अध्याय – 6
मेंडल के वंशागति नियम
(Mendel's Laws of Inheritance)

6.1. परिचय :

पृथ्वी पर अनेक जीव–जन्तु पाये जाते हैं एवं इनमें आपसी लक्षणों में भिन्नता पाई जाती है। एक ही जाति के जीवों की संतति अपने जनकों के समान है लेकिन क्या वे उनसे बिल्कुल ही अभिन्न होते हैं, या उनके लक्षणो में कुछ भिन्नता दिखती है ? साधारणतया, गाय का बच्चा गाय एवं मनुष्य की संतान मनुष्य को ही जन्म देता है। किसी अन्य जानवर को क्यों नहीं या मक्का के बीज से मक्का ही उगता है, और अन्य पौधा क्यो नहीं? क्या आपके मस्तिष्क में कभी विचार आया है कि आदमी की संतान एक जैसे होते हुए भी अलग–अलग क्यों दिखती हैं ? उदाहरणार्थ एक कहावत है – 'बौये पेड बबूल का आम कहां से खाये' अर्थात् बबूल से आम क्यों पैदा नहीं होते हैं? इन सभी प्रश्नों के उत्तर पर जीव विज्ञान की एक शाखा आनुवंशिकी (आनुवंशिकी विज्ञान) विचार करती है। इस शाखा के अन्तर्गत वंशागति एवं लक्षणों में उपस्थित विविधता का अध्ययन किया जाता है। वंशागति आनुवंशिकी का आधार है। वंशागति वह प्रक्रम है जिससे लक्षण जनक से संतति में जाते हैं तथा विविधता जनक और संतति के लक्षणों की असमानता की अवस्था है।

बैबिलोन एवं असीरीया के निवासी 700 वर्ष ईसा पूर्व में खजूर में कृत्रिम परागण अच्छे फलों को पाने के लिए किया करते थे। सर्वप्रथम डि ग्राफ (de Graf) (1641–1673) ने प्रस्तावित किया कि संतति में दोनों जनकों के गुण होते हैं, और वंशागति में दोनों जनकों का योगदान होता है, कोल्यूटर ने 1760 से 1766 के बीच तम्बाकू में संकरण से प्राप्त प्रथम पीढी (F_1) के पौधों में संकर ओज एवं एकसमानता तथा द्वितीय पीढ़ी (F_2) के पौधों में अत्यधिक विविधता पाई। गार्टनर (1772–1850), नाडिन (1815–1909), डार्विन आदि ने कोल्यूटर के प्रेक्षणो को जाँचा–परखा व प्रथम पीढी (F_1) में लक्षणों में प्रभाविता पायी। इन्होंने यह भी बताया कि द्वितीय पीढी (F_2) में अत्यधिक विविधता पायी जाती है। परन्तु ये वैज्ञानिक उन नियमों के बारे में जानकारी प्राप्त नहीं कर सके जिनके कारण इन परिणामों की व्याख्या की जा सके। उन्नीसवीं शताब्दी के मध्य में आनुवांशिकता के अध्ययन के बारे में काफी प्रगति हुई। ग्रेगर जोहन मेंडल ने अपने घर के बगीचे में उद्यान मटर में संकरण पर आठ वर्षो तक (1856–1863) प्रयोग किये तथा इनके परिणामों के विश्लेषण के आधार पर जीवों में वंशागति नियमों को प्रस्तावित किया।

ग्रेगर जोहन मेंडल का जन्म 1822 ई. में तत्कालीन आस्ट्रिया में ब्रुन (Brunn), जो अब चेकोस्लोवाकिया में स्थित ब्रुनो (Brno), के एक गरीब किसान परिवार में हुआ। इन्होंने 1857 में विभिन्न बीज व्यापारियों से मटर के बीज इकट्ठे किए। उन्होंने मटर पर संकरण के सभी प्रयोग अपने घर के बगीचे में किये। मेंडल ने अपने अध्ययन के बाद 1865 में ब्रुन की प्रकृति विज्ञान सोसायटी की दो बैठकों में अपना शोध पत्र प्रस्तुत किया। यह शोध पत्र 1866 में इस सोसायटी की वार्षिकी प्रगतिकी में छपी, जो यूरोप एवं अमेरीका के बहुत से पुस्तकालयों को भेजी गई। मेंडल की मृत्यु 1884 ई. में हुई, जबकि उनके निष्कर्षो की पुनः खोज एवं उचित मूल्याकंन 16 वर्षो बाद हुआ।

6.2. मेंडल के प्रयोगों में मटर के चयन का महत्व :

मेंडल द्वारा अपने प्रयोगों के लिए मटर का चयन किया गया। इसके चयन के प्रमुख कारण निम्न थे।

1. छोटा जीवन काल : मटर की फसल एक वर्षीय होने के कारण हर वर्ष एक पीढी उगाई जा सकती है।
2. स्वपरागित फसल : शुद्ध जनकों का प्राप्त होना।
3. मटर उगने में आसान व कम स्थान घेरने वाली फसल है।
4. मटर में कई अचर विपर्यासी लक्षण उपस्थित थे जिन्हें आसानी से सुस्पष्ट वर्गो में बाँटा जा सकता था।

6.3. मेंडल की सफलता के कारण :

मेंडल की सफलता का मुख्य कारण अपने से पूर्व के वैज्ञानिकों के प्रयोगों की जटिलताएँ जो कि उनके लिए एक समस्या थी, को जितना संभव हो सका सरलीकृत करते हुए दूर किया। इसके साथ ही वे अपने प्रयोगों की योजना बनाने के प्रति सतर्क थे। मेंडल की सफलता के अन्य कारण निम्न थे :

1. मेंडल ने मटर के संकरण के प्रयोगों में एक समय में एक, फिर दो, और बाद में तीन लक्षणों का

अध्ययन किया। जबकि उनसे पूर्व के वैज्ञानिकों ने जीव के सभी लक्षणों का एक ही बार में अध्ययन किया।

2. अध्ययन के लिए चयनित प्रत्येक लक्षण में केवल दो विपर्यासी रूप उपस्थित थे।
3. प्रत्येक पीढी में लक्षणों के विपर्यासी रूपों वाले पौधों की अलग–अलग एवं सही गणना।
4. प्रयोगों को पूर्ण सतर्कता के साथ सम्पन्न करना।
5. उनके सांख्यकीय विश्लेषण एवं गणितीय ज्ञान से वे विपर्यासी लक्षणों के अनुपात के महत्व को समझकर उन अनुपातों की स्पष्ट व सही विवेचना कर सकें।

मेंडल वास्तव में बहुत ही भाग्यशाली व्यक्ति थे क्योंकि (1) उनके द्वारा चयनित लक्षणों में से कोई भी लक्षण मात्रात्मक नहीं थे। (2) सातों लक्षणों में से प्रत्येक केवल एक जीन द्वारा नियन्त्रित था। (3) चुने गये लक्षणों के जीन अलग–अलग गुणसूत्रों में स्थित थे (अर्थात् लक्षणों के जीनो में सहलग्नता (Linkage) का अभाव था)

इन नियमों की सत्यता बाद में किये गये प्रयोगों व प्रेक्षणों द्वारा सिद्ध हो चुकी थी। यद्यपि मेण्डल ने अपने प्रयोगों के निष्कर्ष का वर्णन 1865 में ही कर दिया था। इन नियमों को 1900 में केवल तभी मान्यता मिली जब हॉलैण्ड वैज्ञानिक हूगो डी व्रीज (Hugo de Vries), जर्मन वनस्पति वैज्ञानिक कार्ल कोरेन्स (Carl Correns) और आस्ट्रिया के एरिक वॉन शेर्माक (Erick Von Tschermak) ने जब स्वयं अपने स्वतंत्र अध्ययनों से उन्हीं निष्कर्षो पर पहुँचे जिन पर 35 वर्ष पूर्व मेंडल पहुँच चुके थे। इस प्रकार मेंडल के निष्कर्षो के आधार पर नए विज्ञान, आनुवंशिकी का आरम्भ हुआ। इसलिए मेंडल को आनुवंशिकी का जनक (Father of Genetics) कहा जाता है।

6.4. मेंडल के प्रयोग :

मेंडल ने अपने अध्ययन के लिए मटर (*Pisum sativum*) की 34 किस्में इकट्ठी की तथा लक्षणों की स्थिरता एवं उपस्थित मिश्रण का अध्ययन करने के बाद केवल 22 किस्मों को संकरण के लिए चयन किया। ये किस्में एक–दूसरे से एक या एक से अधिक लक्षणों के लिए भिन्न थी। मेंडल ने कुल सात लक्षणों की वंशागति का अध्ययन किया (सारणी 6.1)। इन प्रत्येक लक्षणों के दो विपर्यासी रूप थे।

सारणी–6.1. मेंडल द्वारा अध्ययन किये गये मटर के सात लक्षण व उनके विपर्यासी रूप

क्र.स.	लक्षण	विपर्यासी रूप	
		प्रभावी	अप्रभावी
1.	बीज आकार	गोल	झुर्रीदार
2.	बीज पत्र रंग	पीला	हरा
3.	बीजावरण रंग	घूसर	सफेद
4.	फली आकार	फूली	संकीर्णित
5.	फली रंग	हरा	पीला
6.	पुष्प स्थिति	अक्षीय	अन्तस्थ
7.	तना लम्बाई	लम्बा	बौना

6.4.1 एक जीन की वंशागति :

मेंडल ने वंशागति के अध्ययन के लिए एक प्रयोग में मटर की एक झुर्रीदार बीज वाली शुद्ध किस्म के पराग से एक गोल बीज वाली किस्म के शुद्ध पौधे के पुष्पों का परागण किया। इस प्रयोग द्वारा एक जीन का आनुवंशिक अध्ययन किया गया। इस संकरण से उत्पन्न बीजों को व उनसे उगे पौधे को प्रथम संतति पीढी (फिलीयल, प्रोजेनी) या F_1 भी कहा जाता है। एक लक्षण के लिए भिन्न जनकों के संकरण को एकल संकरण (monohybrid cross) तथा इस संकरण से प्राप्त F_1 पीढ़ी एकल संकर (monohybrid) कहा जाता है।

मेंडल को उपरोक्त संकरण से प्राप्त सभी F_1 बीज गोल (गोल बीज वाले जनक के एकसमान) थे। उन्होनें देखा कि F_1 में दो में से एक जनक के लक्षण के रूप की ही अभिव्यक्ति होती है। दूसरे जनक के लक्षण रूप प्रकट नहीं होते। मेंडल ने F_1 पीढी के पौधों में स्वपरागण अथवा स्वनिषेचन (self-fertilization) होने दिया और उसे देखकर आश्चर्य हुआ कि F_1 पौधों से प्राप्त बीज जो कि F_2 संतति होती है, में 5474 बीज गोल तथा 1850 बीज झुर्रीदार थे। जो लक्षण F_1 पीढी में नहीं देखा गया, वह अब प्रदर्शित हो गया। F_1 संतति के बीजो में 74.74 प्रतिशत गोल बीज तथा 25.26 प्रतिशत बीज झुर्रीदार थे। गोल व झुर्रीदार बीज लक्षण जनकों के समान ही थे और इनमें किसी प्रकार का सम्मिश्रण नहीं था।

इस प्रकार मेंडल के एक जीन लक्षण की वंशागति के अन्य लक्षणों पर किये गये अध्ययनों से भी इसी प्रकार के

परिणाम प्राप्त हुए अर्थात् F_1 पीढ़ी में केवल एक ही जनकीय लक्षण का रूप प्रकट हुआ जबकि F_2 पीढ़ी में लक्षण के दोनों विपर्यासी रूप 2.96 : 1 के अनुपात में थे, जो कि 3 : 1 के अनुपात के करीब है।

उपरोक्त प्रेक्षणों के आधार पर मेंडल ने प्रस्तावित किया कि कोई ठोस कण जनकों से संततियों में अपने अपरिवर्तित रूप में सम्प्रेषित होते हैं। उसने इन ठोस कणों को 'कारक' (फैक्टर) कहा। परन्तु अब इसे 'जीन' कहा जाता है। दूसरे शब्दों में जीन आनुवंशिकता की इकाइयाँ हैं। जीन शब्द डब्ल्यू. जोहैन्सेन (W.Johannsen) ने 1909 में दिया। कौन से जीन में कौन सा विशेष लक्षण अभिव्यक्त होगा, इसकी सूचना इसमें निहित होती है। प्रत्येक जीन के दो वैकल्पिक रूप, जो कि एक ही लक्षण के विपर्यासी रूप उत्पन्न करते हैं, उन्हें विकल्पी (allele) कहते हैं।

प्रत्येक जीन को, साधारणतया, उस जीन द्वारा नियन्त्रित लक्षण के नाम के पहले या पहले और बाद के एक अथवा दो अन्य अक्षरों द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। इन अक्षरों को जीन संकेत कहते हैं। प्रत्येक जीन के प्रभावी विकल्पी को अंग्रेजी के कॅपीटल अक्षर से तथा अप्रभावी विकल्पी को अंग्रेजी के उसी छोटे अक्षर से लिखा जाता है। उदाहरण के लिए, बीज आकार को नियन्त्रित करने वाले जीन के दोनों विकल्पियों को हम R (गोल आकार) एवं r (झूर्रीदार आकार) से प्रदर्शित करते हैं। R और r एक दूसरे के युग्म विकल्पी (अलील) है।

प्रत्येक जीव की कायिक कोशिका में एक जीन की दो प्रतियाँ उपस्थित होती हैं। यदि किसी जीव में एक जीन की दोनों प्रतियाँ एक समान हो, अर्थात् उससे सम्बन्धित जीन के दो विकल्पियों में से केवल एक विकल्पी की ही दो प्रतियाँ उपस्थित हों, तो ऐसे जीव को समयुग्मजी (Homozygous) जैसे, RR (गोल बीज), rr (झूर्रीदार बीज)। परन्तु जब किसी जीव में उपस्थित एक जीन की दोनों प्रतियाँ भिन्न हों, अर्थात् उसमें एक जीन के दोनों विकल्पी उपस्थित हो, तो उसे विषमयुग्मजी (Heterozygous) कहते हैं; जैसे Rr (गोल बीज) विषमयुग्मजी अवस्था में जो विकल्पी अपना प्रभाव प्रदर्शित करता है, अर्थात् अपनी अभिव्यक्ति करता है या लक्षण उत्पन्न करता है, उसे प्रभावी विकल्पी कहते है। परन्तु जो विकल्पी विषमयुग्मजी अवस्था में अपनी अभिव्यक्ति नहीं कर पाता, उसे अप्रभावी विकल्पी कहते हैं। किसी जीव के किसी लक्षण या कई लक्षणों के लिए उपस्थित जीनों एवं उनके विकल्पियों को उस पौधे का जीनप्ररूप (Genotype) कहते हैं। लेकिन उस जीव के बाहरी स्वरूप अथवा उसमें दिखने वाले लक्षण या लक्षणों को उसका लक्षणप्ररूप (Phenotype) कहते हैं। इस प्रकार बीज आकार के लिए तीन जीनप्ररूप RR, Rr व rr होंगे। जबकि इस लक्षण के लिए लक्षणप्ररूप गोल या झूर्रीदार बीज होंगे।

एकलसंकर संकरण की वंशागति का आरेख :

जनक पीढ़ी ♀ RR × ♂ rr

गोल बीज झूर्रीदार बीज

युग्मक (R) (r)

F_1 पीढ़ी Rr

गोल बीज

F_1 पीढ़ी में स्वपरागण ♀ Rr × ♂ Rr

युग्मक (R) (r) (R) (r)

F_2 पीढ़ी–

♀ \ ♂	R	r
R	RR गोल बीज	Rr गोल बीज
r	Rr गोल बीज	rr झूर्रीदार बीज

जीनप्ररूप अनुपात RR : Rr : rr

1 : 2 : 1

लक्षणप्ररूप अनुपात गोल : झूर्रीदार

3 : 1

इस एकल संकर क्रास के आरेख में देखते हैं कि जब शुद्ध जनकों (समयुग्मनजी) के पौधों में अर्धसूत्री कोशिका विभाजन से युग्मक बनाते समय जनकीय जोडे के विकल्पी एक–दूसरे से अलग हो जाते हैं, और केवल एक ही विकल्पी युग्मक में प्रेषित होगा। विकल्पियों का यह विसंयोजन यादृच्छिक होता है और युग्मक में कोई एक विकल्पी होने की संभावना 50 प्रतिशत होती है, ऐसा संकर प्रयोगों द्वारा सत्यापित हो चुका है। इस तरह गोल बीज वाले पौधे RR के युग्मकों में केवल R विकल्पी और झूर्रीदार बीज वाले पौधे rr के युग्मकों में r विकल्पी होता है। निषेचन के समय दो विकल्पी R एक जनक से, अण्ड के माध्यम से, और r दूसरे जनक से, पराग के माध्यम से, आकर युग्मन करके ऐसे युग्मनजों (जाइगोटों) का निर्माण करते हैं जिनमें एक R

विकल्पी तथा दूसरा r विकल्पी होता है। इस प्रकार के युग्मनज संकर होते हैं, इन पौधों को विषमयुग्मनजी कहा जाता है। पनेट वर्ग के आरेख की सहायता से जनकों के युग्मकों का उत्पादन, युग्मनजों का निर्माण प्रथम पीढ़ी, द्वितीय पीढ़ी के संतति पादपों को समझ सकते हैं। इसे ब्रितानकी आनुवंशिकीविद् रेजीनाल्ड सी पनेट ने दिया। इस आरेख द्वारा संकरण प्रयोगों में संतति के सभी संभावित जीनप्ररूपों की गणना की जा सकती है। पनेट वर्ग में स्तम्भ में एक जनक (मादा) के युग्मक तथा पंक्ति में दूसरे जनक के युग्मक (नर) लिखे जाते हैं। सभी संभाव्य संयोजनों का प्रतिरूपण नीचे के वर्गों में किया जाता है। इस प्रकार सारा आरेख एक वर्ग की तरह में होता है। ऊपर दर्शाये गये संकरण आरेख में मादा जनक व नर जनक को क्रमशः ♀ तथा ♂ संकेतों से प्रदर्शित किया जाता है, संकरण में पहले मादा जनक तथा बाद में नर जनक को लिखा जाता है।

जीनप्ररूप Rr के पौधे स्वपरागित करने पर, पुंकेसरों में R व r युग्मक बराबर संख्या में तथा अण्डाश्य में भी R व r युग्मक बराबर संख्या में उत्पन्न करते है। जब निषेचन होता है तो जीनप्ररूप R के परागकणों के द्वारा जीनप्ररूप R और r के अण्डों को परागित करने की 50 प्रतिशत संभावना रहती है। साथ ही जीनप्ररूप r के परागकणों के जीनप्ररूप R और जीनप्ररूप r के अण्डों को परागित करने की 50 प्रतिशत संभावना रहती है। इस प्रकार संयोग आधारित निषेचन से F_2 पीढ़ी में युग्मनज RR, Rr व rr जीनप्ररूप बनते हैं। इस पनेट वर्ग को देखने पर ज्ञात होता है कि F_2 पीढ़ी में 1/4 RR, $\frac{1}{2}$ Rr और 1/4 rr जीनप्ररूप वाले युग्मनज उत्पन्न हुए। अतः F_2 पीढ़ी में जीनप्ररूप अनुपात 1:2:1 प्राप्त होता है। लेकिन F_2 पीढ़ी के पौधों में औसतन 3/4 बीज गोल आकार के तथा 1/4 बीज झूर्रीदार उत्पन्न होते हैं। इस प्रकार F_2 पीढ़ी में लक्षणप्ररूप अनुपात 3:1 क्रमश गोल बीज व झूर्रीदार बीज प्राप्त होता है।

मैंडल ने F_2 पीढ़ी के पौधों में स्वपरागण कराने पर F_3 और F_4 पीढ़ीयों मे F_2 पीढ़ी के झूर्रीदार बीज वाले पौधों से केवल झूर्रीदार बीज ही पैदा हुये। उसने निष्कर्ष निकाला की झूर्रीदार बीजो का जीनप्ररूप समयुग्मनजी rr था । आपके दिमाग में कभी विचार आया है कि यदि उसने सभी F_2 के गोल बीज वाले पौधो को स्वपरागित किया होता तो उसे क्या प्राप्त होता?

लक्षणप्ररूप वाले पौधों से उसकी जीनप्ररूप संरचना का पता नहीं लगाया जा सकता है। जैसे कि F_1 या F_2 के गोल बीज आकार वाले पौधे का जीनप्ररूप RR है या Rr। F_2 के गोल बीज वाले पौधों का जीनप्ररूप का पता परीक्षार्थ संकरण से किया जा सकता है। F_1 संकर का अप्रभावी लक्षण वाले किस्म या विभेद से संकरण परीक्षार्थ संकरण कहलाता है। मेंडल ने परीक्षार्थ संकरण में जीन के विकल्पियों के विसंयोजन के व्यवहार को प्रमाणित किया है। F_1 संकर में विसंयोजन से उत्पन्न प्रभावी तथा अप्रभावी विकल्पियों वाले युग्मक शुद्ध व बराबर आवृत्ति में होते हैं। यह संकरण किसी पादप में यह पता करने के लिए भी किया जाता है, कि यह पौधा समयुग्मनजी अथवा विषमयुग्मनजी है। परीक्षार्थ संकरण से मैंडल को 1 प्रभावी : 1 अप्रभावी विपर्यासी लक्षणों का अनुपात मिला। इसका तात्पर्य यह है कि F_1 का जीनप्ररूप Rr था। इसी प्रकार F_2 के गोल बीज वाले पौधे का संकरण, F_2 के झूर्रीदार बीज वाले पौधे से कराने पर यदि संतति में गोल बीज आकार उत्पन्न होते हैं तो F_2 का जीनप्ररूप RR है, परन्तु यदि संतति में गोल व झूर्रीदार आकार के बीज उत्पन्न हो तो F_2 गोल बीज आकार का जीनप्ररूप Rr होगा।

6.4.2. दो जीनों की वंशागति :

मेंडल ने मटर में दो लक्षणों के लिए भिन्न किस्मों में संकरण प्रयोग किए। इस प्रकार के संकरण में एक किस्म के दाने गोल (बीज आकार) एवं पीले (बीज पत्र रंग) तथा दूसरी किस्म के बीज झुर्रीदार (बीज आकार) व हरे (बीज पत्र रंग) थे। संकरण से प्राप्त सभी F_1 बीज गोल, पीले थे। इसका कारण यह था कि गोल बीज उत्पन्न करने वाला विकल्पी (R) झूर्रीदार बीज उत्पन्न करने वाले विकल्पी (r) पर एवं पीला रंग नियन्त्रित करने वाला विकल्पी (G) हरा रंग पैदा करने वाले विकल्पी (g) पर प्रभावी होता है। F_1 बीजों से उगने वाले पौधो में स्वपरागण कराने पर F_2 संतति में मैंडल को कुल 556 बीज प्राप्त हुए, जिनमें से 315 गोल,पीले; 108 गोल, हरे; 101 झुर्रीदार पीले; तथा 32 झुर्रीदार, हरे थे। जिनका अनुपात 9.84 : 3.37 : 3.12 : 1 है, जो कि 9:3:3:1 के लगभग समान है।

एक जनक के बीज गोल, पीले तथा दूसरे जनक के बीज झुर्रीदार, हरे के जीनप्ररूपों को क्रमशः RRGG तथा rrgg से प्रदर्शित करते हैं। इन जनकों में उत्पन्न युग्मकों का जीनप्ररूप RG तथा rg है। RG जीन प्ररूप वाले अंड का

rg जीनप्ररूप पराग से निषेचन होने पर Rr Gg जीनप्ररूप वाले पौधें प्राप्त हुये। मेंडल ने इन F_1 पौधों को स्वपरागित किया। इन पौधों पर उत्पन्न बीज F_2 संतति प्राप्त हुई। F_2 पीढ़ी में बीज आकार पर किये गये प्रेक्षणों में 556 बीजों में से 423 गोल बीज तथा 133 झुर्रीदार बीज मिले। इनका आपसी अनुपात 3.18 : 1 जो कि लगभग 3 : 1 के अनुपात में थे। इसी प्रकार, बीज पत्र रंग के प्रेक्षणों से 416 बीज पीले तथा 140 बीज हरे थे, जिनका अनुपात 2.97 : 1 यानि लगभग 3 : 1 के अनुपात में थे। F_2 पीढ़ी में दोनों लक्षणों के लक्षणप्ररूप अनुपात 9 गोल पीले : 3 गोल हरे : 3 झुर्रीदार पीले : 1 झुर्रीदार हरा प्राप्त हुआ। अतः इन परिणामों से स्पष्ट है कि, द्विसंकर संकरण में दोनों लक्षणों का विसंयोजन एक दूसरे से स्वतंत्र रूप में हो रहा है। इन परिणामों को गणितीय प्रायिकता के सिद्धान्त के आधार पर भी समझा जा सकता है। दो स्वतंत्र घटनाओं के एक साथ घटित होने की प्रायिकता उन घटनाओं के अलग–अलग घटित होने की प्रायिकताओं के गुणनफल के बराबर होती है। यहाँ पर द्विसंकर संकरण में बीज आकार का विसंयोजन अनुपात 3 गोल : 1 झुर्रीदार तथा बीज पत्र रंग का विसंयोजन अनुपात 3 पीला : 1 हरा का गुणनफल 9 गोल पीले : 3 गोल हरे : 3 झुर्रीदार पीले : 1 झुर्रीदार हरा प्राप्त होता है।

द्विसंकर संकरण की वंशागति का आरेख :

जनक पीढ़ी ♀ RRGG × ♂ rrgg

गोल पीले बीज झुर्रीदार हरे बीज

युग्मक (RG) (rg)

F_1 पीढ़ी Rr Gg

गोल पीले बीज

F_1 पीढ़ी में स्वपरागण ♀ Rr Gg × ♂ Rr Gg

युग्मक (RG)(Rg)(rG)(rg) (RG)(Rg)(rG)(rg)

F_2 पीढ़ी

♀ \ ♂	RG	Rg	rG	rg
RG	RRGGगोल पीले	RRGgगोल पीले	RrGGगोल पीले	RrGgगोल पीले
Rg	RRGgगोल पीले	RRggगोल हरे	RrGgगोल पीले	Rrggगोल हरे
rG	RrGGगोल पीले	RrGgगोल पीले	rrGGझुर्रीदार पीले	rrGgझुर्रीदार पीले
rg	RrGgगोल पीले	Rrggगोल हरे	rrGgझुर्रीदार पीले	rrggझुर्रीदार हरे

लक्षणप्ररूप अनुपात –

9 गोल पीले बीज :

3 गोल हरे बीज :

3 झुर्रीदार पीले बीज :

1 झुर्रीदार हरे बीज

जीनप्ररूप अनुपात :

RRGG : RRGg : RrGG : RrGg

1 : 2 : 2 : 4

RRgg : Rrgg : rrGG : rrGg : rrgg

1 : 2 : 1 : 2 : 1

6.5. मेंडल के वंशागति के नियम :

मेण्डल ने मटर पर एकल संकरण प्रयोग के परिणामों के आधार पर विसंयोजन के नियम का प्रतिपादन किया। इसके बाद उन्होंने द्विसंकरण प्रयोग का विश्लेषण कर उनसे प्राप्त परिणामों से स्वतन्त्र अपव्यूहन के नियम की खोज की। इस प्रकार मेडल ने दो नियमों का प्रतिपादन किया:

1. विसंयोजन का नियम (Law of Segregation) एवं
2. स्वतन्त्र अपव्यूहन का नियम (Law of Independent Assortment)

विसंयोजन का नियम : इस नियम को युग्मकों की शुद्धता का नियम, पृथक्करण का नियम व मेंडल के वंशागति का प्रथम नियम आदि नामो से जाना जाता है।

इस नियम के अनुसार एकलसंकर संकरण से प्राप्त प्रथम पीढ़ी में एक जीन की दोनों विकल्पियाँ विद्यमान रहती हैं। युग्मक बनते समय एक जीन की दोनों विकल्पियों का एक–दूसरे से अलग होकर भिन्न–भिन्न युग्मकों में जाना ही विसंयोजन कहलाता है। समयुग्मनजी जनक द्वारा उत्पन्न सभी युग्मक समान होते हैं। जबकि विषमयुग्मजी जनक दो

प्रकार के युग्मक उत्पन्न करता है जो समान अनुपात में तथा प्रत्येक में केवल एक विकल्पी होता है। उदाहरणार्थ : जीनप्ररूप Rr से दो प्रकार के युग्मक R तथा r समान आवृत्ति में उत्पन्न होते हैं।

स्वतन्त्र अपव्यूहन का नियम : दो या दो से अधिक लक्षणों के स्वतन्त्र विसंयोजन को स्वतन्त्र अपव्यूहन कहते हैं। स्वतन्त्र अपव्यूहन में किसी युग्मक में एक जीन के दो विकल्पियों में से कोई एक विकल्पी दूसरे जीन के दो विकल्पियों में से किसी भी एक विकल्पी के साथ समान आवृत्ति से जाता है इसे स्वतंत्र अपव्यूहन कहते हैं।

द्विसंकर संकरण के विश्लेषण व परिणामों को आधार मानने से इस नियम का प्रतिपादन हुआ। इस संकरण में लक्षणप्ररूप गोल पीला, गोल हरे, झुर्रीदार पीले और झुर्रीदार हरे क्रमशः 9:3:3:1 के अनुपात में प्रकट हुए। मेण्डल द्वारा अध्ययन किय गये कई लक्षण युग्मो में ऐसा ही अनुपात देखा गया।

जीन के एक जोडी विकल्पी R और r के विसंयोजन से आधे युग्मकों में विकल्पी R उपस्थित और आधे युग्मकों में विकल्पी r है। इन युग्मकों में, R या r होने के साथ–साथ विकल्पी G या g भी है। Gg का विसंयोजन भी Rr के अनुरूप ही होता है तथा एक दूसरे से स्वतंत्र हैं। अतः विकल्पी R धारी युग्मकों में से आधों के साथ विकल्पी G तथा आधों के साथ विकल्पी g होगा। इसी प्रकार विकल्पी r धारी युग्मकों में से आधों के साथ विकल्पी G तथा आधों के साथ विकल्पी g होगा। इस प्रकार चार तरह के जीनप्ररूप वाले युग्मक समान संख्या में प्राप्त होते हैं जो कि RG,Rg,rG,rg है। इस प्रकार इन युग्मकों को पनेट वर्ग में लिखकर कुल 16 वर्गो में युग्मनजो को लिख सकते हैं। इन युग्मनजों का F_2 लक्षणप्ररूप अनुपात 9:3:3:1 में होता है।

6.6. मेंडल के प्रयोगों में सहलग्नता का अभाव :

मेंडल द्वारा चुने गये लक्षणों के जीन अलग–अलग गुणसूत्रों में स्थित थे अर्थात् लक्षणों के जीनों में सहलग्नता का अभाव था। सहलग्नता का तात्पर्य दो या दो से अधिक जीनों की वंशागति के दौरान एक साथ रहने की प्रवृत्ति से है। जीनों का एक ही गुणसूत्र में एक साथ रहने के कारण सहलग्नता पाई जाती है। जब जीनों में सहलग्नता पाई जाती है तो परीक्षार्थ संकरण संततियों में अनुपात मेंडल द्वारा प्राप्त परीक्षार्थ संकरण अनुपात से भिन्न होता है। मेंडल ने मटर के दो भिन्न लक्षणों वाली किस्मों के संकरण से F_1 पीढ़ी प्राप्त की। जैसा कि मेंडल के दो जीनों की वंशागति के अध्ययन में इस अध्याय में समझाया गया है। इस F_1 पीढ़ी के पौधों को अप्रभावी लक्षणों वाले जनक से संकरण कराने पर प्राप्त परीक्षार्थ संतति में चार जीनप्ररूप वाले युग्मनज 1:1:1:1 अनुपात में मिले तथा लक्षणप्ररूप भी 1:1:1:1 अनुपात में मिला। इससे सिद्ध होता है कि स्वतंत्र अपव्यूहन के कारण द्विसंकरणों में चार प्रकार के युग्मक समान आवृत्ति में बनते हैं। परन्तु यदि जीनों में सहलग्नता होती तो F_1 में चार प्रकार के युग्मक समान आवृत्ति में नहीं बनते। यानि की जनकीयप्ररूप वाले युग्मकों की संख्या पुनर्योगजप्ररूप वाले युग्मकों की संख्या से अधिक होगी।

द्विसंकर परीक्षार्थ संकरण आरेख :

परीक्षार्थ संकरण ♀ F_1 RrGg × ♂ rrgg (अप्रभावी जनक)

गोल पीले बीज झुर्रीदार हरे बीज

युग्मक (RG) (Rg) (rG) (rg) (rg)

परीक्षार्थ संतति

♀ \ ♂	rg
RG	RrGg गोल पीले बीज
Rg	Rrgg गोल हरे बीज
rG	rrGg झुर्रीदार पीले बीज
rg	rrgg झुर्रीदार हरे बीज

जीनप्ररूप अनुपात RrGg : Rrgg : rrGg : rrgg

1 : 1 : 1 : 1

लक्षणप्ररूप अनुपात

गोल पीले बीज : गोल हरे बीज :

1 : 1 :

झुर्रीदार पीले बीज : झुर्रीदार हरे बीज

1 : 1

सारांश

आनुवंशिकी जीव विज्ञान की एक शाखा है जिसके अन्तर्गत जीवों के लक्षणों की वंशागति व उनमें उपस्थित विविधता का अध्ययन किया जाता है। वंशागति वह प्रक्रम है जिससे लक्षण जनक से संतति में जाते हैं तथा विविधता जनक और संतति के लक्षणों की असमानता की अवस्था है। ग्रेगर जोहन मेंडल ने आनुवंशिकी का सर्वप्रथम क्रमबद्ध अध्ययन किया। मेंडल ने मटर के सात विर्पयासी लक्षणों की वंशागति का अध्ययन करते हुए जो सिद्धान्त प्रस्तावित किए उन्हें आज वंशागति के 'मेंडल के नियम' से जाना जाता है। मेंडल ने एक जीन की वंशागति तथा दो जीन की वंशागति के आधार पर क्रमशः विसंयोजन व स्वतंत्र अपव्यूहन के नियमों का प्रतिपादन किया। मेंडल के एक जीन की वंशागति को F_1 पीढी में केवल एक ही जनकीय लक्षण का रूप प्रकट हुआ जबकि F_2 में लक्षण के दोनों विर्पयासी रूप 3 : 1 के अनुपात में अभिव्यक्त हुए। इसी प्रकार दो जीन की वंशागति के F_1 पीढ़ी में भी एक जनक के लक्षणप्ररूप प्रकट हुए। परन्तु F_2 पीढ़ी में लक्षणप्ररूप अनुपात 9 : 3 : 3 : 1 पाया गया। मेंडल द्वारा चुने गये लक्षणों के जीन अलग–अलग गुणसूत्रों में स्थित थे अर्थात् लक्षणों के जीनों में सहलग्नता का अभाव था।

मटर के सभी सातों लक्षणों के विर्पयासी रूपों में प्रभाविता पाई गई। मेंडल के अध्ययनों में प्रत्येक लक्षण एक जीन द्वारा नियंत्रित था। प्रत्येक जीन के दो वैकल्पिक रूप, जो एक ही लक्षण के विपर्यासी रूप उत्पन्न करते हैं, उन्हें विकल्पी (अलील) कहते हैं इन विकल्पियों में एक प्रभावी तथा दूसरा अप्रभावी होता है। किसी लक्षण के लिए जीव में एक जीन की दो प्रतियाँ उपस्थित होती है। जब एक जीन की केवल एक विकल्पी की ही दो प्रतियाँ उपस्थित हों तो ऐसे जीव को समयुग्मजी कहते हैं। परन्तु जब किसी जीव में उपस्थित एक जीन की दोनों विकल्पी उपस्थित हों तो उसे विषमयुग्मजी कहते हैं। किसी जीव के किसी लक्षण या कई लक्षणों के लिए उपस्थित जीनों एवं उनके विकल्पियों को उस पौधे का जीन प्ररूप कहते हैं लेकिन उस जीव के बाहरी स्वरूप अथवा उसमें दिखने वाले लक्षण या लक्षणों को उसका लक्षण प्ररूप कहते हैं।

प्रश्न :

1. आनुवंशिकी का जनक कहा गया है :
   (क) हूगो डी व्रीज को
   (ख) मेंडल को
   (ग) कार्ल कोरेंस को
   (घ) एरिक वॉन शर्माक को
2. परीक्षार्थ संकरण संतति में जीनप्ररूप व लक्षणप्ररूप अनुपात होता है :
   (क) 3 : 1
   (ख) 1 : 2 : 1
   (ग) 1 : 1
   (घ) 2 : 1
3. जीन प्ररूप को परिभाषित कीजिए ।
4. विकल्पी किसे कहते हैं?
5. मेंडल ने अपने अध्ययन के लिए मटर के पौधे को ही चुना। क्यों?
6. मेंडल अपने प्रयोगों में सफल रहा। कारण स्पष्ट कीजिए।
7. मेंडल द्वारा मटर पर किए गए लक्षणों को सूचीबद्ध कीजिए।
8. मेंडल के स्वतंत्र अपव्यूहन के नियम को परिभाषित कीजिए तथा दो जीन की वंशागति का सविस्तार वर्णन कीजिए।
9. मेंडल द्वारा किए गए एकल संकर संकरण की वंशागति को सविस्तार समझाइए तथा इसके आधार पर प्रतिपादित नियम को परिभाषित कीजिए।