अध्याय – 8
आनुवंशिकी
(Genetics)

जनकीय गुणों का एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी में स्थानान्तरण आनुवंशिकता कहलाती है। विज्ञान की वह शाखा जिसके अन्तर्गत आनुवंशिकता के नियमों एवं उसको नियंत्रित करने वाले कारकों का अध्ययन किया जाता है, आनुवंशिकी कहलाती है।

ग्रेगर जॉन मेन्डल (1822–1884) द्वारा मटर के पौधों पर किए गये संकरण प्रयोगों के आधार पर आनुवंशिकी के सिद्धान्तों का प्रतिपादन हुआ। 1866 में मेन्डल ने अपने प्रयोगों के निष्कर्षों को "ब्रुन सोसायटी ऑफ नेचुरल हिस्ट्री की वार्षिक पत्रिका में प्रकाशित किये जिन्हें मेण्डलवाद के नाम से जाना जाता है। इस कार्य के लिए मेण्डल को आनुवंशिकी का जनक कहा गया।

मटर के पौधों में अनेक विपर्यासी गुण पाये जाते हैं। मेण्डल ने अपने प्रयोगों में सात लक्षणों का चयन किया जिसका विवरण निम्न प्रकार है –

क्र.सं.	लक्षण	युग्म विकल्पी गुण
1.	बीज का आकार	गोल / झुर्रीदार
2.	बीज का रंग	पीला / हरा
3.	पुष्प का रंग	बैंगनी / सफेद
4.	पादप की लम्बाई	लम्बे / बौने
5.	पुष्प की स्थिति	अक्षीय / कक्षीय
6.	फली का आकार	चपटी / फूली हुई
7.	फली का रंग	हरा / पीला

मेण्डल ने संकरण प्रयोगों के आधार पर निम्न नियमों का प्रतिपादन किया –

1. **प्रभाविता का नियम** (Law of dominance) : जब किसी संकरण में एक लक्षण के दो युग्मविकल्पियों को संकरित कराया जाता है तो F_1 पीढ़ी में एक युग्मविकल्पी प्रकट होता है, उसे प्रभावी कहते हैं जबकि दूसरा युग्मविकल्पी प्रकट नहीं होता है, उसे अप्रभावी कहते हैं। इसे प्रभाविता का नियम कहते हैं।

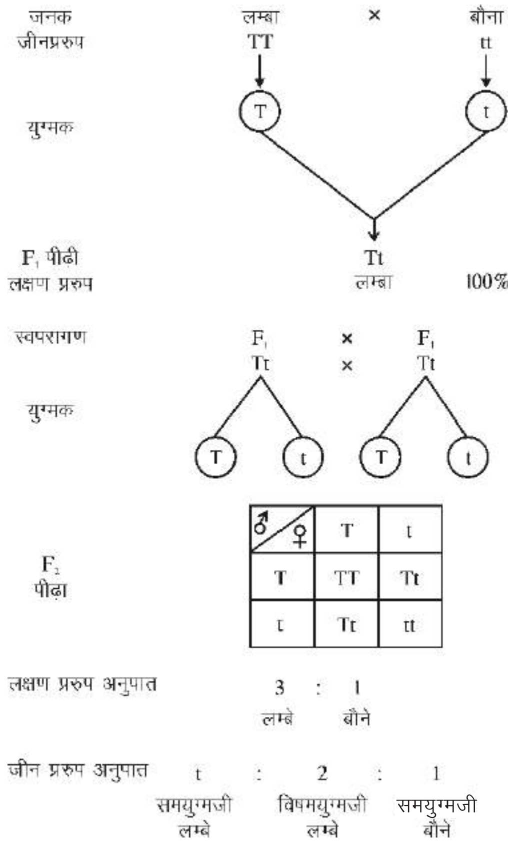
2. **पृथक्करण का नियम** (Law of segregation) : किसी भी संकरण में युग्मक बनते समय लक्षणों के कारक एक दूसरे से पृथक होकर अलग–अलग युग्मकों में प्रवेश करते हैं। इसे पृथक्करण का नियम कहते हैं। इसी प्रकार प्रत्येक युग्मक कारक विशेष के लिए शुद्ध होता है। इसे युग्मकों की शुद्धता का नियम भी कहते हैं।

3. **स्वतन्त्र अपव्यूहन का नियम** (Law of independant assortment) : जब किसी संकरण में दो लक्षणों के युग्मकविकल्पियों को संकरित कराया जाता है तो एक लक्षण के युग्मविकल्पी दूसरे लक्षण के युग्मविकल्पी की अभिव्यक्ति में बाधा नहीं पहुंचाते है। अर्थात् वे एक दूसरे से स्वतंत्र रूप से अपव्युहित होते हैं। इसे स्वतंत्र अपव्युहन का नियम कहते हैं।

प्रयोग 1 : एक संकर संकरण (Monohybrid cross)

जब किसी संकरण में एक लक्षण के युग्मविकल्पियों को संकरित कराया जाता है तो उसे एक संकर संकरण कहते हैं। एक संकर संकरण से प्राप्त अनुपात एक संकर अनुपात (Monohybrid ratio) कहलाता है। इसे मेण्डेलियन अनुपात या 3:1 का अनुपात भी कहते हैं।

मेण्डल ने लम्बे मटर के पौधे को बौने पौधे से संकरण कराया तो F_2 पीढ़ी में सभी पौधे लम्बे प्राप्त हुए। F_1 पीढ़ी के पौधों में स्वपरागण कराने पर F_2 पीढ़ी में लम्बे व बौने पौधे 3:1 के अनुपात में प्राप्त हुए।



चित्र 8.1 : एक संकर संकरण

उद्देश्य (Object) मटर के बीजों के नमूने का मेण्डल के एक संकरण अनुपात (Monohybrid cross) 3:1 का विश्लेषण

आवश्यक सामग्री (Essential Requirements)

मटर के बीज, पेट्रीडिश, ट्रे, पेन्सिल, नोटबुक।

विधि (Method)

1. मटर के लगभग 220 बीज ट्रे में रखें।
2. इससे गोल व झुर्रीदार बीजों को अलग–अलग छांटकर पेट्रीडिश में रखें।
3. गोल व झुर्रीदार बीजों की संख्या ज्ञात कर उनका अनुपात निकाले।

प्रेक्षण (Observation)

उपरोक्त विधि द्वारा बीजों की संख्या ज्ञात कर निम्न सारणी में रखें। इन दो लक्षणों के संबंध में प्राप्त आंकड़ों को सारणी में लिखे।

क्र.सं.	बीज लक्षण बीज का आकार	बीजों की कुल संख्या	गोल बीज	झुर्रीदार बीज	अनुपात
1.		220	167	53	3.1:1

परिणाम (Result)

मटर के बीजों के लक्षण के युग्मविकल्पी से प्राप्त होने वाला अनुपात 3:1 आया। मेण्डल द्वारा किये गये एक संकरण संकरण का अनुपात भी यही प्राप्त होता है। इस अनुपात को लक्षण प्ररूपी अनुपात कहते हैं।

मौखिक प्रश्न

प्र. 1 आनुवंशिकी क्या है?

उ. जीव विज्ञान की वह शाखा जिसमें आनुवंशिकता के नियमों तथा उसको नियंत्रित करने वाले कारकों का अध्ययन किया जाता है।

प्र. 2 आनुवंशिकी के जनक कौन है?

उ. ग्रेगर जॉन मेण्डल

प्र. 3 मेण्डल ने अपने प्रयोगों के लिए किस पौधे को चुना?

उ. मटर

प्र. 4 मेण्डल ने अपने प्रयोगों को किस पत्रिका में प्रकाशित किया?

उ. नेचुरल हिस्ट्री सोसायटी ऑफ ब्रुन की वार्षिक पत्रिका

प्र. 5 मेण्डल के एक संकर संकरण की F_2 पीढ़ी का लक्षण व जीनप्ररूप अनुपात क्या होगा?

उ. लक्षण प्ररूप अनुपात 3:1

जीन प्ररूप अनुपात 1:2:1

प्र. 6 मेण्डल का पृथक्करण का नियम क्या है?

उ. किसी भी संकरण में युग्मक बनते समय लक्षणों के कारक एक दूसरे से पृथक होकर अलग–अलग युग्मकों में प्रवेश करते हैं। इसे पृथक्करण का नियम कहते हैं।

प्र. 7 एक संकर संकरण किसे कहते हैं?

उ. जब किसी संकरण में एक ही लक्षण के दो युग्मविकल्पियों को संकरित कराया जाता है तो इसे एक संकर संकरण कहते हैं।

प्र. 8 मेण्डल का स्वतंत्र अपव्युहन का नियम क्या है?

उ. जब दो या दो से अधिक लक्षणों के युग्मविकल्पियों को संकरित कराया जाता है तो एक लक्षण के युग्मविकल्पी दूसरे लक्षण के युग्मविकल्पी से स्वतंत्र रूप से अपव्युहित होते हैं।

प्रयोग 2 : **द्विसंकर संकरण** (Dihybrid cross)

जब किसी संकरण में दो लक्षणों के युग्मविकल्पियों को संकरित कराया जाता है तो उसे द्विसंकर संकरण कहते हैं। द्विसंकर संकरण से प्राप्त अनुपात को द्विसंकर अनुपात (Dihybrid cross) कहते हैं।

उदाहरण : मेण्डल ने मटर के लम्बे व बौने तथा गोल व झुर्रीदार बीजों वाले पौधों का संकरण कराया। लम्बे व गोल बीजों (TTRR) वाले प्रभावी गुणों वाले पौधों को बौने व झुर्रीदार (ttrr) वाले अप्रभावी गुणों वाले पौधों के साथ संकरण कराया तो F_1 पीढ़ी में सभी पौधे लम्बे व गोल बीज युक्त (TtRr) प्राप्त हुए। इनका स्वपरागण कराने पर F_2 पीढ़ी में 9 : 3 : 3 : 1 का लक्षण प्ररूप प्राप्त हुआ। जिसका संकरण अगले पृष्ठ पर दर्शाया गया है।

उद्देश्य (Object) **मेण्डेलीयन द्विसंकरण संकरण से मटर के बीजों के नमूनों को लेकर 9 : 3 : 3 : 1 का विश्लेषण करना**

आवश्यक सामग्री (Essential Requirements)

मटर के बीज, ट्रे, पेट्री डिश, नोटबुक, पेन।

विधि (Method)

1. मटर के 200 बीजों के नमूने को ट्रे में लेकर रखें।
2. इनमें से पीले गोल, पीले झुर्रीदार, हरे गोल व हरे झुर्रीदार बीजों को पृथक–पृथक कर अलग–अलग पेट्री डिश में रखें।
3. प्रत्येक पेट्री डिश में रखे गये बीजों की संख्या ज्ञात कर उसका अनुपात निकालें।

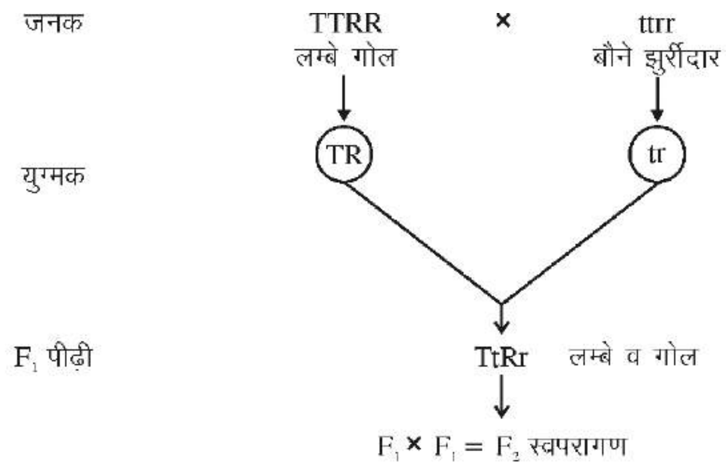
प्रेक्षण (Observation)

उपरोक्त प्रयोग में लिए गये प्रेक्षण को निम्नलिखित सारणी में दर्शाया जा रहा है –

बीजों की कुल संख्या बीज	पीले गोल बीज	पीले झुर्रीदार	हरे गोल बीज	हरे झुर्रीदार बीज	अनुपात लगभग
200	112	37	38	13	9:3:3:1

परिणाम (Result)

उपरोक्त प्रयोग में पीले गोल, पीले झुर्रीदार, हरे गोल एवं हरे झुर्रीदार बीजों का लक्षणप्ररूप अनुपात लगभग 9 : 3 : 3 : 1 प्राप्त हुआ जो मेण्डल के द्विसंकर संकरण के अनुसार है।



♂ / ♀	TR	Tr	tR	tr
TR	TTRR □	TTRr □	TtRR □	TtRr □
Tr	TTRr □	TTrr △	TtRr □	Ttrr △
tR	TtRR □	TtRr □	ttRR ●	ttRr ●
tr	TtRr □	Ttrr △	ttRr ●	ttrr *

लक्षण प्ररुप अनुपात : 9 : 3 : 3 : 1

- □ लम्बे गोल 9
- △ लम्बे झुर्रीदार 3
- ● लम्बे गोल 3
- * लम्बे गोल 1

जीन प्ररुप अनुपात

1	: 2	: 2	: 4	: 2	: 1	: 2	: 1	: 1
TTRR	TTRr	TtRR	TtRr	Ttrr	TTrr	ttRr	ttRR	ttrr

चित्र 8.2 : द्विसंकर संकरण

मौखिक प्रश्न

प्र. 1 मेण्डल के द्विसंकर संकरण से आप क्या समझते हैं?

उ. जब किसी संकरण में दो लक्षणों के युग्मविकल्पियों को संकरित कराया जाता है तो इसे द्विसंकर संकरण कहते हैं।

प्र. 2 द्विसंकर संकरण के F_2 पीढ़ी में जीनप्ररूप अनुपात क्या होगा?

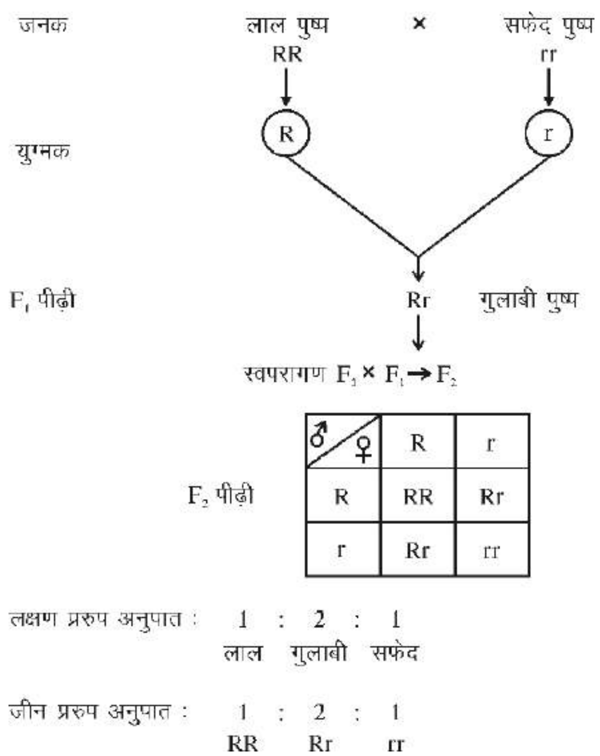
उ. 1 : 2 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1 : 1

प्रयोग 3 : अपूर्ण प्रभाविता (Incomplete Dominance)

मेण्डल के एक संकर संकरण के दौरान जो लक्षण F_1 पीढ़ी में प्रकट हो जाते हैं और उन्हें प्रभावी कहते हैं तथा जो अपना प्रभाव F_1 पीढ़ी में नहीं दिखा पाते हैं उन्हें अप्रभावी कहते हैं।

अपवादस्वरूप जब F_1 पीढ़ी में प्रभावी लक्षण अपना प्रभाव नहीं दिखा पाते हैं तथा अप्रभावी के साथ मिश्रित होकर मध्यवर्ती लक्षण उत्पन्न कर देते हैं। इसे अपूर्ण प्रभाविता या मिश्रित वंशागति (Blending inheritance) कहते हैं।

उदाहरण 1 : गुल अब्बास में (*Mirabilis jalapa*) (4'O clock plant) में जब लाल पुष्प वाले पौधों (RR) को श्वेत पुष्प वाले पौधे (rr) से संकरित कराया जाता है तो F_1 पीढ़ी में सभी पौधे गुलाबी (Rr) पुष्प वाले उत्पन्न होते हैं। जब F_1 पीढ़ी का स्वपरागण कराया जाता है तो F_2 पीढ़ी में लक्षणप्ररूप एवं जीनप्ररूप 1 : 2 : 1 प्राप्त होता है।



चित्र 8.3 : गुल अब्बास में अपूर्ण प्रभाविता

यहाँ पर यह स्पष्ट है कि समयुग्मजी स्थिति में प्रभावी लाल (RR) एवं अप्रभावी सफेद (rr) लक्षण पूर्णरूपेण प्रकट होते हैं लेकिन विषमयुग्मजी अवस्था (Rr) में लाल जीन अपूर्ण रूप से प्रकट होकर गुलाबी रंग व्यक्त करता है। इसे अपूर्ण प्रभाविता कहते हैं।

मौखिक प्रश्न

प्र. 1 अपूर्ण प्रभाविता क्या है?

उ. मेण्डल के एक संकर संकरण के F_1 पीढ़ी के दौरान जब प्रभावी व अप्रभावी लक्षण मिश्रित होकर मध्यवर्ती लक्षण उत्पन्न कर देते हैं। इसे अपूर्ण प्रभाविता कहते हैं।

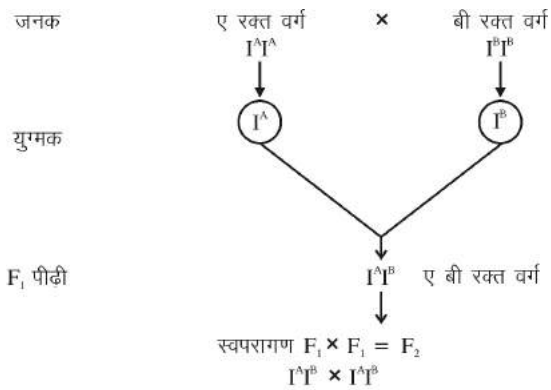
प्र. 2 गुल अब्बास के जब लाल पुष्प वाले पौधे को श्वेत पुष्प वाले पौधे से संकरित कराया जाए तो F_2 पीढ़ी में लक्षण व जीनप्ररूप अनुपात क्या होंगे?

उ. 1 : 2 : 1

प्रयोग 4 : सहप्रभाविता (Codominance)

जब किसी संकरण में युग्मविकल्पी जोड़े के दोनों कारक या जीन समान रूप में F_1 पीढ़ी में प्रकट होते हैं तो उसे सहप्रभाविता (Codominance) कहते हैं। सहप्रभाविता में F_2 पीढ़ी में लक्षण व जीनप्ररूप 1 : 2 : 1 प्राप्त होता है। उदाहरण – मानव में रक्त समूह एवं मवेशियों में त्वचा रंग आदि।

उदाहरण 1 : मानवों में रक्त वर्ग (Blood group in humans) : मानवों में ए, बी. ए बी एवं ओ रक्त समूह पाये जाते हैं। ए रक्त वर्ग ओ पर प्रभावी होता है तथा बीरक्त वर्ग भी ओ पर प्रभावी है। लेकिन ए एवं बी साथ आने पर ए बी रक्त वर्ग F_1 पीढ़ी में प्रकट होता है जो सहप्रभाविता के कारण होता है।



F_2 पीढ़ी

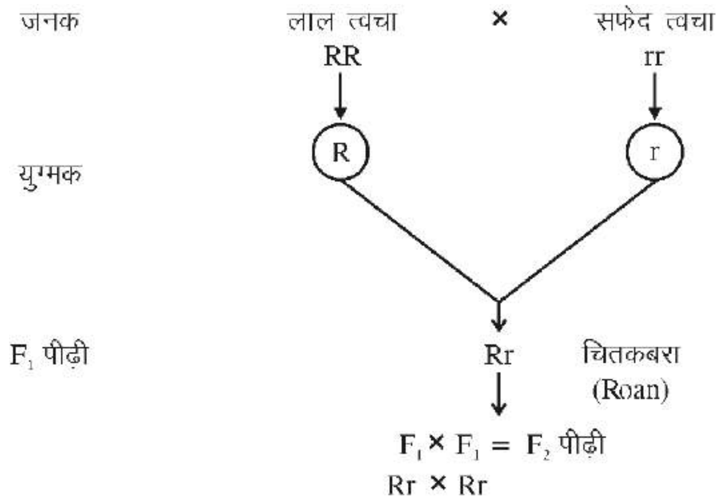
♂ / ♀	I^A	I^B
I^A	I^AI^A	I^BI^B
I^B	I^AI^B	I^BI^B

लक्षण प्ररुप अनुपात : 1 : 2 : 1
ए ए बी बी

जीन प्ररुप अनुपात : I^AI^A : I^AI^B : I^BI^B
1 2 1

चित्र 8.4 : मानव में रक्त वर्ग

उदाहरण 2 : **मवेशियों में त्वचा का रंग** (Skin colour in cattles) : जब लाल रंग (RR) एवं सफेद रंग (rr) के मवेशियों के मध्य संकरण कराया जाता है तो F_1 पीढ़ी के मवेशी चितकबरे (Roan) होते हैं। लाल व सफेद रंग के सहप्रभावी होने के कारण ऐसा लक्षणप्ररूप उत्पन्न होता है।



♂ / ♀	R	r
R	RR लाल	Rr रोन
r	Rr रोन	rr सफेद

लक्षण प्ररुप अनुपात : 1 : 2 : 1
लाल रोन सफेद

जीन प्ररुप अनुपात : 1 : 2 : 1

चित्र 8.5 : मवेशियों में सहप्रभाविता संकरण

इस प्रकार सहप्रभाविता के कारण लक्षणप्ररूप अनुपात 1 : 2 : 1 आता है।

मौखिक प्रश्न

प्र. 1 सहप्रभाविता किसे कहते हैं?

उ. जब किसी संकरण में युग्मविकल्पी जोड़े के दोनों कारक या जीन एक साथ F_1 पीढ़ी में प्रकट होते हैं तो उसे सहप्रभाविता कहते हैं।

प्र. 2 सहप्रभाविता का उदाहरण है?

उ. मानव में रक्त वर्ग, पशुओं में त्वचा रंग

प्र. 3 सहप्रभाविता प्रयोगों में F_2 पीढ़ी के लक्षण व जीनप्ररूप अनुपात क्या होंगे?

उ. 1 : 2 : 1

प्रयोग 5 : लिंग सहलग्न रोग (Sex Linked Disease)

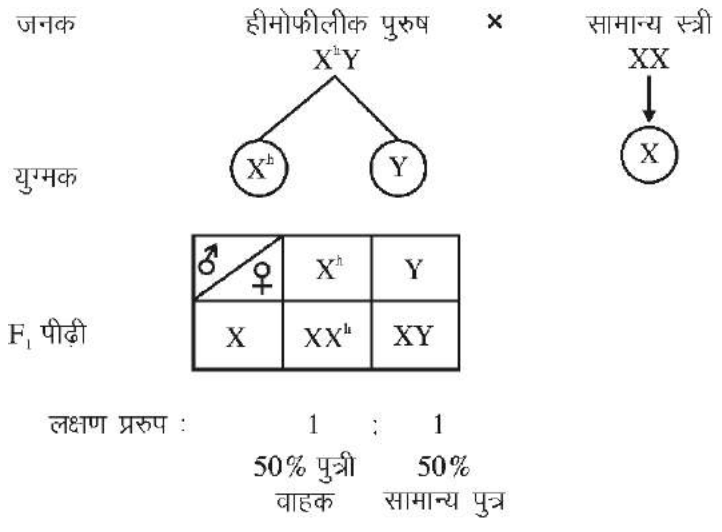
मानव कोशिका में 23 जोड़े गुणसूत्र पाये जाते हैं। इसमें 22 जोड़ी कायिक गुणसूत्र एवं 1 जोड़ी लिंग गुणसूत्र होते हैं। प्रत्येक मनुष्य में इसे x एवं y द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। ये गुणसूत्र जीव के लिंग निर्धारण के साथ–साथ उसके अन्य लक्षणों का भी निर्धारण करते हैं।

ऐसे लक्षण जो लिंग गुणसूत्रों पर स्थित जीन द्वारा नियंत्रित होते हैं उन्हें लिंग सहलग्न लक्षण एवं ऐसे जीन लिंग सहलग्न जीन कहलाती है। इस प्रकार के गुणों की वंशागति को लिंग सहलग्न वंशागति कहते हैं।

जब किसी जीव में लिंग गुणसूत्र पर स्थित किसी जीन की विकृति के कारण कोई रोग उत्पन्न हो जाता है तो उसे लिंग सहलग्न रोग कहते हैं। उदा. मनुष्य में हीमोफीलिया एवं वर्णान्धता रोग।

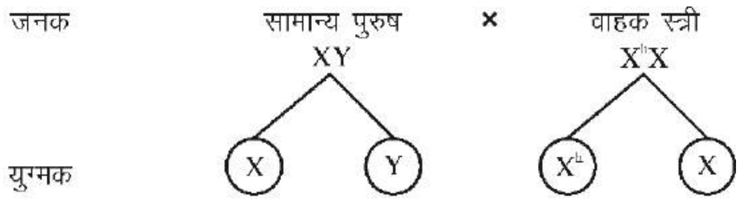
उदाहरण 1 : मनुष्य में हीमोफीलिया रोग (Haemophilia disease in human being) : इस रोग में मनुष्य में रूधिर का थक्का नहीं बनता है। यह रोग अप्रभावी लिंग सहलग्न जीन से नियंत्रित होता है। यह जीन मनुष्य में x-लिंग गुणसूत्र पर स्थित होता है। इसके रोगी में रूधिर में थ्रोम्बोप्लास्टिन प्रोटीन का निर्माण नहीं होता है। इस रोग के लक्षण पुरुषों में प्रकट होते हैं, जबकि स्त्रियां इसकी वाहक होती हैं।

हीमोफीलिक पुरुष एवं सामान्य स्त्री के मध्य विवाह होने पर निम्न संततियों का निर्माण होता है –



चित्र 8.6 : मनुष्य में हीमोफीलिया संकरण

इसके विपरित अगर सामान्य पुरुष एवं वाहक स्त्री के मध्य विवाह होने पर निम्न संततियां प्राप्त होती हैं –



F₁ पीढ़ी

♂ / ♀	X	Y
X^h	X^hX	X^hY
X	XX	XY

लक्षण प्ररुप अनुपातः

X^hX	पुत्री वाहक	25%
X^hY	हीमोफिलीक पुत्र	25%
XX	सामान्य पुत्री	25%
XY	सामान्य पुत्र	25%

चित्र 8.7 : मनुष्य में हीमोफीलिया संकरण

उदाहरण 2 **मनुष्य में वर्णान्धता** (Colour blindness in humans) : मनुष्य में वर्णान्धता का लक्षण भी लिंग सहलग्न रोग का उदाहरण है। इस रोग में रोगी विभिन्न रंगों के मध्य विभेदन नहीं कर पाता है। मनुष्य में वर्णान्धता उत्पन्न करने वाला जीन x-लिंग गुणसूत्र पर स्थित होता है। इसमें पुरुषों में यह रोग प्रकट होता है जबकि स्त्रियां इसकी वाहक होती हैं।

जब सामान्य पुरुष (x y) का विवाह एक वर्णान्ध स्त्री (x^cx) से करवाया जाए तो निम्न प्रकार की संततियां उत्पन्न होगी, जिसका संकरण अगले पृष्ठ पर दिखाया गया है।

मौखिक प्रश्न

प्र. 1 मानव कोशिका में कितने गुणसूत्र होते हैं?

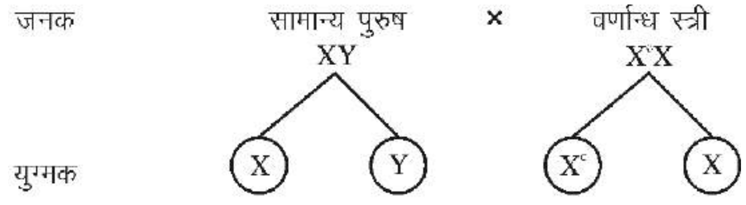
उ. 23 जोड़े गुणसूत्र जिसमें 22 जोड़ी कायिक एवं एक जोड़ी लिंग गुणसूत्र होते हैं।

प्र. 2 लिंग सहलग्न वंशागति किसे कहते हैं?

उ. ऐसी वंशागति जिसमें लिंग गुणसूत्रों पर स्थित जीन्स द्वारा लक्षणों का एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी में वहन होता है।

प्र. 3 लिंग सहलग्न रोग के उदाहरण बताइए?

उ. हीमोफीलिया, वर्णान्धता रोग



F₁ पीढ़ी

♂ / ♀	X^c	X
X	XX^c	XX
Y	X^cY	XY

लक्षण प्ररुप अनुपातः

XX^c	पुत्री (वाहक)	25%
XX	सामान्य पुत्री	25%
X^cY	वर्णान्ध पुत्र	25%
XY	सामान्य पुत्र	25%

चित्र 8.8 : मनुष्य में वर्णान्धता संकरण

प्र. 4 हीमोफीलिया रोग के जीन किस गुणसूत्र पर स्थित होते हैं?

उ. x-लिंग गुणसूत्र

प्र. 5 सामान्य पुरुष को हीमोफीलिक वाहक स्त्री से विवाह कराने पर किस प्रकार की संतति होगी?

उ. 25% पुत्री वाहक, 25% पुत्री सामान्य जबकि 25% पुत्र हीमोफीलिक एवं 25% सामान्य पुत्र होंगे।

प्र. 6 हीमीफीलिया रोग के लक्षण क्या है?

उ. इस रोग के रोगियों में रक्त का थक्का नहीं बनता है तथा अत्यधिक रक्तस्त्राव के कारण रोगी की मृत्यु हो जाती है।

प्र. 7 वर्णान्धता रोग के लक्षण बताइए?

उ. इस रोग में रोगी विभिन्न रंगों के मध्य विभेदन नहीं कर पाता है।