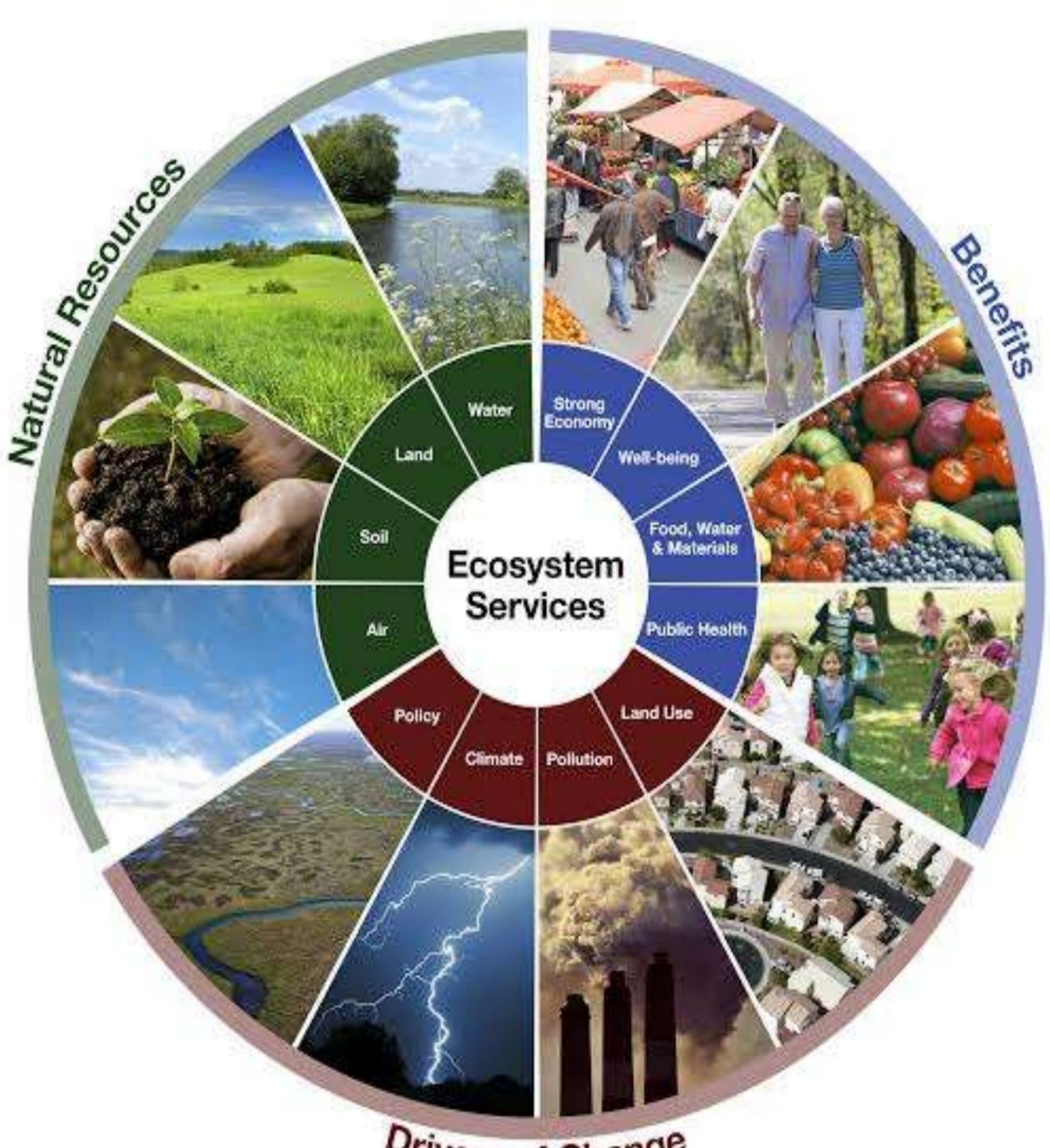
अध्याय-14

पारितंत्र

(ECOSYSTEM)



पारितन्त्र अथवा पारिस्थितिक तन्त्र (Ecosystem)- वातावरण में विभिन्न प्रकार के जीव पाए जाते है| जो वातावरण में रहते हुए विभिन्न क्रियाकलाप करते है और इस प्रकार वातावरण को प्रभावित करते है| वातावरण भी अपना प्रभाव जीवों पर डालता है| इस प्रकार जीवों का वातावरण से अटूट पारस्परिक सम्बन्ध है| समुदाय तथा वातावारण का यह संरचनात्मक तथा क्रियात्मक सम्बन्ध पारितन्त्र या पारिस्थितिक तंत्र कहलाता है|

'Ecosystem' शब्द का सबसे पहले प्रयोग ए०जी० टैन्सले (A.G. Tansley) ने 1935 में किया था| उन्होंने पारितन्त्र की निम्न परिभाषा दी-

''पारितन्त्र वह तंत्र है जो वातावरण के सभी सजीव व निर्जीव घटकों के पारस्परिक सम्बन्धों तथा प्रक्रियाओं व्दारा प्रकट होता है|''

''पारितन्त्र जीवों तथा उनके पर्यावरण की मूल संरचनात्मक तथा क्रियात्मक इकाई है जो दूसरे पारितन्त्रों से तथा अपने घटकों के बीच सतत अन्तःक्रिया करते रहते है| सभी पारितन्त्र पृथ्वी पर सम्मिलित रूप से जीवमण्डल का निर्माण करते है|''

पारितन्त्र के प्रकार- पारितन्त्र सामान्यतः प्राकृतिक होते है, परन्तु मनुष्य के विभिन्न क्रियाकलापों से भी पारितन्त्र बनता है जिसे कृत्रिम पारितन्त्र कहते है| बागीचा, कृषि-भूमि, पार्क, एक्वेरियम (Aquarium) आदि कृत्रिम पारितन्त्र है|

*पारितन्त्र के वर्गीकरण का प्रमुख आधार जलवायु, निवास-स्थान एवं पादप समुदाय होता है| पारितन्त्र दो प्रकार का होता है– 1. जलीय पारितन्त्र- यह दो प्रकार का होता है- (i). स्वच्छ जलीय पारितन्त्र

(ii). समुद्रीय पारितन्त्र

तथा 2. स्थलीय पारितन्त्र- यह भी विभिन्न प्रकार के होते है- (i). वन पारितन्त्र

(ii). घासस्थल पारितन्त्र

(iii). मरुस्थल पारितन्त्र

(iv). कृत्रिम पारितन्त्र

स्वच्छ जलीय तालाब का पारितन्त्र (Freshwater Pond Ecosystem)

तालाब का पारितन्त्र निम्नलिखित दो घटकों से मिलकर बना होता है–

1. जैविक घटक (Biotic components)

2. अजैविक घटक (Abiotic components)

1. जैविक घटक (Biotic components)

इसके अन्तर्गत तालाब में पाए जाने वाले सभी जीवित जीव आते है| पोषी स्तरों के आधार पर इन्हें निम्नलिखित भागों में बांटा गया है–

(i). उत्पादक (Producers)- इसके अन्तर्गत स्वपोषी (Autotrophic) पौधे आते है जो अपना भोजन स्वयं बनाते है| उदाहरण-

***पादप प्लवक (phytoplanktons);** जैसे- डायटम्स (Diatoms), स्पाइरोगाइरा (Spirogyra), यूलोथ्रिक्स (Ulothrix), नील-हरित शैवाल आदि|

***जलनिमग्न पौधे (Submerged plants);** जैसे- हाइड्रिला (Hydrilla), वैलिसनेरिया (Vallisneria) आदि|

***जल के ऊपर तैरने वाले पौधे (Free floating plants);** जैसे- वोल्फिया (Wolffia), लेम्ना (Lemna), पिस्टिया (Pistia), छिछले जल में जड़ युक्त पौधे; जैसे- निम्फिया (Nymphaea) आदि|

***जलस्थलीय पौधे (Amphibious plants);** जैसे- रेननकुलस (Ranunculus), पॉलीगोनम (Polygonum) आदि|

(ii). उपभोक्ता (Consumers)- इसके अन्तर्गत जलीय जन्तु आते है, जो अपने भोजन के लिए उत्पादकों पर निर्भर रहते है| इन्हें निम्नलिखित भागों में बाँटा जा सकता है–

(a). प्राथमिक उपभोक्ता (Primary Consumer)- इसके अन्तर्गत तालाब के जल में उपस्थित शाकाहारी जीव, जैसे- जन्तु प्लवक (Zooplanktons), अमीबा, पैरामीशियम, ऐनेलिड्स, मोलस्कस, कीड़ें मकोड़े आदि आते है|

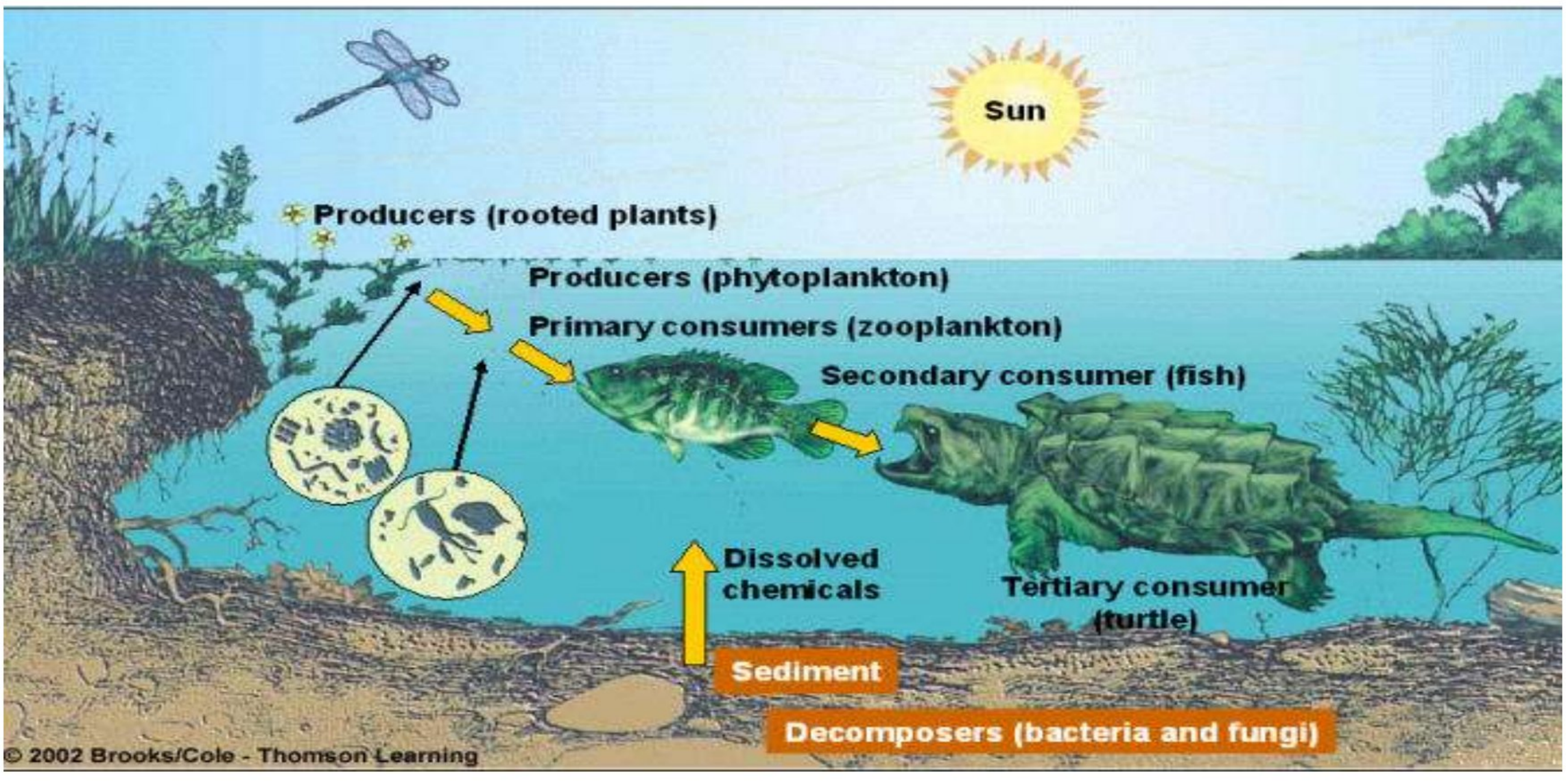
(b). व्दितीयक उपभोक्ता (Secondary consumer)- ये छोटे मांशाहारी जीव होते है जो भोजन के रूप में प्राथमिक उपभोक्ताओं का भक्षण करते है| उदाहरण- छोटी मछलियाँ. कीड़े-मकोड़े, मेंढक, साँप आदि|

(c). तृतीयक उपभोक्ता (Tertiary consumer)- इसके अन्तर्गत प्राथमिक तथा व्दितीयक उपभोक्ताओं का भक्षण करने वाले जीव आते है| उदाहरण- बड़ी मछलियाँ, मछलियों को खाने वाले पक्षी आदि|

(iii). अपघटक (Decomposers)- तालाब के जल में तथा तली पर अनेक प्रकार के सूक्ष्म जीव; जैसे- जीवाणु एवं कवक पाए जाते है, जो अपघटनकर्ता का कार्य करती है| ये तालाब में मरने एवं सड़ने वाले जीवों का अपघटन कर कार्बनिक एवं अकार्बनिक पदार्थों को मुक्त कर देते है|

2. अजैविक घटक (Abiotic components)

इसके अन्तर्गत विभिन्न प्रकार के कार्बनिक एवं अकार्बनिक पदार्थों को सम्मिलित किया जाता है; जैसे- नाइट्रोजन, सल्फर, फॉस्फोरस, पोटैशियम, कैल्शियम, CO_2, जिंक, आयरन आदि| ये पदार्थ जल या मृदा में घुले रहते है| इसके अतिरिक्त ताप, प्रकाश तथा जल के pH को भी अजैविक घटकों में शामिल किया जाता है|



तालाब का पारितंत्र

वन पारितन्त्र (Forest Ecosystem)

वन पारितन्त्र में भी दो घटक जैविक और अजैविक घटक पाए जाते है–

1. जैविक घटक- जैविक घटक के अन्तर्गत उत्पादक, उपभोक्ता एवं अपघटनकर्ता आते है|

(i). उत्पादक (Producer)- वन विभिन्न प्रकार की वनस्पतियों का सघन समूह होता है| यहाँ ऊंचे पेड़ से लेकर शाक (herbs), झाड़ियाँ (shrubs) और लताएँ मिलती है|

(ii). उपभोक्ता (Consumer)- प्रथम श्रेणी उपभोक्ता के रूप में विभिन्न प्रकार के कीट, शाकाहारी जन्तु; जैसे- खरगोश, बन्दर, गिलहरी, लंगूर, हिरन, गाय, चिड़िया आदि पाए जाते है| व्दितीय श्रेणी के उपभोक्ता के रूप में बाज, चील, भेड़िया, लकडबग्घा, तेंदुए, मेंढक, छिपकली जैसे मांसाहारी मिलते है| तृतीय एवं सर्वोच्च श्रेणी के उपभोक्ता के रूप में चीता, शेर एवं अजगर जैसे मांसाहारी जन्तु आते है|

(iii). अपघटनकर्ता (Decomposers)- वनो में सभी प्रकार के जीवों के मरने के बाद उनका अपघटन जीवाणुओं एवं कवकों व्दारा होता है| इन सूक्ष्म जीवों को ही अपघटनकर्ता कहते है|

कृत्रिम पारितन्त्र (Artificial Ecosystem)

मनुष्य व्दारा निर्मित सबसे महत्वपूर्ण पारिस्थितिक तंत्र कृषि-पारिस्थितिक तंत्र है| यह एक अस्थायी तंत्र है जिससे विश्व के प्रमुख प्राकृतिक पारिस्थितिक तंत्रों तथा उनको आकार प्रदान करने वाले घटकों का ज्ञान होता है| इस पारितंत्र में अधिक-से-अधिक उत्पादक प्राप्ति हेतु उर्वरकों, रसायनों, कीटनाशकों आदि का बेतहाशा उपयोग किया जाता है| इस प्रकार अपने स्वार्थ के लिए मानव पर्यावरण में परिवर्तन लाता है| मानव निर्मित स्थलीय पारितंत्र में कृषि भूमि पारितंत्र, वृक्षारोपण, पार्क आदि आते है| इसी प्रकार मानव-निर्मित जल पारितंत्र में जलाशय, जल जीवशाला (aquarium), मत्स्य पालन के लिए बनाए गए तालाब आदि आते है| मानव निर्मित पारितंत्र बहुत सरल एवं कार्यक्षम होते है| प्राकृतिक पारितंत्र की तरह इनमे विविधता नही पायी जाती है| कम विविधता होने के कारण यह तंत्र स्थायी नही होता है, क्योंकि खेतों में यदि एक ही फसल हो तो उसको बाढ़, सूखा, रोग, पीडक आदि से बहुत हानि हो सकती है| जबकि विविधता वाले पारितंत्र में अनेकों समायोजन तथा प्रतिस्थापन संभव है| कृषि पारितंत्र में एक ही प्रकार के पौधे होने के कारण खनिज पदार्थ, जल, प्रकाश इत्यादि एक जैसी आवश्यकता पड़ती है| इसलिए इन पौधों के बीच तीव्र स्पर्धा होती है|

पारिस्थितिक तंत्र और मानव- खाद्य श्रृंखला को ध्यान में रखते हुए मानव का पारितंत्र में स्थान देखा जाए तो ज्ञात होता है कि यह प्रथम एवं व्दितीय श्रेणियों का उपभोक्ता है|

पारितंत्र के घटक (Components of Ecosystem)- एक पारितंत्र में निम्नलिखित दो घटक सामान्य रूप से देखने को मिलते है–

1. अजैविक या निर्जीव घटक (Abiotic components)
2. जैविक या सजीव घटक (Biotic components)

1. अजैविक या निर्जीव घटक

किसी पारितंत्र में पाए जाने वाले निर्जीव पदार्थ उसके अजैविक घटक कहलाते है| इनका विवरण निम्नवत है–

(i). अकार्बनिक पदार्थ- जीवन के लिए सल्फर, कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, फॉस्फोरस आदि आवश्यक तत्व है| इनसे कार्बनिक पदार्थों का संश्लेषण होता है| इन सब पोषक तत्वों का पारितंत्र में चक्रण (Cycling) होता रहता है जिस कारण ये सभी तंत्र में उपलब्ध रहते है| सबसे पहले इसका उपयोग हरे पौधे (उत्पादक घटक) करते है| उत्पादकों से ये जंतुओं (उपभोक्ताओं) में पहुँचते है| यहाँ से मुक्त होकर ये फिर पर्यावरण में आते है| यह चक्र सदा क्रमानुसार चलता रहता है|

(ii). कार्बनिक पदार्थ- जीवों की मृत्यु के बाद कार्बनिक पदार्थ वातावरण को मिलते रहते है| इनका अपघटन होने से अकार्बनिक पदार्थ उपलब्ध होते है| मुख्य कार्बनिक पदार्थ कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, लिपिड आदि है| इनके व्दारा पारितंत्र में जैविक एवं अजैविक घटक एक-दूसरे से जुड़े रहते है|

(iii). जलवायु- यह एक जटिल घटक है जिसमें प्रकाश, जल, वर्षा, आर्द्रता, तापमान आदि कारक आते है| जलवायु पौधों तथा प्राणियों के वितरण को नियंत्रित करती है|

2. जैविक या सजीव घटक

इसके अंतर्गत जीवित जीव आते है| जीवों को इनकी पोषण विधि के आधार पर पहचाना जा सकता है| सभी जैविक घटकों को निम्न वर्गों में विभक्त किया गया है–

(i). स्वपोषी घटक- इनको उत्पादक भी कहते है| इसके अंतर्गत हरे पौधे तथा प्रकाश-संश्लेषी जीवाणु आते है| हरे पौधे सूर्य के प्रकाश तथा अकार्बनिक पदार्थों का उपयोग करके कार्बनिक पदार्थ बनाते है| इनसे बनाए गए भोजन का उपयोग परपोषी करते है| प्रकाश-संश्लेषण में सक्षम हरे पेड़- पौधे, नील-हरे शैवाल, प्रकाश संश्लेषी जीवाणु, रसायन संश्लेषी जीवाणु आदि सभी पारितंत्र के स्वपोषी घटक है|

(ii). परपोषी घटक- ये अपना भोजन स्वयं नही बना पाते है तथा दूसरे पर भोजन के लिए आश्रित रहते है| अतः इनको उपभोक्ता कहते है| इनके निम्नलिखित वर्ग होते है–

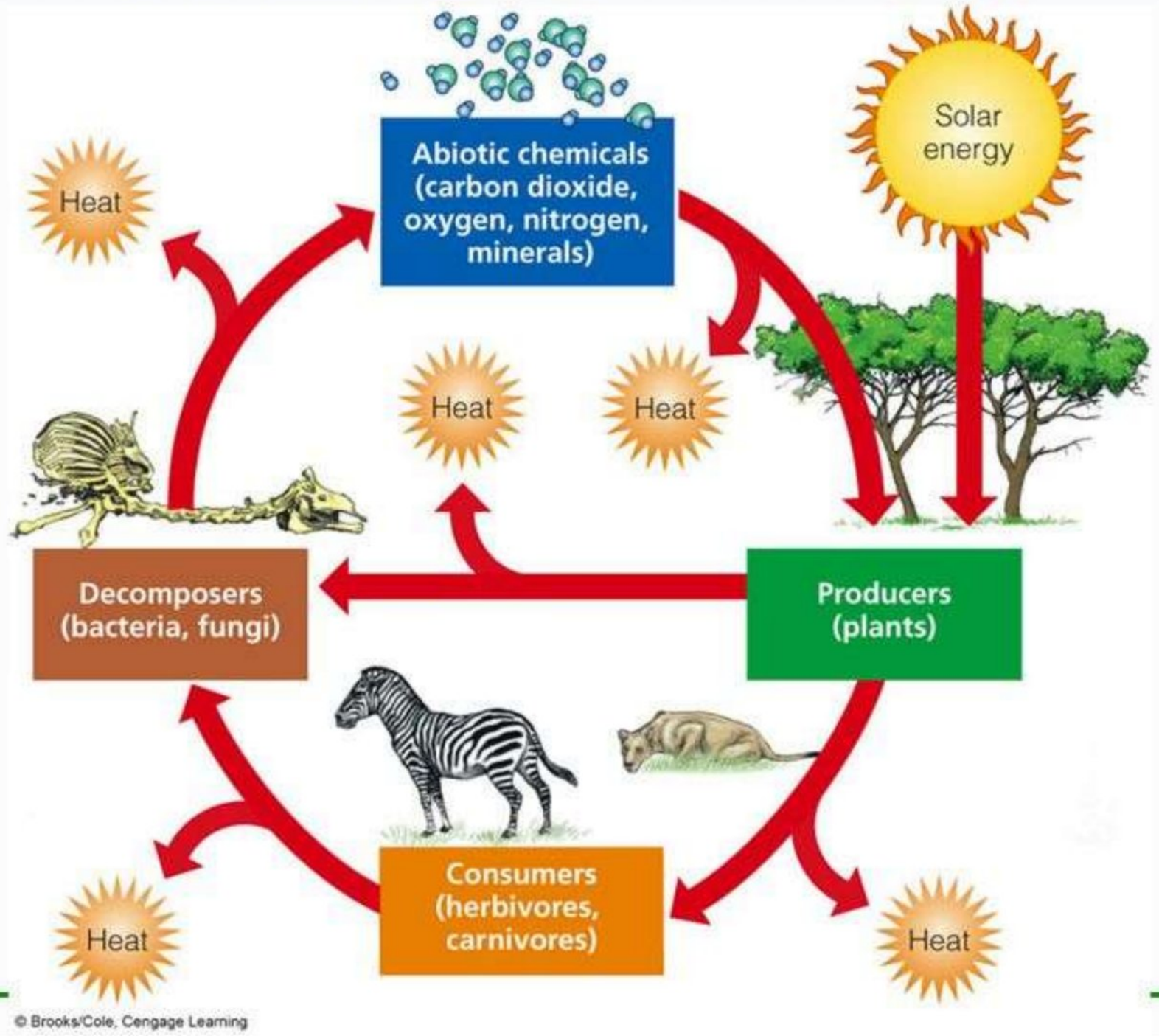
(a). शाकाहारी या प्राथमिक उपभोक्ता (herbivores)- ये जन्तु भोजन के लिए हरे पौधों का उपयोग करते है| इनको प्राथमिक उपभोक्ता भी कहते है, जैसे- कीट-पतंगे, मोलस्क, बकरी, गाय, खरगोश आदि|

(b). सर्वभक्षी या व्दितीयक उपभोक्ता (Omnivores)- ये अपने भोजन के लिए हरे पौधे, शाकाहारियों, मांसाहारियों आदि का उपयोग करते है; जैसे- पक्षी, मछलियां, कुत्ते, बिल्ली, गिध्द आदि| ये व्दितीयक उपभोक्ता है|

(c). मांसाहारी या तृतीयक उपभोक्ता (Carnivores)- ये अपना भोजन शाकाहारियों तथा अन्य मांसाहारियों के मांस को खाकर प्राप्त करते है; जैसे- शेर, चीता, मेंढक आदि| ये तृतीयक उपभोक्ता है|

(d). अपघटक (Decomposers)- ये मुख्य रूप से वे जीव है जो मृत अथवा सजीव के शरीर में मिलने वाले जटिल यौगिकों का अपघटन करते है तथा अकार्बनिक तत्वों को स्वपोषण के उपयोग हेतु मुक्त करते है| इसमें मुख्य रूप से जीवाणु, कवक आते है|

The Main Structural Components of an Ecosystem



पारितन्त्र में ऊर्जा प्रवाह- गहरे समुद्र के जलीय पारितंत्र को छोड़कर पृथ्वी पर सभी पारितन्त्रों के लिए एक मात्र ऊर्जा का स्रोत सूर्य है| आपतित सौर विकिरण का 50 प्रतिशत से कम भाग प्रकाश संश्लेषणात्मक सक्रिय विकिरण (Photosyntheticaly Active Radiation=PAR) होता है| पादप केवल 2-10 प्रतिशत प्रकाश संश्लेषणात्मक सक्रिय विकिरण का प्रयोग करते है और यही आंशिक मात्रा की ऊर्जा सम्पूर्ण विश्व का सम्पोषण करती है|

पृथ्वी के सभी जीव आहार के लिए प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से उत्पादकों पर निर्भर रहते है| अतः सूर्य से उत्पादकों की ओर और फिर उपभोक्ता की ओर ऊर्जा का प्रवाह **एकदिशीय (unidirectional)** होता है|

खाद्य ऊर्जा का स्थानान्तरण जीव के पोषी स्तर से अन्य स्तर में अपह्रासन एवं भोजन की ऊर्जा के प्रमुख अंश की ऊष्मा के रूप में नष्ट हो जाती है| लिन्डेमान के अनुसार केवल **10%** भाग ही भोजन की ऊर्जा को प्रत्येक पोषक स्तर पर संरक्षित किया जाता है| इसे **लिन्डेमान का 10 प्रतिशत नियम** कहते है| शाकाहारी जन्तु उत्पादक की शुध्द प्राथमिक उत्पादकता (Net Primary Productivity= NPP) का 10% भाग अपने अन्दर संचित या स्थिर करता है| इसी प्रकार मांसाहारी जन्तु शाकाहारी जन्तु को खाकर शाकाहारी का केवल 10% ऊर्जा संचित करता है| पारितन्त्र में कुछ ऊर्जा उत्पादक एवं उपभोक्ता के जैव भार के रूप में संचित रहती है तथा इनके शरीर में होने वाली अपचय क्रियाओं से कुछ ऊर्जा ऊष्मा ऊर्जा के रूप में बाहर निकलती है|

पारिस्थितिक तंत्र की उत्पादकता (productivity of ecosystem)- पारिस्थितिक तन्त्र किसी भी पोषी स्तर व्दारा इकाई क्षेत्रफल एवं प्रति इकाई समय में कार्बनिक पदार्थों के संश्लेषण की दर को उस पोषी स्तर की उत्पादकता कहते है| उत्पादकता निम्न तीन प्रकार की होती है–

1. प्राथमिक उत्पादकता (Primary productivity)- इनमे हरे पौधे, पादप प्लवक (Phytoplanktons), प्रकाश-संश्लेषी जीवाणु एवं कुछ सीमा तक रसायन-संश्लेषी जीवाणु आते है| इनके व्दारा प्रकाश संश्लेषण एवं रसायन संश्लेषण क्रिया से सौर ऊर्जा को कार्बनिक यौगिक में परिवर्तित करने की दर को प्राथमिक उत्पादकता कहते है| प्राथमिक उत्पादकता दो प्रकार की होती है–

(a). सकल प्राथमिक उत्पादकता (Gross Primary Productivity=GPP)- प्राथमिक उत्पादकों व्दारा निश्चित इकाई क्षेत्रफल व इकाई समय में प्रकाश-संश्लेषण व्दारा बनाए गए कार्बनिक पदार्थों की कुल मात्रा को सकल प्राथमिक उत्पादकता कहते है|

(b). शुध्द प्राथमिक उत्पादकता (Net Primary Productivity=NPP)- उत्पादकों व्दारा प्रकाश संश्लेषण में बने कार्बनिक पदार्थों की कुछ मात्रा का श्वसन क्रिया में उपयोग कर लिया जाता है| इसके पश्चात बचे शेष कार्बनिक पदार्थों को विभिन्न रूपों; जैसे- कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, वसा आदि में संचित कर लिया जाता है| इस प्रकार प्राथमिक उत्पादकों व्दारा संचित कार्बनिक पदार्थों की मात्रा को शुध्द प्राथमिक उत्पादकता कहते है|

NPP= GPP-Respiration

2. व्दितीयक उत्पादकता (Secondary Productivity)- जब ऊर्जा संचय की दर को उपभोक्ता स्तर पर मापा जाता है तो इसे व्दितीयक उत्पादकता कहते है| प्राथमिक स्तर पर संश्लेषित कार्बनिक पदार्थों का उपयोग उपभोक्ता करते है और इसे अपने शरीर के अनुकूल पदार्थों के रूप में सम्मिलित कर लेते है| जब किसी समुदाय में संचित पदार्थों की मात्रा उपयोग में लाये गए पदार्थों से अधिक होती है तो इससे सम्पूर्ण समुदाय के जीव भार में वृध्दि होती है| उपभोक्ताओं व्दारा (उपयोग के पश्चात् बचे) अधिक मात्रा में संचित पदार्थों के कारण पूरे समुदाय के जीवभार में हुई वृध्दि को व्दितीयक उत्पादकता कहते है|

3. शुध्द उत्पादकता (Net Productivity)- उपभोक्ताओं व्दारा उपयोग कर लिए जाने के पश्चात् जो कुछ भी कार्बनिक पदार्थ प्राथमिक उत्पादकों में शेष बचा रह जाता है उससे प्राथमिक उत्पादकों के जीवभार में वृध्दि होती है इकाई समय में जीव भार में हुई इसी वृध्दि दर को शुध्द उत्पादकता कहते है|

खाद्य श्रृंखला (Food Chain)- पारितन्त्र में पादपों और जन्तुओं में होकर ऊर्जा और खाद्य पदार्थों का परिभ्रमण होता रहता है क्योंकि वे परस्पर एक-दूसरे के भक्षक व भोज्य के रूप में सम्बन्धित हुए एक प्रकार की खाद्य कड़ी बनाते है जिसे खाद्य श्रृंखला कहते है अर्थात- खाद्य श्रृंखला ऐसे विभिन्न प्रकार के जीवों की कड़ी है जिनमे जीवों का सम्बन्ध भक्षक तथा भोज्य के रूप में होता है तथा जिसमे से होकर खाद्य तथा ऊर्जा का प्रवाह एक ही दिशा में होता है| खाद्य श्रृंखला तीन प्रकार की होती है–

1. परभक्षक खाद्य श्रृंखला (Predator food chain)- यह श्रृंखला उत्पादक से प्रारम्भ होकर प्राथमिक उपभोक्ता, फिर व्दितीयक तथा तृतीयक उपभोक्ता तक जाती है|

2. परजीवी खाद्य श्रृंखला (Parasitic food chain)- इस प्रकार की खाद्य श्रृंखला बड़े जन्तुओं तथा पौधों से छोटे जीवों की ओर जाती है|

3. मृतोपजीवी खाद्य श्रृंखला (Saprophytic food chain)- यह खाद्य श्रृंखला मृत अवशेषों से प्रारंभ होकर सूक्ष्मजीवों तक जाती है|

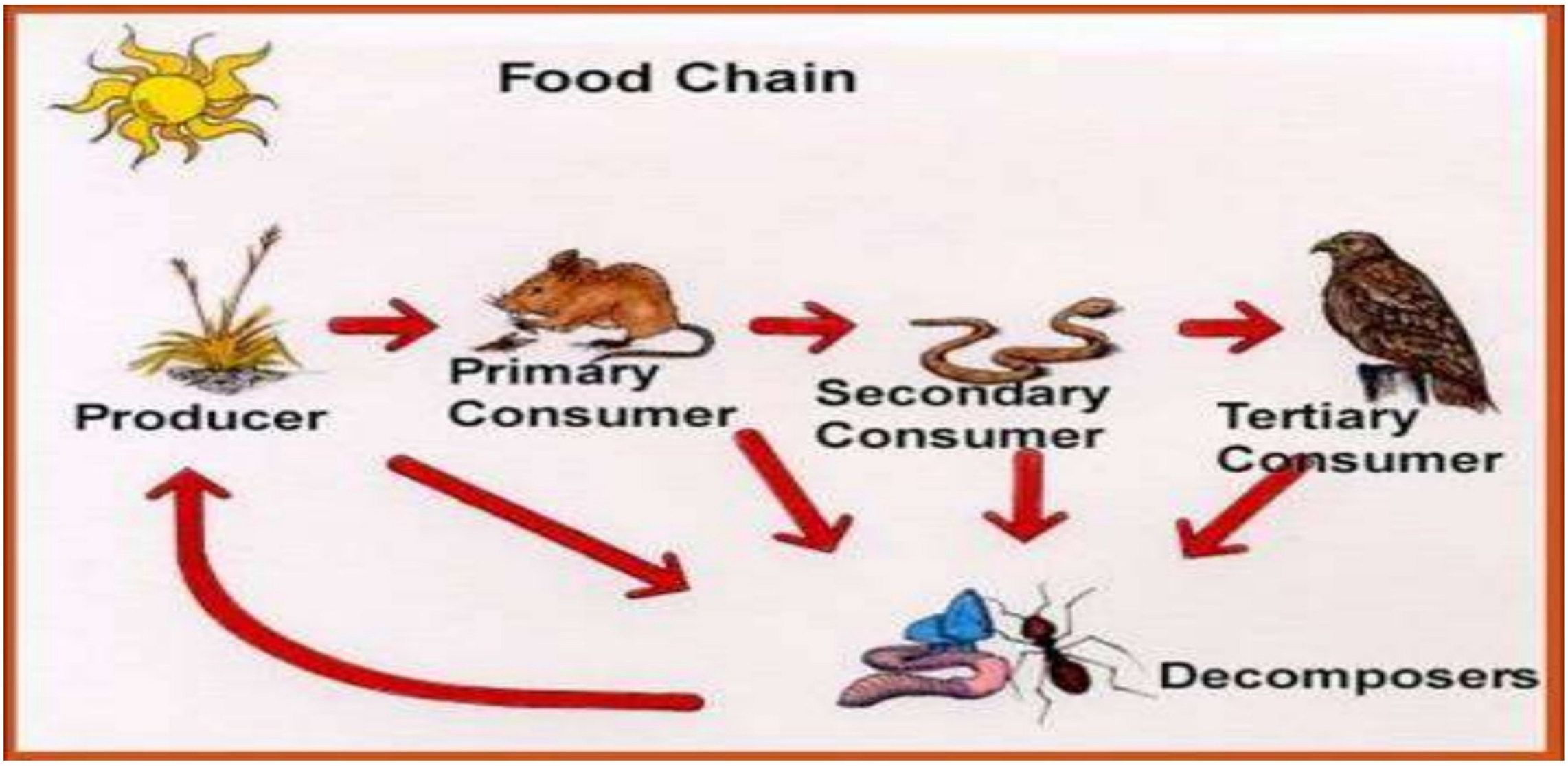
घास पारितन्त्र में निम्नलिखित खाद्य श्रृंखला पायी जाती है–

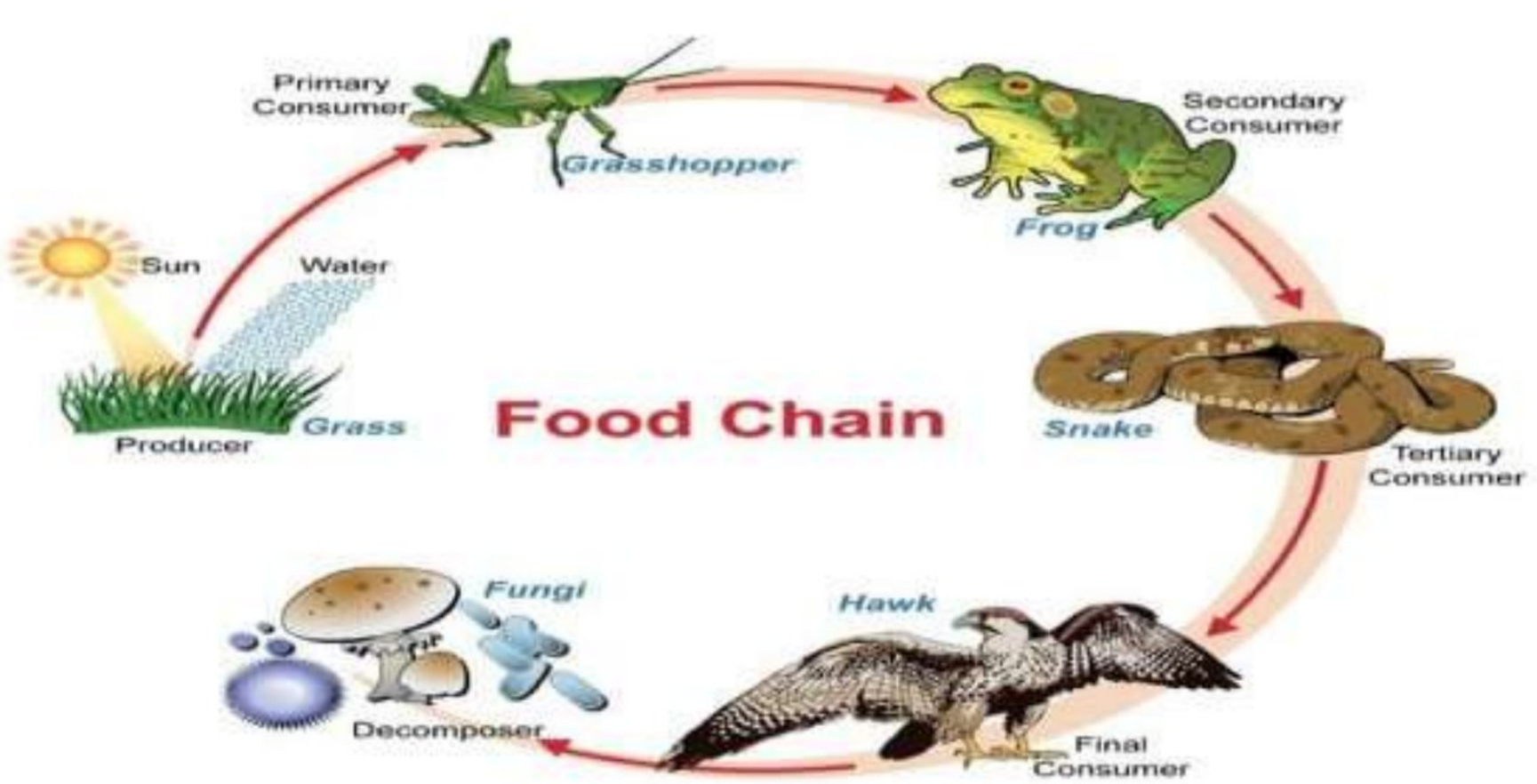
(A) घास → बकरी → मानव

(B) घास → खरगोश → लोमड़ी → भेड़िया → चीता

(C) घास → कीट → मेंढक → साँप → बाज

किसी भी खाद्य श्रृंखला का प्रारम्भ सदैव उत्पादक से होता है| इसके बाद श्रृंखला में क्रमशः प्राथमिक, व्दितीयक और फिर तृतीयक उपभोक्ता रहते है|

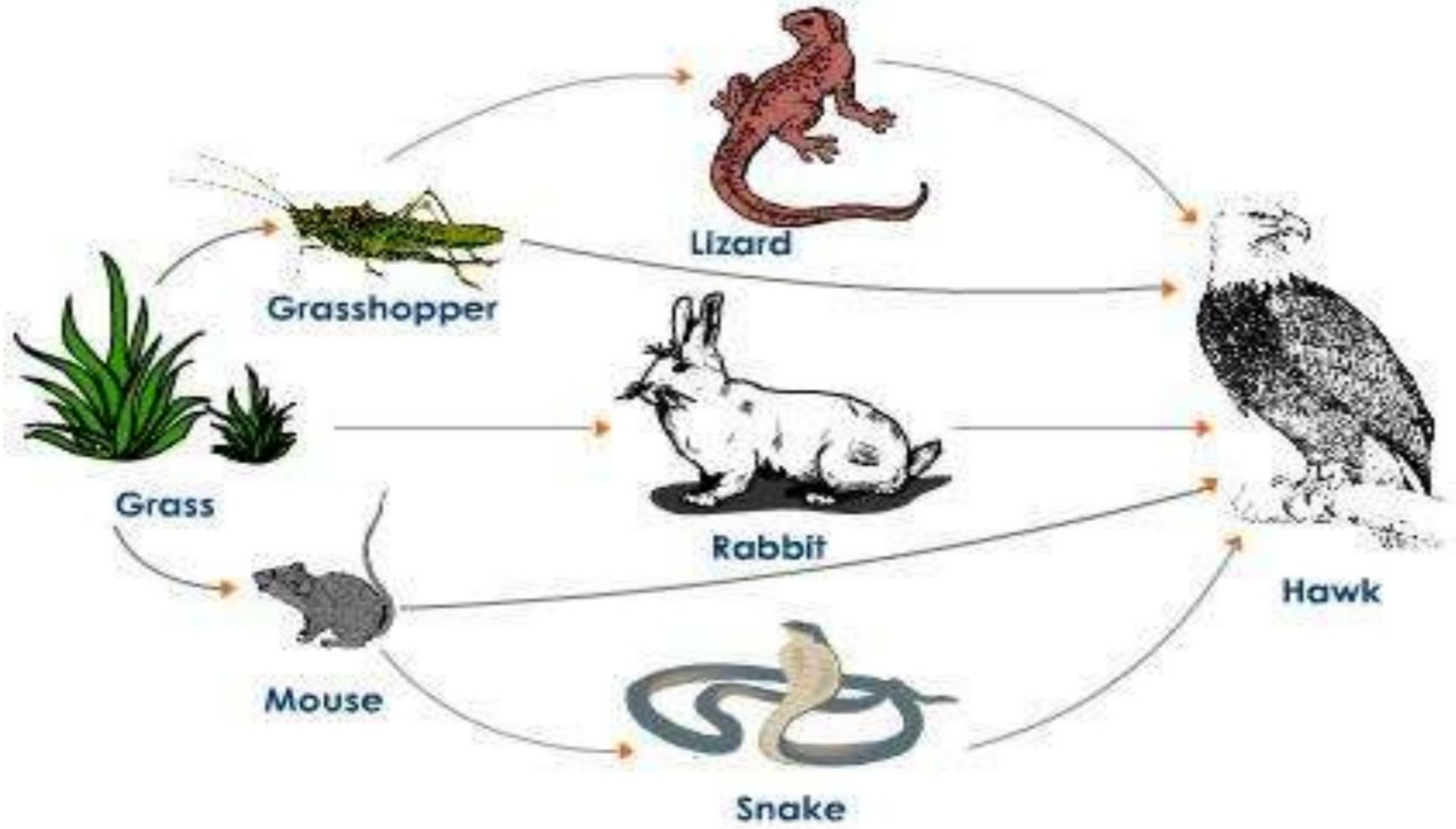




खाद्य जाल (Food web)- विभिन्न खाद्य श्रृंखलाएं मिलकर खाद्य जाल बनाती है| ऐसा इसलिए होता है क्योंकि पारितंत्र का एक उपभोक्ता एक से अधिक भोजन स्रोत का उपयोग करता है| जैसे घास के पारितंत्र में बाज पक्षी कीट को भी खाता है, मेंढक को भी खा सकता है तथा गिरगिट को भी खा सकता है| किसी एक ही पारितंत्र में एक से अधिक खाद्य श्रृंखलाए पायी जाती है| खाद्य जाल में, खाद्य ऊर्जा के स्थानान्तरण का मार्ग **बहुदिशीय (Multidirectional)** होता है|

एक घास पारितन्त्र का खाद्य जाल निम्नवत प्रदर्शित है–

सभी जीव अपने पोषण या आहार के स्रोत के आधार पर आहार श्रृंखला में एक विशेष स्थान ग्रहण करते है, जिसे पोषण स्तर के नाम से जाना जाता है| उत्पादक प्रथम पोषण स्तर में आते है, शाकाहारी (प्राथमिक उपभोक्ता) दूसरी एवं मांसाहारी (व्दितीयक उपभोक्ता) तीसरे पोषण स्तर से सम्बध्द होते है|



A Food Web in a Grassland Ecosystem With Five Possible Food Chains

पोषण चक्रण (Nutrient cycle)- पारितन्त्र से पोषक कभी समाप्त नही होते है| ये बार-बार पुनः चक्रित होते है एवं अनन्त काल तक चलते रहते है| एक पारितन्त्र के विभिन्न घटकों के माध्यम से पोषक तत्वों की गतिशीलता को पोषक चक्र कहा जाता है| पोषक चक्र का एक अन्य नाम जैव भू-रसायन चक्र (biogeochemical cycle) भी है| पोषक चक्र दो प्रकार के होते है– (a) गैसीय चक्र (gaseous cycle) और (b) अवसादी या तलछटी चक्र (sedentary cycle)| गैसीय प्रकार के पोषक चक्र (जैसे- नाइट्रोजन, कार्बन चक्र आदि) के भण्डार वायुमंडल में विद्यमान होते है तथा अवसादी चक्र (जैसे- सल्फर एवं फॉस्फोरस चक्र) के भण्डार धरती के पटल में स्थित होते है|

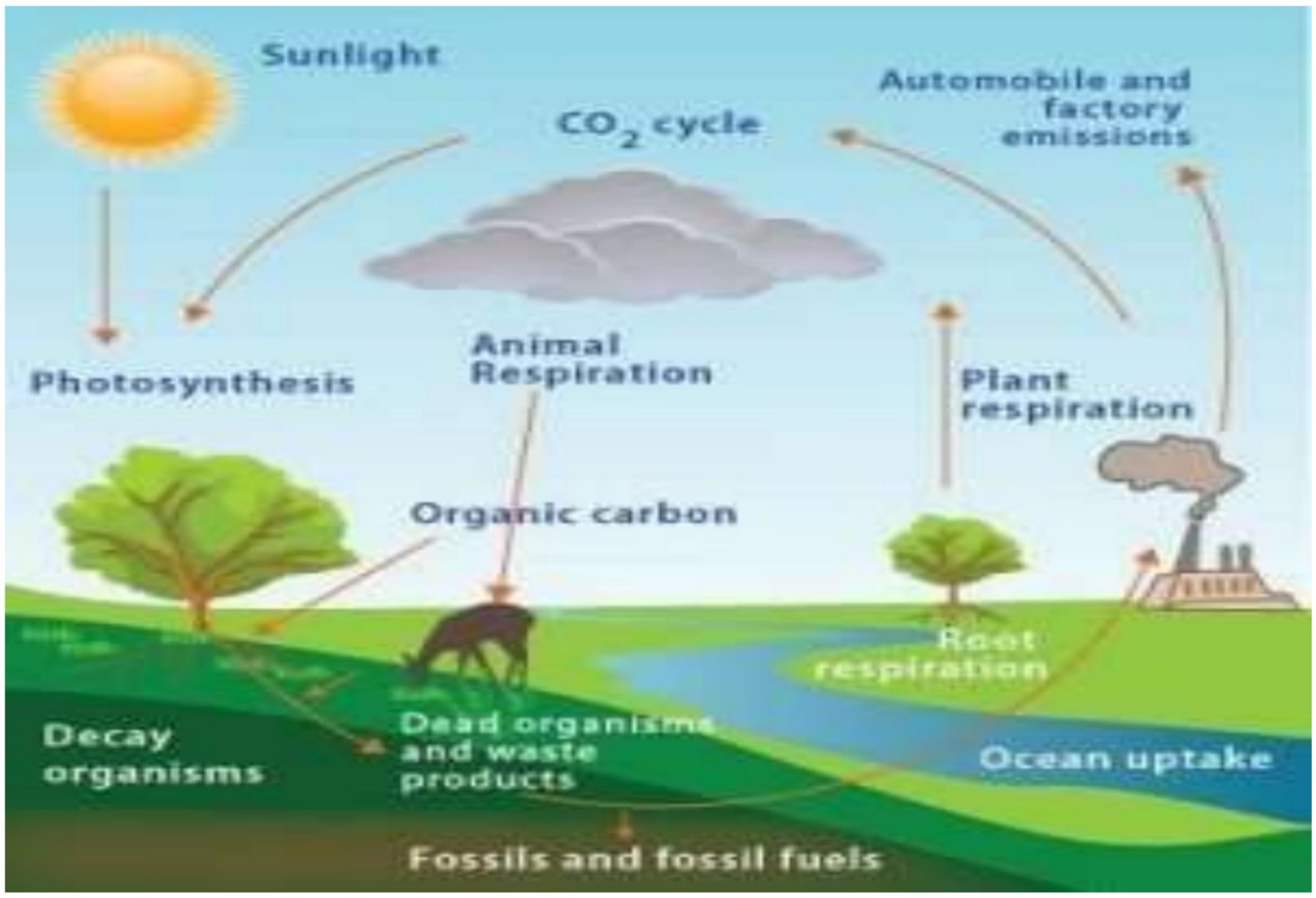
कार्बन चक्र (Carbon cycle)

कार्बन को जीवों का आधार माना जाता है| सजीव शरीर के शुष्क भार का 49 प्रतिशत भाग कार्बन से बना होता है और जल के पश्चात् यही आता है| समुद्र में **71** प्रतिशत कार्बन विलेय के रूप में विद्यमान है| यह सागरीय कार्बन भण्डार वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा को नियमित करता है| वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड सम्पूर्ण आयतन का लगभग 0.03% होता है|

जीवाश्मी ईधन भी कार्बन के एक भण्डार का प्रतिनिधित्व करता है| कार्बन चक्र वायुमंडल, सागर तथा जीवित एवं मृत जीवों व्दारा सम्पन्न होता है| एक अनुमान के अनुसार जैवमंडल में प्रकाश-संश्लेषण के व्दारा प्रतिवर्ष 4 $\times 10^{13}$ किग्रा कार्बन का स्थिरीकरण होता है| कार्बन की कुछ मात्रा CO_2 के रूप में उत्पादकों एवं उपभोक्ताओं की श्वसन क्रिया के माध्यम से वायुमंडल में वापस आती है| इसके साथ ही भूमि एवं सागरों की कचरा सामग्री एवं मृत जीवों के कार्बनिक पदार्थों के अपघटन प्रक्रियाओं के व्दारा भी कार्बन डाइऑक्साइड की काफी मात्रा अपघटकों व्दारा छोड़ी जाती है| लकड़ी के जलाने, जंगली आग एवं जीवाश्मी ईधन के जलने के कारण, कार्बोनेटी चट्टानों तथा ज्वालामुखी क्रियाओं आदि अतिरिक्त स्रोतों व्दारा वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड को मुक्त किया जाता है|

यदि सड़ने-गलने की प्रकिया धीमी हो जाये तो कार्बन यौगिक की बहुत अधिक मात्रा का भण्डारण हो जाता है| जब ये पृथ्वी में दब जाते है तो इनका अपघटन नही हो पाता| धीरे-धीरे ये तेल एवं कोयला में परिवर्तित हो जाते है| तेल और कोयले को जब जलाया जाता है तो कार्बन पुनः वायुमंडल में आ जाता है|

*प्रकाश-संश्लेषण क्रिया व्दारा वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा संतुलित होती है|



कार्बन चक्र

फॉस्फोरस चक्र (Phosphorus cycle)

फॉस्फोरस जैविक झिल्लियों, न्यूक्लिक अम्ल (DNA एवं RNA) तथा कोशिकीय ऊर्जा स्थानान्तरण प्रणाली का एक प्रमुख घटक है| अनेक प्राणियों को अपना कवच, अस्थियों एवं दांत आदि बनाने के लिए इसकी आवश्यकता होती है| फॉस्फोरस का प्राकृतिक भण्डारण चट्टानों में है जो कि फॉस्फेट के रूप में फॉस्फोरस को संचित किये हुए है| जब चट्टानों का अपक्षय होता है तो थोड़ी मात्रा में ये फॉस्फेट भूमि के विलयन में घुल जाते है| पौधे अपनी जड़ों व्दारा मृदा से फॉस्फोरस को फॉस्फेट आयन के रूप में अवशोषित करते है| शाकाहारी और अन्य जानवर इन तत्वों को पादपों से ग्रहण करते है| कचरा उत्पादों एवं मृत जीवों को फॉस्फोरस विलेयक जीवाणुओं व्दारा अपघटित करने पर फॉस्फोरस मुक्त किया जाता है|

उत्पादकता (Productivity)- प्राथमिक उत्पादन प्रकाश-संश्लेषण के दौरान पादपों व्दारा एक निश्चित समयावधि में प्रति इकाई क्षेत्र व्दारा उत्पन्न की गई जैव मात्रा या कार्बनिक सामग्री की मात्रा है| इसे भार (g^{-2}) या ऊर्जा (Kcal m^{-2}) के रूप में व्यक्त किया जा सकता है| जैव मात्रा के उत्पादन की दर को उत्पादकता कहते है| इसे $g^{-2}yr^{-1}$ (भार) या (Kcal m^{-2}) yr^{-1} (ऊर्जा) के रूप में व्यक्त किया जा सकता है|

अपघटन (Decomposition)- केंचुओं को किसान के मित्र के रूप में जाना जाता है| ऐसा इसलिए है क्योंकि ये जटिल कार्बनिक पदार्थों का खंडन करने के साथ-साथ भूमि को भुरभुरा बनाने में भी मदद करते है| उसी प्रकार अपघटक जटिल कार्बनिक सामग्री को अकार्बनिक तत्वों जैसे- कार्बन डाइऑक्साइड, जल एवं पोषकों में खंडित करने में सहायता करते है और इस प्रक्रिया को अपघटन कहते है| पादपों के मृत अवशेष जैसे- पत्तियाँ, छाल, फूल तथा प्राणियों के मृत अवशेष, मलादि सहित अपरद बनाते है, जोकि अपघटन के लिए कच्चे पदार्थों का काम करते है| अपघटन की प्रकिया के महत्वपूर्ण चरण खंडन, निक्षालन, अपचयन, ह्यूमस भवन, खनिजी भवन है|

अपरदहारी (जैसे कि केंचुए) अपरद को छोटे-छोटे कणों में खण्डित कर देते है| इस प्रक्रिया को खण्डन (fragmentation) कहते है| निक्षालन (leaching) प्रक्रिया के अंतर्गत जल-विलेय अकार्बनिक पोषक भूमि मृदासंतर में प्रविष्ट कर जाते है और अनुपलब्ध लवण के रूप में अवक्षेपित हो जाते है| जीवाणुवीय एवं कवकीय एंजाइम्स अपरदों को सरल अकार्बनिक तत्वों में तोड़ देते है| इस प्रक्रिया को अपचयन कहते है|

उपर्युक्त अपघटन की समस्त प्रक्रियाएं अपरद (detritus) पर समानान्तर रूप से लगातार चलती रहती है| ह्यूमीफिकेशन (humification) और मिनरेलाइजेशन (mineralization) की प्रक्रिया अपघटन के दौरान मृदा में सम्पन्न होती है| ह्यूमीफिकेसन के व्दारा ह्यूमस का निर्माण होता है, जोकि सुक्ष्मजैविक क्रिया के लिए उच्च प्रतिरोधी होता है और इसका अपघटन बहुत ही धीमी गति से चलता है| ह्यूमस पुनः कुछ सूक्ष्मजीवों व्दारा खण्डित होकर अकार्बनिक पोषक तत्व बनाता है| इस प्रक्रिया को खनिजीकरण कहते है| अपघटन एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है|

पारिस्थितिक पिरामिड्स (Ecological Pyramids)- एक पारितन्त्र में विभिन्न प्रकार के जीव; जैसे- उत्पादक, प्राथमिक उपभोक्ता, व्दितीयक उपभोक्ता, तृतीयक या उच्च श्रेणी के उपभोक्ता पाए जाते है| इन जीवों में एक पारस्परिक सम्बन्ध होता है| यह सम्बन्ध जीवों की संख्या, जीवभार तथा संचित ऊर्जा के आधार पर प्रदर्शित किया जा सकता है|

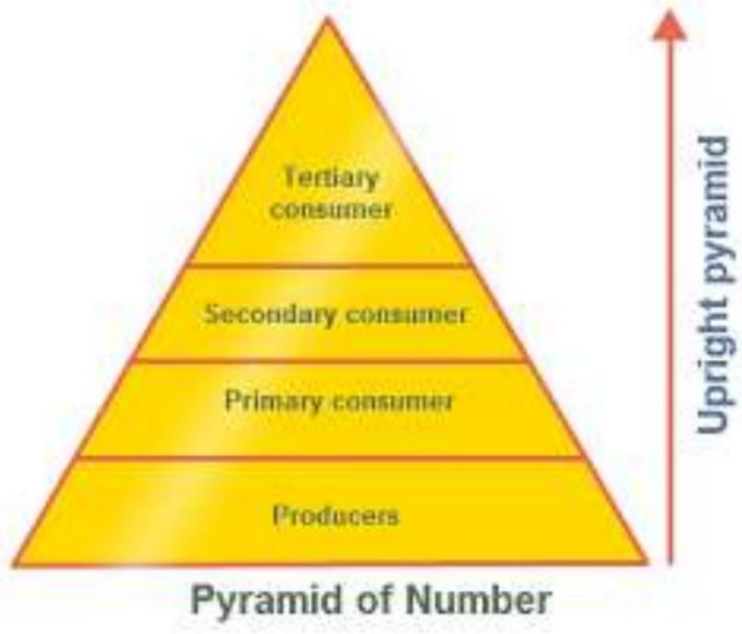
अतः एक पारितन्त्र के विभिन्न जीवों के उनकी संख्या, जीवभार तथा संचित ऊर्जा के आधार पर आलेखी रूप में प्रदर्शित चित्रों को ही पारिस्थितिक पिरामिड्स कहते है| जीवों की संख्या, जैवभार तथा संचित ऊर्जा के आधार पर पारिस्थितिक पिरामिड्स निम्नलिखित तीन प्रकार के होते है–

1. जीव संख्या का पिरामिड्स (Pyramids of numbers)
2. जीवभार का पिरामिड्स (Pyramids of biomass) तथा
3. ऊर्जा का पिरामिड्स (Pyramids of energy)

1. जीव संख्या का पिरामिड्स

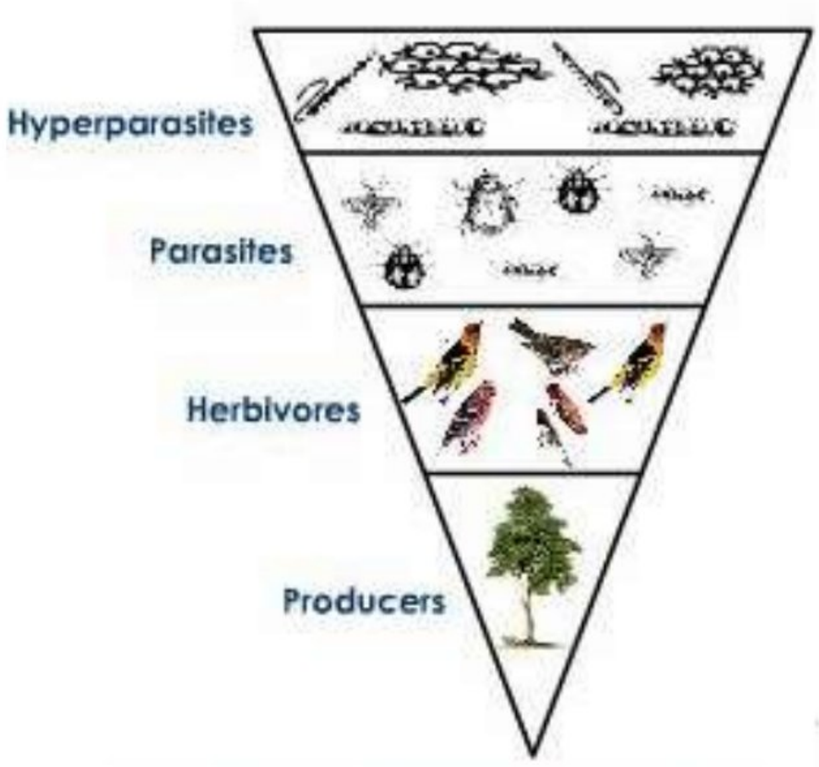
उत्पादक और प्रथम, व्दितीय व तृतीय श्रेणी के उपभोक्ताओं की संख्या का सम्बन्ध दिखलाने वाला आलेख जीव संख्या का पिरामिड्स कहलाता है| सामान्यतः पारितन्त्र में उत्पादकों की संख्या सबसे अधिक होती है| प्रथम श्रेणी के उपभोक्ताओं की संख्या, उत्पादकों की संख्या से कम होती है और इसी प्रकार व्दितीय व तृतीय श्रेणी के उपभोक्ताओं की संख्या क्रमशः कम होती जाती है| यदि संख्या एक आलेख व्दारा दिखलायी जाए तब एक सीधा पिरामिड बन जाता है|

पिरामिड में आधार पर उत्पादकों की संख्या दिखलायी जाती है और शिखर पर क्रमशः प्रथम, व्दितीय व तृतीय श्रेणी के उपभोक्ताओं की संख्या दिखलाते है| घास के एक मैदान, वन पारितन्त्र और फसल के पारितन्त्र में संख्या का पिरामिड्स सदैव सीधा होता है|



Pyramid of Number

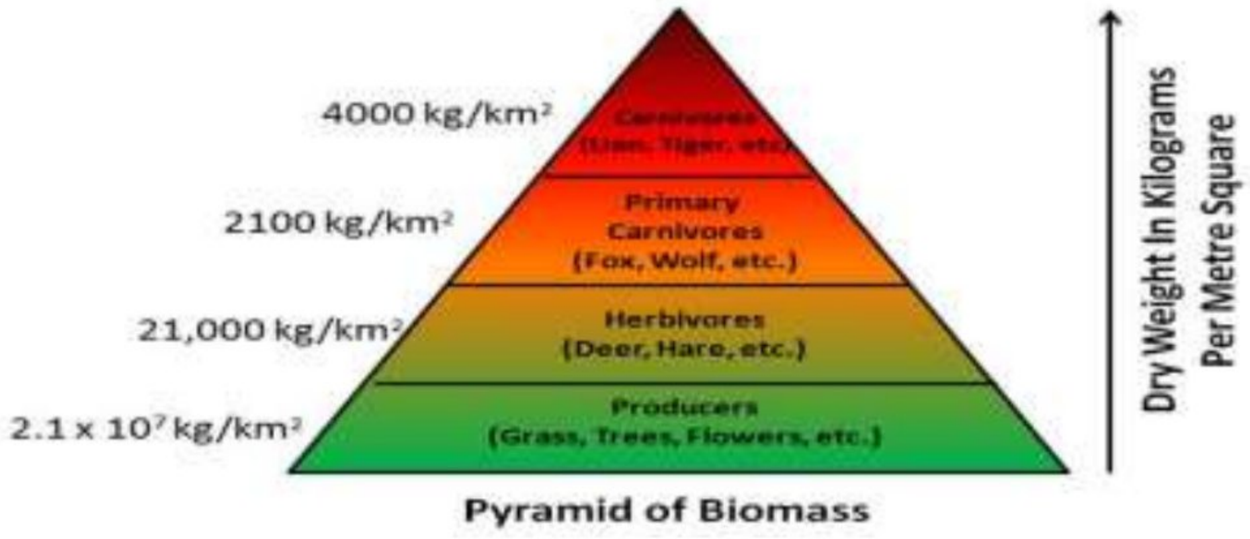
*एक अकेले वृक्ष (उत्पादक) के ऊपर फल खाने वाले बहुत से पक्षी (प्रथम श्रेणी के उपभोक्ता) रहते है जिनके शरीर में बहुत से दूसरे छोटे कीटाणु (व्दितीय श्रेणी के उपभोक्ता) रहते है| अतः किसी वृक्ष के पारितंत्र का पिरामिड उल्टा (inverted) होगा क्योंकि उत्पादक से उपभोक्ता तक संख्या बढ़ती जाती है|



Inverted pyramid of number

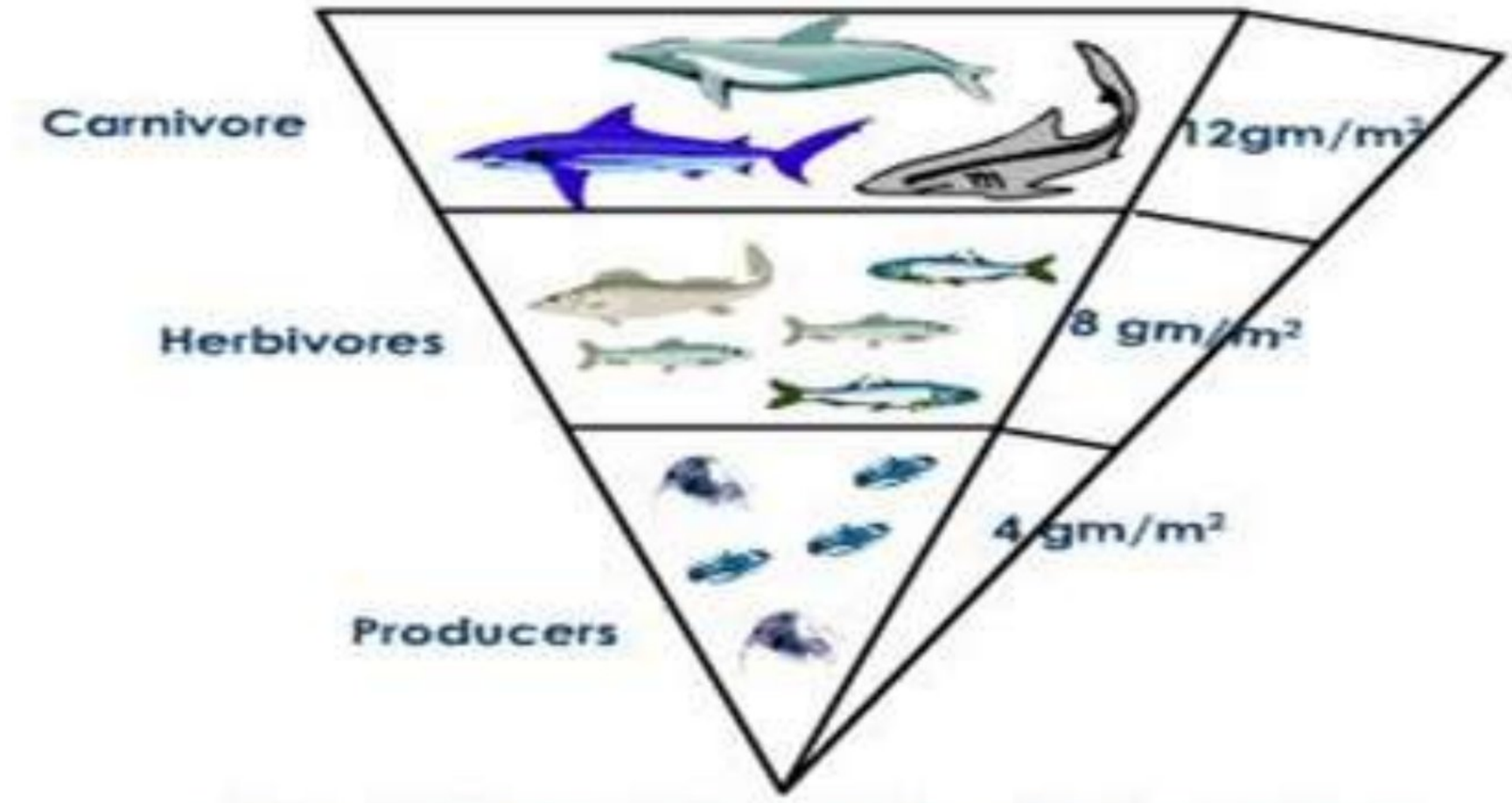
2. जीवभार का पिरामिड

एक पारितंत्र में जीवित प्राणियों का प्रति इकाई क्षेत्र में सम्पूर्ण शुष्क भार अथवा ताजा पदार्थ की मात्रा, उसका जीवभार (biomass) कहलाता है| इसके आधार भाग पर उत्पादक तथा शीर्ष पे शीर्ष उपभोक्ता होते है| स्थलीय पारितंत्र जैसे घास का मैदान एवं वन पारितन्त्र में उत्पादकों का जीवभार खाद्य श्रृंखला के प्रत्येक स्तर के उपभोक्ता से अधिक होता है| वन एवं घास के मैदान में किसी समय भी उत्पादकों का जीवभार, उस पर आश्रित प्रथम श्रेणी के उपभोक्ता से अधिक होता है और इसी प्रकार व्दितीय व तृतीय श्रेणी के उपभोक्ताओं का जीवभार सबसे कम होता है| अतः इस क्रम से सीधा पिरामिड बनता है|



Pyramid of Biomass

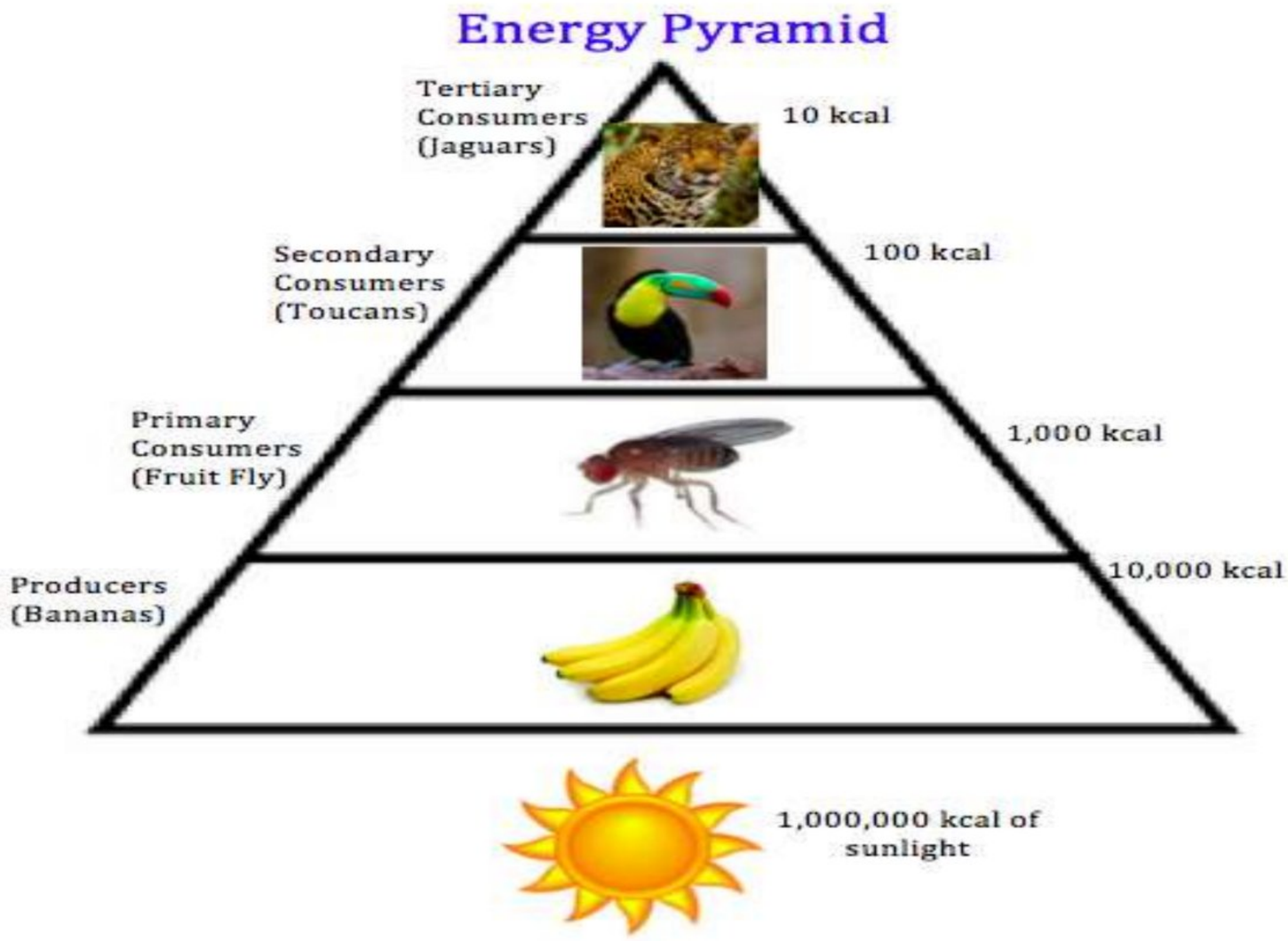
*इसके विपरीत जलीय पारितन्त्र में उत्पादक पादप प्लवक (Phytoplanktons) और डायटम्स (diatoms) में काष्ठीय भाग कम होने या ना होने के कारण इनका जीवभार शाकाहारी मछलियों (प्रथम श्रेणी के उपभोक्ता) से कम होता है| बड़ी मांसाहारी मछलियों (व्दितीय श्रेणी के उपभोक्ता), जो शाकाहारी मछलियों को खा जाती है, का जीवभार सबसे अधिक होता है| अतः तालाब के पारितन्त्र में जीवभार का पिरामिड उल्टा होता है|



Inverted Pyramid in an Aquatic Ecosystem

3. ऊर्जा का पिरामिड

प्रत्येक पारितन्त्र में केवल उत्पादक ही सूर्य के प्रकाश की ऊर्जा को अवशोषित करके अपना भोजन निर्माण करते है| खाद्य श्रृंखला में इस ऊर्जा की मात्रा प्रत्येक स्तर (प्रथम, व्दितीय, तृतीय एवं सर्वश्रेष्ठ श्रेणी के स्तर) पर क्रमशः घटती जाती है| अतः किसी भी पारितन्त्र के उत्पादकों में अत्यधिक ऊर्जा मिलेगी और प्रथम श्रेणी के उपभोक्ता में उससे कम और सर्वश्रेष्ठ श्रेणी के उपभोक्ता में सबसे कम ऊर्जा मिलेगी| इस कारण ऊर्जा का पिरामिड **सदैव सीधा** (erect or upright) रहता है|



पारिस्थितिक अनुक्रमण (Ecological Succession)- सभी समुदाय का महत्वपूर्ण लक्षण पर्यावरण के बदलते स्वरूप के साथ इसके संगठन एवं संरचना में निरन्तर परिवर्तन होते रहना है| यह परिवर्तन क्रमबध्द और भौतिक पर्यावरण के परिवर्तन के समानान्तर होता है| अन्ततः यह परिवर्तन एक समुदाय को गठित करता है, जो कि पर्यावरण से सन्तुलन के नजदीक है और इसे चरम समुदाय (Climax community) कहा जाता है| एक सुनिश्चित क्षेत्र की प्रजाति संरचना में उचित रूप से आंकलित परिवर्तन को पारिस्थितिक अनुक्रमण कहते है| अनुक्रमण के दौरान किसी क्षेत्र में स्थापित होने वाले प्रथम समुदाय को अग्रगामी समुदाय (Pioneer community) कहते है|

अनुक्रमण की प्रक्रिया- अनुक्रमण में निम्नलिखित प्रक्रियाएँ आती है–

(a) न्यूडेसन (Nudation)- यदि किसी स्थान पर समुदाय पहले से मौजूद है तो नवीन समुदाय के आगमन के लिए उस स्थान को खाली करना जरुरी होता है| खाली स्थान प्रदान करने की इस प्रक्रिया को न्यूडेसन कहते है|

(b) आक्रमण या स्थानान्तरण (Invasion or Migration)- किसी नए क्षेत्र में दूसरे जगहों से बीज, बीजाणु या प्रजनन-सम्बन्धी संरचना के आगमन को स्थानान्तरण या आक्रमण कहते है|

(c) आस्थापन (Ecesis)- स्थानान्तरण के बाद बीज या बीजाणु अंकुरण कर वृध्दि करते है एवं अपने को वातावरण के अनुकूल बनाते है| इस तरह किसी नए स्थान पर पौधों का उगना या स्थापित होना आस्थापन कहलाता है|

(d) समुच्चयन (Aggregation)- आस्थापन के बाद जीवों की संख्या में वृध्दि होने लगती है एवं विभिन्न जातियों की आबादियों का समुच्चयन होता है|

(e) प्रतिस्पर्धा (Competition)- समुच्चयन के फलस्वरूप एक जाति के आबादियों के बीच एवं विभिन्न जातियों के जीवों के बीच अन्तराजातीय एवं अंतरजातीय प्रतिस्पर्धा आरम्भ हो जाती है, क्योंकि किसी जगह में संसाधन सीमित होता है एवं सभी जीव अपने अस्तित्व को बनाये रखने के लिए उसे प्राप्त करने की कोशिश करते है|

(f) प्रतिक्रिया (Reaction)- जीवों के समुदाय एवं उसके वास-स्थान में मौजूद वातावरणीय कारकों के बीच होने वाली क्रियाओं को प्रतिक्रिया कहा जाता है; जैसे- लाइकेन खाली चट्टान का विघटन करके मृदा की पतली परत का निर्माण कर देता है|

(g) स्थायीकरण (Stabilization)- अनुक्रमण के अन्त में समुदाय के जीवों का वातावरण के अनुरूप स्थायित्व कायम हो जाने को स्थायीकरण कहते है| इसमें मौसमी कारकों की भूमिका सबसे प्रमुख होती है|

अनुक्रमण के प्रकार (Types of succession)- अनुक्रमण को निम्नलिखित समूहों में बाँटा गया है–

1. प्राथमिक अनुक्रमण (Primary succession)- यह ऐसे स्थानों पर होता है जहाँ पहले से कोई जीव उपस्थित नही होता; जैसे- नग्न चट्टान, ठण्डा लावा, नवविकसित तालाब या जलाशय|

2. व्दितीयक अनुक्रमण (Secondary succession)- यह अनुक्रमण वहाँ होता है जहाँ पहले से मौजूद समुदाय नष्ट हो जाता है एवं उसमें केवल कुछ ही जीव बचे रहते है| पहले से मौजूद समुदाय विभिन्न कारणों, जैसे-जंगल की आग, भयानक बाढ़, भूकम्प, खेतों की कटाई, भयंकर सूखा आदि के चलते नष्ट हो जाता है| इस प्रकार के क्षेत्रों में कार्बनिक पदार्थ मौजूद रहते है| पहले से मौजूद बीज, पौधों की जातियाँ तथा बाहर से नई जातियाँ आकर अनुकूल वातावरण मिलने पर नए समुदाय का निर्माण करते है|

अनुक्रमण का वर्गीकरण (Classification of succession)- वास-स्थान की प्रकृति के आधार पर अनुक्रमण निम्नलिखित प्रकार की होती है–

(i). जलक्रमक (Hydrosere)- जलीय प्रदेशों; जैसे तालाबों, झीलों, झरनों आदि में सम्पन्न होने वाले अनुक्रमण को जलक्रमक कहते है|

(ii). शुष्कप्रदेशीय अनुक्रम या मरुक्रमक (Xerosere)- शुष्क स्थानों में, जहाँ जल की काफी कमी होती है, होने वाले अनुक्रम को शुष्कप्रदेशीय अनुक्रम या मरुक्रमक कहा जाता है| इसे पुनः दो भागों में बाँटा जा सकता है–

(a) नग्नचट्टानी अनुक्रम या शैलक्रमक (Lithosere)- इस प्रकार का अनुक्रम जीवरहित नग्न चट्टान वाले प्रदेश में प्रारम्भ होता है| वनस्पति के अभाव के चलते यहाँ वर्षा नही हो पाती एवं नमी का अभाव रहता है|

(b) बालूक्रमक (Pammosere)- मरुस्थलों या बालू वाले स्थानों में, जहाँ जल की कमी रहती है, होने वाले अनुक्रम को बालूक्रमक कहते है|

(c). लवणमृदा क्रमक (Halosere)- जब अनुक्रमण उन क्षेत्रों में हो रहा हो जिस जगह लवण की मात्रा बहुत ज्यादा हो तो ऐसे अनुक्रमण को लवणमृदा क्रमक कहते है|

तालाब में होने वाला अनुक्रमण या जलक्रमक (Succession in Pond or Hydrosere or Hydrarch)

जलीय प्रदेश में सर्वप्रथम पादपप्लवक (Phytoplanktons) का समूहीकरण होता है| इसके साथ-साथ जन्तुप्लवक (Zooplanktons) भी जन्म लेने लगते है| धीरे-धीरे विभिन्न क्रमकी समुदायों (Seral communities) से प्रतिस्थापित होते हुए अन्त में एक स्थायी चरम समुदाय का निर्माण हो जाता है| जलक्रमक में निम्नलिखित अवस्थाएँ आती है–

1. पादपप्लवक अवस्था (Phytoplanktons Stage)- विभिन्न प्रकार के पादपप्लवक, जैसे- नील-हरित शैवाल (Blue-green algae), हरित शैवाल (green algae), डायटम्स (diatoms), जीवाणु आदि अग्रगामी समुदाय (pioneer community) का निर्माण करते है| इन जीवों के बीजाणु या प्रजनन-सम्बन्धी अंग हवा या अन्य माध्यम से जलाशयों में

पहुँचकर अंकुरित होते है एवं अनुकूल वातावरण मिलने पर इनमे वृध्दि तथा जनन होता है| इसके बाद जन्तुप्लवक के पैदा हो जाने से इनमे एवं पादपप्लवकों के बीच एक सन्तुलन कायम हो जाता है, क्योंकि जन्तुप्लवक पादपप्लवक को खाकर जिंदा रहते है| इन जीवों के मरने एवं पुनः सड़ने या विघटन से कार्बनिक पदार्थों की वृध्दि होती है जो तल के मृदा में मिलकर हल्की मिट्टी बनाते है|

2. जड़ित-जलनिमग्न अवस्था (Rooted-submerged stage)- जलाशयों के ताल में लगातार कार्बनिक पदार्थों के जमने एवं भू-क्षरण के कारण पेंदी (Bottom) में मृदा की एक पतली परत का निर्माण हो जाता है| इस कीचड़ में जलनिमग्न पौधे, जैसे- हाइड्रिला (Hydrilla), वैलिसनेरिया (Vallisneria), युट्रीकुलेरिया (Utricularia) आदि उत्पन्न हो जाते है| इन पौधों एवं संलग्न जन्तुओं के मरने तथा विघटन से कार्बनिक पदार्थों की मात्रा में भी वृध्दि हो जाती है जिसके फलस्वरूप तल के कीचड़ की परत में भी वृध्दि हो जाती है| जलाशय छिछला होता जाता है तथा पानी की कमी होती जाती है| इन परिवर्तनों के कारण नए पौधों के लिए यह वास-स्थान उपयुक्त हो जाता है|

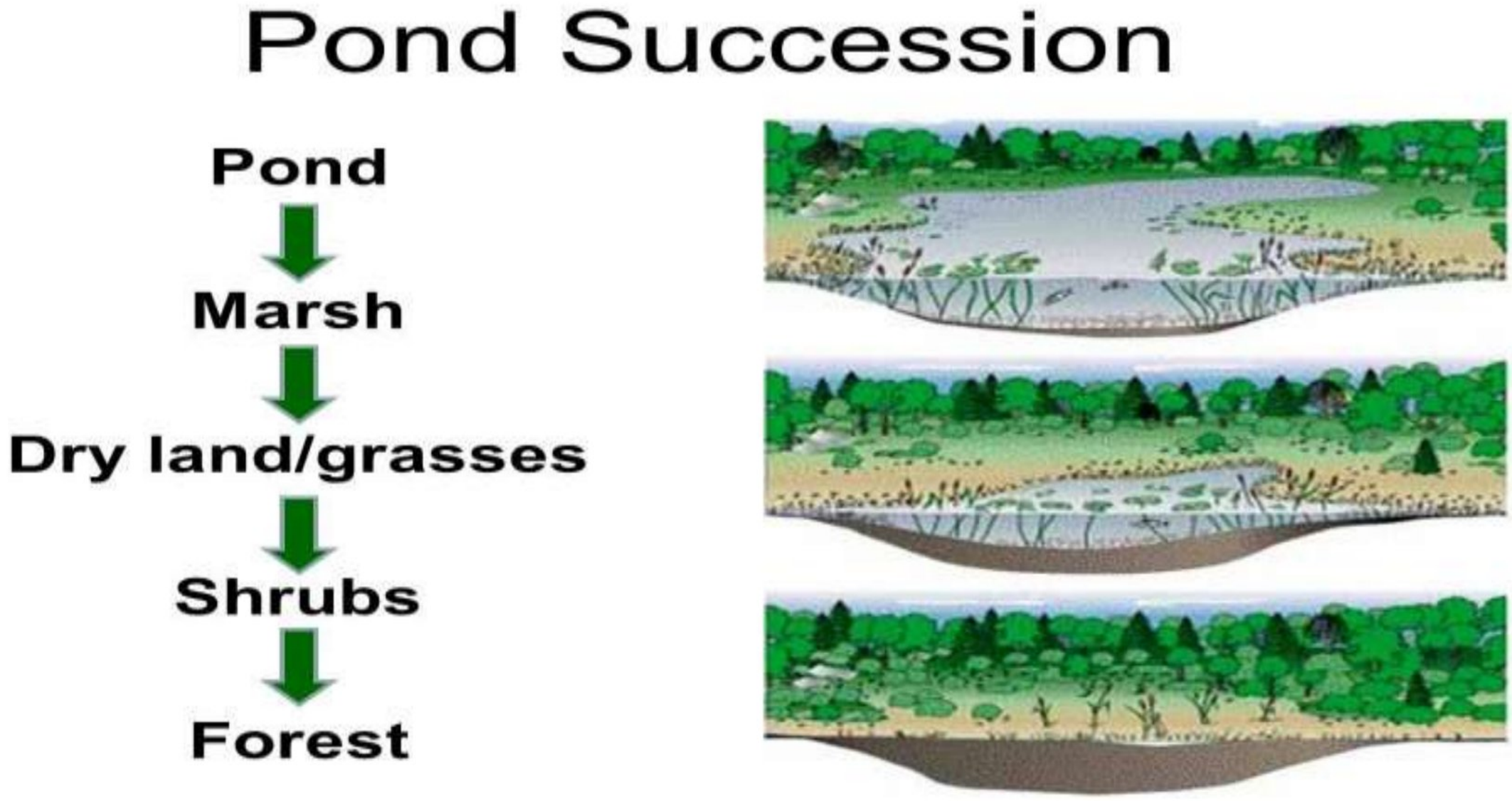
3. मूल-आरोपित प्लावी अवस्था (Rooted-floating stage)- इस अवस्था में कमल (Nelumbium), सिंघाड़ा (Trapa), निम्फिया (nymphaea), आदि पौधे आरोपित हो जाते है जिनमे जड़ ताल के कीचड़ में रहता है एवं चौड़ी पत्तियाँ पानी की सतह पर तैरती रहती है| जैसे-जैसे इनकी पत्तियाँ जल की सतह को पूरी तरह घेर लेती है, वैसे-वैसे निमग्न पौधों के लिए प्रकाश की कमी हो जाती है एवं इस परिस्थिति में स्वतंत्र प्लावी पौधे (Free-floating plants), जैसे- लेम्ना (Lemna), जलकुम्भी या आइकोर्निया (Eichhornia), एजोला (Azolla), पिस्टिया (Pistia), साल्विनिया (Salvinia) आदि जल की सतह पर छा जाते है| इन पौधों के आगमन एवं विघटन से जल तथा मृदा के खनिज तथा कार्बनिक पदार्थों में और वृध्दि हो जाती है| पानी के घटते स्तर के चलते उपस्थित पादप समुदाय के लिए यह आवास शीघ्र ही प्रतिकूल हो जाता है|

4. रीड स्वाम्प या दलदली अवस्था (Reed-swamp stage)- इस अवस्था को उभयचर अवस्था भी कहते है, क्योंकि इस समुदाय के पौधों की जड़े तल के नीचे रहती हैं, लेकिन प्ररोह का ज्यादातर भाग जल के ऊपर हवा में रहता है| यह अवस्था उस समय आती है जब जलाशय छिछला हो जाता है| जलाशयों के किनारे कीचड़युक्त भूमि में उगने वाले पौधों में फ्रैग्माइट्स (Phragmites), सैजिटेरिया (Sagittaria), टाइफा (Typha), वुलरश (Scirpus) आदि मुख्य है| इस वर्ग के पौधों में वाष्पोत्सर्जन की क्रिया तीव्र गति से होती है एवं ये बहुत ज्यादा खाद-मिट्टी या ह्यूमस जमा करते है| वनस्पतियों की मृत्यु एवं विघटन के कारण तथा पानी के क्रमिक ह्रास से अब यह आवास उपस्थित पौधों के लिए अनुपयुक्त हो जाता है| फलस्वरुप अनुक्रमण की अगली अवस्था का आगमन होता है|

5. सैज-मिडो या दलदली घास अवस्था (sedge or Marsh-Meadow stage)- जल के स्तर में लगातार कमी हो जाने के चलते जलाशयों का किनारा दलदली या हल्का गीला रहता है| इस क्षेत्र में मोथा (Cyperaceae) एवं घास (Gramineae or Poaceae) कुल के पौधों, जैसे- कैरेक्स (Carex), साइपेरस (Cyperus) आदि पौधों की बहुलता होती है| इन पौधों व्दारा होने वाले वाष्पोत्सर्जन से मिट्टी में जल की कमी होने लगती है| आगे चलकर कुछ अन्य लम्बी घासें एवं शाकीय पौधे; जैसे- डायकैन्थियम, पालीगोनम (Polygonum) आदि प्रवेश करते है|

6. वनस्थली अवस्था (Woodland stage)- इस अवस्था में झाड़ियाँ प्रकट होती है जैसे- कार्नस (Cornus), सैलिक्स (Salix), डोगवूड्स (Dogwoods) आदि| धीरे-धीरे पॉपुलस (Populas), अलनस (Alnus) जैसे वृक्षों का जन्म होता है| इस अवस्था के पौधे वाष्पोत्सर्जन व्दारा जल-स्तर में कमी लाते है एवं अधिक-से-अधिक मिट्टी का जमाव करते है| ये पौधे छाया प्रदान कर आवास में परिवर्तन लाते है|

7. चरम समुदाय (Climax Community)- जैसे-जैसे भूमि में ह्यूमस, जीवाणुओं, कवकों अन्य जीवों एवं खनिज तत्वों में वृध्दि होती जाती है वैसे-वैसे विभिन्न प्रकार के वृक्ष पैदा होते जाते है| चरम अवस्था में वन के निर्माण में जलवायु की मुख्य भूमिका रहती है| वर्षा वाले क्षेत्रों में यह घना सदाबहार वन एवं शीतोष्ण क्षेत्रों में मिश्रित वन एवं उष्ण कटिबंधीय क्षेत्रों में पतझड़ वन के रूप में पाया जाता है| इनमे पाए जाने वाले पौधे काफी ऊँचाई के होते है|



<u>खाली चट्टानों का अनुक्रम या मरुक्रमक (succession on Barren Rocks or Xerosere)</u>

यह जल के अत्यधिक अभाव वाले शुष्क स्थानों पर होने वाला अनुक्रम है; जैसे- नग्न चट्टानों, पवन-वाहित रेत, मरुस्थलों आदि में| इस प्रकार का वास-स्थान जीवों के लिए प्रतिकूल होता है, क्योंकि यहाँ खाद्य पदार्थों को संचित करने की कोई व्यवस्था नही रहती है| मरुक्रमक की विभिन्न अवस्थाएँ अग्रलिखित हैं–

1. क्रस्टोज लाइकेन अवस्था (Crustose lichen stage)- वर्षा या भारी ओस के तुरन्त बाद नवीन समुदाय के रूप में लाइकेन के प्रजनन सम्बन्धी अंग हवा से उड़कर भीगी हुई नग्न चट्टानों पर अपनी जगह बनाते है| इस प्रकार के क्रस्टोज लाइकेन में राइजोकार्पन (Rhizocarpon), रीनोडिना (Rinodina), ग्राफिस (Graphis) आदि है जो चट्टान की चिकनी सतह पर अत्यधिक तापमान एवं पोषक तत्वों के अभाव में भी वृध्दि करने में सक्षम होते है| ये अपने आवासीय चट्टान पर कार्बनिक अम्ल का स्राव करते है तथा इनके मृत कार्बनिक पदार्थों के अपघटन से ह्यूमस एवं ह्यूमिक अम्ल का निर्माण होता है| इन पदार्थों एवं अम्लों व्दारा चट्टान का अपक्षय (weathering) होने लगता है, जिससे वहाँ धीरे-धीरे मृदा की एक पतली परत का निर्माण हो जाता है| धीरे-धीरे वास-स्थान में इतना परिवर्तन हो जाता है कि उपस्थित क्रस्टोज लाइकेन फोलियोज लाइकेन के व्दारा विस्थापित हो जाता है|

2. फोलियोज लाइकेन अवस्था (Foliose Lichen stage)- क्रस्टोज लाइकेन व्दारा आंशिक रूप से अधःस्तर के बना देने के बाद बड़ी एवं चपटी पत्ती वाले फोलियोज लाइकेन प्रकट होते है| इस समुदाय की जातियों में परमेलिया (Parmelia), डर्मेटोकार्पन (Dermatocarpon) आदि प्रमुख है| चट्टानों में ये गहरा गड्ढा बनाते है एवं बड़े आकार के कारण धूलकण

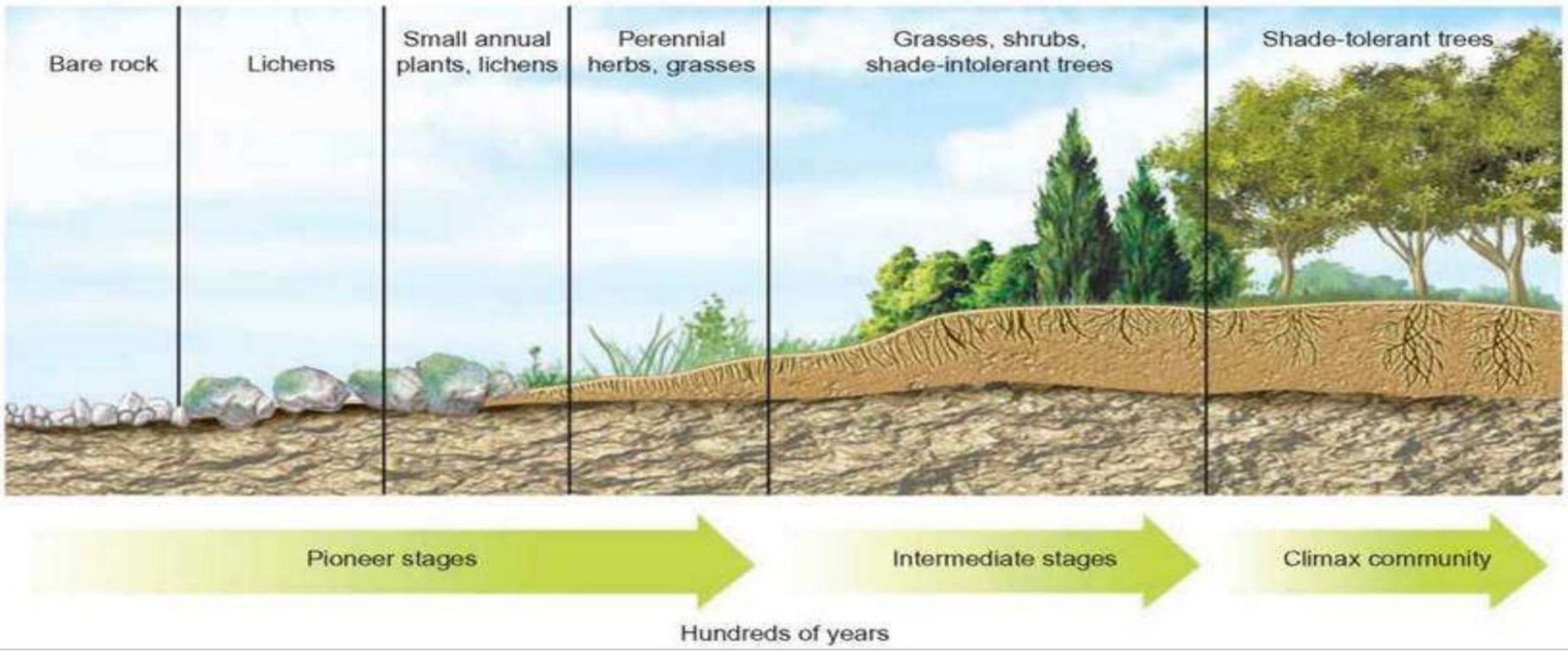
को भी रोक पाने में समर्थ होते है| इस प्रकार चट्टानों के छोटे-छोटे टुकड़े वहाँ उपस्थित ह्यूमस के साथ मिलकर मृदा परत को अधिक मोटा करते है| इस प्रकार का अधःस्तर अब दूसरे प्रकार के वनस्पति के लिए उपयुक्त हो जाता है|

3. मॉस अवस्था (Moss stage)- फोलियोज लाइकेन के व्दारा मिट्टी की परत बन जाने से मॉस, जैसे- पॉलीट्राइकम, ग्रिमिया आदि वहाँ उग जाते हैं| ये मॉस बड़े आकार के, समूह में रहने वाले एवं मूलाभासयुक्त होते है जो पत्थरों में बने गड्ढों के भीतर प्रवेश करते है| इनके एवं लाइकेन के मूलाभासों में जल एवं पोषक तत्वों के लिए प्रतियोगिता होती है एवं इनके उर्ध्व स्तम्भ लाइकेनों को ढक लेते है| धीरे-धीरे लाइकेन की मृत्यु हो जाती है एवं इनके विघटन से मिट्टी में कार्बनिक पदार्थों में वृध्दि होती है| इसके फलस्वरूप मिट्टी की परत और अधिक मोटी हो जाती है एवं अधःस्तर में लम्बे समय तक नमी बनी रहती है| पत्थरों का टूटना जारी रहता है जिसके चलते नमी पसंद करने वाले अन्य मॉस प्रकट होते है| अंत में यह वास-स्थान दूसरे प्रकार के वनस्पति समुदाय के लिए अधिक उपयुक्त हो जाता है|

4. शाकीय अवस्था (Herbaceous stage)- मृदा की मोटी परत बन जाने के कारण वर्षा जल अधःस्तर में जमा होने लगता है और नमी बनी रहती है| अनुकूल परिस्थितियां मिलने से एकवर्षीय घास एवं अन्य कड़े शाकीय पौधे, जैसे- अरिस्टिडा, पोआ, इल्यूसिन आदि के बीज अंकुरित होते है| इनकी जड़े चट्टानों के बहुत अन्दर तक प्रवेश कर और टुकड़े कर देती है| इससे नमी और मिट्टी में वृध्दि होती है एवं यह प्रक्रिया लगातार जारी रहता है| एकवर्षीय घास धीरे-धीरे व्दिवर्षीय एवं बहुवर्षीय घासों के व्दारा विस्थापित हो जाता है| नमी, छाया, मृदा, बहुवर्षीय वनस्पति एवं बीजों की मौजूदगी के चलते बहुत से छोटे जन्तु आकर्षित हो जाते है|

5. झाड़ी अवस्था (Shrub stage)- शाकीय अवस्था के बाद तैयार की हुई भूमि पर मरुद्भिद (Xerophytic) झाड़ियों के बीज एवं प्रकन्द अपनी वृध्दि करते है, जैसे- जिजाइफस, कैपेरिस, रस आदि| ये झाड़ीदार पौधे बड़े होते है एवं इनकी जड़े चट्टानों के और अन्दर प्रविष्ट होकर उसका अपक्षय करती हैं|

6. चरम अवस्थावाली वन (Climax Forest)- मरुद्भिद वृक्षों के आगमन से झाड़ीदार पौधे धीरे-धीरे विलुप्त होने लगते है| वातावरण ज्यादा नम एवं छायादार हो जाता है जिससे चरमावस्था के समुदाय चारों ओर फ़ैल जाते है| वृक्षों की पहली जातियां मरुद्भिद होती है जो धीरे-धीरे समोद्भिद हो जाती है| एक नम उष्णकटिबंधीय क्षेत्र में वर्षावन (Rain forest) एवं शीतोष्ण क्षेत्र में शंकुधारी वन (Coniferous forest) या पर्णपाती वन (Deciduous forest) चरमावस्था के सूचक हैं| वैसे स्थानों में जहाँ कम वर्षा होती है, घासस्थली का निर्माण होता है एवं झाड़ी तथा वृक्ष अवस्था नही आ पाती है| नग्न चट्टानों पर प्राथमिक अनुक्रमण व्दारा चरमावस्था के वन के विकास में लगभग 1000 वर्षों का समय लगता है|



खाली चट्टान का अनुक्रम

कार्बन स्थिरीकरण (carbon fixation)- पारितंत्र में कार्बन का स्थिरीकरण मुख्य रूप से हरे पौधों व्दारा प्रकाश-संश्लेषण क्रिया में कार्बोहाइड्रेट के रूप में किया जाता है| कार्बोहाइड्रेट से जटिल कार्बनिक पदार्थों जैसे प्रोटीन, वसा आदि का निर्माण होता है| पारितंत्र में उपस्थित जैविक घटक श्वसन क्रिया में ऑक्सीजन प्रयुक्त करते है तथा कार्बन डाइऑक्साइड छोड़ते हैं| वातावरणीय कार्बन डाइऑक्साइड वर्षा के जल में घुलकर कार्बनिक अम्ल (H_2CO_3) के रूप में पृथ्वी पर आती है तथा कैल्शियम युक्त चट्टानों से अभिकिया करके कैल्शियम बाइकार्बोनेट $Ca(HCO_3)_2$ का निर्माण करती है| कैल्शियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) का उपयोग समुद्री जीव अपने खोल (Shell) निर्माण में करते है| जल में घुली CO_2 का उपयोग जलनिमग्न पौधे एवं प्रकाश-संश्लेषी जीवाणु प्रकाश-संश्लेषण क्रिया व्दारा सरल कार्बोहाइड्रेट के स्थिरीकरण के लिए करते है|