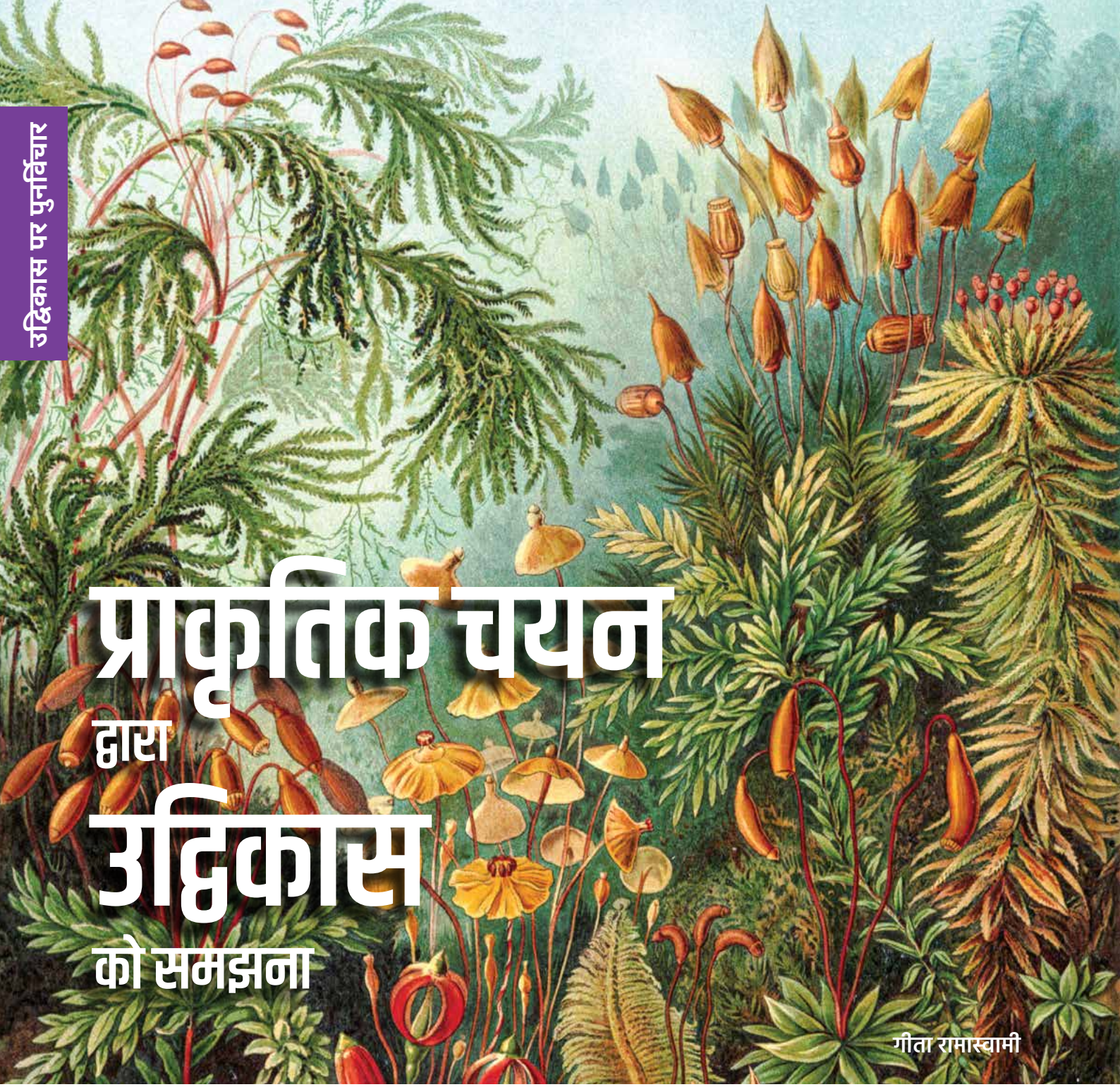


प्राकृतिक चयन द्वारा उद्विकास को समझना

गीता रामास्वामी

सजीव अविश्वसनीय विविधता का प्रदर्शन करते हैं। लेकिन इस विविधता में प्राकृतिक चयन की क्या भूमिका होती है? प्राकृतिक चयन क्या है? और उद्विकास को गढ़ने में पर्यावरण की क्या भूमिका है?

समझने की दृष्टि से उद्विकास एक कठिन अवधारणा है। हमारे अस्तित्व के लिए सबसे शुरुआती स्पष्टीकरण, आमतौर पर परिवार में किसी बुजुर्ग द्वारा दिया जाता है कि हम एक परम शक्ति द्वारा बनाए गए हैं। यह स्पष्टीकरण अकसर अकल्पनीय जन्तुओं और विस्मयकारी प्राकृतिक घटनाओं के वर्णन के साथ होता है जिनकी व्याख्या एक सर्व-शक्तिमान की सनक के रूप में करना आसान लगता है।

अकसर विज्ञान के विद्यार्थियों को प्राकृतिक चयन द्वारा उद्विकास के सिद्धान्त का पहला अनुभव हाई स्कूल में मिलता है। दुर्भाग्य से, इस स्तर पर इस सिद्धान्त की बारीकियों को अकसर बग़ैर स्पष्टीकरण के छोड़ दिया जाता है। अधिकांश विद्यार्थी इस सिद्धान्त को 'योग्यतम की उत्तरजीविता' जैसे शब्दों का पर्यायवाची मानते रह जाते हैं। लेकिन ये शब्द उस सुन्दर प्रक्रिया के साथ न्याय नहीं

बॉक्स-1 : लक्षणों में विविधता उत्पन्न कैसे होती है?

चूँकि किसी जीव का जीनोम उसके सभी लक्षणों के एक ब्लूप्रिन्ट की तरह होता है, इसलिए इसके आनुवंशिक पदार्थ में विविधता से लक्षणों में भी विविधता उत्पन्न होती है। ये विविधताएँ ग़ैर-जानलेवा उत्परिवर्तनों का परिणाम हैं (जानलेवा उत्परिवर्तन तो जीव को मार डालेंगे)।

करते हैं जिसके द्वारा यह सिद्धान्त पृथ्वी पर जीवन की सभी विविधताओं की व्याख्या करता है।

सिद्धान्त की नींव

चार्ल्स डार्विन और अल्फ्रेड रसेल वालेस द्वारा स्वतंत्र रूप से प्रस्तावित, प्राकृतिक चयन द्वारा उद्विकास का सिद्धान्त इस मान्यता पर आधारित है कि जीवों में पाए जाने लक्षण परिवर्तनशील और वंशानुगत हैं। लक्षण मतलब किसी जीव के गुणधर्म या विशेषताएँ।

सजीव दुनिया के संगठन के प्रत्येक स्तर पर लक्षणों में विविधता नज़र आ सकती है। (**बॉक्स-1** देखें)। उदाहरण के लिए, क़द के मानवीय गुण को एक परास के रूप में व्यक्त किया जाता है – लोग लम्बे, छोटे या मध्यम ऊँचाई के हो सकते हैं। विभिन्न जातीय समूहों के लिए यह परास अलग-अलग हो सकता है। उदाहरण के लिए, हो सकता है कि दक्षिण पूर्व एशिया के सबसे ऊँचे लोगों का क़द उत्तरी यूरोप के सबसे ऊँचे लोगों की तुलना में कम हो। इसका मतलब है कि क़द का लक्षण मनुष्यों में अत्यधिक परिवर्तनशील है (**बॉक्स-2** देखें)।

लक्षण वंशानुगत भी होते हैं। ऊँचे क़द के माता-पिता के बच्चों के ऊँचे होने की सम्भावना अधिक होती है। क़द की तरह, कई अन्य लक्षण भी वंशानुगत हो सकते हैं – जैसे आँखों का रंग, त्वचा का रंग, यहाँ तक कि आपके गाल में पड़ने वाले गड्ढे (डिम्पल)! लक्षण एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी को जीन के माध्यम से प्रेषित होते हैं (**बॉक्स-3** देखें)। हरेक जीव के प्रत्येक गुण के लिए जीन में अन्तर्निहित कोड होता है। ये कोड सन्तानों को माता-पिता से विरासत में मिलते हैं।

किसी पर्यावरण के लिए सबसे अनुकूल लक्षणों वाले जीव, उसी आबादी में दूसरों की तुलना में जीवित रहने और प्रजनन करने के लिहाज़ से बेहतर होते हैं। इस प्रकार, किसी जीव का पर्यावरण एक छन्ने के रूप में कार्य करता है, जिससे प्रत्येक पीढ़ी में कुछ लक्षणों से युक्त जीवों के पाए जाने की सम्भावना बढ़ जाती है (**बॉक्स -4** देखें)।

प्राकृतिक चयन के मायने क्या हैं?

जब विविधतापूर्ण और वंशानुगत लक्षण पर्यावरण की छलनी से गुजरते हैं, तो अगली पीढ़ी में उत्तरजीविता और प्रजनन के लिए सबसे अनुकूल लक्षण अधिक संख्या में पाए जाते हैं। इस प्रक्रिया को **चयन** कहा जाता है।

किसी जगह के पर्यावरण में बदलाव कैसे चयन का दबाव पैदा करता है, इसका एक उदाहरण मलेरिया और सिकल-सेल एनीमिया के सन्दर्भ में देखा जा सकता है। मलेरिया मच्छरों के काटने से फैलने वाले

बॉक्स-2 : क्या परिवर्तनशील लक्षण सभी सजीवों में पाए जाते हैं?

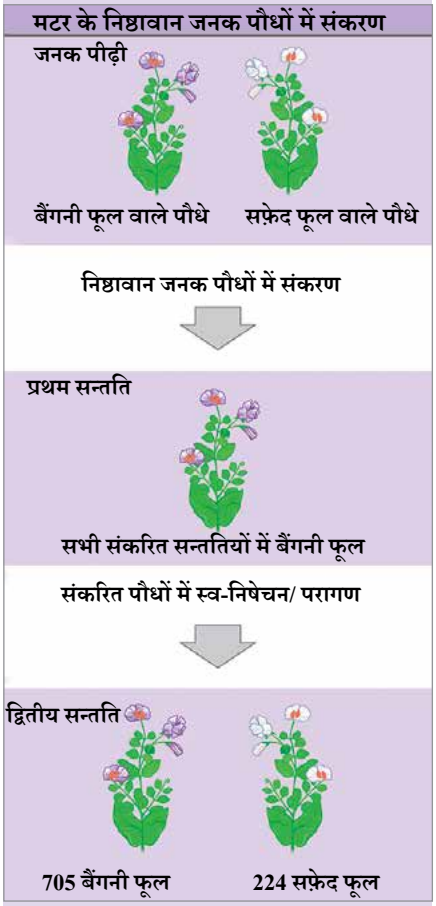
सही है। स्तनधारियों के अलावा बैक्टीरिया, कवक, पौधों, कीड़ों, पक्षियों में परिवर्तनशील लक्षण देखे गए हैं। यहाँ कुछ उदाहरण दिए जा रहे हैं :

- बैक्टीरिया में प्रतिजैविक (एंटीबॉयोटिक) दवाओं के प्रति सहिष्णुता।
- ऑर्किड की पुष्प नलिकाओं में मकरन्द (परागणकर्ताओं के लिए) किस गहराई पर स्थित है।
- पक्षियों द्वारा एक बार में दिए जाने वाले अण्डों की संख्या और आकार।

क्या आप एक और उदाहरण सोच सकते हैं?

बॉक्स-3 : हम कैसे जानते हैं कि लक्षण वंशानुगत हैं?

लक्षणों की विरासत का पहला वर्णन ग्रेगर मेंडल द्वारा मटर के पौधों पर किए गए प्रयोगों से आया है। जब मेंडल ने कतिपय परिवर्तनशील लक्षणों वाले मटर के पौधों में संकरण करवाया तो ये लक्षण उनकी सन्तति में ऐसी आवृत्ति में प्रकट हुए जिससे इनके वंशानुगत होने की पुष्टि हुई (**चित्र-1** देखें)।



चित्र-1 : मटर के पौधों के साथ मेंडल के प्रजनन प्रयोगों के परिणामों को लक्षणों के वंशानुगत होने के आधार पर ही समझाया जा सकता है।
Credits: CNX OpenStax (http://cnx.org/contents/GFy_h8cu@10.53:rZudN6XP@2/Introduction), Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Figure_12_01_02.jpg. License: CC-BY.

मेंडल ने इन प्रयोगों में जिन तीन लक्षणों का अध्ययन किया, उनमें फूल का रंग (बैंगनी या सफ़ेद), बीज का रंग (पीला या हरा) और बीज की बनावट (चिकनी या झुर्रीदार) थी। क्या आप किसी अन्य के बारे में जानते हैं?

बॉक्स-4 : किस प्रकार 'पर्यावरण' 'चयन के छन्ने' के रूप में कार्य करता है?

किसी भी आबादी में जीवों के अस्तित्व और प्रजनन को प्रभावित करने वाले जैविक और अजैविक घटक मिलकर उसके पर्यावरण का निर्माण करते हैं। उदाहरण के लिए, फूलधारी पौधे के पर्यावरण के कुछ घटक निम्न प्रकार हैं जो चयन के लिए एक छन्ने के रूप में कार्य कर सकते हैं :

- मिट्टी की गुणवत्ता (इसकी पोषक स्थिति, पानी की मात्रा और सूक्ष्मजीव समुदाय),
- वायु गुणवत्ता (इसकी कार्बन डाईऑक्साइड और जल-वाष्प सान्द्रता),
- प्रकाश स्रोत (छाया या सूरज की मात्रा, सम्पर्क की अवधि),
- शिकारियों की उपस्थिति (शाकाहारी और/ या परजीवी) और सहजीवी (परागणकारी और/ या प्रकीर्णनकर्ता)।

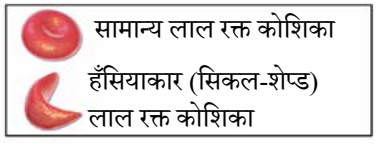
इसी प्रकार, हिरण जैसे किसी शाकाहारी के चयन को प्रभावित करने वाले कुछ पर्यावरणीय कारक निम्न हैं :

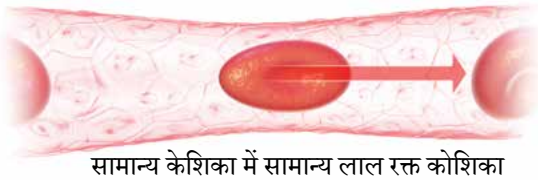
- भोजन (वह क्षेत्र जिस पर खाने योग्य पौधे पाए जाते हैं) और पानी की सुलभता और गुणवत्ता,
- सहवास के लिए साथियों की उपलब्धता (जो प्राकृतिक अवरोधों जैसे नदियों, पहाड़ों या मौसमी सूखे की वजह से अलग-थलग भी हो सकते हैं),
- परभक्षियों (माँसाहारी, शिकारी) और बीमारियों (बैक्टीरिया, कवक और वायरस के कारण) की उपस्थिति।

हम जानते हैं कि कोई भी जीव स्थिर पर्यावरण में नहीं रहता है। इसका वातावरण स्थान (शीतोष्ण बनाम उष्णकटिबन्धीय, पहाड़ों बनाम घाटियों, घास के मैदानों, जंगलों, समुद्री बनाम स्थलीय) और समय (जैसे गर्मी बनाम सर्दियाँ, वर्ष 1857 बनाम वर्ष 2019, जुरासिक बनाम क्रिटेशियस युग) दोनों के सापेक्ष बदलता है।

क्या आप अपने नज़दीकी वातावरण में कुछ चयन दबावों की पहचान कर सकते हैं? क्या आपने उन्हें स्थान और समय के साथ बदलते देखा है? वे किस तरह बदले हैं?

एक-कोशिकीय परजीवी के कारण होता है। मलेरिया का प्रकोप कुछ भौगोलिक परिस्थितियों (ठण्डे, शुष्क, समशीतोष्ण) की तुलना में कुछ भौगोलिक परिस्थितियों (गर्म, आर्द्र, उष्णकटिबन्धीय) में अधिक होता है। दूसरी ओर सिकल-सेल एनीमिया हीमोग्लोबिन (एक प्रोटीन जो ऑक्सीजन से जुड़कर उसे शरीर की हर कोशिका तक पहुँचाता है) के लिए कोडिंग करने वाले जीन में उत्परिवर्तन के कारण होता है। वैसे लाल रक्त कोशिकाएँ डोनट या उदिनवड़ा के आकार की होती हैं, बीचों-बीच सुराख़ की बजाय एक गड्ढा-सा होता है। यह उत्परिवर्तन उन्हें हँसिया आकार (सिकल या अर्ध-चन्द्राकार) में बदल देता है जिसमें ऑक्सीजन को बाँधने की क्षमता कम होती है (**चित्र-2** देखें)। मज़ेदार बात यह है कि सिकल के आकार की कोशिकाएँ न केवल मनुष्यों के लिए, बल्कि मलेरिया परजीवी के लिए भी ख़राब होती हैं। परजीवी को अपना जीवन चक्र पूरा करने के लिए स्वस्थ, गोल आरबीसी की आवश्यकता होती है। नतीजतन, मलेरिया परजीवी के अधिक प्रकोप वाले क्षेत्रों में, सामान्य आरबीसी वाले मनुष्यों की तुलना में सिकल आकार के आरबीसी वाले मनुष्यों के जीवित रहने और बच्चे पैदा





सामान्य केशिका में सामान्य लाल रक्त कोशिका

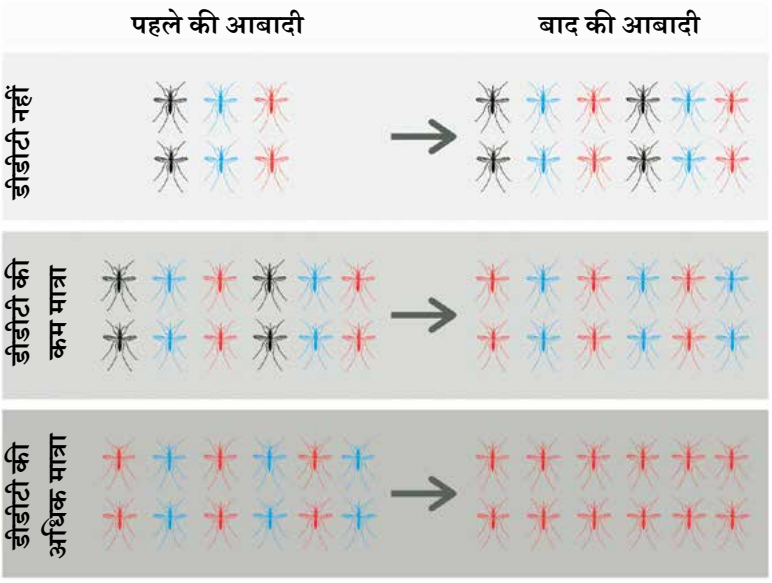
सिकल सेल एनीमिया

चित्र-2 : एक सामान्य और हँसियाकार लाल रक्त कोशिका का चित्रीय निरूपण।

Credits: BruceBlaus, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sickle_Cell_Anemia.png. License: CC-BY-SA.

बॉक्स-5 : क्या सभी लक्षणों के विकास की गति समान होती है?

नहीं। किसी लक्षण के विकास की दर इस बात पर निर्भर करती है कि अगली पीढ़ी उसे कितनी जल्दी विरासत में पा सकती है। उदाहरण के लिए, कुछ बैक्टीरिया कुछ ही मिनटों में प्रजनन कर सकते हैं। इसका मतलब यह है कि इस बैक्टीरिया की कई नई पीढ़ियाँ एक ही दिन में पैदा होती हैं और बैक्टीरिया के प्रत्येक लक्षण के कुछ ही दिनों में विकसित होने की सम्भावना होती है। लम्बे समय तक जीवित रहने तथा लम्बी पीढ़ियों वाली प्रजातियों के लिए विकास की दर बहुत धीमी होगी।

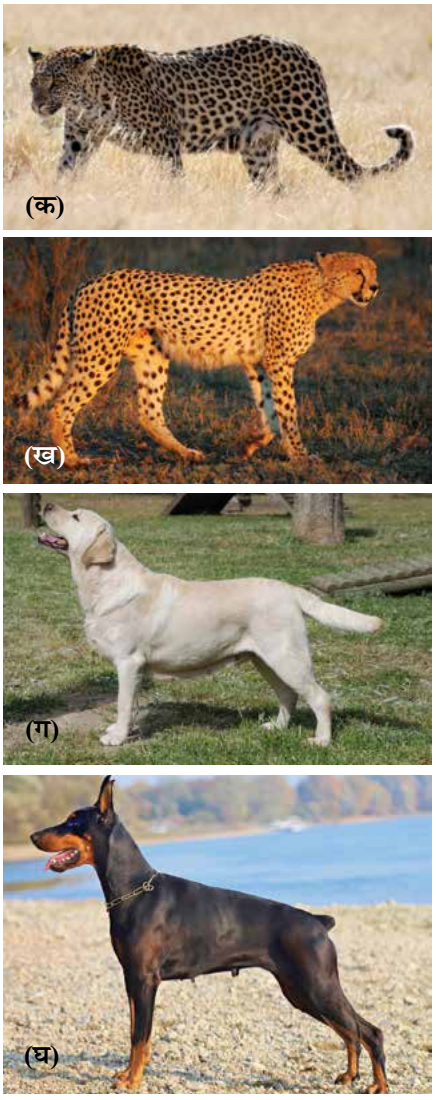


चित्र-3 : डीडीटी प्रतिरोध के लक्षण में विविधता दर्शाते मच्छरों की आबादी पर डीडीटी की अलग-अलग सान्द्रता का प्रभाव। चित्र में काले मच्छर डीडीटी के प्रतिरोध की क्षमता के अभाव वाले मच्छरों का प्रतिनिधित्व करते हैं। नीले रंग वाले मच्छर कम प्रतिरोध वाले मच्छरों का प्रतिनिधित्व करते हैं और लाल वाले डीडीटी के उच्च प्रतिरोध वाले मच्छरों का प्रतिनिधित्व करते हैं। जब कम सान्द्रता वाले डीडीटी का छिड़काव किया जाता है, तो काले मच्छर मर जाते हैं। लेकिन नीले और लाल मच्छर जीवित रहते हैं और प्रजनन करने में सक्षम होते हैं। इससे आबादी में नीले और लाल मच्छरों की आवृत्ति बढ़ जाती है। यदि इस आबादी पर डीडीटी की उच्च सान्द्रता का छिड़काव किया जाता है, तो नीले मच्छर मर जाते हैं। जीवित आबादी में लाल मच्छरों या उच्च प्रतिरोध लक्षणों वाले मच्छरों का आधिक्य हो जाता है। इस बिन्दु से परे डीडीटी की सान्द्रता में वृद्धि से मनुष्यों सहित अन्य जीवों पर नकारात्मक प्रभाव पड़ सकता है।

Credits: Geetha Ramaswami. License: CC-BY-NC.

करने की सम्भावना अधिक हो जाती है। दूसरे शब्दों में, मलेरिया बाहुल्य परिवेश में सिकल आकार वाले आरबीसी के लक्षण का चयन किया जाता है।

इसी तरह, डीडीटी कीटनाशक (डाइक्लोरो डाईफिनाइल ट्राइक्लोरो इथेन) की प्रभावशीलता इस बात का उदाहरण प्रस्तुत करती है कि किस प्रकार पर्यावरण में समय के साथ बदलाव अद्वितीय चयन दबाव बना सकते हैं। यह बेहद ज़हरीला रसायन शुरुआत में शहरी इलाक़ों में मच्छरों को नियंत्रित करने के लिए बहुत प्रभावी था। लेकिन जल्द ही यह देखा गया कि मच्छरों पर पहले जितना नियंत्रण प्राप्त करने के लिए कीटनाशक की उच्चतर सान्द्रता की आवश्यकता होने लगी। क्यों? कल्पना कीजिए कि मच्छरों की आनुवंशिक सामग्री में कीटनाशक प्रतिरोध के लिए एक वंशानुगत, विविधतापूर्ण विशेषता कोडित थी जो मच्छरों को डीडीटी जैसे कीटनाशकों के विरुद्ध शून्य, कम या उच्च सहिष्णुता प्रदान करती थी (**चित्र-3** देखें)। डीडीटी की कम सान्द्रता वाले पर्यावरण में, वे सारे मच्छर मर जाते हैं जिनमें कीटनाशक के विरुद्ध प्रतिरोध बिलकुल भी नहीं है। जो कीटनाशक को सहन कर सकते हैं वे मच्छर जीवित रहकर प्रजनन करते रहते हैं। चूँकि कीटनाशकों के प्रतिरोध का लक्षण वंशानुगत है, अगली पीढ़ी के अधिकांश मच्छरों में प्रतिरोधी जीन का कोई-न-कोई रूप उपस्थित होगा। नतीजतन, उन्हें मारने के लिए कीटनाशक की तुलनात्मक रूप से अधिक सान्द्रता की आवश्यकता होगी। हालाँकि कीटनाशक की ख़ुराक में कोई भी वृद्धि केवल उन्हीं मच्छरों को मार पाएगी जो कि इसके लिए सबसे कम सहिष्णु होंगे।

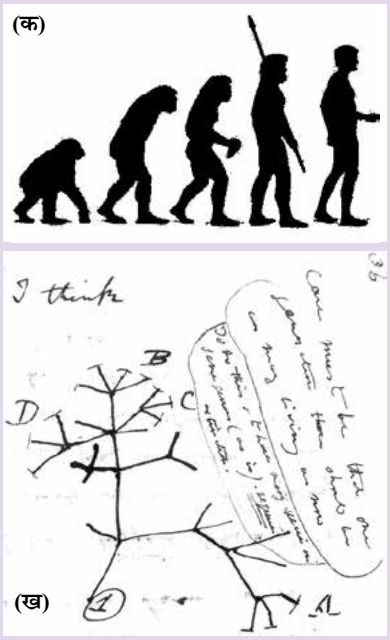


चित्र-4 : 'जीव वैज्ञानिक प्रजाति' की अवधारणा को समझना : तेंदुआ **(क)** और चीता **(ख)** समान दिखते हैं, लेकिन जननक्षम सन्तान पैदा करने के लिए अन्तःप्रजनन नहीं कर सकते। इसलिए, उन्हें अलग-अलग प्रजातियाँ माना जाता है। लैब्राडोर रिट्रीवर **(ग)** और डॉबरमैन पिंसर **(घ)** बहुत अलग-अलग दिखते हैं, लेकिन अन्तःप्रजनन के द्वारा जननक्षम सन्तानें पैदा कर सकते हैं। इसलिए, उन्हें एक प्रजाति का सदस्य माना जाता है।

Credits: (a) Stephen Temple from Cape Town, South Africa, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1M2A5681_(45925689112).jpg. License: CC-BY-SA. (b) Wegmann, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cheetah_Umfolozi_SouthAfrica_MWegmann.jpg. License: CC-BY-SA. (c) SixtyWeb, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yellow_Labrador_Retriever_2.jpg. License: CC-BY-SA. (d) YamaBSM, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:0Doberman-40172501920.jpg. License: CC-BY.

बॉक्स-6 : क्या मनुष्य वानरों से विकसित हुए हैं?

गूगल पर उद्विकास शब्द से सम्बन्धित कुछ भी खोजने पर जो सबसे आम छवि आती है उससे लगता है कि वानरों से लेकर आधुनिक मनुष्यों तक के लक्षणों की एक रैखिक प्रगति हुई है (**चित्र-5क** देखें)। अकसर, लोग इससे यह समझ बनाते हैं कि उद्विकास ने वानरों को मनुष्यों में बदल दिया है! एक साधारण सवाल इस तर्क में निहित नुक़्स को साबित करता है – यदि वानर मनुष्यों में बदल गए, तो ग्रह पर अभी भी इतने सारे वानर क्यों हैं? क्या वे भी मनुष्य में बदलने की प्रक्रिया में हैं?



चित्र-5 : उद्विकास का चित्रण। (क) मानव विकास का ग़लत चित्रण, वानर से मनुष्य की सरल-रैखिक प्रगति के रूप में। **(ख)** डार्विन द्वारा पूर्वजों के माध्यम से सम्बन्धित जीवों का वृक्ष के रूप में चित्रण।
Credits: (a) Peter Griffin. URL: https://www.publicdomainpictures.net/en/view-image.php?image=54539&tpicture=human-evolution. License: Public Domain. (b) Charles Darwin. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darwins_first_tree.jpg. License: Public Domain.

प्रजाति-उत्पत्ति का अधिक सटीक प्रस्तुतीकरण एक वृक्ष के रूप में होता है जो दिखाता है कि कैसे कुछ विशिष्ट लक्षणों से लैस एक सामान्य पैतृक प्रजाति सन्तति प्रजातियों में विभाजित हो जाती है, जिनमें अपने-अपने लक्षणों का समूह होता है (**चित्र-5ख** देखें)। समय के साथ यह प्रक्रिया बार-बार दोहराई गई है, प्रत्येक सन्तति प्रजाति स्वयं सन्तति प्रजातियों के एक और समूह में विभाजित होती रहती है। एक वैकासिक वृक्ष के दृष्टिकोण से देखा जाए, तो यह स्पष्ट हो जाता है कि मनुष्य वानरों से नहीं, बल्कि उन पैतृक प्रजातियों से आते हैं जिन्हें हम वानरों के साथ साझा करते हैं।

बॉक्स-7 : हम कैसे जानते हैं कि दो प्रजातियाँ एक-दूसरे से कितनी निकट हैं?

पूर्व में, एक प्रजाति के बाहरी स्वरूप (आकारिकी) के आधार पर यह अनुमान लगाया जाता था कि वह किसी अन्य प्रजाति से कितनी निकटता से सम्बन्धित है। लेकिन यह तरीक़ा हमेशा विश्वसनीय नहीं होता है – दो प्रजातियों की शारीरिक बनावट में समानता अभिसारी विकास से भी उत्पन्न हो सकती है। यह वह प्रक्रिया है जिससे ग़ैर-सम्बन्धित प्रजातियों में भी समान लक्षणों का विकास हो जाता है। उदाहरण के लिए, पक्षी और चमगादड़ दोनों उड़ सकते हैं; लेकिन चमगादड़ पक्षियों से बहुत अलग वैकासिक इतिहास वाले स्तनधारी हैं।

अपेक्षाकृत आधुनिक तरीक़े इस बात पर ध्यान देते हैं कि वर्तमान समय की प्रजातियों की आनुवंशिक सामग्री समय के साथ कैसे बदली होगी। ये विधियाँ कुछ मान्यताओं पर आधारित हैं, जैसे उत्परिवर्तन की औसत दर, भूगर्भीय घटनाएँ जिन्होंने अतीत में इसे प्रभावित किया होगा आदि। ये विधियाँ वर्तमान प्रजातियों के वैकासिक इतिहास का खुलासा करने में अधिक विश्वसनीय साबित हुई हैं।

कीटनाशक के लिए उच्च सहिष्णुता वाले मच्छर जीवित रह जाएँगे और जीवित रहकर प्रजनन जारी रखेंगे। इसलिए, कीटनाशक की सान्द्रता में प्रत्येक वृद्धि से हर अगली पीढ़ी में उच्च सहिष्णुता के लक्षण की उपस्थिति की आवृत्ति बढ़ती जाएगी। अर्थात, मच्छरों की प्रत्येक नई पीढ़ी को नियंत्रित करने के लिए कीटनाशक की बढ़ती सान्द्रता की आवश्यकता होगी। एक बार जब मच्छरों के प्रभावी नियंत्रण के लिए आवश्यक कीटनाशक की सान्द्रता एक ऐसे स्तर पर पहुँच जाती है, जहाँ मनुष्यों पर इसका ज़हरीला प्रभाव पड़ने लगता है, तो डीडीटी का उपयोग असुरक्षित हो जाता है।

किसी लक्षण के विकास की कुंजी उसके जीन के एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी में संचरण में निहित है। अत: विभिन्न जीवों में लक्षण कितनी तेज़ी से विकसित होते हैं, यह इस बात पर निर्भर करता है कि वे कितनी तेज़ी से प्रजनन कर सकते हैं (**बॉक्स-5** देखें)। किसी आबादी में किसी भी सदस्य की प्रजनन सक्षमता इस बात से निर्धारित होती है कि अगली पीढ़ी में उसकी कितनी सन्तानें वयस्क अवस्था तक जीवित रहती हैं। इस अर्थ में, 'योग्यतम की उत्तरजीविता' से आशय उस जीव से नहीं है जो अपनी क्रूरता के कारण लड़ाई में विजयी हुआ हो। वास्तव में, मौजूदा पर्यावरणीय परिस्थितियों में यह उन लक्षणों वाले जीवों की बात है, जो उनके वयस्क अवस्था तक जीवित रहने में और अपने लक्षणों को अगली पीढ़ी तक पहुँचाने में योगदान करते हैं।

विभिन्न प्रजातियों की उत्पत्ति कैसे होती है?

पारिस्थितिक आवश्यकताओं और वैकासिक उत्पत्ति के आधार पर, 'प्रजाति' शब्द को कई तरीक़ों से परिभाषित किया जा सकता है। प्रजातियों की जीव वैज्ञानिक अवधारणा के अनुसार, जीवों के दो समूहों को अलग-अलग प्रजाति माना जाता है यदि वे अन्त:प्रजनन के द्वारा प्रजननक्षम सन्तानें पैदा नहीं कर सकते हैं (**बॉक्स-6** देखें)। यही कारण है कि तेंदुए और चीता, जो माँसाहारी आदतों और चित्तीदार फर में बहुत समान लगते हैं, को दो अलग-अलग प्रजाति माना जाता है। इसके विपरीत, एक डॉबरमैन पिंसर और एक लैब्राडोर रिट्रीवर एक ही प्रजाति के हैं जबकि व्यवहार और दिखने में बहुत भिन्न लग सकते हैं (**चित्र-4** देखें)।

पृथ्वी पर अनुमानित 87 लाख प्रजातियाँ निवास करती हैं (कुछ वर्णित हैं, जबकि कई मनुष्यों के लिए अभी तक अज्ञात हैं)। इन प्रजातियों को जीवों के पाँच बड़े

बॉक्स-8 : क्या उद्विकास प्रजातियों को 'बेहतर' बनाता है?

लोग अकसर मानते हैं कि प्रजातिकरण की एक निश्चित दिशा होती है और उद्विकास प्रगतिदायक है – वह बदतर से बेहतर, सरल से जटिल, कम से अधिक (बुद्धि, कौशल, क्षमता) की ओर बढ़ता है।

लेकिन प्राकृतिक चयन एक सचेत बल न होकर उपलब्ध विकल्पों में से चुनने की एक सम्भाविता-आधारित (stochastic) प्रक्रिया है। यह सही है कि उद्विकास उन जीवों का चयन करता है जो 'एक दिए गए' पर्यावरण के लिए बेहतर अनुकूलित होते हैं, लेकिन पर्यावरण में परिवर्तन की गतिशील प्रकृति को देखते हुए, आज जिसे हम 'बेहतर' समझते हैं, वह कल के लिए नुक़सानदेह भी साबित हो सकता है। हमें अतीत से जीवों के सावधानीपूर्वक संरक्षित अवशेषों (जीवाश्म) में इसके कई उदाहरण दिखते हैं जो आज विलुप्त हैं (**चित्र-6** देखें)। उदाहरण के लिए, एक वैश्विक स्तर की प्राकृतिक आपदा ने सभी ग़ैर-उड़ने वाले डायनासौरों को मिटाकर डायनासौर युग को समाप्त कर दिया था। लेकिन स्तनधारियों सहित जानवरों के कई समूह, जो आपदा से पहले डायनासौर की तुलना में कम सफल थे, उस आपदा के असर से बच निकलने में कामयाब रहे।

चित्र-6 : अन्य सफल प्रजातियों की विलुप्ति के उदाहरण। (1) *लेपिडोडेंड्रोन* वंश के एक पौधे के तने पर एक पर्ण-शल्क का जीवाश्म – यह 30 करोड़ वर्ष से अधिक साल पहले कार्बोनीफेरस युग का एक प्रमुख जीव था। इस वंश के सदस्य वर्तमान पेड़ों की तरह काष्ठीय ऊतक का निर्माण नहीं करते थे, लेकिन छोटे पत्ती-शल्कों की बहुलता और सहारे से ये चौड़ाई और ऊँचाई में काफ़ी बढ़ सकते थे। शायद प्रतिस्पर्धियों के एक अधिक कुशल समूह – जिम्नोस्पर्म (नग्नबीजी) – के उभरने के कारण वे विलुप्त हो गए हैं; जिम्नोस्पर्म आज भी पृथ्वी पर मौजूद हैं। (2) एक विलुप्त समुद्री आर्थ्रोपोड का जीवाश्म, जिसे 'ट्राइलोबाइट' के रूप में वर्गीकृत किया गया है। ये जीव विलुप्त होने से पहले लगभग 30 करोड़ वर्ष (~ 50 से ~ 25 करोड़ वर्ष पूर्व के बीच) तक अपने समुद्री आवासों में ख़ूब फले-फूले थे, इनकी विलुप्ति कारण आज भी अज्ञात हैं।

Credits: (a) Jstuby, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lepidodendron_PAMuseum.jpg. License: Public Domain. (b) Juan Carlos Fonseca Mata, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki File:Trilobite_fossil,_Desert_Museum.jpg. License: CC-BY-SA.

बॉक्स-9 : क्या हम एलोपेट्रिक (भौगोलिक पृथक्करण) प्रजातिकरण का कोई उदाहरण जानते हैं?

लॉफिंग थ्रश नामक पक्षी की एक प्रजाति दक्षिणी भारत में पश्चिमी घाट के इलाक़े में पाई जाती है। वैज्ञानिकों के अनुसार हिमालय में पाए जाने वाले लॉफिंग थ्रश की एक प्रजाति और पश्चिमी घाट वाली प्रजाति का एक साझा पूर्वज है। यह माना जाता है कि 1 करोड़ साल पहले, मध्य और प्रायद्वीपीय भारत में नम जंगलों के कई बड़े-बड़े हिस्से जलवायु परिवर्तन के कारण सूख गए थे। इसकी वजह से पैतृक प्रजाति के कुछ पक्षी पश्चिमी घाट के शेष बचे नम जंगलों में ही फँस गए। लम्बे समय तक पश्चिमी घाट और हिमालय के बीच प्रतिकूल आवास बने रहने के कारण यह आबादी हिमालयी आबादी से प्रजनन की दृष्टि से अलग हो गई। आज, थ्रश की दो आबादियाँ स्पष्ट रूप से अलग-अलग प्रजातियाँ हैं।

समूहों (जगत) के तहत वर्गीकृत किया जाता है – आर्किया, बैक्टीरिया, प्रोटिस्टा, पादप और जन्तु। इस उल्लेखनीय विविधता के बावजूद, हम जानते हैं कि समस्त जीवन 3.5 अरब वर्ष पहले प्रजातिकरण की प्रक्रिया के फलस्वरूप एक ही आदिम पैतृक रूप से उभरा था। पैतृक रूपों के सन्तति प्रजातियों में विभाजन को विविधीकरण के रूप में जाना जाता है (**बॉक्स-7** देखें)। विविधीकरण, मुख्य रूप से, लम्बे समय तक प्रजनन अलगाव के कारण होता है।

एक ऐसी आबादी की कल्पना करें जिसने घने जंगलों वाले भू-भाग में कमोबेश वृक्षों पर रहने के लिए उपयुक्त लक्षण विकसित कर लिए हैं। मान लीजिए, इस आबादी के कुछ सदस्य एक अस्थाई सेतु से बहुत कम पेड़ों वाले दूसरे भू-भाग पर पहुँच जाते हैं। ऐसा सेतु, उदाहरण के लिए, एक अत्यन्त

बॉक्स-10 : क्या हमें समस्थानिक प्रजातिकरण का कोई उदाहरण पता है?

अन्य प्रजातियों के समान, बड़े कान वाले हॉर्सशू चमगादड़, भी प्रतिध्वनिस्थान-निर्धारण (echo-location) द्वारा सम्प्रेषण करते हैं। उनकी आवाज़ की आवृत्ति चमगादड़ के आकार के अनुसार बदलती है। रोचक बात यह है कि किसी चमगादड़ द्वारा सुनी जा सकने वाली आवाज़ की आवृत्ति भी उसके शरीर के आकार पर निर्भर करती है। एक अध्ययन से पता चलता है कि इस प्रजाति के बड़े आकार के चमगादड़ों की आवाज़ शायद छोटे आकार के चमगादड़ की श्रवण सीमा से बाहर होती है, जिसके चलते बड़े चमगादड़ों के लिए छोटे चमगादड़ बहरे होंगे। यदि यह चुनिन्दा बहरापन अलग-अलग आकार के चमगादड़ के बीच अन्तःप्रजनन की सम्भावना को प्रभावित करता है; एक समय के बाद, छोटे आकार के चमगादड़ पहले व्यवहार के लिहाज़ से और बाद में प्रजनन की दृष्टि से विलग हो जाएँगे। परिणाम यह होगा कि एक ही इलाक़े में चमगादड़ों की दो अलग-अलग प्रजातियाँ उभर आएँगी।

ठण्डी जलवायु घटना के दौरान समुद्र पर बर्फ़ जमने से निर्मित हो सकता है। सेतु के पिघलने के बाद, ये सदस्य शेष आबादी से कट जाएँगे। इसका मतलब यह होगा कि दोनों तरफ़ के सदस्यों के पास अब अन्तःप्रजनन का कोई तरीक़ा नहीं होगा – उनके बीच एक बड़ी, अलंघ्य जलराशि होगी। प्राकृतिक चयन अपना काम करेगा – एक भू-भाग पर ज़्यादा-से-ज़्यादा वृक्षवास अनुकूल लक्षणों का चयन तथा दूसरे भू-भाग पर वृक्षवासी लक्षणों का कम-से-कम चयन (**बॉक्स-8** देखें)। यदि ये दो आबादियाँ लम्बे समय तक एक-दूसरे से अलग रहीं (~हज़ारों या लाखों साल), तो वे अन्तःप्रजनन की क्षमता पूरी तरह से खो देंगी और दो अलग-अलग प्रजातियों का निर्माण हो जाएगा (देखें **बॉक्स-9**)। इस प्रक्रिया को, जहाँ कोई प्राकृतिक बाधा आनुवंशिक अलगाव का कारण बनती है, जो एक नई प्रजाति को जन्म देती है, **एलोपेट्रिक प्रजातिकरण** (भौगोलिक पृथक्करण से उत्पन्न प्रजातिकरण) कहा जाता है।

शारीरिक बाधाएँ एकमात्र कारण नहीं हैं जिसकी वजह से दो आबादियाँ समय के साथ आनुवंशिक रूप से अलग-अलग हो जाती हैं। कुछ मामलों में, पर्यावरणीय परिस्थितियाँ इस तरह से स्थानिक हो जाती हैं कि एक ही समय पर आबादी के विभिन्न सदस्यों पर अलग-अलग प्रकार के चयन दबाव कार्य करते हैं (**बॉक्स-10** देखें)। यदि सदस्यों के ये अलग-अलग समूह लम्बे समय तक परस्पर प्रजनन नहीं करते हैं, तो **समस्थानिक प्रजातिकरण (sympatric speciation)** की यह प्रक्रिया एक नई प्रजाति को जन्म दे सकती है।

चलते-चलते

लगातार बदलता पर्यावरण निरन्तर ऐसे लक्षणों का चयन करता है जो जीवों की दूसरों की तुलना में अधिक जीवित रहने और प्रजनन करने की सम्भावना को बढ़ाते हैं। जब यह चयन प्रजनन की दृष्टि से पृथक्कृत समूहों पर कार्य करता है, तो यह प्रजातिकरण का कारण बन सकता है।

इस प्रक्रिया का उपयोग पृथ्वी पर दिखाई देने वाली जीवन की विशाल विविधता की व्याख्या के लिए किया जा सकता है। हर दिन नई-नई प्रजातियों और उनके वैकासिक इतिहास की खोज हो रही है, जो हमें जीवन की उत्पत्ति के रहस्य को उजागर करने की दिशा में एक क़दम और आगे ले जाती हैं।

मुख्य बिन्दु

- प्राकृतिक चयन द्वारा उद्विकास के सिद्धान्त का उपयोग पृथ्वी पर रहने वाले जीवों की विशाल विविधता की व्याख्या के लिए किया जा सकता है।
- यह सिद्धान्त इस तथ्य पर आधारित है कि सभी जीवों में विविधतापूर्ण और आनुवंशिक लक्षण होते हैं।
- किसी जीव के पर्यावरण में परिवर्तन (समय और या स्थान के साथ), कुछ लक्षणों का चयन कर एक छलनी के रूप में कार्य करते हैं।
- जो लक्षण दिए गए पर्यावरण में जीवित रहने और प्रजनन के लिए अनुकूल होते हैं, उनके अगली पीढ़ी के सदस्यों में पहुँचने की सम्भावना अधिक होती है।
- उद्विकास एक रैखिक प्रक्रिया नहीं है जहाँ एक प्रजाति दूसरे में बदल जाती है। इसकी बजाय पृथ्वी के वैकासिक इतिहास में समय-समय पर पैतृक जीवन रूपों का विभाजन वर्तमान जीवन रूपों में हो जाता है।
- प्रजातियों का विभाजन या विविधीकरण पैतृक आबादियों में प्रजनन अलगाव के कारण होता है।
- एक ही प्रजाति के सदस्यों के बीच प्रजनन अलगाव, शारीरिक बाधाओं या अत्यधिक स्थानिक पर्यावरणीय परिस्थितियों के कारण हो सकता है।

Note: Source of the image used in the background of the article title: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Haeckel_Muscinae.jpg. Credits: Haeckel Muscinae (Mosses) by Ernst Haeckel, Kunstformen der Natur or Art forms in Nature (1904), plate 72: Muscinae, Wikimedia Commons. License: CC-BY-SA.

गीता रामास्वामी सिटीजन साइंस प्रोजेक्ट *सीजनवॉच* (www.seasonwatch.in) की प्रधान हैं। नेचर कंजरवेशन फ़ाउण्डेशन (NCF), बेंगलूरु में स्थित इस परियोजना का उद्देश्य पादप ऋतुजैविकी के माध्यम से मौसमों को समझना है। उनसे geetha@ncf-india.org पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : यशोधरा कनेरिया **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय