

## अध्याय-5

# हमारा पर्यावरण : पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा का प्रवाह



(OUR ENVIRONMENT : ENERGY FLOW IN THE ECOSYSTEM)

कक्षा 9 वीं में आपने पढ़ा था कि कानी मछरी का प्राकृतिक आवास कुटुमसर गुफा है। उसी अध्याय में आपने कई और जीवों के प्राकृतिक आवास के बारे में भी जाना था। किसी भी जीव के लिए आवास बहुत महत्वपूर्ण होता है। आवास के जैविक और अजैविक घटकों से जीवों का अंतर्संबंध होता है, जो उनके जीवन को प्रभावित करता है। 'जीवों का विकास' अध्याय में हमने पढ़ा कि अक्सर आवास में घटकों से अंतर्संबंध के फलस्वरूप विविध जीवों का अनुकूलन विविध प्रकार से होता है। अनुकूलित जीवों की आबादी बढ़ती रहती है और इसका असर अन्य जीवों की आबादी पर पड़ता है। आइए, विभिन्न जीवों, उनके आवास और अजैविक घटकों के बीच के अंतर्संबंधों का अध्ययन करने के लिए एक गतिविधि करते हैं—

### 5.1 अंतर्संबंधों का अध्ययन (Study of Interrelationship)

#### क्रियाकलाप-1

आप अपने घर/स्कूल के आसपास कोई बगीचे जैसी जगह चुन लें। ध्यान रखें कि जगह ऐसी हो जिसका अवलोकन आप 5 दिनों तक (प्रत्येक दिन कम से कम दो बार, सुबह और शाम) कर सकें। चयन की गई जगह के एक मीटर लम्बे व एक मीटर चौड़े हिस्से को चिन्हांकित कर लें।

गौर से अवलोकन करें कि चिन्हांकित हिस्से में क्या कोई कीड़ा-मकोड़ा, कोई पक्षी, मेंढक या अन्य जीव नज़र आ रहा है? नज़र आने वाले जीवों के समूह का नाम लिखकर हर दिन उनकी संख्या अपनी कॉपी में नोट करें, जैसे पौधे-20, चींटियाँ-28 आदि (एक जीव की गिनती एक बार ही करने का प्रयास करें, मिट्टी को थोड़ा खोदकर भी जीवों को देखें)। यदि चिन्हांकित जगह पर कोई पेड़ हो तो उसे भी पौधों के समूह में ही गिनें। अपने अवलोकन के आधार पर लिखें कि—

- क्या आपको चिन्हांकित जगह पर कोई खाद्य श्रृंखला/खाद्य जाल नज़र आया?
- क्या पूरे बगीचे में कोई खाद्य श्रृंखला/खाद्य जाल नज़र आया?
- आपके इस इलाके में कौन-कौन से जैविक व अजैविक घटक हैं ?
- सुबह और शाम के जैविक व अजैविक घटकों में क्या अंतर है ?

पांच दिनों तक दिखने वाले हर एक जीव की कुल संख्या से प्रतिदिन के जीवों की औसत संख्या ज्ञात करें (जैसे कुल 50 चींटियाँ हो तो औसत संख्या है 10, इस संख्या को चुने गए क्षेत्र के क्षेत्रफल से गुणा करने पर उस क्षेत्र में चींटियों की आबादी ज्ञात की जा सकती है)।



चित्र-1 1m X 1m क्षेत्र

- अनुमान से बताएँ कि क्या जीवों के लिए वहाँ पर्याप्त संसाधन हैं?

किसी पर्यावरण के छोटे-बड़े सभी जीव-जंतु भोजन, प्रजनन और सुरक्षा जैसी आधारभूत आवश्यकताओं के लिए एक-दूसरे पर और निर्जीव घटकों पर निर्भर रहते हैं। पर्यावरण और जीवों के बीच की इस निर्भरता का अध्ययन हम निम्नलिखित दो आधारों पर कर सकते हैं –

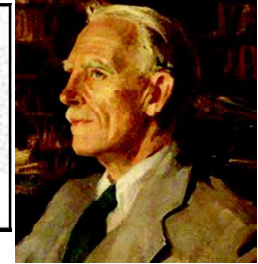
1. सजीव घटकों के बीच निर्भरता ( विभिन्न प्राणियों में भोजन संबंध) जिसका अध्ययन हम खाद्य श्रृंखला, खाद्य जाल, पारिस्थितिक पिरामिड द्वारा करेंगे।
2. सजीव और निर्जीव घटकों के बीच निर्भरता (पौधों और जन्तुओं के जीवन पर मिट्टी, हवा, पानी, जलवायु, मौसम आदि का प्रभाव) जिसका अध्ययन हम पदार्थों के चक्र द्वारा करेंगे।

ऊर्जा के प्रवाह का अध्ययन, हम इन दोनों आधारों के सम्मिलित स्वरूप में करने का प्रयास करेंगे।

खाद्य श्रृंखला, खाद्य जाल, पारिस्थितिक पिरामिड, पदार्थों का चक्र, पर्यावरण के घटकों में अंतर्संबंध को दर्शाने के लिए प्रारूप मात्र हैं जिनसे हम किसी क्षेत्र विशेष के विविध जीवों और उनके पर्यावरण के बीच सम्बन्धों को समझने का प्रयास करते हैं। यह प्रारूप हमें अनुमान लगाने व अलग-अलग क्षेत्रों का तुलनात्मक अध्ययन करने में मदद करते हैं। अध्ययन सम्बन्धी आंकड़े जुटाने के लिए क्रियाकलाप-1 जैसे तरीकों को अपनाया जाता है।

## 5.2 पारिस्थितिक तंत्र से अभिप्राय (meaning of an ecosystem)

प्रकृति के घटकों में अंतर्संबंध के कारण अपने आप संचालित एक व्यवस्था बन जाती है जिसे हम 'पारिस्थितिक तंत्र' कहते हैं। यह कतई जरूरी नहीं है कि यह व्यवस्था निरंतर एक जैसी बनी रहे। प्राकृतिक परिघटनाओं के फलस्वरूप इसमें लगातार बदलाव आता रहता है। मानवीय हस्तक्षेप से भी इसमें व्यापक परिवर्तन आ सकता है। 'Ecosystem' (अर्थात् पारिस्थितिक तंत्र) शब्द का उपयोग सबसे पहले 1935 में ए.जी. टेंसले ने किया था। टेंसले के अनुसार— "पर्यावरण का अध्ययन उसके सभी जैविक और अजैविक घटकों के अंतर्संबंधों के आधार पर बनी एक व्यवस्था अर्थात् 'पारिस्थितिक तंत्र' के रूप में किया जाना चाहिए। किसी क्षेत्र विशेष के जैविक समुदाय के साथ अजैविक घटकों के अंतर्संबंध तथा उनमें होने वाले फेरबदल की विस्तृत अध्ययन को पारिस्थितिक तंत्र का अध्ययन कहा जाता है।"



चित्र-2 ए.जी. टेन्सले (1875-1951)

किसी पारिस्थितिक तंत्र का अध्ययन हम किसी पेड़, बगीचे, खेत, तालाब, गुफा, जंगल आदि इलाके में कर सकते हैं। कुटुमसर गुफा में कानी मछरी के आवास का अध्ययन जब गुफा के सभी जैविक व अजैविक घटकों के बीच के अंतर्संबंध के आधार पर किया जाएगा तो यह एक पारिस्थितिक तंत्र का अध्ययन कहलाएगा। एक बड़ा पारिस्थितिक तंत्र समुद्र है तो एक छोटा तंत्र कोशिका है। कोशिका में कई सूक्ष्म जीव जैसे जीवाणु, विषाणु आदि रहते हैं जिनका कोशिका के अंदर के वातावरण के कई अजैविक घटकों के साथ अंतर्संबंध है।

### क्या आप जानते हैं?

पारिस्थितिक तंत्र की अवधारणा के पहले जीवों के बीच अंतःनिर्भरता की पहचान और पर्यावरण के साथ उनके संबंधों के वैज्ञानिक अध्ययन को पारिस्थितिकी (Ecology) कहा गया था। यूनानी भाषा में ईको (eco) का अर्थ है घर और लोगास (logos) का अर्थ है अध्ययन। वैज्ञानिक अर्नेस्ट हेकल ने 1866 में Ecology शब्द का प्रयोग प्रकृति को एक घर की व्यवस्था के रूप में समझाने के लिए किया। 1869 में उन्होंने और अधिक विस्तार से परिभाषा दी— पारिस्थितिकी पौधों और जन्तुओं का एक-दूसरे से तथा उनके वातावरण से संबंधों का अध्ययन है। जीव वैज्ञानिकों के द्वारा इन अंतर्संबंधों को समझने के लिए जीवों का जीवन चक्र, उनके प्रजनन संबंधी व्यवहार, परजीविता, शत्रुओं से बचाव के तरीके आदि से संबंधित अवलोकन व अध्ययन किए जाते रहे हैं।

चलिए, एक पारिस्थितिक तंत्र के अध्ययन से अंतर्संबंधों को समझने का प्रयास करते हैं।

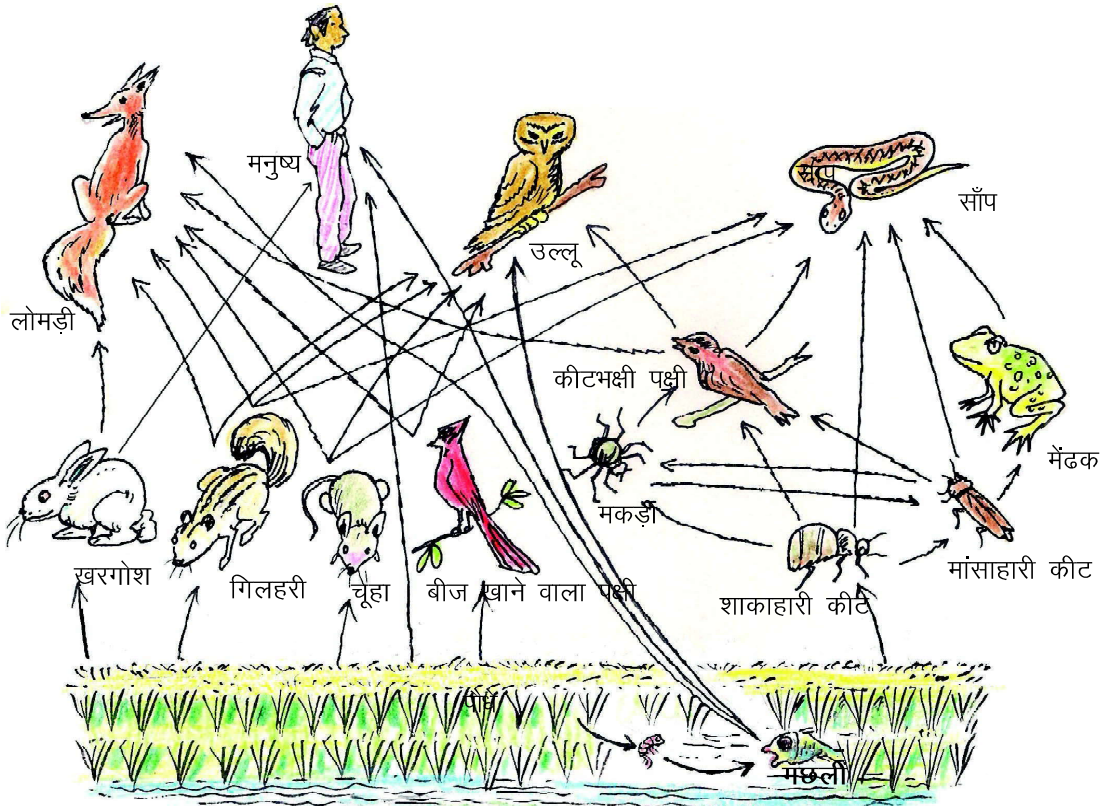
### 5.2.1 धान के खेत का पारिस्थितिक तंत्र (Ecosystem of a rice farm)

हम जानते हैं कि अधिकतर खाद्य श्रृंखलाएं पौधे से ही शुरू होती हैं। पौधे प्रकाश संश्लेषण के द्वारा सौर ऊर्जा को, भोजन के रूप में, रासायनिक ऊर्जा में बदल सकते हैं। इसलिए पौधों को उत्पादक (producer) कहा जाता है। अध्याय 'जैविक क्रियाएं भाग-1' में आप इसके बारे में विस्तार से पढ़ेंगे। एक खाद्य श्रृंखला में उत्पादक को छोड़कर सभी जीव उपभोक्ता (consumer) हैं। किसी धान के खेत में प्रमुख उत्पादक धान के पौधे ही हैं। कई प्रकार के जीव धान के खेत में पनपते हैं जिनमें से कई खेत की मिट्टी में, तो कई खेत में भरे पानी में। कई धान के पौधे पर ही पनपते हैं तो कई समय-समय पर खेत में आते जाते रहते हैं। हमें यहाँ एक पूरा पारिस्थितिक तंत्र नज़र आता है। आइए, इसका अध्ययन करने का प्रयास करते हैं-



चित्र-3 : धान का खेत

- आपने धान का खेत देखा होगा। अपने अनुभव व चित्र-3 को देखकर बताएँ कि धान के खेत में कौन-कौन से अजैविक घटक हैं?
- धान के खेत के खाद्य जाल का एक उदाहरण चित्र-4 में दिया गया है। अपने साथियों से चर्चा करके लिखिए कि अजैविक घटकों पर जीवों की क्या कोई निर्भरता है? कैसे?
- इस खाद्य जाल में कौन-कौन सी खाद्य श्रृंखलाएं हैं ? कोई 5 छाँटकर लिखिए।



चित्र-3 : खाद्य जाल

चित्र-3 में दी गई एक खाद्य श्रृंखला का विस्तृत अध्ययन करके जब 0.1 हेक्टेयर (1000 m<sup>2</sup>) क्षेत्रफल में जीवों की संख्या का पता लगाया गया तो उनके बीच का संबंध कुछ इस प्रकार मिला –

100000 धान के पौधे → 1000 चूहे → 50 साँप → 5 बाज

इस उदाहरण के आधार पर साथियों से चर्चा करें और लिखें कि –

- उपरोक्त खाद्य श्रृंखला में कौन-कौन से जीव उपभोक्ता हैं ?
- एक चूहा कितने धान के पौधों पर निर्भर है?
- एक बाज कितने साँपों पर निर्भर है?
- यदि चूहों को खत्म कर दिया जाए तो इसका प्रभाव धान के पौधों पर, साँप और बाज पर किस प्रकार पड़ेगा?
- उपरोक्त सवाल का उत्तर, खाद्य जाल को ध्यान में रखकर देने का प्रयास किया जाए तो चूहे के खत्म होने का प्रभाव गिलहरी या शाकाहारी कीटों पर किस प्रकार पड़ेगा?

किसी भी पारिस्थितिक तंत्र में जैव विविधता इतनी अधिक होती है कि खाने व खाए जाने के संबंध खाद्य श्रृंखला से नहीं बल्कि खाद्य जाल से पता लगाए जा सकते हैं। खाद्य श्रृंखला एवं खाद्य जाल में हम देखते हैं कि कुछ जीव पूर्ण रूप से पौधों पर तो कुछ अन्य जीवों पर निर्भर हैं अर्थात् हमें पोषण के अलग-अलग स्तर नज़र आते हैं।

### 5.2.2 पारिस्थितिक तंत्र और पोषक स्तर (Ecosystem and trophic levels)

धान के खेत के खाद्य जाल में आपको कई खाद्य श्रृंखलाएं मिली होंगी। हमने यह भी देखा कि धान के पौधों (उत्पादकों) से खाद्य श्रृंखलाओं की शुरुआत हुई है। इन पौधों को खाने वाले जीव जैसे चिड़िया, कीड़े, चूहे, खरगोश और गिलहरी हैं। ये प्राथमिक उपभोक्ता हैं।

- इनको खाने वाले कौन-कौन से जीव हैं? ये जीव द्वितीय उपभोक्ता हैं।
  - क्या इस खाद्य जाल में उपरोक्त जीवों को खाने वाले और जीव हैं ? ऐसे जीव तृतीय उपभोक्ता हैं।
- इस प्रकार के समूहों में जीवों के अध्ययन का सामान्य प्रस्तुतीकरण करने के लिए इन्हें किसी न किसी स्तर पर माना गया और उन सभी स्तरों को 'पोषक स्तर' कहा गया। जैसे—

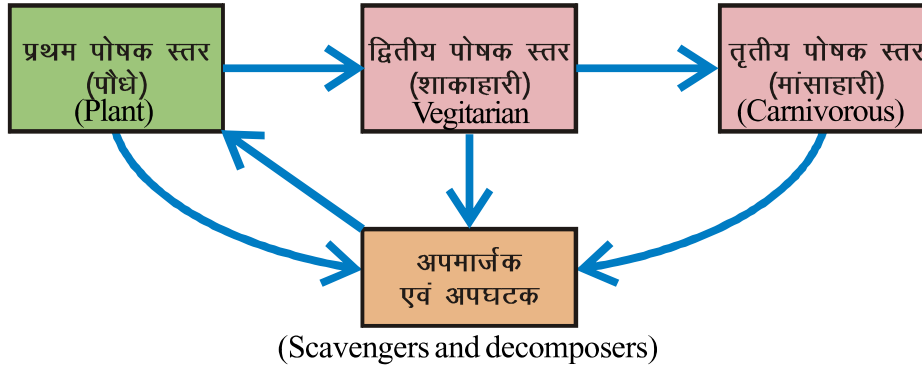
उत्पादक (Producer)	— प्रथम पोषक स्तर (First trophic level)
प्राथमिक उपभोक्ता (Primary consumer)	— द्वितीय पोषक स्तर (Second trophic level)
द्वितीय उपभोक्ता (Secondary consumer)	— तृतीय पोषक स्तर (Third trophic level)
तृतीय उपभोक्ता (Tertiary consumer)	— चतुर्थ पोषक स्तर (Fourth trophic level)
चतुर्थ (अक्सर सर्वोच्च) उपभोक्ता (Quarternary(usually also top) consumer)	— पंचम पोषक स्तर (Fifth trophic level)

अक्सर किसी एक पोषक स्तर के जीवों के समुदाय में भोजन, पानी इत्यादि संसाधनों के लिए प्रतिस्पर्धा रहती है। एक पोषक स्तर के जीवों के समुदाय की उससे पहले वाले पोषक स्तर के जीवों के समुदाय पर भोजन सम्बन्धी निर्भरता होती है। किसी पोषक स्तर के जीव समुदाय की अगले पोषक स्तर द्वारा संख्या पर नियंत्रण सम्बन्धी निर्भरता होती है।

पारिस्थितिक तंत्र में ऐसे जीव भी होते हैं जो अन्य जीवों के अपशिष्ट पदार्थों और मृत जीवों के शरीर से अपना भोजन प्राप्त करते हैं। ये अपमार्जक जैसे कौआ, तिलचट्टा आदि तथा अपघटक जैसे जीवाणु, कवक आदि होते हैं।



- इस समूह के जीवों को किस पोषक स्तर पर रखना चाहिए ?
- किस पोषक स्तर पर मनुष्य जैसे सर्वाहारी जीवों (जो पौधों एवं अन्य जीवों को खाते हैं) को रखना चाहिए?



चित्र-5 : पोषक स्तर और अपघटक (Trophic level and decomposers)

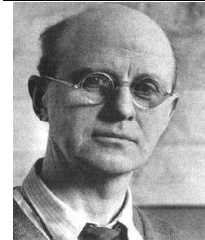
हम चित्र में देख सकते हैं कि हर पोषक स्तर पर अपघटक क्रिया करते हैं और अपघटित पदार्थों को प्रथम पोषक स्तर के लिए उपलब्ध कराते हैं।

पोषक स्तरों में जीवों के बीच निर्भरता, संसाधनों का वितरण, ऊर्जा का प्रवाह इत्यादि के मात्रात्मक अध्ययन के प्रस्तुतीकरण के लिए हम एक और प्रारूप 'पारिस्थितिक पिरामिड' की मदद लेते हैं। इससे अलग-अलग पारिस्थितिक तंत्रों का तुलनात्मक अध्ययन करना आसान हो जाता है।

### 5.3 पारिस्थितिक पिरामिड (Ecological Pyramid)

#### 5.3.1 जीव संख्या के पिरामिड (Pyramid of numbers)

1927 में चार्ल्स एल्टन ने अपनी पुस्तक 'एनिमल इकोलॉजी' में पहली बार संख्या के पारिस्थितिक पिरामिड की बात की। उनका कहना था कि, "किसी भी क्षेत्र के पारिस्थितिक तंत्र में खाद्य श्रृंखला के अंत में वही प्राणी होते हैं जो साल भर में कम से कम बच्चे पैदा करते हैं। साथ ही ऐसे प्राणियों या इनके परिवारों के लिए यह क्षेत्र उनका आवास होता है। अतः ऐसे क्षेत्र में खाद्य श्रृंखला के खाने व खाए जाने वाले प्राणियों की संख्या को पिरामिड के रूप में दर्शाया जा सकता है। पिरामिड के चौड़े आधार में ऐसे प्राणी होंगे जिनकी संख्या सबसे ज्यादा होगी तथा शीर्ष पर ऐसे जिनकी सबसे कम। ऐसे पिरामिड से जीवों की संख्या व भोजन की उपलब्धता को दर्शाया जा सकता है।" एल्टन के विवरण में पिरामिड का चित्र नज़र नहीं आता परन्तु पिरामिड का प्रयोग व्यापक रूप से होता रहा है। अधिकाँश पिरामिड में आँकड़ों को अनुपातिक रूप से कभी भी दर्शाया नहीं जा सका।



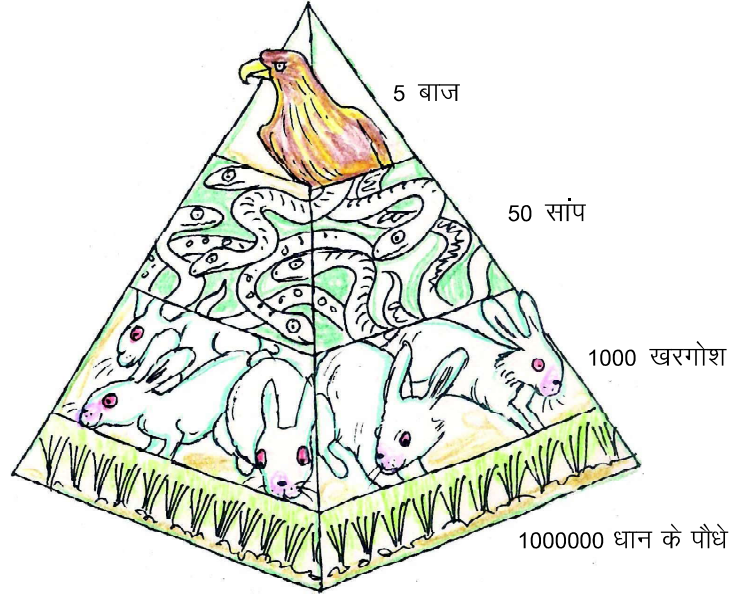
चित्र-6 : चार्ल्स एल्टन (1900-1991)

#### क्या आप जानते हैं?

आपने मिस्र के पिरामिडों के बारे में सुना होगा। पिरामिड एक ज्यामितीय संरचना है। इसका आधार चौड़ा है और शीर्ष एक बिन्दु। एक सामान्य पिरामिड में चार त्रिभुजाकार पृष्ठ होते हैं और उसका आधार वर्गाकार होता है।

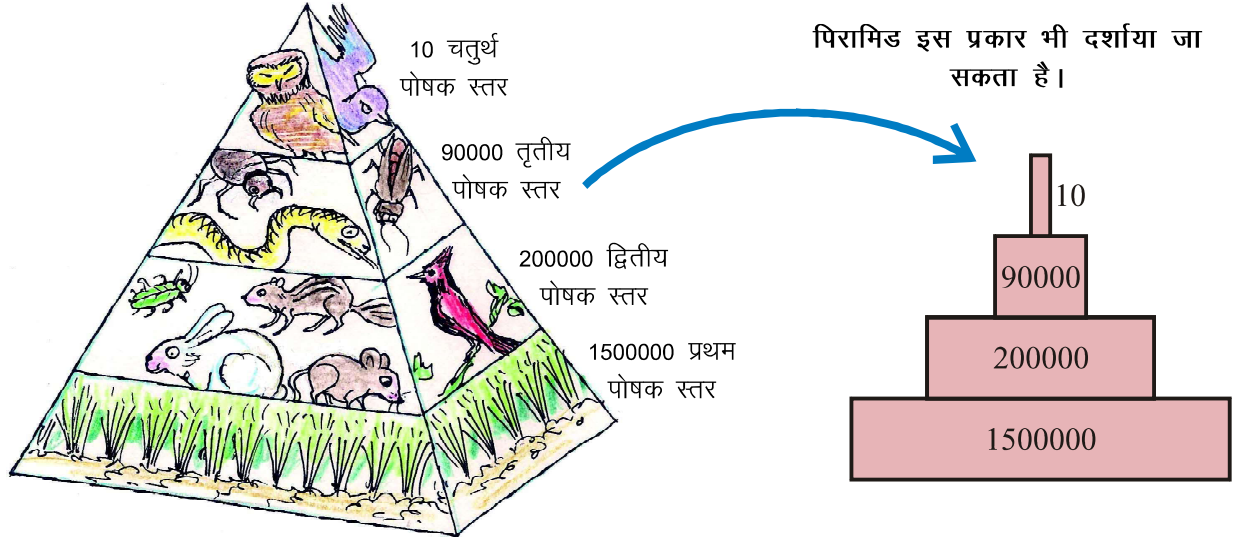


धान के खेत की खाद्य श्रृंखला के जीवों को संख्या के पिरामिड में इस प्रकार दर्शाया जा सकता है—



चित्र-7 (अ) : खाद्य श्रृंखला के जीवों की संख्या का पिरामिड (धान का खेत)

- क्रियाकलाप 1 में ज्ञात किए गए जीवों की संख्याओं को पोषक स्तर के अनुसार पिरामिड बनाकर दर्शाए। धान के खेत के पारिस्थितिक पिरामिड में पोषक स्तरों को चिन्हित करते हुए एक निश्चित समय पर यदि सभी जीवों की संख्या को दर्शाया जाता तो पिरामिड कुछ इस प्रकार दिखता—

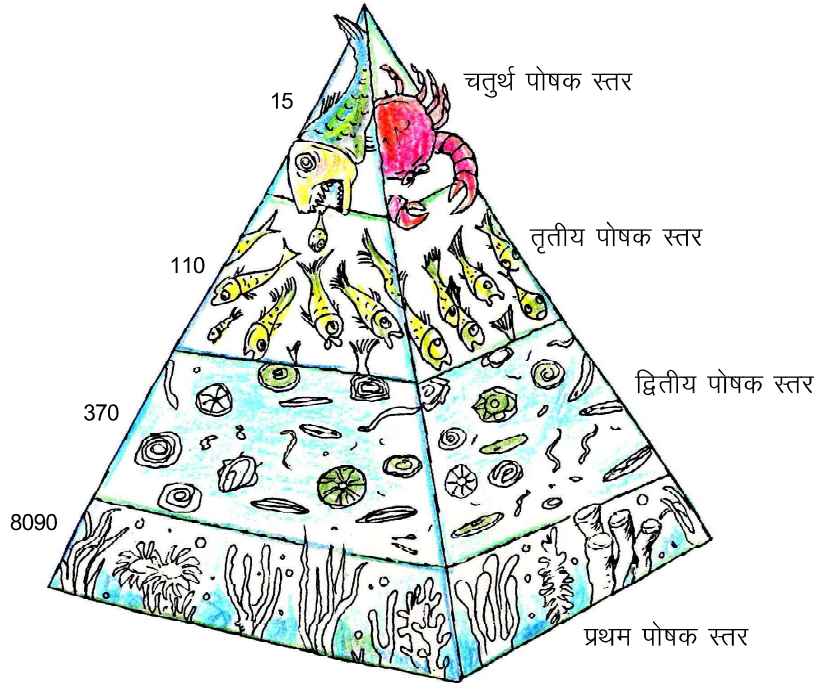
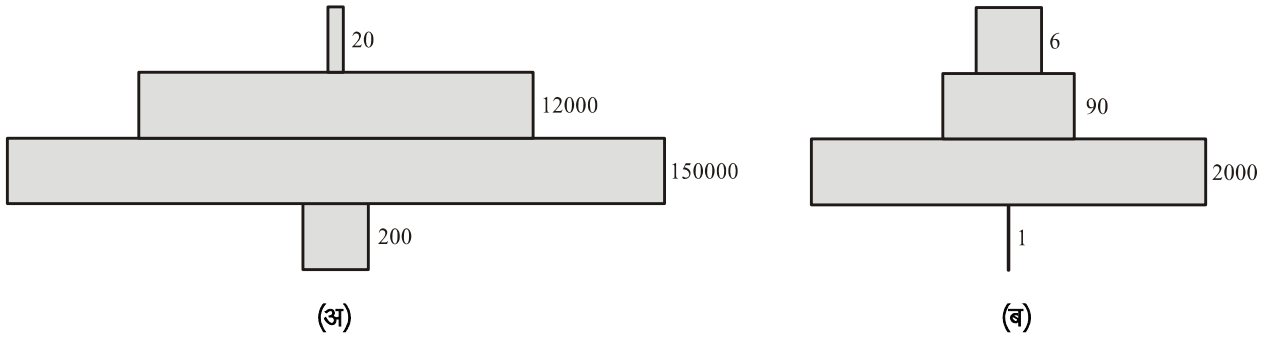


चित्र-7 (ब) : धान के खेत की जीव संख्या का पिरामिड

- धान की कटाई के पश्चात् इस पारिस्थितिक तंत्र के जीवों का क्या होगा?
- क्या तब भी हर स्तर पर इतने ही जीव बचेंगे?

किसी भी पारिस्थितिक तंत्र की परिस्थितियाँ मानवीय हस्तक्षेप एवं प्राकृतिक परिघटनाओं से बदलती रहती हैं। धान की कटाई से कई जीव या तो मर जाते हैं या खेत के आस-पास के क्षेत्र में चले जाते हैं। जीवों के

संरक्षण के लिए जरूरी है कि पारिस्थितिक तंत्र की कुछ परिस्थितियों को बनाए रखने का प्रयास किया जाए। आपने आजकल सुना होगा कि खेत में एक से अधिक फसलों को उगाने की सलाह दी जाती है। हमारे देश में कई जगह धान के साथ दलहन फसलों को उगाया जाता है। खेत में पेड़ों को उगाने एवं उसके आस-पास सिंचाई के पानी के स्रोत में मछली पालन करने की सलाह भी दी जाती है। इससे जैव विविधता को बनाए रखा जा सकता है और खेतों को प्रभावित करने वाले जीवों की संख्या प्राकृतिक रूप से नियंत्रित रहती है। इस प्रकार के प्रभाव को समझने के लिए संख्या के कुछ अन्य पारिस्थितिक पिरामिडों का अध्ययन करना होगा।



चित्र-8 : संख्या के पिरामिड (अ) जंगल (प्रति हेक्टेयर में) (ब) पेड़ (स) तालाब (प्रति हेक्टेयर में)

पेड़ या जंगल के पारिस्थितिक पिरामिड में हम देख सकते हैं कि प्राथमिक पोषक स्तर पर कम जीव हों तब भी अगले स्तरों पर कई जीव हैं।

- इस आधार पर धान के खेत के पारिस्थितिक पिरामिड और पेड़ के पिरामिड में एक अंतर लिखें।
- किसी जलीय पारिस्थितिक तंत्र का पिरामिड चित्र-8 (स) में दर्शाया गया है। जलीय जीवों की आबादी में इस प्रकार का सम्बन्ध धान के खेत में कब दिखता होगा?
- धान के खेत और जलीय पारिस्थितिक तंत्र की पिरामिडों में कोई एक अंतर और एक समानता लिखिए।

- यदि पिरामिड का आधार चौड़ा (चित्र-8 स) है तो इसका अर्थ क्या है ?
- उपरोक्त उदाहरणों में से किसी एक के अनुसार खाद्य जाल बनाइए।
- उपरोक्त उदाहरणों में कितने पोषक स्तर हैं?
- प्रथम पोषक स्तर के जीवों की कितनी संख्या पर द्वितीय पोषक स्तर का एक जीव निर्भर है, हर पिरामिड के लिए अलग-अलग निकालें।
- यदि पारिस्थितिक तंत्र में उत्पादकों की संख्या कम हो तो भी क्या अगले स्तर को पर्याप्त भोजन मिलेगा?

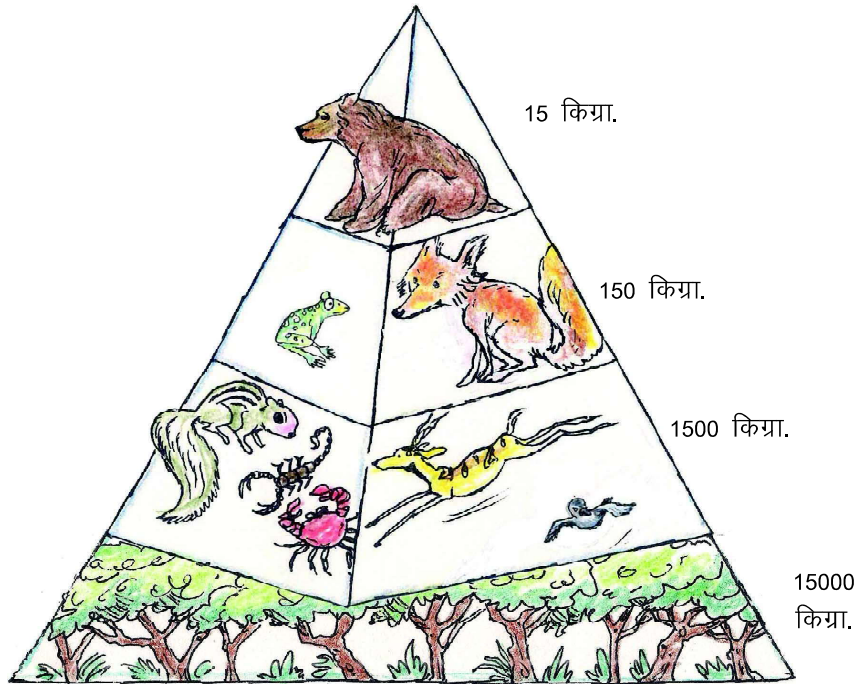
### 5.3.2 उत्पादकों की भूमिका एवं जीव भार (Role of Producers and Biomass)

किसी पौधे में सौर ऊर्जा से प्रकाश संश्लेषण द्वारा कार्बनिक यौगिकों का बनना एवं उनका संग्रह ही उस पौधे का प्राथमिक उत्पादन (primary production) है। प्रति इकाई जमीनी क्षेत्र के समूचे पौधों का किसी निश्चित समय पर लिया गया भार कुल प्राथमिक उत्पादन को दर्शाता है और यही किसी पारिस्थितिक तंत्र के उत्पादकों का सम्मिलित जीव भार (biomass) भी कहलाता है। ऐसे ही अन्य पोषक स्तरों के लिए भी जीव भार ज्ञात किया जाता है। किसी खाद्य श्रृंखला में एक स्तर का जीव भार, अगले स्तर के भोजन व ऊर्जा का स्रोत होता है। हर स्तर पर कितना भोजन उपलब्ध है, यह केवल जीवों की संख्या के पिरामिड से ही नहीं वरन् जीव भार के पिरामिड से भी पता चलता है।

- धान के खेत और जंगल की संख्या के पारिस्थितिक पिरामिड अलग-अलग हैं। क्या उनके जीव भार के पिरामिडों में भी ऐसा ही अंतर होगा? सोचकर लिखें।

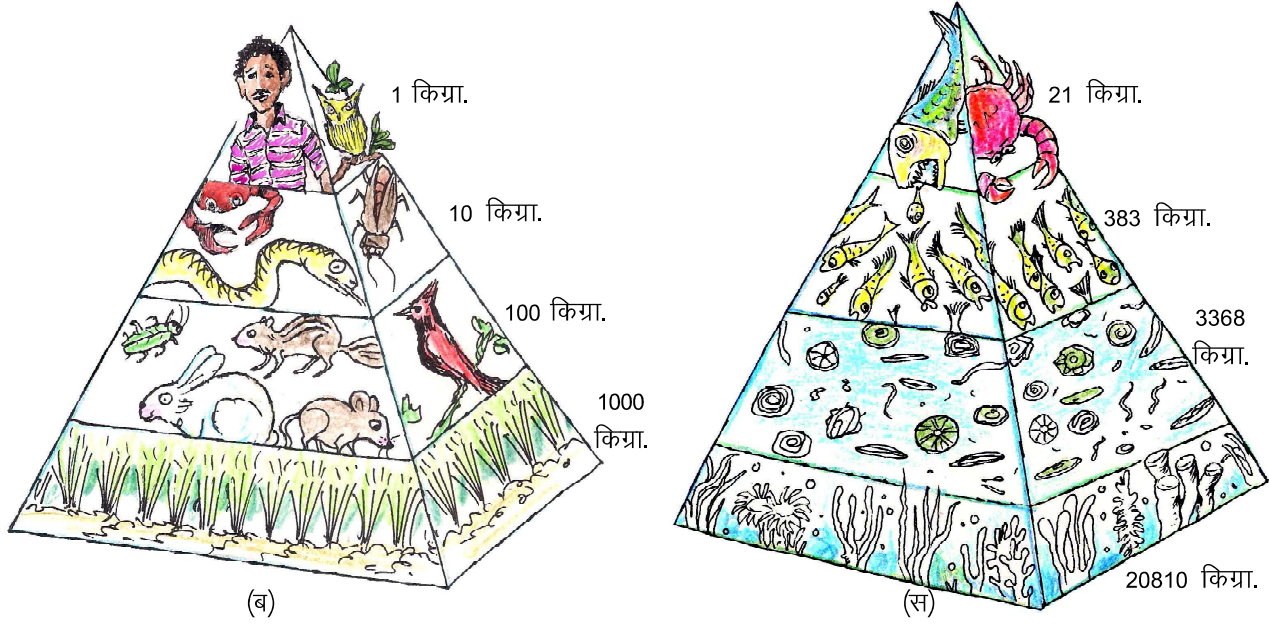
### 5.3.3 जीव भार के पिरामिड (Pyramid of Biomass)

कुछ पारिस्थितिक तंत्रों के जीव भार के पिरामिडों के उदाहरण इस प्रकार हैं—



(अ)





चित्र-9 : जीव भार के पिरामिड (जीव भार प्रति किग्रा./1000 वर्ग मीटर में )  
(अ) जंगल (ब) धान के खेत या चरागाह (स) किसी जलीय पारिस्थितिक तंत्र में

- चित्र-9 (ब) में दर्शाए गए जीव भार के पिरामिड में मनुष्य को क्या तृतीय या द्वितीय पोषक स्तर पर रखा जा सकता है? स्पष्ट करें।
- तीनों पारिस्थितिक तंत्र के जीव भार के पिरामिड में कोई दो समानता लिखें।
- क्या जंगल के जीव भार के पिरामिड के अनुसार उपभोक्ता के पहले स्तर के लिए पर्याप्त भोजन मिल रहा होगा?

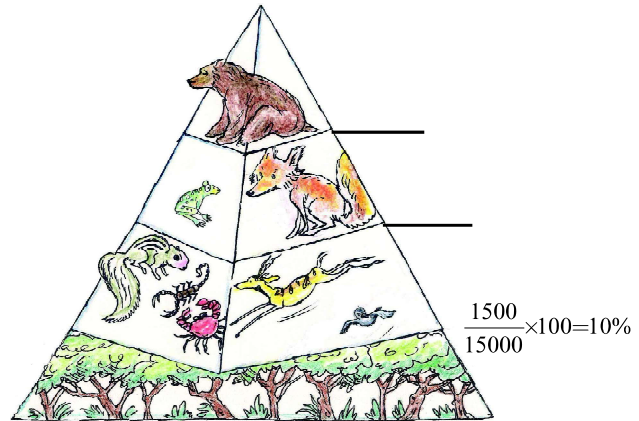
जीव भार का सीधा सम्बन्ध भोजन की उपलब्धता से है। हम जानते हैं कि हमें भोजन से ऊर्जा मिलती है।

- जीव भार के पिरामिड को देखकर अनुमान लगाएँ कि क्या द्वितीय पोषक स्तर को जितनी ऊर्जा मिल रही होगी, तृतीय या चतुर्थ पोषक स्तर को भी उतनी ही ऊर्जा मिल रही होगी?
- प्रथम पोषक स्तर से द्वितीय पोषक स्तर तक जीव भार कितना प्रतिशत घटा है? हर पिरामिड के लिए अलग-अलग ज्ञात करें।

### 5.3.4 पोषक स्तर के द्वारा ऊर्जा का प्रवाह (Energy flow through trophic levels)

प्रत्येक पोषक स्तर को मिलने या दूसरे पोषक स्तर में जाने वाली ऊर्जा को ज्ञात करना बहुत मुश्किल है। अतः हम प्रायः जीवभार व प्राथमिक उत्पादन के आधार पर ही ऊर्जा के अनुमानित प्रवाह को दर्शाने का प्रयास करते हैं।

आइए, जीव भार के पिरामिड के आधार पर ही हर स्तर को मिलने वाली अनुमानित ऊर्जा के प्रतिशत को ज्ञात करने का प्रयास करें।



चित्र-10 : पोषक स्तरों में अनुमानित ऊर्जा का प्रतिशत

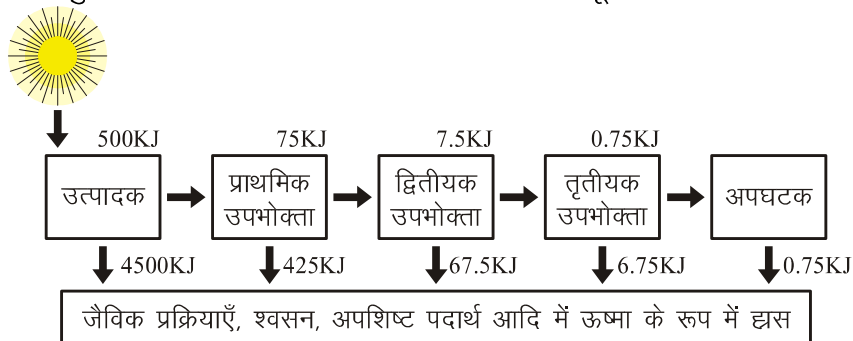
सामान्यतः पौधों में, प्राप्त होने वाली सौर ऊर्जा का लगभग 1 प्रतिशत भाग प्रकाश संश्लेषण द्वारा खाद्य पदार्थों की रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित होता है। इसके भी 10 प्रतिशत भाग पौधों को खाने वाले प्राथमिक उपभोक्ताओं को उपलब्ध होता है (अर्थात् सौर ऊर्जा का 0.1 प्रतिशत)। प्राथमिक उपभोक्ताओं में खाए हुए भोजन का लगभग 10 प्रतिशत ही जैव भार में बदलता है जो अगले स्तर के उपभोक्ता को उपलब्ध हो पाता है (अर्थात् ऊर्जा परिवर्तन की दक्षता लगभग 10% होती है)। ऊर्जा परिवर्तन की दक्षता अलग-अलग पारिस्थितिक तंत्रों में अलग होती है और 2 से लेकर 24 प्रतिशत तक के आँकड़े शोधकर्ताओं ने प्राप्त किये हैं। पौधों में प्रकाश संश्लेषण द्वारा सौर ऊर्जा का संग्रहण होता है (अध्याय-7 की मदद लें)। ऊर्जा की कुछ मात्रा जैविक क्रियाओं को चलाने में काम आती है तो कुछ जीव के शरीर से बाहर निकल जाती है। इस प्रकार अगले स्तर के उपभोक्ता के लिए ऊर्जा की बहुत कम मात्रा उपलब्ध हो पाती है अर्थात् लगभग सभी पारिस्थितिक तंत्रों के लिए ऊर्जा का पिरामिड सीधा होगा क्योंकि सबसे ज्यादा ऊर्जा उत्पादकों के स्तर पर ही होगी। इससे एक और बात स्पष्ट होती है कि पारिस्थितिक तंत्र कितना ही विविध क्यों न हो उनमें कुछ बुनियादी समानताएं हैं। ऊर्जा का प्रवाह ऐसी समानता को दर्शाता है।

- सामान्यतः किसी खाद्य श्रृंखला में कितने पोषक स्तर होते हैं? ऐसा क्यों होता होगा?
- क्रियाकलाप-1 में अपने अवलोकन के आधार पर, आपने जो खाद्य श्रृंखला बनाई थी उसमें कितने पोषक स्तर थे?
- धान के खेत की खाद्य श्रृंखला में अधिकतम कितने पोषक स्तर हैं?
- यदि धान के खेत में उत्पादकों के स्तर के प्रति हेक्टेयर पर 5000 किलो कैलोरी ऊर्जा है, तो 0.5 किलो कैलोरी ऊर्जा तक खाद्य श्रृंखला में अधिकतम कितने स्तर होंगे? गणना कीजिए एवं पिरामिड बनाकर दर्शाइए (ध्यान रखें कि हर स्तर पर 10% ऊर्जा ही है)। क्या आपके द्वारा बनाई गई खाद्य श्रृंखला में भी इतने ही स्तर हैं?

कोई भी खाद्य श्रृंखला ऊर्जा के प्रवाह का एक मार्ग दर्शाती है। खाद्य जाल ऊर्जा के प्रवाह के कई मार्गों को दर्शाता है। खाद्य श्रृंखला एवं ऊर्जा के पिरामिड से स्पष्ट होता है कि ऊर्जा का प्रवाह एक ही दिशा में होता है, अर्थात् प्रथम स्तर को ही देखें तो पौधों द्वारा उपयोग में लाई गई ऊर्जा पुनः सौर ऊर्जा में परिवर्तित नहीं होती। पोषक स्तरों में ऊर्जा के प्रवाह को दर्शाने के लिए चित्र -11 की मदद ली जा सकती है।

### सोचें और चर्चा करें कि—

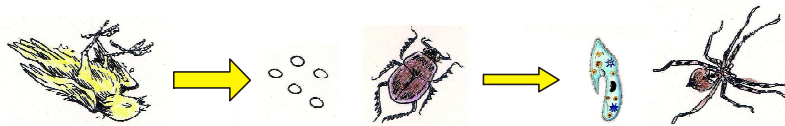
- क्या हर पोषक स्तर पर ऊर्जा का हास होता होगा?  
(याद कीजिए कि अध्याय-3 में आपने ऊर्जा के रूपान्तरण के बारे में अध्ययन किया था)
- चित्र-11 के अनुसार ऊर्जा के प्रवाह में अपघटकों की क्या भूमिका होती होगी?



चित्र-11 : पारिस्थितिक तंत्र में अनुमानित ऊर्जा का प्रवाह

### क्या आप जानते हैं?

अपघटित होने वाले पदार्थों से भी खाद्य श्रृंखला एवं खाद्य जाल शुरू हो सकता है। इसके एक उदाहरण के बारे में आपने कानी मछरी के आवास में जाना था। यहाँ एक खाद्य जाल का उदाहरण दिया गया है।



अपघटित होने वाला पदार्थ  
ऊर्जा का स्रोत

प्राथमिक उपभोक्ता

द्वितीय उपभोक्ता

समुद्र के तल पर जहाँ सूर्य की रोशनी नहीं पहुँच पाती वहाँ जीवाणुओं से शुरू होने वाला एक खाद्य जाल ऐसा भी है जहाँ ऊर्जा का स्रोत सूर्य नहीं बल्कि समुद्र के तल का रासायनिक पदार्थ युक्त अत्यधिक गरम पानी है। यह गरम पानी समुद्र के तल के ज्वालामुखियों के निकास से होकर निकलते रहता है जिससे पानी का तापमान लगभग 400°C तक पहुँच जाता है।

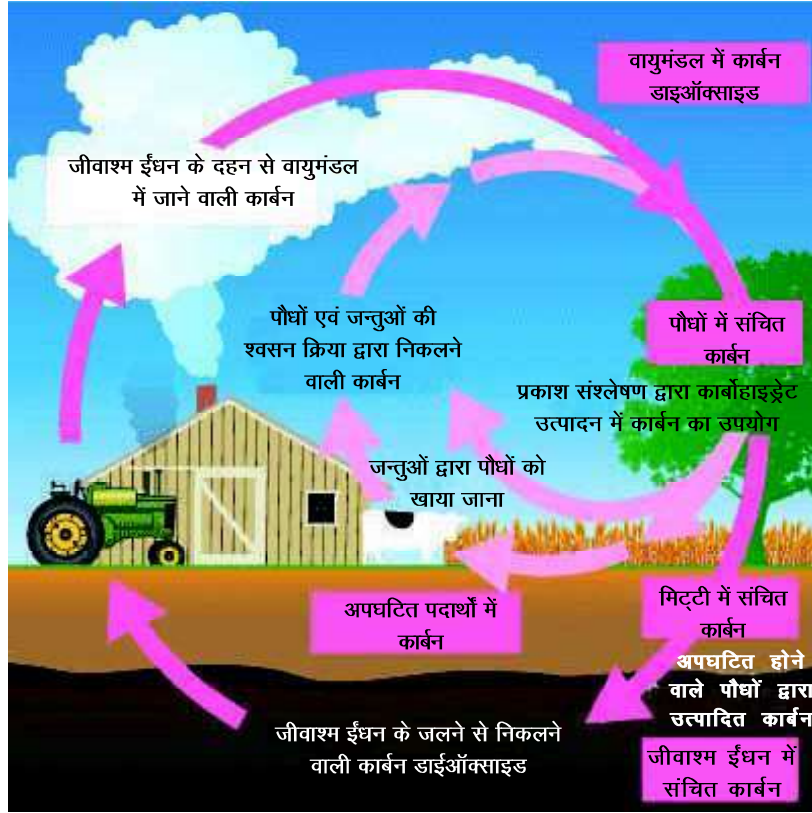
हमने देखा कि प्रत्येक पोषक स्तर से श्वसन तथा विभिन्न जैविक क्रियाओं के द्वारा ऊष्मा के रूप में ऊर्जा बाहर निकल जाती है, साथ ही अपशिष्ट पदार्थों के रूप में जीवों के शरीर से जो पदार्थ निकल जाते हैं, उनमें भी ऊर्जा होती है पर वह उस जीव के काम नहीं आती। इन पदार्थों का पर्यावरण में अन्य जीवों के भोजन या अन्य किसी रूप में चक्रीकरण होता रहता है। पर्यावरण के अजैविक घटकों एवं जीवों के अपशिष्ट पदार्थ एवं अवशेष में पाए जाने वाले पोषक तत्वों के चक्रीकरण का पोषक चक्रों के रूप में अध्ययन किया जाता है।

### 5.4 पोषक चक्र—पदार्थों का प्रवाह (Nutrient cycle—Flow of substances)

आपको मालूम ही है कि हमारी पृथ्वी पर सौ से अधिक तत्व पाए जाते हैं। ये तत्व पर्यावरण में ठोस, द्रव या गैस अवस्था में पाए जाते हैं। इनमें से कुछ तत्व जीवधारियों के शरीर निर्माण में काम आते हैं। किसी जीव के शरीर में इन्हीं तत्वों की रासायनिक क्रियाओं द्वारा विभिन्न प्रकार के पदार्थ जैसे— कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, वसा आदि का निर्माण होता है। इनका चक्रीकरण— कार्बन चक्र, नाइट्रोजन चक्र आदि के रूप में होता है।

#### सोचें और नोट करें—

- पृथ्वी पर कार्बन डाइऑक्साइड गैस कहाँ—कहाँ पाई जाती है?
- कार्बन डाइऑक्साइड गैस किन क्रियाओं से निकलती है?
- पौधों में कार्बनिक खाद्य पदार्थ किस प्रक्रिया के फलस्वरूप बनता है?
- पौधों से जन्तुओं के शरीर में यह खाद्य पदार्थ कैसे पहुँचते हैं?



चित्र-12 : कार्बन चक्र

- चित्र देखकर बताएँ कि वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड किन-किन स्रोतों से पहुँचता है?

प्रकृति में कार्बन का चक्र, कार्बन डाइऑक्साइड के गैसीय चक्र के रूप में चलता रहता है। हरे पौधे प्रकाश संश्लेषण क्रिया में वायुमंडल की कार्बन डाइऑक्साइड से जटिल खाद्य पदार्थ बनाते हैं। इन पदार्थों का कुछ भाग कोयला, चूना पत्थर आदि के निर्माण में व्यय हो जाता है। किन्तु इन सभी कार्बनिक पदार्थों के दहन से कार्बन डाइऑक्साइड पुनः वायुमंडल में चली जाती है। पौधों और जन्तुओं की श्वसन क्रिया द्वारा भी कार्बन डाइऑक्साइड वायुमंडल में चली जाती है। जब जन्तु पौधों को खाते हैं तब कार्बनिक पदार्थ जन्तुओं में पहुँचते हैं। अन्त में सूक्ष्म जीवों द्वारा मृत कार्बनिक पदार्थों के अपघटन से (पौधों और जन्तुओं के मृत शरीर एवं अंगों के सड़ने आदि से) कार्बन डाइऑक्साइड वायुमंडल में चली जाती है। इस प्रकार प्रकृति में कार्बन का एक चक्र चलता रहता है।

### 5.5 पारिस्थितिक तंत्र में मनुष्य का हस्तक्षेप (Human intervention in ecosystem)

किसी भी पारिस्थितिक तंत्र पर मनुष्य कई तरह से प्रभाव डालता है। कार्बन के चक्रीकरण को ही देखें तो जीवाश्म ईंधनों के अत्यधिक उपयोग से पर्यावरण में कार्बन के ऑक्साइडों की मात्रा बढ़ने लगी है। साथ ही हवा में कार्बन के कणों की मात्रा भी अधिक हो रही है।

#### सोचें, चर्चा करें और नोट करें—

- किन अजैविक घटकों पर मनुष्य का प्रतिकूल प्रभाव पड़ा है?
- किन जैविक घटकों को मनुष्य ने प्रभावित किया है?





धान के खेत के खाद्य जाल का उदहरण लें तो मनुष्य अपने फायदे के लिए दूसरे पोषक स्तर के कई जीवों को खत्म कर देता है।

- ऐसा करने पर उस पारिस्थितिक तंत्र पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- यदि धान के खेत की खाद्य श्रृंखला में किसी नई प्रजाति का जीव शामिल हो जाए तो क्या होगा?
- कीटनाशी दवाओं के प्रयोग से यदि हर धान के पौधे में 0.01 मिग्रा आर्सेनिक जमा हो जाता है तो 30 धान के पौधों में कितने मिग्रा आर्सेनिक जमा होगा ? अगर हर दिन आप लगभग 30 पौधों से प्राप्त दानों को खाते हैं, सोचिए कितना आर्सेनिक आपके शरीर में पहुँचता है?

हम जानते हैं कि नुकसान पहुँचाने वाले कीटों और सूक्ष्म जीवों से बचाने के लिए धान की तरह अन्य फसलों में भी विभिन्न कीटनाशी, कवकनाशी, शाकनाशी आदि दवाओं का उपयोग किया जाता है। इनमें से कुछ रसायनों का जल्दी अपघटन हो जाता है किन्तु कुछ लम्बे समय तक मिट्टी में पड़े रह जाते हैं, जो हानि पहुँचाने वाले जीवों को समाप्त करने के साथ-साथ मित्र जीवों और फसलों को भी नुकसान पहुँचाते हैं।

कभी-कभी ये फसलों द्वारा अवशोषित होकर उन फसलों को खाने वाले मनुष्यों और पशुओं के शरीर में पहुँच जाते हैं और अनेक रोग भी उत्पन्न करते हैं।

ऐसे कुछ रसायन जब लम्बे समय तक मिट्टी में पड़े रह जाते हैं तब मिट्टी के भौतिक एवं रासायनिक गुणों में परिवर्तन आ सकता है और फसल उत्पादन कम हो सकता है। ऐसी मिट्टी को फिर से उपजाऊ बनाना बहुत कठिन होता है। अतः पर्यावरण को हानि पहुँचाने वाले कृत्रिम तरीकों एवं रसायनों का उपयोग विशेषज्ञों की सलाह से, कम से कम किया जाना चाहिए ताकि हमारा पर्यावरण और हम सुरक्षित रह सकें।

- अपने घर या शाला के आसपास मनुष्य के हस्तक्षेप के कारण पर्यावरण को हो रहे नुकसान के अन्य उदाहरण के बारे में लिखें।
- पर्यावरण को हानि से बचाने में आप की अपनी भूमिका क्या है? लिखें।

### क्या आप जानते हैं?

जलकुंभी तेज़ी से बढ़ने वाला एक जलीय पौधा है। सामान्यतः आप इसे अपने आस-पास के तालाबों और नदियों की ऊपरी सतह पर फैला हुआ देख सकते हैं। यह विदेश से लाया गया पौधा है जो जलीय पारिस्थितिक तंत्र के कई जीवों की आबादी पर विपरीत प्रभाव डालता है।



### हमने सीखा

- किसी पर्यावरण के सभी जीव-जंतु एक-दूसरे पर और निर्जीव घटकों पर निर्भर रहते हैं।
- पारिस्थितिक तंत्र, वातारण के सभी जैविक और अजैविक घटकों के पूर्ण समन्वय से बनी व्यवस्था या तंत्र है।
- लगभग सभी पौधे, सौर ऊर्जा को प्रकाश संश्लेषण द्वारा अपने तथा कई अन्य जीवों के लिए खाद्य अर्थात् रासायनिक ऊर्जा के रूप में परिवर्तित करते हैं। अतः ये उत्पादक हैं।
- किसी पौधे में प्रकाश संश्लेषण द्वारा कार्बनिक यौगिकों का बनना एवं उनका संग्रह उस पौधे का प्राथमिक उत्पादन है।
- एक खाद्य श्रृंखला में उत्पादक को छोड़कर सभी जीव उपभोक्ता हैं।

- किसी पारिस्थितिक तंत्र में जीव भार, जीव संख्या तथा ऊर्जा संबन्धी आँकड़ों को पारिस्थितिक पिरामिडों के द्वारा दर्शाया जाता है।
- किसी पारिस्थितिक तंत्र के उत्पादकों का कुल प्राथमिक उत्पादन ही सम्मिलित जीव भार होता है।
- किसी पारिस्थितिक तंत्र में पौधे, प्राप्त हाने वाली सौर ऊर्जा का लगभग 1 प्रतिशत भाग प्रकाश संश्लेषण द्वारा खाद्य ऊर्जा के रूप में परिवर्तित करते हैं। पौधों को खाने वाले प्राथमिक उपभोक्ताओं में खाए हुए भोजन का लगभग 10 प्रतिशत ही जीव भार में बदलता है।
- जीवधारियों के शरीर निर्माण में काम आने वाले तत्वों का प्रकृति में चक्रीकरण होता रहता है।

### मुख्य शब्द (Keywords)

पारिस्थितिकी, पारिस्थितिक तंत्र, स्तर, पारिस्थितिक पिरामिड, जीव भार, पोषक पदार्थों का चक्र



### अभ्यास

1. सही विकल्प चुन कर लिखिए—

- आम के एक पेड़ पर लगभग 2234 कीड़े, 56 पक्षी और 3 साँप रहते हैं तो ऊर्जा का पिरामिड होगा—  
(अ) सीधा (ब) उल्टा (स) आयताकार (द) निश्चित नहीं होगा
- खुले, नम स्थान पर रखे ब्रेड के एक टुकड़े पर फफूंद उग आई। कुछ दिनों में उस पर कुछ कीड़े, मक्खियाँ आदि दिखाई देने लगे। इस खाद्य श्रृंखला में आखिरी पोषक स्तर पर है—  
(अ) खाद्य पदार्थ (ब) ब्रेड (स) मक्खियाँ (द) इनमें से कोई नहीं
- एक कीड़े के जीवन-चक्र में चार अवस्थाएँ हैं— अंडा, लार्वा, प्यूपा व वयस्क। यदि उसकी अंडा, लार्वा व प्यूपा अवस्था किसी अन्य जीव के शरीर के अंदर पूरी होती है तो उसका जीवन-चक्र कितने पारिस्थितिक तंत्रों में पूरा होगा—  
(अ) एक (ब) दो (स) तीन (द) चार
- क्या होगा यदि किसी बड़े इलाके से सारी कीटभक्षी चिड़िया समाप्त कर दी जाएँ—  
(अ) फसल उत्पादन बढ़ जाएगा  
(ब) कीटों का प्रकोप बढ़ जाएगा  
(स) दूसरे पक्षियों की संख्या बढ़ जाएगी  
(द) कोई असर नहीं होगा

- (v) एक गाय घास खाती है। उसका गोबर और उससे बने कंड़े ईंधन के रूप में काम आते हैं। इस प्रक्रिया में बना धुआँ वायुमंडल में और अवशेष, राख आदि मिट्टी में मिला दिए जाते हैं, यह संपूर्ण प्रक्रिया है—
- (अ) खाद्य श्रृंखला (ब) खाद्य जाल  
(स) पदार्थों का चक्र (द) जीवन चक्र
- (vi) एक तालाब के पारिस्थितिक तंत्र की खाद्य श्रृंखला का विस्तार जलीय पौधों, छोटी—बड़ी मछलियों से लेकर मनुष्यों तक है। यहां एक पोषक स्तर से अगले पोषक स्तर को प्राप्त होने वाली ऊर्जा—
- (अ) कम होती जाएगी (ब) अधिक होती जाएगी  
(स) समान बनी रहेगी (द) कभी कम, कभी अधिक होती रहेगी
- (vii) किसी बगीचे के जीवों की गणना में 5567 घास के पौधे, 453 झाड़ियाँ, 23 पेड़ व 7769 जन्तु पाए गए। इस बगीचे का कुल प्राथमिक उत्पादन होगा—
- (अ) बगीचे के समस्त जीवों का सम्मिलित जीव भार  
(ब) बगीचे की समस्त वनस्पतियों का सम्मिलित जीव भार  
(स) बगीचे के समस्त जन्तुओं का सम्मिलित जीव भार  
(द) केवल घास के पौधों का सम्मिलित जीव भार
2. धान के भूसे पर एक प्रकार का फफूंद उगाया जाता है जिसे हम खाते हैं। क्या यह किसी खाद्य श्रृंखला को दर्शाता है? इसके लिए ऊर्जा का स्रोत क्या है?
3. किसी पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा कैसे प्रवाहित होती है? अपने शब्दों में समझाइए।
4. क्या होगा यदि पृथ्वी पर सजीवों के रूप में केवल मानव और वनस्पतियाँ ही रह जाएं?
5. क्या होगा यदि किसी पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा के प्राकृतिक प्रवाह में कोई बाधा आ जाए? उदाहरण सहित समझाइए।
6. अलग—अलग पोषक स्तर पर उपलब्ध ऊर्जा उस स्तर के जीवों की संख्या को कैसे प्रभावित करती है? संक्षेप में समझाइए।
7. कोई ऐसा उदाहरण दीजिए जो मनुष्यों की क्रियाओं द्वारा पारिस्थितिक तंत्र में परिवर्तन को दर्शाता है।

**नोट :** अध्याय में अधिकाँश चित्रों में दिए गए आँकड़े केवल अध्ययन हेतु हैं, उन्हें रटने पर जोर न दिया जाए। साथ ही यह ध्यान दिया जाए कि एक पारिस्थितिक तंत्र दूसरे से बहुत भिन्न है, जैसे दो तालाबों के आँकड़े भी एक समान नहीं होंगे।