इकाई – 3
पारिस्थितिकी तंत्र
(Ecosystem)

परिचय (Introducation)

पृथ्वी पर पाये जाने वाले विभिन्न प्रकार के जीवों के चारों ओर जो वातावरण पाया जाता हैं उसे पर्यावरण कहते हैं। पर्यावरण के मुख्य घटक हैं: (1) वायु, (2) जल, (3) मृदा, (4) प्रकाश, (5) वनस्पति और (6) जन्तु आदि। इन्हें जैविक (Biotic) व अजैविक (Abiotic) श्रेणियों में विभक्त किया जाता है। इन्हीं घटकों के मध्य होने वाली विभिन्न क्रियाओं के फलस्वरूप पृथ्वी पर अनेक प्रकार की भिन्नतायें पाई जाती है। इसलिए पृथ्वी पर मरूस्थल, घास के मैदान, वन, नदियाँ, झीलें, सागर और महासागर बने हैं। इन सभी को हम प्रकृति के नाम से पुकारते हैं। प्रकृति के सभी प्रकार के घटकों के बीच निरंतर अर्न्तसम्बन्ध (Interrelationship) क्रियाशील रहते हैं और इसी कारण भिन्न–भिन्न प्रकार की परिस्थितियाँ उत्पन्न होती हैं। सभी घटक परस्पर अन्तनिर्भर (Mutually Dependent) होते हैं तथा इनका संतुलित चक्र चलता रहता है। प्रकृति की यह व्यवस्था सदैव एक निश्चित दिशा की ओर संचालित होती है।

पारिस्थितिकी तंत्र की परिभाषा

(Definition of ecosystem)

प्रकृति के विभिन्न घटकों की क्रियाशीलता से उत्पन्न सम्पूर्ण संतुलित व्यवस्था को पारिस्थितिकी तंत्र (Ecosystem) कहते हैं। इकोसिस्टम की संकल्पना ए.जी. टेन्सले (A. G. Tansley) ने 1935 में प्रस्तुत की तथा उसे निम्न रूप में परिभाषित किया:–

''इकोसिस्टम वह तंत्र है जो पर्यावरण के संपूर्ण जैविक व अजैविक कारकों के पारस्परिक संबंधों तथा प्रक्रियाओं के परिणामस्वरूप प्रकट होता है'' अथवा ''इकोसिस्टम प्रकृति का वह तंत्र है जिसमें जैविक व अजैविक घटकों की संरचना व कार्यो का पारिस्थितिक संबंध निश्चित नियमों के अनुसार गतिज संतुलन में रहता है तथा ऊर्जा व पदार्थो का प्रवाह सुनियोजित मार्गो से होता रहता है।''

बहुत ही सामान्य रूप से यह कहा जा सकता है कि इकोसिस्टम एक ऐसी इकाई है जिसमें सभी जीव अपने अजैविक या भौतिक वातावरण के साथ एक क्रमबद्ध रूप से (orderly) आत्मनिर्भर क्रम में रहते हैं।

अंग्रेजी में हम उसे ऐसे परिभाषित कर सकते हैं :– The Term "eco" means the environment and "system" means an interacting and interdependent complex.

पारिस्थितिक तंत्रों के प्रकार

(Kinds of Ecosystems)

पारिस्थितिक तंत्रों को मुख्य रूप से दो प्रकारों में विभाजित किया गया है, वे हैः–

(अ) प्राकृतिक (Natural) (ब) कृत्रिम (Artificial)

(अ) प्राकृतिक (Natural): ये तंत्र प्राकृतिक दशाओं में स्वतः प्रचलित (operate) होते है। इनमें मानवीय हस्तक्षेप बहुत कम होता है। आवास (habitat) के आधार पर इन्हें दो प्रकारों में विभक्त किया जाता है :–

(i) स्थलीय (Terrestrial): इसमें वन, घासस्थल और मरूस्थलीय इत्यादि सम्मिलित हैं।

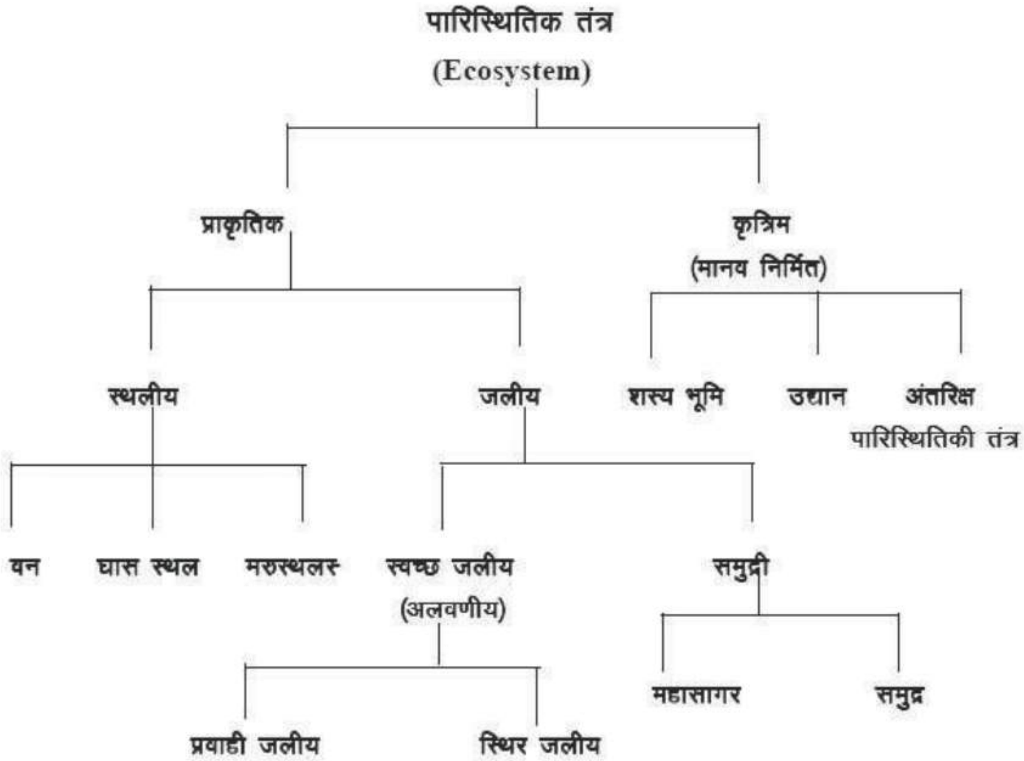
(ii) जलीय (Aquatic): इसमें स्वच्छ जलीय (Fresh water) व समुद्री (marine) पारिस्थितिक तंत्र सम्मिलित हैं।

इन सभी प्रकार के पारिस्थितिकी तंत्रों का परिचयात्मक वर्णन यहां दिया जा रहा है।

सीलीय पारिस्थितिकी तंत्र

(Terrestrial Ecosystem)

इसमें अनेक प्रकार के उप तंत्र पाये जाते हैं उनमें से यहां पर वन तंत्र, घास के मैदानों का तंत्र तथा मरूस्थलीय तंत्रों का



वर्णन दिया गया है।

1. वन पारिस्थितिक तंत्र (Forest Ecosystem)

पृथ्वी तल पर एक अनुमान के अनुसार 40 प्रतिशत भाग पर वन है। इस पारिस्थितिक तंत्र के मुख्य घटक इस प्रकार है :–

अजैविक घटक (Abiotic components): मृदा व वायुमण्डल में उपस्थित अकार्बनिक व कार्बनिक पदार्थ इस घटक में सम्मिलित है। इनके अलावा धरातल पर उपस्थित पौधों के मृत भाग भी इसी में आते हैं।

जैविक घटक (Biotic components): इनका क्रम निम्नानुसार है :–

उत्पादक (Producers): वनों में मुख्य उत्पादक वृक्ष (trees) हैं, जिनकी ऊँचाई, विविधता और वितरण वहां उपस्थित जलवायु पर निर्भर करता है। वृक्षों की प्रकृति व जलवायु के अनुसार वनों के कई प्रकार हैं, जिनमें मुख्य है :–

(i) भूमध्यरेखीय वन

(ii) मानसूनी वन

(iii) उष्ण कटिबन्धीय सदाबहार चौड़ी पत्ती वाले वन

;iv) टैगा यास कोणधारी वन और

(v) मिश्रित वन

वृक्षों के अतिरिक्त वनों में कुछ झाड़ियां तथा काष्ठलताएँ (liana) भी, धरातलीय वनस्पति के साथ पाई जाती है। मुख्य वृक्ष हैं, टेक्टोना ग्रान्डिस, ब्युटिया फ्रोन्डोसा, शोरिया रोबस्टा अन्य वृक्ष जो वनों में पाये जाते हैं उनमें मुख्य है :– करकस, ऐसर, बिटुला (भोजपत्र), थूजा, पाइसिया, पाइनस (चीड़), सीड्रस (देवदार), रोडोडेन्ड्रोन।

उपभोक्ता (consumers) : ये निम्न है :–

प्राथमिक उपभोक्ता (Primary consumers): इनमें वे सभी शाकाहारी प्राणी सम्मिलित हैं जो वृक्षों की पत्तियां खाकर जीवित रहते हैं। इनमें चींटियां (ants), मक्खियां (flies), भृंग (beetles), पातफुदक (leafhoppers), कीट (bugs) और मकड़ी (spiders) इत्यादि सम्मिलित हैं, इनमें हाथी, नीलगाय, हिरण, गिलहरी, श्रू (shrews), उड़नलोमड़ी (flying foxes) व नेवला (mongooses) इत्यादि मुख्य है।

द्वितीयक उपभोक्ता (Secondary consumers): ये वे मांसाहारी है जो शाकाहारी जीवों का भक्षण करते हैं। इनके कुछ उदाहरण है :– सांप, चिड़िया, छिपकली आदि।

तृतीयक उपभोक्ता (Tertiary consumers) : इसमें शीर्षस्थ मांसाहारी जीव सम्मिलित है जैसे– शेर, सिंह, तेंदुआ आदि।

अपघटक (Decomposers): इसमें कई प्रकार के सूक्ष्मजीव, कवक, एक्टिनोमाइसिटीज व जीवाणु सम्मिलित हैं जो मृत कार्बनिक पदार्थो का अपघटन करके तत्वों व खनिजों को पौधों को पुनः उपलब्ध करवाते है।

2. घास स्थल पारिस्थितिक तंत्र (Grassland Ecosystem)

यह स्थलीय पारिस्थितिकी तंत्र का एक प्रकार है। पृथ्वी तल के 19 प्रतिशत भाग पर घास पाई जाती है। घास स्थल के घटक निम्न है :–

अजैविक घटक (Abiotic components): इनमें मृदा और वायुवीय पर्यावरण में उपस्थित पोषक सम्मिलित है। कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, फॉस्फोरस व गंधक आदि तत्व वायु व मृदा में उपस्थित CO_2, पानी, नाइट्रेटस्, फॉफेस्टस् और सल्फेटस् द्वारा उपलब्ध कराये जाते हैं।

जैविक घटक (Biotic components) : ये निम्न है :–

उत्पादक (Producers): ये मुख्य रूप से घास (gress) है। इनमें साएनोडोन, डिजिटेरिया, डाइकेन्थियम, सिटेरिया, ब्रेकिएरिया और स्पाइरोबोलस की जातियां प्रमुख हैं। इनके अलावा कुछ झाड़ियां (shrubs) व फोर्ब्स (forbes) भी प्राथमिक उपत्पादन में सहायक होते है।

उपभोक्ता (Consumers) : इनमें तीन श्रेणियां है :–

(अ) प्राथमिक उपभोक्ता (Primary consumers) : इस श्रेणी में घास खाने वाले पशु जैसे गाय, भैंस, हिरण, भेड़, खरगोश व चूहे आते हैं। इनके अलावा घास की पत्तियों को खाने वाले कुछ कीट व दीमक (termites) भी उपस्थित होती है।

(ब) द्वितीयक उपभोक्ता (Secondary consumers): इस श्रेणी में शाकाहारी प्राणियों का भक्षण करने वाले मांसाहारी जीव आते हैं। इनमें चिड़ियां, छिपकली, सांप, मेंढ़क, गीदड़ व लोमड़ी सामान्य रूप से सम्मिलित है।

कभी–कभी बाज इनमें से कुछ द्वितीयक उपभोक्ताओं को खा जाते हैं। अतः बाज (hawk) तृतीयक श्रेणी का उपभोक्ता माना जाता है।

(स) अपघटक (Decomposers): इनमें कवक, एक्टिनोमाइसिटीज व कई प्रकार के जीवाणु सम्मिलित हैं जो मृत कार्बनिक पदार्थों का अपघटन करते हैं। अपघटन से कई तत्व स्वतंत्र होते हैं, जो पौधों के पोषण में काम आते हैं।

3. मरूस्थलीय पारिस्थितिक तंत्र (Desert Ecosystem)

मरूस्थल दुनिया के स्थलीय भू–भाग का लगभग 17 प्रतिशत भाग बनाते हैं। मरूस्थल ऐसे स्थानों पर पाये जाते हैं जहां वर्षा का वार्षिक औसत 25 सेन्टीमीटर से भी कम होता है। उच्च तापमान, कम वर्षा, उच्च वायु गति (high wind velocity) ऐसे स्थानों की प्रमुख विशेषताएँ है। भारत के पश्चिमी भाग में विशाल मरूस्थलीय भू–भाग हैं, इसे थार का मरूस्थल (Thar desert) कहते हैं। इसके प्रमुख घटक है :–

उत्पादक (Producers) : इसमें झाड़ियां, कुछ घास व कुछ वृक्ष सम्मिलित हैं। यहां पर कुछ मांसल (succulent) व काटेंदार वनस्पति बहुतयात में मिलती है। अधिकांश पौधे सीमित वर्षाकाल में ही अपना जीवन पूरा कर लेते हैं।

उपभोक्ता (Consumers): इसमें सामान्यतः सरीसृप वर्ग (reptiles) व कीट प्रजातियां सम्मिलित है। जो शुष्क परिस्थितियों में जीवित रहते हैं। यहां पर ऐसे जीव बहुतायत में मिलते हैं जो बिलों में रहते हैं और रात्रि में बाहर निकलते हैं। मरूभूमि का मुख्य पशु ऊँट है। यहां पर भेड़ व बकरी पालन मुख्य व्यवसाय है।

अपघटक (Decomposers): इनमें ऐसे जीवाणु व कवक सम्मिलित हैं जो उच्च तापमान में जीवित रहते हैं, बहुत ही कम मात्रा में बने मृत कार्बनिक पदार्थो का अपघटन करते हैं।

जलीय पारिस्थितिक तंत्र (Aquatic Ecosystem)

1. ताल पारिस्थितिक तंत्र (Pond Ecosystem)

स्वच्छ जल (Fresh water) का ताल (pond) एक स्वयं–संपूर्ण (self-sufficient) व स्वतः नियामक तंत्र (self-regulating system) है। ताल में उपस्थित जन्तु एवं पादप उसके भौतिक रासायनिक पर्यावरण का निर्माण करते हैं और अपने अनुकूलनों से सफलतापूर्वक जीवन–यापन भी करते हैं। ताल पारिस्थितिकी तंत्र के विभिन्न घटक (componments) निम्न है:–

अजैविक घटक (Abiotic components): ताल के अजैविक घटकों में प्रकाश, ऊष्मा, जल का pH मान तथा उसके पानी में उपस्थित CO_2, O_2, कैल्सियम, नाइट्रोजन, फॉस्फेट व ह्युमिक अम्ल इत्यादि मुख्य हैं।

स्थायी अवस्था (Standing state): ताल के जल में किसी भी समय उपस्थित खनिजों की मात्रा को स्थायी अवस्था कहते हैं।

आविलता सूचकांक (Turbidity index): जल की विभिन्न गहराइयों की आविलता (विभिन्न प्रकार के कणों के कारण निर्मित) को सेची डिस्क से नापते हैं।

प्रकाश तीव्रता (Light intensity): जल की भिन्न गहराई तक पहुँचने वाले प्रकाश की तीव्रता। इसे लक्स मीटर द्वारा नापते हैं। इसी प्रकार ताल जल में उपस्थित O_2 की मात्रा, CO_2 की मात्रा, उसका pH मान भी यंत्रों की सहायता से ज्ञात किया जा सकता है।

पानी में इन विभिन्न प्रकार के कारकों की उपस्थिति व उनकी मात्रा इसके जैविक घटकों का निर्धारण करती है।

जैविक घटक (Biotic components): जल में उपस्थित विभिन्न प्रकार के पादप व जन्तु उसका जैविक घटक कहलाते हैं। ये हैं :–

1. उत्पादक (Producers): सभी हरें पौधे व कुछ प्रकाश संश्लेषी जीवाणु जो स्वयंपोषी होते हैं, उत्पादक कहलाते हैं। ये निम्न प्रकार के होते है :–

(अ) गुरूप्लवक (Macrophytes): ये जड़ वाले बड़े पौधे निम्न प्रकारों के होते हैं :–

(i) स्वतंत्र तैरने वाले (Free-floating): उदाहरण ट्रापा (सिंघाड़ा), एजोला, वुल्फिया व जलकुंभी।

(ii) पानी में तैरने वाले (submerged floating): ये पानी के अन्दर ही तैरते रहते हैं। उदाहरणः– हाइड्रिला।

(iii) जल निमग्न जड़ों वाले (Rooted submerged): इन पौधों की जड़ें नीचे पंक या मिट्टी (mud) में होती है और पत्तियाँ पानी के अन्दर ही तैरती रहती हैं। उदाहरण – वेलिस्नेरिया।

(iv) जड़ों वाले–तैरती पत्तियों वाले (Rooted with floating leaves) : ऐसे पौधे की जड़े पंक या कीचड़ (mud) में तथा पत्तियां पानी की सतह पर तैरती रहती है। उदाहरणः– कमल।

(ब) पादप प्लवक (phytoplanktons) : ये प्रायः सूक्ष्म पौधे होते हैं जो स्वतंत्र रूप से तैरते रहते हैं। इनमें शैवाल मुख्य हैं। उदाहरण : वॉलवॉक्स, क्लेमाइडोमोनास, माइक्रोसिस्टिस, ऑसिलेटोरिया, युलोथ्रिक्स आदि।

2. उपभोक्ता (consumers) : ये परपोषी होते हैं, और अपना पोषण उत्पादकों से प्राप्त करते हैं, ये निम्न प्रकार के हैंः–

(i) प्राथमिक उपभोक्ता (Primary consumers) : शाकाहारी पौधों से अपना पोषण प्राप्त करते हैं। ये दो प्रकार के होते है :–

(अ) नितल जीवजात (Benthos): ये अधस्तल या पैंदे पर पड़े पादप अवशेषों को खाते हैं। इनमें मछली, लारवा, भृंग (beetles) व चिंचड़ी (mites) आदि आते हैं।

(ब) प्राणिप्लवक (Zooplanktons): ये सूक्ष्म जीव (जन्तु) हैं जैसे कोलेप्स, युग्लीना, साइक्लोप्स आदि। ये पादप प्लवकों को अपना आहार बनाते हैं।

(ii) द्वितीयक उपभोक्ता (Secondary consumers): ये कीट और मछली होते हैं जो शाकाहारियों से भोजन प्राप्त करते हैं।

(स) तृतीयक उपभोक्ता (Tertiary consumers): ये मांसाहारी है। जैसे– आखेट मीन (Gamefish)।

3. अपघटक (Decomposers) : इन्हें सूक्ष्म उपभोक्ता भी कहते हैं। ये सिर्फ अपघटित कार्बनिक पदार्थो के अंश का अवशोषण करते हैं। ये मुख्यतः जीवाणु, एक्टिनोमाइसिटीज व कवक होते हैं। उदाहरण हैः– एस्पर्जिलस, राइजोपस, ट्राइकोडर्मा, फ्युजेरियम आदि।

2. सागरीय पारिस्थितिकी तन्त्र (Marine Ecosystem)

महासागर एक विशाल पारिस्थितिकी तन्त्र का रूप है। सागरीय पारिस्थितिकी तन्त्रों के भौतिक घटकों जैसे उनकी रासायनिक संरचना, रासायनिक गुणवत्ता, घुलनशील गैसों की मात्रा, सूर्य प्रकाश, तापमान, लवणता का स्तर, जल की स्थिरता आदि भिन्न–भिन्न होते हैं। इस पारिस्थितिकी तन्त्र में लवणों की मात्रा सामान्यतः 35 भाग प्रति हजार से अधिक पाई जाती है। नदियों के मुहानों पर जल में लवणता की मात्रा कम और तटों से दूर सागरीय लवणता बढ़ती जाती है। सागरीय पारिस्थितिकी तन्त्र पर जल की गहराई, तट से दूरी, नदियों व हिम नदियों से जल व हिम की आवक, पवन की दिशा व गति, जलीय संचरण आदि का प्रभाव पड़ता है। सागरीय पारिस्थितिकी तन्त्र लगभग 2.5 लाख विभिन्न प्रजातियों के पादप व जीव जन्तुओं को आश्रय प्रदान करता है। इनमें से अधिकांश एककोशीय पादप प्लैंकटोन (Phytoplankton) व जैव प्लैंकटोन (Zooplankton) जैसे पादप व जीव है। ये विभिन्न प्रकार एवं आकार के जीवों का मुख्य आहार हैं तथा जैविक उद्भव एवं विकास का मुख्य आधार है। जैविक उद्भव एवं विकास का मुख्य आधार प्रकाश की उपलब्धता होती है। किन्तु तट से दूर जाने पर महासागरीय गहराई बढ़ते जाने के साथ–साथ सूर्य प्रकाश की मात्रा कम होती जाती है। इसलिये इस पारिस्थितिकी तन्त्र को प्रकाशहीन क्षेत्र (Aphotic zone) भी कहते हैं। यहां प्रकाश के अभाव में उत्पादकों का उद्भव व विकास अपेक्षाकृत धीमी गति से होता है। सागरीय पारिस्थितिकी तन्त्र के मुख्य उत्पादक विभिन्न प्रकार के प्लैंकटोन, शैवाल व अन्य वानस्पतिक रूप होते हैं जो विविध प्रकार के जीवों का आहार बनते हैं। अतः ये प्राथमिक उत्पादक हैं जो इस पारिस्थितिकी तन्त्र में प्रथम पोषक स्तर की भूमिका निभाते हैं। इनके मुख्य उपभोक्ता तैरने वाले घोंघे, जैलीफिश, झींगा मछली व अन्य प्रकार की मछलियां होती है। जलीय पारिस्थितिकी तन्त्र में जीव जन्तुओं के मृत शरीर पर विभिन्न प्रकार के जीवाणु व फफूंद अपघटक के रूप में कार्य करते हैं।

पारिस्थितिक तंत्र की संरचना (Structure of an Ecosystem)

पारिस्थितिक तंत्र के दो घटक होते हैं– जैविक घटक (Biotic components) तथा अजैविक घटक (Abiotic

components)।

1. जैविक घटक (Biotic Components) – ये निम्न प्रकार के हैं–

(i) स्व–पोषित अथवा उत्पादक (Autotrophs or producers)

(ii) उपभोक्ता या परपोषित घटक (Consumer or Heterotrophic components)

  (a) प्रथम श्रेणी के उपभोक्ता (Consumers of the first order)

  (b) द्वितीय श्रेणी के उपभोक्ता (Consumers of the second order)

  (c) तृतीय श्रेणी के उपभोक्ता या शीर्ष मांसाहारी (Consumers of the third order or top carnivores)

(iii) अपघटक (Decomposers)

2. अजैविक घटक (Abiotic Components)

  1. अकार्बनिक पदार्थ (Inorganic materials)

    (i) जल (Water)

    (ii) तत्व (Elements) – K, Mg, Ca, N, P एवं आदि।

    (iii) गैसें (Gases) – O_2, CO_2, H_2, N_2 एवं NH_3 आदि।

  2. कार्बनिक पदार्थ (Organic materials)

    (i) कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates)

    (ii) प्रोटीन्स (Proteins)

    (iii) वसा (Fats)

    (iv) जीवांश (ह्यूमस) तथा यूरिया (Humus and Urea)

  3. भौतिक अथवा जलवायवीय घटक (Physical or Climatic Components)

    (i) प्रकाश

    (ii) ताप (Temperature)

    (iii) वायु (Wind)

    (iv) वर्षा (Rainfall)

    (v) नमी या आर्द्रता (Humidity)

1. जैविक घटक (Biotic Components)

हरे पौधे (Green plants) जो सूर्य के प्रकाश में भोजन बनाते हैं, प्राथमिक उत्पादक (Primary producers) कहलाते हैं। इस क्रिया में पौधों से ऑक्सीजन (O_2) निकलकर वातावरण में मिल जाती है जो जीवधारियों के श्वसन में काम आती है। जैविक घटक अग्रलिखित होते हैं –

(i) स्व–पोषित अथवा उत्पादक (Autotrophs or producers) – वे हरे सजीव पादप सदस्य जो साधारण अकार्बनिक (Inorganic) पदार्थों को प्राप्त कर प्रकाश–संश्लेषण की क्रिया द्वारा जटिल पदार्थ भोजन के रूप में निर्माण करने में सक्षम होते हैं, स्व–पोषित कहलाते हैं। ये जीव प्रमुख रूप में सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा प्राप्त करते हैं जिसके लिए इनमें पर्णहरित (Chlorophyll) नामक पदार्थ होता है। इस प्रकार के घटक उत्पादक कहलाते हैं, क्योंकि ये उत्पादित खाद्य पदार्थों का विभिन्न प्रकार से संचय भी करते हैं। यही संचित खाद्य पदार्थ सभी प्रकार के जीवों के लिए प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप में भोजन का स्रोत होता है।

(ii) उपभोक्ता या परपोषित घटक (Consumer or Heterotrophic components) – इस घटक के सदस्यों में पर्णहरित के अभाव के कारण भोजन बनाने की क्षमता नहीं होती है, अतः ये अपने भोजन के लिए उत्पादकों पर निर्भर रहते हैं, इसलिए इन्हें उपभोक्ता (Consumer) भी कहते हैं। ये उपभोक्ता, उत्पादकों द्वारा उत्पादित या संचित भोजन का उपयोग करते हैं। उपभोक्ता तीन श्रेणियों में विभाजित किये जा सकते हैं (चित्र 3.1)

(a) प्रथम श्रेणी के उपभोक्ता (Consumers of first order or Primary consumers) – ये जीव अपने भोजन के लिए प्रत्यक्ष रूप से हरे पौधों अर्थात् उत्पादकों पर निर्भर रहते हैं, अतः ये मुख्य रूप से शाकाहारी (Herbivores) होते हैं जैसे – चूहा,

चित्र 3.1 : पारिस्थितिक तंत्र में पोषी स्तर

कीट, बकरी, गाय, खरगोश, हिरण आदि।

(b) द्वितीयक श्रेणी के उपभोक्ता (Consumers of second order or secondary consumers) – वे उपभोक्ता जो अपना भोजन प्राथमिक उपभोक्ताओं से प्राप्त करते हैं, द्वितीयक श्रेणी के उपभोक्ता कहलाते हैं जैसे – सांप, मेंढक आदि।

(c) तृतीयक श्रेणी के उपभोक्ता या शीर्ष मांसाहारी (Consumers of the third order or top consumers) – वे जीव जो मांसभक्षी प्राणियों अर्थात् द्वितीयक श्रेणी (उपभोक्ताओं) का भक्षण करे वे तृतीय श्रेणी उपभोक्ता कहलाते हैं। ये सर्वहारी व शाकाहारी का भी भक्षण कर लेते हैं। ये वे जीव हैं जो अन्य जीवों का तो भक्षण कर लेते हैं, किन्तु इन्हें कोई भी प्राणी नहीं खा सकता। अतः इन्हें शीर्ष उपभोक्ता (Top consumers) भी कहते हैं। उदाहरणार्थ – चीता, शेर, बाज (Hawk), गिद्ध (Vulture) आदि।

(iii) अपघटक (Decomposers) – अपघटक वे मृतपोषी कवक तथा जीवाणु हैं जो जीवों के मरने पर उनके मृत शरीरों या शरीर के अवशेषों को अपघटित (Decompose) करके उनके अवयवों को फिर से कार्बन, नाइट्रोजन, फॉस्फोरस आदि खनिज तत्वों में परिवर्तित कर देते हैं। इस प्रकार भोजन को जिसे प्राथमिक रूप में उत्पादकों ने संचित किया था तथा अन्य उपभोक्ताओं ने प्रयोग किया उसे वातावरण में वापस लौटाने का कार्य अपघटक ही करते हैं। अतः पारिस्थितिक तंत्र के सन्तुलित संचालन के लिए अपघटकों की भूमिका उतनी ही महत्वपूर्ण है जितनी कि उत्पादकों की या उपभोक्ताओं की। अपघटन प्रक्रिया के समय अति संक्षिप्त मात्रा में कुछ कार्बनिक पदार्थों को ये सूक्ष्म जीव अपने भोजन के रूप में भी ग्रहण कर लेते हैं। संक्षिप्त में हम यह कह सकते हैं कि अपघटक पारिस्थितिक तंत्र में खनिज लवण व अन्य कच्ची सामग्री (Raw material) के पुनः चक्रण (Recycling) का महत्वपूर्ण कार्य करते हैं।

2. अजैविक घटक (Abiotic Components)

अजीवीय घटकों को निम्न भागों में बांटा जा सकता है–

(i) अकार्बनिक (Inorganic) पदार्थ – जैसे – नाइट्रोजन, कार्बन, कैल्शियम, सल्फर, फॉस्फोरस एवं जल इत्यादि। वातावरण में इन सबके अपने चक्र होते हैं।

(ii) कार्बनिक (Organic) पदार्थ – जैसे – प्रोटीन्स (Proteins), कार्बोहाइड्रेट्स (Carbohydrates) एवं लिपिड्स (Lipids), जो जैविक अंश को अजैविक अंश से जोड़ता है।

3. भौतिक अथवा जलवायवीय (Physical or Climatic) घटक

जैसे – ताप, जल एवं वायु इत्यादि।

पारिस्थितिक तंत्र के ठीक प्रकार से कार्य करने के लिए यह आवश्यक है कि खनिज पदार्थों का परिभ्रमण (Circulation) लगातार होता रहे। ये मृदा के द्वारा जीवित कारकों में प्रवेश पाते हैं और पौधों तथा जन्तुओं की मृत्यु व गलने पर फिर से मृदा व वायुमण्डल मिल जाते हैं। पौधों की वृद्धि एवं विकास के लिए बहुत से तत्व आवश्यक है, परन्तु छः तत्व क्रमशः कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, फॉस्फोरस और पोटेशियम विशेष रूप से महत्वपूर्ण है। भौतिक तत्वों के परिसंचरण क्रम का अध्ययन करने से हमें पारिस्थितिक तंत्र में पाये जाने वाले वायु, जल एवं लवणों के वातावरण से जीव के शरीर में मिलने एवं शरीर की अनेक क्रियाओं द्वारा पुनः वातावरण में मिल जाने का ज्ञान होता है।

पारिस्थितिकीय पिरेमिड (Ecological Pyramids)

"किसी भी पारिस्थितिक तंत्र में एक खाद्य शृंखला के विभिन्न पोषण स्तरों की संख्या (Number), जीव भार (Biomass) तथा ऊर्जा (Energy) के आलेखी निरूपण को पारिस्थितिक पिरेमिड कहते हैं।"

पारिस्थितिक तंत्र के विभिन्न पोषण स्तरों (Trophic levels) का पारस्परिक सम्बन्धों का चित्रात्मक रूपों में निरूपण किया जा सकता है। इन चित्रात्मक निरूपणों की आकृति पिरेमिड जैसी होती है। इसलिए इन्हें पारिस्थितिक पिरेमिड कहते हैं। ऐसे चित्रात्मक निरूपणों के पिरेमिडों का विचार सर्वप्रथम चार्ल्स एल्टन (1927) ने रखा, अतः इन्हें "एल्टोनियन पिरेमिड" भी कहते हैं।

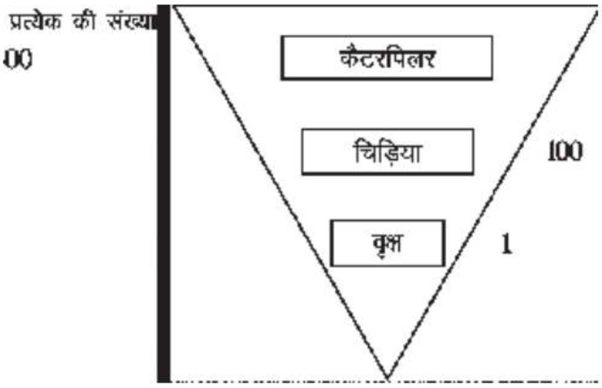
पिरेमिडों के प्रकार (Type of Pyramids)

पारिस्थितिकीय पिरेमिड निम्न तीन प्रकार के हैं–

1. जीव–संख्या का पिरेमिड (Pyramid of numbers)
2. जीव–भार का पिरेमिड (Pyramid of biomass)
3. ऊर्जा का पिरेमिड (Pyramid of energy)

1. जीव–संख्या का पिरेमिड (Pyramid of numbers)

किसी भी पारिस्थितिक तंत्र में उपस्थित भोजन शृंखला में पाये जाने वाले विभिन्न पोषण स्तरों (Trophic levels) में उपस्थित जीवों की संख्या को दर्शाने के लिए जिस पिरेमिड का उपयोग करते हैं, उसे संख्या का पिरेमिड कहते हैं। एक पारिस्थितिक तंत्र जैसे घास–स्थल (Grassland) में प्रायः उत्पादकों (Producers) की संख्या सबसे अधिक होती है प्राथमिक उपभोक्ताओं (Primary consumers) की संख्या उत्पादकों की संख्या से कम होती है तथा जो उपभोक्ता प्राथमिक उपभोक्ता से पोषण प्राप्त करते हैं उनकी संख्या और कम होती है। इस प्रकार प्रत्येक पोषक स्तर पर जीवों की संख्या क्रमशः कम होती जाती है। यदि संख्या को एक चित्रण द्वारा दर्शाया जाये तो एक सीधा (Upright) पिरेमिड बनता है। ऐसे पिरेमिड में, आधार पर



चित्र 3.2 : संख्याओं का पिरामिड

उत्पादकों की संख्या तथा उत्तरोत्तर क्रम में प्राथमिक, द्वितीयक व तृतीयक उपभोक्ताओं की संख्या दर्शाते हैं।

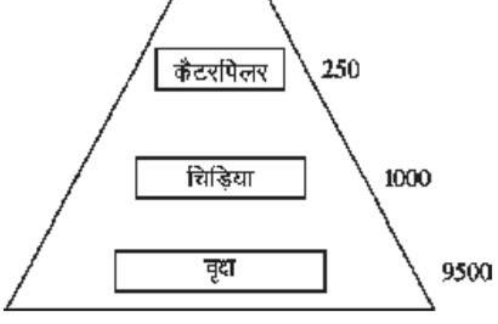
उत्पादक → प्राथमिक उपभोक्ता → द्वितीयक उपभोक्ता → तृतीयक उपभोक्ता → शीर्षस्थ उपभोक्ता

ऐसे पिरेमिड कभी–कभी उल्टे भी हो सकते हैं– जैसे उदाहरण के लिए एक विशाल वृक्ष (प्राथमिक उत्पादक) के ऊपर फल खाने वाले बहुत से पक्षी (प्राथमिक उपभोक्ता) रहते हैं; जिनके शरीर में बहुत से छोटी कीटाणु (द्वितीयक श्रेणी के उपभोक्ता) रहते हैं। इस प्रकार उत्तरोत्तर पोषण स्तरों में जीवों की संख्या बढ़ती जाती है। इसलिए ऐसे वृक्ष के पारिस्थितिक तंत्र की संख्या का पिरेमिड उल्टा होता है (चित्र 3.2)।

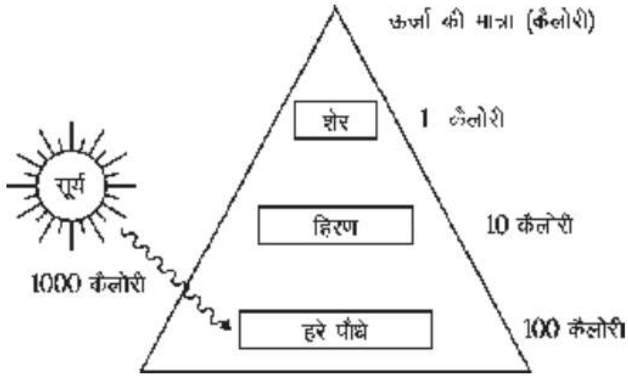
2. जीव–भार का पिरेमिड (Pyramid of biomass)

जीव–भार (Biomass) – किसी भी पारिस्थितिक तंत्र में जीवों का इकाई क्षेत्र (Unit area) में सम्पूर्ण शुष्क भार (Dry weight) जीव–भार कहलाता है।

घास पारिस्थितिक तंत्र में विभिन्न पोषण स्तरों का जीव–भार



चित्र 3.3 : जीव–भार का पिरामिड



चित्र 3.4 : ऊर्जा का पिरामिड

निकालकर उसका चित्रीय निरूपण करें तो यह सीधा पिरेमिड बनाता है। प्राथमिक उत्पादकों का जीव–भार सबसे अधिक होता है और उत्तरोत्तर पोषक स्तरों पर उपस्थित उपभोक्ताओं (Consumers) का जीव–भार कम होता जाता है और शिखर पर उपस्थित जीवों का जीव–भार सबसे कम होता है।

एक विशाल वृक्ष के पारिस्थितिक तंत्र में भी जीव–भार का पिरेमिड सीधा (Upright) होता है चूंकि प्राथमिक उत्पादक का जीव–भार सबसे अधिक होता (चित्र 3.3)। एक जलाशय (Pond) पारिस्थितिक तंत्र में जीवभार का पिरेमिड उल्टा होता है।

3. ऊर्जा का पिरेमिड (Pyramid of energy)

इस प्रकार के पिरेमिड से भोजन शृंखला के प्रत्येक पोषण स्तर पर उपस्थित जीवों में उपलब्ध कुल ऊर्जा का पता चलता है (चित्र 3.4)। प्रत्येक पोषण स्तर पर उपस्थित ऊर्जा का केवल दस प्रतिशत भाग ही अगले या उच्च पोषण स्तर पर स्थानान्तरित होता है, इसलिए उत्पादकों से विभिन्न पोषण स्तरों पर ऊर्जा क्रमशः कम होती जाती है। इसलिए ऊर्जा के आधार पर किये गये निरूपण का पिरेमिड सदैव सीधा (Erect) होता है। इस प्रकार के पिरेमिड में समय और क्षेत्र अधिक महत्वपूर्ण होते हैं। ऊर्जा पिरेमिड ऊष्मा विज्ञान (Thermodynamics) के नियमों का पालन करती है।

पारिस्थितिक तंत्र के कार्य (Functions of Ecosystem)

इसमें पारिस्थितिक तंत्र की उत्पादकता, खाद्य–शृंखला, खाद्य–जाल व ऊर्जा प्रवाह तथा जैव भू–रासायनिक चक्रों पर चर्चा का उल्लेख दिया जा रहा है।

पारिस्थितिक तंत्र की उत्पादकता (Productivity of Ecosystem)

पारिस्थितिक तंत्र की उत्पादकता उसमें होने वाली उत्पादन की दर (rate of production) को कहते हैं। एक इकाई समय में एकत्रित होने वाले कार्बनिक पदार्थ की मात्रा को ही उत्पादकता कहते हैं। उत्पादकता के निम्न प्रकार है :–

1. प्राथमिक उत्पादकता (Primary productivity): उत्पादकों (producers) द्वारा प्रकाश संश्लेषी (photosynthetic) व रसायन संश्लेषी (chemosynthethic) क्रियाओं द्वारा जिस दर से विकिरण ऊर्जा (radiant energy) का संग्रह होता है, उसे प्राथमिक उत्पादकता कहते हैं। उत्पादकों में हरे पादप, पादपप्लवक (phytoplanktons) और कुछ जीवाणु उत्पादकों की श्रेणी में आते हैं। प्राथमिक उत्पादकता के दो प्रकार है :–

(अ) सकल प्राथमिक उत्पादकता ;Gross primary productivity): इसे कुल प्रकाश संश्लेषण या कुल स्वांगीकरण (total assimilation) भी कहते हैं। यह क्लोरोफिल की मात्रा पर निर्भर करता है। इसे निम्न सूत्र द्वारा भी दर्शाया जा सकता है :– CO_2 की स्थिर की गई मात्रा / ग्राम क्लोरोफिल / घंटा।

इसे प्रकाश संश्लेषण की कुल दर भी कहा जाता है (जिसमें श्वसन में काम आने वाले कार्बनिक पदार्थ भी सम्मिलित हैं) इसे सामान्यतः GPP नाम से बोलते हैं।

(ब) शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता (Net primary productivity या NPP) : पौधों द्वारा प्रकाश संश्लेषण में संचित कार्बनिक पदार्थों में से जब श्वसन (वृद्धि व जनन में हुआ ह्रास) में काम आने वाली मात्रा को निकाल देते हैं तो शेष मात्रा शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता कहलाती है। इसका सूत्र है :– NPP = कुल प्रकाश संश्लेषण – श्वसन + वृद्धि व जनन में हुआ ह्रास अथवा NPP = GPP – R

2. द्वितीयक उत्पादकता (Secondary productivity): इसका संबंध परपोषियों (heterotrophs) व उपभोक्ताओं (consumers) से है। परपोषी व उपभोक्ता, उत्पादकों द्वारा भोजन प्राप्त कर उनसे श्वसन द्वारा ऊर्जा का उपयोग अपने शरीर के विभिन्न उत्तकों के निर्माण में करते हैं। द्वितीयक उत्पादकता चल (mobile) होती है।

3. शुद्ध उत्पादकता (Net Productivity) : कार्बनिक पदार्थों के संचय की दर (Rate of storage of organic matter) शुद्ध उत्पादकता कहलाती है। इस प्रकार यह प्राथमिक उत्पादकों के जीवभार की बढ़ती दर है जो मांसभक्षियों द्वारा उपयोग में नहीं ली जाती है। इसका सूत्र है – Centi gm/m_2/day।

पारिस्थितिक तंत्र की खाद्य–श्रृंखलाएँ (Food Chains in Ecosystem)

उत्पादकों द्वारा पर्णहरित और प्रकाश की उपस्थिति में सौर या विकिरण ऊर्जा (radiant energy) का स्थिरीकरण (fixation) कार्बनिक पदार्थो के रूप में होता हैं। प्रकृति में यह खाद्य ऊर्जा विभिन्न पोषण स्तरों में उत्तरोत्तर निम्न क्रम में निरन्तर स्थानांतरित होती रहती है :– उत्पादक —> शाकाहारी —> मांसभक्षी —> अपघटक (decomposers)। एक पारिस्थितिक तंत्र में उत्पादकों द्वारा खाद्य के रूप में संचित ऊर्जा का विभिन्न पोषण स्तरों (trophic levels) में निरंतर स्थानांतरण एक श्रृंखला के रूप में होता है अतः इसे खाद्य–श्रृंखला (food chain) कहते हैं। इसका सही क्रम है :–

प्रथम पोषण स्तर — प्राथमिक उत्पादक (खाद्य श्रृंखला का प्राथमिक स्तर)
↓
द्वितीय पोषण स्तर — शाकाहारी (herbivores) या प्राथमिक उपभोक्ता
↓
तृतीय पोषण स्तर — मांसाहारी (carnivores) या द्वितीयक उपभोक्ता
↓
चतुर्थ पोषण स्तर — मांसाहारी या सर्वभक्षी (omnivores) या तृतीयक / शीर्षस्थ उपभोक्ता
↓

सर्वभक्षी वे जीव हैं जो मांसाहारी और शाकाहारी दोनों भी हो सकते हैं। इसलिए एक से अधिक पोषण स्तर ग्रहण कर सकते हैं। इस प्रकार खाद्य श्रृंखला में ऊर्जा का स्थानांतरण एक क्रमबद्ध रूप से निरतंर चलता रहता है। कई प्रकार की खाद्य श्रृंखलाएँ होती है। जैसे :– 1. घास स्थल पारिस्थितिकी तंत्र की खाद्य–श्रृंखला या चारण खाद्य श्रृंखला, 2. अपरद (detritus) खाद्य श्रृंखला।

1. चारण खाद्य श्रृंखला (Grazing food chain): इसका क्रम है :–

हरे पादप – चारण शाकाहारी – मांसाहारी

घास और शाक
(Grasses and forbs)
↓
टिड्डा
(Grasshoppers)
↓
मेंढ़क (Frog)
↓
सांप (Snake)
↓
बाज (Hawk)

चित्र : 3.5 चारण खाद्य–श्रृंखला

उपरोक्त चित्र 3.5 से स्पष्ट है कि घास (हरे पादप) सौर ऊर्जा को कार्बनिक पदार्थो को बनाकर स्थिर करते हैं। घास के पत्तों को टिड्डे (शाकाहारी कीट) खाते हैं। टिड्डों को मेंढ़क भोजन के रूप में खाते हैं। मेंढ़क को सांप और सांप का भक्षण बाज करता है। इस प्रकार एक पोषण स्तर के जीवों का भक्षण, दूसरे पोषण स्तर के जीवों द्वारा किया जाता है। यह क्रम सर्वोच्च मांसभक्षी (top carnivore) तक निरंतर क्रमशः चलता रहता है।

2. अपरद खाद्य श्रृंखला (Detritus food chain) : इस प्रकार की खाद्य–श्रृंखला मृत कार्बनिक पदार्थो (dead organic matter) से प्रारंभ होती है। इसका क्रम निम्न है (चित्र 3.6):–

मृत कार्बनिक पदार्थ ––> सूक्ष्मजीवी ––> अपरदाहरी

इस प्रकार की खाद्य श्रृंखला शीतोष्ण वनों (temperate forests) में पाई जाती है जहां यह अपघटित संचित करकट (decomposed litter) पर प्रारंभ होती है। इस प्रकार की खाद्य–श्रृंखला प्रत्यक्ष रूप से सौर ऊर्जा पर निर्भर नहीं करती है।

अपरद खाद्य–श्रृंखला का सबसे अच्छा उदाहरण है मेंग्रोव वनस्पति की पत्तियों से (mangrove leaves) प्रारंभ होने वाला राइजोफोरा मेंगल (Rhizophore mangle) एक ऐसा पादप है जो समुद्री किनारे पर छिछले पानी में उगता है। इस पौधे की पत्तियां जब पानी में गिर जाती है तो पत्तियों पर मृतपोषी कवक जीवाणु व प्रोटोजोआ (एक प्रकार के जन्तु) क्रिया करते हैं। इन्हें छोटे जीव खाते हैं। ये प्राणी शमलभोजी (coprophagus) कहलाते हैं। इन प्राणियों में केंकड़े (crabs), अरियवाद (copepods) कीटों के विभिन्न लारवा (larvae), सूत्रकृमि (nematodes) द्विकपाटी मोलस्का (bivalve molluscus) इत्यादि प्रमुख हैं। ये प्राणी अपरद उपभोक्ता (detritus consumers) कहलाते हैं। इन प्राणियों को छोटी आखेट मछली (small game fish) खाती है। छोटी मछली, बड़ी आखेट मछली या मछली भक्षक पक्षियों द्वारा खाई जाती है।

इस प्रकार खाद्य श्रृंखला में खाद्य ऊर्जा का प्रारंभ अपघटित पत्तियों से प्रारंभ होता है।

वनस्पति की मेन्ग्रूव पत्तियां

↓

कवक, जीवाणु, प्रोटोजोआ द्वारा अपघटन

↓

मृत कार्बनिक पदार्थ

↓

अपरद उपभोक्ता
(केंकड़े, लार्वा, कोपीपोड, सूत्रकृमि इत्यादि)

↓

छोटी आखेट मछली

बड़ी आखेट मछली / मछली भक्षी पक्षी (शीर्ष मांसाहारी)

चित्र 3.6 : अपरद खाद्य श्रृंखला (detritus food chain)

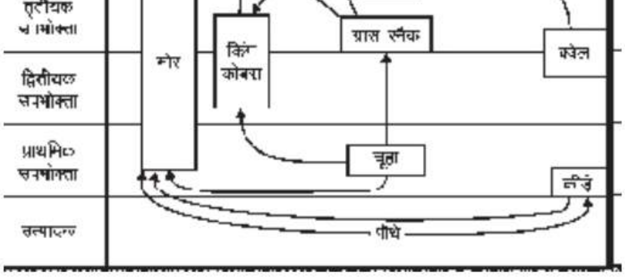
पोषण स्तर (Trophic Levels)

पारिस्थितिक तंत्र में उत्पादकों द्वारा संश्लेषित कार्बनिक पदार्थों का क्रमशः प्रथम, द्वितीय, तृतीय व सर्वोच्च उपभोक्ताओं द्वारा भोजन के रूप में उपयोग किया जाता है। पारिस्थितिक तंत्र की इस उत्पादक–उपभोक्ता व्यवस्था की प्रत्येक कड़ी या जीव को पोषण तल या पोषण स्तर कहते हैं। जैसे किसी एक चारागाह पारिस्थितिक तंत्र में विभिन्न प्रकार की घासें उत्पादक होती है। यह प्रथम पोष स्तर (T_1) का निर्माण करती है। इनके द्वारा निर्मित भोजन शाकाहारी जन्तु टिड्डा, खरगोश आदि के लिए उपलब्ध होता है जो द्वितीय पोष स्तर (T_2) का निर्माण करती है। टिड्डे को मेंढक एवं खरगोश को शेर खा जाते हैं। मेंढक एवं शेर तृतीय पोष स्तर (T_3) का निर्माण करती है।

विभिन्न पोष स्तरों में जीवित पदार्थ की मात्रा अप्रवाही शस्य (Standing crop) कहलाती है। इसे इकाई क्षेत्र में उपस्थित जीवों की कुल संख्या व अशुष्क (Fresh) या शुष्क (Dry) भार के रूप में व्यक्त करते हैं। जब अप्रवाही शस्य को भार के रूप में व्यक्त करते हैं तब यह जैव भार (Biomass) कहलाता है।

खाद्य–जाल (Food Web)

जब एक से अधिक खाद्य श्रृंखलाएँ (food chains) एक पारिस्थितिक तंत्र में एक दूसरे से बंधी रहती हुई क्रियाशील होती है तो उसे खाद्य–जाल कहते हैं। प्रकृति में एक खाद्य श्रृंखला के एक या अधिक पोषण स्तर अन्य खाद्य श्रृंखला के पोषण स्तर से जुड़े होते हैं इस प्रकार एक जाल का निर्माण होता है। उदाहरण के लिए, पौधे (उत्पादक) चूहे द्वारा खाये जाते हैं। चूहे को सांप खा



चित्र 3.7 : खाद्य जाल का आरेख

लेता है। सांप को उल्लू एवं बाज खा लेते हैं। वास्तव में यह क्रम अधूरा है (चित्र 3.7)। यह क्रम यह नहीं दर्शाता कि वे ही पौधे, चूहे के अतिरिक्त खरगोश द्वारा या अन्य पर्णभक्षी जन्तुओं द्वारा भी खाये जा सकते हैं और चूहों को सांप के अतिरिक्त दूसरे जन्तु और सांप को बाज के अतिरिक्त दूसरे जन्तु भी खा सकते हैं। खाद्य जाल वास्तव में एक सम्पूर्ण समुदाय के सभी जीवित प्राणियों का एक–दूसरे से भोजन के सम्बन्ध स्थापित करता है। खाद्य जाल में, खाद्य ऊर्जा के स्थानान्तरण का मार्ग बहुदिशीय (Multidirectional) होता है।

पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा प्रवाह (Energy Flow in Ecosystem)

ऊर्जा का प्रवाह हमेशा एकदिशीय (unidirectional) होता है। पारिस्थितिक तंत्र की क्रियाशीलता, जैविक उद्‌भव, विकास तथा अपघटन के लिए ऊर्जा एक आधारभूत आवश्यकता है। पारिस्थितिक तंत्र के सभी घटकों के लिए ऊर्जा का सर्वाधिक महत्वपूर्ण और प्रधान स्त्रोत सूर्य है। सूर्य की सतह पर तापमान लगभग 6000° C है। सूर्य से चारों ओर अंतरिक्ष में लगातार ऊर्जा का विकिरण होता रहता है। सौर्य विकिरण का दो अरबवाँ भाग ही पृथ्वी तक पहुंचता है। जो पृथ्वी पर समस्त जीवन का आधार है। ऊर्जा के मापन की इकाई अर्ग (erg) है।

एक ग्राम वजन को एक सेन्टीमीटर ऊँचाई तक ले जाने में जितना कार्य किया जाता है वह 981 अर्ग्स के बराबर होता है। एक करोड़ अर्ग (10^7 ergs) = एक जूल (one joule) होता है। सभी प्रकार की ऊर्जा को ऊष्मा ऊर्जा (heat energy) में परिवर्तित किया जा सकता है। ऊष्मा को कैलोरी (calories) में नापा जाता है।

कैलोरीः एक ग्राम पानी का तापमान 14.50 से 15.50 सैल्शियस बढ़ाने में जितनी ऊष्मा ऊर्जा खर्च होती है, उसे एक कैलोरी कहते हैं।

1 कैलोरी = 4.2 जूल (= 4.2 × 10^7 ergs)

1000 कैलोरी = 1 किलो कैलोरी (Kcal)

सूर्य के पृथ्वी तल पर पहुँचने वाली ऊर्जा की परिगति निम्न प्रकार है :–

सौर ऊर्जा से संबंधित कुछ महत्वपूर्ण तथ्य इस प्रकार है :–

- सौर ऊर्जा का स्थानान्तरण विकिरण तरंगों (waves) के रूप में होता है।
- 1/50 दस लाख (millonth) भाग ही कुल विकिरण का पृथ्वी के वायुमंडल तक पहुंचता है।
- पृथ्वी तक पहुँचने वाली ऊर्जा दृश्य प्रकाश (visible light) (300–760nm) के रूप में व कुछ अवरक्त (infra-red) तरंगों के रूप में होती है।
- एक साफ दिन में सूर्य विकिरण ऊर्जा जो पृथ्वी की सतह पर पहुंचती है उसमें 10 प्रतिशत UV, 45 प्रतिशत दृश्य और 45 प्रतिशत अवरक्त (infra-red) होती है।
- हरे पौधे नीले (400–500nm) व लाल प्रकाश (600–700nm) में प्रकाश का अवशोषण करते हैं।

  पौधे दृश्य प्रकाश का हरा भाग (green light) सर्वाधिक परावर्तित करते हैं।

  पृथ्वी तल पर पहुँचने वाले प्रकाश (एक से पांच प्रतिशत) का 0.02 प्रतिशत भाग ही हरे पौधें प्रकाश संश्लेषण में उपयोग करते है।

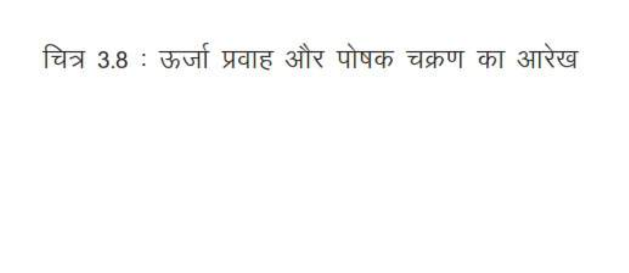
पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा का प्रवाह दो महत्वपूर्ण ऊष्मा गतिकी के नियमों (Two laws of thermodynamics) द्वारा नियंत्रित होता है वे नियम है :–

1. ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम (The first law of thermodynamics) : इस नियम के अनुसार इस ब्रह्माण्ड (universe) में ऊर्जा की मात्रा स्थिर (constant) है। ऊर्जा एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित हो सकती है लेकिन न तो यह उत्पन्न की जा सकती है और न ही नष्ट की जा सकती है।

2. ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम (The second law of thermodynamics) : इस नियम के अनुसार ऊर्जा के एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तन पर ऊर्जा का कुछ भाग अनुपयोगी व्यर्थ ऊष्मा के रूप में बदल जाता है। यह ऊष्मा ऊर्जा उपस्थित पर्यावरण में चली जाती है।

ऊर्जा प्रवाह का क्रम होता है :– स्वपोषीविषमपोषी उत्पादकउपभोक्ता उत्पादकशाकाहारीमांसाहारी।

इस प्रक्रिया में सर्वप्रथम सौर ऊर्जा पर्णहरितयुक्त पौधों द्वारा प्रकाश संश्लेषण द्वारा रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित होती है। जब इन हरे पौधों को विषमपोषी खाते हैं तो कार्बोहाइड्रेट्स, वसा और



चित्र 3.8 : ऊर्जा प्रवाह और पोषक चक्रण का आरेख

प्रोटीन्स में उपस्थित ऊर्जा इनके ऊत्तक निर्माण में काम आती है। ऊर्जा का कुछ भाग ऊष्मा के व्यर्थ रूप में बदल जाता है। यह प्रक्रिया प्रत्येक पोषण स्तर पर होती है। यह पूरी प्रक्रिया चित्र 3.8 में स्पष्ट की गई है ।

इस प्रकार यह स्पष्ट है कि :–

- ऊर्जा का प्रवाह स्वपोषी से विषमपोषी जीवों को होता है।
- इस एकदिशीय ऊर्जा प्रवाह से ही पारिस्थितिक तंत्र अपने आप में बना रहता है।
- प्रत्येक पोषण स्तर से दूसरे पोषण स्तर पर जब ऊर्जा का रूपान्तरण होता है तो कुछ ऊर्जा कार्बनिक पदार्थों (organic matter) में एकत्रित हो जाती है। अपघटकों द्वारा ये कार्बनिक पदार्थ जीवों की मृत्यु पश्चात् टूटते हैं। इस प्रक्रिया में स्वतंत्र हुए पदार्थ पुनः स्वपोषी पादपों को उपलब्ध होते हैं।
- तंत्र के तीन घटक क्रमशः उत्पादक, उपभोक्ता और अपघटक (सूक्ष्म उपभोक्ता) प्रकृति के तीन क्रियाशील जगत हैं जो तीन प्रकार के ऊर्जा स्त्रोतों पर निर्भर हैं। संतुलित दशा में प्रत्येक पारिस्थितिक तंत्र में स्वनियंत्रित संरचनात्मक घटकों की उपस्थिति अनिवार्य है। ये घटक ही संतुलन बनाये रखने में महत्वपूर्ण योगदान करते हैं।

जैव भू रासायनिक चक्र (Biogeochemical Cycles)

जीवों को ठीक प्रकार की वृद्धि और विकास के लिए लगभग 30 से 40 तत्वों (elements) की आवश्यकता होती है। इसमें कुछ हैं– कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, पोटेशियम, सल्फर, कैल्शियम, मैग्निशियम, जिंक एवं लोहा (C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Zn and Fe) इत्यादि। ये पदार्थ अजैविक से जैविक घटकों और पुनः अजैविक घटकों में एक चक्रीय रूप से चलते रहते हैं। इस चक्रीय रूप से विभिन्न प्रकार के तत्वों के चक्रण को जैवभूरासायनिक चक्र के नाम से पुकारते हैं। जैवभूरासायनिक चक्र निम्न प्रकार के होते हैं :–

(1) जलीय चक्र (Hydrological or water cycle) उदाहरण – जल चक्र

(2) गैसीय चक्र (Gaseous cycle) उदाहरण– (i) ऑक्सीजन चक्र (ii) कार्बन चक्र (iii) नाइट्रोजन चक्र।

(3) अवसादी चक्र (Sedimentary cycle) उदाहरण – (i) फॉस्फोरस चक्र (ii) गंधक चक्र।

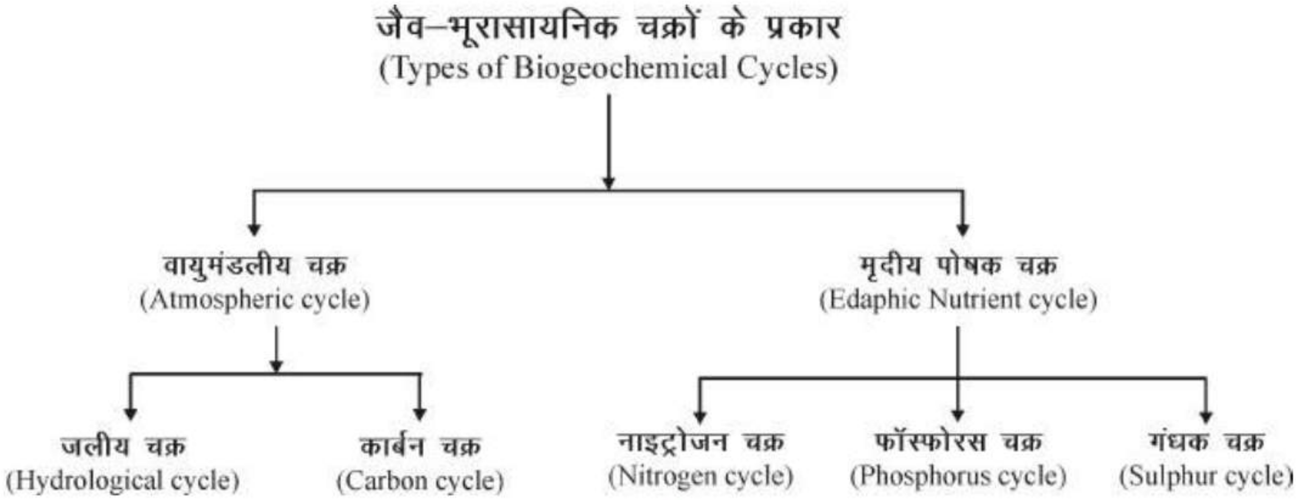
पी.डी. शर्मा (2015–2016) के अनुसार इन चक्रों को नीचे दिए गये चार्ट के रूप में वर्गीकृत किया गया है।

नाइट्रोजन चक्र (N_2–चक्र) (Nitrogen Cycle)

पौधों की वृद्धि के लिए आवश्यक तत्वों में मृदा से प्राप्त तत्वों में नाइट्रोजन एक सर्वाधिक महत्वपूर्ण तत्व है। यह सबसे अधिक मात्रा में आवश्यक होता है। नाइट्रोजन की आवश्यकता अमीनों, प्रोटीन, एन्जाइम्स, क्लोरोफिल व न्यूक्लिक अम्लों के संश्लेषण में होती है। हरे पादप नाइट्रोजन को मृदा विलयन से अमोनियम, नाइट्रेट और नाइट्रेट आयनो के रूप में प्राप्त करते हैं। इन सभी योगिकों के लिए नाइट्रोजन वायुमण्डलीय नाइट्रोजन से प्राप्त होती है। कुछ प्रोकेरियोटिक जीवों (जैसे नील हरित शैवाल) को छोड़कर सभी जीवों को नाइट्रोजन प्रत्यक्ष रूप से सीधे ही नहीं मिलती है।

नाइट्रोजन चक्र के मुख्य चरण निम्न है :–

1. नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Nitrogen fixation)
2. नाइट्रोजन स्वांगीकरण (Nitrogen assimilation)
3. अमोनीकरण (Ammonification)
4. नाइट्रीकरण (Nitrification) और



5. अवसादीकरण (Sedimentation)

(1) नाइट्रोजन स्थिरीकरणः वायुमंडल में उपस्थित स्वतंत्र नाइट्रोजन के नाइट्रीकारी यौगिकों में बदलने को नाइट्रोजन स्थिरीकरण कहते हैं। ऐसे यौगिकों को पौधे आसानी से अवशोषित कर, उपयोग में ला सकते हैं। यह प्रक्रिया दो प्रकार की होती है:– (i) भौतिक रासायनिकी या अजैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण व (ii) जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण।

(i) अजैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Non-biological N_2 fixation) : इस प्रक्रिया में वायुमंडल में उपस्थित नाइट्रोजन (N_2), आकाशीय विद्युतीकरण या बिजली की चमक से नाइट्रोजन के साथ क्रिया करके नाइट्रोजन ऑक्साइडस बनाती है।

विद्युत चमक

$$N_2 + (2O) \longrightarrow 2NO$$
$$2NO + (2O) \longrightarrow 2NO_2$$
$$2NO_2 + O \longrightarrow N_2O_5$$

(N_2 = Nitrogen)] (O_2 = Oxygen)

नाइट्रोजन के ऑक्साइड वर्षा के पानी में घुलकर पृथ्वी की सतह पर पहुँचते हैं जहां पर वे खनिजों (minerals) के साथ क्रिया कर नाइट्रेट व अन्य नाइट्रीकारी यौगिक बनाते हैं।

$N_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3$ (नाइट्रिक एसिड)

$2HNO_3 + CaCO_3 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$

(कार्बनडाइऑक्साइड + पानी)

नाइट्रीकारी यौगिक पानी में घुलकर, मिट्टी में मिल जाते हैं, जहां से पौधे जड़ों द्वारा अवशोषित कर सकते हैं।

(ii) जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण (Biological N_2 fixation) :

- नील हरित शैवाल (जैसे नॉस्टॉक, एनाबिना, स्पाइरूलिना) हवा में उपस्थित नाइट्रोजन का स्थिरीकरण करते हैं।
- सहजीवी जीवाणु (जैसे : राइजोबियम), लेग्युमीनी (Leguminous) पादपों की जड़ों में नोडूल्यस (Nodules) में उपस्थित होते हैं जो हवा में उपस्थित नाइट्रोजन को नाइट्रेट्स के रूप में स्थिर करते हैं।
- कुछ स्वतंत्र जीवी जीवाणु (जैसे क्लोस्ट्रिडियम, एजोटोबेक्टर आदि) हवा में उपस्थित नाइट्रोजन को नाइट्रेटस् के रूप में स्थिर करते हैं।
- एक्टिनोमाइसिटीज (जैसे फ्रेन्किया) अलनस व केजुरिना वृक्षों की जड़ों में रहकर N_2 स्थिर करते हैं।
- इस विधि द्वारा 140–700 mg/m_2/year नाइट्रोजन का स्थिरीकरण होता है जो N_2 स्थिरीकरण का प्रमुख स्त्रोत (major source) है।

(2) नाइट्रोजन स्वांगीकरण (Nitrogen assimilation) : हरे पादप नाइट्रेट्स, नाइट्राइट्स और अमोनिया को अवशोषित कर नाइट्रीकारी कार्बनिक पदार्थो में परिवर्तित कर देते हैं। पौधे नाइट्रेटस से पहले अमोनिया बनाते हैं जो कार्बनिक अम्लों के साथ क्रिया कर अमीनो अम्लों (Amino acids) में परिवर्तित हो जाती है। अमीनो अम्लों के उपयोग से प्रोटीन, एन्जाइम, क्लोरोफिल व न्युक्लिक अम्लों का संश्लेषण होता है। जन्तु पशु (Animals) अपनी नाइट्रोजन आवश्यकता की पूर्ति पादपों से प्राप्त प्रोटीन्स से करते हैं।

(3) अमोनीकरण (Ammonification): मृत पादप व जन्तुओं के शरीर और अपशिष्ट (Excreta) पर कई सूक्ष्मजीव (जैसे बेसिलस बुल्गेरिस व बेसिलस रेमोसस जीवाणु) क्रिया कर अमोनिया स्वतंत्र करते हैं।

(4) नाइट्रीकरण (Nitrification): अमोनिया से नाइट्राइट व नाइट्राइट्स से नाइट्रेट बनने को नाइट्रीकरण कहते हैं। कुछ जीवाणु जैसे नाइट्रोमोनास, नाइट्रोकोकस व नाइट्रोस्पोरा इस क्रिया को पूरी करते हैं।

(i) $2NH_4 + 2O_2 \longrightarrow NO_2^- + 2H_2O$ + ऊर्जा
(अमोनिया) (नाइट्राइट)

(ii) $2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^-$ + ऊर्जा
(नाइट्राइट) (नाइट्रेट)

(5) विनाइट्रीकरण (Denitrification) : अमोनिया और नाइट्रेट्स को स्वतंत्र नाइट्रोजन में परिवर्तित करने को विनाइट्रीकरण कहते हैं। यह क्रिया कुछ सूक्ष्मजीवों जैसे थायोबेसिलस डिनाइट्रीफिकेन्स, स्युडोमोनास एरिजिनोसा (विनाइट्रीकरण जीवाणु) द्वार सम्पन्न होती है।

$$2NO_3^- \longrightarrow 2NO_2^- \longrightarrow 2NO \longrightarrow N_2O \longrightarrow N_2$$

(6) अवसादीकरण (Sedimentation) : मृदा में उपस्थित नाइट्रेट्स पानी के साथ गहरे पृथ्वी तलों या समुद्र में चले जाते हैं, जहां वे चट्टानों के रूप में संग्रहित होते रहते हैं।

इस प्रकार हम देखते हैं कि हवा से नाइट्रोजन पौधों, जन्तुओं व सूक्ष्मजीवों में स्थिर होती हैं औरा वापस स्वतंत्र होकर हवा में मिलती रहती है। यह चक्र निरंतर एक संतुलित (Balanced) रूप में चलता रहता है।

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. वातावरण के जैविक व अजैविक घटकों के मध्य अन्तरसंबंध पारिस्थितिकी तंत्र कहलाता है।
2. वातावरण के अजैविक घटकों में कार्बनिक, अकार्बनिक पदार्थ एवं भौतिक घटक सम्मिलित किये जाते हैं।
3. वातावरण के जैविक घटकों में उत्पादक, उपभोक्ता एवं अपघटक आते हैं।
4. जो सूर्य के प्रकाश में अपना भोजन निर्मित करते है, प्राथमिक

उत्पादक कहलाते हैं, जैसे पौधे।

5. ऐसे घटक जो अपने भोजन के लिए प्राथमिक उत्पादकों पर निर्भर रहते हैं, उपभोक्ता कहलाते हैं।
6. वे जीव जो अपना भोजन हरे पौधों से प्राप्त करते हैं, शाकाहारी या प्रथम श्रेणी के उपभोक्ता कहलाते हैं, उदाहरण बकरी, गाय, खरगोश आदि।
7. वे उपभोक्ता जो अपना भोजन प्राथमिक उपभोक्ताओं से प्राप्त करते हैं, द्वितीयक उपभोक्ता कहलाते हैं, उदाहरण सांप, मेंढक आदि।
8. वे उपभोक्ता जो द्वितीयक श्रेणी के उपभोक्ता का भक्षण करते हैं, वे तृतीय श्रेणी उपभोक्ता कहलाते हैं, उदाहरण चीता, शेर, बाज आदि।
9. पारिस्थितिक तंत्र में आवश्यक खनिज पदार्थों एवं गैसों का चक्रण जैव भू–रासायनिक चक्रण कहलाता है।
10. जलीय चक्र में जल, गैसीय चक्र में गैसों व अवसादी चक्र में खनिज तत्वों का चक्रण होता है।
11. उष्मागतिकी का प्रथम सिद्धांत ऊर्जा के संरक्षण का सिद्धांत है जिसके अनुसार ऊर्जा को न तो उत्पन्न किया जा सकता है, न ही नष्ट किया जा सकता है।
12. उष्मागतिकी के द्वितीय नियम के अनुसार ऊर्जा के एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित होने पर ऊर्जा का ह्रास होता है जो उष्मा के रूप में वायुमण्डल में विकरित हो जाता है।
13. खाने व खाये जाने के शृंखला को खाद्य शृंखला कहते हैं। इसमें ऊर्जा का एकदिशीय प्रवाह होता है।
14. खाद्य शृंखला चारण, परजीवी व अपरद प्रकार की होती है।
15. खाद्य शृंखला के विभिन्न पोष स्तरों के मध्य पाये जाने वाले अन्तर्सम्बन्ध खाद्य जाल कहलाता है।
16. किसी भी पारिस्थितिकी तंत्र में खाद्य शृंखला के विभिन्न पोष स्तरों के आलेखी निरूपण को पारिस्थितिक पिरामिड कहते हैं।
17. पारिस्थितिक पिरामिड जीवसंख्या, जीव भार एवं ऊर्जा का पिरामिड प्रकार का होता है जिसमें पोष स्तरों में जीवों की संख्या, जैवभार एवं ऊर्जा की उपस्थिति को आधार माना जाता है।
18. जीवसंख्या व जैवभार का पिरामिड सीधे या उल्टा हो सकता है लेकिन ऊर्जा का पिरामिड सदैव सीधा होता है।
19. वन पारिस्थितिकी तंत्र में उत्पादक वृक्ष व उपभोक्ता हाथी, हिरण, गिलहरी, शेर, बाघ आदि पाये जाते हैं।
20. मरूस्थल पारिस्थितिकी तंत्र में उत्पादक केक्टस, यूफोर्बिया, नागफणी, केर, खेजड़ी होते हैं जबकि उपभोक्ता भेड़, बकरी, ऊंट, सांप, छिपकली आदि होते हैं।
21. घास पारिस्थितिकी तंत्र में उत्पादक विभिन्न प्रकार की घास एवं उपभोक्ता सांप, खरगोश, चूहा, चिड़िया, हिरण व बारहसिंघा होते हैं।
22. स्वच्छजलीय एवं समुद्री पारिस्थितिकी तंत्र में उत्पादक शैवाल, जलीय पादप व उपभोक्ता छोटी–बड़ी मछलियाँ, क्रस्टेशिया व मोलस्का के सदस्य होते हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न

बहुचयनात्मक प्रश्न

1. पारिस्थितिकी तंत्र शब्द का सर्वप्रथम प्रयोग किसने किया–
   (अ) हेकल (ब) टेन्सले
   (स) डाबनमेयर (द) राइटर
2. सूर्य के प्रकाश में भोजन बनाने वाले पौधे कहलाते हैं–
   (अ) प्राथमिक उत्पादक (ब) प्राथमिक उपभोक्ता
   (स) द्वितीयक उपभोक्ता (द) तृतीयक उपभोक्ता
3. अपघटक होते हैं–
   (अ) स्वपोषी (ब) परजीवी
   (स) मृतजीवी (द) उपरोक्त सभी
4. चारण खाद्य शृंखला है–
   (अ) घास टिड्डी पक्षी बाज
   (ब) टिड्डी पक्षी सांप बाज
   (स) चूहा सांप टिड्डी घास
   (द) केंचुआ सांप बाज
5. चारण खाद्य शृंखला का प्राथमिक उपभोक्ता होता है–
   (अ) शाकाहारी (ब) मांसाहारी
   (स) अपघटक (द) सर्वजीवी
6. विशाल वटवृक्ष के लिए संख्या का पिरामिड होता है–
   (अ) सीधा (ब) उल्टा
   (स) सीधा व उल्टा दोनों (द) अनुपस्थित
7. स्वच्छ जलीय पारिस्थितिकी तंत्र में जीवभार का पिरामिड होता है–
   (अ) सीधा (ब) उल्टा
   (स) अनुपस्थित (द) सीधा व उल्टा दोनों
8. अपरद खाद्य शृंखला किससे शुरू होती है–
   (अ) घास (ब) पौधों
   (स) अपरद (द) परजीवी
9. अपरद खाद्य शृंखला है–
   (अ) घास टिड्डी पक्षी बाज
   (ब) मृत कार्बनिक पदार्थ केंचुआ मेंढक सर्प
   (स) हरित वृक्ष पक्षी परजीवी
   (द) केंचुआ मेंढक सर्प चिड़िया
10. ऊर्जा का पिरामिड होता है–
    (अ) सीधा (ब) उल्टा
    (स) सीधा या उल्टा (द) अनुपस्थित
11. खाद्य जाल में ऊर्जा का स्थानान्तरण मार्ग होता है–

(अ) एकदिशीय (ब) द्विदिशीय
(स) बहुदिशीय (द) दिशाहीन

12. मरूस्थल में वार्षिक वर्षा होती है–
(अ) 25 सेमी से कम (ब) 25–50 सेमी
(स) 50–75 सेमी (द) 100 सेमी से अधिक

13. घास पारिस्थितिकी स्थल में प्राथमिक उपभोक्ता है–
(अ) सांप (ब) चिड़िया
(स) बकरी (द) लोमड़ी

14. निम्न में से स्वतंत्र तैरने वाला पौधा है–
(अ) वेलीसनेरिया (ब) कमल
(स) हाइड्रिला (द) एजोला

15. राजस्थान के मरूस्थल का मुख्य वृक्ष है–
(अ) आक (ब) बबूल
(स) कत्था (द) खेजड़ी

16. विशाल वृक्ष के पारिस्थितिकी तंत्र में जैव भार का पिरामिड होता है–
(अ) सीधा (ब) उल्टा
(स) सीधा व उल्टा दोनों (द) अनुपस्थित

17. भू जैव रासायनिक चक्रों में भाग लेते हैं–
(अ) अजैविक घटक
(ब) जैविक घटक
(स) दोनों अजैविक व जैविक घटक
(द) इनमें से कोई नहीं

18. नीली व्हेल समुद्र के किस क्षेत्र में मिलती है–
(अ) नितस्थल (ब) वेलापवर्ती
(स) नेरिटाचंली (द) वेलांचली

19. नेरिटाचंली क्षेत्र की गहराई कितनी होती है–
(अ) 200 मीटर (ब) 100 मीटर
(स) 50 मीटर (द) 10 मीटर

20. जलाशयों के किनारे जलाक्रांत मृदा में पाये जाते हैं–
(अ) ट्रापा (ब) टाइफा (स) कारा (द) वुल्फिया

अति लघूत्तरात्मक प्रश्न

1. पारिस्थितिकी तंत्र की परिभाषा दीजिए।
2. पारिस्थितिकी तंत्र के घटक कौन–कौनसे है?
3. उत्पादक क्या है?
4. उपभोक्ता कितने प्रकार के होते हैं?
5. अपघटक किसे कहते हैं?
6. खाद्य श्रृंखला क्या है?
7. खाद्य जाल किसे कहते हैं?
8. चारण खाद्य श्रृंखला किसे कहते हैं?
9. अपरद खाद्य श्रृंखला में कौन–कौनसे पोष स्तर होते हैं?
10. परजीवी खाद्य श्रृंखला को परिभाषित कीजिए।
11. पारिस्थितिकी स्तूप क्या है?
12. अप्रवाही शस्य किसे कहते हैं?
13. पोषण स्तर क्या है?
14. जीव संख्या का पिरामिड किसे कहते हैं?
15. जैव भार के पिरामिड से क्या तात्पर्य है?
16. शीर्ष मांसाहारी क्या है?
17. उष्मागतिकी का प्रथम नियम क्या है?
18. मेन्ग्रोव वनस्पति क्या है?
19. उष्मागतिकी के दूसरे नियम को स्पष्ट कीजिए।
20. स्वच्छ जलीय पारिस्थितिकी तंत्र कितने प्रकार का होता है?

लघूत्तरात्मक प्रश्न

1. खाद्य श्रृंखला क्या है?इसके विभिन्न प्रकारों को समझाइए।
2. पारिस्थितिकी स्तूप क्या है?इसके विभिन्न प्रकारों का वर्णन कीजिए।
3. जैव भू–रासायनिक चक्र क्या है?नाइट्रोजन चक्र का वर्णन कीजिए।
4. चारागाह पारिस्थितिक तंत्र पर टिप्पणी लिखिए।
5. वन पारिस्थितिकी तंत्र के विभिन्न घटकों पर प्रकाश डालिए।
6. मरूस्थल पारिस्थितिकी तंत्र के अजैविक व जैविक घटक कौन–कौनसे हैं?समझाइए।
7. पारिस्थितिक तंत्र क्या है?इसके जैविक घटकों को समझाइए।
8. अवसादी चक्र क्या है?फास्फोरस चक्र को विस्तार से समझाइए।
9. जलीय पारिस्थितिकी तंत्र क्या है?स्वच्छ जलीय पारिस्थितिकी तंत्र पर टिप्पणी लिखिए।
10. समुद्री पारिस्थितिकी तंत्र के विभिन्न घटकों पर विस्तार से लेख लिखिए।

निबन्धात्मक प्रश्न

1. पारिस्थितिक तंत्र की संरचना क्या होती है?आप द्वारा अध्ययन किये गये किसी एक पारिस्थितिकी तंत्र को विस्तार से समझाइए।
2. पारिस्थितिकी तंत्र में ऊर्जा के प्रवाह के नियमों का वर्णन करते हुए उसकी ऊर्जिकी को समझाइए।
3. खाद्य श्रृंखला व खाद्य जाल में क्या अन्तर है?विभिन्न प्रकार की खाद्य श्रृंखलाओं का वर्णन कीजिए।
4. एक पारिस्थितिकी तंत्र के भू जैव रासायनिक चक्रों का वर्णन कीजिए।
5. निम्न पर टिप्पणी लिखिए–
(अ) वन पारिस्थितिकी तंत्र (ब) चारागाह पारिस्थितिकी तंत्र
(स) मरूस्थल पारिस्थितिकी तंत्र

उत्तरमाला: 1 (ब) 2 (अ) 3 (स) 4 (अ) 5 (अ) 6 (ब) 7 (ब) 8 (स) 9 (स) 10 (अ) 11 (स) 12 (अ) 13 (स) 14 (द) 15 (द) 16 (अ) 17 (स) 18 (ब) 19 (अ) 20 (ब)