इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय
विज्ञान विद्यापीठ

BZYCL-138
आनुवंशिकी और विकासीय जीवविज्ञान : प्रयोगशाला

अभ्यासों की सूची

1.	उपयुक्त उदाहरणों के द्वारा मेंडलीय वंशानुक्रम एवं जीन की पारस्परिक क्रिया (अमेंडलीय वंशानुक्रम) का अध्ययन एवं काई वर्ग परीक्षण से एक संकर मेंडलीय अनुपात–I का सत्यापन	5
2.	उपयुक्त उदाहरणों के द्वारा मेंडलीय वंशानुक्रम एवं जीन की पारस्परिक क्रिया (अमेंडलीय वंशानुक्रम) का अध्ययन एवं काई वर्ग परीक्षण से द्विसंकर मेंडलीय अनुपात–II का सत्यापन	16
3.	सहलग्नता, पुनर्योजन एवं जीन मानचित्रण	22
4.	मानव केरियोटाइपों (सामान्य तथा विकृत) का अध्ययन	32
5.	वंशावली चार्टों से वंशावली विश्लेषण	44
6.	आनुवंशिकी की समस्याओं में प्रायिकता का अनुप्रयोग	55
7.	जीवाश्म प्रमाणों का अध्ययन	64
8.	समजातता एवं समवृत्तिता का अध्ययन	81
9.	अश्व के पूर्वजों के पाद एवं दांतों के चित्रों की सहायता से अश्व के जातिवृत्त का अध्ययन	88
10.	डार्विन की फिंचों की विभिन्न प्रजातियों की चोंच के आरेखों की सहायता से अध्ययन	93
11.	अनुकूलनशीलता को विकसित करने में प्राकृतिक चयन की भूमिका को प्रदर्शित करते हुए एक अभ्यास	99
12.	उपयोगी अनुकूलनशीलता को रखने और अनुपयोगी अनुकूलनों को निष्कासित करने में प्राकृतिक चयन की भूमिका को दर्शाते हुए एक अभ्यास	103
13.	आनुवंशिक विचलन की धारणा को दर्शाने के लिए एक अभ्यास	108

कार्यक्रम अभिकल्प समिति

प्रो. पूर्णिमा मित्तल
पूर्व निदेशक, विज्ञान विद्यापीठ,
इग्नू, नई दिल्ली–110068

प्रो. एस. एस. हसन (सेवा–निवृत्त)
विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू
मैदान गढ़ी, नई दिल्ली–110068

प्रो. जसवंत सोखी (सेवा–निवृत्त)
विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू
मैदान गढ़ी, नई दिल्ली–110068

प्रो. नीरा कपूर
विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू, नई दिल्ली–110068

डॉ. एस. के. सागर
स्वामी श्रद्धानन्द कॉलेज
अलीपुर गाँव, दिल्ली विश्वविद्यालय

डॉ. एम. अब्बास
भास्कराचार्य कॉलेज
ऑफ एप्लाइड साइंसेज़
द्वारका, दिल्ली विश्वविद्यालय

खंड निर्माण दल

डॉ. एम. अब्बास
भास्कराचार्य कॉलेज
ऑफ एप्लाइड साइंसेज़
द्वारका, दिल्ली विश्वविद्यालय (अभ्यास 1 से 6 तक)

डॉ. एस. के. सागर
स्वामी श्रद्धानन्द कॉलेज, अलीपुर गाँव
दिल्ली विश्वविद्यालय (अभ्यास 7 से 13 तक)

विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू

प्रो. नीरा कपूर
विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू, नई दिल्ली–110068
(अभ्यास 1 से 13 तक)

प्रो. एस. एस. हसन (सेवा–निवृत्त)
विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू
मैदान गढ़ी, नई दिल्ली–110068

हिन्दी अनुवाद

1. प्रो. नीरा कपूर
2. डॉ. घनश्याम कछवा

अभ्यासों के कुछ भाग LSE-04 (L) और LSE-08 (L) से लिए गए हैं।

पाठ्यक्रम समन्वयका : प्रो. नीरा कपूर

पाठ्यक्रम संयोजक : प्रो. आर. के. नेगी
जन्तु विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली–110007

सामग्री निर्माण

श्री हेमन्त कुमार
एस.ओ. (पी.), एमपीडीडी, इग्नू

आभार :

- प्रो. नीरा कपूर और श्री अजीत कुमार चित्र और आवरण पृष्ठ के लिए सुझाव।
- श्री विकास कुमार, खंड की सीआरसी बनाने के लिए।

दिसम्बर, 2020

© इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय, 2020

ISBN: .....

सर्वाधिकार सुरक्षित। इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय की लिखित अनुमति के बिना इस पुस्तक के किसी भी अंश को मिमियोग्राफ अथवा किसी अन्य साधन द्वारा पुनः प्रस्तुत करने की अनुमति नहीं है।

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय के पाठ्यक्रमों के विषय में अधिक जानकारी विश्वविद्यालय के मैदान गढ़ी, नई दिल्ली स्थित कार्यालय और इग्नू वेब साइट www.ignou.ac.in से प्राप्त की जा सकती है।

इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय की ओर से कुलसचिव सामग्री निर्माण एवं वितरण प्रभाग द्वारा मुद्रित एवं प्रकाशित।
मैसर्स :

आनुवंशिकी तथा विकासीय जीवविज्ञान : प्रयोगशाला

आनुवंशिकी तथा विकासीय जीवविज्ञान का प्रयोगशाला पाठ्यक्रम इसके सैद्धातिंक कार्यक्रम, जो 4 क्रेडिट का है, पर आधारित है। यह पाठ्यक्रम 2 क्रेडिट का है। इस पाठ्यक्रम में आनुवंशिकी और विकासीय जीवविज्ञान दोनों घटक सम्मिलित हैं।

इस पाठ्यक्रम में एक खण्ड है। इस पाठ्यक्रम में 13 अभ्यास है जो आपके भीतर हाथ से काम करने का और प्रेक्षण, विश्लेषण सांख्यिकीय मापन तथा प्रस्तुतीकरण का कौशल उत्पन्न करने में सक्षम होंगे।

अभ्यास 1 से 6 आनुवंशिकी से संबंधित हैं। सरल अभ्यासों (अभ्यास 1 और 2) के द्वारा आप मेंडलीय वंशानुक्रम के नियम, प्रभावी, पृथक्करण तथा स्वतंत्र अपव्यूहन के नियमों को प्रमाणित कर पाएँगे। अभ्यास 3 में आप सहलग्नता चित्र तथा टेस्ट जीन विनिमय की रचना कर पाएँगे। अभ्यास 4 में आप मानव गुणसूत्रों (♀, तथा ♂, सामान्य तथा अपसामान्य) के विभिन्न समूहों की पहचान करना सीखेंगे और उनका कैरियोटाइप फोटोग्राफ द्वारा बना पाएँगे। अभ्यास 5 में आप मानव वंशावली चार्टों की रचना करना तथा उनका विश्लेषण करना सीख पाएँगे। आनुवंशिकी के प्रश्नों का हल कर पाएँगे।

अभ्यास 7 से 13 विकास से संबंधित हैं। अभ्यास 7 में आप प्लास्टर के मॉडलों की सहायता से फाइलम आर्थ्रोपोडा/सरीसृप वर्ग के जीवाश्मों का अध्ययन करेंगे और विकास के दौरान होने वाली विभिन्न परिघटनाओं की सराहना कर पाएँगे। अभ्यास 8 में आप समजातीय तथा समवृत्तीय अंगों का चित्रों/चार्टों की सहायता से अध्ययन करेंगे और उन्हें विकास से संबंधित कर पाएँगे। अभ्यास 9 और और 10 में आप को क्रमशः अश्व की जातिवृत्त तथा डार्विन फिंचों की चोंचों तथा खाद्य आदतों के सहसंबंध के विषय में जानकारी प्राप्त होगी। अभ्यास 11, 12 तथा 13 में आप प्राकृतिक चयन का अनुकूलनों में विकास आनुवंशिक विचलन का प्राकृतिक चयन से सहसंबंध और उनकी विकास में भूमिका का सरल अनुरुपण अभ्यासों द्वारा अध्यन कर पाएँगे।

इं.गां.रा.मु.वि. के अन्य सभी प्रयोगशाला पाठ्यक्रमों की भांति यह पाठ्यक्रम भी एक गहन आवासीय अभ्यास है जिसे पूरा करने में एक सप्ताह लगेगा। प्रति दिन चार–चार घंटे के दो प्रयोगशाला सत्र होंगे। इस प्रकार कुल 14 सत्र बनेंगे। पहला सत्र परिचयात्मक होगा तथा शेष 2 से लेकर 12 वें तक के सत्र पाठ्क्रम में दिए गए अभ्यासों पर आधारित होंगे। सत्र 1 से 12 में शैक्षिक परामर्शदाता के निर्देशन में किए जाने वाले अभ्यास होंगे। अंतिम दो सत्र यानी 13 और 14 अनिर्देशित सत्र होंगे जिनमें सत्रांत परीक्षा होगी। प्रत्येक सत्र में आप तीन घंटों में अभ्यास करेंगे तथा शेष एक घंटा अपनी प्रयोगशाला नोट–बुक को पूरा करने के लिए होगा। प्रयोगशाला अभ्यासों की कार्य–योजना आपको सत्र में ही दे दी जाएगी।

जैसा कि आपको मालूम ही होगा प्रयोगशाला निश्चित समय के लिए ही उपलब्ध होती है, अतः ज़रूरी है कि आप से कोई भी प्रयोगशाला सत्र छूट न जाए।

आपके कार्य का प्रतिदिन मूल्यांकन किया जाएगा और अंतिम दिन आपकी सत्रांत परीक्षा ली जाएगी। इस परीक्षा में आपको उत्तीर्ण होना अनिवार्य होगा।

अध्ययन निर्देशिका

1. प्रयोगशाला में अध्ययन प्रारम्भ करने से पूर्व आनुवंशिकी तथा विकासीय जीवविज्ञान का सैद्धांतिक पाठ्यक्रम को अच्छी तरह पढ़ लेना चाहिए क्योंकि इस प्रयोगशाला में किये जाने वाले कार्य उनमें दिए गए सिद्धांतों पर आधारित हैं।

2. अभ्यास आरम्भ करने से पहले आप को प्रयोगशाला पुस्तिका को अवश्य पढ़ना चाहिए और महत्वपूर्ण चरणों पर निशान लगा देने चाहिए।

3. प्रयोगशाला में अपने साथ अपनी प्रयोगशाला–पुस्तिका और एक रिकार्ड–बुक को ले जाना न भूले ताकि आपने जो कुछ देखा और किया उसे उसमें नोट किया जा सके।

उद्देश्य

इस पाठ्यक्रम को पूरा करे के बाद आप इस योग्य हो जाएंगे कि :

- एक एकसंकर संकरण में मेंडल के पृथक्करण के नियम को प्रदर्शित कर सकें;
- द्विसंकर संकरण में मेंडल के स्वतंत्र अपव्यूहन के नियम को प्रदर्शित कर सकें;
- जीन विनिमय और पुनसंयोजन प्रक्रमों पर आधारित प्रश्नों के हल कर पाऐ;
- दिए गए अपसामान्य केरियोटाइपों से क्रोमोसोम दोषों को अभिनिर्धारित कर सकें;
- वंशावली चार्टों का विश्लेषण एवं उनकी व्याख्या कर सकेंगे तथा यह बता सकेंगे कि लक्षण विशेष ऑटोसोम से अथवा सेक्स क्रोमोसोम से संबंधित है और युग्म विकल्पी प्रभावी है या अप्रभावी;
- किन्हीं घटना–संयोजनों की प्रायिकता के निर्धारण के लिए द्विपद प्रसार के लिए सूत्र का अनुप्रयोग कर सकें;
- विकासीय प्रक्रिया के दौरान विभिन्न पादप एवं प्राणी प्रजातियों के भौगोलिक वितरण का सम्बन्ध बता पाएँ;
- समजातीय और समवृत्तीय अंगो का वर्णन कर पाएं;
- अश्व के उद्विकास के दौरान होने वाली परिवर्धन प्रक्रियाओं को जोड़ सकें;
- विभिन्न पक्षी प्रजातियों की चोंच के प्रारूपों का संग्राहालय में संग्रहण एवं विश्लेषण कर पाएँ;
- प्राकृतिक चयन की कल्पना को साधारण युक्ति द्वारा समझा सकेंगे;
- यह विवेचन कर सकेंगे कि अनुकूलित युग्म विकल्पियों की समष्टि में बहुत कम आवृति पायी जाती है; और
- आनुवंशिक विचलन की संकल्पना को दर्शा सकेंगे।

अभ्यास 1

उपयुक्त उदाहरणों के द्वारा मेंडलीय वंशानुक्रम एवं जीन की पारस्परिक क्रिया (अमेंडलीय वंशानुक्रम) का अध्ययन एवं काई वर्ग परीक्षण से एक संकर मेंडलीय अनुपात–I का सत्यापन

अभ्यास की रूपरेखा

1.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
1.2 आवश्यक सामग्री
1.3 कार्यविधि
1.4 प्रेक्षण तथा परिणाम
1.5 परिणामों का विवेचन
1.6 χ^2 विश्लेषण

1.1 प्रस्तावना

आनुवंशिकी एवं विकासीय जैविकी के मूल पाठ्यक्रम के इकाई 1 में आप मेंडल के वंशागतिं अर्थात् पृथक्करण का नियम एवं स्वतंत्र अपव्यूहन के नियम के विषय में पढ़ चुके हैं। इस अभ्यास में तथा इससे अगले अभ्यास में इन्हीं दो नियमों के विषय में चर्चा की जायेगी। अभ्यास को प्रारम्भ करने से पूर्व आइए विसंयोजन नियम के एक बार फिर से दोहरा लें। आपको याद होगा कि मेंडल ने उद्यान मटर (*Pisum sativum*) की ऐसी किस्में अर्थात् ऐसे वंशक्रम लिए थे जिनमें विपरीत लक्षणों के जोड़े दिखाई पड़ते थे, जैसे लम्बे स्तम्भ वाले वंशक्रम (अर्थात् ऊंचे पौधे) और छोटे स्तम्भ वाले वंशक्रम (अर्थात् छोटे पौधे), ऐसे पौधे उसके संकरणों में जनक (P पीढ़ी) थे। प्रत्येक वंशक्रम में शुद्ध प्रजनन होता था, यानी वंशक्रम में अध्ययन किया जा रहा लक्षण सदैव यर्थात् रहता था, ऊंचा X ऊंचा करने पर केवल ऊंची ही संतति पैदा होती थी। जब दो विपरीत लक्षणों वाली किस्मों में संकरण कराया जाता था। (जैसे लम्बा X छोटा) तो उससे प्रथम संतानीय पीढ़ी में सभी संतानें एक ही फीनोटाइप (लक्षणप्ररूप) की होती थी, यह उससे प्रथम

संतानीय पीढ़ी में सभी संताने एक ही फीनोटाइप (लक्षणप्ररूप) की होती थीं, यह फ़ीनोटाइप वहीं होता था जो जनकों (अर्थात् ऊंचे पौधों) का था। इस लक्षण को **प्रभावी** (dominant) कहा गया तथा जो लक्षण F_1 में प्रकट नहीं हुआ (अर्थात् छोटा) उसे **अप्रभावी** (recessive) इन दो लक्षणों का मिश्रण नहीं हुआ। जब F_1 के पौधों में स्वप्रजनन कराया गया तो अगली पीढ़ी F_2 की संततियां लगभग 3 प्रभावी और 1 अप्रभावी फीनोटाइपों (जैसे 3 ऊंचे : 1 छोटा) के अनुपात में पायी गयीं। इन प्रयोगों में मेंडल ने क्या निष्कर्ष निकाले?

i) प्रत्येक जनक में दो इकाई कारक (जीन) पाए जाते हैं जिनमें से एक कारक F_1 संततियों के प्रत्येक सदस्य में पहुंचता है।

ii) प्रत्येक जीन दो विकल्पी स्वरूपों अर्थात् ऐलीलों के रूप में पाया जा सकता है जिनमें से एक तो प्रभावी लक्षण के लिए था (अर्थात् T) जो F_1 के फीनोटाइप का अभिनिर्धारण करता था तथा दूसरा ऐलील (अर्थात् t) अप्रभावी लक्षण के लिए था।

iii) F_1 के प्रत्येक सदस्य में प्रत्येक ऐलील का एक–एक ऐलील था (अर्थात् Tt) और वह सदस्य विषमयुग्मजी (heterozygous) था, जबकि इनके प्रत्येक जनक में दो समान ऐलील थे (ऊंचे जनक में TT, तथा छोटे जनक में tt), और वे दोनों जनक समयुग्मजी (homozygous) थे।

iv) इस प्रकार प्रभावी फीनोटाइप (ऊंचा) या तो दो भिन्न जीनोटाइपों–समयुग्मजी (TT) से या विषमयुग्मजी (Tt) से प्राप्त होता था, जबकि अप्रभावी फीनोटाइप केवल एक समयुग्मजी जीनोटाइप (tt) से प्राप्त होता था।

v) जब F_1 पौधों में पराग तथा अण्ड कोशिकाएं बनती थीं तब वे स्पष्टतः दो प्रकार की होती थीं–इनमें या तो एक ऐलील प्रभावी लक्षण (T) का होता था या ऐलील अप्रभावी लक्षण (t) का होता था, जनन कोशिकाओं के ये दो प्रकार समान बारंबारता में बनते थे। इसका यह अर्थ हुआ कि F_1 में जब गैमीट (युग्मक) बनते थे तब उनमें F_1 के दोनों ऐलील स्पष्टतः एक दूसरे से पृथक हो जाते थे।

vi) दोनों जीनाटाइपों T तथा t के पराग तथा अण्ड–केंद्रक यादृच्छिक रूप से संयोजित होकर F_2 के युग्मनज (zygotes) बनाते हैं। इस प्रकार F_2 जीनोटाइप तीन प्रकार के होंगे–एक तो प्रभावी लक्षण के ऐलीलों के लिए समयुग्मजी, दूसरे विषययुग्मजी, और तीसरे अप्रभावी के ऐलीलों के लिए समयुग्मजी, और इन तीनों का अनुपात होगा – 1 : 2 : 1 (1TT : 2Tt : 1tt)। इससे 3 प्रभावी : 1 अप्रभावी (3 ऊंचे : 1 छोटा) का F_2 फीनोटाइप अनुपात प्राप्त होता है तो आइए अब अभ्यास की शुरुआत करें।

उद्देश्य

इस प्रयोगशाला अभ्यास को करने के बाद आप इस योग्य हो सकेंगें कि आप :

- ❖ एक एकसंकर संकरण में मेंडल के पृथक्करण के नियम को प्रदर्शित कर सकें;
- ❖ प्रयोग के विविध चरणों का प्राकृतिक प्रक्रियाओं के साथ सहसंबंध दर्शा सकें;
- ❖ काई–वर्ग परीक्षण का इस्तेमाल करके प्राप्त अनुपात का उसकी समंजन सुष्ठुता (goodness of fit) का विश्लेषण कर सकें।

1.2 आवश्यक सामग्री

1) 3 पात्र अथवा 250 ml के प्लास्टिक बीकर

2) 50 लाल मनके (बीड)

3) 50 पीले मनके (बीड)

1.3 कार्यविधि

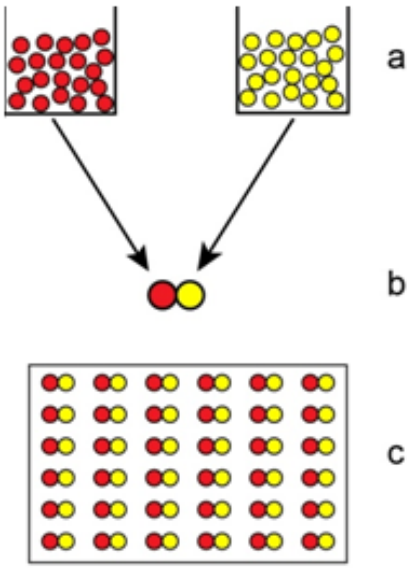
इस परीक्षण के लिए आपको दो–दो के जोड़े बनाकर काम करना होगा।

चरण 1 : एक पात्र में 50 लाल मनके रखिए, इन्हें ऊंचे जनक (T) के युग्मक का प्रतिदर्श समझिए। दूसरे पात्र में 50 पीले मनके रखिए, ये बौने जनक (t) के युग्मकों के प्रतिदर्श हैं। हम यह मान कर चलते हैं कि ये दोनों युग्मक ऐसे जनकों से आए हैं जिनमें इस लक्षण (स्तम्भ की ऊंचाई), के लिए विशुद्ध प्रजनन होता है, और इस प्रयोग में हम इसी की वंशागति का अध्ययन करेंगे।

चरण 2 : प्रत्येक पात्र में से एक–एक मनका निकालिए। निकाला गया प्रत्येक मनका एक युग्मक दर्शाता है जिसके भीतर उस लक्षण जोड़े का केवल एक ही ऐलील है। इन मनकों को एक साथ रखिए। यह निषेचन की प्रक्रिया का प्रतिदर्श है जिसके द्वारा संतान में जीनों के युग्मित ऐलील पुनः स्थापित हो जाते हैं।

चरण 3 : जैसा कि आपने चरण 2 में किया था, उसी प्रकार मनकों के जोड़े निकालते जाइए और उन्हें मेज पर लगाइए। बताइए कि F_1 पीढ़ी की व्यष्टियों का जीनोटाइप क्या होगा?

चरण 4 : इस F_1 पीढ़ी के युग्मकों का अनुरूपण दर्शाने के वास्ते प्रत्येक पात्र में 50 मनके (25 लाल और 25 पीले) रखिए। एक मात्र F_1 पीढ़ी द्वारा बनने वाले मादा युग्मकों का प्रतिदर्श है इसी प्रकार दूसरा पात्र नर युग्मकों का (चित्र 1.1 क, ख, ग)।



चित्र 1.1 : क, ख और ग।

चरण 5 : प्रत्येक पात्र को 30 सेंकड तक खूब हिलाइए, पर ध्यान रखिए कि कोई मनका पात्र से बाहर न गिरे।

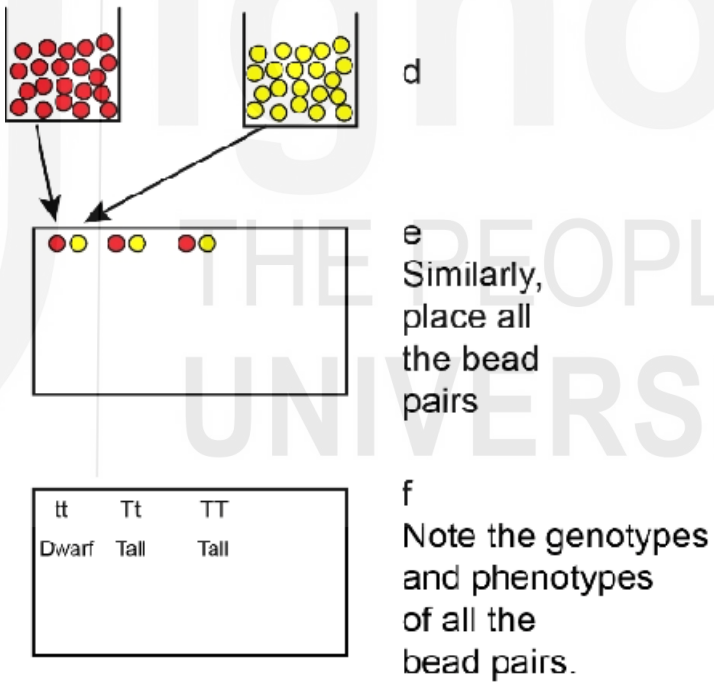
चरण 6 : F_2 पीढ़ी के बनाने के वास्ते आप अपनी आंख बंद करके दोनों पात्रों में से एक–एक मनका निकालिए और उन्हें एक साथ मिलाकर रखिए। आपके साथी को चाहिए कि वह इस प्रकार प्राप्त जोड़ों को नोट करता जाए।

चरण 7 : प्रत्येक जोड़े का जीनोटाइप नोट करने के बाद मनकों के इन जोड़ों का एक अतिरिक्त खाली पात्र में डालते जाइए।

चरण 8 : छठे तथा सातवें चरण को तब तक दोहराते जाइए जब तक कि सभी मनकों के जोड़े बना कर उनके जीनोटाइप नोट न कर लिया जाए।

चरण 9 : F_2 की व्यष्टियों के *फीनोटाइपों* का अनुपात निकालिए।

चरण 10 : अपने बैच की अन्य टोलियों द्वारा प्राप्त अनुपातों को भी रिकार्ड कीजिए तथा उन सबका एक औसत निकाल लीलिए (चित्र 1.1 घ, ङ, च)।



चित्र 1.3 : घ, ङ और च।

1.4 प्रेक्षण तथा परिणाम

A. F_1 पीढ़ी

a) F_1 व्यष्टियों की कुल संख्या .....

b) F_1 व्यष्टियों के फीनोटाइप .....

c) F_1 व्यष्टियों के जीनोटाइप .....

B. F_2 पीढ़ी

a) F_2 व्यष्टियों की कुल संख्या .....

b) F_2 व्यष्टियों की संख्या .....

c) प्रत्येक फीनोटाइप वर्ग में व्यष्टियों की संख्या .....

d) फीनोटाइप अनुपात .....

e) F_1 व्यष्टियों के जीनोटाइप .....

f) प्रत्येक फीनोटाइप वर्ग में व्यष्टियों की संख्या .....

g) जीनोटाइप अनुपात .....

फीनोटाइप वर्ग

T-T tt

समूह औसत

समूह 1	.....	.....
समूह 2	.....	.....
समूह 3	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
समूह n	.....	.....
कुल		
औसत	.....	.....

1.5 परिणामों का विवेचन

1) ऊपर किए गए अभ्यास में कौन सा लक्षण प्रभावी था?

.....

.....

2) F_1 संतति कैसी थी–समयुग्मजी अथवा विषमयुग्मजी?

.....

.....

3) जब F_1 पौधों में स्वपरागण कराया गया तो पराग तथा अण्ड केंद्रक कितने प्रकार के बने थे? इनके जीनोटाइप क्या थे तथा इनके जीनोटाइपों की बारंबारताएं क्या थी?

.....

.....

4) चरण 5 में मनकों को हिलाया क्यों गया, तथा चरण 6 में उन्हें आंख बंद करके क्यों निकाला गया?

.....

.....

5) आपका अनुपात तथा समूह का अनुपात किस प्रकार मेंडल की प्रागुक्तियों से मेल खाता है? कोई अंतर हो तो उसका स्पष्टीकरण कीजिए।

.....

.....

6) $F_1 \times F_2$ संकरण के परिणाम को दर्शाने के लिए एक पनेट वर्ग (Punnett square) बनाइए।

.....

.....

7) इस प्रयोग में लिए गए उदाहरण का एकसंकर परीक्षण–संकरण (टेस्ट क्रॉस) क्या होगा?

.....

.....

8) इस प्रयोग में लिए गए उदाहरण का "बैक–क्रास" (संकर–पूवर्ज–संकरण) क्या होगा?

.....

.....

9) क्या आप परिणामों को किसी और माध्यम से रिकार्ड एवं प्रस्तुत कर सकते हैं?

.....

.....

10) यह प्रयोग मटर में प्रजनन एवं वंशागति के निदर्श (मॉडल) का किस प्रकार से कार्य करता है, समझाइए।

.....

.....

11) मान लीजिए कि F_2 बीजों के एक यादृच्छिक प्रतिचयन के बीजों को बोया गया और उनके परिपक्व पौधों में स्वप्रजनन कराया गया। बताइए कि निम्न पौधों के क्या–क्या अनुपात प्राप्त होंगे?

i) केवल ऊंचे पौधे (समयुग्मजी)।

ii) केवल बौने पौधे (समयुग्मजी)।

iii) ऊंचे एवं बौनेपन के लिए मिश्रित पौधे (विषमयुग्मजी)।

.....

.....

1.6 χ^2 विश्लेषण

ग्रीक अक्षर χ ("काई") को लेकर χ^2 परीक्षण का उपयोग करके आप इस प्रयोग के परिणामों का विश्लेषण कर सकते हैं। यह एक सांख्यिकीय परीक्षण है जिसे यह निर्धारण करने के वास्ते अक्सर ही उपयोग में लाया जाता है कि प्रयोग द्वारा प्राप्त हुए आंकड़े प्रत्याशित अथवा सैद्धांतिक आंकड़ों से समंजन सुष्ठुता दर्शाते हैं (good fit) यानी सही–सही पूरा फिट बैठते हैं या कि केवल एक सन्निकटन (approximation) हैं। मूलतः इस परीक्षण से यह अभिनिर्धारित किया जा सकता है कि क्या प्रत्याशित मानों से होने वाला विचलन किसी संयोग के कारण तो नहीं हुआ। आनुवंशिक संकरण में वास्तविक देखा गया अनुपात परिकलित अनुपात से अगर अलग आता है तो उसका केवल एक ही कारण हो सकता है वह है संयोग। उदाहरण के लिए किसी एक संकर में बिल्कुल सही–सही 3 : 1 का अनुपात बहुत ही विरलतः पाया जाता है। प्रेक्षित परिणाम भिन्न होते हैं, लेकिन एक ऐसा बिंदु आता है जब अंतर इतना ज्यादा होता है कि प्रेक्षित आंकड़े प्रत्याशित आंकड़ों से मेल नहीं खाते। काई–वर्ग परीक्षण इस बिंदु का संकेत देता है। उदाहरण के लिए, इस अभ्यास में यह परिकल्पना बनायी गयी है कि F_2 आंकड़े 3 : 1 अनुपात से किसी महत्वपूर्ण रूप में भिन्न नहीं है। इस प्रकार के सूत्रण को *निराकरणीय परिकल्पना* (null hypothesis) कहते हैं क्योंकि हम परीक्षण करेंगे कि ऐसा कुछ नहीं हुआ जिससे प्रत्याशित अनुपात किसी महत्वपूर्ण रूप से विक्षुब्ध हुआ हो। एक दूसरी वैकल्पिक परिकल्पना को लीजिए, जैसे कि F_2 आंकड़े 3 : 1 अनुपात से बिल्कुल भिन्न है क्योंकि विभिन्न जीनोटाइप असमान संख्याओं में बनते हैं। इस प्रकार की परिकल्पना परिशुद्ध नहीं कही जाएगी और इसके द्वारा कोई सही–सही संख्यात्मक पूर्वघोषणा नहीं की जा सकती। इस उदाहरण से स्पष्ट हो जाएगा कि परीक्षण के लिए परखी जा रही निराकरणीय परिकल्पना हमेशा ही नियत की जानी चाहिए।

इस परीक्षण के लिए सूत्र इस प्रकार है :

$$\chi^2 = \sum \frac{(o - e)^2}{e} \text{ or } \sum \frac{d^2}{e}$$

χ^2 = काई–वर्ग

$\sum$ = जो योग है

d = प्रत्याशित एवं देखे गए परिणामों के बीच का अंतर, जिसे प्रायः विचलन कहा जाता है (o – e)

e = प्रत्याशित परिणाम

o = देखे गए परिणाम

आइए देखें कि सूत्र किस प्रकार लगाया जा सकता है। जैसा कि आप जानते हैं एकसंकर संकरण में, 3 : 1 का अनुपात प्रत्याशित होता है। मान लिया कि आपको F_1 संतति में कुल 160 पौधें प्राप्त होते हैं, जिनमें से 120 ऊंचे हैं और 40 बौने हैं। लेकिन एक अन्य विद्यार्थी को 116 ऊंचे तथा 44 बौने पौधे प्राप्त होते हैं ऐसी स्थिति में काई–वर्ग परीक्षण का परिकलन सारिणी 1.1 में जैसा दर्शाया गया है वैसा किया जाएगा।

सारिणी 1.1 : काई–वर्ग मान का परिकलन

फीनोटाइप	देखी गई संख्या (o)	प्रयाशित संख्या (e)	अन्तर (d = o – e)	d^2	आंशिक काई वर्ग d^2/e
ऊंचे	116	120	4	16	16/120 = .133
बौने	44	40	4	16	16/40 = .400
					$\sum \frac{d^2}{e} = .533$ $\chi^2 = .533$

अगला चरण है इस काई–वर्ग (χ^2) मान को सारिणी 1.2 में देखना जो इस बात का संकेत देता है कि क्या संभाव्यता (P) इस बात की है कि पाये गए अंतर किसी यादृच्छिक प्रतिचयन त्रुटि (random sampling error) के कारण हैं अथवा यह कि परिणामों का स्पष्टीकरण किसी अन्य प्रागुक्ति अथवा परिकल्पना के आधार पर करना बेहतर रहेगा।

सारिणी 1.2 : 1–30 अंशों के स्वातंन्त्र्य के लिए जिसे विशिष्ट संभाव्यताओं (P) के साथ अथवा अधिक कर दिया जाता है, के लिए काई–वर्ग के क्रांतिक मान। सारिणी के शीर्ष पर दी गयी संख्याएं महत्व के स्तर दर्शाती हैं।

	.99	.98	.95	.90	.80	.70	.50	.30	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	.00016	.00063	.0039	.016	.046	.15	.46	1.07	1.64	2.71	3.84	5.41	6.64	10.83
2	.02	.04	.10	.21	.45	.71	1.39	2.41	3.22	4.60	5.99	7.82	9.21	13.82
3	.12	.18	.35	.58	1.00	1.42	2.37	3.66	4.64	6.25	7.82	9.84	11.34	16.27
4	.30	.43	.71	1.06	1.65	2.20	3.36	4.88	5.99	7.78	9.49	11.67	13.28	18.46
5	.55	.75	1.14	1.61	2.34	3.00	4.35	6.06	7.29	9.24	11.07	13.39	15.09	20.52

6	.87	1.13	1.64	2.20	3.07	3.83	5.35	7.23	8.56	10.64	12.59	15.03	16.81	22.46
7	1.24	1.56	2.17	2.83	3.82	4.67	6.35	8.38	9.80	12.02	14.07	16.62	18.48	24.32
8	1.65	2.03	2.73	3.49	4.59	5.53	7.34	9.52	11.03	13.36	15.51	18.17	20.09	26.12
9	2.09	2.53	3.32	4.17	5.38	6.39	8.34	10.66	12.24	14.68	16.92	19.68	21.67	29.59
10	2.56	3.06	3.94	4.86	6.18	7.27	9.34	11.78	13.44	15.99	18.31	21.16	23.21	29.59
11	3.05	3.61	4.58	5.58	6.99	8.15	10.34	12.90	14.63	17.28	19.68	22.62	24.72	31.26
12	3.57	4.18	5.23	6.30	7.81	9.03	11.34	14.01	15.81	18.55	21.03	24.05	26.22	32.91
13	4.11	4.76	5.89	7.04	8.63	9.93	12.34	15.12	16.89	19.81	22.36	25.47	29.69	34.53
14	4.66	5.37	6.57	7.79	9.47	10.82	13.34	14.22	18.15	21.06	23.68	26.87	29.14	36.12
15	5.23	5.98	7.26	8.55	10.31	11.72	1434	17.32	19.31	22.31	25.00	28.26	30.58	37.70
16	5.81	6.61	7.96	9.31	11.15	12.62	15.34	18.42	20.42	23.54	26.30	29.63	32.00	39.29
17	6.41	7.26	8.67	10.08	12.00	13.63	16.34	19.51	21.62	24.37	27.59	31.00	33.41	40.75
18	7.02	7.91	9.39	10.86	12.86	14.4	17.34	20.60	22.76	25.99	28.87	32.35	34.80	42.31
19	7.63	8.57	10.12	11.65	13.72	15.35	18.34	21.69	23.90	27.20	30.14	33.69	36.19	43.82
20	8.26	9.24	10.85	12.44	14.58	16.27	19.34	22.78	25.04	28.41	31.41	35.02	37.57	45.32
21	8.90	9.92	11.59	13.24	15.44	17.18	20.34	23.86	26.17	29.62	32.67	36.34	38.93	46.80
22	9.54	10.60	12.34	10.04	16.31	18.10	21.34	34.04	27.30	31.81	33.92	37.66	40.29	48.27
23	10.20	11.29	13.09	14.85	17.19	19.02	22.34	26.02	28.43	32.01	35.17	38.97	41.64	49.73
24	10.86	11.90	13.85	15.66	18.06	19.94	23.34	27.10	29.55	33.20	36.42	40.27	42.38	51.18
25	11.52	12.70	14.61	16.47	18.94	20.87	24.34	28.17	30.68	34.38	37.65	41.57	44.21	52.62
26	12.20	13.41	15.38	17.29	19.82	21.79	25.34	29.25	31.80	35.56	38.88	42.86	45.64	54.06
27	12.88	14.12	16.15	18.11	20.70	22.72	26.34	30.32	32.91	36.74	40.11	44.14	46.96	55.48
28	13.56	14.85	16.93	18.94	21.59	23.65	27.34	31.39	34.03	37.93	41.34	45.42	48.28	56.89
29	14.26	15.57	17.71	19.77	22.48	24.58	28.34	32.46	35.14	39.09	42.56	46.69	49.53	58.30
30	14.95	16.31	18.49	20.60	23.36	25.51	29.34	33.53	36.25	40.26	43.77	47.96	50.89	59.70

सारिणी 1.2 में df का संकेत स्वातंत्र्य कोटि (degree of freedom) दर्शाता है जो इस प्रयोग के अध्ययन किए गए फीनोटाइप–लक्षणों की संख्या के द्वारा अभिनिर्धारित होगा। हमारे उदाहरणों में दो वर्ग आते है–एक तो ऊंचे पौधे और दूसरे बौने पौधे। जैसा कि सारिणी में df के मान के लिए दिखाया गया है, अर्थात् हमें C-1 का मान जानना जरूरी है। आपने सुना होगा कि स्वातंत्र्य कोटि (df) के सूत्र C-1 का उपयोग करके परिकलन किया जाता है, जिसमें C वर्गों की कुल संख्या होती है। इस उदाहरण में C, 2 है अतः df बराबर है 1 के (यानी 2–1 = 1)। अतः आपको χ^2 के मान को सारिणी 1.2 की पहली पंक्ति में देखना चाहिए (अर्थात् 1 में)। .533 मान, .50 तथा .30 की संभाव्यता मानों के बीच में आता है। इसका अर्थ यह हुआ कि यादृच्छिक संयोग के द्वारा वास्तविक गणना तथा प्रत्याशित गणना के बीच का अंतर 30 तथा 50% अवधि के बीच होना चाहिए। जीव–विज्ञान में प्रायः स्वीकार किया जाता है कि 0.05 से अधिक का P मान स्वीकार्य है जबकि 0.05 से कम के P मान से संकेत मिलता है कि परिणाम यादृच्छिक प्रतिचयन के कारण नहीं हैं और इसलिए वे मूल पूर्वघोषणा (परिकल्पना) से साथ मेल खाए हुए प्रतीत नहीं होते।

सारिणी 1.3 को भरकर अपने परिणामों का काई–वर्ग विश्लेषण कीजिए।

सारिणी 1.3 परिणामों का काई–वर्ग विश्लेषण

फीनोटाइप	देखी गई संख्या (o)	प्रत्याशित संख्या (e)	अन्तर (d = o – e)	d^2	आंशिक काई वर्ग d^2/e
					$\sum \frac{(d)^2}{e} =$

χ^2 = ...

C-1 = ...

P (सारिणी 1.2) से .....

क्या आपके परिणाम मेंडल की प्रागुक्ति का समर्थन करते हैं ? .....

यदि नहीं, तो क्या आप इसका कोई कारण बता सकते हैं ? .....

B) अपनी पूरे समुदाय के लिए काई–वर्ग विश्लेषण कीजिए।

फीनोटाइप	देखी गयी संख्याएं					
	टोली 1	टोली 2	टोली 3	.....	टोली n	योग
ऊंचे						
बौने						

व्यष्टियों की कुल संख्या .....

काई–वर्ग विश्लेषण

फीनोटाइप	देखी गई संख्या (o)	प्रत्याशित संख्या (e)	अन्तर (d = o – e)	d^2	आंशिक काई वर्ग d^2/e
ऊंचे					
बौने					
					$\sum \frac{(d)^2}{e} =$

χ^2 = ...

C-1 = ...

P (सारिणी 1.2) से = ...

क्या ये परिणाम मेंडल की प्रागुक्ति का समर्थन करते हैं?

.....

.....

ऊपर कहे गए परिणामों पर टिप्पणी कीजिए।

.....

.....

एक बड़ा प्रतिचयन (सैम्पल) लेने के क्या लाभ हैं?

.....

.....

अभ्यास 2

उपयुक्त उदाहरणों के द्वारा मेंडलीय वंशानुक्रम एवं जीन की पारस्परिक क्रिया (अमेंडलीय वंशानुक्रम) का अध्ययन एवं काई वर्ग परीक्षण से द्विसंकर मेंडलीय अनुपात–II का सत्यापन

अभ्यास की रूपरेखा

2.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
2.2 आवश्यक सामग्री
2.3 कार्यविधि
2.4 प्रेक्षण तथा परिणाम
2.5 परिणामों का विवेचन

2.1 प्रस्तावना

यह अभ्यास मेंडल के वंशागति के दूसरे नियम से संबंधित है, अर्थात, स्वतंत्र अपव्यूहन के नियम से। मेंडल ने दो जोड़ी विपरीत लक्षणों वाले पौधों को लेकर प्रमाण प्रस्तुत किया कि कारकों के वैकल्पिक स्वरूप स्वतंत्र रूप से अपव्यूहित होते हैं और पुनः संयोजित होकर 9 : 3 : 3 : 1 का द्विसंकर अनुपात प्रदान करते हैं दूसरे रूप में हम कह सकते हैं कि एक जीन जोड़े का पृथक्करण दूसरे जीन जोड़े के पृथक्करण से स्वतंत्र है और वह वही समान अनुपात प्रदान करेगा (3 : 1 × 3 : 1)। इस प्रयोग में आप सीखेंगे कि विभिन्न रंग के मनकों का इस्तेमाल करके किस प्रकार मेंडल के द्विसंकर अनुपात का प्रदर्शन किया जा सकता है तथा उपलब्ध परिणामों का परीक्षण काई–वर्ग नामक सांख्यिकीय कार्यविधि द्वारा किस प्रकार किया जा सकता है।

इस अभ्यास के करने से पहले : आनुवंशिकी एवं विकास पाठ्यक्रम की इकाई 1 की तथा इस पाठ्यक्रम के अभ्यास–1 का अध्ययन कर लीजिए।

उद्देश्य

इस प्रयोगशाला अभ्यास को करने के बाद आप इस योग्य हो सकेंगे कि आप :

- ❖ द्विसंकर संकरण में मेंडल के स्वतंत्र अपव्यूहन के नियम को प्रदर्शित कर सकें;
- ❖ प्रयोग–चरणों का प्राकृतिक प्रक्रियाओं के साथ सहसंबंध बता सकें; और
- ❖ काई वर्ग परीक्षण का इस्तेमाल करके प्राप्त अनुपात की समंजन सुष्ठुता का विश्लेषण कर सकें।

2.2 आवश्यक सामग्री

1) 5 पात्र
2) 48 हरे मनके (बीड)
3) 48 पीले मनके (बीड)
4) 48 काले मनके (बीड)
5) 48 सफेद मनके (बीड)
6) 1 पैकेट मॉडल बनाने की मिट्टी (modelling clay)

2.3 कार्यविधि

इस प्रयोग के लिए आपको दो–दो के जोड़े में काम करना होगा।

चरण 1 : लाल, पीले, काले तथा सफेद 48–48 मनकों (बीडों) को अलग–अलग पात्रों में रखिए।

काले मनके चिकने बीजावरण (S) के प्रभावी लक्षण को दर्शाते हैं,

सफेद मनके झुर्रीदार बीजावरण (s) के अप्रभावी लक्षण को दर्शाते हैं,

पीले मनके बीजों के पीले रंग (Y) के प्रभावी को दर्शाते हैं, और

हरे मनके बीजों के हरे रंग (y) के अप्रभाव लक्षण को दर्शाते हैं।

चरण 2 : चिकने, पीले तथा झुर्रीदार, हरे फीनोटाइपों वाले जनकों के बीच संकरण कीजिए।

चरण 3 : प्रत्येक जनक द्वारा किस प्रकार के युग्मक बनेंगे?

.....

.....

चरण 4 : सफेद, हरे, काले तथा पीले रंग के एक–एक मनके को एक साथ मिलाकर रखिए। वह प्रक्रिया निषेचन की प्रतिदर्श है। F_1 व्यष्टियों के फीनोटाइप तथा जीनोटाइप लिखिए।

.....

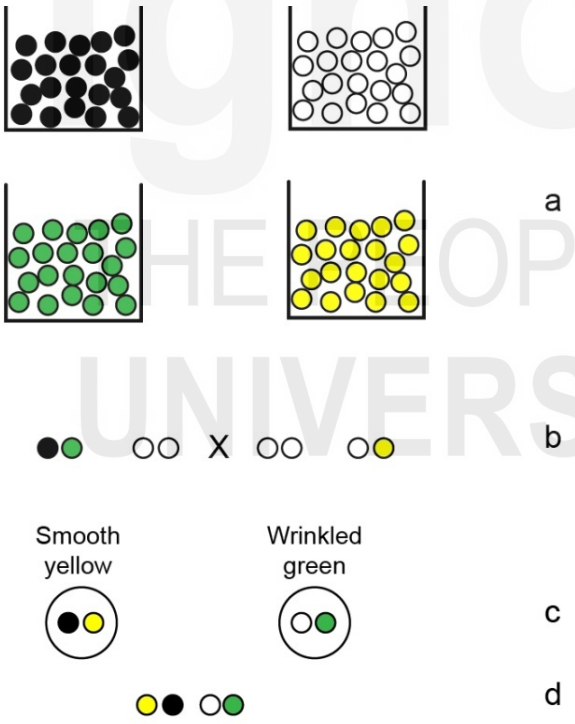
.....

चरण 5 : अगले चरण में F_1 व्यष्टियों के बीच संकरण कीजिए। ऊपर प्राप्त F_1 व्यष्टियों में किस प्रकार के युग्मक बनेंगे?

.....

इस F_1 पीढ़ी के युग्मकों की अनुरूपण के लिए 24–24 मनके (यानि 24 सफेद, 24 काले, 24 हरे तथा 24 पीले) दोनों यानि कि प्रत्येक पात्र में रखिए। एक पात्र F_1 जनकों से बने मादा युग्मकों का प्रतिदर्श है और दूसरा पात्र नर युग्मकों का प्रतिदर्श हैं।

चरण 6 : चारों प्रकार के युग्मकों की पहचान को स्पष्ट करने के लिए मॉडलिंग मिट्टी की एक बहुत छोटी सी गेंद लीजिए। जिससे F_2 युग्मक दर्शाने वाली दो मनकों को जोड़िए। उदाहरण के लिए एक सफेद तथा एक हरा मनका लीजिए और मॉडलिंग मिट्टी की थोड़ी सी मात्रा लेकर उन्हें परस्पर जोड़ लीजिए। इसी प्रकार एक सफेद तथा एक पीले मनके का, और एक सफेद तथा हरे मनके का, एक काले तथा एक हरे मनके का और एक काले तथा एक पीले मनके का जोड़ा बनाइए। इस प्रकार दोनों पात्रों के सभी मनकों के जोड़े बना लीजिए (चित्र 2.1 क, ख, ग और घ)।



चित्र 2.1 : क, ख, ग और घ।

चरण 7 : दोनों पात्रों को (जिनमें से प्रत्येक में चार प्रकार के युग्मक हैं) 30 सेकेंड तक हिलाइए।

चरण 8 : F_2 पीढ़ी बनाने के वास्ते अपनी आंखों को बंद करके प्रत्येक पात्र में से एक–एक मनका–जोड़ा निकालिए और उन्हें परस्पर एक साथ रखिए। इस प्रकार प्राप्त होने वाले जीनों के संयोजन आपका साथी नोट करता जाए। यह संयोजन F_2 व्यष्टियों के फीनोटाइपों तथा जीनोटाइपों को दर्शाता है।

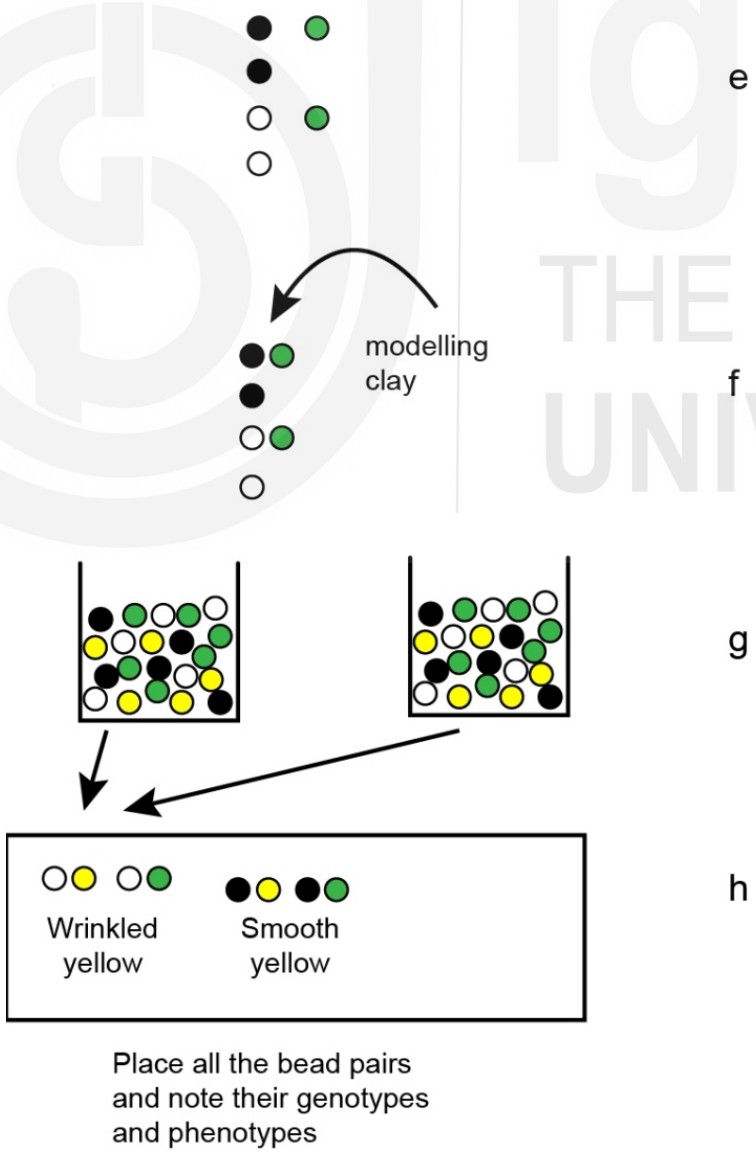
चरण 9 : प्रत्येक जोड़े का फीनोटाइप तथा जीनोटाइप नोट करने के बाद मनकों के जोड़े को एक खाली पात्र में डालते जाइए।

चरण 10 : चरण 8 तथा 9 को तब तक बार–बार करते चले जाइए जब तक कि दोनों पात्रों के सभी मनकों के जोड़ों का उपयोग नहीं हो जाता और उनके संयोजनों को नोट नहीं कर लिया जाता।

चरण 11 : F_2 व्यष्टियों के फीनोटाइप के अनुपात का परिकलन कीजिए।

चरण 12 : अपने बैच की अन्य टोलियों द्वारा प्राप्त अनुपातों को भी रिकार्ड कीजिए तथा औसत अनुपात निकाल लीजिए।

चरण 13 : अपने परिणामों का तथा स्मुदाय औसत अनुपात का काई–वर्ग का उपयोग करके जिसे आपने पिछले प्रयोग में इस्तेमाल किया था, अलग–अलग विश्लेषण कीजिए ताकि इन अनुपातों की संमजन–सुष्ठुता पता चल सके (चित्र 2.1 ङ, च, छ और झ)।



चित्र 2.1 : ङ, च, छ और झ।

2.4 प्रेक्षण तथा परिणाम

I व्यष्टिगत प्रेक्षण

F_1 पीढ़ी

a) व्यष्टियों की कुल संख्या .....

b) फीनोटाइप .....

c) जीनोटाइप .....

F_2 पीढ़ी

a) व्यष्टियों की कुल संख्या .....

b) फीनोटाइप .....

c) प्रत्येक फीनोटाइप वर्ग में व्यष्टियों की संख्या

....

....

....

....

d) फीनोटाइप अनुपात .....

e) जीनोटाइप .....

f) प्रत्येक जीनोटाइप वर्ग में व्यष्टियों की संख्या

....

....

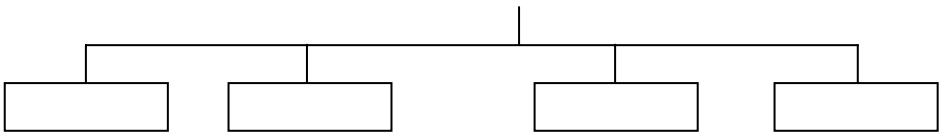
....

....

g) जीनोटाइप अनुपात .....

II समुदाय औसत

फीनोटाइप वर्ग में व्यटिष्यों की संख्या



समुदाय 1 ....

समुदाय 2 ....

समुदाय 3	.....	.....	.....	.....
समुदाय 4	.....	.....	.....	.....
समुदाय n	.....	.....	.....	.....
	_____			
	_____	_____	_____	_____
योग	.....	.....	.....	.....
	_____	_____	_____	_____
औसत	.....	.....	.....	.....

2.5 परिणामों का विवेचन

1) अपने अनुपात और समुदाय औसत अनुपात को मेंडल की प्रागुक्ति से तुलना कीजिए। यदि कोई अंतर हो तो उनका स्पष्टीकरण कीजिए।

.....

2) $F_1 \times F_2$ संकरण के नतीजे को दर्शाने हेतु पनेट वर्ग अथवा शाखा बनाइए।

.....

3) इस प्रयोग में लिए गए उदाहरण का द्विसंकर परीक्षण संकरण (टेस्ट–क्रॉस) क्या होगा?

.....

4) क्या आप अपने परिणामों को किसी अन्य तरीके से रिकार्ड कर प्रस्तुत कर सकते हैं?

.....

5) अपने परिणाम का काई–वर्ग विश्लेषण कीजिए?

फीनोटाइप	देखी गयी संख्या (o)	प्रत्याशित संख्या (e)	अंतर (d = o – e)	d^2	आंशिक काई–वर्ग d^2/e
					$\sum \frac{(d)^2}{e} =$ $\chi^2 =$

अभ्यास 3

सहलग्नता, पुनर्योजन एवं जीन मानचित्रण

अभ्यास की रूपरेखा

3.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
3.2 सहलग्नता
3.3 जीन विनिमय
3.4 काइएज्मा आवृत्ति
3.5 गुणित जीन विनिमय
3.6 पुनर्संयोजन की सीमाएं

3.1 प्रस्तावना

इस अध्यास को आरम्भ करने से पहले आनुवंशिकी (Genetics) एवं उद्विकासिय जैविकी (evolutionary biology) की इकाई 4 और इकाई 5 का अध्ययन करना लाभप्रद है। जब दो या दो से अधिक जीन एक ही गुणसूत्र पर उपस्थित होते है, तो इन्हें सहलग्न जीन कहते है। ये जीन ओटोसोम (autosomes) अथवा लिंग गुणसूत्रों (sex chromosomes) पर सहलग्न हो सकती है। मेण्डल के स्वतन्त्र अपव्यूहन के नियमानुसार वे जीन जो भिन्न–भिन्न गुणसूत्रों पर उपस्थित होती है, वे स्वतन्त्र रूप से युग्मकों में वितरित (distributed) हो जाती है। वे जीन जो एक ही गुणसूत्र पर उपस्थित होती है, वे युग्मकों के निर्माण के पचचात् समान युग्मक में ही उपस्थित रहती है। अतः जब द्विसंकरण के दौरान टेस्ट क्रॉस (test cross) किया जाता है तो परिणाम भिन्न प्राप्त होते है। यह इस पर निर्भर करता है कि जीन सहलग्न है अथवा भिन्न गुणसूत्रों पर उपस्थित है।

उद्देश्य

इस अभ्यास के पश्चात् आप इस योग्य हो जाएंगे कि :

- सहलग्नता की संकल्पना को इस पर आधारित प्रश्नों को हल कर के वर्णन कर पाऐ;
- जीन विनिमय और पुनसंयोजन प्रक्रमों पर आधारित प्रश्नों के हल कर पाऐ; और
- सहलग्नता चित्र तथा टेस्ट जीन विनिमय की रचना कर पाऐ।

3.2 सहलग्नता

जब दो या दो से अधिक जीन एक ही गुणसूत्र पर स्थित होती हैं तो वे सहलग्न कहलाती है और उनके संचरण पैटर्न को सहलग्नता कहते हैं। ये ओटोसोम या लिंग गुणसूत्र में इकट्ठे सहलग्न होते हैं।

दो जीन के बीच ऐसी सहलग्नता (linkage) जिसके कारण पुनर्योजन (recombination) का प्रतिशत शून्य हो जाता है, वे पूर्णतः सहलग्न जीन कहलाते हैं।

उदाहरण 1

अर्द्धसूत्री विभाजन (meiosis) के दौरान भिन्न–भिन्न गुणसूत्रों पर उपस्थित जीन स्वतन्त्र उपव्यूहन दर्शाती है तथा टेस्ट क्रॉस में 1 : 1 : 1 : 1 अनुपात प्राप्त होता है –

जनक : *AaBb* × *aabb*

युग्मक : *A* *Ab* *ab* *ab* *ab*

F_1 : 1/4 *AaBb* : 1/4 *Aabb* : 1/4 *aaBb* : 1/4 *aabb*

उदाहरण 2

सहलग्न जीन स्वतन्त्र अपव्यूहन नहीं दर्शाती है परन्तु ये पीढ़ी दर पीढ़ी साथ–साथ संयोजन दर्शाती है जिस प्रकार इनके जनकों में होता है। वह जीन जो तिरछी रेखा (/) के बांयी और है, एक गुणसूत्र पर उपस्थित है तथा जो दांयी ओर है, वह समजात गुणसूत्र पर उपस्थित है। अति निकटता से सहलग्न जीन युग्मकों (gametes) के निर्माण के दौरान पुनर्संयोजन नहीं दर्शाती है।

जनक : *Aa/B* × *ab/bb*

युग्मक *AB* *ab* *ab*

F_1 : 1/2 *AB/ab* : 1/2 *ab/ab*

प्राप्त परिणाम द्विसंकर क्रॉस के टेस्ट क्रॉस से विचलन दर्शाते हैं जिससे ज्ञात होता है कि जीन सहलग्न थी। सहलग्न जीन सदैव साथ रहें ऐसा आवश्यक नहीं है। अर्द्धसूत्री विभाजन की प्रोफेज़ प्रावस्था में समजात गुणसूत्रों के नॉनसिस्टर क्रोमैटिड में गुणसूत्र खण्डों का आदान–प्रदान होता है जिसे जीन विनिमय कहते है। जीन–विनिमय की सम्भावना बढ़ने पर सहलग्नता का प्रभाव घट जाता है।

हम जानते है कि अर्द्धसूत्री विभाजन की प्रोफेज़ में पैकाईटीन अवस्था में समजात गुणसूत्र एक दूसरे के समीप आकर (सिनेप्सिस), कुछ बिन्दुओं पर जीन विनिमय (किएज्मेटा) कर पुनर्संयोजन दर्शाते है जिससे युग्मकों में भिन्नता उत्पन्न होती है।

3.3 जीन विनिमय

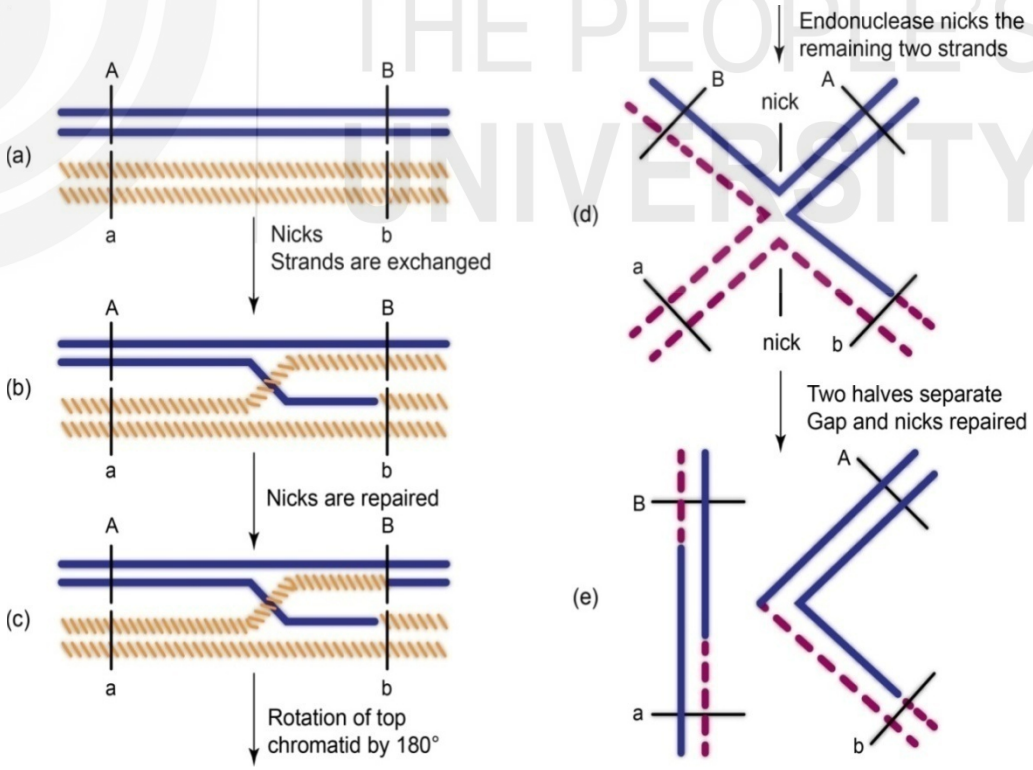
अर्द्धसूत्री विभाजन की तैयारी के दौरान, प्रत्येक गुणसूत्र का DNA द्विगुणन करता है तथा आनुवंशिक रूप से समरूप दो समान सिस्टर क्रोमैटिड उत्पन्न करता है। प्रोफेज–I के दौरान समजात गुणसूत्र एक दूसरे के समीप आकर युग्म बनाते है, जिसे **सयुंग्मन** (synapsis) कहते है (चित्र 3.1 क) संयुग्मन के दौरान गुणसूत्रों एवं प्रोटीन से निर्मित संरचना को **संयुग्मन सम्मिश्रण** (synaptonemal complex) कहते है। 90 नेनोमीटर (nm) व्यास आकार के बड़े प्रोटीन सम्मिश्रण को पुनर्संयोजन मोड्यूल (Recombination

module) कहते है। पुनर्संयोजन मोड्यूल बहुएन्जाईमी "पुनर्संयोजन मशीन" का कार्य करते है। जो संयुग्मन (synapsis) और पुनर्संयोजन को प्रभावित करते है। पुनर्संयोजन मोड्यूल में एण्डोन्यूक्लिएज़ एन्ज़ाइम क्रोमैटिड में उपस्थित एक स्ट्रेण्ड (DNA की एक कुण्डली) को काट देता है जिससे समजात गुणसूत्रों के नोन–सिस्टर क्रोमैटिड के मध्य गुणसूत्र खण्डों का आदान–प्रदान सम्भव होता है (चित्र 3.1 ख) तथा सहलग्न जीन के मध्य पुनर्संयोजन प्रभावित होता है। DNA पौलीमरेज़ एन्ज़ाइम के द्वारा गुणसूत्र खण्डों का बहुलकीकरण किया जाता है तथा DNA लाइगेस एन्ज़ाइम द्वारा गुणसूत्र खण्ड को जोड़ा जाता है (चित्र 3.1 ग)। यदि क्रोमैटिड 180° पर घूम जाते है तो सूक्ष्मदर्शी से देखने पर क्रॉस रूपी काई (chi-X) रूप दिखाई देता है।

सूत्रयुग्मनी कॉम्प्लैक्स (synaptonemal complex SSC) एक प्रोटीन संरचना है, जो अर्धसूत्री विभाजन के समय समजात गुणसूत्रों (homologous chromosomes) (भागिनी क्रोमेटिडों के दो युग्मों) के बीच होती है, और यह माना जाता है कि यह अर्धसूत्री विभाजन के समय सूत्रयुग्मन और पुर्नयोजन की मध्यस्थता करती है।

इस संरचना को हॉलीडे वैज्ञानिक के सम्मान में हॉलीडे–मौडल (Holliday Model) कहते है। यह संरचना हॉलीडे द्वारा 1964 में प्रतिपादित की गई (चित्र 3.1 घ)। एक एण्डोन्यूक्लिएज एन्ज़ाइम द्वारा पूर्व में संरक्षित स्ट्रेण्ड जो नही कटे थे, को टेट्रा–न्यूक्लियोटाईड क्रम '5 – (A/T) TT (G/C) – 3' से काटा जाता है। इससे उत्पन्न रिक्त स्थान एवं कटाव की मरम्मत कर दी जाती है जिससे चार पुनर्यंयोजित क्रोमैटिड का निर्माण होता है (चित्र 3.1ङ) जो द्वितीयक अर्द्धसूत्री विभाजन के दौरान पृथ्थक हो जाते है। तथा नवनिर्मित युग्मकों में प्रवेश कर जाते है। यदि द्विसंकरण जनक से उत्पन्न वंशजो में केवल A और B जीन स्थलों का अध्ययन किया जाए तो कुल चार सम्भव युग्मकों में से केवल दो युग्मकों में सहलग्नता का सम्बन्ध (AB एवं ab) पाया जाऐगा जिन्हें जनकीय (Parental) अथवा अजीन विनिमयी प्रकार (Non-Crossover Type) कहते है। दो अन्य युग्मक (AB एवं aB) पुनर्संयोजक एवं जीनविनिमयी प्रकार के कहे जाऐगें। इस प्रकार प्रत्येक जीनविनिमय अथवा काइएज्मा घटना द्वारा चार प्रकार के युग्मक (AB, Ab, aB, ab) समान आवृत्ति में उत्पन्न होगें। यदि किन्ही 2 जीन के मध्य जीनविनिमय, प्रत्येक अर्द्धसूत्री विभाजन में नहीं होता है तो द्विसंकर द्वारा उत्पन्न समस्त युग्मकों में अजीनविनिमयी युग्मकों की आवृत्ति (frequency), जीनविनिमयी युग्मकों से अधिक होगी।

यदि किसी एक चतुष्टक में जीन–विनिमय (crossover) के परिणामस्वरूप अ–भगिनी क्रोमेटिडों (non sister cromatids) के बीच सिर्फ एक विनिमय (exchange) होता हैं, तो यह **एकल जीन विनिमय** कहलाता है, और यदि एक से अधिक विनिमय होते हैं तो यह द्विविनिमय (double crossover) कहलाता है। किसी एक जीन विनिमय की अपने निकटतम सामीप्य में दूसरे जीन विनिमय के होने देने में हस्तक्षेप करने की प्रवृत्ति काइएज्मा व्यतिकरण (chiasma interference) कहलाती है, और इस परिघटना को सबसे पहले एम. जे. मुलेस द्वारा देखा गया था।



चित्र 3.1 : सामान्य पुनर्संयोजन एवं हॉलीडे मध्यवर्ती का निर्माण। क) दो समजात गुणसूत्रों के क्रोमैटिड में संयुग्मन। ख) समजात गुणसूत्रों के एक क्रोमैटिड में कटाव एवं अर्न्तपरिवर्तन। ग) DNA संश्लेषण द्वारा गुणसूत्र खण्ड का दीर्घीकरण एवं सुधार। घ) शाखा प्रवास एवं हॉलीडे मध्यवर्ती का निर्माण। ङ) क्रोमैटिड के कटाव रहित स्ट्रैन्ड के टूटने से पूनर्संयोजित क्रोमैटिड का विकास। पुनर्संयोजित क्रोमैटिड का DNA लाईगेज द्वारा जमाव।

यदि दो प्रभावी एलील एक दी गुणसूत्र पर उपस्थित हो तथा दो अप्रभावी एलील दूसरे गुणसूत्र पर उपस्थित हो (AB/ab) तो इनके मध्य उपस्थित सहलग्नता सम्बन्ध को **युग्मन प्रावस्था** (coupling phase) कहते है। जब एक स्थल का प्रभावी एलील तथा दूसरे का अप्रभावी एलील एक दी गुणसूत्र पर उपस्थित हो (AB/ab) तो इसे **प्रतिकर्षण प्रावस्था** (Repulsion Phase) कहते है। पैतृक एवं पुनर्संयोजन युग्मक भिन्न प्रकार के होगें यह इस पर निर्भर करेगा कि ये जीन जनक में किस प्रकार सहलग्न थी।

उदाहरण 3

युग्मित जनक : *Aa/Bb*

पैतृक :

युग्मक : पुनर्संयोजक *AB* *ab* *Ab* *aB*

उदाहरण 4

प्रतिकर्षण जनक : *Ab/aB*

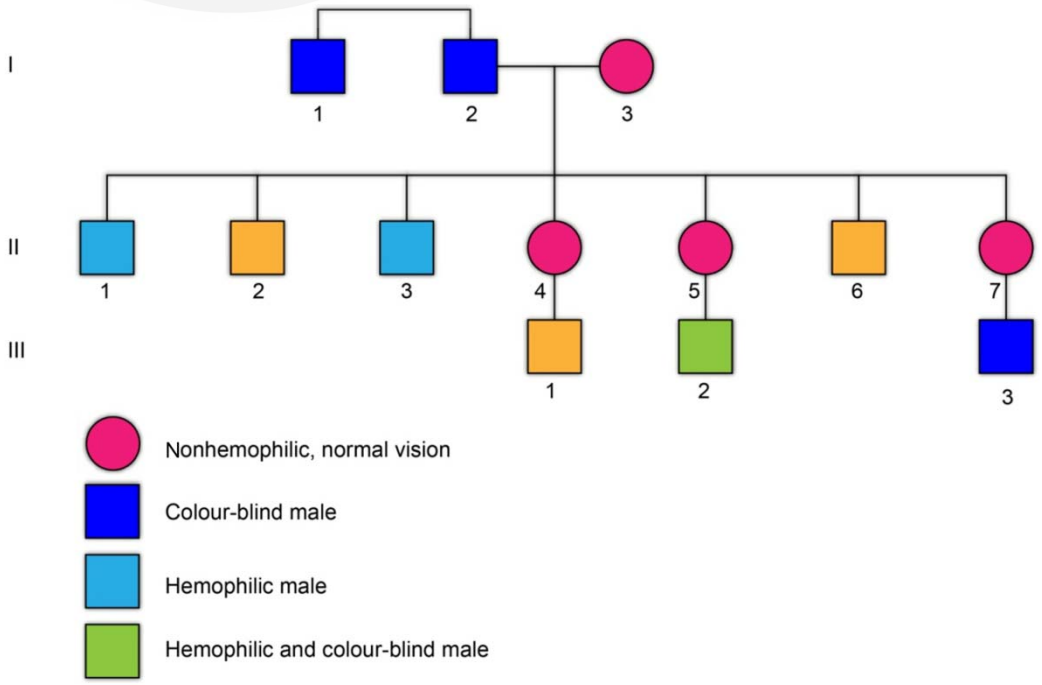
अजीनविनिमय : *Ab* *aB*

युग्मक

जीनविनिमय : *AB* *ab*

प्रश्न 3.1

निम्नलिखित मानव की वंशावली में, जहाँ नर जनक प्रदर्शित नहीं है उन्हें लक्षणप्ररूप में सामान्य माना गया है। हिमोफिलीक (h) एवं वर्णांध (c) दोनों ही लिंग सहलग्न लक्षण है। इस वंशावली में प्रत्येक घटक का जीनीप्रारूप ज्ञात कीजिए?



उपरोक्त चित्र एंव परिवार में वर्णांधता की वैशागति दर्शाता है। वर्णांधता एक अप्रभावी तथा X सहलग्न लक्षण है। सामान्य दृष्टि का एलील प्रभावी होता है।

प्रथम पीढ़ी में, किसी भी जनक में वर्णांधता का लक्षण नहीं है परन्तु एक बच्चे (II–3) में वर्णांधता पाई गयी। यहाँ जनक में रोग का प्रभाव नहीं है। परन्तु संतति में रोग का प्रभाव है अतः इस रोग को अप्रभावी लक्षण माना गया। इसके अतिरिक्त, इस रोग में मादा की तुलना में नर अधिक प्रभावित पाये गये अर्थात यह रोग X – सहलग्नता दर्शाता है।

हल

नरो में X गुणसूत्र पर उपस्थित जीन में सहलग्नता का प्रभाव उनके लक्षणप्रारूप से पूर्णतः स्पष्ट है। इस प्रकार I1, II2, III3 सभी हिमोफिलीक है जिनकी दृष्टि सामान्य है। लिगेण्ड (Legend) के अनुसार, नर वर्णांध परन्तु हिमोफिलीक नहीं है (hcy)। नॉन–हिमोफिलीक, वर्णांध II1 नर II3 और अवश्य Hc/y होने चाहिए। सामान्य नर II2, II6, III1 में अवश्य ही प्रभावी Hc/y उपस्थित होगी। III2 में दोनों प्रभाव वर्णांधता एवं हिमोफिलीज्म है अतः इनमें अप्रभावी hc/y जीन होगी। अब मादाओं में निर्धारण करना आवश्यक है। I3 सामान्य है तथा पुत्र उत्पन्न करती है। जिनमें से आधे वर्णांध एवं आधे सामान्य है। I3 द्वारा अपने पूत्रों II1 एंव II3 को X-गुणसूत्र दिया गया सम्भवतः HC प्रारूप रखते है। मादा के द्वारा अपने पुत्रों II2 एंव II6 के दिया गया X–गुणसूत्र संम्भवतः HC प्रारूप दर्शाता है। इसलिए I3 का जीनी प्रारूप HC/HC होगा।

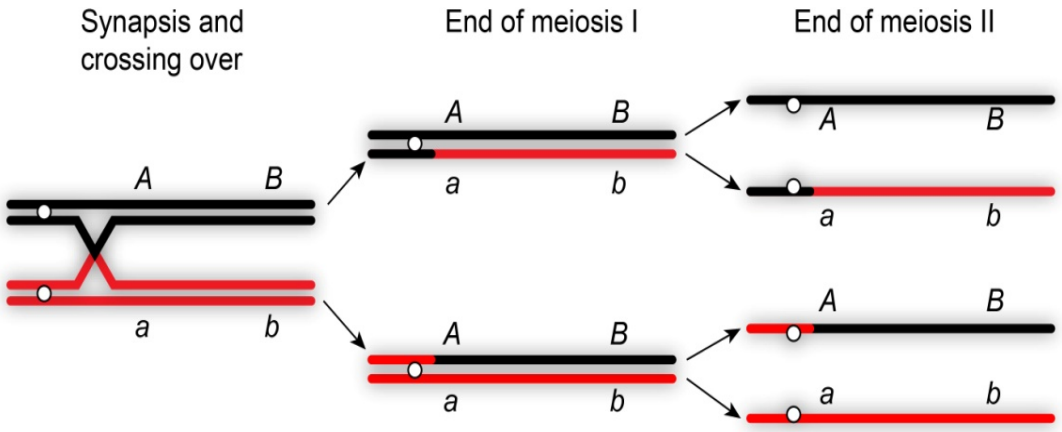
सामान्य मादाएँ II2 एंव II5 में से प्रत्येक अपने पिता (I2) से hc प्राप्त करती है। परन्तु अपनी माता से Hc अथवा जीन X-गुणसूत्र द्वारा प्राप्त करती है। II4 का एक सामान्य पुत्र (III1) है जिसे वह HC देती है। अतः II2 सम्भवतः hc/HC है यद्यपि यह भी सम्भव है कि II4 का जीनी प्रारूप hc/Hc हो तथा यह जीन विनिमय द्वारा HC युग्मक उत्पन्न करे। II5 कभी भी hc/HC नहीं हो सकती है और एक ऐसे लड़के को जन्म भी नहीं दे सकती जो कि हिमोफिलीक एवं वर्णांध (III2) दोनों हो। अतः II5 अवश्य hc/HC होगा जो अपने पुत्र को hc गुणसूत्र दे।

3.4 काइएज्मा आवृत्ति

एक जोड़ी गुणसूत्र जो सिनेप्स (bivalent) में पाये जाते हैं उन प्रत्येक गुणसूत्र में चार क्रोमोटिड्स होते है अतः उसे टेट्रैड (tetrad) कहते है। प्रत्येक टेट्रैड में सामान्यतः कम से कम एक काइएज्मा अवश्य होता है। ऐसा कहा जाता है कि गुण्सूत्र जितना लम्बा होता है उतने ही अधिक काइएज्मा पाये जाते है। किसी जाति विशिष्ट के प्रत्येक गुणसूत्र में निश्चित काइएज्मा पाये जाते है। किसी दो जीन स्थलों के मध्य काइएज्मा का पाया जाना भी एक विशिष्ट लक्षण है। **यदि किसी गुणसूत्र पर दो जीन दूर–दूर स्थित है तो उनमें मध्य काइएज्मा की सम्भावना बद जाती है। पास स्थित जीन के मध्य काइएज्मा की सम्भावना घट जाती है।** काइएज्मा बनने की सम्भावनाओं का उपयोग कर, बने वाले पैतृक एंव पुनर्युगज युग्मकों के उत्पादन को ज्ञात किया जा सकता है। किसी विशिष्ट जीनीप्रारूप से उत्पन्न पुनर्युगज युग्मको के प्रतिशत की गणना कर, काइएज्मा की आवृत्ति को ज्ञात किया जा सकता है लेकिन जब केवल जब दो जीन स्थलों के मध्य जीन विनिमय होता है।

उदाहरण 5

A-B क्षेत्र की सीमा के बाहर होने वाले जीन विनिमय मार्कर्स (चिन्हको) के पुनर्योजन में असफ़ल हो जाते है।



जब किसी दो जीन स्थलों के मध्य काइएज्मा निर्माण होता है। तो केवल आधे उत्पाद ही जीनविनिमयी प्रकार के बनते है। अर्थात काइएज्मा आवृत्ति, जीनविनिमयी उत्पादों की दोगुनी होती है।

काइएज्मा प्रतिशत = 2 × (जीनविनिमय प्रतिशत)

या

जीनविनिमय प्रतिशत = $\frac{1}{2}$ (काइएज्मा प्रतिशत)

उदाहरण 6

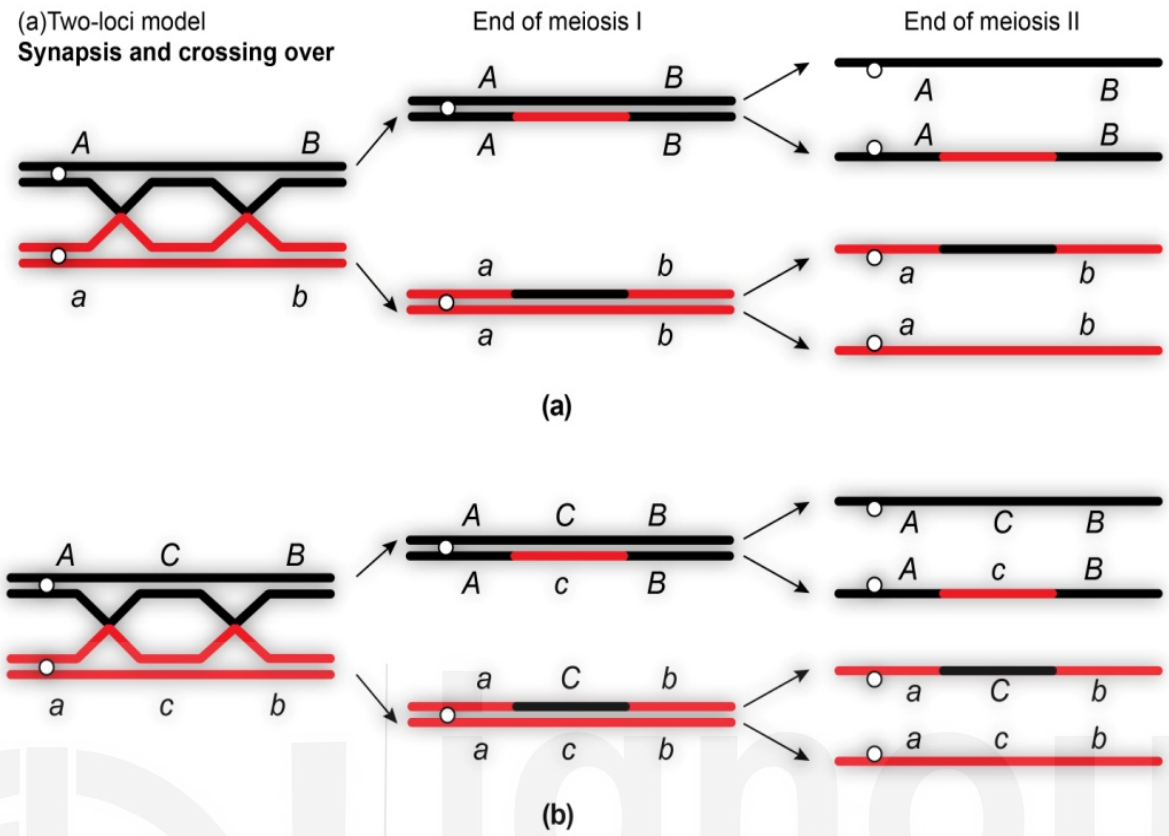
यदि किसी का जीनीप्रारूप AB/ab है तथा इसमें 30% टेट्रैड में जीन A एवं जीन B के स्थलों के मध्य काइएज्मा का निर्माण होता है। तो इनसे उत्पन्न युग्मकों में 15% युग्मक पुनर्युगज (Ab या aB) 85% तथा युग्मक पैतृक प्रकार (AB या ab) होंगे।

उदाहरण 7

यदि Ab/ab एवं ab/ab के मध्य टेस्ट क्रॉस होने पर 40% Ab/ab, 40% Ab/ab, 10% Ab/ab एवं ab/ab संतति उत्पन्न हो। जीनी प्रारूप Ab/ab का उत्पादन जीनी विनिमय युग्मकों के द्वारा हुआ हो तो कुल युग्मकों में 20% युग्मक जीनविनिमयी प्रकार के होगें। इसका यह अर्थ है कि 40% टेट्रेड में इस स्थल पर काइएज्मा निर्माण हुआ है।

3.5 गुणित जीनविनिमय

जब दो आनुवंशिक चिन्हकों (genetic markers) के मध्य दोहरा जीनविनिमय (double cross over) होता है तो इससे पैतृक प्रकार के उत्पाद प्राप्त होते है। (चित्र 3.2 क)। लेकिन बाहरी चिन्हकों के बीच एक तीसरा जीन स्थल होता है जो दोहरे जीन विनिमय का पता लगाने की अनुमति देता है (चित्र 3.2 ख)।



चित्र 3.2 : (क) और तीन (ख) जीन स्थलों के पृथक होते हुए गुणित जीन विनिमय।

यदि जीन स्थल A एवं C के मध्य जीन विनिमय की सम्भावना हो, तथा अन्य जीन स्थल B एवं C के मध्य भी स्वतंत्र जीन विनिमय की सम्भावना हो तो, दोहरे जीन विनिमय की सम्भावना, दो स्वतंत्र सम्भावनाओं (Probabilities) का गुणक होगी।

उदाहरण 8

यदि किसी का जीनीप्ररूप ACB/acb हो एवं इसके A एवं C स्थल के मध्य जीन विनिमय, 20% टेट्रेड में तथा C एवं B स्थल के मध्य जीन विनिमय, 10% टेट्रेड में होता है तो इसके 2% (0.2 × 0.1) युग्मक जीनविनिमयी प्रकार (AcB एवं acb) के होगें।

जो जीन स्थलों के मध्य होने वाले विषम संख्याओं (एक, तीन, पाँच) के दोहरे जीन विनिमय स्पष्ट प्रकट होने वाले पुनर्योगज उत्पन्न करते हैं परन्तु दो स्ट्रेण्डों के जीनविनिमय जो सम संख्याओं में होते हैं उनमें ऐसा नहीं होता है।

3.6 पुनर्योजन की सीमाएँ

यदि किसी गुणसूत्र पर दो जीन इतनी दूर स्थित है कि उनके मध्य काइएज्मा बनाने की संभावना 100% हो तो उनसे उत्पन्न युग्मकों में 50% पैतृक प्रकार के (अजीनविनिमयी) एवं 50% पुनर्योजन (जीनविनिमयी) प्रकार के होगें। जब इस प्रकार के द्विसंकर का टेस्ट क्रॉस कराया जाता है तो 1 : 1 : 1 : 1 अनुपात में संततियाँ उत्पन्न होती है। दो सहलग्न जीन में पुनर्योजन 50% से अधिक नहीं हो सकता है।

जीनीय चित्रण

1. **चित्रण दूरी :** गुणसूत्रों पर जीन रेखीय क्रम में इस प्रकार स्थित होती है जिस प्रकार माला में मोती पिरोये होते है। जीन चित्रण के दो आशय हैं –

   (i) आनुवंशिक इकाईयों के गुणसूत्रों में रेखीय क्रम का निर्धारण।

   (ii) रेखीय क्रम में व्यवस्थित आनुवंशिक इकाईयों में मध्य की दूरी का निर्धारण जिसे जीन दूरी (gene distnace) कहते है। जीन दूरी की गणना द्वारा इन जीन स्थलों के मध्य होने वाले जीनविनिमय की सम्भावना को निर्धारित किया जाता है। अर्थात् जीन दूरी एवं जीनविनिमय की डिग्री में सहसम्बन्ध पाया जाता है। जीन चित्र में जीन दूरी की इकाई 1% जीन विनिमय के समान होती है।

जीन चित्रण में जीन दूरी की ईकाई को **सेन्टी मॉर्गन (cM)** से दर्शाते है। यहाँ मॉर्गन शब्द प्रसिद्ध वैज्ञानिक थॉमस हंट मॉर्गन के सम्मान में दिया गया है जिन्होने *ड्रॉसोफिला* (*Drosophila*) पर आनुवंशिकी के प्रयोग किये।

उदाहरण 9

यदि Ab/aB जीनीप्ररूप प्रत्येक प्रकार के (Ab एवं ab) जीन विनिमयी युग्मकों का 8% उत्पादन करते है तो A व B के मध्य की दूरी 16 सेन्टी मॉर्गन होगी।

उदाहरण 10

यदि गुणसूत्र पर B एवं C जीन स्थलों के मध्य की दूरी 12 इकाई है। तो Bc/bc जीनप्रारूप से 12% युग्मक जीन विनिमयी प्रकार के उत्पन्न होगें; 6% Bc एवं 6% bC।

प्रत्येक काइएज्मा 50% जीनविनिमयी उत्पाद बनाते है। 50% जीन विनिमय, 50 चित्र इकाई के बराबर होता है। यदि किसी गुणसूत्र युग्म हेतु औसत काइएज्मा की संख्या ज्ञात हो तो, चित्र की कुल लम्बाई की गणना कि जा सकती है।

कुल लम्बाई = काइएज्मा की संख्या का औसत × 50

2. **द्वि–बिन्दु टेस्ट क्रॉस :** टेस्ट क्रॉस से उत्पन्न संततियों के अध्ययन द्वारा किसी भी द्विसंकर में जीनविनिमय युग्मकों का निर्धारण करना अत्यन्त सरल हो जाता है। यदि हम माने कि हमने द्विसंकर सजीव का टेस्ट क्रॉस युग्मित प्रावस्था (Coupling phase) में किया और पाया कि 37% संततियाँ दोनों स्थलों (loci) हेतु प्रभावी, 37% दोनों स्थलों हेतु अप्रभावी, 13% एक स्थल हेतु प्रभावी तथा दूसरे हेतु अप्रभावी एवं 13% दूसरे स्थल हेतु प्रभावी, पहले स्थल हेतु अप्रभावी पायी गई। अतः स्पष्ट है कि अंतिम दो समूह (Ac/ac एवं aC/ac), द्विसंकर जनकों के जीनविनिमय युग्मकों द्वारा उत्पन्न हुए है। अतः कुल युग्मकों के 26% (13+13) जीन विनिमयी प्रकार के थे एवं A, C स्थलों के मध्य की दूरी 26 सेन्टी मॉर्गन है।

3. **त्रि–बिन्दु टेस्ट क्रॉस :** दोहरा जीनविनिमय कभी भी 5 चित्र ईकाइयों से कम दूरी पर स्थित जीन के मध्य नहीं होता है। इससे अधिक दूरी पर स्थित होने पर इसे दोहरे जीनविनिमय ज्ञात करने हेतु चिन्हक (marker) के रूप में उपयोग में लिया जा सकता है।

जीन प्रारूप ABC/abc त्रिसंकर जनक का परीक्षणार्थ क्रॉस करते हैं। जिससे निम्न परिणाम प्राप्त होते है –

36% *ABC/abc*	9% *AbC/abc*	4% *ABc/abc*	1% *Abc/abc*
36% *abc*/abc	9% a*BC/abc*	4% *abC/abc*	1% *aBc/abc*
72% जनक प्रकार	18% *A* व *B* के मध्य एकल जीनीविनिमयी प्रकार	8% *B* एवं *C* के मध्य एकल जीनविनिमय प्रकार	2% दोहरा जीन विनिमये

A-b दूरी की गणना हेतु हमे कुल जीन विनिमय (एकल एवं दोहरे) को गिनना पड़ेगा। जो कि क्षेत्र–I (18%+2% = 20%) में A व b स्थलों के मध्य होते है।

B-C के मध्य दूरी की गणना हेतु एकल एवं दोहरे सभी प्रकार के उन जीनविनिमयों को गिनना पड़ेगा जो कि क्षेत्र–II (8%+02% = 10) में B एवं C स्थलों के मध्य होते हैं।

मध्य चिन्हक (middle marker) B कि अनुपस्थिति में, दोहरे जीनविनिमय पैतृक प्रकार के होते है। इस स्थिति में 2% दोहरे जीनविनिमय, 72% पैतृक प्रकार के अर्थात् कुल 74% पैतृक प्रकार के एवं 26% पुनर्योजन प्रकार के होते हैं। इस प्रकार कोई भी तीन संहलग्न जीन जिनके मध्य की दूरी ज्ञात हो उनमें A व C के मध्य जीनविनिमय (पुनर्योगज) की गणना की जा सकती है यदि मध्य चिन्हक B अनुपस्थित हो –

= A-B जीनविनिमय % + B-C जीनविनिमय % - (2× दोहरे जीनविनिमय)

यदि विधि तब सही पायी जाती है जब A-B क्षैत्र में जीनविनिमय स्वतंत्र प्रकार से होता है।

प्रश्न 3.2

ड्रॉसोफिला में तीसरे गुणसूत्र पर स्थित एक अप्रभावी जीन K द्वारा वृक्क आकार की आँखों का विकास होता है। इसी गुणसूत्र पर उपस्थित cd अप्रभावी जीन द्वारा ऑरेन्ज पीले रंग की आँखों का विकास होता है। जिसे **कार्डिनल** कहते है। समयुग्मनजी कार्डीनल मादा का क्रॉस, समयुग्मनजी एबोनी नर से कराते है। त्रिसंकरित F_1 मादा का टेस्ट क्रॉस कराकर F_2 पीढ़ी प्राप्त की गई। इनसे उत्पन्न 400 F_2 संतति निम्न प्रकार उत्न्न हुई।

1761 वृक्क, कार्डिनल	97 वृक्क
1773 एबोनी	89 एबोनी, कार्डिनल
128 वृक्क, कार्डिनल	6 वृक्क, एबोनी, कार्डिनल
138 कार्डिनल	8 वन्य प्रकार

(क) पैतृक एवं F_1 त्रिसंकरण पीढ़ी में सहलग्न सम्बंधों को निर्धारण कीजिए।

(ख) चित्र दूरी को निर्धारण कीजिए।

हल

(क) समयुग्मनजी पैतृक

k e$^+$ cd/k e$^+$ cd	×	*ke$^+$ cd$^+$/k$^+$ e cd$^+$*
वृक्क, कार्डिनल मादा		एबोनी नर

F_1 पीढ़ी पश्चात त्रिसंकरण – वन्य प्रकार। *k e$^+$ cd/k$^+$ e cd$^+$*

त्रिसंकरित F_1 में सहलग्न सम्बंधों को F_2 द्वारा निर्धारित किया जा सकता है। अधिक आवृति में प्राप्त F_2 लक्षण जोकि वृक्क, कार्डिनल (1761) एवं एबोनी (1773) है। जिससे ज्ञात होता है कि वृक्क एवं कार्डिनल F_1 पीढ़ी में एक ही गुणसूत्र पर उपस्थित है। जबकि एबोनी दूसरे गुणसूत्र पर उपस्थित होता है।

(ख) k एवं e स्थलों पर जीन विनिमय से वृक्क, एबोनी (128) एवं कार्डिनल (138) संतति प्राप्त होती है। दोहरी जीन विनिमय संतति में (6) त्रिगुणंज उत्परिवर्तनज (mutant) एवं (8) वन्य प्रकार के पाये है। इस प्रकार k एवं e के मध्य कुल जीन विनिमय 128+138+06+08 = 280 हुए।

280 / 400 = 0.07 या 7% जीन विनिमय = 7 सेन्टी मॉर्गन

a एवं cd के मध्य जीन विनिमय से (97) वृक्क एवं एबोनी तथा (89) कार्डिनल प्रकार के एकल जीनविनिमय उत्पन्न हुए। इस क्षैत्र में पुनः दोहरे जीन विनिमय की गणना करने पर –

97+89+06+08 = 200 जीन विनिमय (a एवं cd के मध्य) 200/400 = 0.05% या 5% जीन विनिमय = 5 सेन्टी मार्गन

नोट : विद्यार्थियों को सलाह दी जाती है कि वे इसी प्रकार के अन्य प्रश्नों का हल कर के अभ्यास करें।

अभ्यास 4

मानव केरियोटाइपों (सामान्य तथा विकृत) का अध्ययन

अभ्यास की रूपरेखा

4.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

4.2 आवश्यक सामग्री

4.3 केरियोटाइपिंग

4.4 कार्यविधि

4.5 शीट I तथा II पर आधारित प्रश्न

4.6 शीट III पर दिए गए अज्ञात केरियोटाइप का अध्ययन

4.7 शीट III पर आधारित प्रश्न

4.8 शीट IV पर दिये गए अज्ञात केरियोटाइप का अध्ययन

4.9 शीट IV पर आधारित प्रश्न

4.10 शीट V पर दिये गए अज्ञात केरियोटाइप का अध्ययन

4.11 शीट V पर आधारित प्रश्न

4.1 प्रस्तावना

इस प्रयोगशाला अभ्यास में आप मानव क्रोमोसोमों के विभिन्न समूहों का अध्ययन करना और उन्हें पहचानना सीखेंगें, तथा दिए गए चित्रों से उनका केरियोटाइप बनाना सीखेंगे। साथ ही आप उन अपसामान्य क्रोमोसोम संख्याओं के विषय में भी सीखेंगें जिनके कारण पुरुषों तथा स्त्रियों में कुछ खास सिंड्रोम आम तौर से होते हैं।

व्यष्टिगत क्रोमोसोमों को मेटाफेज़ (metaphase) के दौरान सबसे अच्छी तरह देखा और समझा जा सकता है। उस समय प्रत्येक क्रोमोसोम में दो क्रोमटिड दिखाई पड़ते हैं जो एक सेंट्रोमीयर से जुड़े होते हैं। ऐसा संभव है कि रसायनों द्वारा मेटाफेज़ में ही माइटोसिस को रोक दिया जाए और तब क्रोमोसोमों के फोटो लिए जा सकते हैं। मेटाफेज आलेपों के इन फोटोग्राफों को एक नियम तरीके से व्यवस्थित करके उस व्यक्ति विशेष का केरियोटाइप प्राप्त किया जा सकता है।

उद्देश्य

इस प्रयोगशाला अभ्यास को करने के बाद आप इस योग्य होने चाहिए कि आप :

- दिए गए क्रोमोसोमों के जीरॉक्स फोटोग्राफों से केरियोटाइपों को बना सकें;

- ❖ सामान्य नर तथा मादा का केरियोटाइप पहचान सकें;
- ❖ दिए गए अपसामान्य केरियोटाइपों से क्रोमोसोम दोषों को अभिनिर्धारित कर सकें।

4.2 आवश्यक सामग्री

1) मानव क्रोमोसोमों के फोटाग्राफ
2) मानव केरियोटाइप के फार्म
3) कैंची
4) पेंसिल
5) टेप अथवा गोंद

4.3 केरियोटाइपिंग

आनुवंशिकीविदों ने 46 क्रोमोसोमों में से प्रत्येक क्रोमोसोम को पहचानने की प्रणाली बना ली है। आटोसोमों के 22 जोड़ों को उनकी लंबाई के अनुसार 1 से 22 की संख्या दी जाती है। सेक्स क्रोमोसोमों का 23वां जोड़ा होता है। क्रोमोसोमों को ठीक–ठीक उनकी संख्या के अनुसार व्यवस्थित करना बहुत कठिन होता है। फिर भी इन 23 जोड़ों को उनके साइज़ तथा सेंट्रोमियर के स्थान के अनुसार 7 समूहों में रखा गया है। यह जानकारी सारिणी 4.1 में दी गई है। इस प्रयोग में केरियोटाइपों के बनाने तथा उनका अध्ययन करने में यह सारिणी आपकी सर्वाधिक महत्त्व की मार्गदर्शिका होगी।

सारिणी 20.1 : क्रोमोसोमों के सात समूह।

समूह	क्रोमोसोम	विशिष्टता
A	1, 2, 3	बहुत लम्बे, सेन्ट्रोमियर क्रोमोसोमों के मध्य में
B	4 and 5	लम्बे, सेन्ट्रोमियर मध्य से दूर होता है
C	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, X	औसत लम्बाई, सेन्ट्रोमियर या तो क्रोमोसोम के मध्य या उससे थोड़ी दूर
D	13, 14, 15	औसत लम्बाई, सेन्ट्रोमियर क्रोमोसोम के छोर पर
E	16, 17, 18	आकार में कुछ छोटे होते हैं, सेन्ट्रोमियर या तो मध्य में या उससे दूर
F	19 and 20	छोटे, सेन्ट्रोमियर क्रोमोसोम के मध्य में
G	21, 22, Y	बहुत छोटे, सेन्ट्रोमियर क्रोमोसोम के छोर पर

सभी मानव केरियोटाइपों में पहले 22 जोड़ों के क्रोमोसोम (ऑटोसोमी क्रोमोसोम) समान होते हैं। लेकिन 23 वें जोड़े के क्रोमोसोम अर्थात् सेक्स क्रोमोसोम पुरुष में असमान होते हैं – एक बड़ा X क्रोमोसोम तथा एक छोटा Y क्रोमोसोम। स्त्रियों के केरियोटाइप में दो X क्रोमोसोम होते हैं। :

इस अभ्यास में आप तीन प्रसामान्य केरियोटाइपों का अध्ययन करेंगे :

i) **डाउन सिन्ड्रोम** : अतिरिक्त गुणसूत्र 21 इस विकार से संबंधित है

ii) महिलाओं में एक X (XO) गुणसूत्र की कमी से **टर्नर सिन्ड्रोम** होता है

iii) पुरूषों में एक X गुणसूत्र अधिक होने से **क्लाइनेफल्टर सिन्ड्रोम** (XXY) होता है।

4.4 कार्यविधि

चरण 1 : शीट I तथा II से प्रत्येक अलग–अलग क्रोमोसोम को काट लीजिए। सावधानी रखिए कि क्रोमोसोमों का कोई अंश न कट जाए। गिन लीजिए कि आपके पास कुल कितने क्रोमोसोमों की तस्वीरें हैं।

टिप्पणी : *काटे गए क्रोमसोम पत्र जल्दी से खो सकते हैं। शीट के सेट से अगर एक भी क्रोमोसोम खो गया तो वह सेट अधूरा हो जाएगा और उससे संपूर्ण अभ्यास निरर्थक हो जाएगा। अतः बहुत सावधानी रखिए।*

चरण 2 : सारिणी 4.1 में दी गई क्रोमोसोम विशिष्टताओं के आधार पर प्रत्येक क्रोमोसोम की छोटी भुजा को ऊपर की और रूख किए हुए क्रोमोसोम को केरियोटाइप फार्म a तथा फार्म b में क्रोमोसोम व्यवस्थित कीजिए।

चरण 3 : क्रोमोसोमों के बैंडिग प्रतिरूप (यदि दिया गया है तो) के तथा ऊपर बताए जा चुके अन्य लक्षणों के संदर्भ में क्रोमोसोमों के जोड़े बनाइए।

चरण 4 : क्रोमोसोमों के क्रमानुसार व्यवस्थित करने के बाद उन पर टेप लगा दीजिए अथवा उन्हें गोंद से चिपका दीजिए।

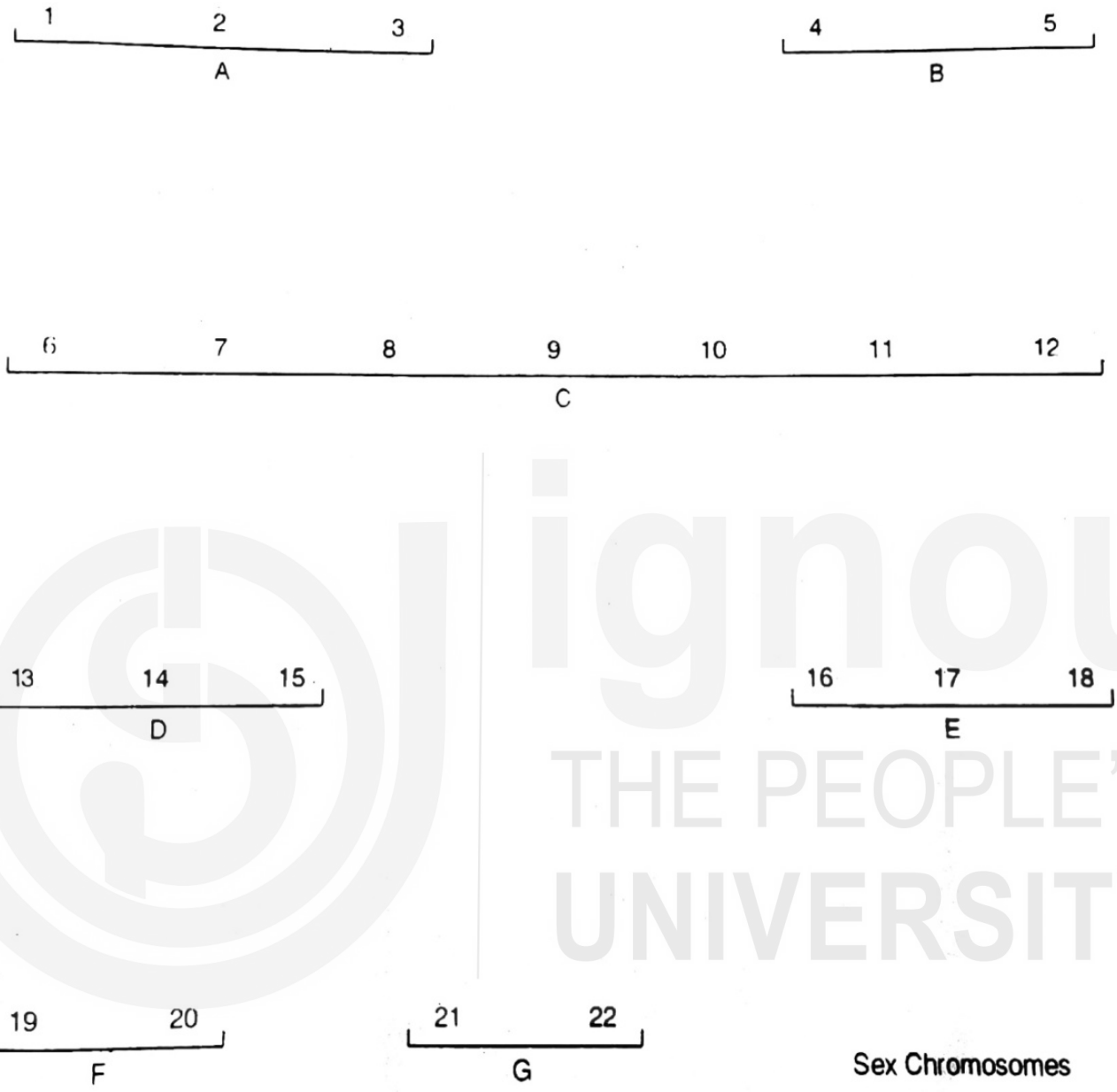
चरण 5 : शीट I तथा शीट II के आधार पर जो केरियोटाइप आपने बनाए हैं, उनके विषय में प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

चरण 6 : केरियोटाइप शीट III, IV तथा V का बहुत बारीकी से अध्ययन कीजिए, और उन पर आधारित प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

SHEET – I

Hint: This is a chromosome spread from a normal human.

Karyotype Form a

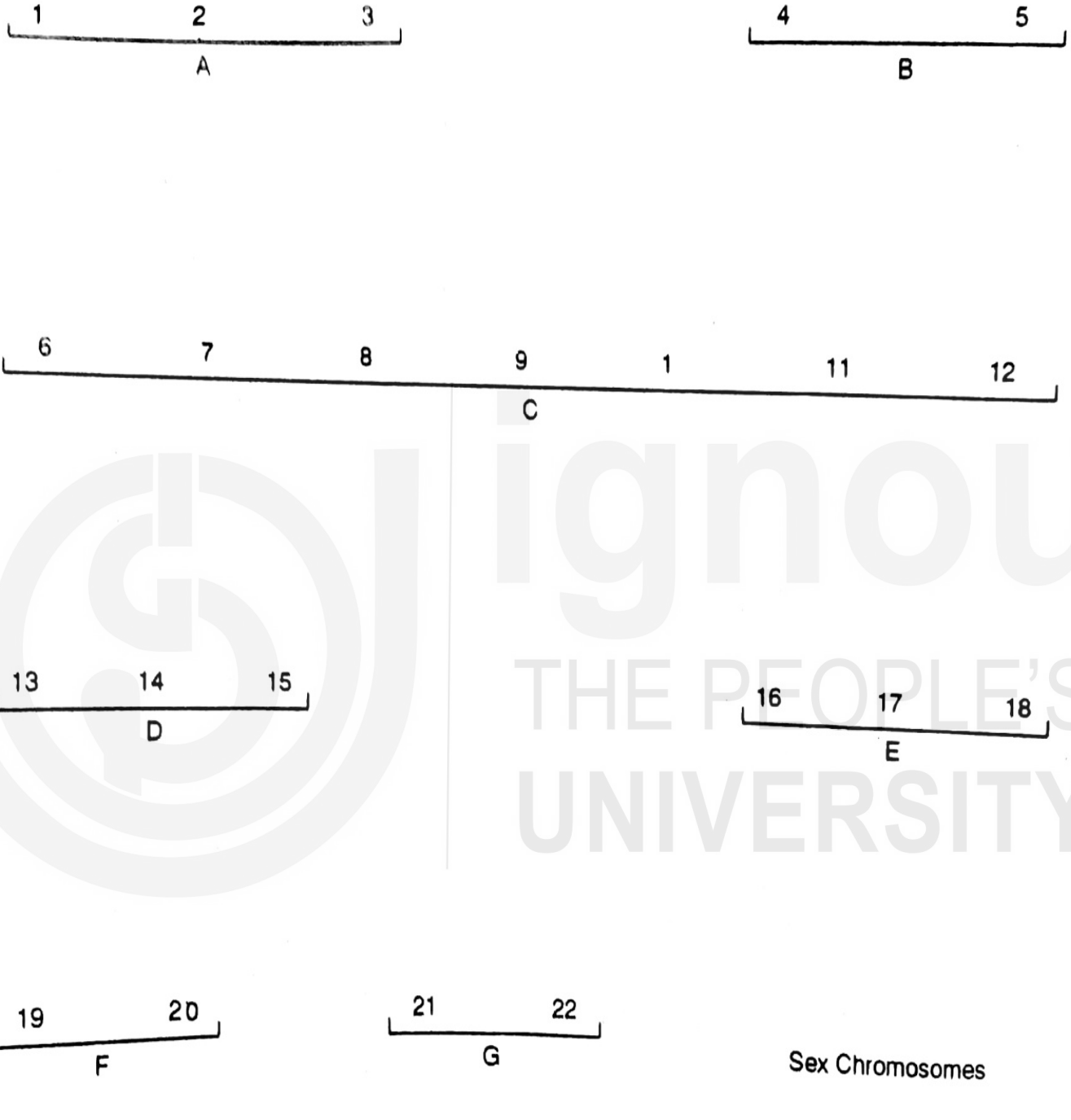


ignou
THE PEOPLE'S
UNIVERSITY

SHEET – II

Hint: This is a chromosome spread from a normal human.

Karyotype Form b



4.5 शीट I तथा II शीट पर आधारित प्रश्न

1) केरियाटाइपिंग के लिए शीट I तथा II से व्यष्टिगत क्रोमोसोमों के फोटोग्राफ अलग–अलग क्यों काटने चाहिए ?

.....

.....

2) केरियोटाइप अध्ययनों के लिए मेटाफेज़ आलेपों को ही सबसे अच्छा क्यों माना जाता है ?

.....

.....

3) शीट I तथा II शीट में जिन व्यक्तियों के क्रोमोसोम दर्शाए गए हैं उनकी क्या–क्या सेक्स (लिंग) हैं, पहचान कर बताइए।

.....

.....

4) आपने जो दो केरियोटाइप बनाए हैं, उनकी तुलना कीजिए। इन दोनों में आप क्या खास अंतर देख सकते हैं ?

.....

.....

5) जो अंतर आपने देखा वह कितना महत्वपूर्ण है, समझाइए।

.....

.....

6) किस प्रकार के व्यक्ति के लिए आनुवंशिक परामर्शदाता केरियोटाइपिंग कराने की सलाह देगा ? ऐसा क्यों ?

.....

.....

7) क) जब आप क्रोमोसोमों के जोड़े बना रहे थे तब आपको किस प्रकार की कठिनाई महसूस हुई ? ख) जब आप उनके समूह बना रहे थे तब क्या कठिनाई महसूस हुई ? ग) आनुवंशिकी प्रयोगशाला में जब कोई और व्यक्ति केरियोटाइप बनाता है तब भी क्या उसके सम्मुख ये ही कठिनाइयां आयेंगी ? समझाइए।

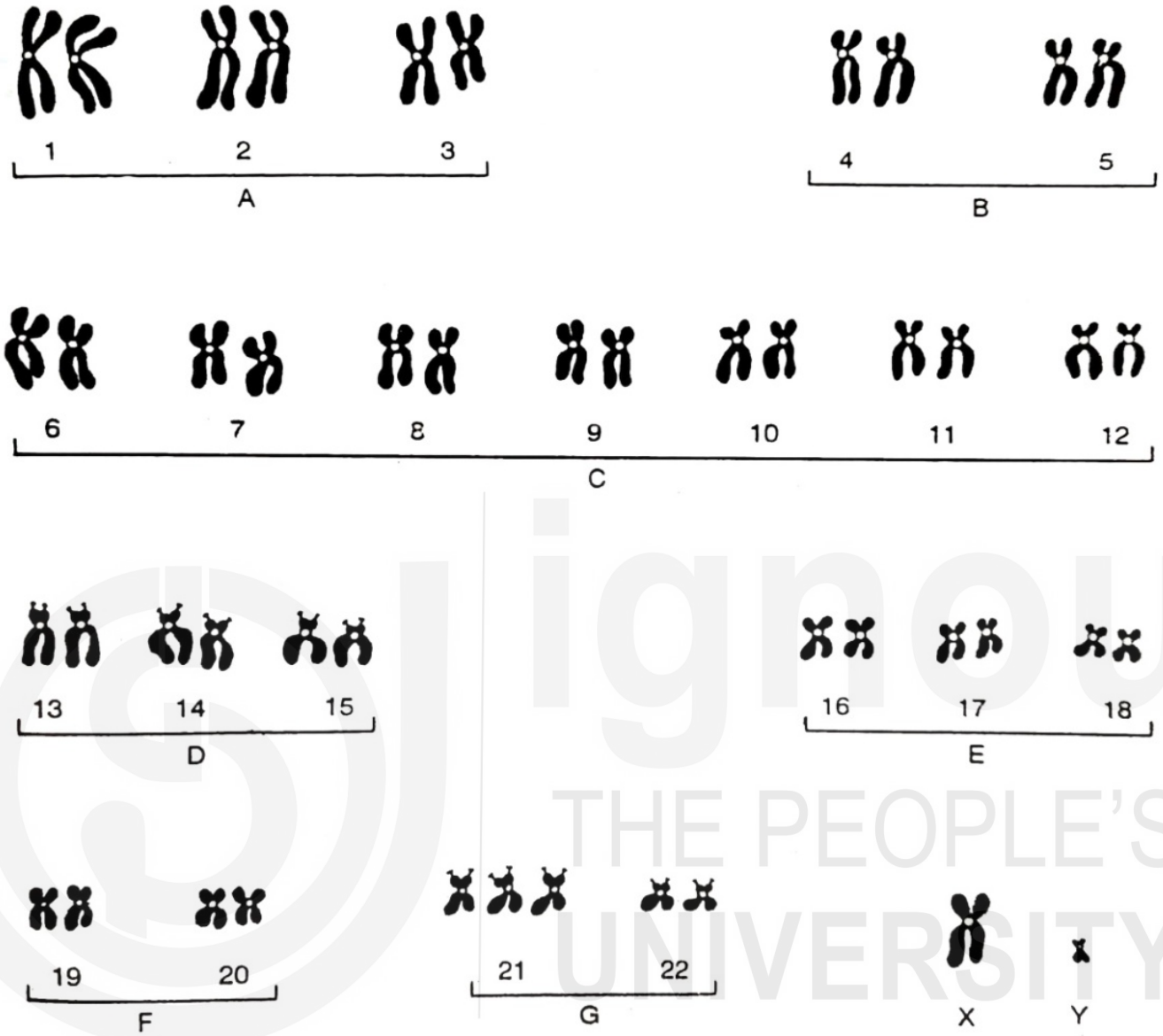
.....

.....

4.6 शीट III पर दिए गए अज्ञात केरियोटाइप का अध्ययन

यह किसी व्यक्ति का अज्ञात केरियोटाइप है। इसे देखिए तथा दिए गए प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

SHEET – II



4.7 शीट III पर आधारित प्रश्न

1) क्या यह किसी सामान्य व्यक्ति का केरियोटाइप है या इसमें कोई अपसामान्यता दिखाई पड़ रही है ?

.....

2) इससे पहले के दिए गए दो केरियोटाइपों से यह किस लक्षण में भिन्न है ?

.....

3) पिछले प्रश्न (2) पर आधारित उस आनुवंशिक दोष/विकार का नाम बताइए जिससे यह व्यक्ति पीड़ित है ?

.....

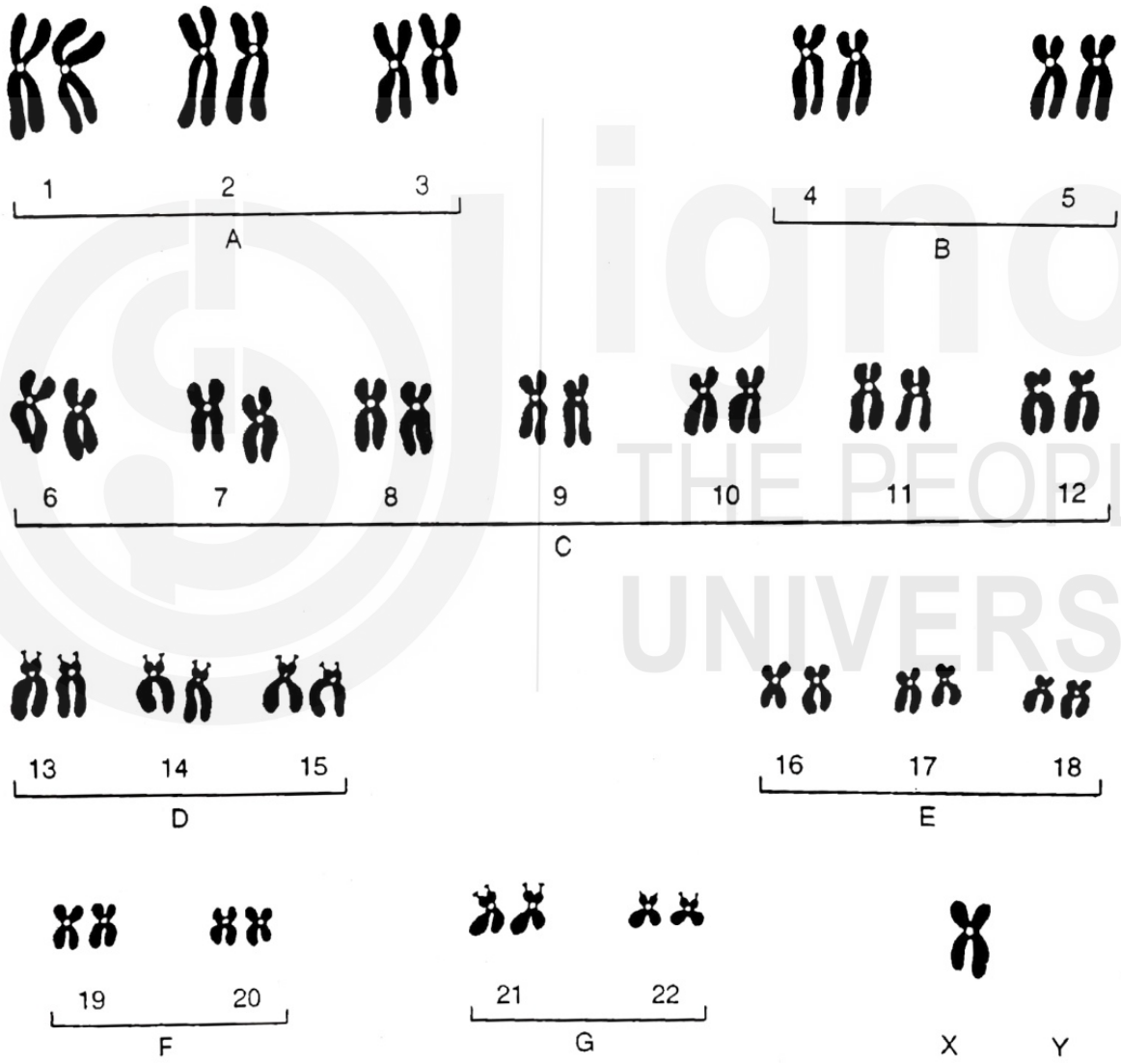
4) ऐसे व्यक्तियों के लक्षण क्या–क्या हैं ?

.....

4.8 शीट IV पर दिए गए अज्ञात केरियोटाइप का अध्ययन

यह किसी व्यक्ति का अज्ञात केरियोटाइप है। इसे देखिए तथा दिए गए प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

SHEET – IV



4.9 शीट IV पर आधारित प्रश्न

1) क्या शीट IV में सामान्य केरियोटाइप है या कि उसमें कोई अपसामान्यता है ?

.....

2) यदि यह आपको अपसामान्य लगता है तो क्या अंतर है, बताइए ?

.....

3) ऐसा केरियोटाइप जिस व्यक्ति का है तथा उसमें किस प्रकार का आनुवंशिक विपथन है ?

.....

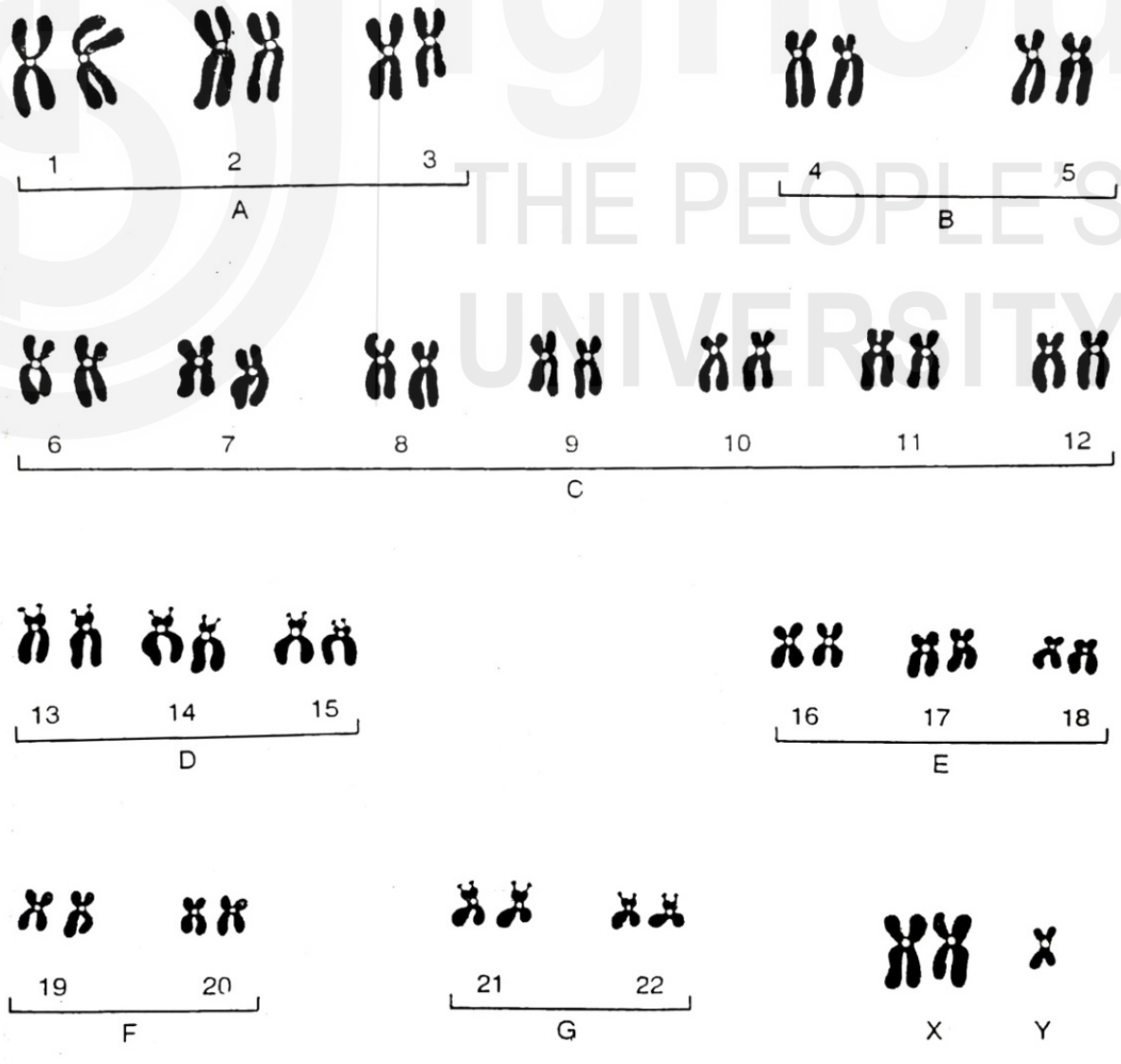
4) ऐसे व्यक्तियों में कौन से शारीरिक लक्षण पाए जाते हैं ?

.....

4.10 शीट V पर दिए गए अज्ञात केरियोटाइप का अध्ययन

यह किसी व्यक्ति का अज्ञात केरियोटाइप है। इसे देखिए तथा दिए गए प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

SHEET – V



4.11 शीट V पर आधारित प्रश्न

1) क्या शीट V में दिखाया गया केरियोटाइप सामान्य है अथवा उसमें कोई अपसामान्यता दिखाई पड़ती है ?

.....

.....

2) यदि आपने यह अपसामान्य पाया हो, तो बताइए कि क्या अंतर है ?

.....

.....

3) इस प्रकार का केरियोटाइप जिस व्यक्ति का है उसमें किस प्रकार का आनुवंशिक विपथन है ?

.....

.....

4) ऐसे व्यक्तियों की पहचान करने में कौन से लक्षण पाए जाते हैं ?

.....

.....

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

अभ्यास 5

वंशावली चार्टों से वंशावली विश्लेषण

अभ्यास की रूपरेखा

5.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

5.2 वंशावली चार्ट के बनाने की कार्यविधि

5.3 ऑटोसोमी प्रभावी लक्षण

5.4 ऑटोसोमी अप्रभावी लक्षण

5.5 सेक्स–क्रोमोसोमी प्रभावी

5.6 सेक्स–सहलग्न अप्रभावी लक्षण

5.1 प्रस्तावना

आप आनुवंशिकता और विकासीय जीवविज्ञान (BZYCT-133) में कुछ ऐसे मानव लक्षणों का अध्ययन कर चुके हैं, जो मेंडलीय प्रभाविता–अप्रभाविता संबंध की संकल्पना का अनुसरण करते हैं। आप जानते ही है मेंडल ने नियंत्रित संकरणों के द्वारा ऐसे लक्षणों की वंशागति को लगातार क्रमिक पीढ़ियों के दौरान देखा–परखा। साथ ही, ऐसे ही संकरणों से पृथक्करण (segregation) एवं स्वतंत्र अपव्यूहन (independent assortment) के सिद्धांतों को भी परिणामतः निकाला गया। ये सिद्धांत मानव समेत सभी पौधों तथा जन्तुओं पर लागू होते हैं। किंतु जिस प्रकार के संकरण प्रयोग पौधों तथा जन्तुओं पर किए गए हैं, वैसे मनुष्यों पर नहीं किए गए जा सकते। अतः मनुष्यों में वंशागति के प्रतिरूपों के अध्ययन के लिए अन्य विधियां अपनानी पड़ती हैं। मनुष्यों में वंशागति के अध्ययन की एक विधि मानव आनुवंशिकीविंदों तथा आनुवंशिकी परामर्शदाता (genetic counsellor) द्वारा वंशावली चार्टों का बनाना तथा विश्लेषण करना है। वंशावली चार्टों में कुछ निश्चित प्रतीक चिन्ह (symbols) होते हैं, जो अनेक क्रमिक पीढ़ियों में किसी लक्षण के संबंध में विस्तृत सूचना देते है। वंशावली चार्टों का ध्यानपूर्वक अध्ययन करने से निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि अमुक लक्षण प्रभावी है या अप्रभावी और कि वह ऑटोसोमी लक्षण (autosomal trait) है या सेक्स–सहलग्न (sex-linked)। इस अभ्यास में हम वंशावली चार्टों को बनाना तथा उनका अर्थपूर्ण विश्लेषण करना सीखेंगे। इस अभ्यास को करने से पहले से यह सुनिश्चित कर लीजिए कि आप ऑटोसोमी एवं सेक्स–क्रोमोसोमी (autosomal and sex chromosomal) वंशागति की संकल्पनाओं से परिचित है।

उद्देश्य

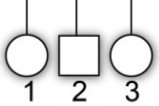
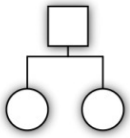
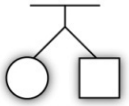
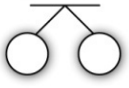
इस प्रयोग के करने के बाद आप :

- ❖ वंशावली में सामान्यतः इस्तेमाल किए जाने वाले विविध प्रतीकों के अर्थ समझा सकेंगे;
- ❖ उपलब्ध अथवा दिए गए आंकड़ों के आधार पर वंशावली चार्ट बना सकेंगे;
- ❖ वंशावली चार्टों का विश्लेषण एवं उनकी व्याख्या कर सकेंगे तथा यह बता सकेंगे कि लक्षण विशेष ऑटोसोम से अथवा सेक्स क्रोमोसोम से संबंधित है और युग्म विकल्पी प्रभावी है या अप्रभावी।

5.2 वंशावली चार्ट बनाने की कार्यविधि

वंशावली चार्टों को बनाने तथा उनका विश्लेषण करने के पहले यह जरूरी है कि आप उन नानाविध प्रतीकों से परिचित हो जांए जो वंशावली चार्ट बनाने में आमतौर से इस्तेमाल किए जाते हैं। तालिका 5.1 में प्रतीक दिए गए हैं तथा उनका अर्थ बताया गया है। आइए इनको पहले एक आसान वंशावली चार्ट से शुरूआत करें। इसके बाद इस जटिल वंशावली चार्ट का विश्लेषण करेंगे।

तालिका 5.1 : वंशावली चार्टों में इस्तेमाल किए जाने वाले प्रतीक।

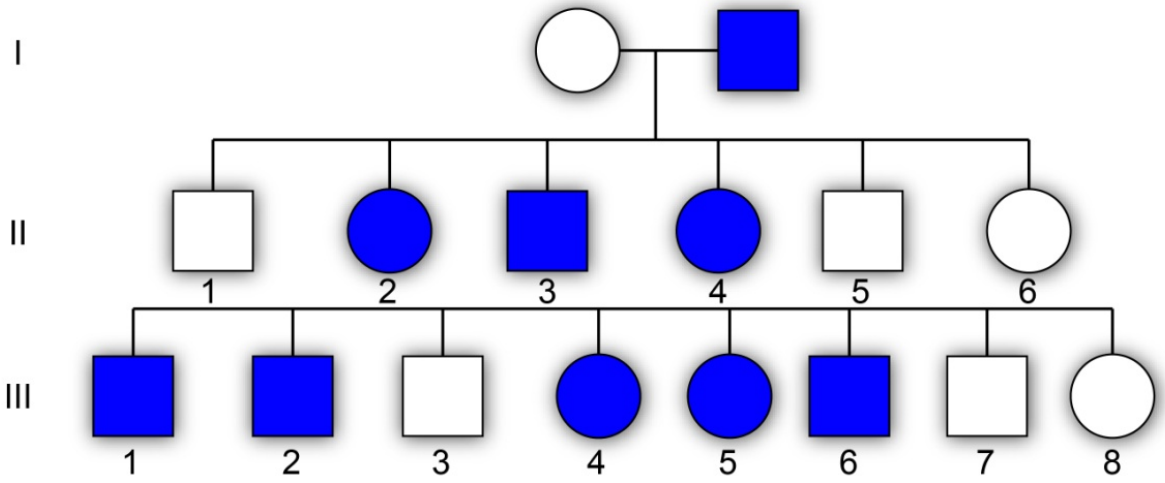
1.	सामान्य मादा
2.	सामान्य नर
3.	संगम दर्शाता है
4.	सगोत्र संगम अथवा निकट संबंधियों के बीच का संगम दर्शाता है।
5I.	सामान्य जनक जिनके तीन सामान्य बच्चे हैं, दो पुत्रिया तथा एक पुत्र
II  1 2 3	रोमन संख्याएं (I, II आदि) पीढ़ी की संख्या दर्शाती हैं तथा सामान्य अंक (1, 2, 3 आदि) संतानों के जन्म का क्रम दर्शाती हैं।
6. 	केवल एक ही जनक दर्शाया गया है, क्योंकि दूसरा जनक सामान्य है वंशावली विश्लेषण में उसका कोई महत्व नहीं है।
7. 	सामान्य (बांधव) यमज अर्थात ऐसे जुड़वा जो दो विभिन्न युग्मनजों से बनते हैं (द्वियुग्मनजी, dizygotic)
8. 	अभिन्न यमज अर्थात ऐसे जुड़वां जो एक अकेले युग्मनज से बनते हैं (एकयुग्मनजी, monozygotic)
9.	

10. 3 and 4	सेक्स का पता नहीं
11. and	प्रत्येक सेक्स के बच्चों की संख्या
12. and	भरा हुआ वृत्त प्रभावित पुत्री दर्शाता है तथा भरा हुआ वर्ग प्रभावित पुत्र दर्शाता हैं।
13. or and or	प्रभावित व्यक्तियों के नीचे दिया गया तीर का निशान यह संकेत देता है कि इस व्यक्ति से विश्लेषण का प्रारंभ होता है।
14.	ऑटोसोमी विषमयुग्मनजी अप्रभावी
15. and	सेक्स–सहलग्न वाहक व्यक्ति
16.	रोगग्रस्त व्यक्ति
	गर्भपतित भ्रूण अथवा मृत बच्चे का जन्म

फ़ेनिल थायो–कार्बेमाइड (PTC) नामक रसायन को चख सकने की क्षमता के आधार पर मनुष्यों को दो श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है। चख पाने वाले (स्वादक) इस रसायन को कड़वा चखते हैं तथा अस्वादकों को इस रसायन में कतई कोई भी स्वाद नहीं आता। युग्म विकल्पी T, PTC को चखने की क्षमता निर्धारित करता है तथा जो व्यक्ति इस युग्म विकल्पी के लिए समयुग्मजी अप्रभावी हैं, वे अस्वादक (न चख पाने वाले) होते हैं। एक परिवार में पायी गयाी स्वदांधता (taste blindness) के आँकड़े नीचे दिए जा रहे हैं :

इसमें मां अस्वादक है तथा इस दम्पति के पांच बच्चे हुए – तीन पुत्रियां तथा दो पुत्र। इन संतानों में से एक पुत्र तथा एक पुत्री अस्वादक हैं। एक स्वादक पुत्री का विवाह एक अस्वादक पुरूष के साथ हुआ। इस दम्पति की आठ सन्तानें हुई, पांच पुत्र तथा तीन पुत्रियां जिनमें से दो पुत्र तथा एक पुत्री अस्वादक हैं।

दिए गए आंकड़ों के आधार पर हम एक वंशावली चार्ट बना सकते हैं जिससे इस परिवार में अस्वादक युग्म विकल्पी की वंशागति दर्शायी जा सकती है।

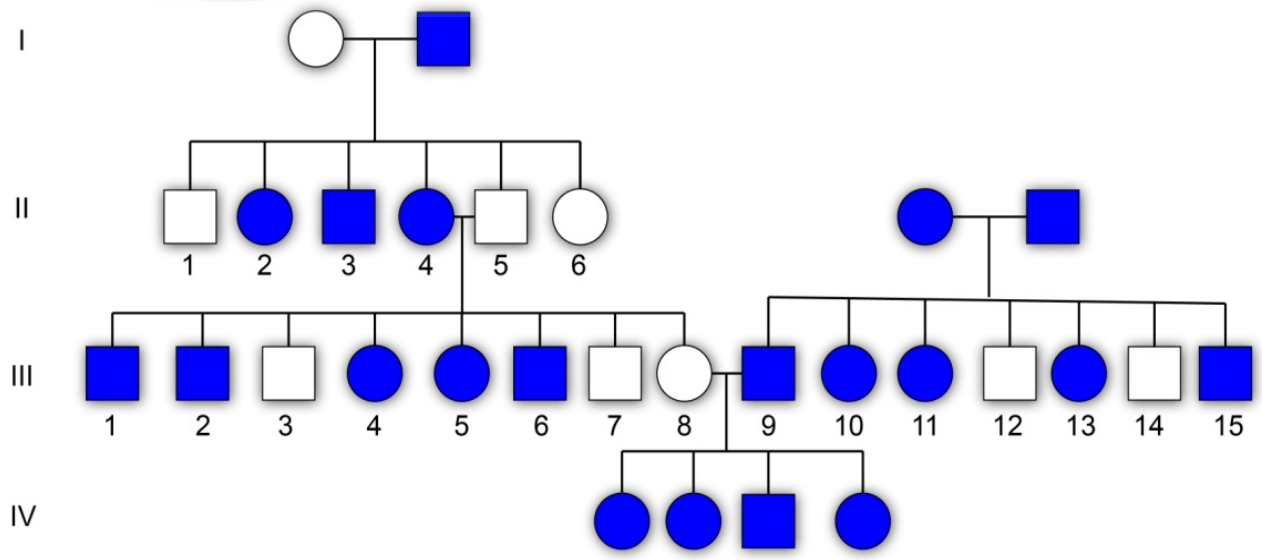


चित्र 5.1 : परिवार में अस्वादक ऐलील का वंशागति पैटर्न दर्शाने के लिए वंशावली चार्ट।

इस वंशावली में दर्शाया गया है कि मादा जनक एक अस्वादक है। इसी प्रकार II-1 तथा II-5 और II-6 भी अस्वादक हैं, और इसी तरह III-3, III-7 तथा III-8 भी। इस वंशावली से निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि यह लक्षण एक ऑटोसोमी युग्म विकल्पी द्वारा निर्धारित होता है। निष्कर्ष–विधि का विवेचन इस प्रकार है। संक्षेप में कह सकते हैं कि यदि युग्म विकल्पी सेक्स–सहलग्न होता तब दूसरी पीढ़ी के सभी नर व्यक्यिों मे यह लक्षण आते। आप आनुवंशिकी के पाठ्यक्रम में पढ़ चुके हैं कि सेक्स–सहलग्न लक्षण प्रायः मां से पुत्र में पहुंचते हैं तथा पिता से पुत्री में, इस परिघटना को "क्रिस–क्रास" वंशागति कहा जाता है। वंशावली चार्ट से निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि यह लक्षण प्रभावी है या कि अप्रभावी। अगर हम मान लें कि यह लक्षण प्रभावी है और मां इसके लिए समयुग्मजी (TT) है तब पिता समयुग्मजी (tt) होना चाहिए। उस स्थिति में इस दम्पति की सभी संतानें निश्चित रूप में स्वादक एवं विषमयुग्मजी (Tt) होगी। मगर यहां ऐसी बात नहीं है। मान लिया कि मां विषयुग्मजी प्रभावी है तब उसकी आधी संतानें अस्वादक होगी तथा शेष आधी स्वादक होंगी। न्यूनाधिक रूप में यही बात दी गयी वंशावली में है। II-4 स्त्री का विवाह एक अस्वादक के साथ हुआ है। अगर मान लें कि यह पुरुष भी विषमयुग्मजी स्वादक है, तब उसके आधे बच्चे अस्वादक होंगे और शेष आधे बच्चे स्वादक। आँकड़ों से लगता है, तब उसके आधे बच्चे अस्वादक होंगे और शेष आधे बच्चे स्वादक। आँकड़ों से लगता है कि III पीढ़ी में यही दशा है। तो प्रश्न उठता है कि क्या स्वादक युग्म विकल्पी प्रभावी है ?

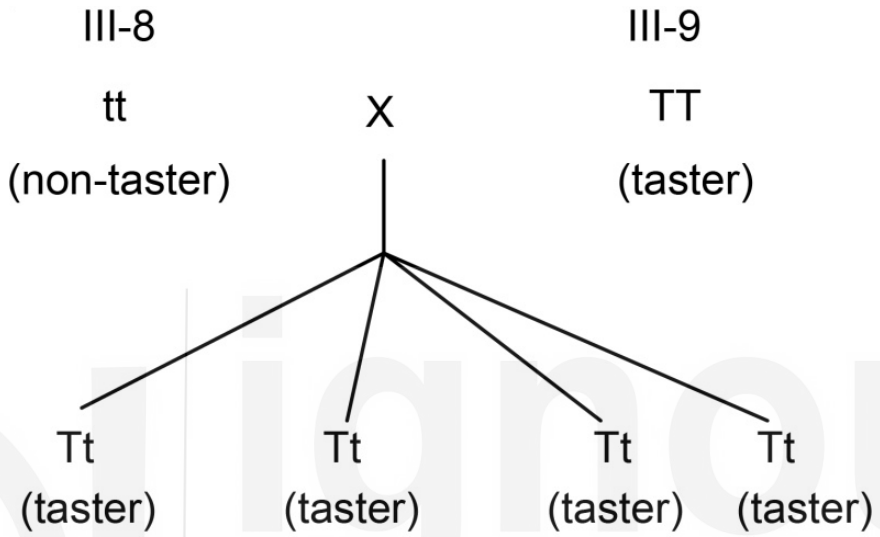
अगर मान लें कि स्वादक युग्म विकल्पी अप्रभावी हैं और P1 पीढ़ी का नर अस्वादक के लिए विषयुग्मजी है, तब भी परिणाम उसी प्रकार के निकलेंगे जैसे कि वंशावली चार्ट में दिखाए गए हैं। अतः वंशावली चार्ट इस बात में अधूरा है क्योंकि इससे यह निष्कर्ष निकालने में सहायता नहीं मिलती कि संबद्ध युग्म विकल्पी प्रभावी है अथवा अप्रभावी।

अनिवार्यतः इस परिवार के विषय में और अधिक आंकड़े प्राप्त कर चार्ट को अधिक विस्तृत करना होगा। मान लेते हैं कि हमें अतिरिक्त आंकड़ें मिल गए है। III-8 स्त्री एक अस्वादक थी और उसका विवाह एक स्वादक नर के साथ हुआ था। इस दम्पति की चार संतानें हुई जो सभी स्वादक थीं। तो आइए अब हम इस वंशावली चार्ट में इस अतिरिक्त सूचना को जोड़ कर इसे दोबारा से बनाते हैं।



चित्र 5.2 : माता जो अस्वादक है और स्वादक पुरूष से विवाहित हैं उसकी चार संताने हैं और सभी स्वादक हैं।

अब, III-8 तथा III-9 संख्या वाले व्यक्तियों की शादी होती है तथा उनके चार स्वादक बच्चे होते हैं। वंशावली चार्ट के इस अंश से हम बिना संदेह निर्धारित कर सकते हैं कि यह युग्म विकल्पी एलील प्रभावी है अथवा अप्रभावी। इस तथ्य से कि III-8 एवं III-9 जनकों की पैदा होने वाली चारों संतानें स्वादक हैं और इस बात से कि केवल एक ही जनक स्वादक है, स्पष्ट रूप में पता चल जाता है कि पिता एक समयुग्मजी प्रभावी (TT) है तथा माता अप्रभावी (tt) हैं।



चित्र 5.3 : पिता समयुग्मजी प्रभावी (TT) है और माता (tt) अप्रभावी है।

अतः अध्ययन किया जा रहा युग्म विकल्पी प्रभावी युग्म विकल्पी है। PTC स्वादन लक्षण अनिवार्यतः एक ऑटोसोमी प्रभावी लक्षण (autosomal dominant trait) है। क्या कोई लक्षण, ऑटोसोमी है या कि सेक्स–क्रोमोसोमी, और क्या वह प्रभावी है या अप्रभावी यह पहचान करने के लिए कुछ खास सामान्य प्रतिरूपों का अनुसरण किया जा सकता है।

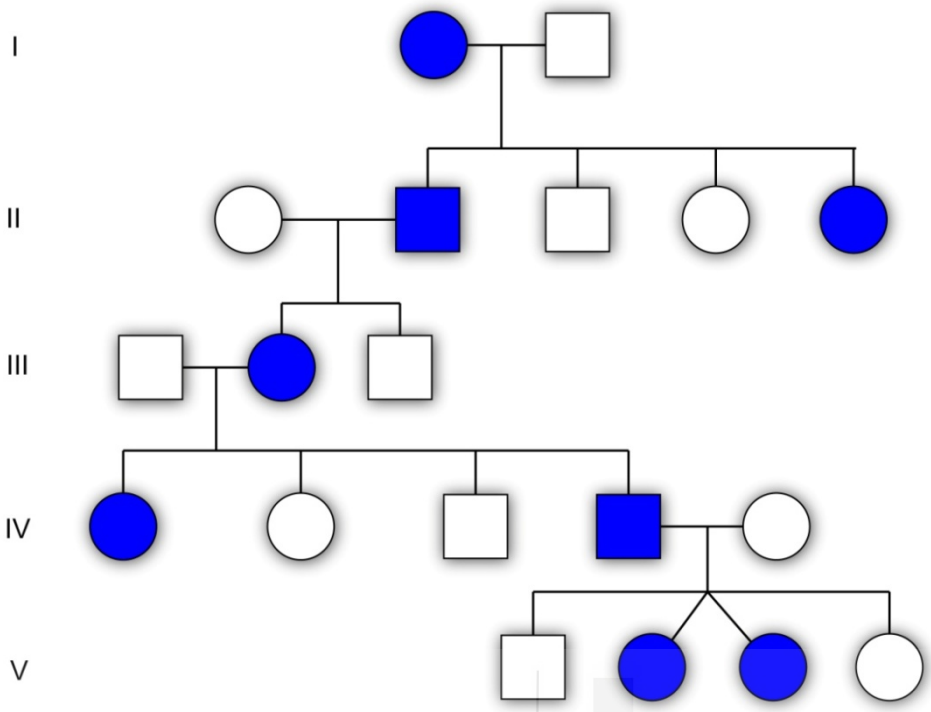
5.3 ऑटोसोमी प्रभावी लक्षण

क) ऑटोसोमी प्रभावी लक्षण सामान्यतः सभी पीढ़ियों में प्रकट होते हैं। दूसरे शब्दों में वे पीढ़ियों को लाघंते नही हैं।

ख) जब किसी एक लक्षण से प्रभावित कोई एक अन्य सामान्य व्यक्ति से विवाह करता है तब उसकी संतानों में सामान्य संतानें तथा प्रभावित संताने 1:1 के अनुपात में प्राप्त होती हैं।

ग) लक्षणों के संबंध में लिंग (नर या स्त्री) के बीच कोई अंतर नहीं पाया जाता और वह लक्षण दोनों लिंगों में समान रूप में वितरित होता है।

चित्र 5.4 में दी गयी वंशावली में एक ऑटोसोमी लक्षण की वंशागति का सामान्य प्रतिरूप दर्शाया गया है। वंशावली का ध्यान से अध्ययन कीजिए और यह सुनिश्चित करिए कि यहां जो ऑटोसामी प्रभावी वंशागति दिखायी गयी हैं वह ऊपर दिए गए कथनों के अनुरूप हैं।



चित्र 5.4 : वंशागति का सामान्य प्रतिरुप।

मनुष्य में पाए जाने वाले कुछ ऑटोसोमी प्रभावी लक्षण इस प्रकार हैं : लघु–अंगुलता (brachydactyly), हटिंगटन–रोग, फ़ेनिल थायो–कार्बेमाइड (PTC) चख सकने की क्षमता, बहु–अंगुलता (polydactyly)।

5.4 ऑटोसोमी अप्रभावी लक्षण

क) ऑटोसोमी प्रभावी लक्षणों से भिन्न ऑटोसोमी अप्रभावी लक्षण प्रत्येक पीढ़ी में प्रकट नहीं होते। दूसरे शब्दों में ये लक्षण कुछ एक पीढ़ियों को लांघ कर कुछ अन्य में प्रकट हो जाते हैं।

ख) ऑटोसामी प्रभावी लक्षणों की तरह इनका भी दोनों लिंगों में समान वितरण होता है।

ग) ये लक्षण सामान्यतः उन बच्चों में अधिक पाए जाते हैं जो या तो खून के रिश्ते वाले दम्पत्तियों के पैदा होते हैं अर्थात् ऐसे दम्पतियों के जो विवाह से पूर्व तयेरे–चचेरे, ममेरे–फुफेरे या मौसेरे भाइ–बहन रहे हों या फिर रिश्ते में बहुत निकट हों।

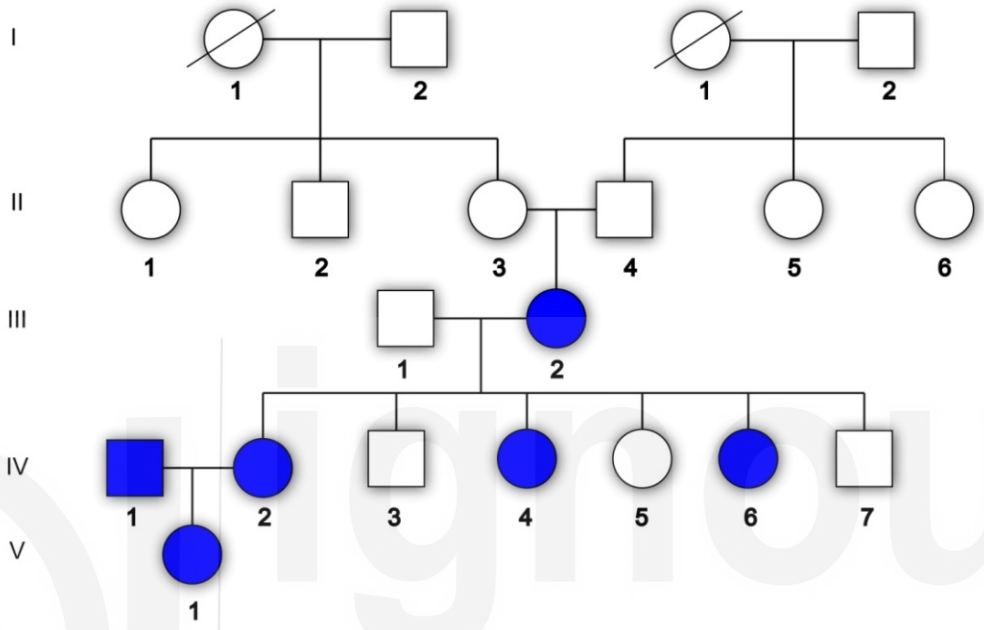
घ) यदि दोनों जनक प्रभावित हों तो पैदा होने वाले सभी बच्चे भी प्रभावित होंगे।

ङ) प्रभावित बच्चों के जनक हो सकता है सामान्य रहे हों।

च) सामान्य माता–पिता के प्रभावित बच्चे के पैदा होने का मतलब है कि दोनों जनक विषमयुग्मजी है और वे इस लक्षण के युग्म विकल्पी के वाहक हैं।

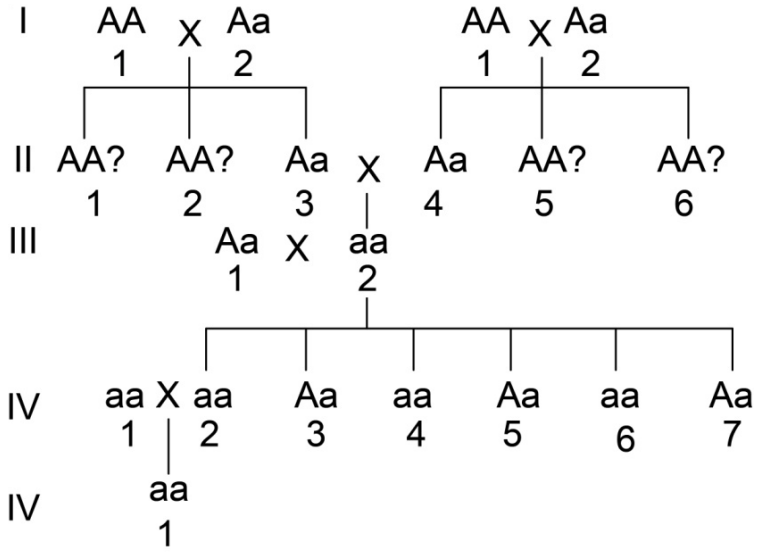
छ) यदि दोनों जनक विषमयुगमजी हैं, तब ऐसी संभावना हो सकती है कि इनके लगभग 50% बच्चों में यह प्रभावी लक्षण आएगा।

चित्र 5.5 में दी गयी वंशावली में मनुष्यों में रंजकहीनता (albinism) का वंशागति प्रतिरूप दिखाया गया है। रंजकहीनता एक दुर्लभ पाया जाने वाला ऑटोसोमी अप्रभावी लक्षण है और इसका संदर्भ एक ऐसी दशा से है, जिसमें व्यक्ति के शरीर में मेलानिन वर्णक के संश्लेषण की लमता नहीं होती। वंशावली का ध्यान से अध्ययन कीजिए और इस बात की जांच कीजिए कि रंजकहीनता की वंशागति एक ऑटोसोमी मानव लक्षण के ही प्रकार की होती है।



चित्र 5.5 : मानव में रंजकहीनता का वंशागति प्रतिरुप।

चित्र 5.5 में दी गयी वंशावली के विश्लेषण से पता चलता है कि III-2 संतान रंजकहीन है हालांकि उसके माता–पिता दोनों ही सामान्य हैं। अनिवार्यत : वे विषमयुग्मजी होने चाहिए और पुत्री को दो अप्रभावी जीन प्राप्त हो जाते हैं। साथ ही IV 2, 4 और 6 भी रंजकहीन हैं, इससे संकेत मिलता है कि इनका पिता भी विषमयुग्मजी रहा होगा। चूंकि IV 1 तथा 2 भी रंजकहीन है, इसलिए उनकी पुत्री V-1 भी रंजकहीन हैं। ऊपर दी गयी वंशावली के जीनप्ररूपों को इस प्रकार लिखा जा सकता है (चित्र 5.6) :



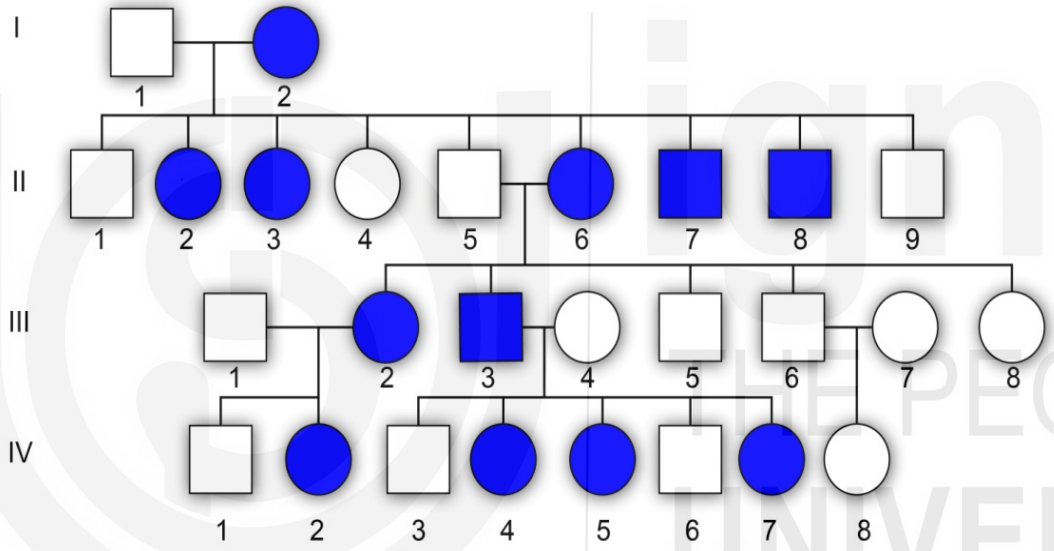
The question mark suggests that the genotypes of individuals could be either AA or Aa.

चित्र 5.6 : रंजकहीन का वंशावली जीन प्ररूप।

5.5 सेक्स–क्रोमोसोमी प्रभावी लक्षण

सेक्स–सहलग्न प्रभावी विशेषक बहुत ही कम होते हैं। एक सेक्स–सहलग्न प्रभावी विशेषक है मुख–आनन–सिंड्रोम (oral-facial-digital-syndrome) जिसमें व्यक्ति की चिरी जीभ, दांतों का न होना, तथा मंद बृद्धि का होना पाया जाता है। अन्य सेक्स–सहलग्न प्रभावी, **एल्ब्राइट ऑस्टियोडिस्ट्रोफ़ी** (Albright's hereditary osteodystrophy) के लिए उत्तरदायी होता है जिसमें दौर पड़ते हैं, वृद्धि काफी कम तथा बुद्धि मंद होती है। **गोल्टज़ सिंड्रोम** (Goltz's syndrome) भी सेक्स सहलग्न प्रभावी एलील से संबंधित हैं। इसके लक्षण हैं –मंद बुद्धि, छोटी आंखे, तथा ढीली उंगलियों और रोगी मेलानोब्लास्टों में मेलानिन को संचित नहीं कर पाता।। चित्र 5.7 में एक ऐसे ही सेक्स–सहलग्न प्रभावी विशेषक को दिखाया गया है।

आप चित्र 5.7 में देख सकते हैं कि प्रभावी विशेष सभी पीढ़ियों में दिखते और यह पिता से पुत्री को जाते है, पुत्र को नहीं।



चित्र 5.7 : सेक्स सहलग्न प्रभावी विशेषक की वंशावली।

5.6 सेक्स–क्रोमोसोमी अप्रभावी

क) जैसा कि ऑटोसोमी प्रभावी विशेषकों के मामले में होता है, उसी प्रकार सेक्स–सहलग्न प्रभावी विशेषको को वंशागति में भी पीढ़ियां छूटती नहीं हैं।

ख) नर सदैव अपनी मां से ही लक्षण प्राप्त करते हैं।

ग) मादाएं प्रभावी युग्म विकल्पी को या तो अपनी मां से या अपने पिता से प्राप्त करती हैं।

घ) यदि स्त्री प्रभावित होती है तब उसके पुत्रों में से आधे पुत्र और पुत्रियों में से आधी पुत्रियां प्रभावित होती है।

ङ) जब नर प्रभावित होता है तब उसकी सभी पुत्रियां तो प्रभावित होती मगर एक भी पुत्र प्रभावित नहीं होता।

5.7 सेक्स–सहलग्न अप्रभावी लक्षण

G6PD जीन ग्लूकोस 6 फॉस्फेट डीहाइड्रोजीनेस की निमिति के लिए निर्देश देती है। यह एन्ज़ाइम काबोहाइड्रेट की सामान्य प्रोसैसिंग में सम्मिलित है। यह एन्ज़ाइम लाल रक्त कोशिकाओं को चोट से अपरिपक्व क्षति से बचाता है।

क) चूंकि नरों में केवल एक ही X- क्रोमोसोम होता है और वे उसे अपनी मां से प्राप्त करते है, इसलिए नर ही सेक्स–सहलग्न अप्रभावी युग्म विकल्पी से सबसे ज्यादा प्रभावित होते हैं।

ख) सामान्यतः मादाएं अप्रभावी युग्म विकल्पी की वाहक होती है, अतः उनका जीनप्ररूप विषमयुग्मजी होता है।

ग) मादाएं विषमयुग्मजी मानी जाती हैं क्योंकि उनके भाई, पिता या मामा प्रभावित होते हैं।

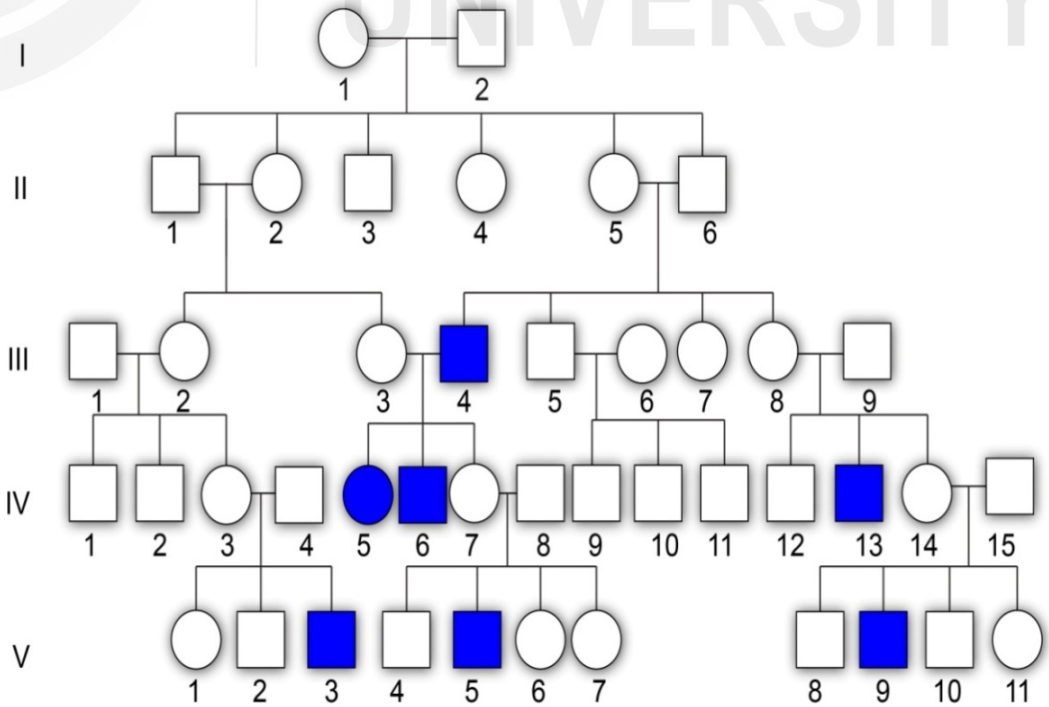
घ) नर व्यक्यिों में X- लग्न अप्रभावी विशेषक उनकी माताओं से आता है।

ङ) मादाओं में इस विशेषक की अभिव्यक्ति केवल तब होती है, जब उनमें समयुग्मजी अप्रभावी जीनप्ररूप हो तथा उन्हें युग्म विकल्पी वाहक माताओं (carier females) में तथा ग्रस्त पिताओं से प्राप्त हो।

च) प्रभावित मादा के सभी पुत्र प्रभावित होते हैं तथा 50% पुत्रियां वाहक होती हैं।

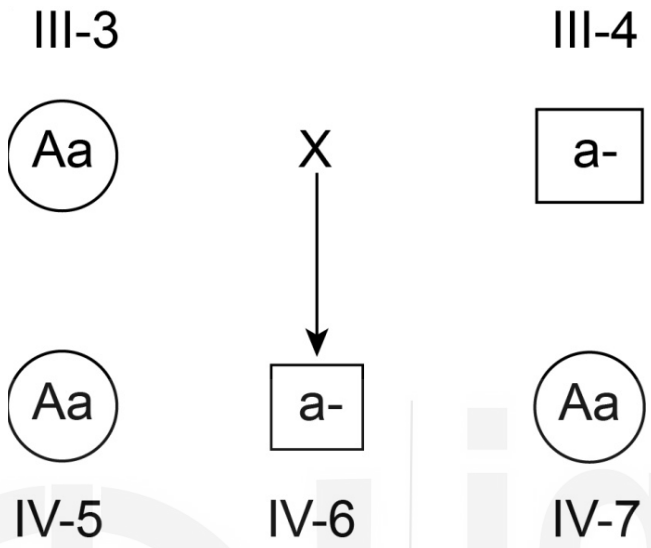
छ) वाहक मादा के लगभग 50% पुत्र प्रभावित होंगे।

मनुष्यों में उनके सेक्स–सहलग्न विशेषक विदित है। **हीमोफ़िलिया** रोग सेक्स–सहलग्न अप्रभावी वंशागति का सबसे सामान्य उदाहरण है एक अन्य उदाहरण है **रगांधता** जिसमें लाल तथा हरे रंग में अन्तर करने की क्षमता नहीं होती। एंज़ाइमों से संबधित कई कमियां जो सेक्स–सहलग्न होती पायी जाती हैं जैसे कि **G-6-PD** कमी (G-6 Pd deficiency:) ग्लूकोस 6–फ़ॉस्फेट डिहाड्रोजनेज़ की कमी)। सेक्स–सहलग्न अप्रभावी युग्म विकल्पी की वंशागति का प्रतिरूप चित्र 5.8 में दर्शाया गया हैं।



चित्र 5.8 सेक्स सहलग्न अप्रभावी एलील की वंशागति का पैटर्न।

सेक्स–सहलग्न अप्रभावी वंशगति के मामले में, प्रभावित नरों की संख्या प्रभावित मादाओं से हमेशा ज्यादा होती है। ऐसा अनिवार्यतः इसलिए होता है क्योंकि नरों में केवल एक ही X- क्रोमोसोम मां से भी आता है। आप चित्र 5.9 में देख सकते हैं कि एक सामान्य मादा III-3 का एक प्रभावित नर III-4 से विवाह होने पर उनकी तीन संतानें होती हैं दो पुत्रियां तथा एक पुत्र। चूंकि पुत्र प्रभावित है, इसलिए यह स्पष्ट है कि मां इस अप्रभावी युग्म विकल्पी की वाहक है तथा उससे ही यह विशेषक पुत्र में पहुंचा है।

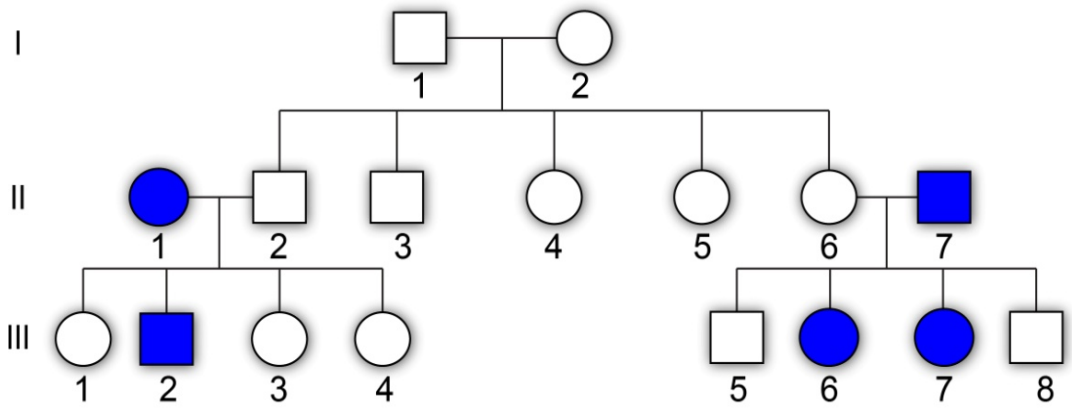


चित्र 5.9 : एक सामान्य स्त्री है जो III-4 प्रभावित पुरूष से विवाहित है जिनसे 3 संतति होती हैं : दो पुत्रियाँ तथा एक पुत्र/पुत्र प्रभावित है, जिसका अर्थ है कि माता अप्रभावी एलील की वाहक है।

इस प्रकार III-8, IV-7 तथा IV-14 विषमयुग्मजी माताएं है जिनसे यह विशेषक पुत्र में पहुंचा है। अभी तक हम वंशावली चार्टों के विश्लेषण का विवेचन कर रहे थे और यह स्थापित कर रहे थे कि विशेषक ऑटोसोमों पर स्थित है या कि सेक्स क्रोमोसोमों पर और यह पता करने की कोशिश कर रहे थे कि ये विशेषक प्रभावी हैं या अप्रभावी। अब आप निम्न प्रश्नों को हल कीजिए और देखिए कि आप वंशावली चार्टों को समझने सकते हैं या नहीं।

बोध प्रश्न 1

1. निम्न वंशावली का विश्लेषण कीजिए और पूछे गए प्रश्नों के उत्तर दीजिए।



चित्र 5.10

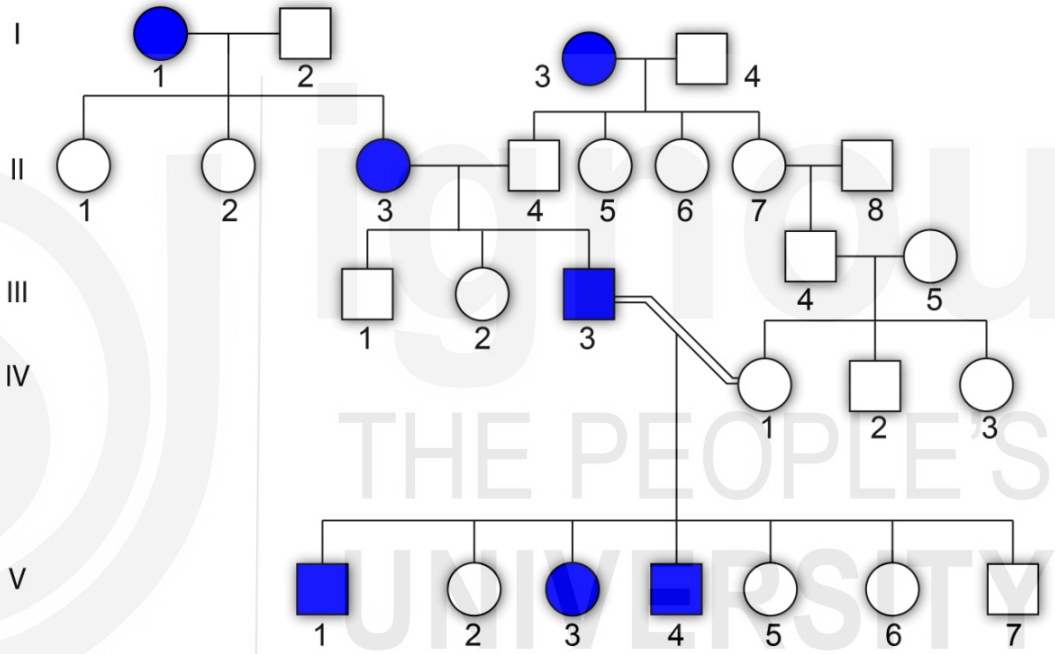
क) क्या यह विशेषक ऑटोसोमी है अथवा सेक्स–क्रोमोसोमी ?

ख) विशेषक को प्रकट करनेवाला जीन प्रभावी है अथवा अप्रभावी ?

ग) यह मानकर कि प्रभावी युग्म विकल्पी S है तथा अप्रभावी युग्म विकल्पी s है, बताइए कि निम्नलिखित व्यक्तियों के जीनप्ररूप क्या हो सकते है ?

I-1, I-2, II-1, II-6, II-7, III-5 तथा III-7

2. नीचे एक परिवार की वंशावली दी जा रही हैं, जिसके कुछ सदस्य एक वंशागत उपापचयी दोष ऐल्केप्टोन्यूरिया (alkaptonuria) से ग्रसित हैं। यह रोग फ़ेनिलऐलेनीन नामक ऐमिनो अम्ल के उपापचय में दोष आ जाने के कारण होता है। वंशावली का ध्यान पूर्वक विश्लेषण कीजिए तथा पूछे गए प्रश्नों के उत्तर दीजिए।



चित्र 5.11 : परिवार की वंशावली।

1. क्या ऊपर दी गयी वंशावली में ऑटोसोमी वंशागति का संकेत मिलता है या कि सेक्स क्रोमोसोमी वंशागति का ?

2. इसमें दर्शाए गए वंशागति प्रतिरूप में कौन–सा युग्म विकल्पी निहित होने का अनुमान लगता हे – प्रभावी युग्म विकल्पी या अप्रभावी युग्म विकल्पी का।

3. III-3 तथा IV-1 यक्तियों के बीच हुए विवाह का आप किस प्रकार स्पष्टीकरण करेंगे ?

4. यह मान कर कि प्रभावी तथा अप्रभावी युग्म विकल्पी को A तथा a का नाम दिया गया है बताइए कि I-2, I-3, II-4, III-3 तथा IV-1 व्यक्यिों के जीनप्ररूप क्या होंगे?

अभ्यास 6

आनुवंशिकी की समस्याओं में प्रायिकता का अनुप्रयोग

अभ्यास की रूपरेखा

6.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
6.2 प्रायिकता के मत के मूल सिद्धांत
योग नियम
गुणन नियम
द्विपद प्रमेय
6.3 पास्कल त्रिकोण
6.4 बहुपद अभिव्यक्ति
6.5 अंत में कुछ प्रश्न

6.1 प्रस्तावना

परिवार में किसी एक लक्षण के प्रकट होने की संभावना का मूल्यांकन करने के लिए किसी आनुवंशिकविद् अथवा आनुवंशिकी परामर्शदाता के लिए जो एक कारगर साधन है, वह है–प्रायिकता के सिद्धांत (probability theory) का अनुप्रयोग करना। प्रायिकता दो संख्याओं के बीच का अनुपात है, इन संख्याओं में एक तो वह संख्या होती है, जो दर्शाती है कि कोई विशिष्ट घटना कितनी बार होती है और दूसरी अभिप्रयोगों (trials) की वह कुल संख्या है, जितनी बार वह घटना हो सकती थी। मान लीजिए कि एक पुरूष तथा उसकी पत्नी एक आनुवंशिकी परामर्शदाता के पास किसी आनुवंशिकी समस्या पर सलाह लेने जाते हैं, तब परामर्शदाता उस दम्पति के परिवार की वंशावली करता है और उसके आधार पर वह उस दम्पति के जीनोटाइप पता लगा देता है और उसके बाद परिकलन करता है कि भविष्य में होने वाली उनकी संतान में इस लक्षण के प्रकट होने की क्या प्रायिकता है। इस प्रयोगशाला अभ्यास में आप प्रायिकता मत के कुछ आधारभूत नियमों में सीखेंगे। आपको आनुवंशिकी की समस्याओं में इन नियमों के अनुप्रयोग का प्रयत्न करना चाहिए।

उद्देश्य

इस प्रयोगशाला अभ्यास को करने के बाद आप :

- ❖ प्रायिकता के मूल सिद्धांतों का वर्णन कर सकेंगे;
- ❖ आनुवंशिकी–समस्याओं के समाधान के लिए प्रायिकता के सिद्धांतों का इस्तेमाल कर सकेंगे;

- ❖ किन्हीं घटना–संयोजनों की प्रायिकता के निर्धारण के लिए द्विपद प्रसार के लिए सूत्र का अनुप्रयोग कर सकेंगे,
- ❖ पास्कल त्रिकोण को समझ सकेंगे ताकि उसके द्वारा द्विपद अभिव्यक्ति के गुणांक का निर्धारण कर सकेंगे जिसमें हमें पता चलता है कि कोई विशेष संयोजन कितने प्रकार से प्राप्त हो सकता है।

6.2 प्रायिकता के मत के मूल सिद्धांत

हम कह सकते हैं कि प्रायिकता के मत से आप किसी घटना के होने का एक सही–सही तथा अर्थपूर्ण अनुमान लगा सकते हैं। किसी घटना के होने की प्रायिकता P पक्ष में होने वाले घटनाओं की संख्या (a) को हो सकने वाली घटनाओं की कुल संख्या (n) से विभाजित करके पता लगाया जाता है :

$$P = \frac{a}{n}$$

किसी घटना की प्रायिकता के निर्धारण में एक तरीका तो यह है कि इस घटना के कई उदाहरण लेकर यह रिकार्ड किया जाए कि कितनी बार यह घटना हुई है तथा कितनी बार नहीं हुई है। मगर यह विधि अनुभववादी है। प्रायिकता पता लगाने का बेहतर तरीका वह है जिसे किसी घटना के घटने की प्रागुक्ति (prediction) करने में आनुवंशिकीविद् आमतौर से इस्तेमाल करते हैं। इस विधि से प्राप्त होने वाली प्रायिकता एक पूर्व प्रायिकता (a priori probability) होती है। इससे पहले कि हम आनुवंशिकी का कोई विशिष्ट उदाहरण लें, आइए पहले नीचे दिए गए उदाहरण को देखें जिसमे प्रायिकता का परिकलन करना समझाया गया हैं

एक पासा (die, बहुवचन dice) लीजिए जिसके छह आमुख हो जिन पर 1 से 6 तक संख्याएं लिखी हों। जब पासा फेंका जाता है, तक किसी भी एक आमुख के आने की प्रायिकता P होती है 1/6

$$P = \frac{a}{n} = \frac{1}{6} = 0.0167$$

ताश के 52 पत्तों की गड्डी में से हुकम के नहले को खींच निकालने की प्रायिकता यह होगी :

$$P = \frac{1}{52} = 0.0192$$

तथा ताश की गड्डी में से कोई भी चिड़ी का पता निकालने की प्रायिकता यह होगी :

$$P = \frac{13}{52} = \frac{1}{4} = 0.25$$

आइए, अब एक या दो उदाहरण आनुवंशिकी में से लें। जब किसी एकसंकर में स्वनिषेचन कराया जाता है, तब संतान का अप्रभावी जीनप्ररूप होने की प्रायिकता यह होगी :

$$P = \frac{1}{4} = 0.25$$

तथा किसी द्विसंकर में स्वनिषेचन कराने पर किसी एक संतान के प्रभावी फ़ीनोटाइप (लक्षण प्ररूप) होने की प्रायिकता होगी –

$$P = \frac{9}{16} = 0.5625$$

जब हम कहते हैं कि किसी एक घटना के होने की प्रायिकता (P) है तब सभी अन्य घटनाओं के होने की संयुक्त प्रायिकता Q = (1 – 9) है। अतः जब किसी प्रभावी फ़ीनोटाइप के होने की $P = 9/16$, तब अन्य फ़ीनोटाइपों के होने की संयुक्त प्रायिकता होगी – $Q = 1 - 9/16 = 7/16$ तथा $P + Q = 9/16 + 7/16 = 1$. स्मरण रखने की बात है कि $P + Q$ सदैव 1 के बराबर होते हैं। वास्तव में सभी प्रायिकताएं 0 तथा 1 के बीच अपनी चाहिए। 1 प्रायिकता होने का अर्थ है कि वह घटना निश्चय ही होगी, और 0 प्रायिकता होने का अर्थ है कि वह घटना हो ही नहीं सकती।

आइए, अब ऐसी स्थितियां देखें जिनमें दो घटनाओं के होने पर विचार किया जाएगा। दो घटनाओं से हमारा अर्थ है कि या दोनों घटनाओं में से कोई–सी एक होती है या कि दोनों घटनाएं एक साथ होती हैं। ऐसे मामलों में अनिवार्यतः हम उन दो घटनाओं के होने की प्रायिकताओं को जोड़ रहे होंगे। प्रायिकताओं को जोड़ने की क्रिया को तीन नियमों के अधीन ही किया जा सकता है।

6.2.1 योग नियम

ज्ब किसी एक घटना का होना दूसरी घटना के होने की संभावना को समाप्त (प्रतिबाधित) कर देता है, तब इन दोनों घटनाओं को परस्पर अपवर्जी (mutually exclusive) कहा जाता है। अनिवार्यतः इसका अर्थ है कि जब एक घटना है, तब दूसरी घटना नहीं घटती। और अनेक परस्पर अपवर्जी घटनाओं में से किसी एक घटना के होने की प्रायिकता व्यष्टिगत (individual) घटनाओं की प्रायिकता का जोड़ (योग) होती है। उदाहरण के लिए जब कोई पॉसा फेंका जाता है, तब पांस से में 2 अथवा 3 की संख्या आने की प्रायिकता क्या है ?

2 की संख्या आने की प्रायिकता $= 1/6 = 0.0167$

3 की संख्या आने की प्रायिकता $= 1/6 = 0.0167$

अतः ये दो घटनाएं परस्पर अपवर्जी है, तथा 2 की या 3 की संख्या के आने की प्रायिकता $= 1/6 + 1/6 = 2/6 = 1/3 = 0.33$, चूंकि परस्पर अपवर्जी घटनाओं के होने की प्रायिकताओं को जोड़ा जाता है, इसलिए इस नियम को **योग नियम** (Addition rule) कहते हैं।

6.2.2 गुणन नियम

गुणन नियम (Product rule) का इस्तेमाल तब किया जाता है जब एक घटना का होना दूसरी घटना के होने पर निर्भर नहीं होता, दूसरे शब्दों में, इस स्थिति में हम स्वतंत्र घटनाओं को ले रहे होते हैं। उदाहरण के लिए, जब दो पॉसे एक साथ फेंके जाते हैं, तब 2 तथा 3 के क्रमवत आने की प्रायिकताएं इस प्रकार होंगी :

2 के आने की प्रायिकता $= 1/6 = 0.0167$

3 के आने की प्रायिकता $= 1/6 = 0.0167$

एक 2 और एक 3 के आने की प्रायिकता $= 1/6 \times 1/6 = 1/6\ 0.028$ यहाँ स्वतंत्र घटनाओं के होने की प्रायिकता उनकी अपनी–अपनी पृथक प्रायिकताओं का गुणफल होती है इसलिए इस नियम की गुणन नियम कहते हैं।

आइए, एक उदाहरण देखें।

मान लीजिए आप दो सिक्के लेकर उन्हें एक साथ उछालते हैं, तो बताइए कि चित तथा पट आने की प्रायिकता क्या है ? जैसा कि हम दर्शाएगें इस कार्यविधि में योग नियम तथा गुणन नियम दोनों ही का इस्तेमाल किया जाना है।

प्रत्येक सिक्के में चित (H) तथा पट (T) के आने की प्रायिकता इस प्रकार है :

$$P(H) = 1/2 = 0.5$$

$$P(T) = 1/2 = 0.5$$

जब सिक्कों को अलग–अलग उछाला जाता है, तब चित और पट आने के दो तरीके हैं:

पहले चित और फिर पट (HT)

पहले पट और फिर चित (TH)

एक के बाद एक प्रत्येक उछालने की क्रिया के परिणाम स्वतंत्र घटनाएं हैं।

HT तथा TH प्राप्त होने की प्रायिकता $= 1/2 \times 1/2 = 1/4 = 0.25$

साथ ही दो क्रम परस्पर अपवर्जी हैं। परस्पर अपवर्जी घटनाओं के समुच्चय के दो क्रमों में से किसी एक क्रम के आने की प्रायिकता होगी

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} = 0.5$$

इस प्रकार जब घटनाएं क्रमवत न हों, तब प्रायिकता को, योग नियम एवं गुणन नियम को एक साथ जोड़कर प्राप्त किया जाता है।

6.2.3 द्विपद प्रमेय

अक्रमवत घटनाओं की प्रायिकता को द्विपद प्रमेय (Binomial Theorem) का प्रयोग करके मालूम किया जा सकता है। इस प्रमेय में उस प्रायिकता को परिभाषित किया गया है जो उन दो परस्पर अपवर्जी अभिप्रयोगों में किसी व्यवस्था के घटित होने की प्रायिकता है जब अंतिम क्रम निर्दिष्ट न हुआ हो। इस प्रमेय के अनुसार विविध संयोजनों के होने की प्रायिकताएं अथवा बारंबारताएं द्विपद अभिव्यक्तियों के अनुरूप हाते हैं। पहली तीन द्विपद अभिव्यक्तियां इस प्रकार हैं :

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$(a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^2$$

$$(a+b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$$

द्विपद प्रमेय पर आधारित एक साधारण सूत्र आपको एक लघु विधि से प्रायिकता का परिकलन करने में सहायता करेगा

$$P = \frac{n!}{s!t!} \times p^s q^2$$

जिसमें *n* घटनाओं की कुल संख्या है, *p* एक घटना (X) के होने की प्रायिकता है, *q* एक विकल्प घटना (Y) के होने की प्रायिकता है, सभी घटनाओं के घटने की कुल संख्या *n* में से X घटना घटने की कुल संख्या है *s* और Y घटना घटने की कुल संख्या है *t* । यहाँ $s + t = n$ तथा $p + q = 1$.

प्रतीक! का अर्थ है – क्रमगुणित (factorial); 5 का क्रमगुणन का अर्थ है 5! $5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$

आइए, पिछले उदाहरण को देखें। जब

$$n = 2$$

चित प्राप्त होने की प्रायिकता $= p = \frac{1}{2}$

पट आने की प्रायिकता $= q = \frac{1}{2}$

तथा $s + t = 1$.

ऊपर दिए आंकड़ों को सूत्र में बैठाने पर

P = चित तथा पट प्राप्त होने की प्रायिकता,

जब दो सिक्कों को एक साथ उछाला जाता है $= \frac{2}{1!1!} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^1 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^1$

$$= \frac{2 \times 1}{1 \times 1} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

$$= 0.5$$

आइए, अब आनुवंशिकी से अधिक विशिष्ट उदाहरणों को देखें। पांच बच्चों वाले एक परिवार में 3 लड़के होने तथा 2 लड़कियां होने की प्रायिकता क्या होगी ?

बच्चे के लड़का होने की प्रायिकता $= p = \frac{1}{2}$

बच्चे के लड़की होने की प्रायिकता $= q = \frac{1}{2}$

सूत्र लगाने पर

$$P = \frac{5!}{3!2!} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

$$= \frac{5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1}{3 \times 2 \times 1 \times 2 \times 1} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 0.312$$

अब अगर यह मान लें कि इस परिवार में माता–पिता चाहते हैं कि बच्चे एक ख़ास क्रम में पैदा हों – जैसे कि 2 लड़के 1 लड़की, 1 लड़का और लड़की। अनिवार्यतः इसका अर्थ है कि आपको गुणन नियम लगाना होगा, और उस स्थिति में प्रायिकता यह होगी –

$$\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{32}=0.312$$

इस प्रकार इन दो उत्तरों से आप देख सकते हैं कि जब कोई विशिष्ट क्रम दिया गया होता है, तब प्रायिकता उससे 10 गुना कम होती है जितनी कि अन्यथा क्रम निर्दिष्ट न किए होने पर होती है। दूसरे शब्दों में, जबकि 2 लड़के, 1 लड़की, 1 लड़का तथा 1 लड़की प्राप्त करने का एक ही तरीका है, वहाँ 3 लड़के तथा 2 लड़कियां प्राप्त करने के 10 विभिन्न तरीके हैं।

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	B	B	B	B	G	G	G	G	G
B	B	B	G	G	G	B	B	B	G
B	G	G	G	B	B	G	B	B	B
G	B	G	B	G	B	B	G	B	B
G	G	B	B	B	G	B	B	G	B

[B = लड़का, G = लड़की]

मान लिया कि एक दम्पति रंजकहीनता (albinism) के लिए विषमयुग्मजी है। उनके पैदा होने वाले 5 बच्चों में से 4 सामान्य बच्चे होने की क्या प्रायिकता होगी ?

मान लेते हैं A = सामान्य त्वचा का युग्म विकल्पी

a = रंजकहीनता का युग्म विकल्पी

Aa × Aa

AA Aa Aa aa

सामान्य रंजकहीन

चूंकि सामान्य का रंजकहीन के साथ अनुपात 3 : 1 है इसलिए एक सामान्य लड़का पैदा होने की प्रायिकता $\frac{3}{4}$ है तथा एक रंजकहीन बच्चा पैदा होने की प्रायिकता $\frac{1}{4}$ है।

4 बच्चों की सामान्य होने की प्रायिकता है

$$\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}=\frac{81}{256}=0.316$$

4 बच्चे सामान्य होने तथा 2 बच्चे रंजकहीन होने की क्या संभाविता है ?

इस मामले में

$$P=\frac{6!}{4!2!}.\left(\frac{3}{4}\right)^4.\left(\frac{1}{4}\right)^2$$

$$=\frac{6\times5\times4\times3\times2\times1}{4\times3\times2\times1\times2\times1}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}=\frac{1215}{4096}=0.297$$

अब मान लेते हैं कि आप सामान्य तथा रंजकहीन बच्चों के पैदा होने के क्रम को निश्चित करते हैं, जैसे कि पहले 3 बच्चे सामान्य, 1 रंजकहीन, 1 सामान्य तथा 1 रंजकहीन, तथा प्रायिकता यह होगी :

$$\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{1}{4}=\frac{81}{4096}=0.0198$$

यहाँ भी आप देखेंगे कि एक बार जब क्रम बता दिया जाता है, तब प्रायिकता का मान कम हो जाता है। दूसरे शब्दों में, जब क्रम नहीं बताया गया होता तब प्रायिकता उससे 15 गुना अधिक हो जाती है जितनी कि वह निश्चित कर देने के समय थी।

6.3 पास्कल–त्रिकोण

हम पहले बता चुके हैं कि सूत्र $P=(n!/s!t!)^{pq,}$ में $(p+q)=1$ तथा $(s+t)=n$ है। इस सूत्र में द्विपद समीकरण $(p+q)^n=1$ पृथक हो जाता है और वह एक पद की प्रायिकता प्रदान करता है। $(p+q)^n$ के द्विपद प्रसार में $(n+1)$ पद है। पदों का गुणांक प्राप्त करने के लिए पास्कल–त्रिकोण एक उपयोगी युक्ति है। इन गुणांकों से आपको उन विधियों की संख्या ज्ञात हो जाती है जिनके द्वारा घटनाओं का कोई विशेष संयोजन प्राप्त हो सकता है। निम्न पास्कल त्रिकोण $n=7$ मान तक है।

1.	n = 0	$(p+q)^0$	1
2.	n = 1	$(p+q)^1$	1 1
3.	n = 2	$(p+q)^2$	1 2 1
4.	n = 3	$(p+q)^3$	1 3 3 1
5.	n = 4	$(p+q)^4$	1 4 6 4 1
6.	n = 5	$(p+q)^5$	1 5 10 10 5 1
7.	n = 6	$(p+q)^6$	1 6 15 20 15 6 1
8.	n = 7	$(p+q)^7$	1 7 21 35 35 21 7 1

ऊपर दिए गए त्रिकोण को द्विपद विस्तार के गुणांक से बनाया जाता है। आप देखेंगे कि हर पंक्ति का आरंभ 1 से होता है। और फिर उसके आगे आता है इससे पहले की पंक्ति के दो सहवर्ती गुणांकों का योग और यह क्रम चलता है और अंततः 1 की संख्या आती है।

$$(p+q)^6=(1)p^6+(1+5)p^5q+(5+10)p^4q^2+(10+10)p^3q^3+(10+5)p^2q^4+(5+1)pq^5+(1)q^6$$

आइए, अब हम पलट कर फिर से पुरानी समस्याओं पर आते हैं। बताइए कि रंजकहीनता के ऐलील के लिए विषयुग्मजी दम्पति के 4 सामान्य तथा 2 रंजकहीन बच्चे पैदा होने की प्रायिकता क्या है ?

$$n=6; s=4, t=2, p=\frac{3}{4} \text{ and } q=\frac{1}{4}$$

यह समस्या $(p+q)$ की अभिव्यक्ति द्वारा पूर्णतः वर्णित हो जाती है। समीकरण $(p+q)^6$ (याद रखिए कि $n=6$) में जो पद हमारे लिए महत्त्व का है, वह है $-15p^4q^2$

$$15p^4q^2 = 15\,(3/4)^4\,(1/4)^2$$

$$= 15\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{3}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}$$

$$= \frac{1215}{4096} = 0.297$$

यह वही उत्तर है, जो हमें सूत्र का उपयोग करके प्राप्त हुआ था। लेकिन जब द्विपद का क्रम इसका विस्तार बढ़ा देता है, तब सभी पदों को प्राप्त करना भी कठिन हो जाता है ऐसे मामलों में हम तत्काल सूत्र का उपयोग कर सकते हैं।

6.4 बहुपद अभिव्यक्ति

इस सूत्र का एक और लाभ है। इसका प्रसार करके इसमें दो से अधिक घटनाएं ली जा सकती हैं। प्रायिकता का परिकलन करने के लिए बहुपद विस्तार $(p+q+r...)^n$ (multinominal expression) को एक सामान्य सूत्र के रूप में दर्शाया जा सकता है।

$$p = \frac{n!}{s!t!u!}.\,p^s q^t r^u ...$$

जिसमें $p+q+r... = 1$ and $s+t+u.... = n$.

मान लिया आनुवंशिकी परामर्शदाता किसी एक दम्पति को बताता है कि उन दोनों में रंजकहीन पुत्र के लिए एक–एक ऐलील है। दम्पति छह बच्चे प्राप्त करना चाहते हैं। क्या प्रायिकता है कि छह बच्चों में से दो सामान्य पुत्रियां होंगी, दो सामान्य पुत्र होंगे तथा एक रंजकहीन पुत्र एवं एक रंजकहीन पुत्री होगी?

इस निर्मेय में आप पहले तो गुणन लगाइए जिससे पता चल सके कि प्रत्येक पद के लिए प्रायिकता क्या होगी और फिर पूरी घटना के लिए प्रायिकता जानने के लिए सूत्र का अनुप्रयोग कीजिए। उदाहरण के लिए,

एक सामान्य पुत्र प्राप्त होने की प्रायिकता $p = (3/4)(1/2) = 3/8$

एक सामान्य पुत्री प्राप्त होने की प्रायिकता $q = (3/4)(1/2) = 3/8$

एक रंजकहीन पुत्र प्राप्त होने की प्रायिकता $r = (1/4)(1/2) = 1/8$

एक रंजकहीन पुत्री प्राप्त होने की प्रायिकता $k = (1/4)(1/2) = 1/8$

2 सामान्य पुत्रों (s), 2 सामान्य पुत्रियों (t), एक रंजकहीन पुत्र (v) तथा एक रंजकहीन पुत्री (u) की प्रायिकता =

$$P = \frac{n!}{s!t!u!v!}. p^s q^t r^u k^v$$

$$P = \frac{6!}{2!2!1!1!}. (3/8)^2. (3/8)^2. (1/8)^1. (1/8)^1$$

$$= \frac{6\times5\times4\times3\times2\times1}{2\times1\times2\times1\times1\times1}. 3/8 \times 3/8 \times 3/8 \times 3/8 \times 1/8 \times 1/8$$

$$= \frac{14580}{262144} = 0.0556$$

6.5 अंत में कुछ प्रश्न

1. मान लिया कि सेक्स–अनुपात 1:1 है, बताइए कि चार बच्चों के परिवार में क्या होने की प्रायकिता है?

   i) तीन पुत्रियां और 1 पुत्र

   ii) सभी पुत्रियां

   iii) एकांतर क्रम में पुत्री और पुत्रियां

   iv) सभी पुत्र

   v) कम से कम दो पुत्रियां

2. प्रयोगशाला अभ्यास में हमने फ़ेनिल थयो–कार्बेमाइड स्वादन के विषय में विवेचन किया था। जैसाकि आप जानते हैं PTC स्वादन का लक्षण अस्वादन के लक्षण पर प्रभावी है। एक स्वादक पुरूष जिसकी माँ एक अस्वादक है, एक ऐसी स्वादक स्त्री से विवाह करता है जिसकी पहली शादी से एक अस्वादक पुत्री पैदा हुई थी। अब इस दम्पति की संतानों में निम्न के होने की क्या–क्या प्रायिकताएं होंगी ?

   क) उनका पहला पुत्र स्वादक होगा।

   ख) उनका पहला बच्चा अस्वादक होगा।

   ग) उनके 7 बच्चों में 4 स्वादक तथा 3 अस्वादक होंगे।

   घ) 5 बच्चे होंगे जिनमें से क्रमवत 2 स्वादक लड़के तथा 1 स्वादक लड़की, 1 अस्वादक लड़का तथा अस्वादक लड़की होगी।

3. दो जनकों का जीनोटाइप Mm है और वे माइग्रेन के सिर दर्द (आधा सीसी) के रोग से ग्रस्त है। निम्न के लिए क्या प्रायिकता होगी ?

   क) उनका पहला बच्चा एक लड़की होगी जिसे माइग्रेन होगा तथा दूसरे बच्चे में यह रोग नहीं होगा।

   ख) उनके 4 संताने होती हैं जिनमें से 3 को माइग्रेन नहीं होगा और एक बच्चे को माइग्रेन होगा।

अभ्यास 7

जीवाश्म प्रमाणों का अध्ययन

अभ्यास की रूपरेखा

7.1 प्रस्तावना

उद्देश्य

7.2 आवश्यक सामग्री

7.3 जीवाश्म प्रमाणों का परीक्षण (प्रारूपों एवं पोस्टर के रूप में उपलब्ध)

7.4 आथ्रोपोडा

आर्थ्रोपोडा के विशिष्ट लक्षण

फ़ाइलम आर्थ्रोपोडा का वर्गीरकण

ट्राइलोबाईट्स का वर्गीकरण

7.5 वर्ग सरीसृप

सरीसृप वर्ग के लक्षण

सरीसृप वर्ग के वर्गीकरण की रूपरेखा

विलुप्त सरीसृप (डायनोसॉर्स) प्रारूप

7.6 *आर्कियोप्टेरिक्स* : सरीसृप तथा पक्षी वर्ग की योजक कड़ी

7.7 अंत में कुछ प्रश्न

7.1 प्रस्तावना

पिछले अध्याय में आपने वंशावली चार्ट को बनाना एवं विश्लेषण करना सीखा था। जिसमें आपने पीढ़ी दर पीढ़ी वंशागत होने वाले विभिन्न लक्षणों को दर्शाने हेतु प्रतीक चिन्हों के बारे में भी समझा था। इस अभ्यास में हम विभिन्न जीवाश्म प्रमाणों के बारे में ज्ञान प्राप्त करेगें जिसके द्वारा चार्ल्स डार्विन द्वारा प्रतिपादित उद्विकासिय सिद्वान्तों को समझा जा सकता है। इस हेतु हम विभिन्न प्लास्टर कास्ट प्रारूपों (models) एवं चित्रों का उपयोग करेगें। भूपर्पटी में पिछले कई कालों से विभिन्न जीवों के जीवाश्म संरक्षित पड़ें है। पृथ्वी के जन्म से प्रारम्भ कर आज तक अनवरन चट्टनों का निर्माण चल रहा है। इसके साथ–साथ जीवाश्मभवन (fossilization) भी चलता रहा है। इन प्रक्रमों के दौरान नदियों एवं समुद्र के तल में मृदा, दलदल, पत्थर आदि जमा होते गये। मृत जीवों एवं पादपों के शरीर अन्ततः इनके पैंदे में दफन हो गये। भूमि में दबे ये मृत शरीर कठोर एवं दृढ़ हो गये एवं इन पर चट्टानों की परतों के विकास के साथ ही जीवाश्मों की उत्पत्ति हो गई।

स्तरित चट्टानों (stratified rocks) की प्रकृति एवं वितरण के परीक्षण से, भू–जैव काल के इतिहास को समझने में सहायता प्राप्त होती है। चट्टानों के विश्लेषण से ज्ञात होता है कि कौन सी वातावरणीय परिस्थितियों द्वारा जीवाश्मों की उत्पत्ति हुई है तथा उनकी

आयु (age) का भी आकलन कर सकते हैं। आप चित्रों की सहायता से तथा जीवाश्म पोस्टरों द्वारा का अध्ययन करेगें। इस अभ्यास को समझने से पहले यह आवश्यक होगा कि आप BZYCT-137 की "जीवाश्म प्रमाण" इकाई का भलीभाँति अध्ययन कर लें।

उद्देश्य

इस अभ्यास को करने के बाद आप इस योग्य हो जाएँगे कि :

- ❖ भूपर्पटी में जीवाश्मों की उपस्थिति एवं जैवीय विकास में सम्बन्ध बता सकें;
- ❖ प्राणियों के विकास के दौरान होने वाली मुख्य घटनाओं का वर्णन कर सकें; और
- ❖ विकासीय प्रक्रिया के दौरान विभिन्न पादप एवं प्राणी प्रजातियों के भौगोलिक वितरण का सम्बन्ध बता पाएँ।

7.2 आवश्यक सामग्री

निम्न जीवाश्मों के प्लास्टर–कास्ट प्रारूप आथ्रोपोडा

1. *ट्राईलोबाईट*
2. *इक्थियोसौरस*
3. *डाईमेट्रोडोन*
4. *ब्रोण्टोसॉरस*
5. *डिप्लोडॉकस*
6. *टाईरेनोसौरस*
7. *स्टेगोसॉरस*
8. *रेम्फॉरिंकस*
9. *टेरेनोडॉन*
10. *आर्कियोप्टेरिक्स*

7.3 जीवाश्म प्रमाणों का परीक्षण

उद्विकास के सबसे उत्तम प्रमाण जीवाश्मों से प्राप्त होते है। **जीवाश्म पूर्वकाल के जीवों के प्रमाण होते हैं जो कि चट्टानों में संरक्षित होते है।** एक जीवाश्म किसी सम्पूर्ण प्राणी के संरक्षण का परिणाम हो सकता है। किसी जीव पर जब दलदल जमकर चट्टानों का दृढ़ रूप ले लेता है तथा जीव इममें घुलकर विघटित हो जाते है तो प्राणी शरीर के बाहय आकृति की छाप चट्टनों में बन जाती है जिसे **प्राकृतिक साँचा** (natural mould) कहते है। जब मोल्ड में खनिज पदार्थ भर जाते है तो इसे **प्राकृतिक संचक** (natural

cast) कहते हैं। कई बार जीवाश्म के रूप में केवल जन्तुओं के पैरो के निशान अथवा पत्तियों के चट्टानों पर दबाव से उत्पन्न निशानों के रूप में उपयोग लिया जाता है। इन्हें **अधिचिहन** (Imprint) कहते है। वे जीवाश्म जो जीवो के क्रियाकलापों (activities) अथवा लक्षणों को दर्शाते है उन्हें **अनुरेख जीवाश्म** (Trace fossils) कहते है जैसे कि जन्तुओं के बिल, मार्ग और जीवाश्म मल आदि। जीवाश्मीकरण (fossilzation) हेतु सामान्यतः शरीर में कठोर भागों का होना अनिवार्य होता है जैसे कि कशेरूकियों के दांत एवं अस्थियाँ, अकशेरूकियों के कवच एवं पादपों में काष्ठीय भाग आदि। शरीर के कोमल भाग बहुत कम ही संरक्षित हो पाते है। *आर्कियोप्टैरिक्स* पहला पक्षी है जिसके पंख जीवाश्म रूप में संरक्षित पाये गये। यदि पौराणिक जीवों के मल (faeces) को जीवाश्म रूप में काम में लिया जाए तो इसे **कोप्रोलाईट** (coprolite) कहते है। कोप्रोलाईट द्वारा जीवों की खाद्य प्रवृत्तियों की जानकारी प्राप्त होती है।

आप अपने शैक्षणिक संस्थान में उपलब्ध कुछ जीवाश्मों का अध्ययन करेगें जो कि चित्रों अथवा प्लास्टर कास्ट के रूप में संरक्षित है। इनका भलीभांति अध्ययन कीजिए तथा अपनी अभ्यास पुस्तिका में इनके चित्र बनाइए। स्पष्ट दिखाई देने वाले लक्षणों को लिखिए।

नोट : जीवाश्मों के मॉडल के अध्ययन से पूर्व आपको अकेशरुकियों में आर्थ्रोपोडा संघ और कशेरुकियों में सरीसृप वर्ग के लक्षणों और वर्गीकरण को समझना आवश्यक होगा। इससे आप जीवाश्मों के लक्षणों का अपने संघ और वर्ग के लक्षणों से सहसम्बन्ध भली भाँति समझ पाएँगे।

7.4 आर्थ्रोपोडा

7.4.1 आर्थ्रोपोडा के विशिष्ट लक्षण

1) शरीर द्विपार्श्वतः सममित तथा विखंडतः खंडयुक्त। इन खंडों में परस्पर जुड़ कर अथवा समेकित होकर कार्यात्मक इकाइयों के बनाने की प्रवृत्ति होती है, इन इकाइयों को *टैग्मैटा* (*tagmata* खण्डैकक) कहते हैं, जैसे शिरोवक्ष तथा उदर; शीर्ष, वक्ष एवं उदर बन जाते हैं।

2) खंडो पर संधि युक्त उपांग बने होते हैं।

3) बाह्यकंकाल एक कड़े क्यूटिकल के रूप में होता है, यह क्यूटिकल काइटिन, प्रोटीन तथा लिपिड का बना होता है पर कभी–कभी इसमें कैल्सियम कार्बोनेट के समावेश होने से यह अधिक कड़ा हो जाता है। नीचे पड़ी एपिडर्मिस से स्रावित होने वाली यह क्यूटिकल समय–समय पर उतार फेंक दी जाती है ताकि शरीर की वृद्धि संभव हो सके।

4) सिलिया नहीं होते।

5) गुहा (coelom) होती है लेकिन व्यस्क में अति ह्रासित तथा विरूपित हो जाती है। मुख्य देह–गुहा हीमोसील (haemocoel) होती है, यह हीमोसील अंगों तथा ऊतकों के बीच रक्त से भरी एक विशिष्ट गुहा होती है।

6) परिसंचरण–तंत्र खुले प्रकार का होता है।

7) सुविकसित पेशी तंत्र होता है जिसमें बाह्य कंकाल से संलग्न रेखित पेशियां, तथा आंतरांगों में अरेखित पेशियां होती हैं।

8) मुखांग, उपांगों से रूपांतरित हुए होते हैं, आहार–नाल सुविकसित होती है।

9) श्वसन–अंग सामान्यतः वातिकाएं (trachea), पुस्तफुफ्फुस (book lung) अथवा गिल होते हैं।

10) उत्सर्गी अंग या तो माल्पीगी नलिकाएं होती हैं अथवा कॉक्सल ग्रंथियां, या ऐंटनल ग्रंथियां या मेक्सिलरी ग्रंथियां।

11) तंत्रिका–तंत्र ऐनेलिड योजना पर बना होता है।

12) लिंग (सेक्स) अलग–अलग होता है, निषेचन भीतरी, परिवर्धन में अक्सर कार्यांतरण शामिल होता है।

7.4.2 फ़ाइलम आर्थ्रोपोडा का वर्गीकरण

फ़ाइलम आर्थ्रोपोडा को चार उपफ़ाइलमों में निम्नवत् विभाजित किया जाता है।

उपफाइलम ट्राइलोबाइटोमार्फा

उपफाइलम चेलीसिरेटा

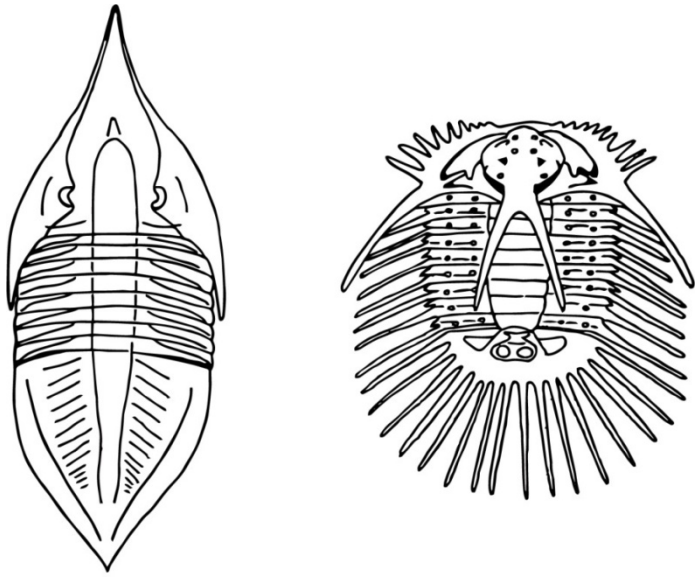
उपफाइलम क्रस्टेशिया

उपफाइलम यूनीरेमिया

आप प्रत्येक उपफाइलम अथवा सबफाइलम के विशिष्ट लक्षणों का उदाहरण सहित BZYCT-131 के खंड 2 के भाग 8.4 में विस्तार से अध्ययन कर चुके हैं। यहाँ हम केवल उपफाइलम ट्राइलोबाइटोमॉर्फा के विषय में जानेंगे क्योंकि इनमें अब कोई भी जीवित प्राणी नहीं है। सभी प्राणी विलुप्त हो चुके हैं। केवल जीवाश्म ही हैं जिनके अध्ययन से हम ट्राइलोबाइटों के विषय में जान सकते है।

7.4.3 ट्राईलोबाईट्स का वर्गीकरण

उपफ़ाइलम ट्राइलोबाइटोमार्फ़ा में ट्राइलोबाइट आते हैं (चित्र 8.12)। इनकी समस्त स्पीशीज़ विलुप्त हो चुकी हैं, तथा इनके जीवाश्मों से पता चलता है कि ये सभी समुद्री प्राणी थे और ये पेलियोजोइक महाकल्प (Paleozoic era) में हुआ करते थे। समस्त आर्थ्रोपोडों में ये आदितम हैं। इनका शरीर दो अनुदैर्ध्य (लम्बी) खांचों द्वारा तीन पालियों (lobes) में विभाजित हो गया था। इनमें स्पष्ट शीर्ष, वक्ष एवं उदर होते थे। उपांग द्विशाखी थे। लगता है कि ट्राइलोबाइटों में विविध स्वभाव बन चुके थे, इनमें बिलकारी, अधिनितलस्थ (epibenthic), रेंगने वाले, प्लवक तथा तैरने वाले उदाहरण थे।



चित्र 7.1 : विलुप्त ट्राइलोबाइट; a) *मेगालैस्पिस* जाति–बिलकारी, b) *रेडियास्पिस* जाति–प्लवक।

7.5 वर्ग सरीसृप

7.5.1 सरीसृप वर्ग के लक्षण

i) शरीर श्रृंगीय, एपिडर्मिसी शल्कों से ढका होता है। त्वचा शुष्क होती है और उसमें बहुत ही कम ग्रंथियां होती हैं।

ii) दो युग्मित पाद आमतौर से होते हैं ऐम्फिस्बीनियनों (Amphisbaenian = गुप्ताक्षिकर्ण साँपों) और पादहीन छिपकली के अतिरिक्त।

iii) करोटि में केवल एक ही अनुकपाल यानि ऑक्सीपिटल अस्थिकंद (occipital condyle) होता है। कंकाल अस्थिभूत (ossified) होता है, और पसलियों (ribs) के साथ उरोस्थि (स्टर्नम = sternum) होता है।

iv) ये फेफेड़ों से सांस लेते हैं।

v) हृदय मे तीन कक्ष होते हैं, लेकिन घड़ियालों के हृदय में चार कक्ष होते हैं।

vi) वृक्क, पश्चवृक्कीय (metanephric) होते हैं और यूरिक अम्ल इनका प्रमुख उत्सर्जी उत्पाद है।

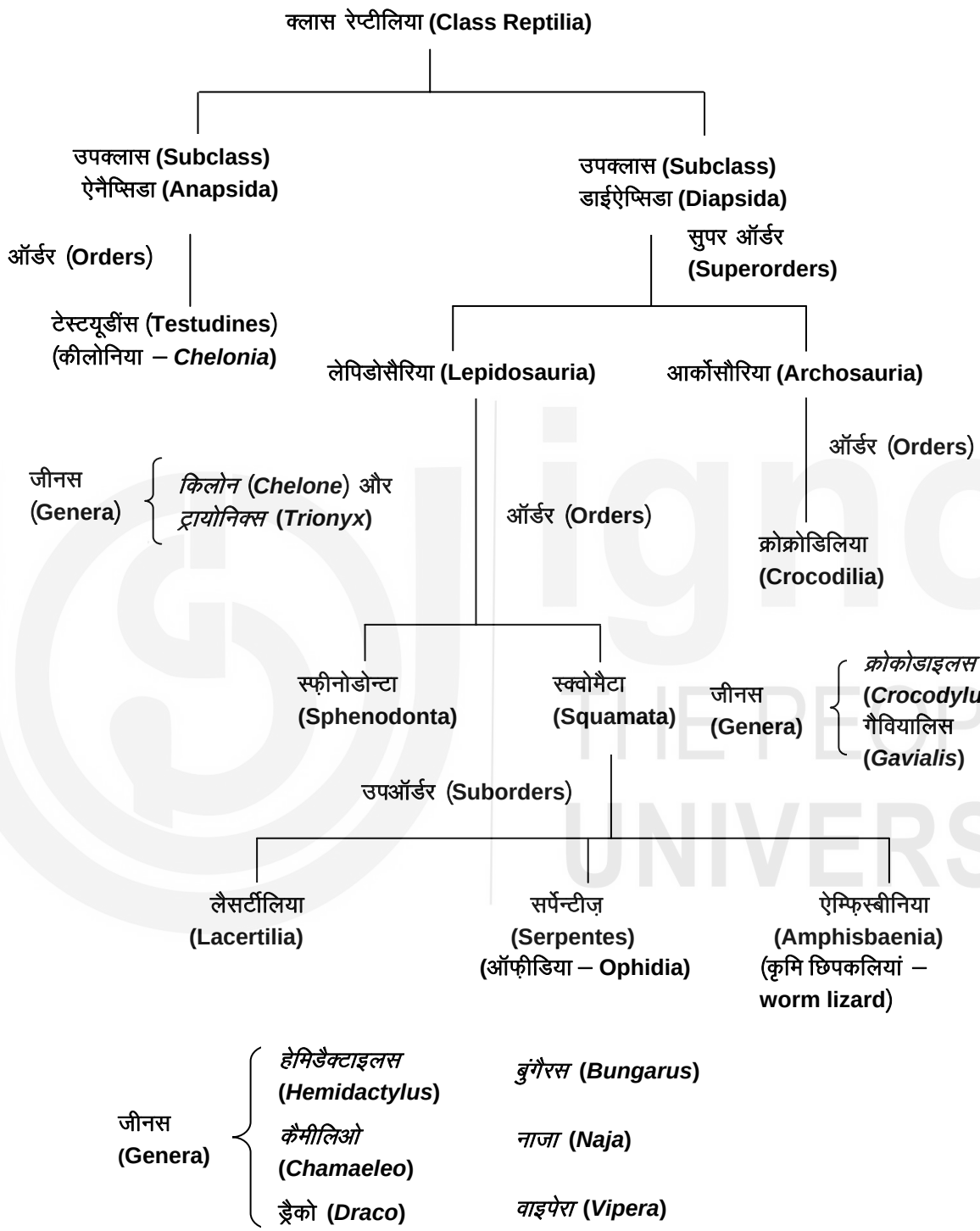
vii) इनमें बारह जोड़ी कपाल–तंत्रिकाएं (cranial nerves) होती हैं।

viii) इनके नर और मादा अलग–अलग होते हैं, और निषेचन आंतरिक होता है।

ix) ये अपने अंडे ज़मीन पर देते हैं; इनके अंडों के ऊपर कैल्सियमी (calcareous) अथवा चीमड़ (leathery) कवच (shell) होता है।

x) भ्रूणीय जीवन के दौरान उल्ब (amnion), जरायु (chorion) और अपरापोषिका (allantois) मौजूद होती हैं। इनमें लारवा–अवस्था नहीं होती।

7.5.2 सरीसृप वर्ग के वर्गीकरण की रूपरेखा



7.6 विलुप्त सरीसृप (डायनासॉर्स) : प्रादर्श

मध्यजीवी (Mesozoic) काल में सरीसृप वर्ग का उतार–चढ़ाव चलता गया। इस काल के अधिकांश सरीसृप विलुप्त हो कर जीवाश्म में रूपान्तरित हो गये। कुल विलुप्त सरीसृप निम्न प्रकार है –

1. *इक्थियोसॉरस*

वर्ग सरीसृप

उपवर्ग (Subclass) : पैराप्सिडा → टेम्पोरल छिद्र दो अस्थियों – सुप्रा–टेम्पारेल एवं पश्च–फ्रण्टल द्वारा घिरे रहते हैं।

जीनस : *इक्थियोसॉरस*

उदाहरण

i) *इक्थ्योसॉरस* (चित्र 7.2) मछली के समान रूप का विलुप्त सरीसृप है।

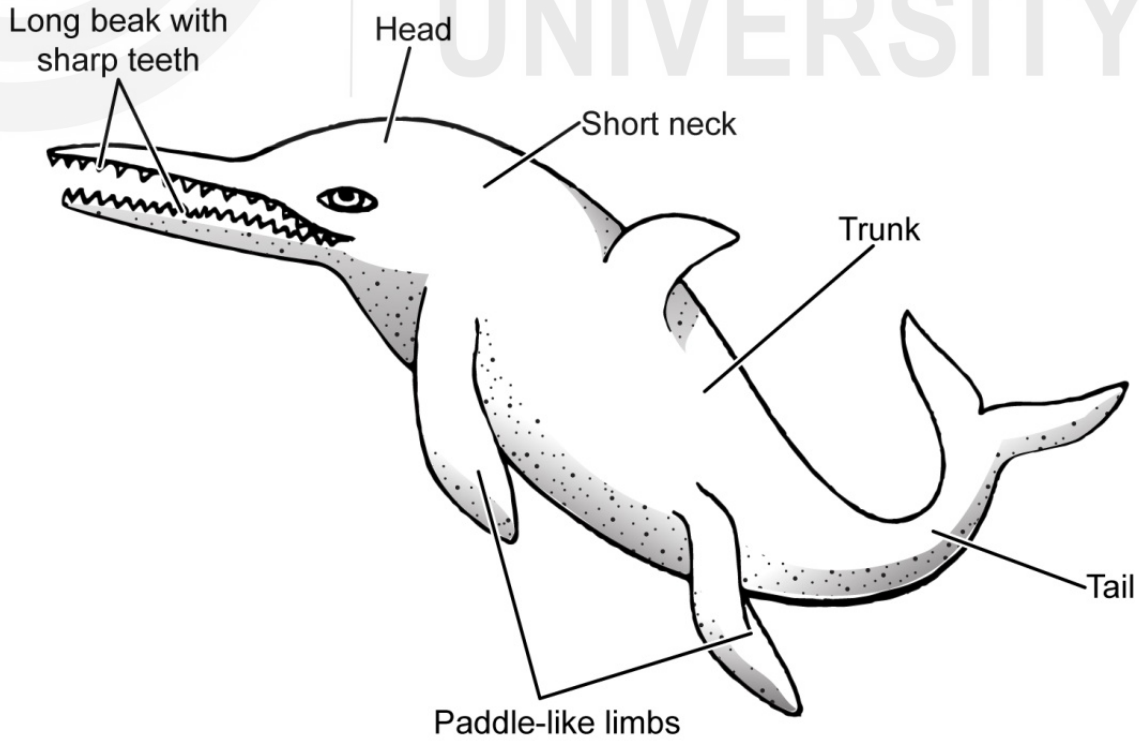
ii) शरीर शीर्ष, ग्रीवा, धड़ एवं पूंछ में विभक्त होता है।

iii) शीर्ष पर स्थित बड़ी आँखे (नेत्र) स्क्लेरॉटीक प्लेटो (Sclerotic plates) द्वारा घिरे रहते थे। शीर्ष पर नासा छिद्र, कर्ण छिद्र एवं लम्बी, दंतविन्यासित चोंच पाई जाती थी।

iv) पैडल के समान युग्मित पाद पाये जाते थे।

v) मछलियों के समान पृष्ठीय एवं पुच्छीय पंख उपस्थित।

ये ट्राइऐसिक (Triassic) में प्रकट हुए, जुरैसिक काल में चरम अवस्था में पाये जाते थे और क्रिटेशस (Cretaceous) में विलुप्त होने लगे।



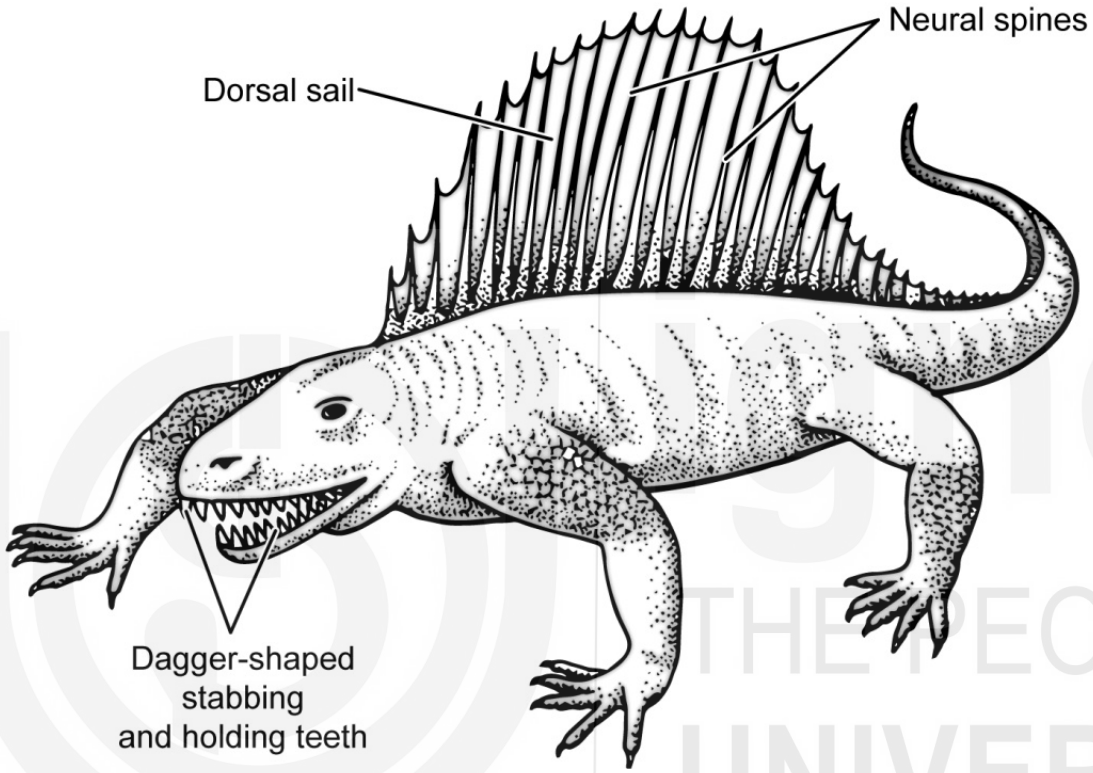
चित्र 7.2 : *इक्थियोसॉरस*।

2. *डायमेट्रोडॉन*

वर्ग सरीसृप

उपवर्ग (Subclass) : साईनाप्सिडा – एक टेम्पोरल छिद्र जो पश्च ऑर्बिटल (Post orbital) एवं स्क्वामोजल अस्थि (squamosal bone) द्वारा घिरे रहते है।

जीनस : *डायमेट्रोडोन* (= पेलिकोसॉर)



चित्र 7.3 : *डायमेट्रोडॉन*।

लक्षण

i) *डायमेट्रोडॉन* (चित्र 7.3) स्तनी समान सरीसृप थे जिससे खोपड़ी के प्रत्येक ओर एक पार्श्वीय टेम्पोरल छिद्र पाया जाता था।

ii) शरीर 10 फीट से अधिक लम्बा तथा शीर्ष, ग्रीवा, विशाल धड़ तथा छोटी पूंछ में विभक्त था।

iii) जबड़ों पर छैनी आकार के भारी दांत थे।

iv) पाद पूर्ण विकसित था।

v) धड़ पर पृष्ठिय सेल (sail) उपस्थित थी जो त्वचा से आवरित लम्बी न्यूरल स्पाइन्स से बनती है।

vi) जुरैसिक काल में ये विलुप्त हो गए थे। ऐसा मान सकते हैं कि इनसे ही स्तनियों के पूर्वजों का विकास हुआ होगा।

3. *ब्रोन्टोसॉरस*

वर्ग सरीसृप

उपवर्ग : **डायाप्सिडा** नेत्रों के पीछे दो टेम्पोरल छिद्र जो पश्च ऑर्बिटल एवं स्क्वामोजल अस्थियों द्वारा पृथ्थक हैं।

गण : **सॉरिश्चीया** इश्चियम एवं प्यूबिस अपसरित (Diverge) होते हैं।

जीनस : *ब्रोन्टोसॉरस*।

लक्षण

i) *ब्रोन्टोसॉरस* (चित्र 7.4) को सामान्यतः दैव्य डायनासॉर कहते है। इनका शरीर विशाल था।

ii) शरीर में छोटा शीर्ष, लम्बी ग्रीवा, विस्तृत–भारी धड़, लम्बी नुकीली पूंछ।

iii) शरीर 20–25 मीटर लम्बा एवं लगभग 50 टन भारी था।

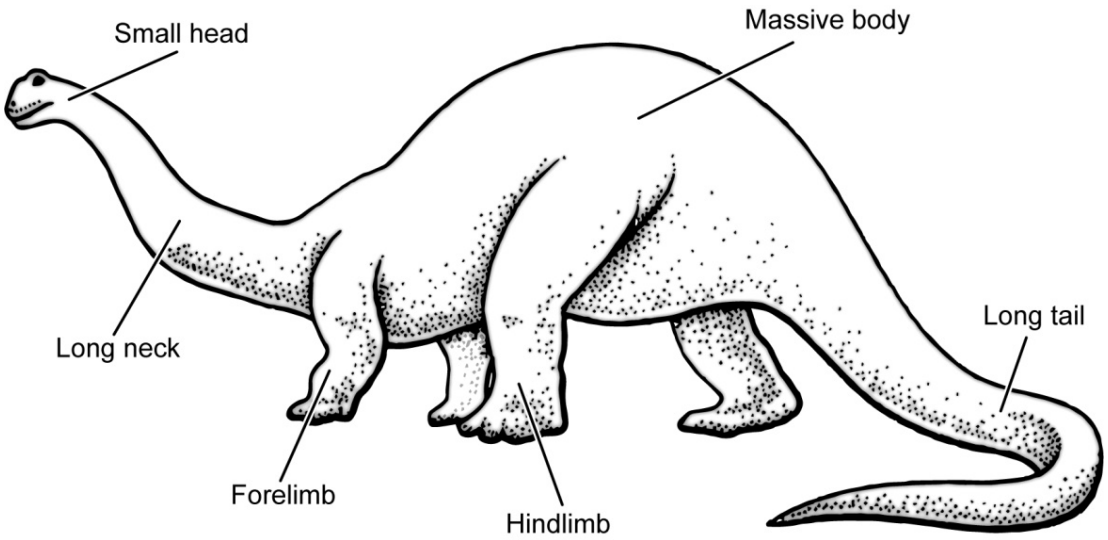
iv) पश्चपाद लम्बे व भारी।

v) त्रि–अरिय श्रोणी मेखला, भारी परन्तु खोखले पार्श्व कशेरूकाएँ।

vi) मस्तिष्क का आकार छोटा।

vii) ये दलदली स्थान एवं उथले पानी में पाये जाते थे।

viii) इनके विलुप्त होने के कारण थे छोटा मस्तिष्क एवं भारी शरीर।



चित्र 7.4: *ब्रोन्टोसॉरस*।

4. *डिप्लोडॉकस*

वर्ग सरीसृप

उपवर्ग : डायाप्सिडा

गण : सॉरिश्चीया

लक्षण

i) यह जुरैसिक काल का सबसे लम्बा डायनासॉर था जिसकी लम्बाई 25 मीटर तथा भार 50 टन था।

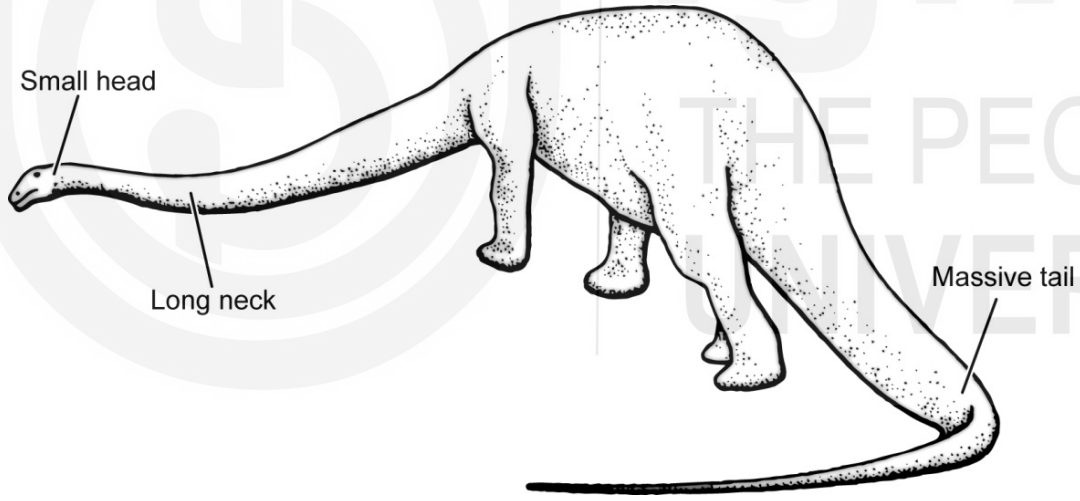
ii) शरीर में छोटा शीर्ष, लम्बी ग्रीवा, भारी धड़ एवं लम्बी पूंछ पाई जाती थी।

iii) जबड़े छोटे तथा मस्तिष्क अपवादवश छोटा (6 ईंच लम्बा)।

iv) पाद स्तम्भ समान तथा पश्च भाग विशाल था।

v) चतुष्पादीय, शाकाहारी तथा दलदल में विचरणशील।

vi) भारी शरीर को सहायता देने हेतु इन्हें सदैव भरपूर हरे मैदानों की आवश्यकता होती थी।



चित्र 7.5 : *डिप्लोडॉकस*।

5. *टायरेनोसॉरस*

वर्ग सरीसृप

उपवर्ग : डायाप्सिडा

गण : सॉरिश्चीया

लक्षण

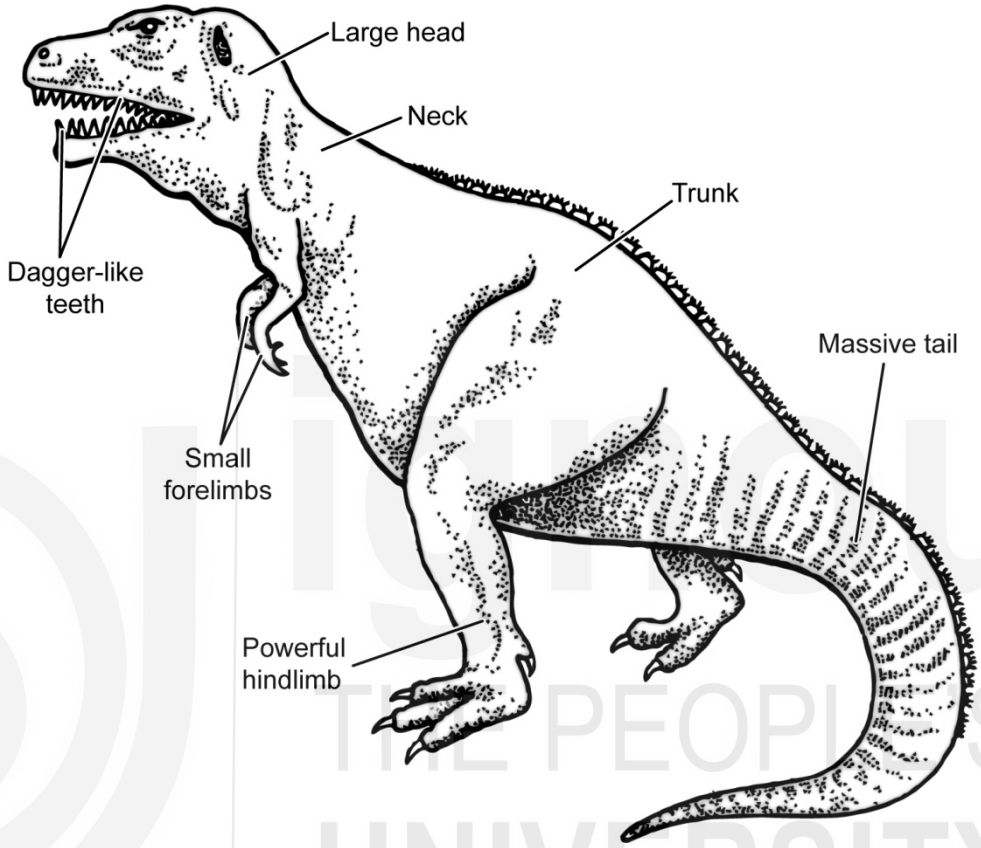
i) इसे सामान्यतः **टायरेन्ट डायनासॉरस** कहते हैं। जो पश्चिमी उत्तरी अमेरिका मैदानों में पाया जाता था।

ii) शरीर–भारी शीर्ष, छोटी ग्रीवा, भारी धड़ एवं पूंछ में विभक्त था (चित्र 7.6)।

iii) शरीर लगभग 15 मीटर लम्बा एवं ऊँचाई लगभग 6.7 मीटर थी।

iv) अग्रपाद अत्यन्त छोटे जिससे शिकार को पकड़ा जाता था। पश्चपाद दौड़ने हेतु अनुकुलित। पश्चपादों पर तीन शक्तिशली नखर पाये जाते थे।

v) जबड़े बड़े थे जिनमें तीन से चार ईंच छैनी आकार के दाँत होते थे।



चित्र 7.6 : *टायरेनोसॉरस*।

6. *इग्वानोडॉन*

वर्ग सरीसृप

उपवर्ग : पैराप्सिडा

जीनस : *इग्वानोडॉन*

लक्षण

i) *इग्वानोडॉन* (चित्र 7.7) सबसे प्रारूपिक प्रकार के तथा पक्षी के समान डॉयनोसॉर थे। इनकी श्रोणी मेखला चतुस्अरीय थी।

ii) इनकी लम्बाई लगभग 5 मीटर थी।

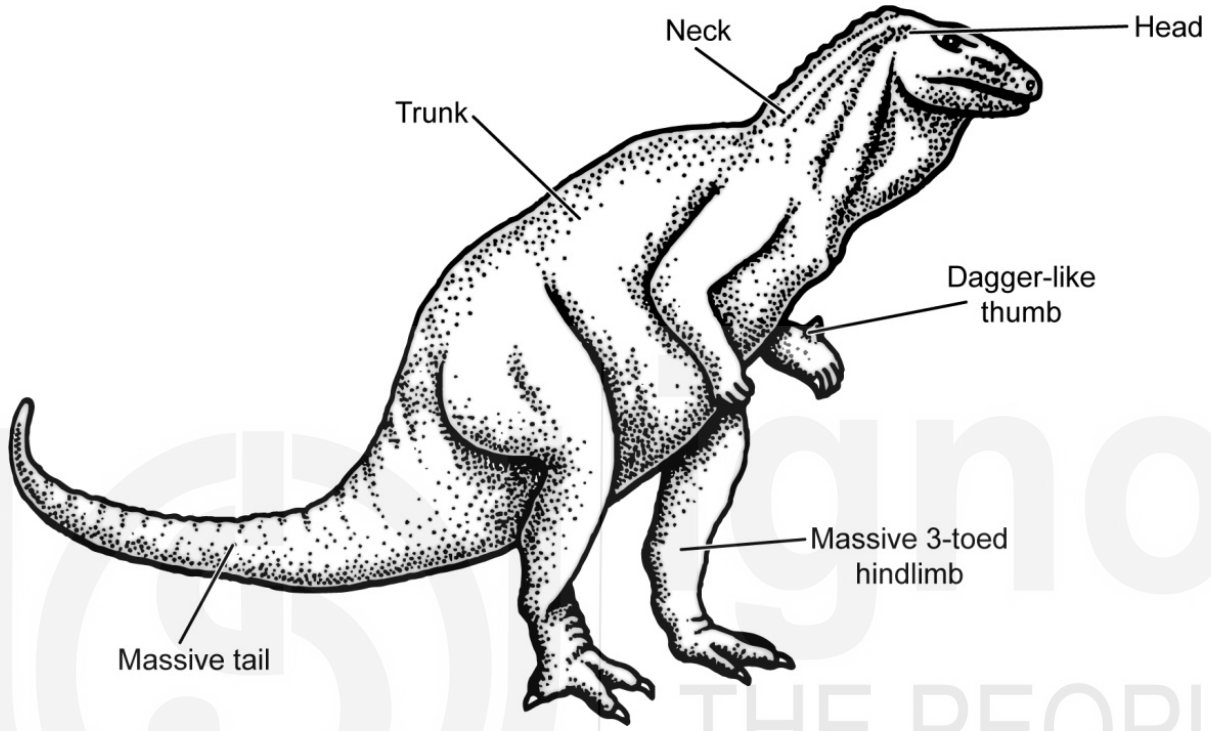
iii) शरीर–शीर्ष, ग्रीवा, धड़ एंव पूँछ में विभक्त था।

iv) शीर्ष एवं ग्रीवा छोटी थी जबकि धड़ विशाल था।

v) अग्रपाद कुछ ह्रासित, जबकी पश्च पाद अधिक भारी एवं विकसित थे।

vi) इसके अग्रभाग में सुरक्षा हेतु अंगूठा काफी नोकीला होता था।

ये प्राणी उच्च क्रिटेशस में प्रभावी थे। आदिम गर्तदंती (thecodont) स्टाक के वंशज (descendant) हैं।



चित्र 7.7 : *इग्वानोडॉन*।

7. ***स्टेगोसोरस***

वर्ग–सरीसृप

उपवर्ग	:	डायाप्सिडा
गण	:	सॉरीश्चिया

लक्षण

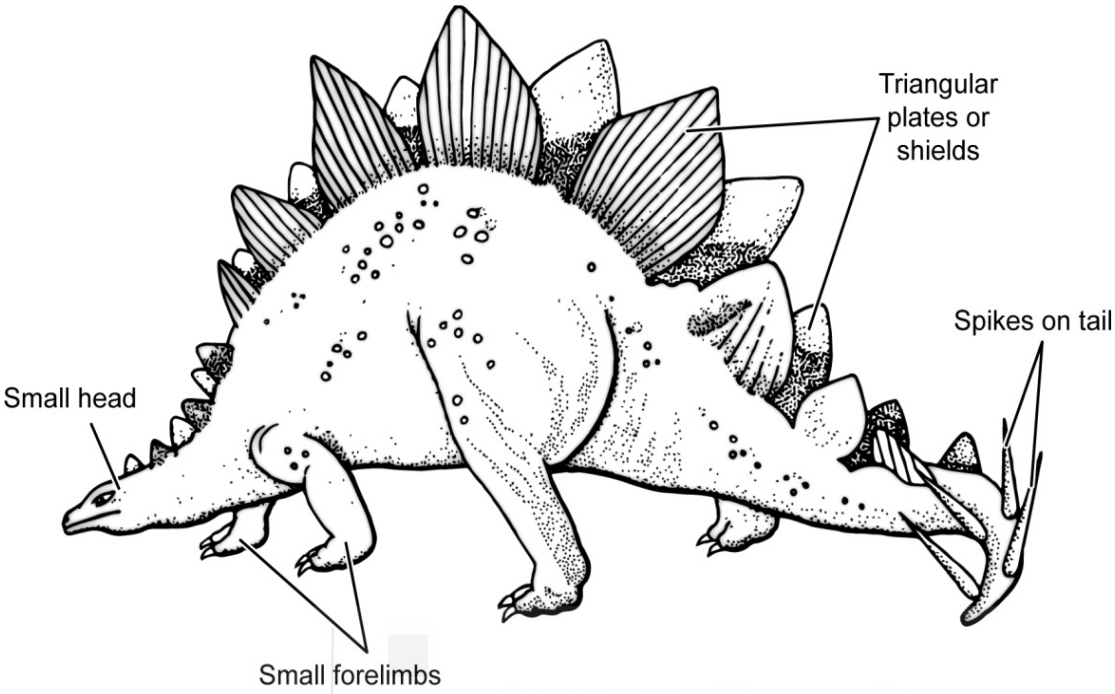
i) *स्टेगोसोरस* (चित्र 7.8) जुरैसिक काल में पाये जाने वाले चतुष्पादीय डायनासॉर थे।

ii) शरीर 8 मीटर लम्बा एवं 10 टन भारी था।

iii) छोटे मस्तिष्क युक्त शीर्ष, छोटी ग्रीवा, भारी धड़ तथा धड़ से पूंछ तक पृष्ठ सतह पर भारी शूक एवं कवच पाया जाता था।

iv) धड़ पर स्थित पृष्ठीय प्लेट बड़ी तथा क्षैतिज सतह पर चपटी पायी जाती थी।

v) पुच्छ के आधार पर तंत्रिका रज्जु (spinal cord) अधिक बड़ा था।



चित्र 7.8 : *स्टेगोसोरस*।

8. *रेम्फोरिंकस*

वर्ग–सरीसृप

उपवर्ग	:	साइनेप्सिडा
गण	:	उड़ने वाले सरीसृप। अग्रपादों में झिल्लियाँ पाई जाती थी।
जीनस	:	*रेम्फोरिंकस*

लक्षण

i) इन्हे सामान्यतः उड़ने वाले सरीसृप या **उड़न ड्रैगन** कहते है।

ii) इनके पंखों की विस्तृत लम्बाई 1 मीटर थी।

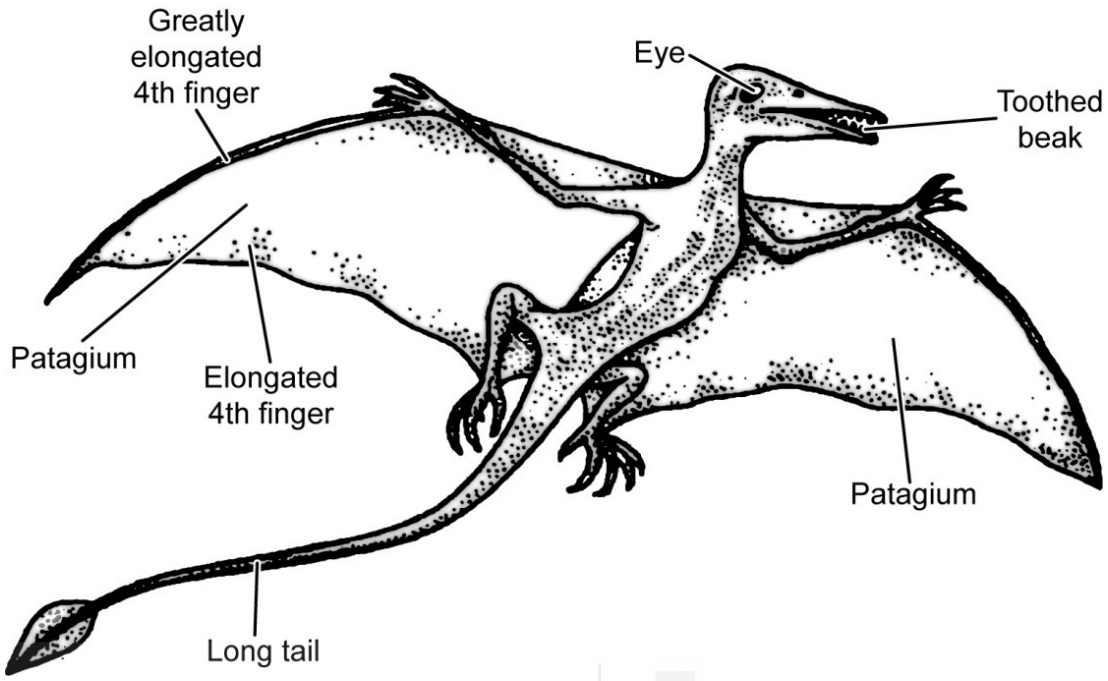
iii) सिर पर नेत्र, नासाछिद्र, कर्ण छिद्र, चोंच में दांत उपस्थित थे।

iv) अग्रपाद में तीन अंगुलियां एवं एक अंगुठा जिस पर नखर उपस्थित थे परन्तु अत्यन्त छोटे थे। जब कि पाँचवी अंगुली अत्यन्त लम्बी थी।

v) लम्बी अंगुली पर त्वचा में फैलाव से पंख–पेटेजीया (patagia) का विकास।

vi) पश्च पादों पर नखर युक्त पाँच अंगुलियां पाई जाती थी। पूंछ अत्यन्त लम्बी थी।

vii) इनके जीवाश्म समुद्री चट्टानों से प्राप्त हुए थे।



चित्र 7.9 : *रेम्फोरिंकस*।

9. *टेरेनोडॉन*

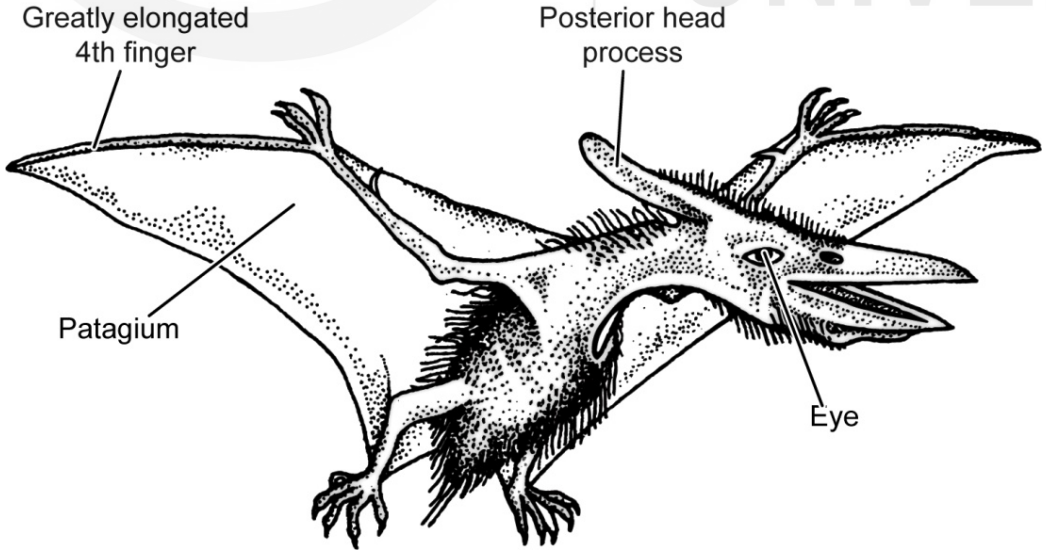
वर्ग–सरीसृप

उपवर्ग : सिनैप्सिडा, टेरोसॉरिया

लक्षण

i) यह पक्षियों के समान विशाल सरीसृप था जिसके पंख 27 फीट तक लम्बे थे।

ii) शरीर–शीर्ष, ग्रीवा, धड़ में विभक्त (चित्र 7.10)।



चित्र 7.10 : *टेरेनोडॉन*।

iii) शीर्ष पर बड़ी आँखे, नासाछिद्र, कर्ण छिद्र, दंतरहित चोंच तथा शीर्ष के पृष्ठ भाग पर एक अस्थिल प्रवर्ध पाया जाता था।

iv) पृष्ठ भाग पर पीछे की ओर मुड़ा एक श्रंग (crest)।

v) अग्रपाद में चौथी अंगुली बड़ी जो त्वचा से आवरित होकर पंख–पैटेजीया बनाती है।

vi) मस्तिष्क बड़ा जिसमें पक्षियों के समान विस्तृत अनुमस्तिष्क (cerebellum) पाया जाता है।

vii) ये जुरैसिक (Jurassic) काल में पाये जाते थे। क्रिटेशस काल के अंत तक विलुप्त हो गये थे।

7.6 *आर्कियोप्टेरिक्स* : सरीसृप तथा पक्षी वर्ग की योजक कड़ी

***आर्कियोप्टेरिक्स* में सरीसृप व पक्षियों दोनों के लक्षण पाये जाते है। अतः इन्हें सरीसृप एवं पक्षी वर्ग के मध्य की योजक कड़ी (connecting link) कहते है।**

वर्ग	:	एवीज़ → पंखों से ढके समतापी प्राणी, अग्रपादों का पंखों में रूपान्तरण, पश्चपाद द्वारा गमन।
उपवर्ग	:	आर्कियोर्निथीज → जबड़ों में दांत उपस्थित, पुच्छ पर पंख पाये जाते थे।
जीनस	:	*आर्कियोप्टेरिक्स*।

लक्षण

i) *आर्कियोप्टोरिक्स लिथोग्रेफिका* (चित्र 7.11) जीवाश्म पक्षी की खोज 1861 में बावेरिया (जर्मनी) में हुई। इसका सम्बन्ध जुरैसिक काल (140 मिलियन वर्ष पूर्व) से है।

ii) शरीर–शीर्ष, ग्रीवा, स्तन, उदर एवं पिच्छकों (rectrices) सहित। लम्बी पूंछ पाई जाती थी।

iii) शीर्ष पर–नेत्र, नासाछिद्र, कर्ण छिद्र, लम्बी चोंच तथा चोंच में दांत पाये जाते थे।

iv) शरीर सरीसृर्पों के समान शल्कों से ढ़का रहता था। अग्रपाद पंखों (wings) में रूपान्तरित।

v) पैरों पर शल्क, नखर युक्त अंगुलियां जिनमें से 3 आगे एवं 1 पीछे।

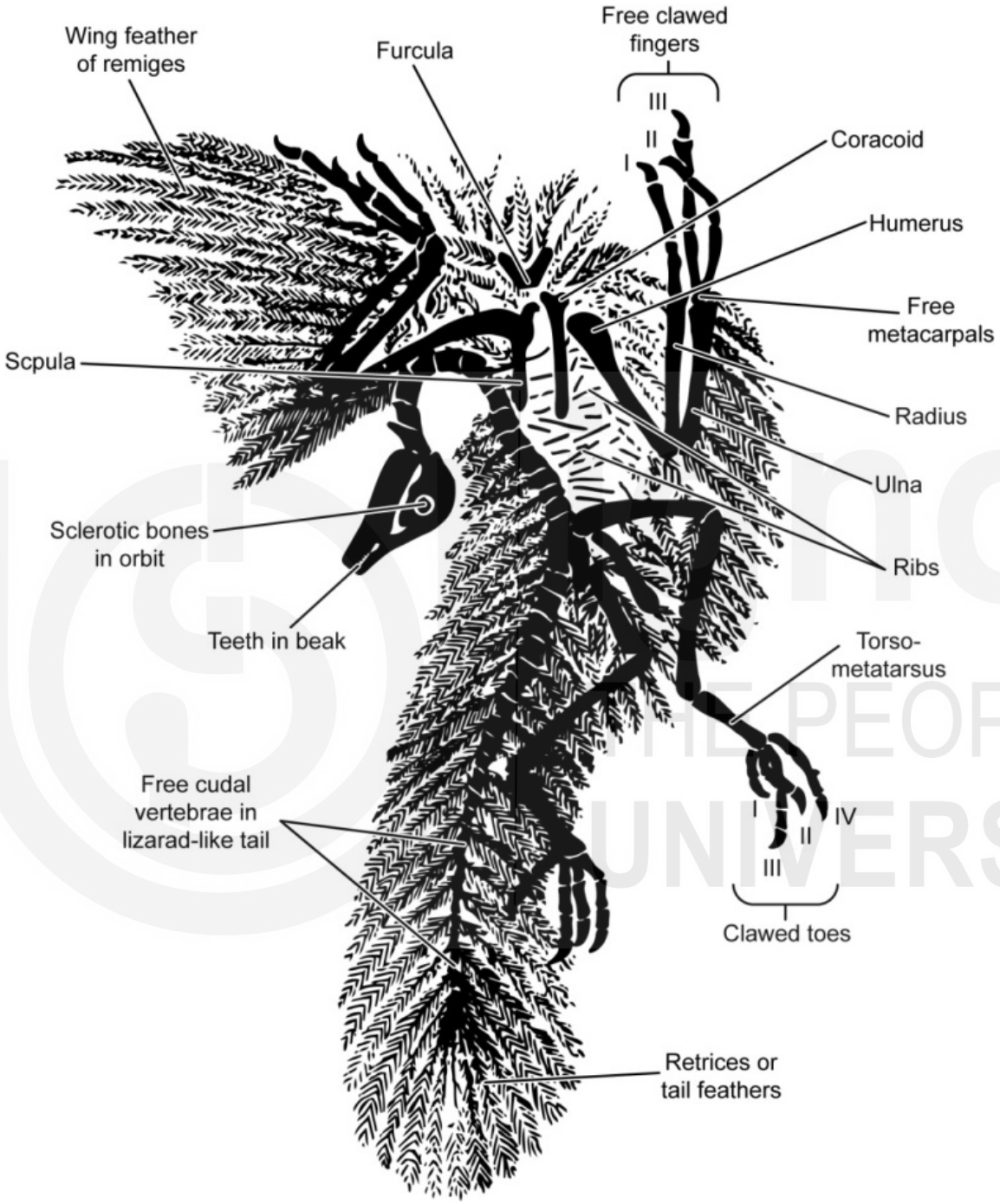
आइए हम पहले इनके सरीसृप लक्षणों का अध्ययन करते हैं :

सरीसृप लक्षण

– शरीर शल्को से ढका रहता है।

– सामान्य मस्तिष्क जिसमे बेलनाकार प्रमस्तिष्क एवं छोटा अनुमस्तिष्क, दांत समान प्रकार के एवं गर्तदंती विन्यास।

– एम्फिसिलस (amphicoelus) कशेरूकाएँ, 9 से 10 ग्रीवा कशेरूकाएँ तथा 20 पुच्छीय कशेरूकाएँ पाई जाती थी।



चित्र 7.11 : *आर्कियोप्टेरिक्स*।

इसमें पक्षी वर्ग के लक्षण निम्नलिखित थे :

– शरीर पर पंख (feathers) उपस्थित।

– अग्रपादों का परों (wings) में रूपान्तरण।

– चोंच पाई जाती थी।

– मोनोकॉण्डाईल (monocondylic skull) खोपड़ी, स्पंजी अस्थियाँ, स्केपूला लम्बी एवं वक्रित।

– क्लेविकल (Clavicle) अस्थि संगलित हो कर फर्कुला (furcula) बनाती है।

– टार्सोमेटाटार्सस (tarsometatarsus) उपस्थित।

– नेत्रों पर स्क्लेरॉटीक ऑसिकल्स (sclerotic ossicles) उपस्थित।

इस प्रकार *आर्कियोप्टेरिक्स* सरीसृप एवं पक्षी वर्ग की योजक कड़ी थी जिससे पक्षियों की उत्पत्ति के प्रमाण मिलते है।

7.7 अंत में कुछ प्रश्न

1. विकास में *आर्कियोप्टेरिक्स* का महत्त्व लिखिए।
2. ट्राइलोबाइटों के प्रमुख लक्षण लिखिए।
3. वर्ग सरीसृप के *चार* महत्त्वपूर्ण डायोनोसॉर के विशिष्ट लक्षण लिखिए।

अभ्यास 8

समजातता एवं समवृत्तिता का अध्ययन

अभ्यास की रूपरेखा

8.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
8.2 आवश्यक सामग्री
8.3 तुलनात्मक शरीर रचना का अध्ययन
समजात अंग
समवृत्ति अंग
8.4 निष्कर्ष
8.5 अंत में कुछ प्रश्न

8.1 प्रस्तावना

पिछले इकाई में आपने सीखा कि विकास का सबसे विश्वसनीय और प्रत्यक्ष प्रमाण जीवाश्मों के अध्ययन से मिलता है, जीवाश्म बीते हुए युगाों के जीवों के अभिलेख है जो चट्टानों की परतों में दब कर संरक्षित रह गए है। मौजूदा इकाई में हम अध्ययन करेंगें कि किस प्रकार तुलनात्मक शरीर रचना विकास के प्रमाण के रूप में सहायता करती है। जैसा कि आप जानते हैं कि वर्गीकरण का उद्देश्य जीवों को उनकी **समानताओं** के आधार पर समूहित किया जाना है। किंतु प्रश्न उठता है कि कौन सी समानताओं के आधार पर आप जानते हैं कि मछली तथा व्हेल दोनों ही जल में रहती हैं, तथा पक्षी और तितली दोनों ही हवा में रहते हैं। तो क्या हमें मछली तथा व्हेल को एक साथ एक वर्ग में और पक्षी तथा तितली को एक साथ एक अन्य वर्ग में रखना चाहिए? कदाचित मन तो ऐसा ही करता है क्योंकि मछली तथा व्हेल में तैरने वाले अंग हैं और पक्षी तथा तितली में उड़ने के लिए पंख होते हैं। और वास्तव में ऐसा हुआ भी था, शुरू के एक जीवविज्ञानी प्लाइनी (Pliny) ने इस प्रकार के **समवृत्ति** (analogous) **अंगों** के आधार पर वर्गीकरण किया था, अर्थात **ऐसे अंगों के आधार पर जो कार्य तो एक ही करते हैं एवं देखने में भी एक जैसे ही लगते हैं मगर उनका विकासीय उद्भव भिन्न है।** किन्तु प्राणियों की संरचना के विषय में अधिक जानकारी प्राप्त होने से पता चला कि मछली और व्हेल के तथा पक्षी और तितली के देह–लक्षणों में समानताओं की अपेक्षा भिन्नताएं अधिक हैं। उदाहण के लिए मछलियां गिलों से सांस लेती हैं जब कि व्हेल फेफड़ों से लेती हैं। इसी प्रकार पक्षियों में भीतरी कंकाल होता है जबकि तितलियों के समान कीटों में यह भीतरी न होकर बाहरी कंकाल होता है। कार्ल लिनियस (Carl Linnaeus) ने ये

मूलभूत अंतर पहचाने और उसने अपनी वर्गीकरण–प्रणाली को **समजातता** (homology) पर आधारित किया। **समजात अंग वे होते हैं जिनका विकासीय उद्‌भव तो एक ही होता है मगर ज़रूरी नहीं कि वे देखने में एक से हों अथवा उनका प्रकार्य भी एक सा ही हो।** उदाहरण के लिए, यदि आप मानव के अग्रपाद, चमगादड़ के पंख तथा व्हेल के फ़िलपर (ये तीनों प्राणी स्तनी हैं) का अवलोकन करें, तो आप देखेंगे कि भले ही प्रत्येक मामले में अग्रपाद का प्रकार्य एवं उसका बाहरी स्वरूप अलग–अलग है फिर भी उनकी मूलभूत कंकाल–योजना एक ही है और ये **समजात** हैं। इसके अतिरिक्त जीवाश्म अभिलेखों से पता चलता है कि इन सबका एक ही समान उद्‌भव हुआ है और यह प्राचीन ऐम्फ़ीबियनों के अग्रपादों से भी इंगित होता है इस प्रकार जीवों की विभिन्न जातियों की शरीररचना अर्थात शरीर के तुलनात्मक अध्ययन से यह बात प्रमाणित हो जाती है कि उनमें कई संरचनात्मक समानताएं होती है। इससे यह स्पष्ट होता है कि उनका विकास एक या उससे अधिक पूर्वजों के अपसरण (divergence) के माध्यम से हुआ है। इस अभ्यास में उपयुक्त नमूनों/चित्रों से समजातता तथा समवृत्तिता के विषय में जानेगें और विकास के संबंध में इनके महत्त्व को समझ पाएंगें।

उद्देश्य

इस अभ्यास के करने के पश्चात् आप :

- ❖ समजातीय और समवृत्तीय अंगो का वर्णन कर पाएँगे; और
- ❖ विकास के संदर्भ में इनके महत्त्व की व्याख्या कर पाएँगे।

8.2 आवश्यक सामग्री

1. समजातीय एवं समवृत्तीय अंगो के चार्ट/चित्र।
2. पेन्सिल एवं रबर।

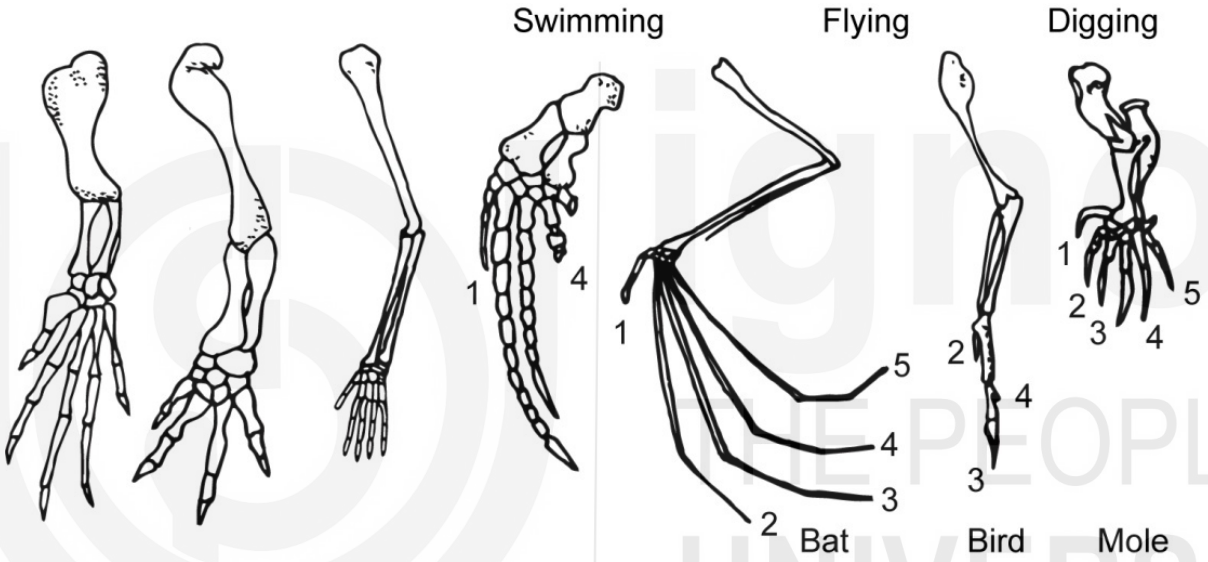
8.3 तुलनात्मक शरीर रचना का अध्ययन

विभिन्न जीव–जन्तुओं की शरीर रचना और अंगों व अंगों के प्रकार्यों में पाई जाने वाली समानताओं को आधार बनाकर जीवविज्ञानियों ने तीन प्रकार की संरचनाएं पहचानी हैं। ये हैं : समजात अंग (homologous organ) और समवृत्ति अंग (analogous organ)। इन उपभागों में आप इनकी संरचनाओं के बारे में अध्ययन करेंगे और विकास के संदर्भ में इनकी भूमिका के बारे में जानेंगे।

8.3.1 समजात अंग

समजातीयता (homology) क्या है? **समान वंशावली से उपजे विभिन्न एक–दूसरे से जुड़े जीव–जन्तुओं की संरचना में समानता ही समजातीयता है। आमतौर पर यह समान भ्रौणिक उत्पत्ति में प्रतिबिम्बित होती है।** इन अंगों को समजात अंग कहते हैं। ऐसी संरचनाएं अपसारी विकास (divergent evolution) यानि अलग–अलग दिशाओं व आयामों में विकास तथा जीवों के विभिन्न प्रकायों की पूर्ति के परिणाम हैं।

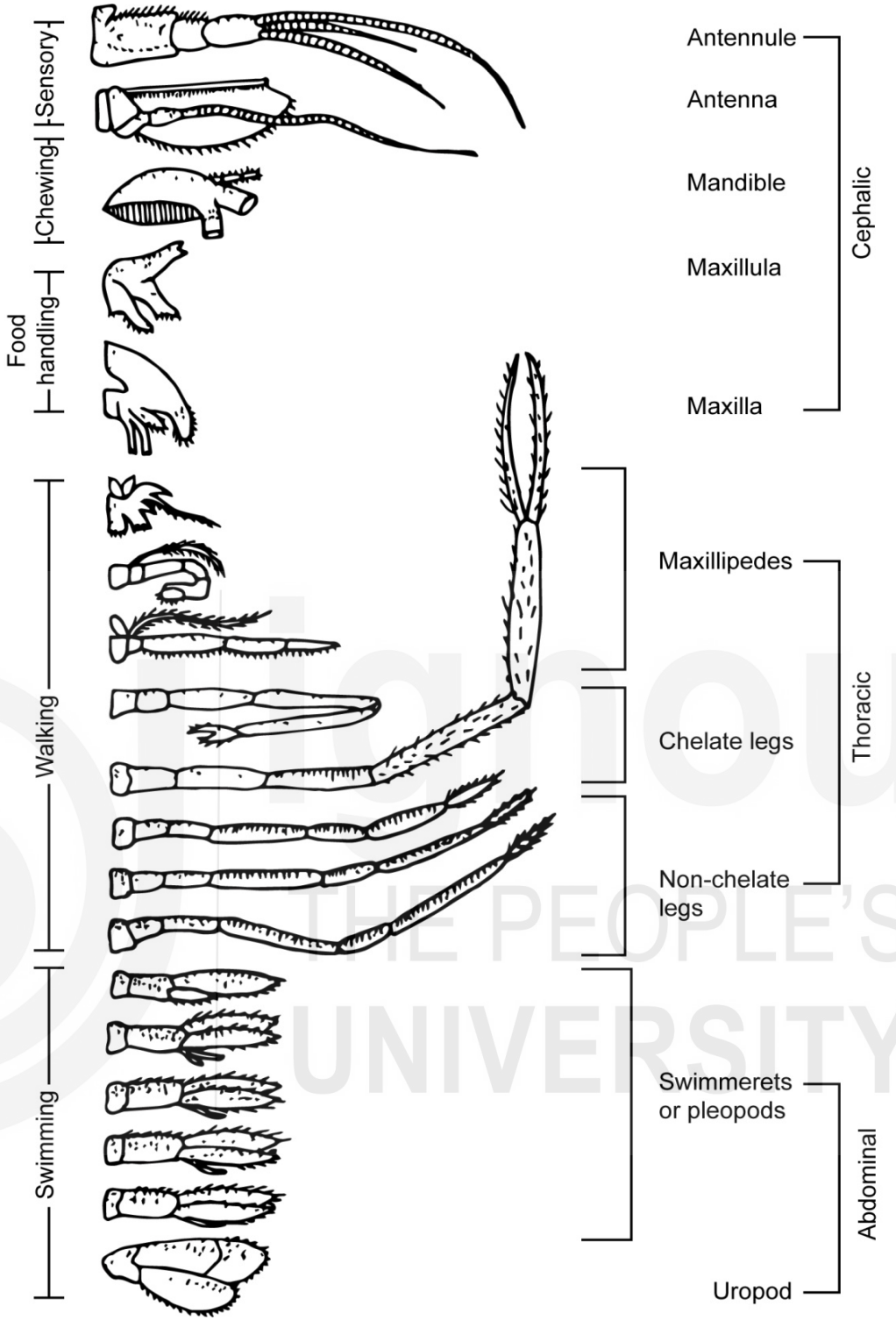
ऊपरी तौर पर ये संरचनाएं भिन्न नजर आती हैं। समजातीयता का अध्ययन तुलनात्मक शरीररचना विज्ञान का एक बहुत बड़ा पहलू है। जीवों के सभी वर्गों के अंगों और तंत्रों में आपको समजातीयता के कई उदाहरण मिल जांएगे। समजातीयता अंगों से हमें जीव विकास के लिए बड़े महत्वपूर्ण प्रमाण मिले हैं। उभयचर, छिपकली, पक्षी, चमगादड़ और मनुष्य जैसे अनेक कशेरूकी जन्तुओं के अग्रपाद (fore limbs) की एक ही आधारिक संरचना होती है और उनकी हड्डियां एक जैसी व एक स्थिति में होती हैं। मगर ये अंग आकारीय (morphological) दृष्टि से भिन्न हो गए। उनके आकार की दिखावट में यह बदलाव विकास के दौरान हुए रूपांतरणों के कारण आया, ताकि वे अपनी भिन्न–भिन्न जरूरतें पूरी कर सकें। चित्र 8.1 में कुछ कशेरुकी अग्रपाद दिखाए गए है, जो विभिन्न प्रकार्यों को पूरा करने के लिए रूपांतरित हुए।



चित्र 8.1 : कुछ कशेरुकी जन्तुओं के बाएं अग्रपाद की हड्डियों में पाई जाने वाली समजातीयता। प्रत्येक जन्तु में एक–सी ही हड्डियाँ विशेष कार्यों के लिए ढली या अनुकूल बनी होती हैं। यह अनुकूलन विभिन्न हड्डियों की लंबाई, आकृति और भार में अंतर से होता है।

मेटामेरिक यानि विखंडी जन्तुओं (metameric animals) में एक खास किस्म की समजातीयता देखने को मिलती है। इसका एक अच्छा उदाहरण आर्थ्रोपोड (arthropods) जन्तुओं के संधिपाद (joint appandages) हैं, खासकर क्रस्टेशिआई (crustaceans) जन्तुओं के संधिपाद। क्रस्टेशियाई जन्तु में शरीर के हर खंड (segment) में संधिपादों का एक जोड़ा होता है। ये संधिपाद एक आधारिक संरचना योजना से विकसित हुए हैं। इनका रूपांतरण एक श्रृंखला क्रम में होता है जिससे कि ये विभिन्न प्रकार के कार्य पूरा कर लेते हैं। इसे **क्रमिक समजातीयता** (Serial homology) कहा जता है। चित्र 8.2 में झींगा में पाई जाने वाली क्रमिक समजातीयता का उदाहरण दिखाया गया है।

विखंडावस्था (खंडीभवन) अंगों के रेखीय क्रम में पुनरावर्ती रूप से बनने की स्थिति होती है जिसमें से प्रत्येक को विखंड (metamere) कहते हैं और भ्रूण में इनमें से प्रत्येक की रंचना क्रम से होती है।



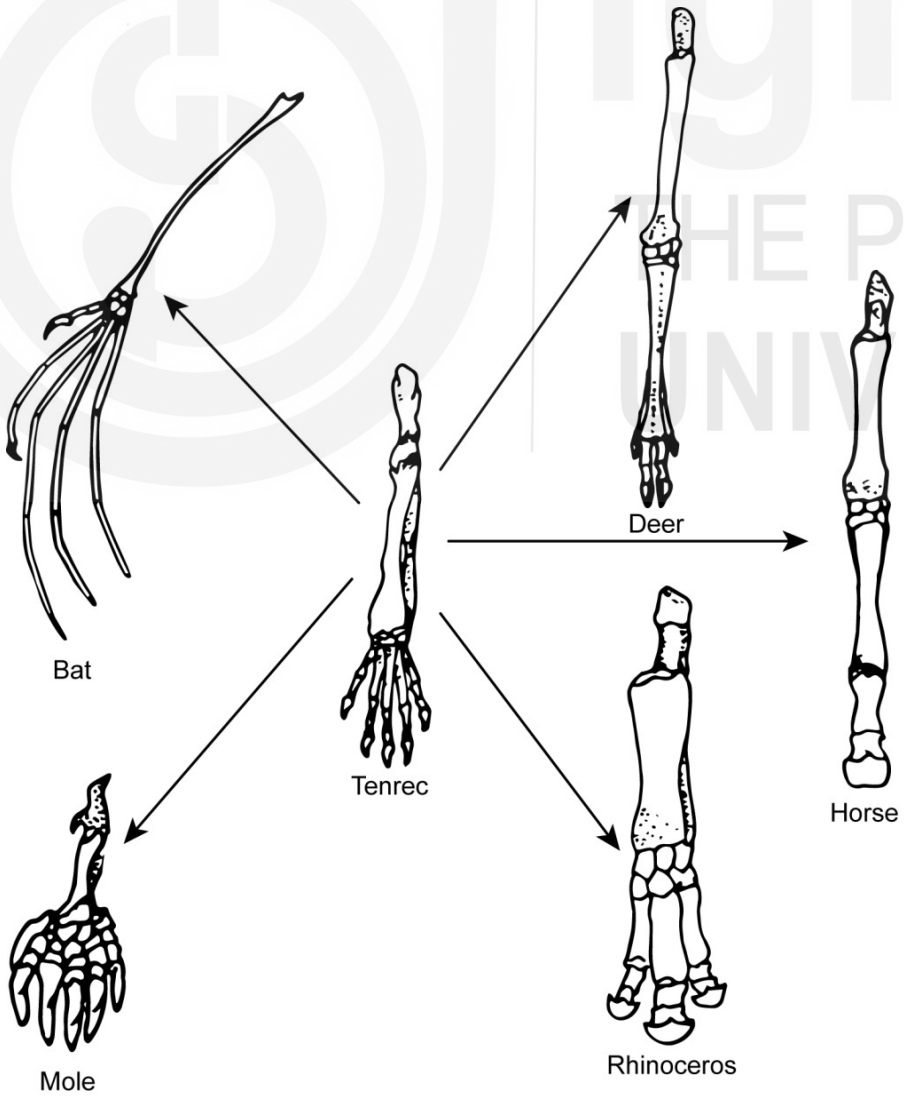
चित्र 8.2 : झींगों में पाए जाने वाले क्रमिक समजात संधिपाद। विभिन्न प्रकार्यों के अनुकूल पाए जाने वाले संरचनात्मक रूपांतरणों को ध्यान से देखिए।

समजातीयता असल में एक ही पूर्वज से हुए अनुकूली विकिरण (adaptive radiation) के परिणाम का द्योतक है, जिसके कारण ही जीव विभिन्न पारिस्थितिकी निकेतों में सफलतापूर्वक अनुकूलित हो जाते हैं। अनुकूली विकिरण का एक जाना–पहचाना उदाहरण स्तनधारियों के अग्रपाद हैं। इनकी ऊपरी भुजा में हमेशा एक लम्बी हड्डी पाई जाती है। इस हड्डी को प्रगंडिका या हयूमेरस (homerus) कहते है। अग्रभुजा में दो समानांतरण हड्डियां होती हैं। इनमें से एक को अंतः प्रकोष्ठिका या अल्ना (ulna) और दूसरी को बहिप्रकोष्ठिका या रेडियस (radius) कहते हैं। कलाई में आठ मणिबंधिका अस्थियां (carpals) होती हैं, जो चार–चार की दो कतारों में व्यवस्थित होती हैं। पांच

समानांतर मेटाकार्पल या करभिकाएं (meta carpals) हथेली का ढांचा बनाती हैं। तीन–तीन अंगुलास्थियों (phalanges) की कतारें अंगुलि का ढांचा बनाती हैं। पर सबसे पहली अंगुलि में सिर्फ दो अंगुलास्थियां होती हैं। चित्र 8.3 में कुछ उदाहरण देखिए।

इंसेक्टीवोरा (insectivora) गण के टेनरेक (शुल्की चींटी भक्षी, tenrec) में आदि **पंचांगुलि** (primitive pentadactyl) भुजा होती है। उधर इनके संबंधी छछुंदरों में पाद **खुदाई** के लिए रूपांतरित होते हैं। वह अनुकूलन इन्हें जमीन के अंदर बिल आदि बनाकर रहने में मदद देता है। इनके पादों की सभी हड्डियां छोटी और चौड़ी होती हैं, जिससे पाद या टांगे बेलचे (shovel like) जैसी हो जाती हैं। काइरॉप्टेरा (chiroptera – चमगादड़) गण के चमगादड़ों में प्रगंडिका बहिप्रकोष्टिका और अंतः प्रकोष्ठिका हड्डी के साथ–साथ चारों अंगुलियां काफी ज्यादा लंबी होती हैं, जिससे चमगादड़ के डैने (wings) को एक आधार मिलता है। इस तरह चमगादड़ में आगे की टांगें उड़ान भरने के लिए रूपांतरित हो जाती हैं। अश्व जैसे खुरदार जानवरों में प्रगंडिका छोटी और भारी होती है। खुरदार जंतु दौड़ने या धावी आवास (cursorial habitat) में रहने के लिए ढले होते हैं। इनमें आगे की टांगों की बाकी हड्डियां प्रायः बड़ी होती हैं और अंगुलियों की संख्या कम होती है। वयस्क घोड़ों में हड्डियों का आपस में मिल जाना आम बात है। अगर गहराई से देखें तो खुरदार जंतुओं (ungulates) के विभिन्न कुलों में पाद संरचना में बड़ा अंतर देखने में आता है। ह्वेल जैसी स्तनधारी जन्तुओं की आगे की टांगे अरित्र मीनपक्ष (flippers) में बदल जाती हैं जो उन्हें तैरने में मदद करते हैं।

चमगादड़ काइरॉप्टेरा गण के सदस्य हैं। इनके अग्रपाद पंखों के रूप में रूपांतरित हो जाते हैं। ये एकमात्र ऐसे स्तनधारी जीव हैं जो वास्तविक रूप से उड़ सकते हैं। इनकी लंबी फैली हुइ उंगलियां एक पतली झिल्ली पैटेजियम (चर्मप्रसर) से आवरित रहती हैं।



चित्र 8.3 : स्तनधारियों की अगली टांगों में अनूकूली विकिरण।

पेड़–पौधों में समजातीय संरचनाएं देखने को मिलती हैं। जैसे बोगेनविला का कांटा, गुलाब का कांटा और कुकरबिटा में पाए जाने वाले प्रतान या टेंड्रिल (tendril) समजातीय संरचनाएं हैं, क्योंकि ये कक्षवर्ती जगह (axillary position) में उगते हैं।

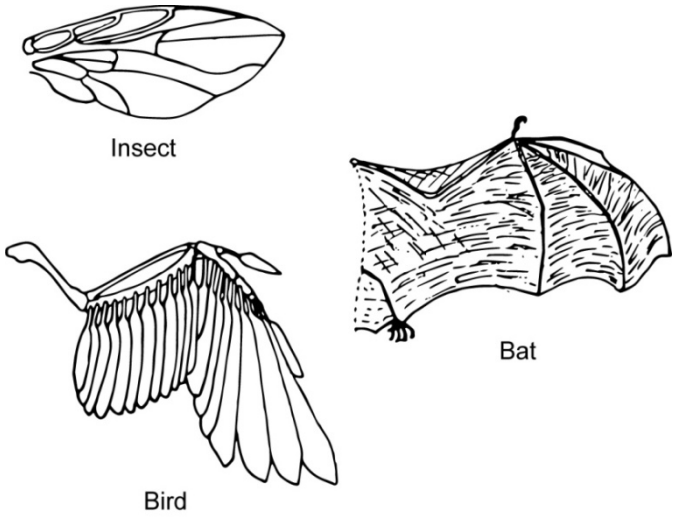
ऐसे अनेक उदाहरण मिलते हैं, जो हमें अंगों की संरचना में भारी विविधता तो दिखाते हैं, मगर उनकी आधारिक संरचना एक–समान होती है। किसी एक वर्गिकी श्रेणी के सभी जीव सदस्य एक योजना पर ढले होते हैं, मगर सदस्यों में भिन्नताएं अवश्य होती हैं, जो उन्हें अपनी–अपनी विशिष्ट जीवन शैली के लिए ढालती हैं।

वर्गिकी श्रेणी जितनी ऊंची होगी उतनी ही ज्यादा सदस्यों में भिन्नता होगी। डार्विन के बाद से अधिकांश जीवविज्ञानियों ने यह मान लिया है कि घनिष्ठ शरीररचनात्मक समानता घनिष्ठ आनुवंशिक संबंध के कारण ही हो सकती है। समानतांए जितनी दूर होंगी आनुवंशिक संबंध उतने ही दूर होंगे।

8.3.2 समवृत्ति अंग

समवृत्ति अंग यानि एक जैसे दिखाई देने वाले अंग ऐसी संरचनाएं हैं, जो आकारिकी की दृष्टि से भिन्न या एक–दूसरे से अलग होते हैं। ये विभिन्न असंबद्ध जीवों में विकसित होते हैं और एक से प्रकार्य करते हैं। मगर इनमें भी कुछ समानताएं होती हैं, जिनका आधार समान प्रकार्यों को पूरा करने के लिए होने वाले अनुकूलन हैं। इन्हें समवृत्ति अंग कहा जाता है। **समवृत्ति अंग अभिसारी विकास (convergent evolution) का परिणाम हैं।**

समवृत्ति अंग का एक अच्छा उदाहरण – कीड़ों, कुछ विलुप्त सरीसृपों, पक्षियों और चमगादड़ों द्वारा स्वतंत्र रूप से विकसित डैने या पंख हैं। जैसाकि चित्र 8.4 में दिखाया गया है, कीड़े का पंख एक झिल्ली भर है, जो काइटिनी शिराओं (chitinous veins) पर टिका है। समूचा पंख एक निर्जीव संरचना है जो अपने जड़ से जुड़ी मांसपेशियों के जरिए काम करता है। विलुप्त उड़न सरीसृप टेरोसौर (pterosaur) के डैने त्वचा ही परत से बने होते हैं। यह परत अग्रपाद की चौथी अंगुलि पर टिकी होती है, जो बेहद लंबी होती है। पक्षियों में डैने की समतल सतह परों से मिलकर बनी होती है। ये पर अग्रपाद की हड्डियों के एक भीतरी ढाँचे पर टिके होते हैं। चमगादड़ों के डैने त्वचा से रूपांतरित हुई झिल्ली से बने होते हैं। चमगादड़ का डैना अग्रपाद के आखिरी चार अंगुलियों की लंबी और बाहर की ओर फैली अंगुलास्थियों पर टिका होता है।



चित्र 8.4 : कीट, पक्षी और चमगादड़ के डैनों या पंखों में समवृत्तीयता। हरेक डैने में समतली सतह अलग–अलग तरह के पदार्थों से बनी है। मगर इनमें दिखाई देने वाली समानता केवल प्रकार्यात्मक अनुकूलनों के कारण होती है।

शरीर के आकारों में समवृत्ति

मीन, इक्थियोसार और व्हेल की धारारेखित काया होती है और ये जलीय जीवन में रहने के लिए अनुकूलित होती हैं, लेकिन ये कशेरुकियों के अभिन्न वर्गों के सदस्य है जिनकी पूर्वजता अलग है।

मीनों के फिन और व्हेल के फ्लिपर मे समवृत्ति

मीनों के पख (fin) और व्हेल के फ्लिपर (अरित्र) पूर्णता असंबन्धिता संरचनाएं हैं लेकिन ये दिखने में एक जैसी होती हैं और एक जैसा ही काम यानी तैरने में सहायता करती हैं। इनकी संरचनात्मक बारीकियाँ पूर्णतः भिन्न होती हैं।

8.4 निष्कर्ष

ऊपर दिए गए उदाहरण में हम यह निष्कर्ष निकाल सकते है कि समजातीय एवं समवृतीय अंगों के रूप में उपलब्ध प्रमाण जैव विकास को समर्थन प्रदान करते हैं।

8.5 अंत में कुछ प्रश्न

1. समजात और समवृत्ति अंगों की तुलना उपयुक्त उदाहरणों के साथ कीजिए।
2. स्तनधारियों के अग्रपादों में अनुकूलनी विकिरण की व्याख्या कीजिए।

अभ्यास 9

अश्व के पूर्वजों के पाद एवं दांतों के चित्रों की सहायता से अश्व के जातिवृत्त का अध्ययन

अभ्यास की रूपरेखा

9.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
9.2 आवश्यक सामग्री
9.3 अश्व का उद्विकास
9.4 अश्व के उद्विकसीय इतिहास का प्रक्रम
9.5 निष्कर्ष
9.6 अंत में कुछ प्रश्न

9.1 प्रस्तावना

पिछले अभ्यास में आपने भिन्न–भिन्न प्रजातियों आन्तरिक संरचना के विश्लेषण कर के अंगों की समजातता (homology) एवं समवृत्तिता (analogy) का अध्ययन किया। आपने यह भी पढ़ा किस प्रकार एक ही पूर्वज के जीवों में अपसरण (Divergence) से विभिन्नताएँ उत्पन्न हुई है तथा किस प्रकार भिन्न–भिन्न पूर्वजों के जीवों में अभिसरण (convergence) से संरचनात्मक समानताएँ उत्पन्न हुई है। इस इकाई में आप अश्व के पूर्वजों के पाद एवं दांतों के चित्रों की सहायता से उद्विकास का अध्ययन करेगे।

अश्व के जातिवृत्त का अध्ययन जीवाश्म खोज के साथ प्रारम्भ हुआ। जीवाश्म अभिलेखो (Record) से ज्ञात होता है कि उद्विकासीय प्रक्रम के दौरान, अश्व के कंकाल के प्रत्येक भाग पर इसका प्रभाव पड़ा है। इस अभ्यास में हम अश्व के उद्विकासिय इतिहास को खोजेगें (trace)। साथ ही समय के साथ–साथ अश्व के पाद एवं दांतो में होने वाले परिवर्तनों का विश्लेषण करेगें।

उद्देश्य

इस अभ्यास के पश्चात आप इस योग्य हो जाएँगे कि :

- ❖ पृथ्वी की ऊपरी सतह से जीवाश्म की उपस्थिति एवं अश्व मे पाद एवं दांत के उद्‌विकास में सम्बन्ध बता सकें; और
- ❖ अश्व के उद्‌विकास के दौरान होने वाली परिवर्धन प्रक्रियाओं को जोड़ सकें।

9.2 आवश्यक सामग्री

1. अश्व में उद्‌विकास के चित्रों वाले चार्ट
2. लेखन पुस्तिका
3. पेंसिल एवं मिटाने हेतु रबड़

9.3 अश्व का उद्‌विकास

अश्व एक स्तनधारी प्राणी है जो इक्विडी (Equidae) कुल में जाता है। इसका उद्‌विकास 50 मिलियन वर्ष पूर्व हुआ। उद्‌विकास के दौरान इसका आकार एक सामान्य कुत्ते से प्रारम्भ होकर वन विचरणशील अश्व *इयोहिप्पस* (*Eohippus*) से होते हुए आधुनिक अश्व के रूप में हुआ। जीवाश्मीय विश्लेषण द्वारा इसमें उद्‌विकासिय प्रक्रम एवं अवस्थाओं की पूर्ण जानकारी प्राप्त हो चुकी है। इसका अधिकांश उद्‌विकास उत्तरी अमेरिका में हुआ जहाँ घोड़े की उत्पत्ति हुई परन्तु वहाँ वे 10,000 पूर्व ये विलुप्त हो गये (चित्र 9.1)।

अश्व पेरिसोडेक्टाईला (Perissodectyla) गण में आते है जिनमें विषम अंगुलित अंगुलेट्स (ungulates) को रखा गया है। इनके पैरों में विषम संख्या में अंगुलिया पायी जाती है। तथा ऊपरी होंठ गतिशील होता है। अश्व एवं गेंडा एक ही पूर्वज से उत्पन्न प्राणी हैं। पेरिसोडेक्टाईला गण का विकास पेलियोसिन (Paleocene) काल में हुआ है। पेरिसोडेक्टाईला के प्राणी का विकास उष्णकटिबंधीय वनों में रहने हेतु अनुकुलन के फलस्वरूप हुआ। जबकि गेंडा जंगलों में रहने हेतु अनुकुलित हो गया। आधृनिक अश्व शुष्क स्टेपी मैदानों में रहने हेतु अनुकुलित हो गये। *इक्वस* (*Equus*) की अन्य प्रजाति मध्यवर्ती वातावरण में अनुकुलित हो गई।

पूर्वज अश्वों के पैरों में अधिक अंगुलियाँ इन्हें प्रागैतिहासिक नम मृदा के जंगलों में चलने के लिए अनुकुलित थी। उस समय तक घास प्रतीत और विस्तरित होने लगी थी। समय के साथ–साथ अश्वों का भोजन फॉलिएज से घास की तरफ स्थापित हो गया जिससे इनके दांत धीरे–धीरे लम्बे एवं मजबूत तथा स्थायी हो गये। स्टेपीज मैदानों के प्रतीत होने के कारण, अश्वों के पूवजों को परभक्षियों से बचने के लिए तेज भागने की आवश्यकता हुई।

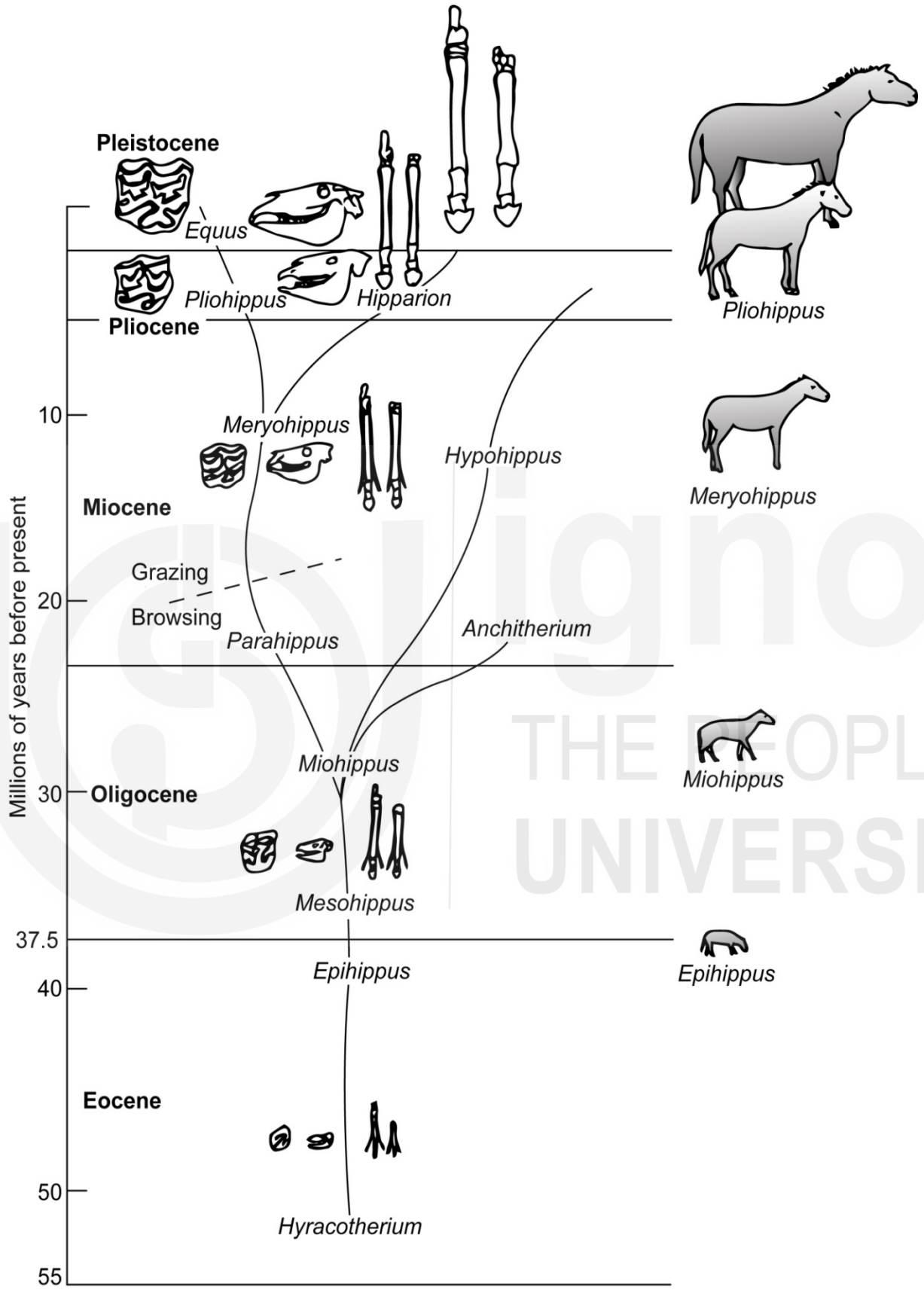
अश्व के पादों का आकार बढ़ने लगा तथा अंगुलियाँ भूमि से ऊपर इस प्रकार उठने लगी कि अब इसका सम्पूर्ण भार सबसे लम्बी, तीसरी अंगुली पर रह गया।

9.4 अश्व के उद्विकसीय इतिहास का प्रक्रम

घोड़े के विकास का इतिहास सीनोजोइक कल्प के इओसीन काल के आरंभ से शुरु हुआ हैं। उनके विकास का प्रारंभिक केन्द्र उत्तरी अमेरिका के विशाल मैदानी क्षेत्र हैं, जहां से कुछ प्रजातियां समय के साथ यूरोप और एशिया में फैल गई। घोड़े के पहले ज्ञात पूर्वज लोमड़ी जैसे थे, जो आर्द्र भूमि पर रहते थे और मुलायम पत्तीदार वनस्पतियों को खाते थे। घोड़े के विकास का इतिहास कुछ अंगों में एक नियत दिशा में निश्चित परिवर्तनों को प्रस्तुत करता है। ये दिशात्मक परिवर्तन विकासात्मक चलन (evolutionary trends) कहलाते हैं।

इस भाग में हम अश्व में उद्विकास के दौरान होने वाले विशिष्ट रूपान्तरणों का अध्ययन करेगे।

- आकार में सामान्य वृद्धि।
- मस्तिष्क के आकार में वृद्धि (मुख्यतः प्रमस्तिष्क गोलार्ध) तथा सिर के आकार में वृद्धि।
- गर्दन की लम्बाई एवं गतिशिलता में वृद्धि।
- अंतिम दो प्रीमोलर्स दांत, अन्ततः अंतिम तीन प्रीमोलर्स के आकार में वृद्धि मोलर्स के समकक्ष हो गयी।
- तीव्र दोड़ने हेतु पैरो (पादों) का लम्बा होना परन्तु घूर्णित गति में कमी आयी।
- पादों को अस्थियों का संगलन ताकि कब्जा संधिया (Hinge Joints) मजबूत हो सके। इससे शरीर के भार को उठाने में सहायता प्राप्त होती है।
- प्रत्येक पाद में पाँच के स्थान पर केवल एक अंगुली (तीसरी) का विकास जो एक नखर (Hoof/Claw) से आवरित हो गयी। पार्श्व अंगुलियाँ ह्रासित हो गई और अंततः केवल दूसरी एवं चौथी अंगुलियों को छोटी कुशा (splint) के रूप में रह गई।
- अश्व के पादों में अंगुलियों की संख्या कम हो गई प्रायः तीसरी अंगुलि रह जाती है। केनन अस्थि को बनाने हेतु मेटाकार्पल्स अस्थिया में संगलित (fuse) हो गई जिससे पाद लम्बे हो गये। जिससे अंगुलिग्रेड (धावी) गमन का विकास हुआ और अश्व तीव्र दौड़ने हेतु अनुकूलित हो गये। क्योंकि पृथ्वी की सतह से सम्बन्ध बनाने के लिए पाद का हिस्सा कम हो गया, जिससे घर्षण कम होता है।
- इसे लम्बे उद्विकासिय इतिहास के दौरान आधुनिक अश्व लम्बे, तीव्र धावक स्तनीय बन गये और ये खुले घास के मैदानों में रहने हेतु सक्षम हो गये। सुस्पष्ट दाँत जिनमें अनेक इनैमल (ridges) होते हैं वे सख्त घास को पीसने के काम आते हैं।
- चित्र 9.1 में आप अश्व के जीवाश्म अभिलेखों का चित्रण देख सकते है जिससे 60 मिलियन वर्षो के उद्विकासीय इतिहास एवं पाँच महाद्वीपों को सम्मिलित किया गया है। इस चित्र में अश्व की उत्पत्ति, समय के साथ उत्पन्न विविधताओं को, उद्विकासीय प्रारूप एवं महाद्वीपों के मध्य अश्व के प्रवास को दर्शाया गया है।



चित्र 9.1 : मिलियन वर्षों की अवधि के दौरान अश्व की विकासीय अवस्थाओं को दर्शाता आरेख चित्र। मियोसीन और प्लियोसीन काल में अश्व की विविधता को नोट कीजिए और प्लियोसीन की समाप्ति पर केवल एक अंगुलीपाद वाले अश्व को छोड़ कर बाकी सभी अश्व विलुप्त हो गए।

9.5 निष्कर्ष

इस प्रकार हम कह सकते है कि आधुनिक अश्व *इक्वस* का उद्विकास *इयोहिप्पस* पूर्वज से होते हुए *मियोहिप्पस, मेरिहिप्पस, प्लियोहिप्पस* मध्यवर्ती अवस्थाओं से गुजरते हुए हो पाया है।

9.6 अंत में कुछ प्रश्न

1. अश्व के विकास के काल में दांतों और पादों में हुए रूपांतरणों की व्याख्या कीजिए।

2. "अश्व टैपीर और गैंडे के साथ समान पूर्वजता दर्शाते हैं"। इस कथन की व्याख्या कीजिए।

अभ्यास 10

डार्विन की फिंचो की विभिन्न प्रजातियों की चोंच के आरेखों की सहायता से अध्ययन

अभ्यास की रूपरेखा

10.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
10.2 आवश्यक सामग्री
10.3 डार्विन की फिंचे
10.4 निष्कर्ष
10.5 अंत में कुछ प्रश्न

10.1 प्रस्तावना

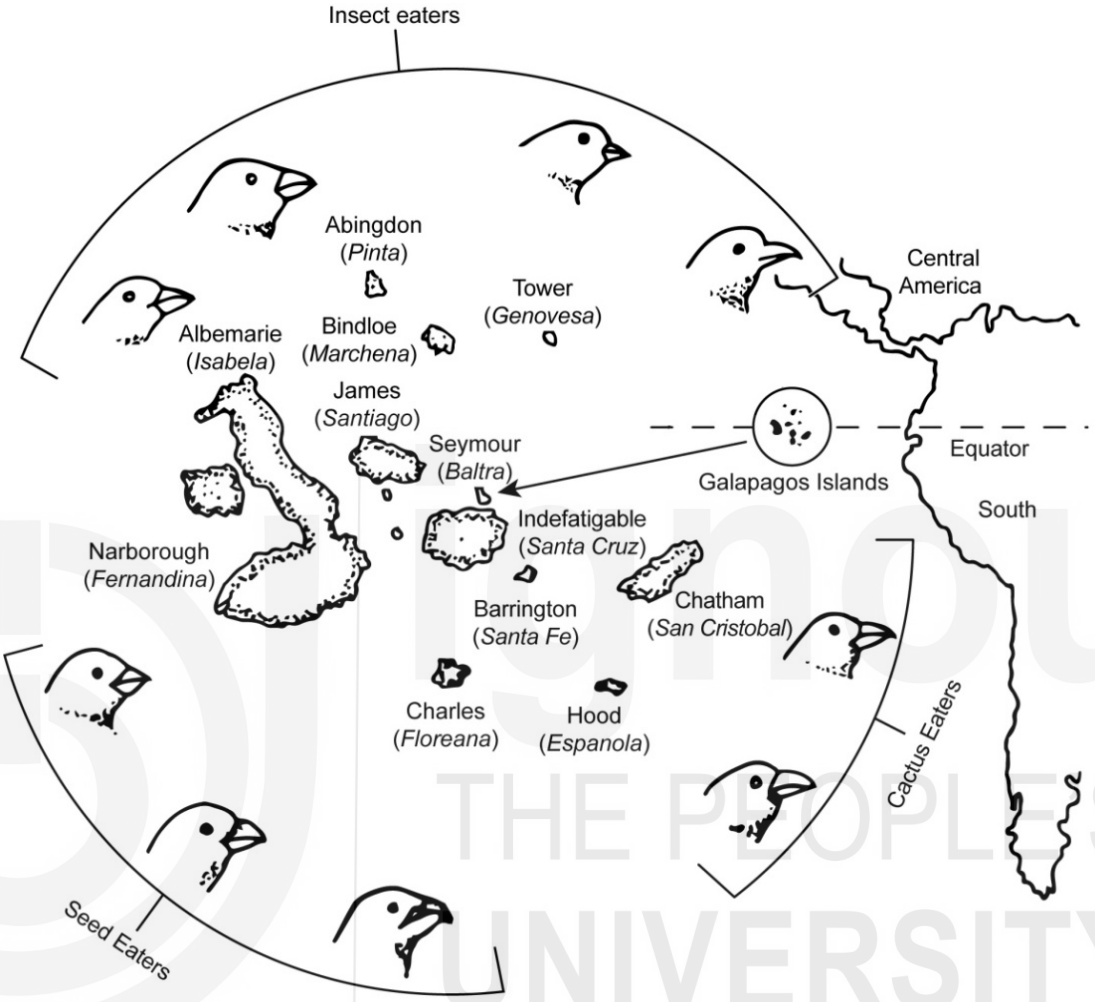
अभ्यास 9 में आपने पढ़ा कि जंगल में विचरण करने वाले एक छोटे से अश्व से किस प्रकार आधुनिक अश्व का विकास हुआ है। इस अभ्यास में आप डार्विन की फिंचों का अध्ययन करेगें जिन्हें **गैलापेगोस फिंचें** भी कहते हैं। इन फिंचों का अध्ययन विभिन्न प्रजातियों की फिंचों की चोंच की संरचनाओं के आरेख एवं प्रारूपों द्वारा करेंगे।

आर्कीपिलेगो/द्वीपसमूह द्वीपों और उनको घेरे हुए सागर का एक समूह होता है।

डार्विन ने बीगल नामक जहाज पर जल भ्रमण कर यह प्रेक्षित किया कि विभिन्न महाद्वीपों के मध्य पाये जाने वाले द्वीप समूहों पर जीवों की अत्यन्त निम्न प्रजातियाँ पाई जाती हैं। इन द्वीप समूहों में पाई जाने वाली अधिकांश प्रजातियाँ स्थानिक (endemic) होती है जो अन्य जगहों पर नहीं पाई जाती हैं।

डार्विन ने गैलापेगोस आर्कीपिलेगो द्वीपसमूह पर भूमि में रहने वाले पक्षियों की 15 प्रजातियों को पाया जिनकी चोंच में स्पष्ट विविधता पाई गई। इनमें अधिकांशतः स्थानिक प्रजातियाँ थी परन्तु इस द्वीप समूह में पाये जाने वाली 11 समुद्री पक्षियों की प्रजातियों में से केवल दो प्रजातियाँ ही स्थानिक (endemic) पाई गई। चित्र 10.1, में आप जियोसपीजाईनी (Geospizinae) उपकुल (subfamily) के पक्षियों के शीर्ष की संरचना देखेगें जिन में विभिन्नता पाई जाती है। इनकी चोंच की संरचना की विविधता का

सम्बन्ध इनमें भोजन प्रवृति में विविधता से है। अर्थात भोजन करने की प्रवृति के आधार पर चोंच की संरचना में स्पष्ट विभेदन पाया गया। इस प्रवृति के कारण ये सभी एक ही प्रतिबंधित क्षेत्र में उपस्थित विभिन्न पारिस्थितिक निकेतों (ecological niches) में रहने में समर्थ हुई।



चित्र 10.1 : गैलापेगोस द्वीपसमूह और जियोसपिजाईनी उपकुल के पक्षियों की चोंच में विभिन्नताएँ जो इनके भिन्न भिन्न पोषण प्रवृत्तियों के कारण हैं। गैलापेगोस द्वीप समूह दक्षिण अमेरिका के पश्चिम में 500 से 600 मील दूरी पर स्थित है।

गैलापेगोस द्वीप समूह में पुष्पीय पादपों की 436 प्रजातियाँ पाई जाती है। जिनमें से 223 प्रजातियाँ स्थानिक पाई गई। इनमें से अधिकांशतः केवल एक या कुछ द्वीप समूहों तक की सीमित थी। गैलापेगोस द्वीपसमूह के स्थानिक पुष्पीय पादपों एवं डार्विन फिंचों के अध्ययन के पश्चात डार्विन ने प्रस्ताव दिया कि इन द्वीप समूहों पर पादपों एवं जीवों का विकास, मुख्य स्थलीय प्रवासियों के आकस्मिक प्रवास द्वारा हुआ है। समय के साथ साथ इनके वंशजों में रूपान्तरण उत्पन्न हो गये, तत्पश्चात नई प्रजातियों का विकास हुआ। आर्किपैलागों के विभिन्न द्वीप समूहों में विस्तारित होने से ये प्रजातियाँ एक दूसरे से विलगित (isolated) हो गई तथा इनमें स्वतंत्ररूप से रूपान्तरण हो गये। इस प्रकार आपस में सम्बंधित विभिन्न स्थानिक प्रजातियों का विकास हुआ। विस्तृत जलीय बाधाओं के कारण ये प्रजातियाँ अन्य स्थानों में प्रवास नहीं कर पाई। समुद्री प्रजातियों के लिए इन विस्तृत जलीय बाधाओं को पार करना कठिन नहीं है अतः इनमें स्थानिक प्रजातियाँ कम ही पाई गयी।

इन रूपान्तरित प्रजातियों में इतनी अधिक विभिन्नताएँ उत्पन्न हो गई कि ये अन्य महाद्वीपों पर पाए जाने वाले अन्य समान प्रजातियों से विविध हो गये परन्तु शारीरिक संरचना विज्ञान के अध्ययन से ज्ञात होता है कि कभी इनके पूर्वज समान थे।

इस सम्बन्ध में प्रिंस्टन विश्वविद्यालय में 40 वर्षों से भी अधिक समय तक अनुसंधान किया गया। पीटर और रॉजमेरी ग्रांट वैज्ञानिकों ने प्रशांत महासागर में होने वाले एल–निनों एवं ला–नीना (El-Nino/La-Nina) धाराओं का चोंच पर प्रभाव के उद्विकासीय प्रक्रम का अध्ययन किया। इस अभ्यास में हम चोंचों के विभिन्न चित्रों एवं प्रारूपों की सहायता से डार्विन फिंचों की विभिन्न प्रजातियों में विविधता का अध्ययन करेंगे।

उद्देश्य

इस अभ्यास को करने के पश्चात आप इस योग्य हो जाएँगे कि :

- ❖ डार्विन फिंचों को परिभाषित कर पाएँ;
- ❖ विभिन्न पक्षी प्रजातियों की चोंच के प्रारूपों का संग्रहालय में संग्रहण एवं विश्लेषण कर पाएँ;
- ❖ पक्षियों की चोंच के आकार एवं आमाप के आधार पर प्रजातियों का विभेदन कर पाएँ; और
- ❖ पक्षियों की विभिन्न पोषण विधियों के अनुकुलन में सहसम्बन्ध का वर्णन कर पाएँ।

10.2 आवश्यक सामग्री

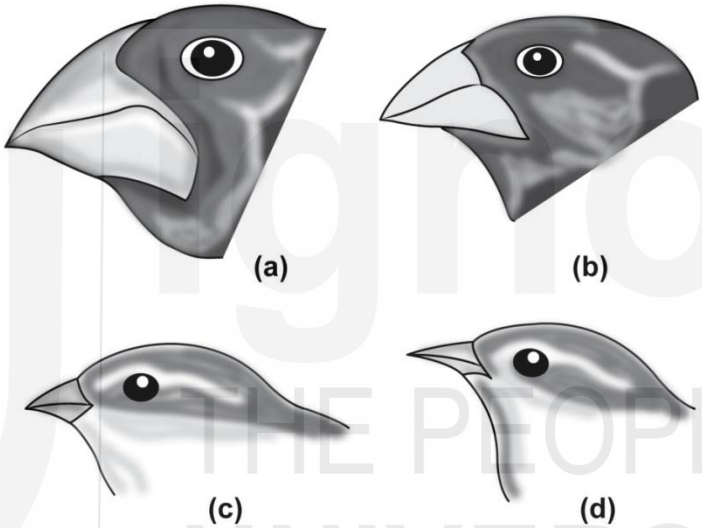
1. चार्ट/चित्र/आरेख (विभिन्न पक्षी प्रजातियों की चोंच की संरचना)
2. लेखन पुस्तिका
3. पेंसिल एवं मिटाने हेतु रबड़।

10.3 डार्विन की फिंचे

डार्विन की फिंचों को गैलापेगोस फिंच भी कहते है। ये पैसेराईन (Passerine) पक्षियों की 15 प्रजातियाँ है जो इनकी चोंच की संरचना एंव कार्य में विविधता हेतु जानी जाती हैं। इन्हें जियोपिजाईनी (Geospizinae) उप कुल में वर्ग्रीकृत किया गया है जो दक्षिण अमेरिका के *टाएरिस औब्स्कर्स* (*Tiaris obscurus*) के निकट सम्बन्धित है। इन फिंचों को सर्वप्रथम चार्ल्स डार्विन द्वारा अपनी बीगल जहाज पर जलयात्रा के दौरान संग्रहित किया गया। इसी दौरान कॉकोस (Cocos) द्वीप समूह पर कॉकोस फिंचों को भी संग्रहित किया गया (चित्र 10.2)। डार्विन ने देखा कि दक्षिण अमेरिका की मुख्यभूमि के सभी फिंच एक ही प्रकार के थे, जिनमें बीजों को कुचलने के लिए छोटी, सीधी चोंच होती थी। गैलापेगोस के विभिन्न द्वीपों के इन पक्षियों के बिल (चोंच) के आकार और

आमाप भिन्न थे। ऐसा विभिन्न प्रकार के उपलब्ध भोजन के लिए अनुकूलन के कारण था। डार्विन ने फिंच की 13 प्रजातियों विभेदित की और उनको 6 मुख्य प्रकारों में वर्गीकृत किया :

- बड़ी मैदानी फिंच
- कैक्टसों को खाने वाली मैदानी कैक्टस फिंच
- वारबल फिंच
- कीटभक्षी वृक्ष फिंच
- शाकाहारी वृक्ष फिंच
- वुड पैकर फिंच

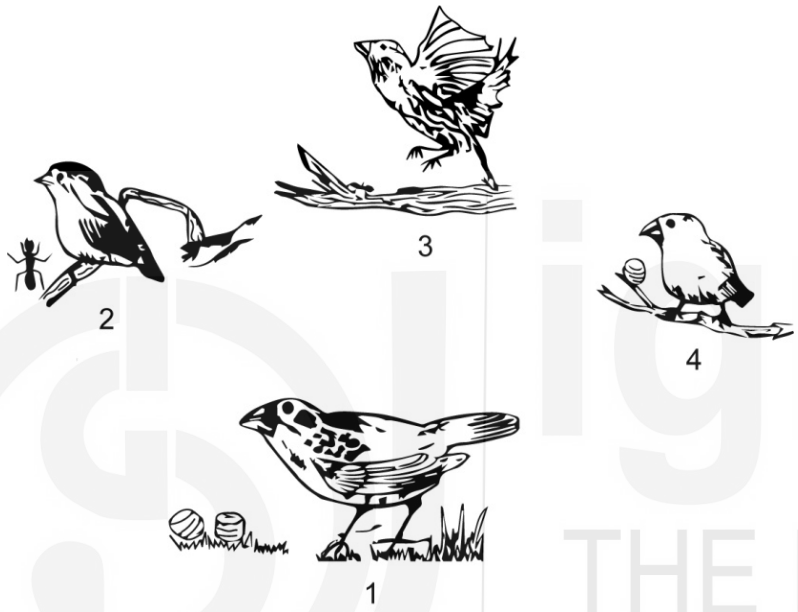


चित्र 10.2 : डार्विन की फिंचे। **a)** बड़ी मैदानी फिंच, **b)** मध्यम मैदानी फिंच, **c)** छोटी वृक्षीय फिंच तथा **d)** हरी–वार्बलर फिंच।

डार्विन की फिचों का वैज्ञानिक वर्गीकरण इस प्रकार है :

जगत	:	**ऐनिमेलिया**
संघ	:	**कॉर्डेटा**
वर्ग	:	**एवीज़**
गण	:	**पैसेरिफॉर्मस**
कुल	:	**थ्रॉपीडी**
जैनेरा	:	***जैयोसपिजा* (*Geospiza*)**
		***कैमारिंकस/पैटिसपिजा* (*Camarhynchus/Patyspiza*)**
		***सर्टीहाईडी* (*Certhidea*)**
		***पाईनेरोलॉक्सीएज* (*Pinaroloxias*)**

डार्विन फिंच शब्द का सर्वप्रथम प्रयोग पर्सीलॉव (Percy Lowe) ने 1936 में दिया। डेविड लैक (David Lack) की पुस्तक "डार्विन की फिंचे" से यह पक्षी विख्यात हुआ। डेविड लैक का विश्लेषण 1905–06 के दौरान कैलिफॉर्निया एकेडमी ऑफ साईंस द्वारा गैलापेगोस द्वीपसमूह पर किये गये अभियान के दौरान संग्रहित संग्रहालय प्रारूपों (museum specimens) पर आधारित था जिसे लैक (Lack) ने 1947 में अपनी पुस्तक में समर्पित किया। इन पक्षियों का आकार 10 से 20 सेन्टीमीटर तथा भार 8 ग्राम से 38 ग्राम था। सबसे छोटी फिंच का नाम **वार्बलर फिंच** एवं सबसे बड़ी फिंच का नाम **वेजीटेरियन फिंच** हैं। इन प्रजातियों में मुख्य विविधता इनकी चोंच के आकार में पाई गयी है। जो कि भिन्न–भिन्न भोज्य प्रवृतियों के कारण अनुकुलित हो गई। सभी फिंचों का रंग फीका सा था।



चित्र 10.3 : डार्विन फिंचों में अनुकुलनीय विकिरण। *जियोसपिजा मेग्निरॉसट्रीस* में अनुकुलनीय विकिरण से अन्य तीन प्रजातियों का विकास हुआ। अन्य पक्षी प्रजातियों की अनुपस्थिति से ये फिंच प्रजातियाँ भिन्न–भिन्न पारिस्थितिक निकेत (ecological niche) में रहने हेतु अनुकूलित हो गई। फिंचों की चोंच एंव शरीर विभिन्न भोज्य पदार्थो जैसे – फल, कीट, नट्स को खाने हेतु अनुकुलित हो गये।

1. *जियोसपिजा मैग्निरौसट्रीस* (**Geospiza magnirostris**)
2. *जियोसपिजा पर्वुला* (**Geospiza parvula**)
3. *सर्थोडी ऑलिवेसिया* (**Certhidea olivacea**)
4. *जियोसपिजा फॉर्टिस* (**Geospiza fortus**)

10.4 निष्कर्ष

विकास समान पर्यावरणीय स्थितियों में समान संरूपों (फोर्म) का प्रकटन करती है। अभिसरण या अभिसारी विकास भिन्न वरणात्मक दबाब के लिए उद्भासित किए जाने पर एक ही वंशक्रम में विभिन्न संरूपों (forms) का विकास होना है।

गैलापेगोस द्वीप पर कछुआ और फिंच अभिसारी विकास प्रस्तुत करते हैं।

विभिन्न फिंच प्रजातियों की चोंच की संरचना/चित्रों के अध्ययन से यह पाया गया कि चोंच में पाई जाने वाली विविधता का कारण इनके भोजन करने की प्रवृति में विविधता है जैसा कि कुछ जीववैज्ञानिकों द्वारा सुझाव दिया गया था।

10.5 अंत में कुछ प्रश्न

1. किन कारकों ने डार्विन फिंच के आमाप और आकार को प्रभावित किया है?

2. गैलापेगोस फिंच के अनुकूलनी विकिरणों की व्याख्या कीजिए।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

अभ्यास 11

अनुकूलनशीलता को विकसित करने में प्राकृतिक चयन की भूमिका को प्रदर्शित करते हुए एक अभ्यास

अभ्यास की रूपरेखा

11.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
11.2 आवश्यक सामग्री
11.3 कार्यविधि
11.4 निष्कर्ष
11.5 अंत में कुछ प्रश्न

11.1 प्रस्तावना

विकासीय जीव विज्ञान पाठ्यक्रम (BZYCT-137) में आपने विकास की प्रक्रिया में प्राकृतिक चयन की भूमिका के बारे में पढ़ा था। समष्टि में प्राकृतिक चयन उन ऐलीलों (alleles) को बढ़ावा देता है जो धारण करने वाले व्यष्टि को अनुकूलन होने में लाभ पहुंचाता है। इन्हीं इकाइयों में आगे *बिस्टन बिटूलेरिया* और दात्र कोशिका अरक्ता (sickle cell anaemia) के उदाहरण देकर हमने अनुकूलनशीता को विकसित करने में प्राकृतिक चयन की सकारात्मक भूमिका को भी समझाया है। शायद आपको याद हो कि इंग्लैंड में औद्योगिक क्रांति के बाद के काल में कालिख से घिरे हुए पेड़ों पर रहने वाली अतिकृष्ण (काले गहरे रंग के) प्रकार के *बिस्टन बिटुलेरिया* की संख्या में वृद्धि हो गई थी जबकि औद्योगिक क्रांति के पहले के काल में लाइकेन्स से घिरे पेड़ों पर अकृष्ण (चितकबरे धूसर रंग) प्रकार के *बिस्टन बिटुलेरिया* की संख्या अधिक थी। इसका कारण यह है कि मेलैनिनीय (melanics) ऐसे पर्यावरण में आसानी से परभक्षण से बच जाते हैं जहां वे अधिक अनुकूलित हैं। प्राकृतिक चयन जनसंख्या में से उन लक्षणों को बढ़ावा देता है जो कि किसी पर्यावरण के लिए बेहतर अनुकूलित होते हैं। अफ्रीकी जनसंख्या में दात्र कोशिका युग्म विकल्पी विषम युग्मी अवस्था में (Hb^A/Hb^A–सामान्य समयुग्मी जीनी संरचना, Hb^A/Hb^S–विषमयुग्मी जीनी संरचना तथा Hb^S/Hb^S दात्र कोशिका अरक्तता जीनी संरचना) पाई जाती है। विषम युग्मजी में न तो मलेरिया और न ही दात्र कोशिका

अरक्तता की बीमारियां होती हैं। ये ऐसे पर्यावरण में रहने के लिए अधिक अनुकूलित होते हैं, जहां कि ये दोनो जानलेवा बीमारियां पाई जाती हैं। इस सरल अभ्यास में आप समष्टि में उपयोगी अनुकूलनशीलता को विकसित करने में चयन प्रक्रिया की संभावित भूमिका के बारे में जानेंगे।

उद्देश्य

इस अभ्यास को करने के बाद आप :

- ❖ प्राकृतिक चयन की कल्पना को साधारण युक्ति द्वारा समझा सकेंगे;
- ❖ यह चर्चा कर सकेंगे कि अनुकूलनों का उद्‌भव अयादृच्छिक प्रक्रिया है; और
- ❖ प्रयोग में वर्णित उदाहरणों को वास्तविक जीवन स्थितियों से संबंध कर सकेंगे।

11.2 आवश्यक सामग्री

1. सफेद कार्ड बोर्ड के 2 सेमी वर्ग के 260 टुकड़े
2. प्लास्टिक के दो कटोरे

11.3 कार्यविधि

अंग्रेजी वर्णमाला (A से Z) के प्रत्येक अक्षर को 10 टुकड़ों पर लिखें। इसका मतलब आपके पास 10A,10B, 10C होंगे और इसी क्रम से 10Z तक लिखे हुए वर्गाकार 260 अक्षर होंगे।

स्थिति I

1. सभी 260 कार्डों को प्लास्टिक के कटोरे में डालिए और अच्छी तरह मिलाइये। आपका कार्य उन कार्डों में से एक बार में किन्हीं तीन कार्डों को निकाल कर उनसे एक अर्थपूर्ण शब्द बनाना है। मान लीजिए हमें CAT शब्द बनाना है।

2. अगर CAT शब्द न बन पाये तो उन तीनों कार्डों को दूसरे कटोरे में फेंक दीजिए। आप इस प्रक्रिया को तब तक जारी रखिये जब तक कि शब्द CAT ना बना जाये। आप पायेंगे कि तीन अक्षर C, A और T शीघ्र ही, शब्द CAT के बने बिना ही विलुप्त हो जायेंगे। इसकी बजाय आप सभी प्रकार के अर्थहीन संयोजन जैस ALC, TXP, BYA आदि बना पायेंगे। 86 बार निकालने के बाद, कटोरा लगभग खाली हो जायेगा और उसमें सिर्फ दो कार्ड ही बचे रहेंगे, और शब्द CAT तब तक भी नहीं बन पायेगा। किसी चमत्कार को छोड़कर, आप अपना चाहा हुआ शब्द सैंकड़ों बार कार्ड निकालने के बाद भी नहीं बना पायेंगे।

स्थिति II

अब हम खेल के नियमों को थोड़ा सा बदल कर देखें। जब आप तीन अक्षरों को निकालें और यदि उनमें आपके द्वारा चाहे गये अक्षर C, A और T किसी और संयोजन में दिखाई पड़े, तो इन अक्षरों को वापिस उसी कटोरे में डाल दें और सिर्फ बाकी अक्षरों

को ही दूसरे कटोरे में फेंके। मान लीजिए आपने X, A और P निकाले, तो A को वापिस पहले कटोरे में डाल दीजिये तथा X और P को अलग कर दीजिये, और अगर आप T, U और C निकालें, तो T और C को वापिस पहले कटोरे में डाल दें और U को अलग कर दें। इस प्रक्रिया से C, A और T अक्षर, कटोरे में जमा होने शुरू हो जायेंगे, साथ ही अन्य अक्षर धीरे–धीरे विलुप्त होते जायेंगे। जल्दी ही आपके पास 10C, 10A तथा 10T कटोरे में होंगे। सामान्य रूप से कुछ ही बार कार्ड निकालने के बाद आपको अर्थपूर्ण शब्द CAT मिल जायेगा। सही शब्द पाने के लिए आपको कितने बार कार्ड निकालने पड़े उनकी संख्या को नोट करें।

स्थिति III

अब हम खेल के नियमों में एक और बदलाव करें। जब आप तीन अक्षरों का संयोजन जैसे Q, T और C, A, W और T आदि निकालें, तो गैर जरूरी अक्षरों जैसे Q और W को फेंक दें, जैसा कि आपने पहले किया था। लेकिन जरूरी अक्षरों को वापिस कटोरे में रखने से पहले, उन्हे एक साथ बांध दें। इस कार्य के लिए जेम क्लिप (gem clips) का उपयोग करें। इस प्रकार T और C, A और T तथा C और T अक्षर एक साथ बंधेंगे। अब आप जब शब्द CAT के अक्षरों को कटोरे से निकालेंगे, तो आप इस कार्य को कम संख्या में कार्डों को निकाल कर ही सफल हो जायेगे। इस निरीक्षण को भी रिकार्ड कीजिए।

11.4 निष्कर्ष

इन ऊपर दी गई तीन स्थितियों से आप क्या निष्कर्ष निकालेंगे? स्थिति I में प्राकृतिक चयन कार्य नहीं कर रहा है। अक्षर C, A और T का अन्य अक्षरों की अपेक्षा कोई अधिक लाभ नहीं है। जिसके परिणाम स्वरूप शब्द CAT यानी अनुकूलन प्रकट नहीं हो रहा है।

स्थिति II में, प्राकृतिक चयन कार्य कर रहा है। अक्षर C, A और T जो कि अनुकूलन में सहयोग कर रहे हैं, वे जनसंख्या में ही रखे गये हैं। दूसरे शब्दों में, इन तीनों अक्षरों का अक्षरों की अपेक्षा अधिक पक्ष लिया गया है। यह तथ्य कि आप इन तीनों अक्षरों को वापिस कटोरे में रखें, जनसंख्या में अनुकूलन को धारण करने का प्रतीक स्वरूप है। प्राकृतिक चयन के प्रभाव में, अर्थपूर्ण अनुकूलन यहां पर अर्थपूर्ण शब्द (CAT) उत्पन्न होता है।

परिकेन्द्री प्रतिलोमनों में सेन्ट्रोमियर शामिल होती है जबकि पराकेन्द्री प्रतिलोमन सेन्ट्रोमियर के बाहर होते हैं। परिकेन्द्री प्रतिलोमन गुणसूत्र की भुजाओं की सेन्ट्रोमियर के ऊपर और नीचे की लंबाई को बढ़ा सकता है।

स्थिति III में दो आवश्यक अक्षरों को जब भी निकाला, आपने उन्हें साथ बांध दिया (जैसे कि C और T तथा A और T)। यह एक साथ बांधना एक अन्य प्रक्रिया को सार्थक करता है, जो कि प्राकृतिक रूप से जनसंख्या में पाई जाती है–एक प्राकृतिक आनुवंशिक घटना जो कि प्रतिलोमन या **व्युत्क्रमण (inversion)** कहलाती है। प्रतिलोमन या व्युत्क्रमण जीन विनिमय के निरोधक (supressor) होते हैं। प्रतिलोमन या व्युत्क्रमण, इसी वजह से अनुकूलित जीनों को कसे बन्ध में एक साथ बांधे रखते हैं। एक साथ बंधे हुए दो अक्षर C और T तथा A और T संबंध जीन्स को दर्शाते हैं और अन्य अक्षरों के साथ पुनसंयोजन नहीं कर पाते हैं।

1. तीनों स्थितियां एक साथ ध्यान में रखे जाने पर क्या दर्शाती हैं?

2. व्युत्क्रमण जीन विनिमय के निरोधक क्यों समझे जाते हैं?

11.5 अंत में कुछ प्रश्न

1. "अनुकूलनों का विकास एक अ–यादृच्छिक प्रक्रिया है"। इस कथन की व्याख्या कीजिए।

2. दात्र (sickle) आकार की लाल रूधिर कोशिकाओं (RBCs) और मलेरिया के बीच क्या संबन्ध है?

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

अभ्यास 12

उपयोगी अनुकूलनशीलता को रखने और अनुपयोगी अनुकूलनों को निष्कासित करने में प्राकृतिक चयन की भूमिका को दर्शाते हुए एक अभ्यास

अभ्यास की रूपरेखा

12.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
12.2 आवश्यक सामग्री
12.3 कार्यविधि
12.4 निष्कर्ष
12.5 अंत में कुछ प्रश्न

12.1 प्रस्तावना

पिछले अभ्यास में हमने अनुकूलनों को विकसित करने में प्राकृतिक चयन की भूमिका को दर्शाया था। इसका मतलब है कि ऐसी विभिन्नताऐं जो कि पर्यावरण के लिए कम अनुकूल होती है वे धीरे–धीरे समष्टि में से कम होती जाती हैं। *बिस्टन बिटुलेरिया* के उदाहरण में अनुपयुक्त पर्यावरण में अकृष्ण (चितकबरे धूसर रंग – non melanics) की संख्या कुछ काल के बाद क्षीण हो गई, क्योंकि वे आसानी से पक्षियों द्वारा देख लिए जाते थे और परभक्षण का शिकार हो जाते थे। लाइकेन्स से आच्छादित पेड़ों पर निवास करने वाले अतिकृष्ण (रूप रंग में काले) के साथ भी यही बात सच थी और इसी कारण वे भी पक्षियों के द्वारा आसानी से देख लिऐ जाते थे। किसी युग्मविकल्पी का निष्कासन तब तक नहीं होता है जब तक कि जीविता की दृष्टि से कोई दूसरा बेहतर युग्मविकल्पी उपस्थित हो। ऐस वातावरण में जहां पर मलेरिया न होता हो वहां पर दात्र कोशिका युग्म विकल्पी (sickle cell allele) की आवृत्ति बहुत कम होती है। यह भी सच है कि चयन प्रक्रिया आबादी में से पूरी तरह से न चाहे जाने वाले युग्म विकल्पी को नहीं हटा सकती क्योंकि विकास के अन्य कारक जैसे कि उत्परिवर्तित युग्मविकल्पी को उत्पन्न करते रहते हैं। यह अभ्यास दिये गये वातावरण में बेहतर अनुकूलित अथवा कम अनुकूलित युग्म विकल्पियों की आवृत्तियों को क्रमशः बढ़ाने अथवा घटाने में प्राकृतिक चयन की भूमिका को दर्शाता है।

उद्देश्य

इस अभ्यास को करने के बाद आप :

- ❖ यह दर्शाने में समर्थ हो सकेंगे कि प्राकृतिक चयन किसी युग्म विकल्पी को पूर्णतः (100%) संवर्धित नहीं करता चाहे वह भली प्रकार पर्यावरण के अनूकूल हो; और
- ❖ यह विवेचन कर सकेंगे कि अनुकूलित युग्म विकल्पियों की समष्टि में बहुत कम आवृति पायी जाती है।

12.2 आवश्यक सामग्री

1. प्लास्टिक के बड़े आकार वाले मोती (लाल, काले, नीले और हरे रंग के प्रत्येक रंग के 500)
2. एक प्लास्टिक का कटोरा
3. खुरदरे कपड़े का सफेद तौलिया

12.3 कार्यविधि

1. प्लास्टिक के कटोरे में 2000 मोतियों को (नीले, लाल, हरे और काले, प्रत्येक रंग के 500) रखिये और अच्छी तरह मिलाइये।
2. 2000 के योग में से 100 मोतियो को कटोरे में देखे बिना यादृच्छिक तरीके से निकाल लीजिए और उन्हे मेज़ पर बिछे हुए सफेद तौलिये पर फैला दीजिए। सफेद खुरदरा तौलिया उपयोग करने का उद्देश्य यह है कि सफेद पृष्ठभूमि पर रंगीन मोती रूप से देखे जा सकेंगे और मोती लुढ़केंगे भी नहीं। आप 100 से अधिक भी निकाल सकते हैं। परन्तु 100 निकालने से गणनाओं का प्रतिशत निकालने से सुविधा रहेगी।
3. अगले चरण में, तौलिये पर ही 100 मोतियों को रंग के आधार पर अलग–अलग कर लीजिए। चूंकि आपने 100 मोतियों को 2000 मोतियों की आबादी से यादृच्छिक तरीके से निकाला हे, आपने 25 के आसपास प्रत्येक रंग के मोती निकाले होंगे। मान लीजिए कि आपके द्वारा निकाले गये मोतियों की संख्या इस प्रकार है :

हरे	26
लाल	24
नीले	26
काले	24

प्राप्त संख्याओं को अपनी नोटबुक में नोट कर लीजिए।

4. अब, हम कह सकते हैं कि प्राकृतिक चयन कार्य कर रहा है। मान लीजिए कि प्राकृतिक चयन समष्टि में से हरे रंग के मोतियों को पसन्द करता है और काले रंग के मोतियों का विरोध करता है। इस धारणा को प्रस्तुत करने के लिए 10 और हरे मोतियों को 100 में मिला दीजिये और 10 काले मोतियों को निकाल दीजिए। नई आवृत्तियां इस प्रकार से होंगी।

हरे	36
लाल	24
नीले	26
काले	14
	100

प्राप्त संख्याओं को अपनी निरीक्षण पुस्तिका में नोट कर लीजिए।

5. अब, हम इन आवृत्तियों से 1000 इकाइयों की नई समष्टि बनायेंगे, इसका मतलब है कि आप 360 हरे मोतियों को 240 लाल, 260 नील और 140 काले मोतियों को मिलाकर कुल 1000 की संख्या बनायें। ये 1000 व्यष्टियां दूसरी पीढी की होंगी। इन 1000 मोतियों की जनसंख्या में से 100 मोतियों को निकालिए। मान लीजिए कि नये प्रतिदर्श 100 व्यष्टियों का विभाजन इस प्रकार से हैं :

हरे	34
लाल	27
नीले	23
काले	16
	100

प्राप्त संख्याओं को अपनी निरीक्षण पुस्तिका मे नोट कीजिए।

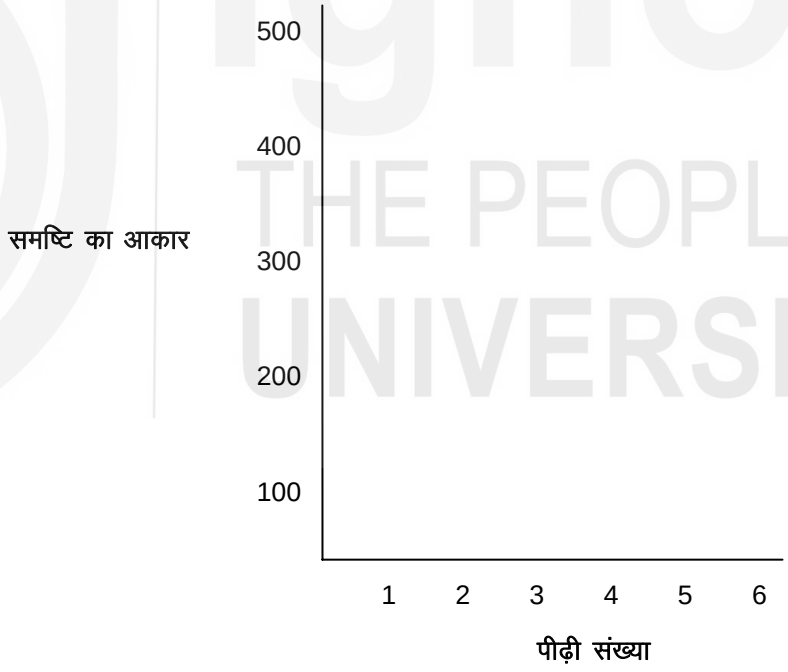
चयन प्रक्रिया के कारण, मोतियों की आवृत्तियां बदल गई है। पसन्द किए जाने वाले मोतियों की संख्या (यानि लक्षण या युग्मविकल्पी) बढ़ गई है और कम चाहे जाने वाले मोतियों की संख्या घट गई है। चयन को आगे भी कार्यन्वित होने दें। अब 10 और हरे मोतियों को मिला दें ओर 10 काले मोतियों को निकाल दें। नई आबादी जो कि तीसरी पीढ़ी का निर्माण करेगी, वह इस प्रकार होगी :

हरे	44
लाल	27
नीले	23
काले	06
	100

इन परिणामों को अपनी निरीक्षण पुस्तिका में नोट कीजिए। आप इस प्रयोग को अनेक पीढ़ियों तक जारी रख सकते हैं लेकिन आप छः या सात पीढ़ियों तक ही सीमित कीजिए और दी गई तालिका में परिणामों को नोट कीजिए।

	मोतियों की संख्या			
पीढ़ी	**काले**	**हरे**	**लाल**	**नीले**
I				
II				
III				
IV				
V				
VI				

प्राप्त परिणामों को ग्राफ के रूप में दिखाइये।



12.4 निष्कर्ष

आपको समष्टि आनुवंशिक वैज्ञानिक के द्वारा प्रस्तावित परिभाषा याद होगी जिसके अनुसार **विकास जीन की आवृत्तियों में क्रमबद्ध परिवर्तन है।** आप कह सकते हैं कि जीन की आवृत्तियों में इस प्रकार के परिवर्तन विकास के मापक हैं। आप यह भी देख सकते हैं कि कुछ पीढ़ियों के पश्चात् विभिन्न विशेषक (इस प्रयोग में रंग) की आवृत्तियां लगभग समान ही रहती हैं। कुछ पीढ़ियों के बाद हरे रंग की आवृत्ति 40–50% के बीच में स्थिर हो जायेगी। लाल और नीले की 20% अथवा/और कम और काले की 5% से भी कम रह जायेगी। इस दौरान काला रंग समष्टि से पूर्णतः खत्म नहीं होगा। दूसरे

शब्दों में, छठी या अधिक पीढ़ी के अंत में, सभी कारक (रंग) योग्यतम हरा, योग्यतर लाल और नीला तथा सबसे कम योग्य काला, समष्टि में उपस्थित रहेंगे। प्राकृतिक चयन समष्टि में किसी युग्म विकल्पी को पूरी तरह से स्थिर (100% उपस्थिति) अथवा निष्कासित (0%) नहीं कर सकता। जब पर्यावरण अनुकूल हो, तो प्राकृतिक चयन अनुकूल युग्म विकल्पी की आवृत्ति को बढ़ा देता है लेकिन वह समष्टि में से कम अनुकूलित युग्म विकल्पी को पूर्णतः निष्कासित नहीं कर सकता। इसी प्रकार डार्विनी चयन की भूमिका आधुनिक समय में अवगमित होती है।

12.5 अंत में कुछ प्रश्न

1. विकास किन तरीकों से प्राकृतिक चयन द्वारा प्रभावित होता रहा है?

2. क्या प्राकृतिक चयन सभी एलील को दुरअनकूलनों (maladaptations) के लिए निष्कासित कर सकता है? व्याख्या कीजिए।

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

अभ्यास 13

आनुवंशिक विचलन की धारणा को दर्शाने के लिए एक अभ्यास

अभ्यास की रूपरेखा

13.1 प्रस्तावना
उद्देश्य
13.2 आवश्यक सामग्री
13.3 कार्यविधि
13.4 निष्कर्ष
13.5 अंत में कुछ प्रश्न

13.1 प्रस्तावना

आनुवंशिक विचलन (genetic drift) के दो रूप बॉटल नैक प्रभाव (bottle neck effect) और फाउन्डर प्रभाव हैं।

हार्डी बेनबर्ग के सिद्धान्त के अनुसार जब किसी विशाल समष्टि में यादृच्छिक संगम होता है चयन और उत्परिवर्तन की अनुपस्थिति में किसी दिये गये युग्मविकल्पी जोड़े की आवृत्ति (frequency) स्थिर रहती है,यदि चयन और उत्परिवर्तन होते हैं, तो आवृत्तियां बदल जाती है। और इस प्रकार के परिवर्तन आम तौर पर कम और धीरे–धीरे होते हैं। हमने सैद्धांतिक पाठ्यक्रम में छोटी समष्टियों में जीनों के व्यवहार पर चर्चा की थी और आनुवंशिक बदलाव की संकल्पना को एक किसान के चावल के खेत में रहने वाले मूषकों के चार या पांच परिवारों की छोटी जनसंख्या का उदाहरण देकर समझाया था। हमारा सुझाव है कि आप BZYCT-135 की इकाई 13 के इस खंड को यह अभ्यास शुरू करने से पहले पढ़ लें। छोटी समष्टि में प्रतिचयन त्रुटि (sampling error) के कारण जीनों की आवृत्तियों में अनियमित बदलाव होंगे। जीनों की आवृत्तियों में इस प्रकार के बदलाव या विस्थापन भली भांति अनुकूलित विशेषकों (traits) को समष्टि में से हटा कर अनुकूलित लक्षणों को स्थापित कर सकते हैं। पिछली इकाई में हमने बताया था कि प्राकृतिक चयन (natural selection) के प्रभाव में न तो विशेषकों का स्थायीकरण (100%) और न ही उनका विलोपन (0%) होता है। आनुवंशिक विचलन के प्रभाव में एक विशेषक समष्टि में स्थायी (100%) अथवा विलुप्त (0%) भी हो सकता है। इस अभ्यास में हम आनुवंशिक विचलन की धारणा को सरल उदाहरण के द्वारा समझायेंगे।

उद्देश्य

इस अभ्यास को समाप्त करने के बाद आप :

- विकास की प्रक्रिया में प्राकृतिक चयन और आनुवंशिक विचलन की विशिष्ट भूमिका में भेद दर्शा सकेंगे; और
- आनुवंशिक विचलन की संकल्पना को दर्शा सकेंगे।

13.2 आवश्यक सामग्री

हरे, लाल, नीले और काले रंग के बड़े आकार के प्लास्टिक के मोती (प्रत्येक 500)

दो प्लास्टिक के कटोरे

13.3 कार्यविधि

पिछले अभ्यास की ही भांति हम मान लें कि हरा रंग, चयन द्वारा पसन्द किया जाता है और काले रंग का विरोध किया जाता है।

1. प्लास्टिक के कटोरे में अच्छी तरह मिलाकर रखे गये 2000 मोतियों (प्रत्येक रंग के 500) की संख्या में से अपनी अंगुली की छोर से मात्र 10 मोती निकाल लीजिए। यह बिना कटोरे को टटोले यादृच्छिक (random) रूप से किया जाना चाहिये। मान लीजिए कि 10 मोती निम्न प्रकार से चार रंगों के निकले :

हरे	4
लाल	1
नीले	3
काले	2
	10

2. प्राप्त परिणामों को अपनी नोट बुक में रिकार्ड कीजिए। अब, ऊपर दी गई आवृत्तियों से 100 मोतियों की संख्या एक कटोरे में बनाइये जिनका विभाजन इस प्रकार से होगा :

हरे	40
लाल	10
नीले	30
काले	20
	100

3. इन 100 मोतियों में से पुनः 10 मोती अपनी अंगुली की पोर से उठाइये। मान लीजिए आपको मोती इस प्रकार से मिले :

हरे	0
लाल	2
नीले	3
काले	5
	10

प्राप्त परिणामों को रिकार्ड कीजिए।

4. अब उनमें केवल तीन रंग बचेंगे। एक बार नई आवृत्तियों के आधार पर 100 मोतियों की संख्या बनाइये। इसका अर्थ होगा कि 100 बनाने के लिए हरा एक भी नहीं, 20 लाल, 30 नीले और 50 काले होंगे। इन सौ मोतियों में से 10 मोती निकाल लीजिये। मान लीजिए आपको निम्न प्रकार का विभाजन मिला :

लाल	0
नीले	4
काले	6

प्राप्त परिणामों को रिकार्ड कीजिये।

5. अब नई आवृत्तियों के आधार पर 40 नीले और 60 काले मोतियों से 100 की संख्या बनाइये। इन 100 मोतियों में से 10 मोती छांटिये। मान लीजिए आपको निम्न संख्या मिली :

नीले	3
काले	7

प्राप्त परिणामों को रिकार्ड कीजिये।

6. 30 नीले और 70 काले मोतियों को मिला कर 100 मोती छांटने के बाद इस प्रयोग को दोहराइये। मान लीजिए अब हमें मोती निम्न प्रकार मिले

नीले	3
काले	7

प्राप्त परिणामों को रिकार्ड कीजिये।

7. अपने परिणामों को ग्राफ वाले कागज पर दर्शाइये।

13.4 निष्कर्ष

आप यह देख सकते हैं कि हरा रंग जो चयन प्रक्रिया द्वारा पसंद किया गया था वह तीसरी पीढ़ी में आने तक जनसंख्या में से विलुप्त हो गया। इसके विपरीत काला रंग जिसका कि सामान्यतः चयन प्रक्रिया द्वारा विरोध किया गया था वह छठी पीढ़ी तक आते–आते जनसंख्या में स्थाई हो गया।

प्राकृतिक चयन और आनुवंशिक विचलन दोनों विकास के साधन हैं (ये दोनों समय के साथ एलील आवृत्तियों को परिवर्तित कर देते हैं।) दोनों के बीच प्रमुख अन्तर यह है कि आनुवंशिक विचलन में एलील आवृत्तियां संयोग से परिवर्तित होती हैं जबकि प्राकृतिक चयन में एलील की आवृत्तियाँ विभेदी जननात्मक सफलता द्वारा परिवर्तित होती हैं। आनुवंशिक विचलन का प्रभाव छोटी समष्टियों में प्रबल होता है क्योंकि संयोग से होने वाली घटनाएँ एलीलों की आवृत्ति को काफी बदल देंगी।

1. ऐसा क्यों हुआ?

2. क्या आप सोचते हैं कि आनुवंशिक विचलन के प्रभाव चयन द्वारा होने वाला प्रभावों से काफी विपरीत हैं? ऐसा किस लिए है?

3. क्या आनुवंशिक विचलन विकास की प्रक्रिया में एक महत्त्वपूर्ण कारक हो सकता है।

13.5 अंत में कुछ प्रश्न

1. क्या आप समाझते हैं कि आनुवंशिक विचलन के प्रभाव प्राकृतिक चयन द्वारा उत्पन्न हुए प्रभावों से काफी विपरीत होते हैं? ऐसा क्यों हैं?

2. क्या आनुवंशिक विचलन विकासात्मक प्रक्रिया का महत्त्वपूर्ण कारक हो सकता है?

ignou THE PEOPLE'S UNIVERSITY

अन्य संदर्भ पुस्तकें

Exercises 1 to 6

Recommended Books

- Snustad, D.P., Simmons, M.J. (2009). *Principles of Genetics*. V Edition. John Wiley and Sons In.
- Klug, W.S., Cummings, M.R., Spencer, C.A. (2012). *Concepts of Genetics*. X Edition. Benjamin Coming.
- Pierce B. A. (2012), *Genetics-A Conceptual Approach*. IV Edition. W. H. Freeman and Company.

Suggested Readings

- Russell, P.J. (2009), *Genetics-A Molecular Approach*. III Edition. Benjamin Cummings.
- Griffiths, A.J.F., Wessler, S.R., Lewontin, R.C. and Carroll, S.B. *Introduction to Genetic Analysis*. IX Edition. W. H. Freeman and Co.
- Gardner, E.J., Simmons, M.J., Snustad, D.P. (2008). *Principles of Genetics.* VIII Edition. Wiley India.

Online Tools and Web Resources

- https://swayam.gov.in/courses/4922-genetics-and-genomics
- https://swayam.gov.in/course/96-genetics
- https://www.coursera.org/learn/genetics-evolution
- https:/onlinelearning.hms.harvard.edu/hmx/courses/hmx-genetics/
- https://learn.genetics.utah.edu/

Exercises 7 to 13

Recommended Books

- Ridley, M. (2004). Evolutin.III Edition, Blackwell publishing.
- Hall, B.K. and Hallgrimson, B. (2013). Evolution. V Edition. Jones and Barlett Publishers.
- Douglas, J. Futuyma (1997). Evolutionary Biology. Sinauer Associates.

Suggested Readings

- Pevsner, J. (2009). Bioinformatics and Functional Genomics. II Edition, Wiley-Blackwell.
- Campbell, N.A. and Reece J.B. (2011). Biology. IX Edition. Pearson, Benjamin, Cummings.

Online Tools and Web Resources

- https://www.coursera.org/learn/molecular-evolution
- https://www.coursera.org/learn/genetics-evolution
- https://swayam.gov.in/courses/4062-environmental-biology-genetics-and-evolution