحته ابتداء من تركيز 0.12 جزء بالمليون.إلا أن الأعراض السمية تبدأ بالظهور ابتداء من تركيز 5 جزء بالمليون فأكثر. وأولى الأعراض التي يمكن أن تظهر هي التهاب الرئتين ودون علامات سابقة، يعقبها استسقاء الرئتين Pulmonary oedema عدة أيام، ويعتبر تركيز 100 جزء بالمليون قاتلا للإنسان خلال عدة دقائق فقط ، ولو أن

مثل هذا التركيز يعد عاليا ولا يمكن الوصول إليه إلا في حالات استثنائية . وتحت مواصفات نوعية الهواء لدول العالم Ambient air quality standards الحد الأعلى المسموح به من التعرض لغاز ثنائي أوكسيد النتروجين في الهواء لساعة تعرض كما يأتي: 0.85 ملغم/م^3 في المواصفة الروسية و 0.2 جزء بالمليون في المواصفة الكندية.في حين تعتمد دول أخرى على المعدل اليومي (24 ساعة تعرض) كما في المواصفة اليابانية إذ يبلغ الحد ما بين 0.04–0.06 جزء بالمليون أو على المعدل السنوي للتعرض فيتراوح ما بين 10 مكغم/ م^3 في المواصفة الأمريكية و 50 مكغم/ م^3 في المواصفة البولندية و 0.08 ملغم/ م^3 في المواصفة الأسبانية (في حالة وجود عوالق صلبة في الهواء وبتركيز أعلى من 0.04 ملغم/م^3 وبعكسه يكون الحد المسموح به من NO_2 مساويا إلى 0.12 ملغم/م^3).

يتحرر غاز ثنائي أوكسيد النتروجين مع عادم محركات السيارات ملوثا المناطق القريبة من الشوارع ومؤثرا على النباتات بخاصة الحمضيات حيث يسبب تساقط أوراقها وإصابتها بالشحوب الكلوروفيلي. علما بأن النباتات أكثر تحملا لتراكيز عالية من أكاسيد النتروجين.

يشترك غاز ثنائي أوكسيد النتروجين مع الهايدروكاربونات بوجود الضوء في مجموعة من التفاعلات المعقدة التي تؤدي إلى تكوين ظاهرة تعرف بالضبخان أو الضباب الكيماوي الضوئي Photochemical smog.

1–88 5– أكاسيد الكبريت Sulpher oxide Sox

إن التلوث بأكاسيد الكبريت من أكثر مشاكل تلوث الهواء خطورة على البيئة وبخاصة صحة الإنسان. وتضم هذه الأكاسيد كلا غاز ثنائي أوكسيد الكبريت Sulphur dioxide SO_2 بالدرجة الرئيسة وغاز ثلاثي أوكسيد الكبريت Sulphur trioxide SO_3 بدرجة أدنى.

وغاز ثنائي أوكسيد الكبريت من الغازات ذات رائحة حادة وينتج القسم الأكبر منه عند احتراق أنواع الوقود الحفري حيث يحتوي هذا الوقود على الكبريت الذي يتاكسد إلى SO_2 ويتأكسد هذا الغاز متحولا إلى ثالث أوكسيد الكبريت الذي عند ذوبانه بالماء يتحول إلى حامض الكبريتيك H_2 SO_4 Sulphiric acid حيث يساهم هذا الغاز الحامض بتكوين الأمطار الحامضية Acid rains التي تتساقط مسببة الأضرار الجسيمة للنباتات والتربة والمياه بخاصة عند تواجد النقص في كربونات الكالسيوم.

تسبب غازات ثنائي أوكسيد الكبريت اضرارا بالغة للصحة كالالتهابات الخطيرة في الجهاز التنفسي، كما أن امتصاصه عن طريق ثغور الأوراق حيث يؤثر في نموها الخصائص الحامضية عند الذوبان في محاليل الخلايا. علما بأن غاز SO_2 عديم اللون وذو رائحة نفاذة ومميزة ومخرشة للأنف، ويمكن للإنسان أن يحس بطعمه على اللسان ابتداء من تركيز واحد جزء بالمليون في الهواء. ويصبح الغاز مخرشا عند بلوغ تركيزه 3 جزء بالمليون . ويشعر الإنسان المتعرق بالاختناق عند وصول تراكيزه إلى مستوى يتراوح ما بين 5–10 جزر بالمليون. ويبلغ الحد الأعلى على المسموح به غاز ثنائي أوكسيد الكبريت ولمدة 8 ساعات حوالي 10 ملغم/م^3 حسب المواصفة الأمريكية لنوعية الهواء، في حين يتفاوت هذا الحد في دول العالم الأخرى لساعة واحدة من التعرض ما بين 0.01 جزء بالمليون في المواصفة اليابانية إلى 0.34 جزء بالمليون في المواصفة الكندية.

من المصادر الأخرى لغاز ثنائي أوكسيد الكبريت هو غاز كبريتيد الهيدروجين H_2 S في الجو وتفسخ المواد العضوية في المحيطات وعلى اليابسة حيث يقدر الغاز الناتج من التفسخ بحدود 98 مليون طن في السنة. كما يخرج الغاز أيضا بعد انفجار البراكين حيث يتسرب من المكائن النفطية والغازية والمصادر الجيولوجية الأخرى مثل المياه الكبريتية وتقدر كمياته بحوالي مليون طن سنويا. أما تلك المصادر الناجمة من فعاليات الإنسان والعمليات الصناعية فتصدر بحدود ثلاثة ملايين سنويا. وتزداد الاثار التخريبية للغاز عند ترافقه مع دقائق الغبار الصناعي حيث يتكون بما يعرف بأيروسول الكبريتات وهي مادة خطرة يفوق آثارها التخريبية أربعة أضعاف آثار غاز ثنائي اوكسيد

الكبريت. حيث أن للأيروسول القدرة على اختراق الرئة وبذلك يعد الأيروسول من أخطر الملوثات الهوائية الضارة بصحة كبار السن.

يتضح مما تقدم أن المصادر بشرية المنشأ تعد المصدر الرئيسي التي ترفد الهواء بكميات هائلة من غاز ثنائي أوكسيد الكبريت. ومما يزيد من خطورة هذه المشكلة أن منظومات معالجة الانبعاثات الغازية للحد من تركيزه تعد معقدة وباهظة التكاليف مما يصعب التوسع في استعمالها في العالم. لذا فقد تم التوجه نحو تصفية الوقود النفطي لتخليصه من آثار عنصر الكبريت بعملية إزالة الكبريت Desulphurization مما يؤدي إلى الحد من انبعاثه إلى الهواء. ويعد المتخصصون في هذا المجال أن هذا الغاز قد وصل إلى حدوده المنذرة بالخطر في عموم أنحاء العالم مما سيكون له أثر كبير على سلامة البيئة ومنها صحة الإنسان.

يدخل غاز ثنائي أوكسيد الكبريت في تكوين الضباب الدخاني (الضبخن Somg) وهو الملوث الرئيسي المسؤول عن وفيات حوالي أربعة آلاف شخص في كارثة وقعت في مدينة لندن عام 1952م .فضلا عن تأثيراته على المكونات المادية غير الحية في البيئة وعلى النباتات والحيوانات. كما يمكن أن يتفاعل مع الأوكسجين الجوي ليكون ثلاثي أوكسيد الكبريت الذي يميل بشدة للذوبان في مياه الأمطار وتكون الأمطار الحامضية Acid rains.

1-89 6- غاز كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulphide

غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S ينبعث من مصادر طبيعية مختلفة مثل ثورات البراكين التي تنطلق منها كميات لا بأس بها فضلا عن كميات أكبر منه ناتجة من تحلل المواد العضوية ذات الأصل النباتي والحيواني بخاصةفي البيئات الرطبة والمائية وتحت تأثير البكتيريا اللاهوائية التي تهاجم الكبريتات وتحولها بعملية اختزال إلى كبريتيت Sulphit. ويمكن أن تحدث نفس عملية التحلل هذه في مواقع طمر النفايات

تحت الأرض، بما يكون السبب في ظهور هذا الغاز بشكل ذائب في المياه الجوفية. وبمعنى آخر تسبب في تلوث هذه المياه. كما ينبعث الغاز كذلك في مواقع طبيعية وعيون كبريتية لا سيما الساخنة منها ومن أحواض تصفية مياه المجاري بسبب عمليات تفسخ الفضلات العضوية البروتينية.

ينتج الغاز خلال الأنشطة الصناعية مثل عمليات الدباغة بسبب استخدام بعض المركبات الكيماوية التي تسبب في انبعاثه. كما أن عمليات تصفية النفط الحاوي على تراكيز عالية من الكبريت قد ينبعث منها هذا الغاز.

علما أن كبريتيت الهيدروجين عديم اللون وسام جدا وتبلغ درجة سميته بنفس سمية غاز السيانيد تقريبا. وله رائحة نفاذة وكريهة تشابه رائحة البيض الفاسد. ويمكن للإنسان أن يتحسس بهذه الرائحة في تراكيز ضئيلة جدا ولا تتجاوز 0.0005 جزء بالمليون (0.5 جزء بالبليون).

تكمن خطورة هذا الغاز على صحة الإنسان خلال التعرض له لمدة طويلة أو عند التعرض إلى تراكيز عالية منه لمدد وجيزة. حيث يمكن لهذا الغاز اختراق أغشية الحويصلات الرئوية بسهولة ليصل على الدم ومنه إلى أعضاء الجسم كافة مسببا الصداع والغثيان مع تخرش العينين يصاحبها أحيانا حالات من التراخي والكسل أو الخمول العام وقد يؤدي إلى الموت عند استمرار التعرض إلى تراكيز أعلى. وبعض المصادر تذكر أن بعض مواصفات نوعية الهواء تبين فيه أن الحد المسموح به من التعرض لهذا الغاز يتراوح ما بين 7 جزء بالمليون لثمان ساعات عمل و 10 جزء بالمليون للتعرض القصير الأمد وبحدود أقل من نصف ساعة.

1-90 12-5: الكوارث والظواهر البيئية المسببة لتلوث الهواء

لقد سببت ملوثات الهواء كوارث متعددة في أنحاء متفرقة من العالم أدت بحياة المئات والألوف من البشر والحيوانات والنباتات والأحياء الأخرى. وتحدث هذه الكوارث باستمرار ولأسبات مختلفة. ومن هذه الحوادث وأشهرها قد ظهرت في القرن الماضي (العشرين) ومنها ما حدث في مدينة كلاسكو وسكوتلاندا عام 1909 كمثال يضرب لحد الآن حيث تسببت الآثار الناجمة عن تكاثف الضباب الدخاني فوق هاتين المنطقتين .

أعدادا من القتلى في الحالتين معا قد وصلت إلى حدود 1063 شخصا حيث تم نشر تقرير عن هذه الحادثة بعد عامين من وقوعها الذي يعد أول تقرير موثق عن حالة تلوث بالضباب الدخاني والذي كتبه العالم ديس فوكس Des Voeux وهو أول من أطلق هذه التسمية على الملوثات التي سببت هذه الخسائر.

في عام 1930 كارثة وادي ميوز في بلجيكا وهو من أكثر المناطق الصناعية ازدحاما حيث غطت الملوثات غير المنتشرة بسبب ركود الهواء ووجود الضباب مما أدى إلى وفاة 60 شخصا من السكان هذا الوادي فضلا عن عدد كبير من المواشي والحيوانات وقد بينت الدراسات اللاحقة أن السبب وراء حالات تخديش الحنجرة والسعال وضيق التنفس يعود إلى تراكم غاز ثنائي أوكسيد الكبريت بكميات ملوثة حيث وصلت إلى حوالي 9.6–38.4 جزء بالمليون. وأن ما حدث في مدينة دونورا في ولاية بنسلفانيا الأمريكيةعام 1948 يعد خير دليل حيث كان فيها الهواء راكدا في ذلك الوادي الذي يشبه في شكله نعل الحصان، فإن المعامل المتواجدة تطلق ملوثات الهواء وتكون ضبابا كثيفا مع وجود ظاهرة التدرج الحراري المقلوب، حيث من المعلوم أن التوزيع الحراري الطبيعي في منطقة التربوسفير يعتمد الانخفاض التدريجي كلما ازداد الارتفاع عن سطح الأرض وبذلك يتم تصريف الملوثات في الظروف الطبيعية نتيجة للحركة العمودية للهواء. فالهواء القريب لسطح الأرض يسخن ويصبح كثافته قليلة مما يساعد على ارتفاعه نحو الأعلى ليحل محله الهواء البارد من الطبقات العليا ذات الكثافة الأعلى. وقد أصيب 43% من الموجودين في ذلك الوادي في حينها وكانت الإصابات مختلفة الشدة أدت إلى وفاة 20 شخصا واستمر الحال ليومين بقي خلالها الدخان كثيفا إلى درجة يصعب معها الرؤيا لبضعة أمتار.

عند حصول ظاهرة التدرج الحراري المقلوب فإن مثل هذا الانخفاض التدريجي لدرجة الحرارة مع الارتفاع يتوقف عند ارتفاع معين تبدأ الحرارة بالانخفاض مرة ثانية. وعند ركود الهواء يحصل ثبوت مؤقت لهذه الطبقة الهوائية الحارة فوق منطقة هوائية أبرد، أي تصبح الحالة طبقة هوائية واقفة بين طبقتين باردتين لذا فإن الهواء الحار المحمل بالملوثات يرتد عند وصوله إلى الطبقة الدافئة (طبقة الانقلاب). وبذلك تنحصر الملوثات في أجواء المدينة مؤثرة على حياة الناس وبقية أشكال الحياة من كائنات أخرى.

ونظرا لأن ظاهرة التدرج الحراري المقلوب تحدث في أجواء الصحو فإن ذلك يسمح لمرور مقادير عالية من الأشعة الضوئية التي تصل إلى مناطق تراكم الملوثات حيث تتعقد المشاكل البيئية بسبب التفاعلات الضوئية المضافة لبعض الملوثات الأمر الذي يعمل على تكوين ملوثات جديدة لم تكن موجودة أصلا مثل الأوزون والهايدروكاربونات المؤكسدة وغيرها.

تعد كارثة مدينة لندن من أشهر الكوارث على الإطلاق ولا تزال تسمى باسم المدينة أو باسم كارثة الطبقات السوداء Black fog وحدثت هذه الكارثة نهاية عام 1952 وأدت إلى زيادة عدد الوفيات الطبيعي في تلك المدينة بحدود 3500 وفاة فوق المعدل الطبيعي المعروف لمدينة لندن وسببت الكارثة وجود حالات من الانقلاب الحراري مع انبعاث شديد لملوثات الهواء الغازية ومن أهمها غاز ثنائي أوكسيد الكبريت والدقائقيات والجسيمات المادية العالقة وبالأخص قطيرات الحوامض ودقائق الكربون والرماد وغبار المواد الصناعية ورماد المتطاير وغيرها.

في مدينة سفيسو في إيطاليا في عام 1976 حدث خلل في مصنع للمبيدات Icmesa chemical plant الذي يعود إلى شركة هوفمان لاروش السويسرية. وسبب هذا الخلل في فقدان السيطرة على درجة الحرارة وارتفاع الضغط داخل المنظومة أدى إلى انفجارها وانطلاق غمامة كيماوية من مادة الترايكلوروفينول Trichlorophenol الملوثة بمادة الدايوكسين Dioxin التي قدرت كمياتها بحوالي عشرة كيلو غرامات. علما بأن مادة الدايوكسين لها القابلية الشديدة على إحداث تشوهات في الأجنة البشرية مما أدت الكارثة إلى حالات هذه التشوهات فضلا عن إصابات جلدية.

من الكوارث الكيماوية الكبيرة ما حدث في مدينة بوبال الهندية عام 1984 التي تملك مصنعا للمبيدات يعود إلى شركة يونيان كاربيد Union carbide ، حيث انفجر خزان يحوي على مادة كيماوية وهي آيسوسيانات المثيل Methyl isocyanate التي تستخدم بوصفها مركبا وسيطا لإنتاج المبيد. وقد انطلقت هذه المادة نتيجة الانفجار في الهواء وساعد سكون الهواء بقاء هذه المادة فوق المدينة مسببة كارثة راح ضحيتها أكثر من 2000 شخص لقوا حتفهم حال حدوث الكارثة. كما نفقت فور حدوث التلوث جميع الحيوانات الداجنة منها وغير الداجنة فضلا عن الطيور البرية والحشرات علما بأن الايام

التالية توفي حوالي 1500 شخص آخر. أما السكان الناجون ويقدر عددهم بحوالي 200 ألف نسمة فقد عان معظمهم من مشاكل صحية مختلفة أو عاهات مستديمة مثل فقدان البصر والعقم والتهاب الكلى والكبد وصعوبات في التنفس وغيرها.

كما شهدت الكاميرون كارثة تلوث هواء مروعة في عام 1986 حيث حدث انفجار طبيعي في باطن الأرض أعقبه تسرب لغازات سامة في الجزء الغربي من الدولة. وكان الحادث يقع بالقرب من بحيرة ذات منشأ سكاني وهي بحيرة نيوس Nyos lake . وكان الانفجار هو الاول من نوعه في هذه المنطقة وأدى إلى مقتل أكثر من 1500 شخص فضلا عن الإصابات المختلفة تشمل حروقات جلدية وإصابات رئوية وقد وصل عدد من المتضررين من الناجين أكثر من 20 ألف مصاب. وقد أجمع المتخصصون بوجود غاز ثنائي أوكسيد الكربون(الذي هو غير سام ولكنه يزيح غاز الأوكسجين من الجو) وغاز كبريتيد الهيدروجين الذي له رائحة البيض الفاسد. وكلا الغازين يكثران في مناطق النشاط البركاني. وتتسرب هذه الغازات من شقوق الأرضية دون أن تحدث أضرارا بالحياة(الشكل 12–4). وقد تصاحب الغازين المذكورين غازات أخرى مثل غاز سيانيد الهيدروجين وغاز أحادي أوكسيد الكربون التي تعد ذات منشأ طبيعي.

ولا بد هنا من ذكر الكارثة البيئية الكبيرة التي وقعت في العراق بسبب العدوان العسكري في عام 1991 من قبل الولايات المتحدة الأمريكية وحلفائها. وفي مجال تلوث الهواء يمكن ذكر بعض الأمثلة منها ما تم إطلاقه من متفجرات تقدر بأكثر من 140 آلف طن التي شملت غازات سامة وجسيمات مادية. وهذا الكم الكبير من المتفجرات يعادل سبع قنابل ذرية من تلك التي تم رميها على اليابان في مدينتي هيروشيما وناكازاكي. ومن الغازات الملوثة والسامة أكاسيد الكبريت والكربون والنتروجين المنبعث من أية عملية احتراق بخاصة الاحتراق غير التام. فضلاً عن الحرائق التي نشأت في منشآت مختلفة كالمخازن والمستودعات والمصانع في مناطق مختلفة من العراق وانبعاث كميات كبيرة من الملوثات وكذلك كميات الوقود الرئيسة المحترقة خلال فترة العدوان العسكري. كما سجلت حالات الأمطار السوداء والأمطار الحامضية خلال الوقود المحترق بصورة عشوائية التي تسبب في إطلاق كميات كبيرة من الملوثات الغازية وكذلك الجسيمات المادية التي هي دقائق السخام Soot وعند ذوبانها في مياه الأمطار تكوّن ما يعرف بالأمطار السوداء التي سببت أخطارا واضحة على نوعية البيئة ونظافة المباني فضلا عن الإنتاجية الزراعية.

وقد تم تأليف عدد من الكتب ونشر عدد من الدراسات والأبحاث لتوضح مدى التلوث البيئي للعدوان العسكري على العراق من أهمها الحفيظ والسعدي (1993) والعمر (2000 و 2001).

12-6: ملوثات الهواء ذات الطابع العالمي

لا بد من الذكر أن الهواء متحرك وعند حركته لا يمكن تحديده جغرافيا في دولة واحدة حيث أن الغلاف الجوي للكرة الأرضية يعد مشتركا عالميا تقوده حركة الكتل الهوائية المتغيرة دائما. فالملوثات الغازية والملوثات الإشعاعية يمكن أن تنتقل من منطقة إلى أخرى. ويمكن التطرق إلى بعض الأمثلة على ما يلوث الهواء ويؤثر في مناطق جغرافية عديدة قد تصل إلى كل الكرة الأرضية ومنها:

91-1 12-6-1: أولا: الاحتباس الحراري Global warning

مفهوم الاحتباس الحراري لا يختلف عن ظاهرة البيت الزجاجي Green house effect ، فهو يتعلق بزيادة تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي. وكما ذكر مسبقا أن هذا الغاز غير سام للكائنات الحية ونسبته في الهواء بحدود 300 جزء بالمليون في الهواء الجاف وغير الملوث، كما هو الحال في المناطق البعيدة عن الأنشطة البشرية. وكما هو مسجل في العالم فإن تركيز هذا الغاز هو في زيادة مستمرة رغم أن هذه الزيادة هي ضئيلة وليس لها تأثير صحي على الإنسان أو الأحياء. لكن خطر هذه الزيادة في كونها ستؤدي إلى الإقلال من انتشار الحرارة في جو الكرة الأرضية إلى الفضاء الخارجي بفعل تأثير البيت الزجاجي مما يسبب ارتفاع معدلات درجات الحرارة على سطح المعمورة. علما بأن هناك غازات أخرى في الغلاف الجوي لها مثل هذه القابلية بل وأكثر من هذا الغاز منها بخار الماء وغازات الميثان وأوكسيد النتروز ومركبات الكلور وفلوروكاربونات. أي أن هذه الغازات لها القدرة على الحبس الحراري وتفوق قدرتها في ذلك قدرة غاز ثنائي أوكسيد الكربون بآلاف المرات بخاصة مركبات الكلوروفلوروكاربونات، علما بأن هذه الغازات والمواد ليست المشكلة كما هو الحال في غاز ثنائي أوكسيد الكربون وذلك بسبب انخفاض تراكيزها في الغلاف الجوي وقلة مصادرها على سطح الأرض.

حدوث الاحتباس الحراري في جو الأرض يستوضح خلال تفهم طبيعة الإشعاع الشمسي Solar radiation وعلاقته بدرجة الحرارة. فالطاقة الشمسية Solar energy تتألف من العديد من الأطوال الموجية منها ما هو محصورفي مدى ضيق جدا كالأشعة التي تستطيع العين البشرية رؤيتها والتي تعرف بالأشعة المرئية Visible light أو الضوء الذي نراه وينحصر ما بين الأطوال الموجية 400-780 نانومتر. أما الموجات التي أقصر من 400 نانومتر فتعرف بالأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet light وما دونها هي أشعة اكس وأشعة كاما. أما الأطوال الأكبر من 780 نانومتر فهي الأشعة تحت الحمراء Infrared radiation وهي الحرارة، وتعقبها الموجات الميكروية Microwaves ثم الأمواج الراديوية Radiowaves. وتمثل الأشعة المرئية جزءاً ضئيلاً للغاية من مجموع أطوال أو مديات الأطوال الموجية للإشعاع الكهرومغناطيسي

ومن ضمن خصائصها أنها ذات قدرة على اختراق طبقات الغلاف الجوي دون مقاومة تذكر، كما أنها تستطيع بنفس الطريقة أختراق زجاج النوافذ (كما هي في البيت الزجاجي)، بعكس الأشعة تحت الحمراء التي ليس لها القدرة على ذلك.

إن اصطدام موجات الأشعة المرئية بأي حاجز يؤدي إلى تحولها إلى حرارة. لذا فإن وصولها إلى الكرة الأرضية سوف تتحول إلى حرارة بعد اصطدامها بالموجودات وتبقى حبيسة في الداخل. ويعمل غاز ثنائي أوكسيد الكربون والغازات الأخرى القابلة على الحبس الحراري بنفس الطريقة حيث كلما ازدادت تراكيزها في الغلاف الجوي زادت كمية الحرارة المحتبسة في جو الأرض (الشكل 12-5).

إن ارتفاع معدل درجات الحرارة المتوقع لها على سطح الكرة الأرضية بمقدار 1.5-4.5 درجة مئوية خلال هذا القرن (الحادي والعشرين) سيؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحار والمحيطات بمقدار 0.5-2 متر أو أكثر خلال تمدد المياه في المحيطات نتيجة ارتفاع درجة الحرارة فضلا عن ذوبان كميات أكبر من الجبال الثلجية مما سيؤدي إلى تدمير المدن الساحلية والهجرة العشوائية للسكان والإخلال البيئي في العديد من النظم البيئية المائية منها واليابسة.

تسعى دول العالم في تقليص مجموع الانبعاث العالمي لغاز ثنائي أوكسيد الكربون واستخدام التقنيات النظيفة بيئيا وتحسين إدارة الغابات والمساحات الخضراء والحفاظ عليها.

12-6-2 92-1 ثانيا: طبقة الأوزون في الغلاف الجوي

غاز الأوزون O_3 أحد المكونات الطبيعية للهواء إذ تبلغ نسبته الحجمية 0.02 جزء بالمليون ، لذا فهو يعد من الغازات النادرة فعلا تتجاوز كتلته الكلية في كامل الغلاف الجوي عن 200 مليون طن. وله القابلية على امتصاص الأطياف الموجية الأقصر من 300 نانومتر في الأشعة الشمسية . كما أن 90% من هذا الغاز يتواجد في طبقة الستراتوسفير، وأعلى تركيز له في هذه الطبقة يوجد على ارتفاع 10-50 كم فوق سطح الأرض.

رغم تركيز غاز الأوزون الضئيل لكنه يعد كافيا وضروريا لحماية الحياة على سطح الأرض. حيث أن للغاز القابلية على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ذات الأطوال الموجية التي تتروح ما بين 280–320 نانومتر. وأن تناقص غاز الأوزون سيؤدي إلى زيادة شفافية الغلاف الجوي تجاه الأشعة فوق البنفسجية للأطوال أعلاه مما يترتب عليه تأثيرات سلبية على الحياة على سطح الكرة الأرضية بما يشمل الإنسان كذلك.

لغاز الأوزون ميل شديد إلى التفاعل مع الملوثات البيئية أو مع الجذور الناتجة منها متحولا إلى غاز الاوكسجين. ومن بين هذه الملوثات البيئية كل من أكاسيد النتروجين والمركبات الكلورية العضوية مثل مبيدات دي دي تي DDT والألدرين والكلوردين وغيرها مركبات الفنيل الكلورية Polychlorinated bephenyls ومركبات الكلوروفلوركاربونات المعروفة تجاريا باسم غاز الفريون. وتتحلل هذه المركبات في الهواء تحت تأثير ضوء الشمس لإعطاء غاز الكلور الذي يعمل على تحويل غاز الأوزون إلى أوكسجين. لذا فإن تناقص تراكيز غاز الأوزون يعتمد على تواجد الملوثات البيئية المذكورة أعلاه وتفاعلها معه. وكانت أولى التسجيلات عن تناقص هذا الغاز بسبب انطلاق مركبات الكلوروفلوروكاربونات إلى الغلاف الجوي. علما بأن تناقص تراكيز الغاز تصاحبه زيادة في كمية الأشعة فوق البنفسجية أي نفاذ هذه الأشعة إلى سطح الأرض وزيادة تعرض البشر أصحاب البشرة البيضاء إليها مما يؤدي إلى رفع نسبة الإصابة بسرطان الجلد والتلف البصري والأمراض المعدية التي تسببها الفيروسات وهذه تنشط خلال تعرضها إلى هذه الاشعة مما يقلل القدرات الدفاعية للجهاز المناعي في الجسم فضلا عن التأثيرات البيئية الأخرى على الأحياء البرية مثل تساقط الفراء أو الريش أو الحراشف من بعض المناطق من الجسم.

يهدد تناقص تركيز غاز الأوزون الدول القريبة من قطبي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي لذا فإن زيادة دخول الأشعة فوق البنفسجية ستتركز عليها حيث أن ذلك يسبب مسار الأشعة الشمسية التي يكون في أقصاها فوق منطقة القطبين وبذلك فإن التفاعلات

الكيميائية الضوئية التي تحطم غاز الأوزون تكون في أقصى معدلاتها في القطبين. لذا فإن سكان تلك المناطق من ذوي البشرة البيضاء سيتضررون بسبب حساسية بشرتهخم بخاصة عند ممارستهم السباحة والاستجمام عند السواحل البحرية.

منذ منتصف السبعينات بعد أن قدم العالم الأمريكي رولاند Sherwood Roland وصفا عن تناقص الغاز بسبب انطلاق مركبات الكلوروفلوروكاربونات، فقد تركزت الجهود العلمية إلى مراقبة طبقة الأوزون خلال منظمة برنامج الأمم المتحدة للبيئة (اليونيب UNEP). وصدرت اتفاقية فينا لحماية الأوزون عام 1985 وبروتوكول مونتريال الخاص بالمواد الكلورية الفلورية الكربونية التي تستنفذ طبقة الأوزون عام 1987، وتبعا مؤتمر هلسنكي 1989 ومؤتمر لندن 1989 و 1990 . وتشير هذه اللقاءات الدولية إلى حماية طبقة الأوزون خلال منع إنتاج وتداول المركبات التي تؤدي إلى تناقص هذا الغاز مثل مركبات الكلوروفلوروكاربونات كغاز الفريون. علما أن لغاز الفريون استخدامات عديدة منها كسوائل دفع في عبوات رش المستحضرات الصيدلانية كالعطور والمستحضرات التجميلية والمبيدات وسوائل التبريد في الثلاجات ومكيفات الهواء وسوائل تنظيف وتعقيم الأدوات الجراحية وغيرها.

1-93 12-6-3: ثالثا: التلوث الإشعاعي Radiation pollution

يعد الإشعاع ظاهرة طبيعية يحيط بالإنسان في كل مكان في حياته اليومية. وقد أدى نشاط الإنسان إلى زيادة تراكيزه في بعض المواقع أو بسبب حوادث عرضية أو مشاكل صناعية معينة أو سوء إدارة مما تؤدي إلى حالات تلوث خطيرة. فالتسرب الإشعاعي خلال الحوادث التي تحدث في المفاعلات النووية أو بسبب التجارب النووية أو النفايات المشعة التي تتسرب من خزانات الصواريخ والمركبات والأقمار الصناعية أو بسبب القمامة الخطرة الناتجة من المصانع التي تستعمل الكيماويات المعاملة إشعاعيا. حيث تصل هذه الإشعاعات إلى الأرض ملوثة الهواء والماء والتربة والغذاء مما يؤدي إلى مخاطر مميتة وقاتلة للإنسان والكائنات الحية الأخرى. أو إحداث تشوهات واختلالات في النظم الحيوية وحسب مستوى الجرعات الإشعاعية ونوعها.

يعرف التلوث الإشعاعي أنه انبعاث إشعاعات خطيرة نتيجة حوادث تحصل في المفاعلات النووية أو من النفايات المشعة أو أي مصدر يستعمل في الإشعاع بجرعات ضارة تعمل على تدمير خلايا الكائن الحي بشكل مباشر عند التعرض للإشعاع بشكل مباشر أو غير مباشر خلال تركيزها في الهواء أو الماء أو التربة أو الغذاء.

أنواع الجسيمات الإشعاعية

وتشمل ثلاث أنواع رئيسة (الجدول 12–2):

1– جسيمات ألفا a تتألف من بروتونين ونيوترونين أي نواة ذرة الهيليوم He تنطلق خلال انفجار نواة اليورانيوم والرادون . ولا تمتلك هذه الجسيمات قابلية عالية على اختراق الحواجز أيا كانت، فقد يتعذر عليها اختراق ورقة كتابة اعتيادية (الشكل 12–6). ومصدرها الطبيعي عنصر الراديوم والثوريوم وهي شديدة الضرر للخلايا التي تلمسها.

2– جسيمات بيتا B التي تنبعث من أنوية المخلفات النووية الانحلالية لليورانيوم. تتألف من إلكترونات فقط وبذلك فهي أصغر من جسيمات ألفا بحوالي سبع آلاف مرة تقريبا وتزداد بذلك قابلية اختراقها الحواجز.

3– أشعة كاما Y هي عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة 3×10^{10} متر/ثانية ولديها القدرة على اختراق الأجسام الكبيرة بدرجة أكبر من إشعاعات ألفا وبيتا. وهي تحمل شحنة متعادلة تشبه النيوترون وتمتاز بأنها ذات طبيعة فوتونية عالية، ومصدرها الصناعي الكوبالت المشع 60، والسيزيوم 137 ، واليود المشع 131. وتشبه الأشعة السينية X-Rays وتشكل خطرا على الكائنات الحية.

4– الأشعة السينية X-Rays التي تكون مصدرها الطبيعي الشمس. ولها طاقة فوتونية أقل من أشعة كاما. وتمتاز بقدرتها على اختراق الأجسام الصلبة. ولها تأثير على الأنسجة الحية وخطر كبير على الخلايا. اكتشفت هذه الأشعة عام 1895 من قبل رونتجن، لذا تسمى كذلك بأشعة رونتجن.

الجدول (12–2)

أهم خصائص الجسيمات الإشعاعية مساعدة 1997

	الخاصية	دقائق ألفا	دقائق (B) بيتا	أشعة جاما
1	السرعة	200م/ث	160×10^3 م/ث	3×10^{10} م/ث أو 186×10^3 م/ث
2	الشحنة	موجبة (نواة ذرة الهيليوم)	سالبة (شحنة الالكترون)	عديمة الشحنة
3	القدرة على تأيين الغازات	كبيرة (100)	صغيرة (10)	أصغر(1)
4	القدرة على النفاذية	صغيرة (1)	كبيرة (10)	أكبر (100)
5	الكتلة	كتلة أيون الهيليوم أو أربع مرات كتلة نواة ذرة الهيدروجين	1 ___ 1840 كتلة البرتون	موجبة أو لا كتلية (لا كتلة لها) (كهرومغناطيسية)

وحدات قياس الإشعاع(جدول 12–3):

توجد أكثب من وحدة قياس للجرعات الإشعاعية الممتصة منها:

1. الراد Rad هو عبارة عن كمية الاشعة التي يمتصها كيلو غرام من المادة المعرضة للإشعاع أو كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة التي تعادل 10^{-5} جول/ غم من الانسجة، وتعد هذه الوحدة مساوية في شدتها لوحدة الرونتجن تقريباز

2. الريم Rem هو عبارة عن كمية الطاقة الإشعاعية التي تحدث تأثيرا بيولوجيا يعادل تأثير 1 راد. وأن ريما واحدا من أي إشعاع هو كمية الإشعاع التي إذا تعرض إليها جسم الإنسان (وليس أي نسيج حي) فإنه تسبب تأثيرا مكافئا لامتصاص جرعة قيمتها هذا العالم رونتجن واحد.

3. الكري Gray الذي يعادل 100 راد أو يعادل جولا واحدا من الأشعة لكل كيلو غرام من المادة المعرضة للإشعاع (1 جول/كيلو غرام من الأنسجة الحية).

4. السيفرت الذي يساوي 100 ريم ويعادل كذلك 100 راد أي أن الكراي والسيفرت متساويان كوحدتي قياس الأشعة.

5. الكوري Curie المشتقة من اسم العالمة السويدي مدام كوري. وتستخدم هذه الوحدة لوصف فعالية المصدر المشع أي معدل الانحلال المتسلسل الإشعاعي في الثانية الواحدة. ومن مضاعفاته هو كيلو كوري الذي يعادل 3.7×10^{10} انحلال/ثانية لكتلة غرام واحد من عنصر الراديوم. كما أن 1 كوري يعادل 3.7×10^{10} بيكريل Becquerel أي أن كل بيكريل تعادل انحلالا واحدا/ثانية.

6. الرونتجن Roentegen وهي وحدات تستخدم لوصف مقدار التعرض إلى الأشعة السينية أو إلى أشعة كاما. وتعرف إنها كمية الأشعة المؤدية إلى إنتاج أيونات تحمل شحنة مجموعها يساوي 2.1×10^{9} من وحدات الكهربائية.

الجدول (12-3)

أهم وحدات قياس شدة النشاط الإشعاعي (مساعده 1997)

وحدة القياس	كمية الإشعاع
الراد Rad	100 إر غ/غم = 0.01 جول/كغم
الريم Rem	100 إر غ/غم = 0.01 جول/كغم
الجراي Gray = 100 راد	10000 إر غ/غم = 1 جول/كغم
سيفرت = الجراي	10000 إر غ/غم = 1 جول/كغم
الكوري	3.7×10^{10} تحلل /ثانية (بيكريل)
بيكريل Bequerel	$\frac{1}{3.7 \times 10^{10}}$ كوري

التأثيرات البيولوجية للإشعاع

تعتمد التأثيرات البايولوجية للإشعاع على شدة التعرض ومدته Intensity and duration of exposure. كما تعتمد خطورة الإشعاع على نوع الخلايا المصابة في عموم الجسم ويمكن متابعة الشكل (12–7) في التعرف على التأثيرات المختلفة للإشعاع. ففي الخلايا الجسيمة على سبيل المثال تفقد سيطرتها على آلية الانقسام مما يقود إلى تكوين ورم سرطاني. أما الخلايا الجنسية التي تتعرض إلى الإشعاع فإنها قد تؤدي إلى فقد بعض الصفات الوراثية أو إحداث طفرة وراثية. وفي الخلايا الجنسية قد تؤدي إلى تشوهات خلقية.

إن الدمار الذي يلحق بالخلايا الحية ينتج بفعل الإشعاع المؤين على جسم الإنسان وليس بفعل التأثير الحراري. فمثلا أن جرعة أشعة كاما بمقدار 400 ريم تشكل خطورة كبيرة على جسم الإنسان لكونها تؤدي إلى تأين ذرات الخلايا، والطاقة المكافئة لهذه الجرعة تساوي 4 جول لكل غرام واحد من المادة.وهذه الطاقة من الصغر حيث لا ترفع درجة حرارة غرام واحد من الماء أكثر من 0.001 درجة مئوية. أي أن التأثير الحراري لهذا المستوى من الإشعاع ضئيل إلى الحد الذي لا يؤثر فيه البتة على الجسم. ويمكن ملاحظة الجدول (12–4) لمتابعة التأثيرات المحتملة للجرعات الإشعاعية المختلفة على عموم الجسم.

يؤدي الإشعاع المؤين إلى تكوين سرطان الدم Leukemia في الإنسان والمتمثل في زيادة عدد كريات الدم البيضاء. ويسمى أيضا مرض ابيضاض الدم. كما يسبب الإشعاع مختلف الأضرار في طبيعة الكروموسومات وتكوينها وعددها في داخل الكلية. كما يسبب الإشعاع سرطان الثدي.

تؤثر الأشعة في الخلايا، فعند وصولها إلى الدورة الدموية فإنها تظهر أعراضها مثل الصداع المصحوب بارتفاع الحرارة والاسهال وآلام البطن. ولها تأثير على الأنسجة المكونة للدم كالنخاع العظمي والكبد والطحال وغيرها من التأثيرات المختلفة في أعراض الجسم.

إن الجرعة المميتة للإشعاع هي بحدود 1000 راد وتكون نسبة الوفاة 100%.وعندما يتعرض الجسم إلى 100000 راد فالموت يكون في الحال أو بعد دقائق من التعرض بسبب تدمير عدد كبير من الإنزيمات والفعاليات الحيوية للخلايا والأنسجة.

الجدول (12-4)

التأثيرات المحتملة للجرعات الإشعاعية على عموم الجسم (مساعده 1997)

جرعة التعرض (رم)	التأثيرات المحتملة
0-25	من الصعب ملاحظتها بالفحوص الطبية
25-100	تغيرات طفيفة على الدم ، غثيان
100-200	غثيان وقتي، اختزال بعض خلايا الدم
200-300	غثيان وقتي خلال اليوم الأول ثم فقدان الشهية واسهال ونحول
300-600	غثيان وقتي واسهال خلال الساعات الأولى يعقبه تساقط الشعر وفقدان الشهية ونزيف دموي ونحول، الوفاة خلال أسبوع بنسبة 50% إلى حد 450رم.
> 600	غثيان وقتي واسهال يعقبه نزيف دموي ونحول عام مع التهابات في الفم والبلعوم وارتفاع درجات الحرارة، الوفاة خلال اسبوعين والموت بنسبة 100%.

لا بد من تذكر كارثة مدينتي ناكازاكي وهيروشيما في اليابان عندما ألقت الولايات المتحدة الأمريكية عليهما قنبلتين ذريتين عام 1945 راح ضحيتها أكثر من 100000 شخص وجرح نصف مليون آخرون من المواطنين اليابانيين كانت الإصابات 20% منهم بالأمراض الإشعاعية كما تم تدمير 75% من المباني بأكملها. وما زالت آثار التشوه الخلقي نتيجة هذه الكارثة لحد الآن .

من أهم الكوارث الإشعاعية ما حدث في كارثة مفاعل تشرنوبل. ومحطة تشرنوبل الكهرونووية هي محطة روسية لإنتاج الكهرباء بوساطة لإنتاج الكهرباء بوساطة التفاعلات النووية، حيث أدى عطل هذه المحطة إلى انفجارها في 26 نيسان 1986 وانطلاق المواد المشعة إلى الهواء مسببا حالة تلوث بيئي خطير شمل العديد من الدول الأوروبية ووصل تأثيره إلى بعض البلدان في الشرق الأوسط مثل العراق. فقد وصل مستوى الإشعاعات النووية في سواحل السويد على بحر البلطيق إلى درجة يفوق المستوى الطبيعي بمائة مرة. وكان مستوى الإشعاع في بولندا أكثر من مستوى الطبيعي بحوالي 500 مرة. ووصلت نسبة المواد المشعة في هولندا في نهر الراين إلى 80 ضعفا. كما أن مياه المطر في إنكلترا قد تلوثت بالإشعاع حيث أصبح اللتر الواحد من الماء يحتوي على 300 بيكريل. ووصلت نسبة الإشعاع في سكوتلاندا إلى 100000 بيكريل/لتر. وفي المدن الألمانية وصلت نسبة التلوث إلى 10000 بيكريل في مدينة أيسن و 25000 بيكريل في مدينة بون.

نجم عن كارثة تشرنوبل عدة آثار صحية خطيرة منها آثار حادة مبكرة وأخرى آثار متأخرة. ومن آثار الإشعاع ناجمة عن أشعة كاما التي تخترق الجسم وآثار عن أشعة بيتا المخترقة للجسم. وأدت أشعة كاما قصور حاد في نخاع العظام فضلا عن أعراض معوية حادة. في حين أدت أشعة بيتا حروق شديدة. بالإضافة إلى التأثيرات الوراثية على الأجنة في الأرحام ذات العمر 8–15 أسبوعا. وقدرت نسبة احتمال الإصابة بالتخلف العقلي الحاد إلى 40% من كل 100 راد أثر التعرض لتشعيع لحظي حاد. وتوقع أحد علماء الجمعية الكيماوية الأمريكية أنه سيصاب خلال السبعين سنة

القادمة ما يزيد عن مليون شخص بالسرطان بمختلف أنحاء العالم بسبب هذه الكارثة . كما أن بقية الكائنات الحية لم تسلم هي الأخرى من هذه الإشعاعات، فقد وصلت تراكيز الإشعاع في حليب الأبقار ما بين 100–200 من اليود 131 لكل لتر.

خطورة التلوث الإشعاعي هنا تكمن سواء هذا الإشعاع ينتشر إلى بلدان أخرى أم يستقر في نفس بلد الكارثة فإن ما ينتج من مواد غذائية التي تصدر إلى البلدان الأخرى سوف تحمل تراكيز من هذا الإشعاع. فاللحوم والبيض والحليب والمعلبات باختلاف أنواعها عادة ما تصدر من دول منتجة إلى دول مستوردة فينتقل هذا الإشعاع بهذه الطريقة إلى دول أخرى.

مثال آخر هو كارثة التلوث الإشعاعي في العراق حيث ارتكبت الولايات المتحدة الأمريكية جريمة أخرى خلال عدوانها العسكري عام 1991 خلال استخدامها لنوع جديد من القذائف المصنوعة من معدن مشع ثقيل الوزن بشكل استثنائي وهو اليورانيوم. وكانت أكثر المناطق تضررا في العراق هي منطقة الزبير وصفوان وحقول الرميلة في محافظة البصرة، جنوب العراق. ولسيادة الرياح الشمالية فقد تأثرت كل من الكويت والمملكة العربية السعودية فضلا عن تأثر الجنود الأمريكيين المرابطين على أراضي الكويت والسعودية. كما أكد العديد من التقارير الطبية والتي صدرت في الولايات المتحدة الأمريكية فضلا عن قيام بعض العسكريين الأمريكان الذين تعرضوا للإشعاع بالاحتجاج ومطالبة المسؤولين الأمريكان بالتعويضات لما أصابهم من أمراض خطيرة.

يعد استخدام عنصر اليورانيوم المنضب خرقا دوليا للاتفاقيات والمواثيق الدولية مثل اتفاقية بازل للتحكم بالنفايات الخطرة. كما أنه عمل مناف لجميع الاعتبارات الأخلاقية والقيم الإنسانية. واصبح يعرف هذا العنصر بمعدن العار كما صدر عنه كتاب في الولايات المتحدة الأمريكية يحمل هذا المعنى Metal of Dishonor.

ومن الأضرار الصحية التي سجلت في المواطنين العراقيين بسبب التلوث الإشعاعي من استخدام اليورانيوم المنضب هي تضرر الجهاز المناعي للجسم بدرجة كبيرة وارتفاع نسب ظهور بعض أنواع الطفح الجلدي والحبة الجلدية وظهور حالات غير مفهومة طبيا مثل اعتلال وظائف الكبد والكليتين، وزيادة حالات سرطان الدم وفقر

الدم والأورام الخبيثة والتشوهات الخلقية. ولا تقتصر هذه التشوهات الخلقية على البشر وإنما تم تسجيلها على الحيوانات كالأغنام. وتأثرت النباتات كذلك وبذلك قد تصل إلى الانسان جرعات من الإشعاع خلال السلسلة الغذائية في غذائه.

94-1 12-6-4: رابعا: التدخين Smoking

يحتوي دخان نبات التبغ على أكثر من 3800 مادة كيماوية ساحة ومنها أول أوكسيد الكربون CO وكبريتيد الهيدروجين H_2 S والأمونيا NH_3 والفورمالدهايد HCHO والاسيتالدهايد CH_3 CHO وسيانيد الهيدروجين HCN وحامض الكربونيك وكربون ورق السجائر وبعض الأحماض مثل حامض النتريك HNO_3 وحامض الخليك CH_3 COOH وحامض الفورميك HCOOH (الجدولان 12-5 و 12-6).

الجدول (12-5)

أهم مكونات التبغ والمواد الناتجة عن التدخين مساعده 1997

المادة	النسبة المئوية	تأثيرها السام
1. النيكوتين	(1-40)%	تسبب اطلاق هرمون الكظرين من الغدة الكظرية مما يؤدي إلى زيادة عدد ضربات القلب وبالتالي ارتفاع ضغط الدم
2. الكربوهيدرات	(2-20)%	
3. البروتينات	(1-13)%	
4. الأحماض العضوية	(5-17)%	
الزيوت الطيارة	(0.1-15)%	
القطران، الفينول، الفورمالدهايد، الكريزول، مواد أروماتية، اسيتالدهايد،بنزوبيرين.	كليا مواد سامة تسبب تهيج الأغشية ولها تأثير سرطاني ،هذه الأغشية وعلى أجهزة الجسم المختلفة	
مادة البيروليدين، مادة مثل بيروتين	مواد شديدة السمية إذ يكفي عدة نقاط للتسبب في الوفاة.	

أول اكسيد الكربون وينتج عن حرق التبغ	يتحد غاز CO مع الهيموجلوبين بمقدار 210 ضعفا أكثر من الأوكسجين، وإذا وصلت نسبة اتحاد CO – Hb إلى 70% فإنها تؤدي إلى موت الإنسان.
الكحول الميثلي	وتنتج عن احتراق التبغ وقد يتسبب بحدوث عمى مؤقت لبعض الاشخاص وعمى دائم في حالة مرض السكري من المدخنين.

الجدول (12–6)

المكونات الغازية الناتجة عن احتراق التبغ في السجائر (العمر 2000)

المكونات الغازية	**الكمية لكل سيجارة**
ثنائي أوكسيد الكربون	20–60 ملغم
أحادي أوكسيد الكربون	10–20 ملغم
غاز الميثان	1.3 ملغم
البروبان/ البروين	0.5 ملغم
كلوريد المثيل	650 مكغم
الفيوران المثيلي	2 مكغم
أكاسيد النتروجين	مختلفة
الأمونيا	8–42 مكغم
سيانيد الهيدروجين	430 مكغم
البيريدين	32 مكغم
النتروزمين ثنائي المثيل	65 مكغم
الاسيتونترل	120 مكغم
البيكولين –3	24 مكغم
النتروزوبيروليدين	10–35 مكغم
عدد آخر من النواتج الغازية الأخرى الأقل تركيزاً	

ويشارك في الدخان غازات تحمل ذرات صغيرة من القطران وتحتوي كثير من هذه الذرات على مواد سرطانية ومنها مادة البنزوبيرن Benzopyrene التي تعد من أقوى المواد السرطانية المعروفة, حيث تدمر كليا الخلايا المنتجة للأهداب والخلايا المنتجة للمخاط. إن غشاء الأهداب المخاطي الواقي وجهاز التنظيف يجعل سعال المدخن أمرا لا بد منه للتخلص من البلغم وما يحتويه من ذرات كبيرة تؤثر معها عملية السعال هذه في الممرات الهوائية مما يجعل خلايا الممر التنفسي للإنسان المدخن معرضة للتلف وبالتالي تؤدي إلى التهاب في القصبات الهوائية.

كما أن مركب النيكوتين من المركبات الأخرى في دخان السكاير الذي يعد منبها للجهاز العصبي المركزي. ويسبب تغيرات فسيولوجية ونفسية متميزة في الإنسان. ويؤثر في الدورة الدموية التي تؤدي إلى أمراض القلب كزيادة بنبضاته ورفع ضغط الدم، ويؤثر على الغدد الأدرنيالية محدثة انفعالات في الجهاز العصبي. علما بأن الجرعة القاتلة Lethal dose من النيكوتين هي 60 مليغرام حيث تكون مميتة إذا حقنت في دم الإنسان.

لذا فالتدخين يعد سببا في هلاك عدة ملايين من البشر، حيث تقدر منظمة الصحة الدولية أن هناك ما لا يقل عن 2.5 مليون شخص يموتون سنويا بسبب أمراض متسببة عن التدخين أو مرتبطة باستخدام التبغ مثل سرطان الرئة والالتهاب الشعبي المزمن والانتفاخ الرئوي وأمراض القلب والشرايين التاجية والانسداد الرئوي المزمن. علماً أن آخر إحصائية (في حزيران 2002) عن عدد من يموتون سنوياً بسبب التدخين وصل إلى 4 ملايين شخصاً. وتتأثر أجزاء مختلفة من جسم الإنسان بالتدخين تؤدي إلى حالات أكثر حدة من الأمراض المذكورة، فعلى سبيل المثال كلما زادت عدد السجائر المدخنة في اليوم زادت معدلات الموت للإنسان كما موضح في حالة سرطان الرئة (الشكل 12-8).

علماً بأن التدخين السلبي Passive smoking الناتج عن مخالطة غير المدخنين للأشخاص المدخنين مخاطر كبيرة. وتؤكد بعض الدراسات أن مخالطة

المدخنين يتسبب في زيادة الوفاة بكل من سرطان الرئة وأمراض القلب بنسبة 30% عن معدلاتها.

تؤكد منظمة الصحة الدولية أن المرأة هي أكثر حساسية لتأثير دخان السكائر من الرجل ويعود ذلك إلى أسباب فسلجية بحتة. ورغم ذلك فإن شركات صناعة التبغ وتسويقه تستهدف المرأة في إعلاناتها عن منتجاتها. ويحذر الأطباء عادة من التدخين وبخاصة المرأة ويتم تأكيد ذلك أثناء مدة الحمل لما له أضرار جسيمة على الجنين.

لذا من الضروري توعية المواطن من الامتناع عن الدخين ليس بسبب اقتصادي فحسب وإنما لما له من أضرار صحية جسيمة له ولعائلته من ضمنهم أطفاله. فالمطلوب منع التدخين في القاعات العامة ووسائط النقل العام ومراقبة النشئ (بخاصة في سن المراهقة) من التقرب لهذه الآفة الخطيرة.

12-7: طرق المعالجة والحد من تلوث الهواء

كما تم التطرق له في أعلاه فإن من أهم الملوثات للهواء هي أول أوكسيد الكربون وثنائي أوكسيد النتروجين، وثنائي أوكسيد الكبريت والدقائقيات والهايدروكاربونات. ويجب أن تؤخذ ثلاثة أمور بنظر الاعتبار عن هذه المصادر الملوثة وهي:

أولا: أية من المصادر تبعث أكبر كمية من الملوثات في الهواء

ثانيا: أية من المواد الملوثة يكون وجودها بأعلى كمية.

ثالثا: ما هي السرعة التي تتراكم فيها الملوثات ويزداد تركيزها

يتم التركيز حاليا على عامل التأثير للملوث. إذ لا يكفي الاعتماد على عامل الوزن الكلي للملوث. ومهما كانت طرق إزالة ملوثات الهواء الناتجة من المصانع المتطورة، فليس بإمكانها إزالة جميع هذه الملوثات بسبب الحجم الكبير نسبيا لقذف ملوثات الهواء بخاصة المصانع الكبيرة. الأمر الذي يستدعي نشر هذه الملوثات على مساحة أكبر. وبذلك فقد تولدت فكرة تصميم المداخن الضخمة وفقا للحسابات العلمية

الجدول (12-7)

تأثير التدخين على أجزاء الجسم المختلفة (مساعده 1997).

أجزاء الجسم التي تتأثر بالتدخين	تأثير التدخين
1. الفم	يؤدي إلى سرطان الفم حيث أن نسبة 70% من الحالات تعود إلى التدخين سرطان الشفة حيث أن نسبة 70% من الحالات سببها التدخين
2. الجهاز التنفسي	سرطان الحنجرة حيث أن نسبة 84% من الحالات سببها التدخين سرطان الرئة حيث أن نسبة 90% من الحالات سببها التدخين الالتهاب الشعبي المزمن حيث أن نسبة 90% من الحالات سببها التدخين الانتفاخ الرئوي حيث أن نسبة 85% من الحالات سببها التدخين
3. القلب والجهاز الدوري	جلطات القلب: التدخين مسؤول عن 70 % من الحالات جلطات الأوعية الدموية ضيق الشرايين
4. الجهاز الهضمي	سرطان البلعوم سرطان المريء سرطان البنكرياس قرحة المعدة والاثني عشر
5. الجهاز البولي	أورام المثانة سرطان المثانة البولية حيث أن التدخين السبب الرئيس لأكثر من 60% من الحالات سرطان الكلى
6. الجهاز التناسلي	ضعف القدرة الجنسية سرطان عنق الرحم عند النساء الحالات. سرطان البروستات عند الرجال

الدقيقةالتي تأخذ بنظر الاعتبار الارتفاع المطلوب وسرعة قذف الملوثات من المدخنة وسرعة واتجاه الرياح السائدة في المنطقة. والخواص الفيزياوية للملوثات المتعلقة بسرعة انتشارها.ولكي يكون نشر الملوثات وتخفيفها في الجو بصورة فعالة وأمينة فإن الأمر يتطلب أن تكون ارتفاعات المداخن بمقدار مرتين ونصف ارتفاع أعلى بناية مجاورة للمصنع، كما يجب أن تؤخذ سرعة قذف الملوثات بنظر الاعتبار.

كذلك يمكن السيطرة على الأنواع المختلفة لملوثات الهواء بوساطة طرق التقنية الحديثة رغم أن التكاليف تكون باهظة حيث سيتحملها الجمهور بصيغة أسعار أعلى للبضائع المنتجة لذلك المصنع مع ضرائب أعلى وحدود أرباح منخفضة للصناعة، مع وضع قيود أكثر حزما لنشاط حرق النفايات واستخدام السيارات.وقد لا تعطي الفوائد تحسينات في نوعية البيئة فحسب بل تتعداها إلى الصحة والزراعةفي الإنتاج النباتي والثروة الحيوانية.

يمكن التحكم في التلوث الدقائقي بوساطة المرسبات الكهروستاتيكية القادرة على خفض كمية الدخان والغبار المنبعث إلى الجو. أما الملوثات الغازية فإن التخلص منها يكون بالوسائل الكيماوية المعتمدة في إحدى نظمها المستخدمة على القابلية التفاضلية لذوبان الغازات في الماء. ويمكن عن طريق الذر الدقيق للماء في جهاز يعرف باسم جهاز غسل الغازات Scrubber أن تعزل الغازات ويجري التخلص منها بالترشيح أو الامتصاص خلال كاربون منشط Activated carbon .كما يمكن التخلص من أنواع أخرى من الغازات بتحويلها كيماويا إلى مواد خاملة أو مترسبة أوغير ضارة. وفي بعض الأحيان يمثل التخلص من هذه المواد مشكلة إذ تصبح جزء من دورة نفايات صلبة أو سائلة. إذ لا بد من التعامل معها بصورة صحيحة وعكسه تكون قد تغيرت من مجرد ملوثات غازية إلى أخرى مائية أو صلبة.غير أن التقنيات الحديثة وتطور أساليب معالجة الملوثات كفيلان بحل مثل هذه المشاكل.

بالنسبة إلى الملوثات الناجمة من حرق الوقود في محركات الاحتراق الداخلي للسيارات وما شابهها فقد تضمنت الطرق الأولية التي استنبطت لخفض الانبعاثات الملوثة. حيث أن إعادة تدوير غازات العادم أو احتجازها في غرفة تفاعل حراري

مساعدة لمدة زمنية أطول وعند درجات حرارية أعلى للوصول إلى تأكسد أفضل. وقد خفض ذلك بكميات أول أوكسيد الكربون والهايدروكاربونات المنبعثة إلى حد ما. ولم تحل مشكلة أكاسيد النايتروجين والرصاص.

وقد برزت في السبعينات من القرن العشرين فكرة حل هذه المشكلة للتخلص من أكاسيد النايتروجين والرصاص من خلال توفير وتهيئة ما يلي:

1- محركات أصغر

2- محركات أكثر كفاية

3- محولات محفزة كالطاقة الشمسية

4- كازولين خال من الرصاص

5- تصنيع محركات تعمل ببدائل غير ملوثة

وتلجأ الدول الصناعية والمتقدمة إلى سن القوانين للحد من تدهور نوعية الهواء.كما تسن قوانين للسلامة المهنية والمحافظة على الصحة من خلال وضع المواصفات للحد الأدنى من أخطار التعرض للمواد السامة والخطرة أثناء العمل في المصانع والمهن الصناعية المختلفة. وتجد بعض الدول نفسها مضطرة لتخطيط القطاع الصناعي بصورة أفضل مما هو عليه وذلك خلال مراعاة الأمور الآتية:

1- اختيار مواقع المنشآت الصناعية بعيدا عن المناطق السكنية وعلى أن لا تكون في ظل الرياح السائدة.

2- معالجة النفايات الصناعية المختلفة الصلبة والسائلة والغازية قبل إطلاقها إلى البيئة. وتلجأ بعض الدول لعزل المناطق الصناعية عن المدن بأحزمة من الغابات والأشجار ما يدعى بالحزام الأخضر.

3- إنشاء مراكز ومحطات القياس والتحذير والتي تمارس دورها في الإبلاغ عن مديات التلوث ومراقبتها.

4- نشر الوعي البيئي بخاصة التلوث بين الجمهور واشتراكهم في عملية اتخاذ القرارات عن الحد من التلوث مثل استخدام السيارات الخاصة بخاصة المستهلكة منها واستخدام المواصلات العامة لتقليل عادم المركبات من جهة وتوفير الطاقة من جهة أخرى. وقد

اتبع عدد من الدول هذه التدابير كاليابان والدانمارك والسويد وإيطاليا واليونان وقد ادعى مثل هذا الإجراء في مدينة بروكسل في بلجيكا إلى خفض نسبة غاز ثنائي أوكسيد النتروجين في أيام العطل إلى 75% وغاز ثنائي أوكسيد الكربون إلى 90% من قيمها السابقة.

5- وضع القوانين التي تجبر أصحاب المصانع على تحويل جزء من الأرباح إلى عمليات الإصحاح والتحسين البيئي في مناطق وجودها للحفاظ على مستوى معين من نوعية البيئة.

6- التخطيط لاستغلال مصادر أخرى للطاقة البديلة النظيفة وغير الملوثة كالطاقة الشمسية والحرارة الأرضية والرياح والمد والجزر. واتجهت الجهود في الآونة الأخيرة ليس فقط لتقليل الحد من استهلاك الوقود الحضري بل وإلى تطوير استخدام الطاقة الأخرى. ومن الامثلة ما قامت به فرنسا بعمل محطة كهربائية في خليج رانس شمال غرب فرنسا منذ عام 1969 لتوليد الطاقة الكهربائية من المد وبطاقة إنتاجية لتصل إلى 24 ميكاواط. كما أن اليابان لها تجربتها باستغلال التيارات المائية في البحار لإنتاج الطاقة.

7- تخطيط المدن بصورة أفضل وعلى وفق أسس بيئية، ومراقبة نموها السكاني ونمو الأنشطة الاقتصادية بخاصة الصناعية وتخطيط حركة المرور وزيادة المساحات الخضراء في المدينة بإنشاء الحدائق وتشجير الشوارع والأراضي غير المستعملة. إذ يجب أن لا تقل المساحة الخضراء في المدينة عن 51% من مساحتها الكلية. إن زيادة المساحات الخضراء تعني زيادة إنتاج الأوكسجين وزيادة استهلاك ثنائي أوكسيد الكربون خلال عملية البناء الضوئي للنباتات، فضلاعن القيمة الاجمالية والترفيهية وتعديل المناخ للمدينة بما يعرف بالتنمية البيئية Environmental development . كما تتضمن عملية تخطيط المدن أيضا تشجيع بناء المدن الصغيرة بدلا من الاستمرار في توسيع

المدن الكبيرة وعدم السماح بإقامة أنشطة صناعية جديدة وكبيرة مع ضرورة تحديد المسافات المناسبة بين المدن المتجاورة.

8- عقد المؤتمرات والندوات واللقاءات العلمية والاجتماعية والإعلامية للوصول إلى برامج وأهداف مشتركة بين بلدان العالم المختلفة وأن التلوث الهوائي ليس له حدود والخبرة في إحداث ما توصل إليه العلماء والباحثون في مجالات الحد من التلوث وحماية البيئة وتحسينها.

الفصل الثالث عشر

تلوث المياه

Water Pollution

13-1: مقدمة

يعد الماء عصب الحياة إذ بدونه لا توجد حياة. فله أهمية بالغة في حياة الإنسان وبقية الكائنات الحية. وهو أكثر المركبات وفرة في جسم الكائن الحي. وتصل نسبته في الكتلة الحية إلى 80% أو أكثر وفي بعض الحالات تصل نسبته إلى أكثر من 99% في الخلايا كما هو الحال في ثمار بعض النباتات كما في الرقي والبطيخ والخيار. كما أنه الوسط الذي تحدث فيه جميع التفاعلات الحيوية والكيماوية داخل أجسام الأحياء. وله أهمية خاصة في حياة الإنسان من حيث الفوائد والاستعمالات مثل الملاحة والصناعة والزراعة فضلاً عن ممارسات الإنسان الترفيهية التي تعتمد على الماء مثل الحدائق والمتنزهات والسباحة.

ويمكن تلخيص بعض مجالات استخدام المياه من قبل الإنسان في النواحي الاتية:

1- يستخدم ثلثا الماء المجهز بوساطة اسالات الماء للأغراض المنزلية المختلفة وتشمل مياه الشرب والطبخ والغسل والنظافة العامة مثل غسل المرافق والمركبات وسقي الحدائق. أما الثلث الآخر فيتم استهلاكه في الصناعة والمرافق التجارية.

2- تستخدم المياه لأغراض التبريد أو توليد البخار وفي تصنيع المواد وتصريف الفضلات.

3- يستخدم الماء في توليد الطاقة الكهربائية حيث يتم الحصول عليه من مصادره المتيسرة من الأهوار ومصبات الأنهار وغيرها.

4- يستخدم الماء في الصناعات الغذائية وفي تربية الحيوانات والإنتاج الزراعي.

5- يستخدم لأغراض الترفيه والمتعة كالاستحمام ومختلف أشكال الرياضة المائية فضلاً عن كونه أحد وسائل النقل المهمة في العالم.

وعلى الرغم من أن الماء مركب كيماوي ثابت التكوين فإنه غالباً ما يكون محتوياً على عناصر ومركبات متباينة قد تفيد الكائن الحي وعند زيادتها عن الحد المطلوب فإنها تسبب التلوث الذي يسبب عدم إمكانية استخدامه في الصناعة والزراعة

أو لأغراض الشرب والاستخدامات المنزلية وقد لا يصبح صالحاً حتى لمعيشة الأحياء التي تعتمد عليه.

لذا يعرف التلوث في المياه أنه زيادة الخواص الكيماوية أو الفيزياوية أو البيولوجية بتركيز أو بصفة تجعل من الماء ضاراً بالإنسان. أو الأحياء المائية أو بالممتلكات. وهناك تعريف آخر وهو أن الماء يعد ملوثاً عندما لا يكون بنوعية عالية المواصفات بما تلائم مع أعلى المتطلبات لمعيشة الإنسان بخاصة للشرب ثم الاستخدامات الأخرى.

لقد ساهم الإنسان ومنذ تطور أقدم الحضارات بتلويث المياه الطبيعية بأشكال ودرجات مختلفة رغم أن للطبيعة سلاحها الذاتي في مقاومة وتخفيف التأثيرات الضارة لتداخلات الإنسان.

لقد ساهم نمو وتطور المجتمعات الإنسانية وتقدم الزراعة والصناعة وزيادة الرفاهية والقضاء على الأوبئة والأمراض الأمر الذي أدى إلى إطالة عمر الإنسان ونتجت الزيادات الانفجارية في أعداد السكان وما صاحب ذلك من نمو المدن والحضارة التي باتت تغرز أشكالاً من النفايات والملوثات لم تكن تعريفها المياه مسبقاً. وهكذا تحولت المسطحات المائية الطبيعية إلى مستودعات للمياه القذرة وإلى برك ومجار متسممة تنعدم فيها العديد من أشكال الحياة المائية.

1-95 13-2: الخواص الفيزياوية والكيماوية ذات العلاقة

تؤدي الخواص الفيزياوية والكيماوية للمياه دوراً مباشراً في توزيع الأحياء وسلوكها وتكيفها. ومن بين أهم هذه الخواص التي لها علاقة بتلوث المياه ما يأتي:

1-96 1- التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity

يعتمد التوصيل الكهربائي للمياه على الاملاح المذابة به (الالكتروليت Electrolytes) حيث يتناسب التوصل الكهربائي طردياً مع هذه الأملاح.ويعبر عن التوصل الكهربائي بكمية المايكروسمنز Microsimens ، وحيث أن الحرارة تؤثر على التوصل الكهربائي لذا فإن التعديل Standardization يكون مطلوباً قبل تحديد قيمة

التوصل الكهربائي. علماً بأن قيمته تساوي الصفر في الماء المقطر وتزداد كلما كان الماء يجري فوق الترب والصخور الغنية بالأملاح الذائبة. وكما هو معروف بأن قيمة التوصل الكهربائي للمياه الطبيعية في المسطحات المائية المختلفة تزيد عن الصفر.

1-97 2- الملوحة Salinity

تعود ملوحة المياه إلى وجود الأيونات كالكاربونات والكبريتات والكلوريدات والصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم وغيرها. ويندر احتواء المياه العذبة اليسرة Soft fresh water على كميات من أيونات البوتاسيوم والمغنيسيوم والتي يمكن قياسها.في حين تحتوي مياه البحار والمحيطات على درجات ثابتة تقريباً من الملوحة تقدر بين 15-35 جزء بالألف. وقد تصل إلى 40 جزء بالألف أو أكثر في المناطق عالية التبخر كما هو الحال في مياه الخليج العربي. يؤدي خلط المياه في المصبات والأمطار دوراً في تخفيف ملوحة المياه.

ولملوحة المياه علاقة مباشرة بالتنظيم الازموزي لخلايا الكائن الحي. علماً بأن بعض الأحياء كالطيور وعجول البحر والحيتان وأنواع من السلاحف لها تكيفات خاصة لتنظيم الجهد الازموزي Osamoregulation والتخلص من الأملاح. كما أن لبعض النباتات والحيوانات الأخرى القدرة على التكيف الفسلجي في المناطق التي تتغير فيها مستويات الملوحة. وتختلف النباتات والحيوانات في مديات تحملها للملوحة وعلاقتها ببعض فعالياتها الفسلجية. ففي بعض مجموعات الطحالب يزداد معدل التنفس وكذلك البناء الضوئي في مستويات الملوحة المنخفضة. علماً بأن مستويات درجات الملوحة في المسطحات المائية العراقية متباينة منها العذبة بخاصة في أعالي نهر الفرات ودجلة وتزداد الملوحة بصورة عامة كلما اتجهنا جنوباً.

1-98 3- الأوكسجين المذاب: Dissolved oxygen

يعد الاوكسجين المذاب من بين العوامل الكيماوية الحرجة في التأثير على البيئة المائية حيث أن الأحياء المائية(باستثناء الكائنات اللاهوائية) تحتاج لهذا الغاز الحيوي لأجل تنفسها. وتتحكم درجتا الحرارة والملوحة فضلاً عن الضغط في تركيز التشبع بالأوكسجين. حيث تزداد تراكيز الإذابة والإشباع بانخفاض درجات الحرارة.

تختلف نسب الأوكسجين المذاب في المسطحات المائية حسب نوع وطبيعة المسطح وتيارات المياه. كما أن لنوعية الكائنات الحية النباتية والحيوانية تأثيرها من حيث الاستهلاك والإنتاج. ولطبيعة الملوثات أثر واضح في نسب الأوكسجين المذاب فضلاً عن عمليات التحلل التي تستهلك مقادير هذا الغاز وتتذبذب تراكيز الأوكسجين المذاب في الأجسام المائية سواء كانت عذبة أم مالحة بخاصة الضحلة خلال مدة الأربع والعشرين ساعة. تؤدي التغيرات الفصلية وما يرافقها من الانقلابات (الانقلاب الربيعي والانقلاب الخريفي) دوراً في تبدل نسب الإذابة. وتعد متطلبات الأوكسجين للنباتات بصورة عامة أوطأ منها للحيوانات المساوية لها في الوزن. فعندما يحدث تنافس بين النباتات والحيوانات على الأوكسجين المذاب المتاح فإن الحيوانات تموت قبل النباتات بسبب نقص الأوكسجين حيث أن النباتات تنتج الأوكسجين خلال عملية البناء الضوئي. إن احتباس الأوكسجين عن الكائن الحي يؤدي به إلى الاختناق Hypoxia وقد طبق هذا المفهوم على النظم البيئية في الآونة الأخيرة لوصف حالة احتباس أو شحة الأوكسجين في النظام البيئي المائي مما يسبب تلف ذلك النظام أو تدميره كلياً في بعض الأحيان.

يمكن قياس كمية الأوكسجين المستهلك من قبل المركبات الحاوية على الحديد أو النحاس أو المنغنيز وغيرها أو المركبات النايتروجينية أو الكبريتية الأخرى وذلك في أثناء عملية التحول الكيماوية لها. وهذا يشكل قياساً أساسياً ومهماً في تحديد نوعية المياه ويعرف باسم المتطلب أو الاحتياج الكيماوي للأوكسجين Chemical Oxygen Demand ويرمز له COD ويعرف أنه كمية الأوكسجين اللازمة لإتمام الأكسدة الكيماوية للمواد القابلة على التأكسد الكيماوي في المياه. ويعبر عنه بوحدات ملغم أوكسجين في لتر من الماء. أما المتطلب أو الاحتياج البايوكيماوي للأوكسجين Biochemical Oxygen Demand فيرمز له BOD والذي يعرف كذلك بالمتطلب أو الاحتياج البيولوجي للأوكسجين Biological Oxygen Demand فإنه يعبر عن ما تستهلكه الأحياء المجهرية الهوائية المعيشة (كالبكتيريا والخمائر) من الأوكسجين اللازم لتنفسها أثناء تكسيرها أو تحللها للمواد العضوية.

وكمعدل شهري ينصح أن تكون قيمة BOD للماء المخصص للشرب ما بين 0.7–1.5 ملغم/لتر، وللمصادر المائية ذات النوعية الجيدة التي يمكن استغلالها للشرب بعد تصفيتها فتتراوح ما بين 1–3 ملغم/لتر ويعد هذا الماء نقياً. في حين قيمته البالغة 5 ملغم/لتر تعد حرجة ما بين المياه الملوثة والمياه النقية. وما زاد عن ذلك فلا يجوز استخدامه لأغراض الشرب.وعندما تكون القيمة 20 ملغم/لتر فإن المياه تعد ملوثة جداً. وتصل قيمة الاحتياج البايوكيماوي للأوكسجين لمياه المجاري الناتجة عن المجمعات السكنية والمدن بحدود 100–400 ملغم/لتر.وتصل إلى 10000 ملغم/لتر في مياه الفضلات الصناعية لبعض أنواع الصناعات الغذائية.

1–99 4– الأس الهيدروجيني pH

تختلف الأحياء المائية فيما بينها اختلافاً واسعاً من حيث حاجتها إلى التراكيز المحددة لأيون الهيدروجين. وتتراوح قيم الأس الهيدروجيني للمياه الطبيعية بصورة عامة ما بين 5–9 وأغلبها ما بين 6.5–8.5 في المياه العذبة. علماً أن معظم أحياء المياه العذبة تستطيع التحمل لمدى ما بين 3.3–10.7 دون أي ضرر ظاهر ولكنها لا تتواجد في هذا المدى بصورة واسعة.

ويبلغ الأس الهيدروجيني لمياه الأمطار الطبيعية غير الملوثة 6.8 وليس 7 كما هو متوقع،وذلك بسبب ذوبان كميات من غاز ثنائي أوكسيد الكربون الموجود طبيعياً في الجوم. لذا فإن القيمة الطبيعية للمياه تتراوح بين 6.5–8.5 والمياه التي لها قيم خارج هذه الحدود قد تعد ملوثة. وتتميز المياه الداخلية العراقية بقاعديتها حيث تتراوح معظمها بين 7–8.2.

1–5100– اللون Color

تعد المياه النقية عديمة اللون وعكسه يعد ملوثاً بمواد ملونة ذائبة (وليست عالقة كاللون الناتج عن وجود الغرين أوالطمن).وقد يرجع اللون إلى ذوبان المواد العضوية الناتجة عن تحلل وتفسخ الأحياء المائية وتعرف بالدبال Humus. كما أن مركبات الحديد والمنغنيز والنحاس وغيرها قد تسبب تلون المياه فضلاً عن المواد الملونة والإصباغ التي ترمي إلى المياه مباشرة أو خلال مخلفات الصناعات.

1-101 6- الكدرة Turbidity

وجود العوالق من الطين والغرين فضلاً عن الهائمات (النباتية والحيوانية) يسبب عكورة المياه مما يتسبب عرقلة وصول الطاقة الضوئية إلى أبعاد أو أعماق معينة من عمود المياه مما يؤدي إلى تثبيط عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية وتقليل الإنتاجية البيولوجية في ذلك المسطح المائي. وكما هو متوقع في المياه الداخلية بأن الكدرة تكون أكثر في المياه الجارية Lotic water كالأنهار بسبب تيار المياه مقارنة بالمياه الساكنة Lentic Water كالبحيرات.

كما يمكن قياس الكدرة بوحدات الكدرة النفلومترية Nephelometric Ture bidity Units ويرمز له NUT والتي يجب أن يكون قيمتها أقل من 1 وحدة نفلومترية وعندما تزيد القيمة عن خمس وحدات نفلومترية في مياه الشرب تجعله مرفوضاً للاستهلاك البشري في العديد من دول العالم. كما يمكن قياس الكدرة خلال قياس مجموع الدقائق الصلبة العالقة Total Suspended Solids ويرمز له TSS في المياه.

1-7102- كبريتيد الهيدروجين H_2S

تحتوي بعض المسطحات المائية في طبقاتها القاعية كميات متميزة من هذا الغاز كما في بعض البحيرات والبرك ومصبات الأنهار. وينتج هذا الغاز بالطبقات التحتية الغنية بالمواد العضوية المتحللة. وتؤدي زيادته إلى تدمير أشكال الحياة باستثناء البكتيريا اللاهوائية. وفي أحسن الأحوال تستطيع بعض الحيوانات من تحمل تراكيز معينة منها مثل عديدة الأهلاب وبعض صفائحية الخياشيم، ولأجل ذلك فإنها تقوم بالصعود إلى المياه الفوقية للحصول على كميات كافية من الأوكسجين لاستمرار أفعالها الحيوية.

ويعد وجود غاز كبريتيد الهيدروجين أحد أدلة التلوث العضوي. علماً بأنه توجد في العراق عيون كبريتية متميزة بالتراكيز العالية لهذا الغاز مثل عيون هيت وحمام العليل وخورمال.

1-8103- المواد ذات النشاط الإشعاعي Radioactive materials

وهذه المواد تدعى كذلك بالنويدات المشعة Radio-nucleides. وكما هو معروف أن جميع المواد ذات النشاط الإشعاعي تعد خطرة على الصحة العامة والأحياء الأخرى عموماً. وتشمل عدداً من العناصر المشعة مثل الراديوم -228 228 والسترنتيوم -90 والكربون 14 وغيرها. وقد تتلوث المصادر المائية بهذه المواد بسبب خلل في المنظومات الحاوية على مثل هذه المواد المشعة مثل المفاعلات النووية ومحطات توليد الطاقة الكهرونووية وبعض المؤسسات وبعض المؤسسات العلاجية باستخدام الإشعاع.

وتعد الحدود مقبولة في حالة عدم زيادة النشاط الإشعاعي للراديوم -226 والسترونتيوم -90 عن المدى بين 3-10 بيكو كوريملتر، أو لا يزيد نشاط المواد الباعثة لأشعة بيتا عن 1000 بيكو كوريملتر. علماً أن البيكو كوري هي وحدة النشاط الإشعاعي تعادل 1×10^{-12} كوري.

1-13104-3: ملوثات المياه Water pollutants

أي تغير في الخواص الفيزياوية والكيماوية للمياه حيث تجعله غير صالح للاستخدامات المعروفة أو لمعيشة الأحياء المائية يعد ملوثاً. وقد وردت عدة طرق لتصنيف ملوثات المياه من بينها التصنيف المستخدم من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية وشملت ثمانية ملوثات أساسية وهي:

1-3-1 13105-1: أولاً: الفضلات المتطلبة للأوكسجين Oxygen demanding wastes

تشمل المركبات العضوية القابلة للتحلل الحيوي والتي تتواجد في مياه المجاري المنزلية وبعض المتدفقات الصناعية Industrial discharges. وعندما تتحلل هذه المركبات عن طريق البكتيريا خاصة الهوائية فإن الأوكسجين سوف يزال من المياه وبذلك تتأثر الأحياء المائية كافة التي تعتمد في تنفسها عليه. ومن المعلوم فإن هناك أربع عمليات تؤثر في نسب الأوكسجين المتوافرة في المياه وهي:

1- الاحتكاك بالهواء (التهوية)

2- البناء الضوئي

3- التنفس

4- أكسدة الفضلات

وتزيد العمليتان الأولى والثانية نسب الأوكسجين في حين تعمل الثالثة والرابعة على إنقاصه.

وهناك طرق متعددة لقياس علاقة الأوكسجين بالتلوث الحاصل في المياه ومن أكثرها استخداماً هي:

1-1106- المتطلب أو الاحتياج الحيوي للأوكسجين Biological Oxygen Demand

ويستخدم هذا الغاز القياس على نطاق واسع حيث يمكن بوساطته تقدير كمية الفضلات العضوية في أنموذج الماء خلال قياس كمية الأوكسجين اللازمة للبكتيريا لأكسدة الفضلات هوائيا إلى ثنائي أوكسيد الكربون والماء. ويرمز له بالرمز BOD كما تم ذكره مسبقا.

ويتم استعمال قيمة BOD لأي أنموذج مائي عند حفظه في إناء مغلق لمدة خمسة أيام ودرجة حرارة 20م. ويتم حساب كمية الاوكسجين المذاب قبل وبعد حفظ الأنموذج. ولا تتجاوز قيمته للماء النقي عن جزء واحد بالمليون، وتكون النقاوة مقبولة في قيمة 3 أجزاء بالمليون، في حين تصل حالتها الحرجة في القيمة المساوية إلى خمسة

أجزاء بالمليون. وقد تتجاوز القيمة إلى 10000 جزء بالمليون كما في المياه المنسابة من معامل التعليب والصناعات الغذائية مما تشكل هذه الفضلات خطورة كبيرة على نوعية المياه عند رميها إلى الأنهار أو البحيرات دون معالجة.

ومع أن طريقة قياس BOD شائعة الاستخدام ومقبولة وجيدة إلا أنها تتطلب وقتا طويلا لإجرائها ولا تكون بدقة كافية عند إعادتها.

1-2107- المتطلب أو الاحتياج الكيماوي للأوكسجين Chemical Oxygen Demand

يرمز له COD. ويتم بهذه الطريقة قياس كمية المواد القابلة للتأكسد كيماوياً بعوامل كيماوية مؤكسدة قوية مثل دايكرومات البوتاسيوم في حامض الكبريتيك (المحمضة) وبذلك يتم التأكسد بصورة سريعة لا تتجاوز الساعتين.

ويتم حساب كمية ثنائي أوكسيد الكربون الناتجة من التأكسد أو قياس كمية الدايكرومات المستنفذة في التأكسد. ويتم ضبط هذه القيم مع كمية المادة العضوية الموجودة في الماء.

تكون قيم COD أعلى عادة من قيم BOD بسبب الأكسدة التامة لجميع المادة العضوية (المذابة وغير المذابة). كما قد تكون البكتيريافي طريقة BOD عاجزة عن الأكسدة التامة لبعض المركبات العضوية المذابة في حين يتم تأكسدها بصورة تامة بالطريقة الأولى COD. غير أنه من الضروري الحذرمن التداخلات الممكنة عند استخدام هذه الطرق حيث قد تتأكسد بعض الشوائب اللاعضوية كما أن بعض المواد العضوية تكون مقاومة للتأكسد أو التحلل حتى عند استعمال طريقة COD.

1-3108- الكاربون العضوي الكلي Total Organic Carbon

يرمز له TOC حيث في هذه الطريقة يتم الحرق التام للمادة العضوية وبدرجات حرارة عالية تتراوح بين 900-1000 درجة مئوية وبوجود محفزات Catalysts ملائمة .

ويتحول جميع الكاربون في هذه الطريقة الموجود في المادة العضوية إلى غاز ثنائي أوكسيد الكربون، ويتم قياسه بالطرق الآلية المتقدمة. وبذلك يمكن الحصول على قيم TOC في ظرف دقائق قليلة . وتوجد حالياً أجهزة متطورة ذاتية القياس لقيم TOC.

13-3-2: ثانياً: العوامل المسببة للمرض Disease causing agents

تشمل مجاميع الكائنات الدقيقة الممرضة المختلفة والتي تدخل إلى الماء عادة مع فضلات الإنسان فتنتقل إلى الآخرين عن طريق الشرب أو الاستخدامات المختلفة للمياه.

تسبب المياه الملوثة وفاة 25 ألف شخص يوميا في العالم ويعاني ثلثا سكان العالم من عدم توفر مياه آمنة ونقية خالية من المسببات المرضية Pathogens . كما يبلغ مجموع وفيات الأطفال دون سن الخامسة في العالم ما يقرب عن 4.6 مليون طفل/ سنة بسبب الإصابة بالاسهال الذي ينتقل عادة بالمياه الملوثة.

تتلوث المصادر المائية بكثرة بالمسببات المرضية خلال تصريف الفضلات البشرية أو الحيوانية إليها.

تشمل هذه المسببات العديد من الكائنات الحية مثل البكتيريا والأحياء المجهرية وحيدة الخلية الحيوانية Protozoa والطفيليات المعوية التي تنتقل على هيئة بيوض أو أطوار أخرى وغيرها من الأحياء، فضلاً عن الفيروسات. ولقد زاد الاهتمام في الآونة الأخيرة بدراسة الفيروسات المعوية التي تصيب الإنسان ولكثير من حيوانات الدنيا وتسبب أمراضاً في الجهاز الهضمي بخاصة تلك الفيروسات المحمولة بوساطة المياه والتي تسبب الالتهابات الكبدية ذات العدوى الانتقالية.

إن المصادر الرئيسة للبكتيريا والفيروسات المتسببة في عدوى الانسان هي براز وبول الحيوانات. كما يمكن أن تكون بكتيريا القولون Coliform من مصادر عديدة أهمها البراز الذييكون مسؤولاً عن 90% ، لذا فإن بكتيريا القولون الايشريكية Escherichia Coli.

يمكن استخدامها في تقييم جودة المياه. وتعتمد هذه البكتيريا بوصفها دليل حيوي Biological indicator . ففي حالة العثور عليها فإن ذلك يعد دليلاً أكيداً على تلوث هذه المياه بفضلات بشرية أو حيوانية وبذلك فإن احتمال وجود أي مسبب مرضي من المسببات المرضية التي يعرف انتقالها عن الكفيلة بالوقاية منه مثل تعقيم المياه بإحدى الطرق المعروفة أو تجنب استهلاكها.

يقدر العدد المطروح من البكتيريا القولونية الايشريكية في غائط الانسان يومياً في حدود 100–400 مليار بكتيريا، وهي عديمة الضرر للإنسان، بل أن لها فائدة بعد طرحها في البيئة مع الغائط حيث أنها تعمل على تكسير المواد العضوية فتحولها إلى مواد بسيطة التركيب. ولأجل إقرار نوعية المياه فيجب قياس مجموع البكتيريا هذه. وهناك حدود معينة يمكن القبول بها أحيانا كمياً. فلا يزيد تعداد بكتيريا القولون الايشريكية E . Coil بمفردها عن 3 بكتيريا لكل 100 سم ^{3} في نماذج عشوائية فقط وعلى أن لا تكون متعاقبة. كما لا يزيد تعداد مجموع البكتيريا القولونية Total coliform عن 5000 بكتيريا لكل 100 سم^3 كمعدل شهري.

إن الحاجة ما زالت قائمة إلى المزيد من طرق الكشف المستعملة حول الكائنات المرضية المحمولة بالماء بخاصة ما يتعلق بمعدلات انتشارها وطرق تواجدها في المياه الترفيهية كالبكتيريا المسببة للأمراض مثل الكوليرا والحمى التايفوئيدية والدزانتري وفايروسات شلل الأطفال فضلاً عن يرقات وبيوض الطفيليات الحيوانية كالديدان التي تصيب الأبقار والأغنام.

تكثر البكتيريا والفيروسات المرضية في مياه فضلات المجاري ومنها تنتقل إلى مصادر المياه الطبيعية. وتعد مؤسسات إسالة الماء مسؤولة عن مراقبة المياه التي تجهز إلى المواطنين للكشف وتخليص الماء من المسببات المرضية المختلفة.

1–13109–3–3: ثالثاً: المركبات العضوية المصنعة Synthetic organic compounds

تشمل المبيدات والمنظفات والكيماويات الصناعية التركيبية الأخرى ومعظمها سام للإنسان والأحياء المائية المختلفة. وتتكون مساحيق الغسيل من ثلاثة مكونات أساسية وهي:

1– مادة ذات فعالية سطحية تدعى Surfactant تحضر عادة من المشتقات النفطية تؤدي دوراً في تنظيف الدهون والأوساخ.

2- مواد نشطة Builder التي تقوم بحجز الايونات المسببة للعسرة .كما أنها تتحلل بالماء وتعطي محلولاً قاعدياً يساعد أكثر في عملية التنظيف.
3- مواد إضافية متنوعة كالملمعات والألوان والروائح ومواد مضادة للتآكل وأخرى مانعة لإعادة تراكم الأوساخ فضلاً عن بعض الإنزيمات المنشطة لعملية التنظيف.

قد بدأت مشاكل مساحيق الغسيل على البيئة منذ بداية النصف الثاني من القرن الماضي (العشرين) وتمثلت بتراكم الرغوة وصعوبة تفككها بوساطة البكتيريا الطبيعية فضلاً عن عرقلتها للتبادل الغازي بين الماء والهواء. وقد تبين فيما بعد أن سبب عدم التفكك يعود إلى العامل المنشط وليس إلى العامل المنظف كما كان يعتقد في السابق. وتتوضح المشكلة البيئية أيضاً من الفسفور الموجود في المساحيق الذي يشجع نمو الطحالب للدرجة التي قد يصبح فيها الاوكسجين غير كاف لتنفيس الأحياء المائية المختلفة. وسيتم التطرق لهذه المشكلة في الفقرة القادمة.

أما المبيدات Pesticides فهي مجموعة واسعة من المركبات العضوية بدرجة رئيسية وتضم مجموعتين هما:
1- مبيدات الحشرات Insecticides: مثل الهيدروكاربونات الكلورية العضوية Chlorinated hydrocarbons كالالدرين ودي دي تي والاندرين والكلورين، والمركبات الفوسفورية العضوية Organdophosphorus compounds كالملاثيون والديازنون، ومركبات أخرى.
2- مبيدات الأدغال Herbicides: مثل مشتقات حامض الفينوكسي خليك Phenox acetic acid derivatives ومن أهمها مبيد الأعشاب المعروف باسم 2-D .4 وغيره مثل الأميترول والدايكوات والباراكوت وغيرها.

استخدام هذه المبيدات سلاح ذو حدين بخاصة إذا لم يحسن استعمالها. وتصل إلى المجمعات المائية ومصادر المياه خلال عمليات الرش لا سيما الرش على الحقول الزراعية بالطائرات، وخلال تصريف مياه مجاري صناعية أو منزلية حاوية على المبيدات أو من مياه محطات المعالجة البيطرية وحقول تغطيس الأغنام والأبقار لمكافحة الطفيليات الخارجية عليها.

تختلف مدة بقاء هذه المبيدات في البيئة. وتتراكم هذه المبيدات في أجسام الحيوانات وقد تنتقل عبر سلاسل الغذاء لتصل إلى جسم الإنسان فضلاً عن احتمالية إصابتها لبعض الأحياء المفيدة غير المقصودة بالمكافحة.

هناك دراسات واسعة عن المبيدات في العالم ومن بعض هذه الدراسات هو لأحد المبيدات التي استخدمت على نطاق واسع وهو مبيد دي دي تي DDT. وقد تم تحضيره في عام 1874م ولم يلفت النظر إلى أهمية استخدامه حتى عام 1939م، حيث استخدم بوصفه مبيداً للحشرات والقضاء على وباء التيفوس.وبعد مدة من الاستخدامات الواسعة فقد تم التوصل إلى أن لهذا المبيد أخطاراً وأضراراً على مختلف أشكال الحياة كالطيور والأسماك وصولاً إلى الإنسان. كما تبين أن لبعض الحشرات والأحياء الأخرى مقاومة فعالة ضد هذا المبيد، وذلك خلال تحويله داخل أجسامها إلى مواد غير سامة. وتأتي المشكلة البيئية لهذا المركب من خاصيته في المقاومة العالية للتحلل الطبيعي وإمكانية تجميعه بصورة متسلسلة عبر أحياء السلسلة الغذائية Food chain طبقاً لظاهرة التكبير البيولوجي Biological ampilification.

من الوسائل المعروفة لتلويث المياه بهذا المبيد الرش المباشر للمياه والرش غير المباشر بوساطة الطائرات وغسل الجو المحمل به بوساطة الأمطار وأخيراً انجراف السيول المارة بالتربة الملوثة بهذا المبيد.إن مديات ذوبان هذا المبيد في الماء قليلة لا تتجاوز 1.2 جزء بالمليون، لذلك فقد منع استعماله في العديد من دول العالم رغم معارضة البعض القائمة على اعتبارات فوائد استخدامه في الأغراض المختلفة والمتعددة. وما زال العلماء منهمكين في إيجاد بدائل مناسبة لهذا المبيد الخطير.

أما بخصوص الكيماويات الصناعية التركيبية الأخرى فإنها تشمل على قائمة من المواد الخطرة التي يصعب تحللها طبيعياً مثل ثنائي الفينول متعدد الكلور وحامض الكلوروفيونوكسي والفوسفات العضوية ومجموعة مواد الكاربامايت.

هناك حالات معروفة لانقراض أصناف عديدة من الطيور والفراشات بسبب استخدام المبيدات في مناطق محدودة من العالم, كما أن المبيدات الفطرية fungicides

غالباً ما تحتوي على بعض المعادن السامة كالزرنيخ والكبريت والنحاس والزنك والزئبق. لذا فقد تم استبدالها حديثاً ببعض المستحضرات العضوية.

1-13110-3-4: رابعاً: المغذيات النباتية Plant nutrients

هي العناصر المغذية الاساسية للنباتات Essential elements، والتي تتصرف من الأراضي الزراعية المخصبة والمواد المتدفقة من المصانع ومحطات معالجة مياه المجاري. وتقوم هذه العناصر بتحفيز نمو العديد من الطحالب والنباتات المائية الأخرى. ويبرز من بين أهم تلك المغذيات المواد الغنية بالنتروجين والفوسفور والذي يسبب تجهيزهما في المياه تقود إلى الحالة المسماة الإثراء الغذائيEutrophication والتي تحدث طبيعياً أو بتأثير الأنشطة البشرية. وتقوم هذه المواد بدعم عمليات نمو وازدهار النباتات كالطحالب وبذلك تتناقص عمليات التبادل الغازي بين الجو والمياه، وعملية تبدأ الأحياء المائية الأخرى في الطبقات السفلى بالموت والتحلل مما يبرز الحاجة الأكثر لاستهلاك الاوكسجين، وبذلك ستموت العديد من الاحياء المائية بخاصة الأسماك منشئة مناطق معزولة عن الهواء حيث يؤدي نشاط البكتيريا اللاهوائية إلى إطلاق الروائح الكريهة.

إن قياس الإثراء الغذائي وتأثيراته يعتمد على مجموعة من الوسائل الفيزياوية والكيماوية والبيولوجية. ومن الضروري مراقبة وتتبع المورد الغذائي اعتماداً على قانون ليبج للحد الأدنى الذي يؤكد أن المادة الغذائية الضرورية والموجودة بأقل كمية نسبية هي التي تحدد نمو النبات.

إن التحكم في تدفق المواد النايتروجينية والفسفورية من الأمور الصعبة وذلك لإمكانية وصولها إلى الماء من مصادر عديدة كالمرافق العامة والمياه الصناعية العادمة (الخام) والمعالجة وروافد الأنهار ومياه الأمطار وفضلات المدن والمزابل الزراعية والمياه الجوفية ومخلفات الحيوانات المختلفة وتحلل أجسامها ومن عمليات تثبيت النايتروجين الجوي.

ووضعت عدة مقترحات للسيطرة على الإثراء الغذائي يقف في مقدمتها منع وصول وتدفق المغذيات النباتية إلى المياه كالفسفور والنتروجين والمولوبيدات والحديد وغيرها.

كما أن التحكم بإزالة الفوسفات من المنظفات المنزلية من الوسائل الناجحة رغم صعوبة إيجا بدائل لهذه المنظفات الخالية من الفوسفات. كما يمكن التحكم في نمو الطحالب بالطرق الكيماوية بخاصة استخدام كبريتات النحاس ومركب عضوي آخر هو 3.2 ثنائي كلورونافئوكينون كمادة مزيلة للطحالب الخضر المزرقة, وله مشاكله الأخرى المتمثلة بظهور أنواع من الطحالب المقاومة فضلاً عن الأضرار التي تصيب الأنواع غير الضارة الأخرى من الأحياء المائية. كما يمكن إدخال أنواع من الأسماك التي تقتات على النباتات بضمنها الطحالب لتحد من انتشارها. أو إصابة النباتات بأمراض فايروسية للقضاء عليها. أو تعطيل عمل مركبات الفوسفور باستخدام أملاح مثل كبريتات الألمنيوم لتحويلها إلى معقدات غير قابلة للامتصاص من قبل النباتات.

1-13111-4-5: خامساً: الكيماويات غير العضوية والمواد المعدنية Inorganic chemical and mineral substances

تشمل الحوامض والقواعد اللاعضوية والمعادن الثقيلة وغيرها من المواد المتدفقة من تصاريف مياه المناجم والمصانع والمعامل وغيرها. وتكون معظم المياه الحامضية المنصرفة من المناجم آتية من مناجم الفحم بخاصة المناجم المهجورة المستنفذة تحت الأرض. كما أن مياه بعض المناجم ذات خواص قلوية أقل ضرراً من المياه الحامضية.

تتكون المياه الحامضية نتيجة لأكسدة كبريتيد الحديد $Fe\ S_2$ (البايريت)، حيث يدخل في سلسلة تفاعلات تتكون خلالها الكبريتات وحامض الكبريتيك وأكاسيد الحديد. وتعمل المياه الداخلة إلى المنجم بإذابة مواد التأكسد. وقد تحتوي المياه الحامضية مركبات فلزية متنوعة وأخيراً يجد المحلول الحامضي طريقة إلى مصادر المياه.

إن إحدى طرق معالجة المياه الحامضية والقلوية في الصناعة هي غمرها بالمياه أو عزلها عن الهواء لمنع أكسدة البايريت ومنع المياه من الوصول إلى المنجم ووصولها إلى الطبقة المكونة للتفاعلات الحامضية.ويبقى أحد أهم وسائل التقليل من أضرار المياه الحامضية هو منع تكونها عند المصدر، غير أنه من بين الطرق الأخرى معادلتها الجير باستثناء الحجر الجيري أو المواد القلوية العادمة.

من بين مشاكل استخدام الحجر الجيري أن المواد الذائبة فيه مثل هايدروكسيد الحديديك أو كبريتات الكالسيوم يمكن أن تترسب فوق سطح الحجر وتمنع استمرار التفاعل لذا فإن اللجوء إلى وسيلة طحين الحجر وتقليبه أثناء التفاعل تعمل على حل هذه المشكلة. ولعل أحدث الطرق المستعملة الآن هي طريقة التبادل الايوني لاستعادة مياه المناجم الحامضية بتحويلها إلى مياه صالحة للشرب.

إن زيادة سرعة تسرب المعادن الثقيلة Heavy metals إلى البيئة تعود إلى وفرتها الطبيعية، حيث هناكل 84 عنصراً معدنياً من بين 106 عناصر معروفة لحد الآن. علماً أن من بين هذه العناصر ما هو من تحضير الإنسان. وتتسرب هذه العناصر إلى البيئة المائية عن طريق المخلفات الصناعية وتؤدي إلى تلويثها، كما أن بعضها يأتي عن طريق المطر من الأجواء والبعض الآخر بوساطة الانجراف والسيول والتعرية الأرضية.

تترسب هذه العناصر في أنسجة وأجسام الكائنات الحية من نباتات أو حيوانات وغيرها فتحدث أضراراً مهلكة سيتم شرحها في موضوع التلوث بالعناصر الثقيلة.

1-13112-3-6: سادساً: الترسبات Sediments

تشمل حبيبات التربة والحبيبات الرملية والمعدنية التي تنجرف من اليابسة لتترسب في قاع الأنهار والبرك والبحيرات وغيرها.وتعمل هذه الترسبات على إخماد الحياة في القاع فتضر كثيراً حياة الحيوانات القاعية كالمحار والمرجان والقواقع والديدان

وغيرها. كما أن هذه الترسبات تعمل على ملئ الخزانات وطمر قيعان الموانئ والشواطئ. وتعد عمليات تعرية التربة من أهم مصادر الترسبات فضلاً عن أنشطة الإنسان الحضرية والتعدينية مثل حراثة الأراضي وحفرها لأغراض إنشاء الأبنية والتعدين السطحي وشق الطرق.

إن أكثر أنواع الترب ترسيباً في المياه هي الرمال(SiO_2) أما الترب الطينية (سليكات الألمنيوم) فقد تبقى معلقة لمدد تعتمد على طبيعة سكون وجريان المياه.

للترسبات آثار سلبية عندما تكون عالقة في المياه فهي تقلل نفاذية الضوء مما تؤثر سلبياً في عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية في عمود الماء. فضلاً عن كونها تجعل المياه غير صالحة للاستعمالات المنزلية والصناعية.

1-13113-3-7: سابعا: المواد المشعة Radioactive substances

تصل المواد المشعة إلى المياه قادمة من القشرة الأرضية بصورة مباشرة حيث توجد بشكل طبيعي منتشرة في البيئة دون تدخل الإنسان. غير أن هناك العديد من المواد المشعة من صنع فعاليات الإنسان كعمليات تعدين خامات المواد المشعة واستعمالاتها في إنتاج الأسلحة النووية أو في إنتاج الطاقة الكهربائية. ومع أن التفجيرات النووية تحت الأرض قد تقلصت كثيرا مما قلل من كميات الإشعاع المسربة إلى البيئة، إلا أن الشقوق التي تدخل عن طريقها القنابل إلى باطن الأرض لا تستطيع مقاومة الانفجار بل إنها سوف تتشقق بصورة أكبر مما تؤدي إلى انهيار الصخور والطبقات الأرضية وإلى زيادة التجاويف والتسرب الإشعاعي.

من أهم المواد المشعة وأخطرها على البيئة هي الثوريوم –320 والراديوم –226 حيث تتسرب هذه العناصر إلى البيئة المائية بفعل الامطار وهما يشبهان الكالسيوم في الامتصاص من قبل العظام. وتحتوي خامات اليورانيوم العادية من 1–3 كغم من

أوكسيد اليورانيوم $U_2 O_3$ في الطين الواحد، مما يستدعي حفر كميات كبيرة من الراضي للحصول عليه.

كما أن استخدام المياه في تبريد المفاعلات النووية من أكبر المصادر في تلويث مصادر المياه بالمواد المشعة في تلك المناطق في الوقت الحاضر.

1-13114-3-8: ثامنا: التلوث الحراري Thermal Pollution

تؤثر التبدلات الكبيرة في مديات درجة حرارة المياه بشكل واضح على واقع الأحياء المائية بخاصة تلك التي هي من ذوات الدم البارد التي لا تتمكن من موازنة الاختلافات المفاجئة في البيئة المحيطة بها، فضلا عن ظاهرة التكيف الحراري للأحياء حيث أن الكائنات تتواجد وتزال حياتها في المواطن المناسبة حراريا لفعالياتها الايضية.

يعرف التلوث الحراري أنه حالة تسلم الحرارة الزائدة في المسطحات المائية من مصادر مختلفة. وهذا سوف يؤدي إلى خفض كميات الأوكسجين المذابة في المسطح المائي مما يؤثر على مختلف أشكال الحياة في المياه. وتأتي مصادر الحرارة الزائدة خلال استخدام المياه في محطات توليد الطاقة الكهربائية والمفاعلات النووية ومعامل الحديد والصلب ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات التي تطرح في مصادر المياه القريبة كميات هائلة من المياه الساخنة التي ترفع من درجة حرارة تلك المصادر المائية حيث يتعدى ضرر نقص الأوكسجين المذاب إلى إحداث زيادة في التفاعلات الكيماوية من وجهة نظر ثيرموداينامكية وبذلك تزداد أنشطة العمليات الأيضية مما يضر بالأحياء بخاصة الأسماك. هذا مع العلم أن التلوث الحراري يتميز بتأثيره الموقعي مقارنة بالملوثات الأخرى.

1-13115-4: المعالجة والحد من تلوث المياه

لقد تم التطرق بشكل موجز إلى بعض الطرق والأساليب المستخدمة في معالجة ملوثات المياه الثمانية أعلاه بموجب تصنيف وكالة الحماية البيئية.

عن معالجة الفضلات المتطلبة للأوكسجين والتي تعمل على رفع قيمة BOD فإن التركيز ينصب على السيطرة في منع أو تقليل تدفق الفضلات المتطلبة للأوكسجين والمغذيات النباتية إلى مصادر المياه الطبيعية.

بخصوص العوامل المسببة للأمراض فإنه من الضروري التوصل إلى المعايير البكتيرية والفايروسية لجودة ونوعية مياه الشرب أو الاستحمام. ويبدو أن الأمر لا يتجاوز وسيلة استخدام عمليات إضافة الكلور إلى المياه قبل استخدامها. غير أنه من المعلوم عدم جدوى هذه المعالجة بالنسبة لمياه المجاري حيث أن بقاء جزء من الكلور الحر في الماء لحد 4.3% كاف لقتل الأسماك وتعطيل دورة التحلل البيولوجي المسؤولة عن التنظيف الذاتي للمياه.

وعن المواد العضوية التركيبية فقد تم التوصل إلى انتاج بعض المركبات البديلة للفوسفات ومنها الملح الصوديومي لمادة النايترولي ثلاثي حامض الخليك NYA (Sodium salt of nitrolitriacetic acid) وذلك لرخص ثمنه وسهولة تحضيره وقابليته للتحلل البكتيري وحجزه للأيونات العسرة حيث يكون مع هذه الأيونات معقدات ثابتة ودائمية في الماء. وما تزال الأبحاث جارية للحصول على بدائل أخرى بخاصة بعد أن أظهرت استخدامات NTA مشاكل في عدم التحلل بالبكتيريا اللاهوائية.

يجري العمل على تحضير بدائل للمبيدات على أن تكون قابلة للتحلل البيولوجي مع تأكيد الحد والتقليل من استخدامها واللجوء إلى طرق المكافحة البيولوجية للآفات والأمراض. كما أن هناك طرقا مبتكرة أخرى تعتمد على استعمال الجاذبات الكيماوية للأحياء الضارة حيث تجمع وتقتل أو بوساطة السيطرة الجينية التي تنتج ذكورا عقيمة

فضلا عن عمليات السيطرة الهرمونية وغيرها من البدائل التي يعول عليها في مجال بدائل المبيدات الكيماوية.

تعتمد طرق إزالة المعادن الثقيلة في المياه بترسيبها كيماويا عن طريق تحويلها إلى مركبات غير سامة أو حصرها في مواقع معينة لتقليل تأثيرها وانتشارها وأضرارها. وهناك طرق عديدة لتنقية المياه وتخليصها من المواد الملوثة تعتمد على نوعية المياه المراد تنقيتها وطبيعة الملوثات التي تحتويها هذه المياه. كمياه المجاري مثلا حيث تعالج معالجة أولية Primary treatment وتعتمد على وسائل فصل الكتل الصلبة أولا بوساطة شباك التصفية واستخدام الحصى والطحن والتلبيد والترسيب. أما المعالجة الثانوية Secondary treatment فتشمل طرق الأكسدة البيولوجية للمواد الغروية والعضوية بوجود الكائنات الحية الدقيقة. أما المعالجة الثالثة Tertiary treatment فقد تستخدم للحصول على نوعية جيدة جدا من المياه حيث يتطلب الأمر إزاحة أكثر للمتطلب البايوكيماوي للأوكسجين BOD، مع تخليص المياه من البكتيريا والمواد والمركبات السامة الضارة كافة فضلا عن إزالة المواد المغذية وتستخدم المعالجة التمهيدية (الأولية) فقط في حالة التوجه إلى رمي المياه في البحار، بينما تكون المعالجة الثانوية ضرورية للتوجه إلى إلقاء المياه مجددا في المصادر المائية. أما المعالجة الثالثة فيراد منها إعادة استخدام المياه في الشرب مجددا.

تحتاج مياه المخلفات الصناعية إلى طرق تنقية أعقد تبدأ من وسائل التخثير والترسيب لغرض إزالة المواد المذابة والعالقة والمستحلبة ثم عمليات التعويم لجعل المواد تطفو على سطح الماء كما تضاف القواعد لرفع الأس الهيدروجيني للفضلات الحامضية. وقد يستخدم التقطير لفصل المواد العضوية والمذيبات ،وقد تبرز الحاجة إلى طرق الأكسدة أو إجراء عمليات التنافذ الإلكتروني أو المبادلات الأيونية والاهتزاز على الكربون المنشط Activated carbon لإزالة المواد شديدة السمية.

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

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

salamalhelali@yahoo.com

فيس بك... كروب... رسائل وأطاريح في علوم الحياة

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

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

07807137614

13-5: تلوث المياه بالنفط Oil Pullution

ينتج تلوث المياه بالنفط خلال عبور ناقلات النفط عبر البحار والمحيطات حيث تتسرب زيوت النفط ومشتقاته إلى المياه نتيجة انفجار الناقلات كذلك أو بسبب غرق بعض البواخر أو تنظيف خزاناتها أو قذف المحروقة والمنتجات الصناعية ومنتجات مصافي النفط في المياه مما يؤدي إلى الضرر في الأحياء المائية.

بعد تكرار حوادث تسرب النفط في العديد من بلدان العالم كما حصل للناقلة توري كانيون Torry canyon التي تزيد حمولتها على 100 ألف طن التي لوثت الشاطئ الغربي في إنكلترا عام 1967، فقد زاد اهتمام الدول في معالجة تلوث المياه بالنفط.

لقد سبب التلوث النفطي كوارث متعددة في الأحياء المائية حيث أدت إلى موت الملايين من الأسماك والطيور والعديد من النباتات والحيوانات البحرية أو التي تعيش في مجاري الأنهار الكبيرة التي تستخدم في النقل التجاري للنفط. ويتم تأكيد سلامة عمليات التحميل في الموانئ النفطية البحرية واتخاذ إجراءات الوقاية ومنها إنشاء أرصفة التحميل النفطي وإنشاء الأجهزة الخاصة بمعالجة المياه التي تطرحها البواخر قبل إلقائها مجددا في مياه البحر. وهناك العديد من طرق المعالجة مثل طريقة استعمال الأحزمة أو الحواجز الطافية أو العوامات البحرية التي يمكنها فصل النفط ومنع انتشاره. وقد صممت بواخر خاصة لهذه المهمة.

كما تستخدم المواد الماصة التي تعرقل حركة الكتل النفطية جزئيا ثم يتم جمعها والتخلص منها بالحرق أو بترسيبها في القاع عندما يزداد ثقل المواد الماصة بعد التصاقها بجزيئات النفط. وتستخدم لهذا الغرض أيضا العديد من المواد العضوية واللاعضوية كالحشائش الجافة والأعشاب البرية والقش والتبن ونشارة الخشب والصوف الزجاجي والفرمكيولات والمايكا أو بعض الكيماويات النفطية المصنعة على شكل رغوة مثل البولي يورثين والنايلون والبولي إيثر والبولي أثلين. وتعتمد كفاية أي من هذه المواد

على حجم مساحتها ولزوجة النفط المراد التخلص منه. وترش هذه المواد بوساطة الشباك الدقيقة حيث يتم التخلص منها لاحقا بالحرق أو باستعادة المواد النفطية منها.

هناك طرق ميكانيكية لإزالة النفط تتمثل باستخدام طرق المص أو القاشطات أو استخدام أجهزة الحزام الناقل . وتوجد طرق كيماوية لإزالة وتبديد البقع النفطية تعتمد أساسا تسهيل عملية التكسير والتحلل البيولوجي. كما تستخدم بعض المواد الكيماوية الجيلانية والتي يمكن جمعها لاحقا باستخدام التيارات الهوائية. وتعد عمليات استخدام المواد الكيماوية أو اللجوء إلى حرق البقع الزيتية هي من أكثر المعالجات ضررا على البيئة المائية من التلوث نفسه.

أما الطرق البيولوجية لإزالة النفط فتعتمد على استعمال أنواعا من البكتيريا التي تعمل على الأكسدة الحيوية للهايدروكاربونات وتحويلها إلى مواد أبسط وهي برافينات ذائبة في الماء أقل خطورة.

الفصل الرابع عشر

تلوث التربة

Soil Pullution

14-1: المقدمة

تتكون التربة من عناصر أربعة رئيسة وهي الماء والهواء والمعادن والمواد العضوية والتي تكون مرتبة بنظام فيزياوي وكيماوي معقد وبشكل يجعل من التربة قاعدة أساسية صلبة لتثبيت النباتات فضلاً عن تزويدها بما تحتاجه من الماء والعناصر الضرورية.

وتحصل النباتات على العناصر الأساسية كافة لنموه من التربة عن طريق جذورها التي يتم امتصاصها من جزيئات التربة. كما أن التربة تعد موطنا للعديد من الأحياء المجهرية المختلفة كالبكتيريا وكذلك بعض الحيوانات كالديدان وانواع من الحشرات وغيرها.

لذا تعد التربة عنصرا مهما للحياة إذا ما أخذ بنظر الاعتبار احتضانها جذور النباتات وبالتالي توفر بداية السلسلة الغذائية التي تتمثل بالمنتجات التي تعتمد عليها الحيوانات من العواشب ومن ثم تكون هذه العواشب غذاء إلى الحيوانات من المفترسات، ويقع الإنسان في قمة الهرم البيئي الذي يعتمد غذائه على النباتات والحيوانات. لذا فالمحافظة على التربة سليمة ونظيفة هي أساسا للحفاظ على الحياة للكائنات الحية التي تعيش عليها.

14-2: مصادر تلوث التربة

إن من أهم ملوثات التربة هي ما يأتي:

14-2-1: أولاً: الكيماويات الزراعية

وتشمل مجموعتين رئيسيتين وهما:

1- الأسمدة الكيماوية

2- المبيدات

إن الاستخدام الخاطئ وبكميات كبيرة من الاسمدة الكيماوية قد أثّر سلباً في خصوبة التربة. فقد وجد أن معظم الأسمدة النتروجينية على سبيل المثال لها تأثير في زيادة حموضة التربة في حين أن الأسمدة الفسفورية والبوتاسيوم لا تترك أثراً على

حموضة التربة وقاعديتها. وأن الإفراط في استخدام هذه الأسمدة يؤدي إلى الإخلال بالتوازن الطبيعي لأحياء التربة المختلفة فقد يؤدي إلى موت جذور النباتات أو موت الحيوانات كالحشرات.

أما عن المبيدات فقد أشارت الإحصائيات الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة الدولية FAO إلى وجود أكثر من 1000 مادة كيماوية تستعمل لإبادة الآفات الزراعية والتي تشمل مبيدات فطرية وحشرية وأدغال وغيرها. وتمتاز هذه المواد بخاصية التراكم في جزيئات التربة مما قد يؤدي إلى موت أو انقراض عدد كبير من الاحياء كالطيور وحيوانات أخرى. فضلاً عن تراكمها في السلسلة الغذائية للكائنات الحية. فعلى سبيل المثال عند استخدام DDT أحد المبيدات واسعة الانتشار فإن بعضاً منها يسقط على سطح التربة ويجري امتصاصه من قبل ديدان الأرض التي تركزها في جسمها. وعند استهلاك عصافير الشحرور المهاجرة لديدان الأرض فقد سبب إبادة أعداد كبيرة منها نتيجة تسممها بالمبيد DDT الذي يؤثر في جهازها العصبي ويسبب لها التشنج والشلل.

لذا تكمن الخطورة للمبيدات من خلال بقائها في البيئة مدة قد تتجاوزعدة سنوات. ويوضح الجدول (14-1) الثبات البيئي لمجاميع مختلفة من المبيدات وسمية كل منها محسوبة كجرعة متوسطة مميتة LD_{50} (Median lethal dose) ويقصد بها كمية المبيد اللازمة لقتل 50% من حيوانات التجارب (الفئران) العائدة لنوع واحد ومن فئة عمرية واحدة. وكلما صغر الرقم دل ذلك على ارتفاع السمية. ويقصد بالثبات البيئي Environmental persistance بالمدة الزمنية اللازمة لتحويل 75% من المادة الفعالة للمبيد إلى مركبات غير سامة وبمعنى آخر زوال 75% من فعاليته.

14-2-2: ثانياً: الفضلات المنزلية والصناعية

من خلال أنشطة الإنسان المختلفة بما يشمل ذلك في المجمعات السكنية والصناعية والتجارية، يلاحظ أن التربة تصلها فضلات متنوعة أغلبها مواد قابلة على

الجدول (14-1)

أنواع مختلفة من المبيدات والثبات البيئي لها وسمية كل منها محسوبة كجرعة متوسطة . المميتة (LD_{50}) والمقدرة بالملغم/ كغم من وزن الجسم للجرذان (العمر 2000)

المجموعة الكيماوية	المبيد	الجرعة المتوسطة الممتة	الثبات البيئي
المبيدات الكلورية العضوية	الدرين Aldrin	60	3 سنوات
	كلوردين Chlordane	430	5 سنوات
	دي دي تي DDT	118	4 سنوات
	ديلدرين Dieldrin	46	8 سنوات
المبيدات الفسفورية العضوية	ديازنون Diazinon	76	13 أسبوعا
	ملاثيونMalathtio	1000	1 أسبوع
	براثيون Parathion	3.6	1 أسبوع
المبيدات الكارباماتية	سفن Seven	500	3 أيام
المبيدات البيرثرويدية	اللثرينAllethrin	920	عدة ساعات

التحلل والتفسخ. وهناك فضلات صناعية خطرة بيولوجياً أو كيماوياً أو إشعاعياً يتوجب التخلص منها بأسلوب سليم بيئيا. وعند تراكم مثل هذه الفضلات تسبب أضراراً صحية متنوعة حيث تكون مرتعاً للحشرات بخاصة تلك التي تنقل الأمراض للإنسان والأحياء الأخرى. وقد نشطت الدراسات البيئية حديثاً في مجال تدوير المخلفات Waste recycling وإعادة استخدامها وتضم هذه المخلفات الفضلات الصلبة أو السائلة.

تتكون الفضلات الصلبة من خليط من عدة مواد مصدرها المنتجات الزراعية أو مخلفات صناعة الورق أو الزجاج أو البلاستيك أو المعادن وغيرها وتشمل الفضلات الصلبة حسب مصدرها ما يأتي:

1. القمامة المنزلية Garbage
2. النفايات المختلفة Rubbish
3. فضلات الشوارع Street refuse
4. المعادن Metals
5. فضلات العمليات الانشائية Demolition wastes
6. فضلات الصناعات الغذائية Wastes of food industry
7. فضلات المصانع Factory wastes

ويتم التخلص من الفضلات الصلبة بعدة طرق منها:

1. الطمر الارضي Land filling
2. الحرق Incineration
3. التحويل إلى أسمدة عضوية
4. إعادة الاستخدام Recycling
5. الطمر البحري Sea filling
6. الانحلال الحراري Pyrolysis

1-2-14116-3: ثالثاً: الأمطار الحامضية Acid rains

تصاعد غازات الأكاسيد المختلفة إلى الجو مثل أكاسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت يؤدي إلى تفاعلها مع جزيئات بخار الماء Water vapor وبالتالي تتكون الأمطار الحامضية وتتساقط على شكل حامض الكربونيك وحامض النتريك وحامض الكبريتيك. وتؤدي هذه الأمطار إلى إحداث تغير في طبقة التربة الزراعية وتذيب عددا من العناصر والمركبات التي تسري إلى جوف التربة. وقد تظهر نتيجة لذلك في المياه الجوفية التي قد تستخدم في الشرب أو ري المزروعات.

تعمل الأمطار الحامضية على زيادة الحموضة في التربة مما يؤثر في حياة أحياء التربة ويلحق الضرر في خصوبتها وتؤدي إلى موت جذور النباتات. كما يمكن أن تحتوي هذه الأمطار عند تسربها في جوف التربة على عناصر ذائبة خطرة وسامة مثل المعادن الثقيلة كالرصاص والزئبق والنحاس.

1-2-14117-4: رابعا: المعادن الثقيلة Heavy metals

يقصد بالمعادن الثقيلة Heavy metals كافة المعادن التي تزيد كثافتها عن 5 غم/ سم^3 ، وما يقل عنها تدعى بالمعادن الخفيفة Light metals. فضلاً عن وجود بعض المعادن النادرة أو النزرة Trace التي تتواجد في القشرة الأرضية بتراكيز مساوية أو أقل من 0.1%.

وتؤدي بعض هذه المعادن دوراً مهماً في حياة الأحياء وفعاليتها البايولوجية المختلفة . فالحديد له أهمية معروفة في تركيب الدم والأنزيمات. وتعد كل من عناصر المنغنيز والزنك والنحاس محفزات أنزيمية. ولكن تكون هذه المعادن سامة وخطرة في تراكيز معينة رغم كونها ضرورية للحياة في تراكيز واطئة جداً قد لا تتجاوز قسماً منها عن 0.05 ملغم/ لتر. ومما يزيد خطورة المعادن الثقيلة في البيئة هو عدم إمكانية تفسخها بوساطة البكتيريا والعمليات الطبيعية الأخرى فضلاً عن ثبوتيتها والتي تمكنها من الانتشار لمسافات بعيدة عن مواقع نشوئها أو مصادرها. ولعل أخطر ما فيها يعود

إلـى قابليـة بعضـها علـى التراكم الحيـوي Bioaccumulation فـي أنسـجة وأعضـاء الكائنات الحية سواء في الحيوانات أم النباتات أم غيرها في البيئة المائية أو بيئة اليابسة.

لقد ساهمت المعادن الثقيلة في تطور الحضارات البشرية واستخدمها الإنسان منذ أقدم العصور، الأمر الذي أدى إلى مثابرته في استخراجها وتعدينها مما عرضها إلى ظروف التأكسد والتعرية الجوية حتى تسربت إلى البيئة عن طريق الهواء والمياه بعد احتراق كازولين المركبات والطائرات كما هي الحالة بالنسبة للرصاص الموجود كرابع اثيلات الرصاص المنظم لخواص القرقعة في أثناء حرق الكازولين أو تسرب خلات فينايل الزئبق Phenyl mercuric acetate المستخدم في تعفير الحبوب كمبيد، فضلاً عن أن بعضها يتسرب نتيجة لاحتراق الوقود الثقيل مثل الفناديوم والنيكل إلى البيئة مباشرة.

تقذف الصناعات المختلفة أعداداً وبكميات مختلفة من المعادن الثقيلة بهيئة نفايات غازية وصلبة وسائلة ولكنها في النهاية تستقر في بيئة اليابسة وتجد طريقها بسرعة إلى البيئات المائية. ويمكن أن تتضاعف تراكيز المعادن الثقيلة بوساطة السلاسل الغذائية Food chains حيث تستقر في أجسام الأحياء مدة تختلف حسب عمرها النصف الزمني. ومن هذه المعادن الباريوم والكادميوم والنحاس والرصاص والمنغنيز والنيكل والزنك والفناديوم والقصدير وغيرها.

لبعض المعادن الثقيلة خواص إشعاعية، أي أنها تكون بمثابة نظائر مشعة Radioactive isotopes ، لذا فإن هذه المعادن ستحمل مخاطر مزدوجة من حيث كونها سامة ومشعة في نفس الوقت كما هو الحال على سبيل المثال في الزنك 65 المشع واليورانيوم 235. وقد تتواجد مثل هذه العناصر المشعة طبيعياً في القشرة الأرضية وتنتقل مع عوامل الانجراف والتعرية والسيول إلى مصادر المياه. كما أن بعضها يتساقط مع الغبار النووي للقنابل النووية والانبعاثات الناتجة من الاستعمالات الصناعية للطاقة النووية. ومن بين أكثر من 450 نظير مشع يمكن أن توجد كمنتجات انشطارية. إلا أن قلة من هذه النظائر ذات أهمية بيئية مثل الكوبلت 60 والسيزيوم 137 والستراتيوم 90 التي تستطيع الدخول إلى جسم النباتات أو الحيوان كالحشائش والعلف

والفئران وحيوانات الرعي. ومنها ينتشر إلى جسم الإنسان خلال الحليب الذي يتناوله على سبيل المثال وذلك لقدرة هذه العناصر التبادلية مع العناصر الموجودة في أجسام الأحياء مثل الكالسيوم والصوديوم. لقد أصبحت دراسة العناصر المشعة في البيئة علماً قائماً بذاته يدعى علم البيئة الإشعاعي Radiation Ecology الذي أخذت أهميته في إنتاج الطاقة.

يمكن توضيح خطورة وأهمية المعادن الثقيلة في تلويث البيئة خلال دراسة بعض هذه المعادن بخاصة تلك التي كانت وراء العديد من الكوارث التي حلت في البيئة بضمنها الأحياء ومنها الإنسان، وكما يأتي:

1- الزئبق Mercury

يعد هذا المعدن من المعادن التي تعامل معها الإنسان منذ فجر التاريخ ويعد هذا المعدن السائل الوحيد وله درجة انصهار –39ْ م ودرجة غليانه 357ْ م. وله قابلية تطاير أعلى من جميع المعادن الأخرى، كما أنه من أحسن الموصلات الكهربائية.

للمعدن القدرة على تذويب معادن أخرى. كما أن هذا المعدن وجميع مركباته يعد ساماً للأحياء. علماً بأن للمعدن استعمالات عديدة، إذ يقدر مجموع استعمالاته بحوالي 3000 استعمال على شكله الحر أو مركباته العضوية أو اللاعضوية . وتتراوح مجالات الاستعمال ما بين صناعية مثل إنتاج مواد كغاز الكلور وصناعة الورق، وكهربائية مثل إنتاج المصابيح والبطاريات، وكيماوية صناعة الأصباغ والذهب، وصيدلانية مثل صناعة العقاقير وفي طب الاسنان، وعلمية مثل المحارير والبارومترات، ولإنتاج مبيدات الفطريات. وتتلوث البيئة بملوثات الزئبق خلال هذه الطرق.أما فيما عدا ذلك فهو ينطلق إلى البيئة نتيجة حرق الوقود الاحفوري. إذ يحتوي النفط والفحم المستخرج من بعض مناطق العالم،على تراكيز ضئيلة منه تصل إلى الهواء بعد الاحتراق فتسبب تلوث الهواء بالزئبق ومنه تترسب على المياه والتربة فيما بعد.

كما يتسرب الزئبق إلى البيئة عن طريق مواد الخام الحاوية عليه مثل كبريتيد الزئبق HgS أثناء عمليات التنجيم واستخراج المواد الخام. كما أنه قد يخرج من خامات

أخرى غير زئبقية عندما يكون ممزوجاً معها. ويوجد أيضاً في الفحم الحجري وينتج أيضاً من عمليات تعرية الصخور.

وتتحول بعض مركباته بايولوجياً في الجسم أو البيئة إلى مركبات زئبقية أكثر سمية من الزئبق نفسه مثل ميثايل الزئبق. وتعمل السموم الزئبقية على إيقاف بعض الأنزيمات ومنعها من العمل محدثة تثبيطها. كما أن له آثاراً تدميرية على مستوى البنية الخلوية Cellular damage.

إن للزئبق ميلاً شديداً إلى التراكم في الجسم ويستهدف الأنسجة الدهنية في ذلك أو الأعضاء الغنية بالدهون كالدماغ نظراً لميله الشديد إلى الذوبان في الدهون، فيؤدي إلى حدوث أعراض مرضية خطيرة في الجهاز العصبي ومؤلمة تعرف بالبكاء الزئبقي Mercury cry. كما أن لأبخرة الزئبق القدرة على الانتقال إلى الدم خلال جدران الرئة حيث تتراكم بالدماغ وتحدث أضراراً للجهاز العصبي تؤدي إلى الموت. ومن مركباته الخطيرة أريلات الزئبق Arylmecurials والكيلات الزئبق Alkylmercurials وثنائي ميثايل الزئبق $(CH_3)_2 Hg$ الذي له قابلية تطاير عالية. كما تم الكشف عن أن مركبات الزئبق اللاعضوية تتحول إلى ألكيل الزئبق بخاصة في الأوحال وقيعان الأنهار والبحيرات وغيرها بفعل أنواع من البكتيريا اللاهوائية.

من الكوارث العالمية للتسمم بالزئبق ما حصل في اليابان عام 1953 من ظهور مرض سمي باسم المدينة التي ظهر فيها المرض Minimata disease والذي أدى إلى وفاة 44 شخصاً من بين صيادي الأسماك وأصيب المئات منهم بدرجات مختلفة من الشلل. كما امتدت الاصابات إلى الطيور البحرية والقطط في المنطقة. وقد تبين فيما بعد احتواء الأسماك المصادة واللافقاريات البحرية على نسب عالية منه ألكيل الزئبق التي كان يطرحها معمل للورق في المنطقة مع فضلات المياه المصروفة إلى خليج مياناتا. كما أدى استعمال البذور المعفرة بمركبات الزئبق في نهاية الخمسينات من القرن الماضي وأوائل الستينات في السويد إلى موت العديد من الطيور بسبب استعمال مركب زئبقي عضوي يمنع نمو الاشنات في الاحواض المائية التي تحفظ فيها جذور الأشجار لإنتاج عجينة الورق من أخشاب الغابات. ولعل حادث التسمم الزئبقي في

العراق عام 1973 قد سجلت إحدى الكوارث الناجمة عن استهلاك المزارعين وحيواناتهم لبذور الحنطة المعفرة بالزئبق العضوي كمانع للتعفن ومبيد فطري والتي استوردت في غير موعد زراعتها. كما سجلت حوادث عديدة للتسمم عن طريق الأسماك الملوثة كأسماك التونا Tuna fish وأسماك السيف Sward fish في كندا وأمريكا.

2- الكادميوم Cadmium

مصدر الكادميوم هو من مياه صرف منجم الرصاص والزنك حيث يتواجد مع خامات الرصاص وخامات الزنك، والتي تلوث مياه الري لحقول الرز على سبيل المثال. ويدخل الكادميوم في العديد من الصناعات الضرورية مثل صناعات الطلاء الكهربائي والمواد البلاستيكية والأصباغ والسبائك والبطاريات النيكل- كاديموم وغيرها.

لا يمتلك الكادميوم أية أهمية للأنظمة الحية على الإطلاق. وأظهرت الدراسات الحديثة خطورة الكادميوم في تهديم البنية الخلوية للكائنات الحية وبخاصة المايتوكوندريا والغشاء النووي، كما أنه يؤثر في عمليات الأيض الدهني فضلاً عن تأثيراته الضارة على دورات الحياة والنمو الجنيني وغيرها من الفعاليات الحيوية للكائنات الحية بخاصة المائية منها.

سجل الكادميوم كارثة مروعة في مدينة تويامًا باليابان وقد سمي المرض الذي سببه هذا المعدن بمرض الاتياي اتياي Itai itai ومعناه باللغة اليابانية مرض صرخات الآم الضحايا وذلك في عام 1946. وظهرت آثار المرض في العظام بصورة خاصة حيث سبب انحلالها التدريجي والذي يبدأ بعظام الأطراف وينتهي بالعظام الصغيرة الأخرى كالأضلاع في المراحل المتقدمة. وتصبح الحالة أكثر خطورة حيث تتعرض العظام إلى الكسور نتيجة لأبسط الهزات كالسعال مثلاً. وتسبب المرض في وفاة أكثر من 100 ضحية حتى أواخر عام 1965م.

يمتص العنصر بسهولة من قبل الجهازين الهضمي والتنفسي، ويتأثر هذا الامتصاص بعوامل عدة منها السن ونقص الكالسيوم في الجسم وكذلك نقص الحديد والبروتين. كما يعتمد على الشكل الكيماوي للملح. أما الامتصاص الرئوي فيتوقف على حجم الدقائق الداخلة إلى الرئتين وذوبانيتها وعلى عمق النفس وسرعته.

يؤدي استنشاق غبار الكادميوم إلى مشاكل تنفسية مما يتسبب عنه مشاكل أخرى كالشعور بجفاف الفم والبلعوم وصعوبة التنفس والصداع أو التشنج عند زيادة التعرض. وقد تتطور حالة امتلاء الرئتين بالسوائل أو ما يعرف بالاستسقاء الرئوي، يرافقها حالة التهاب كلوي وتغيرات نسيجية في الكبد. وقد لوحظت حالة تنخر القشرة الكلوية في حالات التعرض طويل الأمد.

3- الرصاص Lead

يعد الرصاص من العناصر ذات الوجود الطبيعي في القشرة الأرضية، ويبلغ معدل تركيزه حوالي 16 ملغم/كغم من التربة. ويوجد في الطبيعة على شكل خامات معدنية وهي كبريتيد الرصاص PbS، كما يوجد بأشكال أخرى أيضا مثل خامات كربونات وكرومات وكبريتات الرصاص. وتعد هذه الخامات من المصادر الطبيعية الملوثة للبيئة بالرصاص.

أما من الناحية الصناعية فإنه يدخل في العديد من الصناعات كالأصباغ وحروف المطابع القديمة والاطلاقات النارية والقذائف الصغيرة والكبيرة والبطاريات وأسلاك لحام المعادن. كما أنه يضاف إلى البنزين لتحسين اشتعاله وذلك على شكل مركب رابع اثيلات الرصاص.

رغم بطئ امتصاصه من القناة الهضمية فهناك العديد من حالات التسمم المهني به، ولكنها جميعا حالات فردية حيث لم تسجل حالات تسمم جماعية. كما أنه يدخل الجسم عن طريق الاستنشاق ويعتمد الامتصاص الرئوي على حجم دقائق الرصاص الداخلة وعلى عمق النفس ومعدل التنفس. ويعد جهازا الهضم والتنفس من أكفأ الطرق في إيصال الرصاص إلى داخل الجسم.

4- معادن ثقيلة أخرى

كما أن هناك عدداً آخر من المعادن الثقيلة مثل النحاس Copper والزنك أو الخارصين Zinc والحديد Iron والتي تعد من العناصر الغذائية الضرورية Essential elements للكائنات الحية في تراكيز معينة وعند زيادة هذه التراكيز سوف تسبب أضراراً صحية مختلفة.

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

الفصل الخامس عشر

التربية والوعي البيئي

Environmental education and consciousness

15-1: المقدمة

تعد التربية البيئية من الأسس المهمة في تقويم الوعي البيئي لدى المواطن إذ ما أحسن التخطيط لها. فهي جهد تعليمي موجه أو مقصود نحو التعرف وتكوين المدركات لفهم العلاقات المعقدة بين الإنسان وبيئته الطبيعية وما فيها من موارد لتحقيق اكتساب الأفراد خبرات تتضمن الحقائق والمفاهيم والاتجاهات البيئية الرشيدة.

إن وعي الإنسان لبيئته ومشكلاتها يجب أن ينطلق مع التربية الانتقادية والعلاقة التي تتوجه نحو تنمية الإدراك الكامل عليها أن تجد العودة إلى التناغم مع الطبيعة ربما يساعد على ازدهار طاقات الإنسان ووضعها في خدمة توازن النظام البيئي الذي هو جزء أساسي منه.

إن تقديم الوعي البيئي يجب أن يبدأ من سن مبكر. ولا يعني ذلك في سن رياض الأطفال بل حتى قبل ذلك. فالبيت أولاً له الأساس المتين في تنمية ذهنية النشئ في عنايته بنفسه ونظافتها والعناية بالبيئة التي يعيش فيها. إن توجيه الطفل بالعناية بلعبه وملابسه ومكان نومه وأزهار حديقة بيته وغيرها من الأمور البسيطة سيكون لها دور واضح في العناية في بيئته مستقبلاً. وكما معروف من علماء النفس بأن الخمس سنوات الأولى للطفل هي العمر الحرج والمهم في بناء شخصيته.

إن دور التربية البيئية في العناية في البيئة دور حاسم، ومن هنا يبرز دور المعلم في التربية البيئية وبالأحرى دور المعلم المربي بيئياً في عملية التربية الحيوية قبل المدرسة وبعدها، وفي داخلها وخارجها.

تشكل كل من الثقافة والتربية البيئية الإطار الذي يحدد نجاح وتصعيد وتائر التنمية بشكلها الناجز. الأمر الذي يتطلب تعميق الدراسات والبحوث ذات العلاقة بتحديد دور التربية البيئية وبالتالي الوعي البيئي الذي سيقود حتما نحو رفع وتائر التنمية اختصارا للزمن والجهد والنفقات من جهة، والاستغلال الأمثل للطاقة والموارد الطبيعية المتاحة من جهة أخرى.

لقد كان للمنظمة المتخصصة التي أنشأتها الأمم المتحدة لشؤون البيئة (اليونيب UNEP) دور كبير في الاهتمام بموضوع التربية البيئية. وظهر لها بالجهود المشتركة

مع المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (يونسكو البلدان العربية ALESCO) دور واضح في وضع مرجع في التعليم البيئي لمراحل التعليم العام في الوطن العربي.

يبقى الوعي البيئي واحدا من أبرز مخرجات التربية البيئية ،وأن الخطوة القادمة تكمن في المساهمة الفعالة والواعية من أجل الاستخدام الرشيد الذي يحقق بيئة متوازنة ومن دون ذلك فإن البشرية ستظل تتخبط في مشاكل استنزاف الموارد الطبيعية والتلوث الحاصل للمياه والأجواء والأراضي فضلا عن مشاكل السكان والأمن الغذائي والصحي كما هو الحال في بعض بلدان العالم الثالث في أوائل القرن الحادي والعشرين.

لقد اتجهت التربية البيئية في العالم خلال السبعينات من القرن الماضي نحو التركيز على المشكلات المتعلقة بصيانة الموارد الطبيعية والحياة النباتية والحيوانية وما يتصل بها من المعارف والمعلومات. وشهدت هذه المرحلة عقد العديد من المؤتمرات والندوات والحلقات الدراسية. في حين لم تحظ الدراسات في مجال التربية البيئية بقسط واضح في الوطن العربي بالرغم من بيئته الغنية بالموارد الطبيعية المتجددة وغير المتجددة، والمؤثرة في حضارة المنطقة بل في حضارة العالم ومستقبله.

بالإمكان استعراض لبعض المناهج والكتب المدرسية المقررة في أقطار الوطن العربي حيث يلاحظ أن كتب العلوم والجغرافيا على سبيل المثال خالية من أسس التربية البيئية. فعند التطرق إلى موضوع النفط (البترول) يتم التركيز على الخزين الاحتياطي ونسب الإنتاج وتفاصيله الغنية في التصفية والتكرير والقوانين الكيماوية التي تفسر مراحلها، في حين يمر المدرس مروراً سريعاً ومختصراً على موضوعات أهمية النفط العربي محلياً وعالمياً والدور الذي يؤديه في الثروة والدخل القومي والتنمية والتطور. إن مثل هذا التثقيف المبتور سيؤثر حتماً في سلوك ومواقف مستقبلية للطالب بخاصة عندما يصبح في موقع اجتماعي ورسمي يتيح له اتخاذ القرارات والمشاركة في الإعداد لإحدى التشريعات.

مثال آخر في كتب الأحياء التي تغوص في التفاصيل التركيبية والتشريحية والتصنيفية وغيرها دون اهتمام يذكر بدراسة الأحياء بوصفها عوامل بيئية لها دورها الخطير في التوازن البيئي. إن الاختلاف في التنوع البايولوجي Diversity وانقراض

بعض الأحياء له أهمية كبيرة في هذا المجال، فعلى سبيل المثال ما يشاع من المعتقدات الخاطئة عن كراهية الإنسان لحيوان "البوم" حيث يعتقد الكثير أنه يجلب الشؤم مما يدعو التشجيع نحو القضاء عليه، في حين نجد أن هذا الحيوان يؤدي دوراً مهماً في التوازن البيئي لأعداد الفئران والعصافير إذا ما علمنا أنه يأكل بمعدل يومي 2–4 فئران وبذلك تساهم المعدلات الشهرية والسنوية في إدراك مدى الضرر الذي يقع على المحاصيل في غياب البوم عن دوره في التوازن البيئي وهكذا بقية الأحياء.

في الثمانينات من القرن الماضي طرأ تغير في مناهج العديد من الأقطار العربية نحو تأكيد التربية البيئية استجابة لتوجيهات المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ومن أمثلة هذا المشروع الريادي للمنظمة في تطوير تدريس علم الأحياء على مستوى الوطن العربي حيث جرى التأكيد في منهج الصف الرابع الثانوي (العاشر) فكرة البيئة ومعوقاتها والعلاقات الأحيائية والأنظمة البيئية والتوازن البيئي مع تأكيد الدور الذي يمكن أن يؤديه الإنسان في التوازن البيئي وغيرها من ظواهر التلوث والموارد والتقنية البيئية.

إن الحاجة الملحة لتدريب المعلمين في شؤون التربية البيئية هي من الموضوعات الدائمة في المؤتمرات الدولية ابتدأ من ورشة بلغراد 1975 مروراً بمؤتمر تبليسي ذي المستوى الوزاري لعام 1977 وإلى مؤتمر موسكو سنة 1987 ومؤتمر قمة الأرض في ريدوجانيرو في البرازيل عام 1992 . لقد توصل الوزراء في مؤتمر تبليسي إلى نتيجة منطقية بأنه يجب أن تكون التربية البيئية جزاءً إلزامياً في تربية المعلمين قبل الخدمة وخلالها، وأن ترتبط بنوع المنطقة التي يعتزم أن يتمرن فيها المعلم، حضرية أم ريفية. وهذا أول ما زال ينتظر أن يطبق في دول العالم.

منذ بداية السبعينات من القرن الماضي أكد علماء البيئة ضرورة اتباع سياسة تربوية تعني بحماية البيئة، وبعدها نشأت العديد من الهيئات العامة والخاصة في هذا المجال ووضع تشريعات دولية ومحلية تحث على ضرورة الاهتمام بحماية البيئة. ومن هنا بدأ التركيز على ضرورة تدريس الطبيعة بخصائصها المختلفة والتركيز على ضرورة المحافظة عليها والاهتمام بجميع الكائنات الحية النافعة منها والضارة، واحترام مكونات

الطبيعة عن طريق ربط سلامتها بسلامة حياة البشر وتقدمهم. وقد بدأ العمل بهذا الاتجاه في مختلف بلدان العالم وعلى مختلف المراحل التعليمية بضمنها المراحل الجامعية ، فضلاً على مساهمة أجهزة الإعلام المرئية والمسموعة والمقروءة وكذلك المؤتمرات الإقليمية والعالمية.

أصبح من الضروري الاهتمام بوضع برنامج متكامل في التربية البيئية يأخذ على عاتقه رفع مستوى الوعي البيئي. ويجب أن يتسع هذا البرنامج ليشمل المراحل كافة في التربية والتعليم مع التركيز على المراحل العمرية المبكرة. ويؤدي المربون الدور الأساس في قيادة هذه العملية ، كما تؤدي وسائل الاتصال المختلفة دوراً خطيراً حيث ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتنشيط الوعي البيئي لدى الأطفال خلال المجلة والقصة والأفلام وغيرها. كما يؤدي الشباب الدور الأكثر أهمية خلال جمعيات حماية البيئة مثلاً في قيادة حملات التوعية البيئية والإنذار والمراقبة وتعميق مفاهيم الوعي البيئي بين الجماهير. ويأتي دور المؤسسات الرسمية والجمعيات الأهلية ومجالس الشعب ليكمل حلقة تصعيد وتائر الوعي البيئي بالطرق المنتظمة والدراسات المختلفة بعمق علمي وشمولي حيث لا بد من تظافر الجهود في هذا المجال.

15-2: مفهوم التربية البيئية

لقد ظل مفهوم التربية البيئية إلى وقت قريب على الصعيد التعليمي بالتجريد والانفصال عن الواقع البيئي حيث يتم التركيز على المعارف المتزايدة عن الجوانب الطبيعية المختلفة مع تجاهل دور الإنسان وضرورة تطوير سلوكه واتجاهاته نحو المزيد من الإحساس بالمسؤولية إزاء البيئة ومشكلاتها. إن المفهوم الحالي قد انتقل من الفطرة التي تتناول جوانب البيئة الطبيعية إلى المفهوم الأوسع الذي يضم الجوانب كافة كالاقتصادية والاجتماعية والثقافية.وتزايد بعد ذلك الاعتراف بالدور الذي يمكن أن تؤديه التربية البيئية في حياة الأفراد والمجتمعات والشعوب، وما كان ذلك ليحدث لولا تنامي في علاقات الإنسان بمقومات البيئة مع بروز التحديات التي باتت تواجه مصير الإنسان

وبقائه على الكرة الأرضية . لقد أصبح حسن استغلال الموارد الطبيعية وصيانتها ومنع تلوث البيئة أو معالجتها من الأمور التي تتحدى وجود واستمرار حياة الإنسان.

كان للتطور القني في الكيمياء التخليقية أثره الخطير في إنتاج أنواع جديدة من المواد لم تكن معروفة كالمنسوجات المطاط والأدوية والبلاستيك والمبيدات والأسمدة وغيرها.ومن نتائج التوسع في التصنيع زيادة استغلال المصادر الحفرية للفحم والبترول وما استجد على النظم البيئية من تلوثات نتيجة عمليات الحرق. ولم يعد تلوث البيئة مقتصراً على الملوثات الأولية المعروفة في البيئة حيث ظهرت هذه المركبات الدخيلة التي تعجز دورات المواد في النظم البيئية من استيعابها أو تحويلها حيث تخلو هذه النظم من الكائنات الحية التي لها القدرة على تحليلها وإرجاعها إلى عناصرها الأولية.

لأجل حماية البيئة وصيانتها كان لا بد للتعليم البيئي أو التربية البيئية أن تأخذ طريقها نحو الاتجاهات والمفاهيم والمهارات والقدرات عند الأفراد لتحقيق الأهداف التي يضعها المفكرون من أجل سعادة ورفاهية وتنمية المجتمعات في ظل بيئة سليمة متوازنة.

ضمن المنهج المدرسي الذي اقترحته لجنة التعليم (UCN) تحت رعاية وإشراف اليونسكو عام 1970، تمت التوصية على تعميم مفهوم التربية البيئية الذي ينص على أن "التعليم البيئي هو أسلوب ونمط التعرض على أحسن ما في الكون وإيضاح الأفكار والآراء التي تساعد تطوير المهارات الضرورية والسلوك اللازم لفهم وتطوير العلاقات المتداخلة بين البشر ومدى ما يتمتعون به من ثقافة وما تمثله البيئة التي تحيط بهم". ويتضمن التعليم البيئي كذلك أسلوب التدريب على اتخاذ القرارات وكيفية استنباط وتشكيل أساليب السلوك في كل المجالات ذات العلاقة بالقيم البيئية.

يعد التعليم البيئي أحد أهنم وسائل وطرائق تحقيق أهداف وحماية البيئة كما أنه لا يعد فرعاً منفصلاً من العلم أو موضوعاً مستقيلاً للدراسة، بل يؤخذ تبعاً لمبادئ وأسس المعرفة الممتدة في العلوم كافة. وقد سبق اقتراح هذا الرأي في المؤتمر الدراسي عن التعليم البيئي الذي نظم بوساطة اللجنة القومية الفنلندية لصالح اليونسكو في مدينة جامي عام 1974.

15-3: مجالات التربية البيئية

تشمل المجالات ما يأتي:

1-15118-3-1:تعليم الجمهور

يعد من أوسع المجالات ويعني نقل المعرفة إلى المواطنين كافة وعلى اختلاف شرائحهم للتعرف على المشكلات البيئية في حياتهم اليومية مما يتطلب مشاركة جهات مختلفة رسمية وشعبية ومنظمات وجمعيات ونقابات فضلاً عن مساهمات الأجهزة الإعلامية المختلفة.

1-15119-3-2: تعليم الفئات المهنية والاجتماعية

لهذه الفئات تأثير كبير وواسع في المجتمع بحكم عملها ونفوذها كالمهندسين والأطباء وخبراء التخطيط ورجال القضاء والقانون والصناعة والزراعة فضلاً عن الهيئات التدريسية كافة ومدراء النواحي والقائمقاميات والمحافظين. ويتم ذلك خلال الدورات التدريبية والتنفيذية والتثقيفية وغيرها.

1-12015-3-3: التعليم النظامي المدرسي

يتم خلال دمج موضوع التربية البيئية بالمراحل التعليمية كافة وفقاً لخصائص وغايات كل بلد أو منطقة وبحسب المعطيات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

1-15121-3-4: التعليم غير النظامي (اللامدرسي)

يشمل تعليم وتدريب القطاعات كافة خارج إطار المدرس والمعاهد خلال دورات التعليم المستمر أو الجامعات المفتوحة. وقد ساعدت شبكة الاتصالات الدولية (الانترنت) في دعم هذا النوع من التعليم في العالم.

15-15122-4-1: أهداف التربية البيئية

هناك ثلاثة أنواع من الأهداف الرئيسة للتربية البيئية وهي:

15-4-1: الأهداف المعرفية : تشمل فهم البيئة وعناصرها ومشكلاتها.

15-4-2: الأهداف الوجدانية: اكتساب القيم والوعي والتقدير للجهود المبذولة لصيانة البيئة وبناء التنمية

15-4-3: الأهداف المهارية: القدرة على التحليل والاستنباط واتخاذ القرارات والمشاركة الفكرية في حل المشكلات.

لا يمكن تحديد الأهداف الرئيسية للتربية البيئية دون مراعاة الواقع الاقتصادي والثقافي والاجتماعي والبيئي لكل مجتمع على حدة. فضلا عن ضرورة تحديد الأهداف التنموية التي يضعها المجتمع أو الدولة نفسها.

بالإمكان الاتفاق على وضع الأهداف المشتركة التي تعمل على تشجيع التقدم الإنساني وصيانة البيئة وتحسينها وتطويرها ضمن المحورين الآتيين:

أولاً: تحسين وتطوير علاقات التعايش البيئي بين البشر أنفسهم وبين الطبيعة المحيطة بهم، مما يعني تطوير المجتمع البشري الواعي والملم بما يحيط به من المشكلات.

ثانياً: تنمية المفاهيم والمهارات والخبرات والسلوك والحوافز التي تتصدى لحل هذه المشكلات والحد من ظهور مشكلات جديدة، الأمر الذي يؤدي إلى رفع المستوى الاجتماعي لأفراد المجتمع وتحقيق الرفاهية والتجانس والامن والعمل الجماعي المشترك.

15-5: سمات التربية البيئية

تحقيق الأهداف والغايات سابقة الذكر يقتضي أن تكون للتربية البيئية سمات أو خصائص معينة ويمكن حصرها في المحاور الآتية:

15-5-1: أن تتجه إلى حل مشكلات محددة للبيئة الإنسانية

حيث من الضروري فهم وإدراك مشكلات البشر بغض النظر عن فئاتهم السكانية أو مستوياتهم والوقوف على أسبابها وتقويم الطرائق والوسائل الكفيلة بحل هذه المشكلات خلال استراتيجيات جماعية يشارك فيها الأفراد بأنشطة هادفة مع تضامن المعارف بجوانبها المختلفة لتفسير الظواهر الواقعية المعقدة.

15-5-2: الأخذ بالمنهج الجامع لفروع المعرفة في تناولها للمشكلات البيئية.

يعمل المنهج الجامع على تجاهل الحدود الفاصلة بين العلوم التخصصية ويعنى بإعطاء فكرة أكثر شمولية تحقق إطارا مرجعيا تدمج في داخل المساهمات الخاصة بالعلوم المختلفة. إن الوصول إلى التربية الجامعة ليس بالمهمة اليسيرة وهي تستدعي وجود اتصالات ميسرة بين المعلمين والمختصين لوضع نظام ملائم يأخذ في الاعتبار الروابط الفكرية والمنهجية بين فروع العلم المختلفة ويضعها عن طريق المساهمة في حل المشكلات.

15-5-3: الانفتاح على المجتمع المحلي المعني

يجب أن تعمل التربية البيئية على تطوير عرف محلي يمارس في بيئات متعددة وفي غمار الحياة اليومية لتلك المجتمعات المحلية، فالكثير من ما يسمى بالمشكلات الوطنية هي في حقيقتها حصيلة للمشكلات المحلية والفردية فإذا ما تم حل هذه المشكلات فإن الحالة تعني قطع الشوط نحو تحسين البيئة لصالح مجتمع أوسع كالمنطقة أو الدولة. إن توافر الإدارة السياسية والعمل الواعي المخطط والمنظم كفيلان بتقصير المسافة بين المشكلة وحلولها.

15-5-4: الاتصاف بطابع الاستمرار والتطلع إلى المستقبل

نظرا للتقدم العلمي والتقني الذي أدى إلى ظهور نظم اقتصادية واجتماعية وثقافية جديدة سببت بدورها ظهور مشكلات جديدة . ولكي لا يبقى السكان بمعزل عن تطور المعارف فإن التربية البيئية يجب أن تحرص على إعادة صياغة توجيهاتها ومضمونها وأساليبها، وتبقى المعارف المتطورة متاحة للجميع لكي تبقى في إطار ما يدعى بالتربية المستديمة.

15-6: الوعي والتربية البيئية وعلاقتهما تربويا

من الأمور المطروحة في مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة البشرية في ستكهولم في عام 1972 عن ربط الوعي البيئي مع الاهتمام بالتربية البيئية مما ساهم في دعم وتطوير ما يعرف بالتعليم أو التربية البيئية لتوعية الأفراد في قطاعات المجتمع كافة بالبيئة والمشكلات الناجمة عن التفاعل معها. لقد أفرز هذا التوجه برامج للتوعية البيئية. وقد استوعب رجال التربية هذا الهدف خلال تطعيم المناهج الدراسية في مراحل التعليم المختلفة بموضوع التربية البيئية وهكذا نشأ ما يسمى بالفكر البيئي ليدخل بقاء الجنس البشري واستمراره.

يتأثر الإنسان في سلوكه ببيئته كما يؤثر فيها، لذا فإن سن القوانين والتشريعات وحدها لا يمكن أن يؤدي إلى ضمان التصرف السليم من قبل الإنسان. فالعنصر التربوي مهم جدا لتنمية سلوك الأفراد باتجاه احترام القوانين والتشريعات فضلا عن المشاركة في سنها وتشريعها. وقد أكدت التوصية رقم 96 لمؤتمر ستكهولم ضرورة إعداد برنامج لتربية الأفراد بغية تعديل سلوكهم المدمر اتجاه البيئة حيث نص على ما يلي:

" تتولى الوكالات التابعة للأمم المتحدة بخاصة اليونسكو والمؤسسات الدولية المعنية اتخاذ التدابير اللازمة لوضع برنامج جامع لعدة فروع علمية للتربية البيئية داخل المدرسة وخارجها".

ودعم هذا التوجه مؤتمر التعليم بين الحكومات المنعقدة في تبليسي عام1977 وذلك بتوضيح الأفكار والاستراتيجيات للتربية البيئية بشكل عام لتنمية السلوك البيئي وتحويله إلى قيم اجتماعية إيجابية تدفع نحو المشاركة الفعالة وخلق المهارات المتركزة إلى وعي كامل بالبيئة والمساهمة في حل مشكلاتها انطلاقا في الشعور بالمسؤولية الاجتماعية حيث يتوج ذلك باتخاذ القرارات والإجراءات السريعة المناسبة لحل مشاكل البيئة وبناء التكامل البيئي التنموي.

يجب أن ينطلق وعي الإنسان لبيئته ومشكلاتها خلال التربية الانتقادية والخلاقة التي تتوجه نحو تنمية الإدراك الكامل للعوامل الاجتماعية والاقتصادية والسياسية للمشكلات، كما أن عليه أن يجد العودة الى التناغم مع الطبيعة وبما يساعد في ازدهار طاقات الإنسان ووضعها في خدمة توازن النظام البيئي الذي هو جزء أساس منه.

وتعمل التربية البيئية إلى تنمية المهارات اللازمة لفهم العلاقات وتقديرها التي تربط بين الإنسان وثقافته وبيئته الحيوية. إن تنمية الاتجاهات والأنماط السلوكية بوساطة التربية البيئية تقود إلى التمكن من اتخاذ القرارات والقدرة على تحليل المشاكل البيئية واحترام التوازن البيئي وحب الطبيعة وتبني الدور الريادي في تصعيد وتائر التنمية.

إن التربية البيئية والوعي الناتج عنها لا يمكنها الإيفاء بالغرض المطلوب دون التزويد بالوسائل التي تساعد في حل المشكلات البيئية والمساهمة الفاعلة في التنمية. ويبرز دور القيم الأخلاقية التي تغرسها التربية البيئية والتي تتجسد في محصلتها بالوعي البيئي في قدرتها على تعديل شروط العلاقة بين الإنسان والطبيعة وهي علاقة انتهاء حيث أن الإنسان جزء منها.

إن من أصعب المهام التي تواجه الشعوب المتحضرة هي مهمة النهوض التنموي ونجاح خططه حيث أن مسؤولية هذا النجاح وتجاوز العقبات مرهونة بتظافر جهود شرائح المجتمع وقطاعاته كافة. ومن هذا تتوضح قيمة الوعي البيئي من نتائج التربية البيئية الناجزة في فسح المجال وخلق الفرص السديدة ليعبر كل عنصر من عناصر المجتمع عن سر قوته في تحمل المسؤولية اتجاه تصعيد وتائر التنمية وبقدر ما تتسع المسؤولية فإنها قد تخرج بعيدا عن أطرها الثقافية والاجتماعية والاقتصادية لتضيف إلى نفسها بعدا يضع رجال السياسة والقانون والتخطيط والتشريع وبقية العلماء والمفكرين والمربين في خضم المسؤولية للعمل على تكامل البيئة والتنمية عندما يجري التخطيط لرفع وتائرالوعي البيئي وجعلها في خدمة تصعيد وتائر التنمية المستديمة.

15-7: اهتمامات بلدان العالم

بدأ الاهتمام في موضوع التربية البيئية بتزايد في بلدان العالم مع ازدياد الوعي البيئي للشعوب وبمستويات مختلفة. فقد دمجت التربية البيئية في التربية الصناعية والزراعية من الاستراتيجيات المقترحة بعد دراسة حالات من تشيكوسلوفاكيا وجمايكا والولايات المتحدة الأمريكية، ونفس المقترح عن المساق التدريبي الإفريقي العربي الذي عقد في مصر عام 1988 حول دمج التربية البيئية في التعليم الصناعي. وعقدت ندوة إقليمية عن دمج التربية في التعليم الجامعي العام في أوروبا وذلك في بروكسل (بلجيكا) للمدة من 7-10 حزيران 1989 بتنظيم مشترك مع الجامعة فريجي في بروكسل والجمعية الأوروبية للبيئة البشرية وذلك في إطار ودعم برنامج اليونسكو – البامبيئية الدولي للتربية البيئية.

يدرس موضوع التربية البيئية في سريلانكا بوصفه موضوع مستقل بعنوان "الدراسات الاجتماعية" وفي المستوى الابتدائي. وفي ماليزيا خصص موضوع جديد بعنوان "الانسان والبيئة" للصفوف الرابعة إلى السادسة في المستوى الابتدائي ليحل محل

المواضيع التقليدية في العلوم والصحة والتاريخ والجغرافية والتربية البدنية. وفي المستوى الثانوي دمجت التربية البيئية في جميع الموضوعات الدراسية تقريبا. كما أن التربية البيئية قد دمجت في أندونيسيا مع سائر مستويات التعليم الرسمي. وفي الفلبين يلاحظ أن الاستراتيجية المطبقة هي أن تعرض وتوضح بالصور أهمية وارتباط التوجه العلمي لموضوع البيئة وحفظها. وفي كل من أندونيسيا وماليزيا والفلبين وسيريلانكا وتايلاندا، يؤخذ موضوع التربية البيئية بالاعتبار على مستوى الجامعات.

15-8: الاهتمامات البيئية في العراق والتشريعات ذات العلاقة

العراق مهد الحضارات ومركز العلوم كما هو معروف. فقد أهتم الإنسان في هذه المنطقة منذ نشوء الحضارات الأولى (البابلية والآشورية) بحفر الجداول وشق الترع وبناء السدود والتوسع في شبكات الري لما في ذلك دعما للزراعة.

ساهم البابليون بإنشاء بيئات صناعية مثل بناء الجنائن المعلقة لتماثل البيئة الجبلية التي تعد أحد عجائب الدنيا السبعة ويشهد لها العالم في أرجائه كافة. كما ان المنطقة اهتمت منذ القدم بأهمية المياه الصالحة للشرب وتوزيعها وضرورة تميزها عن الاستخدامات الأخرى كري المحاصيل والغسل كما يبدو واضحا في آثار مدينة نمرود وفي عهد سرجون الأكدي. وشهدت هذه المنطقة على سبيل المثال الاهتمام بنوعية المياه التي تعد من الأمور البيئية المتقدمة التي لم تتوصل لها الحضارات الأوروبية إلا في وقت لاحق.

منذ ظهور الإسلام، أكدت الشريعة الإسلامية خلال ما ذكر في آيات القرآن الكريم والسنة النبوية الشريفة نظافة الإنسان وبيئته وعدت أساساً من أسس الإيمان، ومنها انتشرت هذه الأفكار إلى بقية أنحاء المعمورة. وفي عهد الخليفة عمر الخطاب (رض) شهد اهتمامات في مضامين البيئة خلال توفير الأجواء الملائمة لحياة الرعية ضمن نظام اجتماعي متين.

شهدت مدينة بغداد منذ عام 1838 في عهد الوالي داود باشا أول مشروع لتوزيع المياه الصالحة للشرب في العراق. ويذكر أن أسلوب تصفية المياه قد جرى تحويله بعدئذ من الجاذبية إلى الضغط فضلا من استخدام الأحواض الكونكريتية عوضا عن الحديدية في الوقت الحاضر. مع اعتماد أسلوب الفحص والتدقيق للمعدلات وجيمع المواد المستوردة للتأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية وذلك خلال دوائر السيطرة والتقييس النوعي الموجودة حاليا وذات الاهتمام في هذا المجال.

إن استبدال المجاري المفتوحة التي كانت في القطر بأنظمة مغلقة والمرتبطة بشبكات المجاري المعدة حديثا كان له الدور البارز في المحافظة على البيئة من مخاطر التلوث من مخلفات تلك المجاري. وفي بغداد على سبيل المثال فإن شبكات المجاري مرتبطة في مجمعين لمعاملة مياه المجاري أحدهما في الرستمية (الرصافة) والاخر في الكرخ للتخلص من تلك المخلفات الضارة. وفي أوائل القرن الحالي (الحادي والعشرين) تمت المباشرة في توسيع شبكات المجاري في مدينة بغداد فضلا عن شمول مدن أخرى.

أنشئت بعض المحميات لاحتضان الحيوانات المهددة بالانقراض في القطر كالغزلان بعد أن كان هذا الموضوع مهملا في السابق الأمر الذي أدى إلى انقراض أنواع من الأحياء كالنعامات في الصحراء الجنوبية والنمور في الشمال.وقد تم تشريع العديد من القوانين والتعليمات التي تكفل حماية الأحياء البرية وتكاثرها وانتشارها خلال منع الصيد أو تنظيمه في أوقات معينة وكما هو معمول به حاليا مع الثروة السمكية.

جاء تشكيل مجلس حماية البيئة في أوائل الستينات الذي يرتبط بوزارة الصحة متماشيا مع تطلعات القطر خلال وزارة البلديات (سابقا) متمثلا بالقانون المرقم 165 لعام 1964 وهو القانون المكمل لقانون البلديات المرقم 84 لعام 1931 حيث أن الأخير هو امتداد لقانون الايالات (البلديات) العثماني الصادر في 27 رمضان لعام 1294 هجرية.

تعد التشريعات البيئية ركنا مهما لحماية البيئة وهي عبارة عن مجموعة القوانين والأنظمة والتعليمات الملحقة بها، وأية توجيهات وضوابط أخرى تنظم علاقة الأفراد أو

الجماعات بالبيئة بما يؤمن استغلال الموارد الطبيعية فيه. وحديثا أضيف إلى ما تقدم موضوع التنمية القابلة للاستمرار بما يعرف بالتنمية المستدامة Sustainable development الذي تركز على ترشيد استغلال الموارد الطبيعية والتعامل السليم مع البيئة بما يؤمن الحفاظ عليها لكي تؤمن بيئة سليمة للأجيال القادمة.

قد اهتم القطر بالبيئة وتحسينها والمحافظة عليها من مخاطر التلوث حيث أقرت أهمية الاعتبارات البيئية في خطط التنمية ولأول مرة ثبت في خطة التنمية القومية للأعوام 1976–1980 أنها تعنى بحماية الصحة البشرية فضلا عن الثروة النباتية والحيوانية من أخطار تلوث البيئة سواء في الهواء أم الماء أو التربة. وقد استمرت خطة التنمية القومية اللاحقة التي كان آخرها مسودة مشروع خطة التنمية القومية للأعوام 1991–1995 وذلك بتعميق الاهتمام بالجانب البيئي ضمن سياستها وعدت حماية البيئة وتطويرها وتحسينها والحفاظ على مقوماتها والعمل على منع تلوث إحدى مهماتها الاساسية.

صدر نظام صيانة الأنهار والمياه العمومية من تلوث رقم 25 لسنة 1967 وأعقبها صدرت تعليمات رقم 80406 عام 1980 حددت بموجبها الحدود المسموح بها للعناصر الثقيلة والمركبات الكيماوية الأخرى وذلك في مياه الأنهار والبحيرات والمياه المتخلفة للصرف إلى المصدرالمائي فضلا عن مياه الشرب. كما صدرت تعليمات من الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية عام 1986 حول مواصفات مياه الشرب.

في العام 1986 صدر قانون حماية وتحسين البيئة في القطر الذي تشرف على تطبيقه أجهزة الدولة المختلفة. ويشمل تطبيقه كلا من القطاعين العام والخاص من حيث اختيار المواقع المناسبة للمعامل والمصانع ومراعاة المحددات الأساسية لحياة السكان وبيئتهم في تلك المناطق. ويتم الإشراف من قبل مجلس حماية البيئة المحلي المشكل في كل محافظة وترتبط هذه المجالس المحلية جميعها بالمجلس الأعلى لحماية البيئة وتحسين البيئة. ويهدف هذا القانون ذو الرقم 76 للعام 1986 إلى حماية البيئة وتحسينها ومنع تلوثها ووضع السياسة العامة وإعداد الخطط العلمية المبرمجة لحماية البيئة

والصحة العامة من أنواع الملوثات. ثم صدر قرار لمجلس قيادة الثورة المرقم 652 في 1986/8/4 ألزم فيه الوزارات والجهات ذات العلاقة بضرورة الالتزام بقرارات مجلس حماية وتحسين البيئة على وفق القانون 76 أعلاه.

شهد القطر اهتمامات بيئية واسعة شملت مشاريع كبيرة التي من شأنها حماية البيئة وتحسينها مثل إنشاء الأحزمة الخضر حول المدن ودورها في تنقية الأجواء خل ما تمتصه النباتات الخضر من غاز ثنائي أوكسيد الكربون وتثبيته على هيئة مركبات عضوية في عملية البناء الضوئي، فضلا عما تطرحه من غاز الأوكسجين.كما أن هذه النباتات تعمل بوصفها عارضا طبيعيا لتقليل الغبار والأتربة المتأتية من المناطق الصحراوية بفعل الرياح بالدرجة الرئيسية .وفي عام 1992 تم توفير الدعم المادي اللازم للنهوض بمشروع معالجة الكثبان الرملية والحد من ظاهرة التصحر Desertification التي تعد من المشاكل الكبيرة في تلوث البيئة لما لها من أضرار صحية للإنسان فضلا عن آثارها السلبية على الحيوانات والنباتات.

عطفا على قانون حماية وتحسين البيئة رقم 76 لسنة 1986 صدرعدد من القرارات لمجلس قيادة الثورة للعام 1991 فالقرار رقم 1 ينص على اعتبار قطع الأشجار من الغابات الطبيعية وأرصفة شوارع المدن والمناطق المشجرة والأحزمة الخضر أو المتسببة بموتها بشكل متعمد مخالفة ويعاقب المخالف وفقا لأحكام المادتين السادسة عشرة والسابعة عشرة من قانون حماية وتحسين البيئة رقم 76 لسنة 1986 . والقرار رقم 2 ينص على اعتبا تصريف مياه الفضلات من الوحدات السيارة والمحلات العامة إلى الأنهار مباشرة وإلى المناطق المخدومة بشبكات عامة مخالفة بيئية وصحية لنظام صيانة النهار رقم 25 لسنة 1967 . يتحمل المخالف التبعات القانونية على وفق المادتين المذكورتين أعلاه. والقرار رقم 3 ينص على اعتبار ضخ مياه الشرب خلال الشبكات أو المركبات الحوضية دون تعقيم مخالفة بيئية تستوجب توجيه الإنذار بشأنها وفي حالة ثبوت توفر مواد التعقيم (غاز الكلور أو المسحوق القاصر أو الهايبو)

وتقاعس الموظف المختص عن تسلمه أو استعماله لتعقيم مياه الشبكة بعد توجيه الإنذار فيعد ذلك مخالفة بيئية تطبق أحكام المادتين أعلاه إضافة إلى العقوبات المنصوص عليها في قانون الصحة العامة رقم 89 لسنة 1981. والقرار رقم 4 ينص على منع المركبات الحوضية المحملة بالمشتقات النفطية من طرح مخلفات حمولتها إلى المناطق الزراعية أو الاراضي الخالية أو المصادر المائية أو المبازل، ويتحمل مسببها التبعات القانونية المترتبة عليه بموجب أحكام المادتين أعلاه. كما ينص القرار رقم 5 اعتبار تصريف مياه المجاري المنزلية أو العامة إلى الأنهار مباشرة مخالفة بيئية وصحية يتحمل مسببها التبعات القانونية المترتبة عليها بموجب أحكام المادتين أعلاه. أما القرار رقم 6 فإنه ينص على منع استخدام المركبات الحوضية المخصصة لنقل المياه الثقيلة لغرض تجهيز المواطنين بمياه الشرب ويعاقب مالك السيارة بالعقوبات المنصوص عليها في المادتين أعلاه إضافة العقوبات المنصوص عليها في قانون الصحة العامة رقم 89 لسنة 1981.

لا بد من الإشارة إلى أن إنجاز مشروع نهر صدام (5600كم) كان له مردود إيجابي في تخفيف مشكلة الملوحة للأراضي الزراعية ونهري دجلة والفرات وشط العرب بخاصة للمنطقتين الوسطى والجنوبية حيث تم إنجازه عام 1992 مما أدى إلى استصلاح أراضي زراعية حيث ازدادت مساحة هذه الأراضي بحدود 6 ملايين دونم. ومن الجوانب البيئية كان لمشروع نهر صدام أهمية واضحة في عدد من الأمور منها:

1. التخلص من المياه المحملة بالأملاح التي كانت تلوث مياه نهري دجلة والفرات
2. توفير مساحات مكسوة بالكثبان الرملية إلى مساحات خضر
3. تحويل مساحات مكسوة بالكثبان الرملية إلى مساحات خضر
4. تطوير المستوى الاجتماعي والاقتصادي للمناطق التي يمر بها المشروع كالمناطق الصحراوية ومناطق الاهوار نتيجة ربطها بشبكة المواصلات البرية والنهرية
5. استصلاح الأراضي وتقليص مساحة التصحر

6. استخدام البحيرات الناتجة عنه بوصفها مناطق سياحية

7. استخدام مجرى النهر للنقل المائي وتربية الأسماك

كما صدر القانون رقم 3 لسنة 1997 باسم قانون وتحسين البيئة عزز مفهوم البيئة بعناصرها المختلفة وجميع الكائنات الحية وشملت فقراته تطورا واضحا في حماية البيئة من مخاطر التلوث والاهتمام بالتربية البيئية والوعي البيئي والأنشطة ذات العلاقة. وصدر حديثا قانون التعديل الأول لقانون حماية وتحسين البيئة رقم 3 لسنة 1997 وذلك بالرقم 73 لسنة 2001 وبنظرة أوسع وأشمل من أجل حماية البيئة من مخاطر التلوث وفرض عقوبات رادعة بشكل أشد مما كانت عليها في أصل القانون رقم 3., علما بأن قانون التعديل رقم 73 قد صدر حديثا ونشر في الوقائع العراقية بتاريخ 2001/9/10.

قد شهد القطر اهتمامات علمية واسعة بالدراسات البيئية من قبل العلماء والمختصين والمهتمين المحليين بشؤون البيئة حيث أن انتشارهم في الجامعات والمعاهد والمؤسسات العلمية الأخرى في عموم محافظات القطر مما أدى إلى زيادة الاهتمام في دراسة الظواهر البيئية المختلفة. وقد برزت عدة دراسات وأبحاث قيمة في مجالات البيئة المختلفة خلال المؤتمرات والندوات القطرية أو العربية أو الدولية فضلا عن النشر العلمي في المجالات العلمية. وقد تم عقد العديد من المؤتمرات العلمية المتخصصة في موضوعات البيئة في القطر كان لها دور بارز في دعم المسيرة العلمية لدعم الوعي البيئي المحلي. وتعد ندوة البيئة الصناعية وتلوث البيئة المنعقدة في بغداد عام 1976 التي نظمها اتحاد الصناعات العراقي من أوائل هذه اللقاءات العلمية.

في دراسة تحليلية لمناهج الدراسة الابتدائية والمتوسطة والإعدادية فيما يخص كتب العلوم وعلم الأحياء أجراها السعدي (2002) وجد أن مفردات هذه الكتب قد تطرقت إلى الموضوعات البيئية بشكل جيد وواف ومناسب لعمر التلاميذ للمراحل الدراسية المختلفة. ولا بد من الأخذ بنظر الاعتبار تدريب المعلمين والمدرسين في موضوع التربية البيئية قبل الخدمة وخلالها خلال برامج تعد لهذا الغرض كما هو معمول به في بعض دول العالم، مثل قيام الدورات التدريبية أو برامج التعليم المستمر بالتعاون مع المؤسسات العلمية ذات العلاقة.

أما فيما يخص الدراسات الأولية في المعاهد والجامعات فإن موضوع البيئة يدرس في بعض التخصصات ذات العلاقة مثل علوم الحياة والكيمياء والهندسة وغيرها.

كما أنشأ عدد من المراكز العلمية البحثية تهتم بالبيئة فضلا عن الاهتمام الواضح على مستوى الدراسات العليا (الماجستير والدكتوراه) حيث تم من خلالها التطرق إلى مواضيع بيئية مختلفة وإعطاء الحلول لعدد من المشاكل البيئية في مجال تلوث البيئة.

حظيت البيئة الصحراوية اهتماما مبكرا في القطر مقارنة مع البيئات الأخرى وكان ذلك أكثر وضوحا منذ الستينات من القرن الماضي بخاصة في وسط العراق والصحراء الغربية، حيث تم إنشاء بعض المحميات في المناطق الصحراوية بغية التعرف على واقعها البيئي الطبيعي. أما المنطقة الجنوبية فلم تحظ بيئتها اليابسة بمثل هذا الاهتمام مقارنة مع ما ذكر في وسط القطر.

أما عن البيئة المائية فيلاحظ أن الدراسات في هذا المجال قد ازدهرت منذ بداية السبعينات بخاصة في جنوب العراق الغني بأنواع مختلفة من البيئات المائية حيث تشمل المياه الإقليمية في الخليج العربي ومصب شط العرب ونهري دجلة والفرات فضلا عن الأهوار المنتشرة. كما أنجزت بعض المسوحات الأساسية في بعض المسطحات المائية في الشمال مثل روافد نهر دجلة وبحيرة دوكان ونهر تانجرو وينابيع سرجنار. وفي العقدين الماضيين نشطت دراسات في وسط العراق شملت نهري دجلة والفرات والروافد ديالي والعظيم والبحيرات مثل الثرثار والحبانية والرزازة والقادسية وساوة.

المصادر العربية

- أحمد، فاضل حسن (1996) هندسة البيئة منشورات جامعة عمر المختار البيضاء، ليبيا
- آدم، كوركيس عبد آل (ترجمة 1988) التلوث البيئي. جامعة البصرة ، البصرة
- آغا، شاهر جمال (1978) علم المناخ والمياه. الجزء الثاني – علم المياه. مطبعة الإحسان ، دمشق
- البرادعي، زكريا أحمد (ترجمة 1977) البيئة وأثرها على الحياة السكانية. مكتبة الوعي العربي، الفجالة
- جامعة الدول العربية (1977). المناخ الزراعي في الوطن العربي، تخطيط شبكة الأنواء الزراعية: العراق. منشورات المنظمة العربية للتنمية الزراعية. الخرطوم
- جامعة الدول العربية، المنظمة العربي للتربية والثقافة والعلوم بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة للشؤون البيئية (1978) الانسان والبيئة. مرجع في العلوم البيئية للتعليم العالي والجامعي. القاهرة
- حديد، أحمد وفاضل الحسني (1984) علم المناخ جامعة بغداد، بغداد.
- الحفار، سعيد محمد(1985) هندسة الأحياء وبيئة المستقبل. وحدة الدراسات البيئية بجامعة قطر. دار الكتب القطرية . الدوحة
- الحلي، مجيد رشيد وحكمت عباس العاني (1989) علم البيئة النباتية . جامعة بغداد. بغداد

- الخشاب، وفيق حسين وأحمد سعيد حديد وماجد سيد ولي محمد (1983). الموارد المائية في العراق. جامعة بغداد .بغداد
- الراوي، محمد عمار وأكرم خير الدين الخياط (ترجمة 1990) اسس علم البيئة. الجزئين الأول والثاني. جامعة بغداد، بغداد
- الراوي، محمد عمار وعبد الرحيم محمد عشير (ترجمة 1989) التلوث البيئي. جامعة بغداد، بغداد
- السعدي، حسين علي (1994) البيئة المائية في العراق ومصادر تلوثها. وقائع المؤتمر العربي للبحث العلمي ودوره في حماية البيئة من التلوث. المحرر حسين علي السعدي صفحة 59-88- ، 26-28 أيلول/ 1933. دمشق (من منشورات اتحاد مجالس البحث العلمي العربية . بغداد)
- السعدي، حسين علي (1994) الإثراء الغذائي وواقعة في شط العرب، جنوب العراق.وقائع المؤتمر العربي للبحث العلمي ودوره في حماية البيئة من التلوث. المحرر حسين على السعدي. الصفحة 171-191 ، 26-28 أيلول / 1993. دمشق (من منشورات اتحاد مجالس البحث العلمي العربية . بغداد)
- السعدي، حسين علي (1998) تلوث البيئة المائية في العراق. مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة1 (1): 81-94
- السعدي، حسين علي (1999) التربية البيئية ودورها في دعم الوعي البيئي. مجلة الفتح 5 :1 -17
- السعدي، حسين علي (2002) التربية البيئية في المناهج الدراسية للمراحل الابتدائية والثانوية: دراسة تحليلية. مجلة المعلم الجديد. بغداد (تحت الطبع)
- السعدي، حسين وعلي وعباس ناجي بلاسم (2000) تلوث المياه السطحية العراقية وتأثيرها على تنمية الثروة السمكية مجلة ديالي 8 (1) : 286-299.
- السعدي، حسين علي وبهرام خضر مولود (1990) واقع البيئة المائية في جنوب العراق دراسة قدمت إلى المؤتمر العلمي الحادي عشر لجمعية علوم الحياة العراقية للمدة 27 شباط – 1 آذار 1990. البصرة
- السعدي، حسين علي وبهرام خضر مولود (1991) البيئة المائية العراقية في خدمة التنمية . مجلة كلية التربية للبنات، جامعة بغداد. 2 : 8-11.

- السعدي، حسين علي وعبد الرضا أكبر المياح (1983) النباتات المائية في العراق. منشورات مركز دراسات الخليج العربي رقم 52. جامعة البصرة.البصرة.
- السعدي، حسين علي ونجم قمر الدهام وليث عبد الجليل الحصان (1986)علم البيئة المائية . جامعة البصرة. البصرة
- صالح، ريزان محمد وبشير على النعمة (ترجمة 1990) مبادئ علم البيئة ،جامعة صلاح الدين ، أربيل
- صالح، طارق محمد وقيصر نجيب صالح وعبد الهادي صالح السلطان (ترجمة 1980). مدخل إلى العلوم البيئية جامعة الموصل، الموصل
- صالح، قيصر نجيب وسهيلة عباس الدباغ وطارق محمد صالح (ترجمة 1984) علم البيئة ونوعية بيئتنا. جامعة الموصل، الموصل
- صالح، قيصر نجيب وطارق محمد صالح وسهيلة عباس الدباغ (ترجمة 1982) المفاهيم الأساسية لعلم البيئة . جامعة الموصل، الموصل
- الصحاف، مهدي (1976) الموارد المائية في العراق،صيانتها من التلوث. دار الحرية للطباعة بغداد
- العاني، بدري عويد وجماعته (1989) علم الاحياء. بيت الحكمة، جامعة بغداد ، بغداد
- العاني، حكمت عباس ورعد هاشم بكر (1984) علم البيئة جامعة بغداد،بغداد
- العاني، عبد الله نجم (1981) علم التربة . جامعة بغداد. بغداد
- عبد الجواد، أحمد عبد الوهاب (1995). منظفات البيئة . الدار العربية للنشر والتوزيع القاهرة
- عبد الحميد، زيدان هندي ومحمد إبراهيم عبد المجيد (1996) الملوثات الكيميائية والبيئية . الدار العربية للنشر والتوزيع نصر
- عبد اللطيف،عصام (ترجمة 1979) الإنسان والبيئة .الموسوعة الصغيرة رقم 39 . منشورات وزارة الثقافة والفنون. بغداد
- عبد الله ،ياووز شفيق (1980) أسس تنمية الغابات . جامعة الموصل, الموصل
- عبد الواحد، أنور محمود (ترجمة 1972) مكافحة تلوث البيئة . تقرير أصدرته الجمعية الكيماوية الأمريكية مكتبة النهضة المصرية . القاهرة

- عبدول، كريم صالح وفرهاد حسن عزيز (ترجمة 1990) مقدمة لبيئة الجماعات النباتية جامعة صلاح الدين، أربيل
- عفيفي،فتحي عبد العزيز وعصمت محمد كامل (2000) السموم والملوثات البيئية: الديناميكية واستجابة الجهاز التناسلي والبولي لهما. دار الفجر للنشر والتوزيع . القاهرة
- علي، لطيف حميد (1987) التلوث الصناعي: المصادر، كيمياء التلوث، طرق السيطرة .جامعة الموصل، الموصل
- العمر، مثنى عبد الرزاق (2000). التلوث البيئي، دار وائل للنشر عمان
- غرابية، سامح ويحيى الفرحان (1987)المدخل إلى العلوم البيئية . دار الشروق للنشر والتوزيع . عمان
- فروجة، صبري ميخائيل وفؤاد إبراهيم قنبور (1989) تلوث البيئة. جامعة بغداد. بغداد
- فضيل، عبد خليل وعلوان جاسم الوائلي (1985) علم البيئة. جامعة الموصل، الموصل
- كربن، عبد الإله رزوقي وماجد سيد ولي محمد(1986) . علم الطقس والمناخ جامعة البصرة،البصرة
- مساعدة ، عدنان (1997) كيمياء التلوث البيئي . دائرة المكتبة الوطنية .أربد
- مولود، بهرام خضر وحسين أحمد شريف الأعظمي (ترجمة 1990). علم البيئة أساسياته وتطبيقاته جامعة بغداد، بغداد
- مولود، بهرام خضر وحسين أحمد شريف الأعظمي (ترجمة 1991). علم البيئة أساسياته وتطبيقاته جامعة بغداد، بغداد
- وزارة التعليم العالي والبحث العلمي (2002) مقررات المؤتمر العلمي عن تأثير أسلحة اليورانيوم المنضب في الإنسان والبيئة في العراق 26-27 آذار 2002. بغداد
- يعقوب ،محمد (ترجمة 1980) تلوث المياه . منشورات عويدات . بيروت

المصادر الأجنبية

- Cludsley-Thompson,J.L :(1991) Ecophysilogy of Desert Arthropods and Reptiles. Springer –Verlage, Berlin
- Cole, G. A. (1983) . 3rd Ed Textbook of Limnology. The C.V. Mosby Comp.St. Louis.
- Colinvaux, P.A. (1973) Introduction to Ecology. John Wiley and Sons, Inc . New York
- Colinvaux, P.A.(1986)Ecology .John Wiley and Sons, Inc New York
- Crawley, M.J. (1986) . Plant Ecolgy .Blackwell Sci. Publ. Oxford
- Darlington , A. (1974). Pollution and life. Book 19 Blandford Approaches to Environemental Studies . Blan-dford Press Ltd. Norwich
- Davis, R.A. (1977) , 2nd Ed Principles of Oceanography Addison ,Wesley Puble. Comp. London
- Diamond, J and T.J. Case (Eds) (1986) Community Ecology . Harper and Row Publs. New York
- Dobson, M and C. Frid (1998) Ecology of Aquatic Systems. Addison Wiesly Longman Limited .Essex.

- Edington, J.M. and M.A. Edington (1977). Ecology and Environmental Planning. Chapman and Hall Ltd.London
- Etherington , J.R. (1982) Environmental and Plant Ecology . 2nd Ed JohnWiley and Sons, New York.
- Francis, B.M. 1994 Toxic substances in the Environment . John Wiley and Sons.Inc .A Wiley Interscience Publ. New York

- Gee, J.H.(1986) Freshwater Studies . George Allen and Unwin Publs . Ltd. London
- Goldman, C.R. ank A.J. Horne (1983) Limnology. Mc Graw-Hill International Book Company. London
- Gotelli, N. J. (1995) A. Primer of Ecology Sinauer Associates, Snderland , MA
- Gotelli, J.J and G.R. Graves (1996) Null Models in Ecology .Smithsonian Institution , Washington, D.C.
- Hanski,I. And M.Gilpin (1997) Metapopulation Biology: Ecology , Genetics and Evolution. Acad Press San Diego
- Harrison, R. M. (1982) Pollution: Causes, Effects and Control . Royal Society of Chemistry . Special Publ. (44) Whistable Litho Ltd UK.
- Huffaker, C. B. and R.L. Rabb (Eds). (1984) Ecological Entomology . John Wiley and Sons New York
- Huston, M.A. (1994) Biological Deversity: The Co-existence of Species on Changing Landscapes. Cambridge Univ. Press, Cambridge

- Hynes , H.B.N. (1960) The Biology of Polluted Waters. Liverpool Univ Litho Ltd UK
- Hynes, H.B.N. (1970) The Ecology of Running Waters.Livrpool Univ. Press Liverpool
- Jones , A.M. (1997) Environmental Biology Routledge. London
- King, T.J. (1980) Ecology Thomas Nelson and Sons Ltd Surrey
- Krbs,C. J. (1994) 4^{th} $_{Ed}$ Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance . Harper Collins, New York
- Kumar,H.D. (1986) Modern Concepts of Ecology. Vani Educational Books New Delhi
- Lang, G. and C. Schluchter (Eds). (1988) Lake, Mire and River Environments during the Last 1500 Years .A.A. Balkema Publs Rotterdam
- Larcher, W. (1980) Physiological Plant Ecology. Springer-Veleg. Berlin
- Lawton , J.H. (1994) What do species do in eco-systems? Oikos 71: 367-374
- Lincoln , R. L. G.A. Boxshall and P.F. Clark(1982) A. Dictionary of Ecology, Evolution and Systematics. Cambridge Univ. Press Cambridge
- Lockwood, J.G. (1974) . World Climatology, An Environmental Approach .Edward Arnold Publs . Ltd. London
- Macan , T.T. (1980) Freshwater Ecology . Longman Group Limited. London

- Maitland ,P.S . and N.C. Morgan (1997) Conservation Management of Freshwater Habitats , Lakes , Rivers and Wetlands,. Champan & Hall. London
- Mc Falls, J.A. Jr (1991) Population: A lively introduction. Pop Bull. 46:1-43
- Mellanby, K. (1980) The Biology of Pollution Studies in Biology in Biology No. 38.The Camelot Press. Ltd . Southampton
- Miller, T. (1975) Living in the Environmental , Concept . Problems and Alternatives . Wadsworth Puble. Comp . Inc.Belmont, California
- Mills, D.H. (1972) An Introduction of Freshwater Ecology. Oliver and Boyd.Edinburg
- Nybakken, J.W. (1982) Marine Biology : An Ecological Approach. Harper and Row Publs. New York.
- Odum, E.P. (1971) 3rd Ed Fundamental of Ecology W.B.Saunders Co. London
- Odum, E.P. (1975) Ecology . Holt, Rineart and Wisnston . New York
- Pianka ,E.R. (1978) Evolutionary Ecology. Harper and Row Publs . New York
- Pringle, L. (1971) Ecology : Science of Survival Macmillan Publ. Co. Inc New York
- Reifsnyder, W.E. and H.W. Lull. (1965)Radiant Energy in Relation to Forests Technical Bulletin No. 1344 U.S. Department of Agriculture, forest Service Washington D.C
- Ricklefs, R. E. and G.L. Miller. 2000 . 4th Ecology W.H. Freeman and Company . New York

- Rosenzweis , M.L. (1995) Spices Diversity in Space and Time.Cambridge Univ. Press Cambridge.
- Rossana , A. T. (1974) Air Polltion Contorl . Guide Book for Management . McGraw- Hill Book comp . New York
- Round, F.E.(1981) The Ecology of Algae Cambridge Univ. Press Cambridge
- Smith, R.L (1974).2nd Ecology and Field Biology Harper and Row Puble. New York
- Southwood , T.R. (1978)Ecological Methods, with Particular Reference to the study of Insect Populations Chapman and Hall Ltd. London
- Strobbe,M.A. (1971) Understanding Unvironmental Pollution. The C.V.Mosby Comp. Saint Louies
- Sutton, S.L.(1983) Tropical Rainforest Ecology and Management Special Publ. Of the British Ecological Society No. 2.
- Tilman , D.1982 Resources Competition and community structure, Princeton Univ. Press Princeton . New Jeresy
- Tai,R.V. (1972) 2nd Elements of Marine Ecology: An Introductory Course. Butter Worths London
- Thurman , H.V. and H. H. Webber (1984) Marine Biology. Bell and Howell Comp. Columbus . Ohio
- UN (1998) World Urbanziation Prospects .The 1996 Revision. UN Publ New York
- UNEP (1991) Environmental effect of ozonedepletion 1991 update. Panel report pursuant to article 6 of the Montreal protocol on substances that deplete to ozone layer. UNEP , Nairobi, Kenya.

- Weisbery , J. and H. Parish (1974) Introductory Oceanogrqaphy . McGraw-Hill Book Comp . New York
- Welcomme, R.L. (1979) Fisheries Ecology of Flood plain Rivers. Longman Group Limited . London
- Wetzel, R.G. (1983) 2nd Limonlogy .CBS College Publ. Philadelphia
- White , W. and F.J. Little (Eds).(1972) Ecology and Polltion. North American Publ.Comp . Philadelphia
- Whittaker, R.H. (1975).Communities and Ecosystems .Mackillan Publ. Co.Inc New York
- Whitton,B. (1979) Rivers Lakes and Marshes Hodder and Stoughton Limited. London
- Whitton,B. (Ed) (1980) Rivers Ecology Blackwell Scienctific Publ. Oxford
- Whitton,B. (Ed) (1984) Ecology of European Rivers Blackwell Scientific Publ. Oxford
- Wilson, R and W.J Jones (1974) Energy, Ecology and the Environment. Acad Press Inc, London
- WHO (1996) Report of the meeting of experts on atmosphere urbon polltion and the role of national meteorological services (NMSs) Geneva, Oct. 7-11,1996 WHO , Global Atmosphere Watch. No 115
- Adey, A.W and K. Loveland 1998. 2nd Dynamic Aquaria , Building Living Ecosystems. Acad Press San Diego
- Agren , G.L. and E. Eosatta 1996 Theoretical Eco-system Ecology .Cambridge Univ. Press New York
- Allen, J.D. 1995 Stream Ecology : Structure and Function of Running Waters . Chapman & Hall. New York

- Anderson . J.M. (1981)Ecology for Environmental Science. Edward Arnolds. London
- Anderwartha, H.G. (1971) Introduction to the Study of Animal Population. The University of Chicago Press Chicago
- Anderwartrha ,H. G. and L.G. Brich (1974) The Distribution and Abundance of Animals .The University of Chicago Press . Chicago
- Anon (1978) Pollution in the Marine Environment UNESCO Paris
- Bannister, P.(1976)Introduction to Physiological Plant Ecology .Blackwell Sci. Publs .Oxford
- Barnes, R.S. and J.Green (1972) The Estuarine Environemt. Applied Sci. Publs.London
- Barrington, E.J.and A.J.Willis (1971) 2nd The Diversity of Green Plants .Arnold Publs .Ltd London
- Bazzaz, F.E.(1979) The Physiological Ecology of Succession. Ann. Rev Ecol .Syst. 10:351-371
- Begon, M. and M. Mortimer (1981) Population Ecology : A Unified Study of Animals and Plants . Blackwell. Oxford
- Begon,M., J.L Harper and C.R. Towsend (1986) Ecology , Individuals , Populations and Communities Blackwell Sci. Publ Oxford
- Billings, W.D. (1970) 2nd Plants Man and Eco-system. Wadsworth Publ. Comp. Inc. Belmonth, California
- Botkin, D.B. and E. A. Keller 2000 .3rd Environmental Science, Earth as a living planet. John Wiley & Sons, Inc New York
- Brown , J.H. (1995) Macroecology. University of Chicago Press. Chicago
- Chameides. W.L. and E.M. Perdue (1997) .Biogeo-chemical Cycle. Oxford Univ. Press . New York

- Clapham , W.B.(1973) Natual Ecosystems Mac-millan Publ. Co Inc New York
- Clark, L.R., P.W.Geier, R.D. Hughes and R.E. Morris (1974). The Ecology of Insect Populations in Theory and Practice. Halsted Press Book. London