ZO-02

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

कोशिका विज्ञान और आनुवांशिकी 2

बी.एससी. (प्रथम वर्ष)
प्राणि–शास्त्र

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

ZO - 02

कोशिका विज्ञान और आनुवांशिकी 2

पाठ्यक्रम अभिकल्प समिति

अध्यक्ष

प्रोफेसर (डॉ.) नरेश दाधीच
कुलपति
वर्धमान कोटा खुला विश्वविद्यालय, कोटा

विषय समन्वयक

प्रो. ए.एल. भाटिया
प्राणी-शास्त्र विभाग
राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर

सदस्य सचिव / समन्वयक

डॉ. अशोक शर्मा
सह आचार्य, राजनीति विज्ञान
वर्धमान कोटा खुला विश्वविद्यालय, कोटा

सदस्य

1. प्रो. डी.के. भट्ट
   पूर्व विभागाध्यक्ष, प्राणी- शास्त्र विभाग
   एम.एल. सुखाडिया विश्वविद्यालय, उदयपुर
2. प्रो. ओ.पी. अग्रवाल
   विभागाध्यक्ष, प्राणी-शास्त्र विभाग
   जीवाजी विश्वविद्यालय, ग्वालियर (म.प्र.)
3. प्रो. प्रदीप भटनागर
   पूर्व विभागाध्यक्ष, प्राणी-शास्त्र विभाग
   राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर
4. डॉ. अजय वर्मा
   विभागाध्यक्ष, प्राणी-शास्त्र विभाग
   राजर्षि शासकीय महाविद्यालय, अलवर (राजस्थान)
5. डॉ. मदन लौरी
   प्राणी-शास्त्र विभाग, राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर
6. डॉ. एस.सी. जोशी
   प्राणी-शास्त्र विभाग, राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर
7. डॉ. प्रीति गुप्ता
   प्राणी-शास्त्र विभाग,वैदिक कन्या महाविद्यालय, जयपुर
8. डॉ. एस. तायल
   प्राणी-शास्त्र विभाग, अग्रवाल पी.जी. महाविद्यालय, जयपुर

सम्पादन एवं पाठ लेखन

सम्पादक

प्रो. संतोष कुमार
पूर्व कुलपति, सागर व भोपाल विश्वविद्यालय
20-B, SBI कालोनी, जोन-II, एम.पी.नगर, भोपाल - 462011

लेखक

1. डॉ. एस. तायल
   प्राणी-शास्त्र विभाग
   अग्रवाल पी.जी. महाविद्यालय, जयपुर (राज.)
2. प्रो. ए.एल. भाटिया
   प्राणी -शास्त्र विभाग, राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर (राज.)
3. डॉ. मंजुलता
   प्राणी -शास्त्र विभाग, एम.जे.एस. कॉलेज, भरतपुर (राज.)
4. डॉ. ए.एस. अंसारी
   प्राणी-शास्त्र विभाग, राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर (राज.)
5. डॉ. अजय वर्मा
   विभागाध्यक्ष, प्राणी -शास्त्र विभाग
   राजर्षि शासकीय महाविद्यालय, अलवर (राज.)

पाठ्यक्रम निर्देशन एवं उत्पादन

निदेशक (अकादमिक)

प्रोफेसर (डॉ.) अनाम जेटली
वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय,कोटा

निदेशक (सामग्री उत्पादन एवं वितरण)

प्रोफेसर (डॉ.) पी.के. शर्मा
वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय,कोटा

सर्वाधिकार सुरक्षित : इस सामग्री के किसी भी अंश को वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा की लिखित अनुमति के बिना किसी भी रूप में 'मिमियाग्राफी'(चक्रमुद्रण) के द्वारा या अन्यथा पुनः प्रस्तुत करने की अनुमति नहीं है।

प्रस्तावना

प्रस्तुत पुस्तक "**कोशिका विज्ञान एवं आनुवांशिकी**" वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा द्वारा प्रस्तावित पाठ्यक्रमानुसार बी.एससी. भाग प्रथम के प्राणी-शास्त्र द्वितीय प्रश्न-पत्र के अध्ययन अध्यापन हेतु सृजित की गई है। पुस्तक की भाषा-शैली को सरल, रोचक एवं सुग्राह्य बनाने का अथक प्रयास किया गया है। आवश्यकतानुसार समानार्थी अंग्रेजी शब्द, फ़्लोचार्ट,नामांकित चित्र एवं सारणियाँ भी दी गई है। पुस्तक की विभिन्न इकाइयों को विद्वान लेखकों द्वारा लिखा गया है। लेखकों ने पुस्तक को तथ्यपरक बनाने के लिए प्रामाणिक ग्रन्थों की सहायता प्राप्त की है तथा इन रचयिताओं के लिए कृतज्ञतापन इन पंक्तियों के माध्यम से प्रस्तुत है। इसकी रचना करते समय यथासंभव यह भी प्रयत्न किया गया है कि यह पुस्तक विद्यार्थियों के लिए प्रतियोगी परीक्षाओं हेतु भी सही मार्गदर्शन प्रदान करने में सहायक हो।

पुस्तक को अधिक उपयोगी एवं प्रमाणिक बनाने हेतु प्रबुद्ध पाठकों एवं जागरूक विद्यार्थियों के रचनात्मक सुझाव सादर आमंत्रित है।

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

कोशिका विज्ञान और आनुवांशिकी

इकाई सं.	इकाई	पृष्ठ सं.
9.	न्यूक्लिक अम्ल (Nucleic Acid)	6–43
10.	आनुवांशिक कूट और अनुवादन (Genetic Code and Translation)	44–69
11.	प्रजनन में कोशिका (Cell in Reproduction)	70–82
12.	अर्धसूत्री विभाजन (Meiosis)	83–101
13.	मेंडलवाद (Mendelism)	102–126
14.	गुणसूत्रीय उत्परिवर्तन (Chromosomal Mutations)	127–147
15.	सहलग्नता, विनिमय एवं गुणसूत्र चित्रण (Linkage, Crossing-over and Chromosom Mapping)	148–165
16.	आनुवांशिक आन्योन्य क्रिया (Genetic Interaction)	166–189
17.	कोशिकाद्रव्यी वंशागति (Cytoplasmic Inheritance or Extra Nuclear Inheritance)	190–199

इकाई 9 : न्यूक्लिक अम्ल (Nucleic Acid)

इकाई संरचना (Outline of Units)

9.0 उद्देश्य (Objectives)

9.1 प्रस्तावना (Introduction)

9.1.1 न्यूक्लिओटाइड (Nucleotide)

9.1.2 न्यक्लिओसाइड (Nucleoside)

9.1.3 न्यूक्लिक अम्लों के प्रकार (Types of Nucleic Acids)

9.2 डी.एन.ए. (D.N.A)

9.2.1 डी.एन.ए. की संरचना (DNA Structure)

9.2.2 बहुरुपता (A, B, और Z प्रकार) (A,B, and Z Forms)

9.2.3 डी.एन.ए. की पुनरावृत्ति (Replication of DNA)

9.2.4 मेसेल्सन और स्टाहल के प्रयोग (Experiments of Meselson and Stahl)

9.2.5 डी.एन.ए. संश्लेषण के एन्जाइम (Enzymes of DNA Synthesis)

9.2.6 जीवाणुओं में डी.एन.ए. पुनरावृत्ति (DNA Replication in Bacteria)

9.2.7 यूकैरियोट्स में डी.एन.ए. की पुनरावृत्ति (DNA Replication in Eukaryotes)

9.2.8 डी.एन.ए. सुधार (DNA Repair)

9.3 आर.एन.ए. (R.N.A)

9.3.1 आर.एन.ए. संरचना (RNA Structure)

9.3.2 आर.एन.ए. के प्रकार (Types of RNA)

9.3.3 अनुलेखन (Transcription)

9.4 सारांश (Summary)

9.5 शब्दावली (Glossary)

9.6 संदर्भ ग्रन्थ (Further Readings)

9.7 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answer to Self-assessment Question)

9.8 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

9.0 उद्देश्य : (Objectives)

इकाई को पढने के बाद आप :

- न्यक्लिओटाइड और न्यू।क्तओसाइड में अन्तर समझ सकेंगे।
- डी.एन.ए. की संरचना जान सकेंगे।
- डी.एन.ए की बहुरूपता (A, B और Z) को पहचान सकेंगे।
- डी.एन.ए. की पुनरावृत्तिकी व्याख्या कर सकेंगे।
- आर.एन.ए. की संरचना, प्रकार तथा अनुलेखन समझ सकेंगे।

9.1 प्रस्तावना (Introduction)

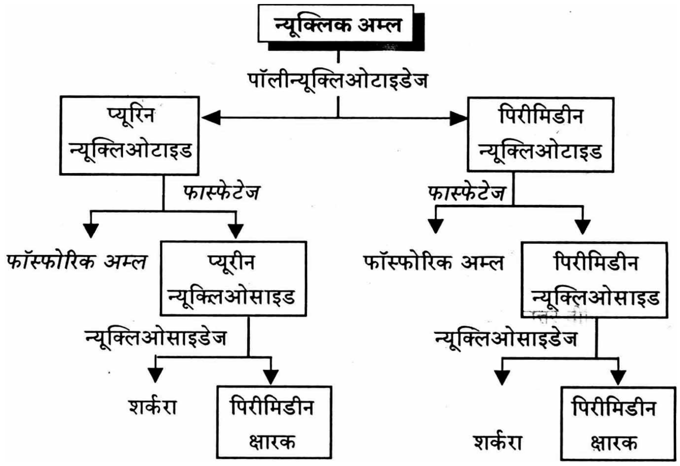
आनुवंशिक तंत्र में पाये जाने वाले न्यूक्लिक अम्ल उच्च कार्बनिक बहुलक हैं। इनमें न्यूक्लिइओटाइड दोहरायी जाने वाली इकाइयाँ हैं। न्यूक्लिक अम्ल जीवित कोशिका के नियत घटक हैं और ये प्रोटीन संश्लेषण को नियन्त्रित करते हैं तथा वंशानुगत को निर्धारित करते हैं। ये विशाल अणु हैं।

न्यूक्लिक अम्लों की खोज सन् 1869 में स्विस जैव - रसायनज्ञ फ्रेड्रिक मिशर (Freidrick Miescher) (चित्र 9.1) ने की तथा हाल ही यह निश्चित रूप से प्रमाणित हो चुका है कि आनुवंशिक सूचनाएँ (genetic information,) कोशिकाओं के
न्यूक्लिक अम्लों में ही संचित होती हैं।

चित्र 9.1 : फ्रेड्रिक मिशर

पी. ए. लेविन (P.A. Lavin, 1931) के अनुसार न्यूक्लिक अम्ल - राइबोज न्यूयलइक अम्ल (Ribose Nucleic Acid ,RNA) एवं डिआक्सीराइबोज न्यूक्लिक अम्ल (Deoxyribose Nucleic Acid,DNA)) प्रकार की होती हैं।

न्यूक्लिक अम्ल के विभिन्न घटक चित्र 9.2 में स्पष्ट किये गये हैं।



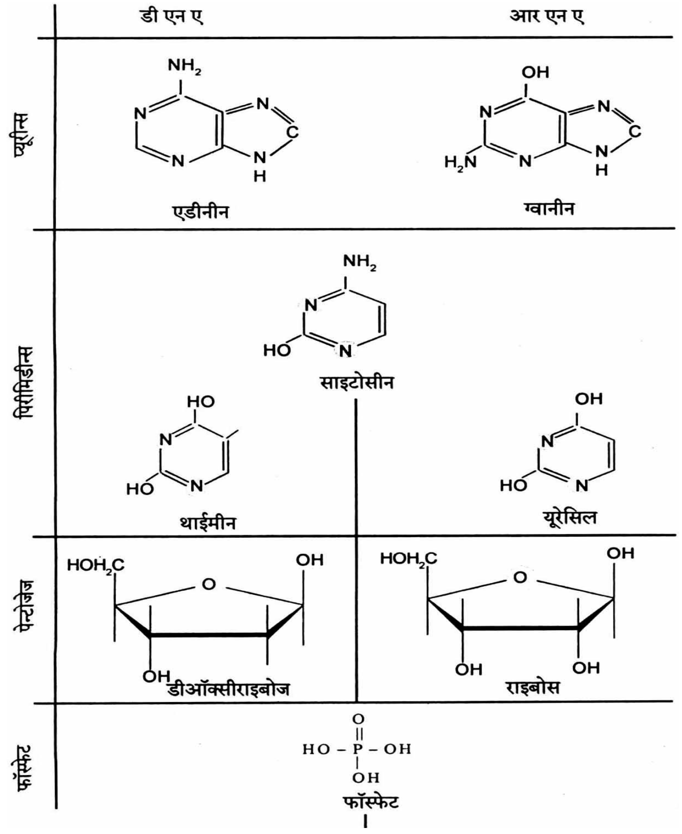
चित्र 11.2 : न्यूक्लिक अम्ल के घटक

9.1.1 न्यूक्लिओटाइड (Nucleotide)

एक न्यूक्लिकओटाइड के जटिल अणु में तीन प्रकार की उपइकाइयाँ होती हैं - एक फॉस्फेट समूह (phosphate group), एक पेन्टोज शर्करा (pentose sugar) और एक नाइट्रोजन क्षारक (nitrogen base)। फॉस्फेट समूह फॉस्फोरिक अन्त (phosphoric acid - H_3PO_4) का व्युत्पन्न है। यह कई कार्बनिक फॉस्फेट बनाता है। पेन्टोज शर्करा के एक अणु में पाँच कार्बन परमाणुओं के साथ दूसरे समूह संयुक्त हैं। एक न्यूक्लिओटाइड में दो पेन्टोज शर्कराओं में से केवल एक होती है, जैसे राइबोस (ribose) अथवा डीऑक्सीराइबोज (deoxyribose)। राइबोस शर्करा में डीऑक्सीराइबोस शर्करा से ऑक्सीजन का एक परमाणु अधिक होता है, जो दूसरे कार्बन परमाणु पर स्थित होता है, जैसे H - C - OH व H-C-H समूह राइबोस व डीऑक्सीराइबोस में होते हैं। नाइट्रोजन क्षारक दो प्रकार के होते हैं- (1) पिरीमिडीन्स (pyrimidines) एक् वलय के यौगिक हैं, जबकि (2) प्यूरीन्स (purines) में दो वलय (rings) हैं।

एडीनीन (adenine) एवं ग्वानीन (guanine) जिन्हें क्रमश A एवं G द्वारा निरुपित करते हैं, प्यूरीन्स की श्रेणी में आते हैं। थाईमीन (thymine), साइटोसीन (cytosine) एवं यूरेसिल (uracil) को क्रमश T,C एवं C द्वारा दर्शाया जाता हैं।

चित्र 9.3 में पेन्टोज शर्कराओं व नाइट्रोजनी क्षारकों के संरचना सूत्र दर्शाए गए हैं।



चित्र 9.3 : पेन्टोज शर्करा तथा नाइट्रोजनी क्षारकों के संरचनात्मक सूत्र

9.1.2 न्यूक्लिओसाइड (Nucleoside)

एक नाइट्रोजन क्षारक व एक पेन्टोज के संयोग से बना यौगिक न्यूक्लिओसाइड (Nucleoside) होता है, जैसे- एडीनीन + राइबोस ऐडेनोसीन। कोई भी न्यूक्लिओसाइड अपने शर्करा सिरे पर एक फॉस्फेट समूह से संयोग कर एक न्यूकलइओटाइड बनाता है - ऐडिनोसीन + एक् फॉस्फेट समूह (P) AMP (ऐडीनोसीन मोनोफॉस्फेट या ऐडेनिलिक अस्त या एडेनीन राइबोटाइड)! राइबोस या डीऑक्सीराइबोस पेन्टोज शर्करा के आधार पर एक प्राणी कोशिका न्यूकलइओटाइडों की दो भिन्न श्रृंखला बनाती हैं। प्रत्येक श्रृंखला में नाइट्रोजन क्षार के आधार पर चार प्रकार के न्यूक्लिओटाइड होते हैं यूरेसिल क्षार केवल राइबोस श्रृंखला में तथा थाइमिन डीऑक्सीराइबोस श्रृंखला में होते हैं तथा एडेनीन, ग्वानीन व साइटोसिन दोनों श्रृंखला में होते हैं।

डी.एन.ए. के न्यूक्लिओसाइड्स (Nucleoside of DNA) :

	नाइट्रोजन क्षारक (Nitrogen Base)		शर्करा (Sugar)		न्यूक्लिओसाइड्स (Nucleosides)
1.	एडिनीन (Adenine)	+	डीऑक्सीराइबोस शर्करा	$\rightarrow$	डीऑक्सीएडीनोसिन (Deoxyadenosine)
2.	गुवानीन (Guanine)	+	डीऑक्सीराइबोस शर्करा	$\rightarrow$	डीऑक्सीग्वानोसीन (Deoxyguanosine)
3.	थाईमीन (Thymine)	+	डीऑक्सीराइबोस शर्करा	$\rightarrow$	डीऑक्सीथायेमिडीन (Deoxythymidine)
4.	साइटोसीन (Cytosine)	+	डीऑक्सीराइबोस शर्करा	$\rightarrow$	डीऑक्सीसाइटिडिन (Deoxycytidine)

डी.एन.ए. न्यूक्लिओटाइडस (Nucleotides' of DNA) :

	नाइट्रोजन क्षारक (Nitrogen Base)		शर्करा (Sugar)		फास्फोरिक अम्ल (Phosphoric acid)		न्यूक्लिओटाइड (Nucleotides)
1.	एडिनीन (Adenine)	+	डीऑक्सीराइबोस शर्करा	+	H_3PO_4	$\rightarrow$	डीऑक्सीएडीनोसिन (Deoxyadenosine)
2.	गुवानीन (Guanine)	+	डीऑक्सीराइबोस शर्करा	+	H_3PO_4	$\rightarrow$	डीऑक्सीग्वानोसीन (Deoxyguanosine)
3.	थाईमीन	+	डीऑक्सीराइबोस शर्करा	+	H_3PO_4	$\rightarrow$	डीऑक्सीथायेमिडीन

(Thymine) (Deoxythymidine)

4. साइटोसीन + डीऑक्सीराइबोस शर्करा + H_3PO_4 $\rightarrow$ डीऑक्सीसाइटिडिन

(Cytosine) (Deoxycytidine)

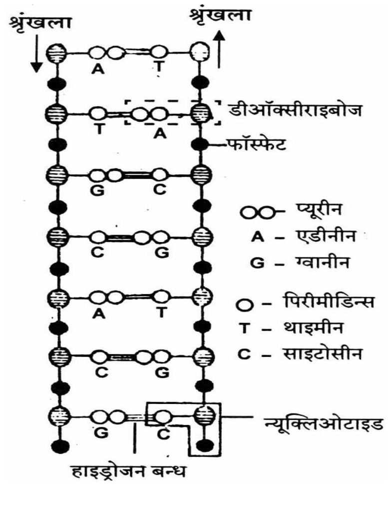
9.1.3 न्यूक्लिक अम्लों के प्रकार (Types Of Nucleic Acids)

राइबोस या डीऑक्सीराइबोस नामक पेन्टोज शर्कराओं की न्यूक्लिओटाइडों की उपस्थिति के अनुसार दो प्रकार के न्यूक्लिक अम्ल होते हैं- **राइबोन्यूक्लिक अम्ल (RNA) व डीऑक्सीराइबोस न्यूक्लिक अम्ल** (DNA)। यहाँ न्यूक्लिकओटाइड इकाइयाँ एक इकाई के शर्करा भाग व दूसरी के फॉस्फेट समूह के मध्य बने बन्ध द्वारा जुड़ी हैं। इस तरह से बने शर्करा व फॉस्फेट की शृंखला में नाइट्रोजन क्षार पार्श्व शृंखलाएँ बनाते हैं। RNA के अणु छोटे होते हैं जिनमें एक से तीन शृंखलाएँ होती हैं, जिनमें शर्करा व फॉस्फेट समूह एक के बाद एक संयोग कर आधार श्रृंखला बनाते हैं। DNA अणु विशाल आकार के होते हैं तथा केवल दो श्रृंखला के बने होते हैं। न्यूक्लिक अम्ल रेशाकार अणु हैं, जिनकी लम्बाई उनके व्यास से अधिक होती है। ये केन्द्रक व साइटोप्लास्म के आवश्यक यौगिक है।

9.2 डी.एन.ए. (DNA)

9.2.1 डी.एन.ए. संरचना (DNA Structure)

DNA का **वाटसन** व **क्रिक** (Watson and Crick) का मॉडल **(चित्र 9.4)** जीव-रासायनिक तथ्यों व एक्स-किरण विश्लेषण पर आधारित है **(चित्र 9.5)**। DNA अणु में दो दक्षिणावर्ती, लम्बी, समानान्तर, सर्पिलाकार बहुन्यूक्लिइओटाइडों की श्रृंखलाएँ एक दोहरी हेलिक्स (helix) या स्प्रिंग की तरह एक दूसरी के साथ बल खाए हुए हैं। ये दोनों श्रृंखलाएँ प्रतिसमान्तर (antiparallel) होती हैं।

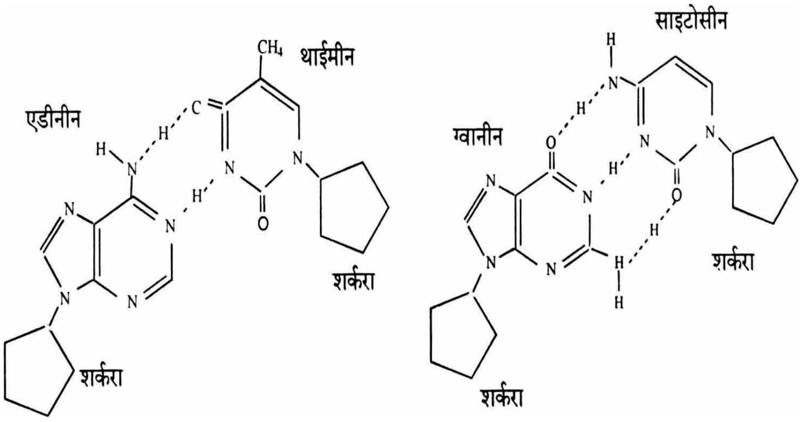


चित्र 9.4 : DNA के अणु के एक भाग का प्रतीकात्मक निरुपण।

कुंजी : A-एडीनीन, C-साइटोसीन, G-ग्वानीन, T-थाइमीन

एक हेलिक्स की एक सीढ़ी के साथ तुलना की जा सकती है। दुहरी हेलिक्स की दो श्रृंखलाओं के मध्य

अनुप्रस्थ बन्ध अथवा सेतु केवल प्यूरीन्स तथा पिरिमिडिन्स के ही बन सकते हैं, क्योंकि इन श्रृंखलाओं के बीच दो प्यूरिन्स के लिए पर्याप्त स्थान नहीं है तथा दो पिरिमिडिन्स के लिए यह स्थान बहु त अधिक है। चित्र 9.5 के अनुसार एडीनीन-थाईमीन जोड़ी दो हाइड्रोजन बन्धों द्वारा व ग्वानीन- साइटोसीन जोड़ी तीन हाइड्रोजन बन्धों द्वारा बनती है। इस तरह A=T, C ≡ G की समानता एक दोहरी हेलिक्स में सम्भव है और इस बनी हुई दोहरी हेलिक्स की सीढ़ियाँ रासायनिक विशेषताएँ है A=T, C ≡ G की समानता को विशेष रूप से दर्शाती हैं। हेलिक्स का प्रत्येक मोड़ लगभग 34 A° लम्बा होता है। इसमें न्यूक्लिकओटाइडस के 10 युगल होते हैं जो नियमित क्रम से 3.4 Å की दूरी पर होते हैं। DNA हेलिक्स की पूरी लम्बाई में एक संकीर्ण खाँच (narrow groove) क्रमिक अणुओं के बीच की दूरी तथा चौड़ी खाँच (broad groove) क्रमिक परिवर्तनों के बीच के द्विकस्थान को निरुपित करती है। द्विकुण्डली (double helix) का व्यास 20 Å होता है (चित्र 9.6)।

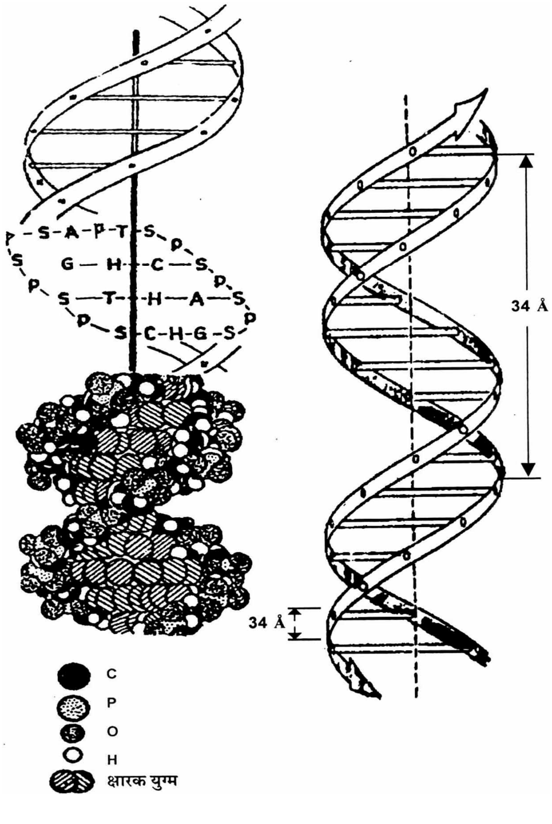


चित्र 9.5 : एडिनीन व थाइमिन की विशिष्ट जोड़ी दो हाइड्रोजन बन्धों द्वारा तथा ग्वानिन व साइटोसिन की तीन हाइड्रोजन बन्धों द्वारा जुड़ी होती हैं।

न्यूक्लिकओटाइड के फॉस्फोरिक अम्ल का अणु एस्टर बन्ध (ester bond) द्वारा डीऑक्सीराइबोज अणु के 5 वें कार्बन परमाणु से जुड़ा रहता है। संलग्न न्यूक्लिओटाइड्स एक न्अक्लइओटाइड के फॉस्फेट अणु तथा दूसरे के शर्करा अणु के बीच फॉस्फोडाइएस्टर बॉण्ड (phosphodiester bond) द्वारा परस्पर जुड कर एक शर्करा - फास्फे ट - शर्क रा श्रृंखला बनाते हैं। यह पॉलीन्यूक्लिओटाइड श्रृंखला (polynucleotide chain) कहलाती है। फॉस्फेट अणु अगले न्यूक्लिकओटाइड के डीऑक्सीराइबोस के तीसरे कार्बन परमाणु से जुड़ा रहता है। नाइट्रोजनी क्षारक डीऑक्सीराइबोज के प्रथम कार्बन परमाणु से जुड़ा रहता है। पॉलीन्यूक्लिओटाइड श्रृंखला के एक सिरे की शर्करा का C - 3 तथा दूसरे सिरे की शर्करा का C - 5 किसी भी न्यूक्लिकओटाइड से नहीं जुड़ते। इन्हें 3' तथा 5' सिरे कहते हैं।

वॉटसन व क्रिक (Watson and Crick) के अनुसार DNA अणु में एसी दोनों पॉलीन्यूक्लिकओटाइड श्रृंखलाएँ एक दूसरे के विमुख दिशा में इस प्रकार से विन्यासित होती हैं कि एक का 3' सिरा दूसरी के 5' सिरे के साथ स्थित होता है।

एक्स -क्रोमोसोम में 4 $\times$ 10^9, न्यूक्लिओटाइड जोड़ियाँ हैं। यहाँ AT, TA, CG व GC जेनिटिक वर्णमाला के चार प्रतीक (चिन्ह) हैं और इनकी सहायता से किसी भी लम्बाई का वाक्य किसी भी क्रम में, जब भी आवश्यक हो, बनाया जा सकता है और इसलिए विभिन्न संरचना के DNA अणुओं की सम्भावित संख्या प्रायोगिक रूप से अनिर्धारित है। कोर्नबर्ग (Kornberg) ने देखा कि कई प्रकार के बैक्टीरिया में केवल DNA होता है तथा RNA अनुपस्थित होता है। बैक्टीरिया में अतिशुद्ध DNA विशेष आनुवंशिक (जेनेटिक) परिवर्तन लाती है। यह परिवर्तन इस बात का प्रमाण है कि DNA जेनेटिक सूचना ले जा सकता है। DNA संश्लेषण के लिए डीऑक्सीराइबोस शर्करा तथा चार प्रकार के न्यूक्लिओटाइड आवश्यक हैं। यहाँ A,G,C तथा T न्यूक्लिओटाइडस में से किसी एक की अनुपस्थिति में DNA का संश्लेषण नहीं हो सकता। प्राकृतिक **बहुलकीकरण (polymerization)** के लिए प्राकृतिक DNA, चाहे थोड़ी मात्रा में हो, उसका होना आवश्यक है। प्राकृतिक DNA कृत्रिम DNA का संश्लेषण व द्विगुणन (replication) प्रारम्भ करता है।

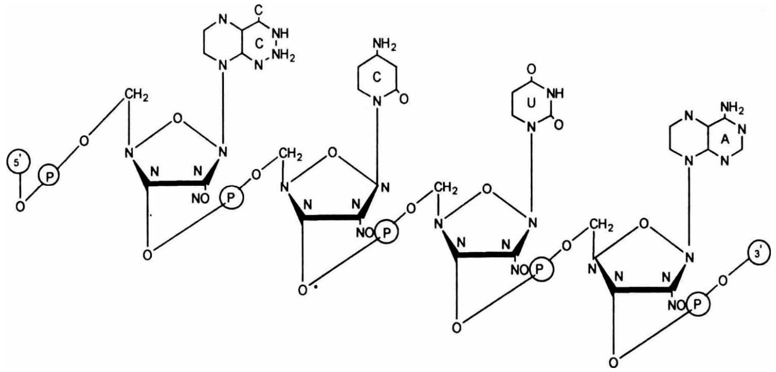


चित्र 9.6 : वॉटसन व क्रिक का DNA: मॉडल

9.2.2 बहुरूपता (A, B और Z प्रकार) (A, B and Z Forms)

वील्किंन्स एवं साथियों (Wilkins and Colleagues) द्वारा 1950 के दशक में अपनायी गयी X-ray डिफ्रेक्शन तकनीक एवं 1970 के दशक में उपयोग में लायी गयी नवीनतम खोजों ने स्पष्ट कर दिया है कि DNA सूत्र तीन विभिन्न रूपों में देखा जा सकता है। ये प्रारूप क्रमश: A, B एवं Z DNA कहलाते

हैं। इन तीनों प्रारूपों के सामान्य लक्षण सारणी में दर्शाए गए हैं। DNA की संरचना मुख्यत: खास परिस्थितियों जैसे सापेक्ष आर्द्रता (relative humidity), लवण की मात्रा (salt content) एवं क्षारकों के निर्माण (base composition) पर निर्भर करती है। प्रमुख अन्तर, प्रत्येक कुण्डली में क्षारों की संख्या, DNA हेलिक्स में क्षारकों के विन्यास एवं हेलिक्स के पिच (pitch) में निहित रहता है। वॉटसन एवं क्रिक (Watson and Crick) द्‌वारा प्रतिपादित DNA का मॉडल DNA के B प्रारूप के समकक्ष है। इसे DNA का दक्षिणावर्ती प्रारूप (right handed model) भी कहते हैं। इसकी सापेक्ष आर्द्रता 92% एवं पिच (pitch) -3.4 nm होती है तथा प्रत्येक मोड़ (turn) में10 क्षारक होते हैं। DNA का A प्रारूप सोडियम (sodium) अथवा पोटेशियम (potassium) के घोल में 75% सापेक्ष आर्द्रता पर स्थिर रहता है। इनके क्षारक सीधे क्रम में विन्यासित न होकर DNA कुण्डली में कुछ टेढ़े स्थित रहते हैं। हेलिक्स का पिच 2.8nm - होता है एवं प्रति मोड में 11 क्षारक पाए जाते हैं। DNA के A प्रारूप की संरचना घोल में बनाए गए DNA - RNA संकर (DNA-RNA hybrid) के समान होती है।



चित्र 9.7 : पॉलीन्यूक्लिओटाइड के निर्माण में दो न्यूक्लिओटाइड्स के बीच द्‌विएस्टर बन्ध (diester bond) का निर्माण।

B-DNA की अपेक्षा Z-DNA का व्यास 18 Å होता है तथा इसके प्रत्येक हेलिक्स में 12 नाइट्रेजनी क्षारक अर्थात् 6 डाईन्यूक्लिओटाइड युग्म (dinucleotide pairs) होते हैं तथा इसकी लम्बाई 44.6 Å होती है जिसमें B-DNA के 13 क्षारक युग्म समा सकते हैं। Z-DNA में स्पष्ट चौड़ी अर्थात् बृहत् खाँच (major groove) का अभाव होता है परन्तु संकीर्ण खाँच (narrow groove) अधिक गहरी होती है। वास्तव में वाँग एवं साथियों (Wang and Colleagues) ने सन् 1979 में X-ray डिफ्रेक्शन तकनीक का प्रयोग करते हु ए Z-DNA की संरचना स्पष्ट की। साइटोसीन (cytosine) एवं ग्वानोसीन (guanosine) अवयवों के एकान्तरित क्रम में विन्यासित होने के कारण यह रचना B-DNA के समान वामावर्ती (right handed) न होकर दक्षिणावर्ती (left handed) प्रारुप में दिखाई देती है। शर्करा (शुगर) एवं फॉस्फेट (phosphate) की श्रृंखला टेढ़े - मेढ़े (zig -zag) रुप में पायी जाती है, इसलिए इसको Z-DNA के नाम से जाना जाता है। इसके नाइट्रोजनी क्षारक सीधे एक के ऊपर एक स्थित न होकर, पार्श्व में 7Å से प्रतिस्थापित होते हैं।

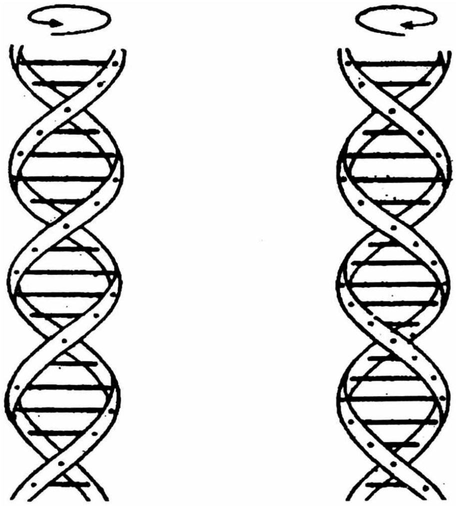
Z-DNA का कार्य शायद आनुवंशिक नियन्त्रण प्रणाली से सम्बन्धित है।

Z-DNA और B-DNA में निम्न अन्तर पाए गए हैं-

(i) Z-DNA दक्षिणावर्ती (left handed) हैलिकल संरचना है जबकि B-DNA वामावर्ती (right handed) स्वस्थ है **(चित्र 9. 8)।**

(ii) Z-DNA में फॉस्फेट शृंखला टेढ़ा - मेढ़ा (zig-zag) मार्ग अनुसीरत करती है जबकि B-DNA में यह नियमित होती है।

(iii) Z-DNA में शर्करा अवशेष (residue) एकान्तर (alternating) घुमाव दर्शाते हैं जिसके कारण पुनरावर्ती इकाई (repeating unit) एक डाईन्यूक्लिओटाइड है जबकि B-DNA में यह इकाई के मोनो डाईन्यूक्लिओटाइड होती है तथा शर्करा अणुओं का घुमाव एकान्तर नहीं होता है।



चित्र 9.9: दो हैलिसिज, एक वामावर्ती स्वरूप जैसे कि B-DNA में पाया जाता है तथा दूसरा दक्षिणावर्ती स्वरूप जैसे कि Z-DNA में पाया जाता है।

(iv) Z-DNA में एक पूर्ण हेलिक्स 45 Å होती है जबकि यह B-DNA में 34 Å होती है।

(v) Z-DNA में प्रति हेलिक्स 12 बेस पेयर (base pair) पाए जाते है और प्रति एक पुनरावर्ती इकाई (repeating unit) में धुमाव (twist) का कोण 60Å होता है जबकि B-DNA में 10 बेस पेयर (base pair)) पाए जाते हैं और घुमाव का कोण 36 Å होता है।

सारणी : DNA की दुहरी हैलिकल (double helical) रचनाओं के कई स्वरूप

हेलिक्स का स्वरूप (Helix type)	**अवस्थाएँ (Condition)**	**बेस जोड़े प्रति मोड़ (Base pairs per turn)**	**घुमाव प्रति बेस जोड़े (Rotation per base pair)**	**वर्टिकल चढ़ाव प्रति एक बेस जोड़ी (Vertical rise per base pair)**	**हेलिकल व्यास (Helical diameter)**
A		11	+32.7° दाहिने हाथ right handed	2.56	23Å
B	75% आपेक्षिक	10	+36.0° दाहिने	3.38 Å	19 Å

	आर्द्रता;Na^+,K^+ Cs^+ions		हाथ right handed 3.38 Å		
C	92% आपेक्षिक आर्द्रता; कम आयनिक बल(low Ionic strength)	2.33	+38.6° दाहिने हाथ right handed	3.32 Å	19Å
D	92% आपेक्षिक आर्द्रता(Relative Humidity)Li^+ ions लवण की मात्रा बहुत अधिक	12	+38.6° दाहिने हाथ (right handed)	3.71 Å	18 Å

निम्न सारणी में B-DNA व Z-DNA के हेलिसिज (Helices) में तुलनात्मक बिन्दु दर्शाये गये हैं

सारणी : B-DNA व Z-DNA के हेलिसिज का तुलनात्मक विवरण

विवरण	B-DNA	Z-DNA
हेलिक्स (Helix)	दाहिने हाथ (right handed)	वाले बाँए हाथ वाले(left handed)
अवशेष प्रतिमोड़	10	12(Dimers)
व्यास	~20 Å	~ 18 Å
बेस जोड़ों का झुकाव	6°	7°
अवशेष का प्रतिघुमाव	36°	60° (per dimer)

9.2.3 डी.एन.ए. की पुनरावृत्ति (Replication of DNA)

वॉटसन एवं क्रिक (Watson and Crick) ने DNA पुनरावृत्ति की एक सरल विधि प्रस्तुत की हैं:

(1) प्रत्येक DNA अणु अपनी स्वयं की संरचना को फर्मे अर्थात् टेम्पलेट (template) के रूप में उपयोग में लाता है और अपने निकट के वातावरणीय आधार से पुनरावृत्ति के लिए आवश्यक पदार्थों का संग्रह कर लेता है।

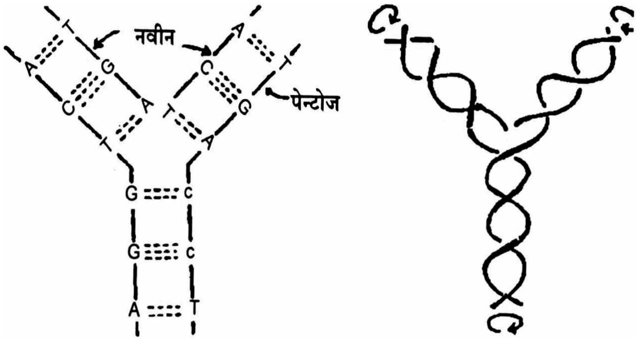
(2) DNA की दोनों लड़ियाँ अथवा मूल श्रृंखलाएँ अर्थात् स्ट्रेण्ड एक दूसरे के पूरक होते हैं तथा पुनरावृत्ति के समय दोनों स्ट्रेण्ड आवेष्टित (untwist)होकर अलग हो जाते हैं।

(3) यह क्रिया एक सिरे से शुरू होती है और न्यूक्लिओटाइड्स के नाइट्रोजन क्षारकों के बीच हाइड्रोजन बन्ध (hydrogen bond) टूटते चले जाते हैं।

(4) क्षार युग्मन की विशिष्टता के आधार पर, पृथक हुई दोनों श्रृंखलाओं के प्रत्येक न्यूक्लिओटाइड कोशिका द्रव्य में से अपने पूरक न्यूक्लिओटाइड को आकर्षित करता है।

(5) एक बार जब न्यूक्लिओटाइड अपने हाइड्रोजन बन्धों द्वारा अपने सम्मुख स्थित न्यूक्लिओटाइड से जुड़ जाते हैं तब बहुलकीकरण (polymerization) की क्रिया के पश्चात् एक पूरी पॉलीन्यूक्लिओटाइड श्रृंखला एक साँचे की भाँति अपनी नयी पूरक श्रृंखला (complimentary

chain) का निर्माण करती है। **(चित्र 9.9 व 9.10)।**



चित्र 9.9 : DNA की पुनरावृत्ति

(6) ये दोनों श्रृंखलाएँ एकसमान होती हैं और जनक श्रृंखला का प्रतिरूप होती हैं। प्रत्येक कुण्डलिनी की नयी श्रृंखला में एक श्रृंखला नयी एवं दूसरी पुरानी होती है।

(7) इस प्रकार पुनरावृत्ति के समय DNA अणु का अर्धभाग परिरक्षित रहता है। अत: पुनरावृत्ति की यह विधि अर्ध संरक्षी (semi conservative) प्रकार की कहलाती है **(चित्र 9.9)।**

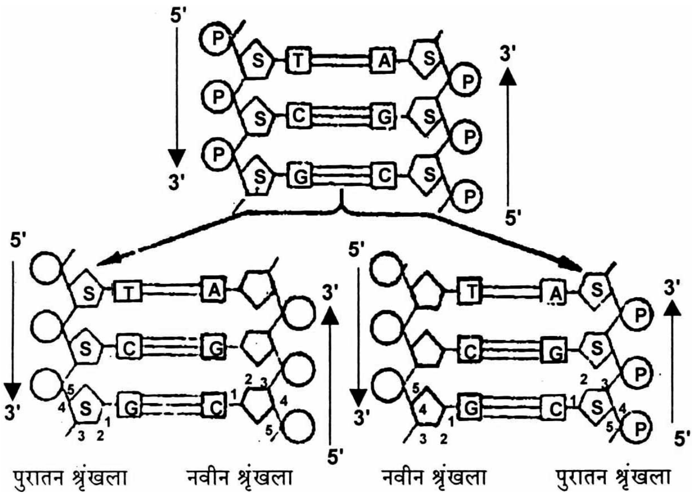
9.2.4 मेसेल्सन और स्टाहल के प्रयोग (Experiments of Meselson and Stahl)

सन् 1958 में मेसेल्सन एवं स्टाहल (Meselson and Stahl) के प्रयोगों ने DNA पुनरावृति (DNA replication) को अर्द्धसंरक्षी विधि को प्रमाणित किया। उन्होंने ई: कोलाई(E.coli) नामक जीवाणु (bacteria) की कई पीढ़ियों तक सामान्य N^{14} के स्थान पर भारी N^{15} युक्त संवर्धन माध्यम (culture medium) में संवर्धित किया। इस प्रकार इनके गुणसूत्रों में केवल N^{15} युक्त DNA ही पाया गया। N^{15} युक्त DNA कोशिकाओं को संवर्धन माध्यम से पृथक् कर अब इन्हें सामान्य N^{14} युक्त माध्यम में वृद्धि हेतु स्थानान्तरित कर दिया गया। एकल पुनरावृत्ति के उपरान्त, माध्यम से कुछ कोशिकाओं को अलग करने के उपरान्त इनके DNA का विश्लेषण किया गया। DNA के एक सूत्र (stand) में N^{15} एवं दूसरे में N^{14} विद्‌यमान था। इससे प्रमाणित हो गया कि DNA पुनरावृति अर्द्धसंरक्षी प्रकार की होती है अर्थात् DNA निर्माण एवं वृद्धि के प्रथम चक्र के उपरान्त सभी नव निर्मित DNA एक संकर (hybrid) की भाँति होते हैं जिनमें इनका पुराना सूत्र N^{15} युक्त एवं नव निर्मित सूत्र N^{14} युक्त होता है।

DNA पुनरावृत्ति के अन्य वाद:

1. **पीरक्षेपी विधि (Dispersive Model):** इस विधि के अनुसार DNA अणु पुनरावृत्ति के समय विखण्डित हो जाता है तथा ये खण्ड संतति शृंखलाओं (daughter strands) में अनियमित क्रम में विन्यासित होते हैं।
2. **संरक्षी विधि (Conservatives Mode):** यहाँ पर DNA अणु की दोनों श्रृंखलाएँ पुनरावृति के पश्चात्(एक साथ रहती हैं तथा संतति DNA अणु की दोनों श्रृंखलाएँ नये रूप से संश्लेषित होती हैं। इसी के अन्तर्गत अर्द्धसंरक्षी प्रकार को भी ले सकते हैं।

उपरोक्त दोनों विधियाँ ऐतिहासिक महत्व की ही रह गयी है क्योंकि प्रयोगों द्‌वारा अर्धसंरक्षी विधि प्रमाणित की जा चुकी है।



चित्र 9.10: डी.एन.ए. की पुनरावृत्ति : आण्विक प्रारूप

9.2.5 डी.एन.ए. संश्लेषण के एन्जाइम (Enzyme of DNA Synthesis)

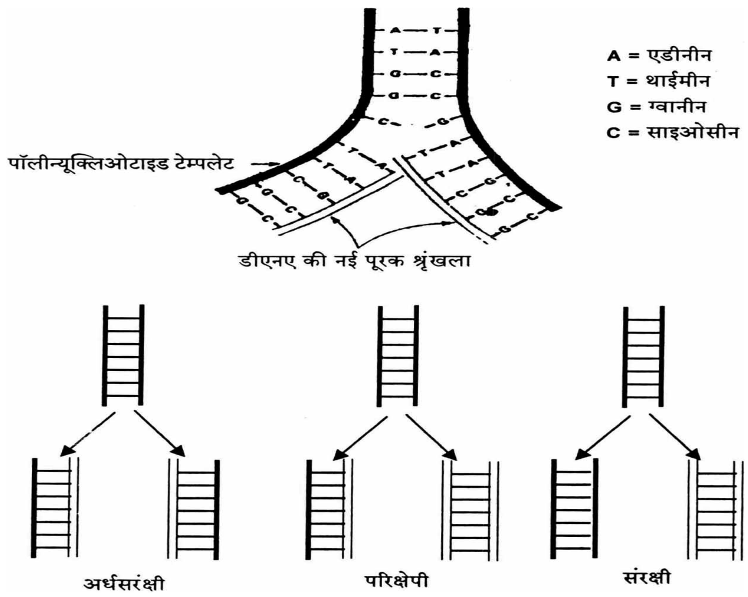
प्रोकैरियोटिक (prokaryotic) एवं यूकैरियोटिक (eukaryotic) कोशिकाओं में DNA के अणु पर क्रिया करने के लिए विभिन्न प्रकार के एन्जाइम ये हैं -

न्यूक्लिएज (nuclease), पॉलीमरेस (polymerase), लाइगेस (ligase),रेस्ट्रिक्शन एन्जाइम (restriction enzymes) सुवीलेजेज (swivelases) एवं अकुण्डलन एन्जाइम। unwinding enzymes)।

A. न्यूक्लिएज एन्जाइम (Nuclease Enzymes):

यह पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं को इनके न्यूक्लिओटाइड्स घटकों में तोड़ने का कार्य करता है। पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाएँ आपस में 3', 5' फॉस्फोडायस्टर बन्धों (phosphodiester bonds) द्वारा आपस में जुड़ी रहती हैं तथा न्यूक्लिएस एन्जाइम इन बन्धों के या तो 3' सिरे पर अथवा 5' सिरे पर क्रिया करता है। न्यूक्लिएस एन्जाइम दो प्रकार के हो सकते हैं-

(क) एक्सोन्यूक्लिएज एन्जाइम (Exonuclease Enzymes): वह न्यूक्लिएस एन्जाइम जो पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला के स्वतन्त्र सिरे पर क्रिया प्रारम्भ करता है, एक्सोन्यूक्लिएस कहलाता है। यह पॉलीपेप्टाड श्रृंखला पर अभिक्रिया कर धीरे - धीरे एक - एक न्यूक्लिओसाइड मोनोफॉस्फेट (nucleoside monophosphate) के अणु मुक्त करता है तथा इस प्रकार पूरे DNA बहुलक का पाचन करता है।



चित्र: 9.11 : DNA पुनरावृत्ति की विधियाँ

(ख) एण्डोन्यूक्लिएज एन्जाइम (Endonuclease Enzymes): यह एन्जाइम भी फॉस्फोडायस्टर बन्धों के दोनों में से किसी भी एक सिरे पर अभिक्रिया करता है, परन्तु यह क्रिया पॉलीन्यूक्लिओटाइड श्रृंखला के आन्तरिक बन्धों तक ही सीमित रहती है यदि कोई पॉलीन्यूकिलओटाइड इस पर अभिक्रिया कर इसे दो भागों में विभाजित कर देता है।

B. DNA पॉलीमरेज एन्जाइम (DNA polymerase enzymes):

DNA पुनरावृत्ति (DNA replication) में मुख्यरूप से तीन एन्जाइम्स सक्रिय भूमिका निभाते हैं-

(1) DNA पॉलीमरेज I (DNA Polymerase I or Pol I,

(2) DNA पॉलीमरेज II (DNA Polymerase II) or Pol II, एवं

(3) DNA पॉलीमरेज III (DNA polymeraseIII) or Pol III.

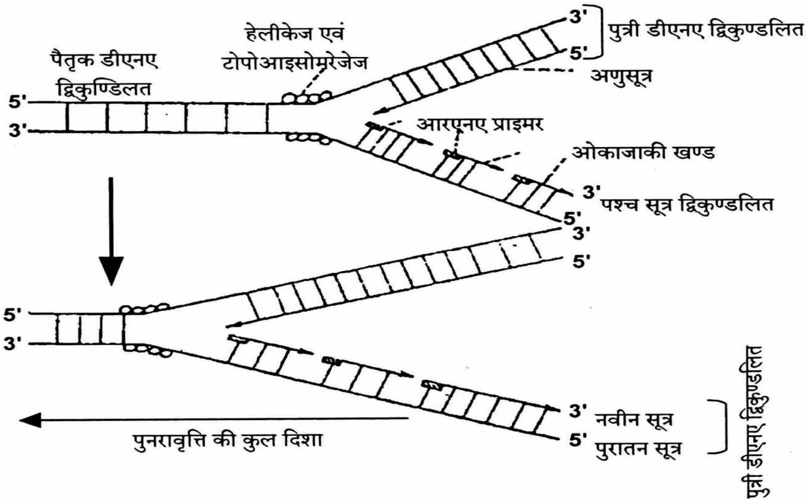
9.2.6 जीवाणुओं में डी.एन.ए. की पुनरावृत्ति (DNA Replication in Bacteria)

DNA की पुनरावृत्ति का अध्ययन ई.कोलाइ (E.coli) में विस्तृत रूप से किया गया है। इन जीवाणुओं में गुणसूत्र, वृत्ताकार द्विकुण्डलित DNA के रूप में पाया जाता है। जे. कायरन्स (J.Cairns) के अनुसार DNA की पुनरावृत्ति केवल एक ही दिशा में सम्भव होती है।

DNA के एक सूत्र पर DNA की पुनरावृत्ति संतत रूप से होती है और यह अग्रवर्ती सूत्र (leading strand) कहलाता है। दूसरे DNA सूत्र पर नव निर्मित DNA का निर्माण टुकड़ों में होता है। यह सूत्र पश्चगामी सूत्र (lagging strand) कहलाता है। परन्तु, नवीन खोजों ने यह सिद्ध कर दिया है कि यह क्रिया DNA पर निश्चित बिन्दु से प्रारम्भ होने के पश्चात् दोनों दिशाओं में अग्रसर होती है, अर्थात् यह द्विदिशीय (bidirectional) होती है (चित्र 9.13) द्विदिशीय पुनरावृत्ति ई. कोलाई (E.coli), बैसिलस सबटायीलस (Bacillus subtilis), सालमोनेला (Samonella), ई कोलाई फेजिज़ (E.coli

phages), एवं स्तनधारी वाइरस SV40 इत्यादि में दर्शाई गई है। एकदेशीय पुनरावृत्ति ई कोलाई बैक्टिरीयोफेजिज़ (E.coli bacterio phages P_2 and 186) में व चूहे की LD कोशिकाओं व माइटोकॉण्ड्रियल DNA में भी दर्शाई गई है। द्विदिशीय पुनरावृत्ति का महत्व इसलिए है कि पुनरावृत्ति के पूर्ण होने से पहले उत्पत्ति का पूर्ण द्विरावृत्ति (duplication) हो जाती है।

DNA पुनरावृत्ति क्रिया के दौरान, सर्वप्रथम, द्विकुण्डलित DNA के एक सूत्र को, निश्चित स्थान से, एण्डोन्यूक्लिएज एन्जाइम काटता है और दोनों सूत्र इस प्रकार, उस स्थान से एक दूसरे से पृथक् होने लगते हैं। अकुण्डलन प्रोटीन्स (unwinding proteins) द्वारा इस क्रिया में सक्रिय भागीदारी निभाई जाती है। पुनरावृत्ति की क्रिया अब दोनों दिशाओं मे सम्पन्न होने लगती है।निश्चित समय के उपरान्त सम्पूर्ण संरचना एक पुनरावृत्ति (replicating eye) की भाँति दिखाई देने लगती है। DNA के दोनों ही सूत्रों में एक साथ, एक समान पुनरावृत्ति गतिशील रहती है। DNA के दोनों सूत्रों के अकुण्डलन के कारण इसमें अधिकुण्डलन (supercoiling) की स्थिति बनने लगती है। इस समय सुविलेज (swivelase) एन्जाइम DNA में इस प्रकार से बन रहे तनाव (tension) को कम करने में सहायता करता है। छोटे-छोटे टुकड़ों के रूप में सूत्रों पर पुनरावृत्ति सम्पन्न होती है। DNA आधारित RNA पॉलीमरेज (DNA dependent RNA polymerase enzymes) की उपस्थिति में DNA के सूत्रों पर, पुनरावृत्ति क्रिया के फलस्वरूप ही छोटे-छोटे टुकड़ों में पूरक RNA का निर्माण होता है, जिन्हें प्राथमिक RNA (Primer RNA) कहते हैं। इनकी लम्बाई लगभग 100 न्यूक्लिओटाइड्स युक्त होती है एवं यह 5'-3' दिशा में गतिशील रहता है। नये न्यूक्लिओटाइड्स RNA प्राइमर की 3'- दिशा में लगातार जुड़ते रहते हैं और जब इनकी लम्बाई लगभग 1000 से 2000 न्यूक्लिओटाइड्स युक्त हो जाती है, तब एक्जोन्यूक्लिएज एन्जाइम प्राइमर RNA को DNA की 5'- दिशा से पृथक कर देता है। इस प्रकार उचित लम्बाई के DNA सूत्र प्राप्त होते हैं जिन्हें ओकाज़ाकी खण्ड (Okazaki fragments) कहते हैं **(चित्र 9.13)।**



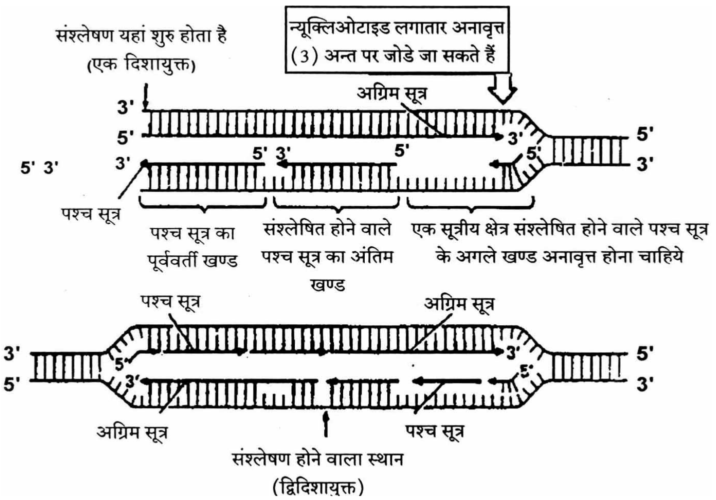
चित्र 9.12 : DNA की पुनरावृत्ति (continuous & discontinuous)

ओकाज़ाकी खण्ड (Okazaki fragments): ओकाजाकी और साथियों (1968) का मत है कि दो सूत्रों (strands) में से केवल एक सूत्र, 3' - 5' अथवा सतत् सूत्र (continuous strands) की लगातार

पुनरावृत्ति होती है। दूसरे सूत्र (5→ 3') की पुनरावृति रुक - रुक कर (discontinuous) होती है, जिसके फलस्वरूप छोटे - छोटे खण्डों का निर्माण होता है। जिन्हें ओकाज़ाकी खण्डों के नाम से जाना जाता है। इन खण्डों की निर्माण की गति की दिशा पुनरावृति फोर्क (replicating fork) की तुलना में विपरीत दिशा में होती है। ये खण्ड बाद में आपस में पॉलीन्यूक्लियोटाइड लाइगेज़ (Polynucleotides ligase) एन्जाइम द्वारा जोड़ दिये जाते हैं। इन खण्डों की लम्बाई जीव कोशिकाओं में लगभग 100 न्यूक्लियोटाइड युक्त होती है जबकि प्रोकेरियोट्स में 1000 से 7000 न्यूक्लियोटाइड्स युक्त लम्बी होती है।

अब 5'-3' दिशा में टुकड़ों में निर्मित DNA सूत्रों को DNA पॉलीमरेज- I (Polymerase- I) नामक एन्जाइम द्वारा जोड़ दिया जाता है। इसके उपरान्त 3'- 5' दिशा में लाइगेज (ligase) एन्जाइम द्वारा बची हुई खाँचों को भर दिया जाता है और अंततः DNA का पूरक DNA सूत्र पूर्ण निर्मित हो जाता है।

DNA पॉलीमरेज एन्जाइम एक्जोन्यूक्लिएज (exonuclease)) क्रिया में भी सहायता करता है। 3'-5' दिशा में उचित नाइट्रोजन क्षारक की अपेक्षा, गलत क्षारक के विन्यासित होने पर इनको हटाने का कार्य इस एन्जाइम द्वारा ही किया जाता है। इस क्रिया को पूर्ण करने के उपरान्त फिर से यह अपने सामान्य कार्य अर्थात् 5'-3' दिशा में नवीन नाइट्रोजन क्षारकों को जोड़ने के कार्य में व्यस्त हो जाता है।



चित्र 9.13 : DNA की पुनरावृत्ति : A. एकदिशीय पुनरावृत्ति; B. द्विदिशीय पुनरावृत्ति।

RNA प्राइमर का महत्व (Significance of RNA Primer) :

DNA के संश्लेषण में RNA प्राइमर का निर्माण महत्वपूर्ण है। विस्तृत अध्ययन से ज्ञात हो सका है कि पूर्व से ही स्थित पॉलीन्यूक्लियोटाइड श्रृंखला पर पॉलीमरेज एन्जाइम नवीन न्यूक्लियोटाइड्स को जोड़ सकता है। इन एन्जाइमस द्वारा स्वतन्त्र रूप से नवीन DNA की श्रृंखला का निर्माण करना सम्भव नहीं है। DNA पुनरावृत्ति हेतु द्विकुण्डलित DNA पर, निश्चित स्थान का चयन पॉलीमरेज एन्जाइम द्वारा ही किया जाता है। अर्थात् यह एन्जाइम RNA एवं DNA दोनों ही के संश्लेषण हेतु आवश्यक है। DNA टेम्पलेट पर प्राइमर RNA का निर्माण तब तक गतिमान रहता है जब कि इस क्रिया को रोकने का (stop signal) प्राप्त नहीं हो जाता। इस समय पर पॉलीमरेज एन्जाइम निर्मुक्त कर दिया

जाता है और इस प्रकार RNA खण्ड, नवीन DNA न्यूक्लियोटाइड्स के जुड़ने हेतु प्राइमर का कार्य करता है।

9.2.7 यूकैरियोट्स में डी.एन.ए. की पुनरावृत्ति (DNA Replication in Eukaryotes)

यूकैरियोटिक कोशिकाओं में, जीवाणु कोशिकाओं की भाँति तीन पॉलीमरेज एन्साइम I, II एवं III की अपेक्षा केवल दो ही पॉलीमरेज एन्जाइमस पाये जाते हैं। इसके अतिरिक्त यूकैरियोटिक कोशिकाओं के DNA में एक ही समय पर बहु त सी पुनरावृत्ति इकाइयाँ पायी जाती हैं। परन्तु, यहाँ पुनरावृत्ति की दर, ई. कोलाइ (E.coli) जीवाणु की अपेक्षा धीमी ही होती है। इसलिए यूकैरियोट्स में पुनरावृत्ति की क्रिया एक साथ अनेक स्थानों पर गतिमान रहती है, परन्तु यह होती द्विदिशीय (bidirectional) ही है। DNA श्रृंखला का विस्तार, काँटे रूपी (fork like) वृद्धि बिन्दुओं के रूप में देखा जा सकता हैं पुनरावृत्ति कर रहे DNA फोर्क में एक साथ कई बिन्दु - सदृश्य (eye -like) संरचनाएँ दृष्टिगोचर होती हैं। फोर्क एक दूसरे की ओर अग्रसर होते हैं और इस प्रकार नव निर्मित DNA की श्रृंखलाएँ आपस में संयोजित हो जाती हैं और अंतत : DNA की एक लम्बी द्विकुण्डलित श्रृंखला का निर्माण हो जाता है।

प्रोकैरियोट्स की ही भाँति, यूकैरियोटिक कोशिकाओं में पुनरावृत्ति के दौरान निम्न चरण स्पष्ट रूप से देखे जा सकते हैं-

1. लगभग 10-15 न्यूक्लियोटाइड्स लम्बाई के प्राइमर RNA का निर्माण।
2. RNA पॉलीमरेज की सक्रिय भागीदारी।
3. DNA पॉलीमरेज द्वारा प्राइमर RNA के 3' सिरे पर डीऑक्सीराइबो न्यूक्लियोटाइड्स का जोड़ना।
4. ओकाज़ाकी खण्डों (Okazaki fragments) लगभग 100 - 150 न्यूक्लियोटाइड्स युक्त का निर्माण।
5. ओकाज़ाकी खण्डों का संयुग्मन, एवं
6. DNA लाइगेज एन्जाइम की भागीदारी।

9.2.8 डी.एन.ए. सुधार (DNA Repair)

उत्परिवर्तनों (mutations) के फलस्वरूप DNA में अनेकों प्रकार से क्षति पहुँचाती है। सामान्य क्रिया प्रणाली बनाए रखने हेतु क्षतिग्रस्त DNA का सुधार (repair) अति आवश्यक है। DNA की रिपेयर प्रणालियों का विस्तृत अध्ययन प्रोकैरियोटिक कोशिकाओं में किया गया है, परन्तु दोनों ही प्रोकैरियोट्स एवं यूकैरियोट्स में इस सम्बन्ध में विशिष्ट अन्तर नहीं पाया जाता।

बोध प्रश्न - 1

बहु विकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. न्यूक्लिक अम्ल नाम प्रतिपादित करने वाले वैज्ञानिक का नाम
   (a) रिचर्ड ऑल्टमैन
   (b) फ्रेडरिक मीशर
   (c) एच. जी. खुराना

(d) वॉटसन एवं क्रिक ( )

2. DNA का द्विरज्जुकी मॉडल प्रस्तुत करने वाले वैज्ञानिक थे:

(a) एच.जी. खुराना

(b) वॉटसन एवं क्रिक

(c) पी.ए. लेविन

(d) फ्रेंक्लिन ( )

3. राइबोज (Ribose) शर्करा में दूसरे कार्बन परमाणु पर H के स्थान पर समूह जुड़ा रहता है:

(a) - COR

(b) - COOH

(c) - CHO

(d) - OH ( )

4. DNA सूत्र में दो नाइट्रोजनी क्षारकों के मध्य की दूरी होती है.

(a) 7.4 Å

(b) 3.4 Å

(c) 2.4 Å

(d) 4.4 Å ( )

5. DNA द्वारा स्वयं की प्रतिकृति बनाने की प्रक्रिया को कहते हैं:

(a) ट्रांसलेशन

(b) म्यूटेशन

(c) ट्रांस्किपान

(d) रेप्लीकेशन ( )

6. B- DNA की लम्बाई होती है.

(a) 34 Å

(b) 154 Å

(c) 144 Å

(d) 64 Å ( )

7. Z-DNA के प्रत्येक घुमाव में क्षारक युग्म पाए जाते हैं

(a) बारह

(b) सोलह

(c) चौदह

(d) चौबीस ( )

8. डी.एन.ए (DNA) डुप्लेक्स में क्षार युग्मन लात करने वाले वैज्ञानिक का नाम :

(a) चार्गाफ

(b) विल्किस एवं फ्रेंकलिल

(c) मैक्लीओद

(d) वॉटसन एवं क्रिक ( )

9. DNA की पुनरावृत्ती में न्यूक्लियोटाइड इकाईयाँ या निम्न एन्जाइम की उपस्थिति में जुड़ती है:

(a) लाइगेज

(b) रेस्ट्रिक्शन एन्जाइम

(c) प्लम पॉलीमरेज

(d) हेलिकेज ( )

10. DNA कुण्डल को गति देने वाला एन्जाइम है :

(a) लाइगेज

(b) पॉलीमरेज

(c) DNA गाइरेज

(d) इन्वर्टेज ( )

11. मेसेल्सन एवं स्टाहल (Meselson and Stahl) द्वारा अपने प्रयोग में लिए रेडियोधर्मी पदार्थ का नाम?

(a) C_{14}

(b) H_3

(c) N_{15}

(d) Co_{60} ( )

12. आनुवंशिक RNA पाया जाता है.

(a) प्राणी विषाणु (Animal viruses)

(b) यूकैरियोटिक कोशिकाओं में (In eukaryotic cells)

(c) जीवाणु (Bacteria)

(d) पादप विषाणु (Plant virus) ()

13. t-RNA के 3' सिरे पर क्षार अनुक्रम होता है:

(a) ACC

(b) CCA

(c) CAC

(d) UUA ( )

14. DNA के द्वारा स्वयं की प्रतिकृति बनाने की प्रक्रिया को कहते हैं :

(a) ट्रांसलेशन

(b) म्यूटेशन

(c) ट्रांस्किपान

(d) रेप्लीकेशन ( )

15. DNA में पुनरावृत्ती (replication) की प्रक्रिया कोशिका में समसूत्री (mitotic) चक्र की किस प्रावस्था में सम्पन्न होती है?

(a) प्रोफेज

(b) इन्टरफेज

(c) एनाफेज

(d) मेटाफेज ( )

16. DNA सूत्र के सर्पिलाकार भाग को खोलने का कार्य निम्न में से किस एन्जाइम द्वारा किया जाता है :

(a) पॉलिमरेज

(b) एण्डोन्यूकिलएज

(c) हेलिकेज

(d) लाइगेज ( )

17. DNA की पुनरावृत्ति अग्रगामी रज्जुक पर खण्डों में होने सम्बन्धित जानकारी देने वाले वैज्ञानिक का नाम:

(a) क्रिक

(b) ओकाजाकी

(c) मिशर

(d) होली ( )

18. ओकाजाकी खण्डो को सतत बनाने हेतु किस एन्जाइम का प्रयोग किया जाता है?

(a) न्यूक्लिएज

(b) हेलिकेज

(c) पॉलिमरेज

(d) लाइगेज ( )

19. DNA पुनरावृत्ति की अर्द्धसंरक्षी विधि (semi conservative mode)को प्रमाणित करने वाले वैज्ञानिकों के नाम :

(a) वॉटसन एवं क्रिक

(b) एल्वर्टस एवं साथी

(c) मेसेल्सन एवं स्थाल

(d) कॉर्नबर्ग एवं गेपटर ( )

20. न्यूक्लिक अम्ल पाये जाते हैं:

(a) केन्द्रक

(b) कोशिका द्रव्य

(c) a तथा b दोनों

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं ( )

21. डी.एन.ए की संरचना प्रस्तुत करने के लिये वॉटसन तथा क्रिक ने कौनसी किरणों को प्रयोग किया :

(a) α-किरणें

(b) β -किरण

(c) γ -किरण

(d) X- किरण ( )

22. डी.एन.ए का अणु निम्न रचना का बहुलक हैं :

(a) न्यूक्लिओसाइट्स

(b) न्यूक्लिओटाइड्स

(c) पेप्टाइड्स

(d) पॉलीपेप्टाइड्स ( )

23. डी -आक्सीराइबोज शर्करा का प्रकार है :

(a) ट्रायोज

(b) टेट्राज

(c) पेन्टोज

(d) हेक्सोज ( )

24. पिरिमिडीन्स क्षारकों में वलय होती है :

(a) एक

(b) दो

(c) तीन

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं ( )

25. प्यूरीन क्षारक है :

(a) एडीनीन

(b) ग्वानीन

(c) a तथा b दोनों

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं ( )

26. डीएनए की बाहरी रीढ़ भाग किन तत्वों का बना होता है

(a) राइबोस शर्करा तथा क्षारक

(b) डी ऑक्सी राइबोस शर्करा तथा क्षारक

(c) क्षारक तथा फॉस्फोरिक अम्ल

(d) डी ऑक्सी राइबोस शर्करा तथा फॉस्फेट अणु ( )

27. नाइट्रोजनी क्षारक के प्रकार हैं

(a) दो

(b) चार

(c) आठ

(d) सोलह ( )

28. एडिनीन किस नाइट्रोजन क्षारक से जुड़ा रहता है

(a) ग्वानीन

(b) थाईमीन

(c) साइटोसीन

(d) यूरेसिल ( )

29. डी.एन.ए. के एक सूत्र की दिशा 5' - 3' है तो दूसरे सूत्र की दिशा होगी

(a) 5' - 3'

(b) 3' - 5'

(c) a तथा b दोनों

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं ( )

30. डीएनए प्रोटीन संश्लेषण हेतु किस रूप में सांकेतिक सूचनायें प्रेषित करता है

(a) एम- आरएनए

(b) टी - आरएनए

(c) आर - आरएनए

(d) उपरोक्त सभी ( )

31. ए- डीएनए में होलिकल व्यास होता है

(a) 23 Å

(b) 123 Å

(c) 19 Å

(d) 119 Å ( )

32. ए-डीएनए के प्रत्येक घुमाव में क्षारक युग्मों की संख्या होती है :

(a) 10

(b) 11

(c) 12

(d) उपरोक्त सभी ( )

33. डी.एन.ए सुधार हेतु उपयोगी किरणें हैं

(a) पराबैंगनी

(b) विद्युत चुम्बकीय

(c) β किरणें

(d) सामान्य प्रकाश ( )

9.3 आर.एन.ए. (RNA)

9.3.1 आर.एन.ए. संरचना (RNA Structure

राइबोन्यूक्लिक अम्ल मुख्य रूप से कोशिका द्रव्य एवं केन्द्रक (nucleus) में मिलता है। कोशिका-द्रव्य में यह मुक्त रूप से अथवा राइबोसोम में पाया जाता है। माइटोकॉन्ड्रिया, हरित लवक (chloroplast) तथा यूकैरिओटिक कोशिकाओं में भी यह पाया जाता है तथा कुछ पादप विषाणुओं (viruses) में यह आनुवंशिक पदार्थ का कार्य करता है। RNA तीन सह-इकाइयों का एकबहुलक है अर्थात् राइबोस शर्करा, फॉस्फेट समूह व चार नाइट्रोजन क्षार- एडेनीन (Adenine), ग्वानीन (Guanine), साइटोसीन (Cytosine) व यूरेसील (Uracil)। यह थाइमिन के स्थान पर होता है। यहाँ A, U, G तथा C वर्णमाला के चार अक्षर हैं जिनसे असंख्य वाक्य बनाये जा सकते हैं। एक लम्बी अवधि तक RNA का संरचनात्मक संगठन का पूर्ण रहस्य रह चुका है। विल्किन्स (Willkins) एवं उसके साथियों (1961) के एक्स-किरण स्फाटरुपिकीय अध्ययनों (crystallographic system) के अनुसार t-RNA की रचना DNA के समान प्रतीत हुई है अर्थात् जो सम्पूरक क्षारों के मध्य हाइड्रोजन बन्धों द्वारा बन्धी हुई असमान्य श्रृंखलाओं की बनी एक दोहरी हेलिक्स (helix) है। ट्रांन्सफर-RNA में, मध्य मुडी हुईव स्वयं के चारों तरफ लिपटी एकही श्रृंखला दोहरी हेलिक्स बनाती है, जबकि DNA में दो अलग-अलग श्रृंखलाएँ दोहरी हेलिक्स बनाती हैं।

विलकीन्स तथा उसके साथियों ने सुझाया कि RNA के अन्य प्रकारों में भी दोहरी हेलिक्स के व्यापक भाग हैं। लेकिन राइबोसोमल-RNA, t-RNA तथा m-RNA, DNA के समान A = U व G≡C की समानता नहीं रखता, अत: इसका केवल थोड़ा भाग ही कुण्डलीकार हो सकता है। RNA मुख्य रूप में प्रोटीन संश्लेषण में भाग लेते हैं। इनमें भी न्यूक्लिकओटाइड्स, 3'-5'- फॉस्फोडाइएस्टर बन्ध द्वारा, DNA की भाँति एक-दूसरे से जुड़े रहते हैं।

आर.एन.ए. के न्यूक्लिओसाइट्स (Nucleosides of RNA)

नाइट्रोजनी क्षारक (Nitrogenous base)		शर्करा (Suger)		न्यूक्लिओसाइड्स (Nucleosides)
1. एडिनीन (Adenine)	+	राइबोस शर्करा (Ribose Sugar)	-→	राइबोस एडिनोसिन (Ribose Adenowsine)
2. गुवानिन (Guanine)	+	राइबोस शर्करा (Ribose Sugar)	-→	राइबोस गुवानोसिन (Ribose Guanosine)
3. साइटोसीन (Cytosine)	+	राइबोस शर्करा (Ribose Sugar)	-→	राइबोस साइटिडीन (Ribose Cytidine)

4. यूरेसिल (Uracil)	+	राइबोस शर्करा (Ribose Sugar)	-→	यूरिडीन (Uridine)

आर.एन.ए. के न्यूक्लिओसाइट्स (Nucleosides of RNA)

नाइट्रोजनी क्षारक (Nitrogenous base)		शर्करा (Suger)		फॉस्फोरिक अम्ल (Phosphoric Acid)	न्यूक्लिओसाइड्स (Nucleosides)
1. एडिनीन (Adenine)	+	राइबोस शर्करा (Ribose Sugar)	-→	H_3PO_4	एडिनाइलिक अम्ल (Adenylic Acid)
2. गुवानिन (Guanine)	+	राइबोस शर्करा (Ribose Sugar)	-→	H_3PO_4	ग्वानाइलिक अम्ल (Guannylic Acid)
3. साइटोसीन (Cytosine)	+	राइबोस शर्करा (Ribose Sugar)	-→	H_3PO_4	सायटिडायलिक अम्ल (Cytidylic Acid)
4. यूरेसिल (Uracil)	+	राइबोस शर्करा (Ribose Sugar)	-→	H_3PO_4	यूरिडायलिक अम्ल (Uridylic Acid)

9.3.2 आर.एन.ए. के प्रकार (Types of RNA)

प्रोटीन की विशेष संरचनाओं के लिए RNA ही उत्तरदायी होता है। उन सभी जीवों में जिनमें DNA आनुवंशिक पदार्थ होता है, RNA भिन्न प्रकार के होते हैं। कोशिका में तीन प्रकार के नॉन - जेनेटिक (non - genetic) RNA होते हैं-

1. राइबोसोमल RNA (Ribosomal RNA)

2. संदेशवाहक RNA (Messenger RNA)

3. ट्रान्सफर RNA (Transfer RNA)

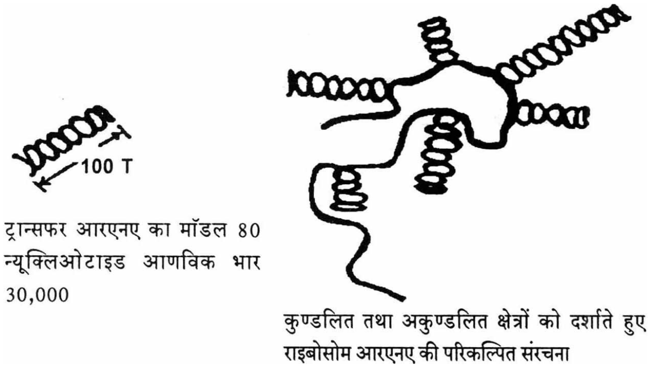
1. राइबोसोमल - RNA (Ribosomal RNA : *r* - RNA)

यह राइबोसोम्स का मुख्य घटक है एवं कोशिका के पूर्ण RNA का 80 प्रतिशत भाग बनाता है (चित्र 9.14)। इसका जीवात्जनन (biogenesis) केन्द्रक में होता है। यह स्थिर (stable) होता है। यूकैरियोटिक कोशिकाओं में RNA, 28S,18S एवं 5S के रूप में तथा प्रोकैरियोटिक कोशिकाओं (Prokaryotic cells) में 23S तथा 16S के रूप में होता है। 28S राइबोसोम RNA, राइबोसोम की 60S सब यूनिट (sub-unit) में होता है तथा इसका आणविक भार 1.8×10^6 डाल्टन होता है।

18S RNA 40S सब यूनिट में मिलता है एव इसका आणविक भार 0.8 × 10^6 डाल्टन होता है। r-RNA का लगभग 60% भाग कुण्डलित होता है लेकिन इनका विन्यास DNA से भिन्न होता है। 5S RNA में प्रायः 12 न्यूक्लिओटाइड होते हैं,तथा राइबोसोम्स की 60S यूनिट में पाए जाते हैं एवं इनका आणविक भार 1.2 × 10^6 डाल्टन होता है तथा 18S RNA, जो कि 30S सब यूनिट में पाए जाते हैं, का आणविक भार 0.6 × 10^6 ' डाल्टन होता है।

राइबोसोमल आर. एन. ए. (r-RNA) का जीवात्जनन (Biogenesis of r-RNA) :

राइबोसोमल आर.एन.ए.(r-RNA) का संश्लेषण केन्द्रक में होता है तथा केन्द्रिका (nucleolus) से सम्बद्ध DNA, r-RNA के कोडीकरण के लिए उत्तरदायी होता है। केन्द्रिका का यह भाग केन्द्र की अथवा न्यूक्लिओलर संगठक (nucleolar organizer) कहलाता है। उच्च श्रेणी के जीवों में 200-2000 r-RNA सिस्ट्रॉन संश्लेषण में भागलेतेहै। 28S एवं 18S r-RNA, न्यूक्लिओलर उच्च आण्विक भार के एक एकल दीर्घाकार इकाई (unit) के रूप में अनुलेखित (transcribe) होते हैं। इसे 45S RNA कहते हैं। 45 S राइबोसोमल RNA अणु मेथिलित (mrthylated) होकर न्यूक्लिओलस में उपस्थित जरूरत वाली प्रोटीन्स से जुड़कर राइबोन्यूक्लिओप्रोटीन (ribonucleoprotein) बनाते हैं। अनेक पदों से होने के बाद यह 32S एवं 18S खण्डों में विदलित हो जाता है। 18S r-RNA क्षारीय (basic) प्रोटीन्स से सम्बद्ध होकर राइबोसोम का छोटा सब-यूनिट बनाता है जो कोशिका-द्रव्य में पहुँच जाता है। 58 क्रैर्रमं न्यूक्लिओलस के बाहर संश्लेषित होता है तथा बाद में 6०3 सब-यूनिट से सम्बन्धित हो जाता हे। r-RNA का सब-यूनिट DNA से m-RNA को मुक्त कराने का कार्य करता है।



चित्र 9.14 : Transfer-RNA तथा Ribosomal RNA की संरचनाएँ

2. संदेशवाहक-RNA (Messenger RNA : m-RNA)

संदेशवाहक मैसेन्जर RNA (Messenger RNA : m-RNA) को केन्द्रकयि RNA (nuclear RNA) भी कहते हैं। यह कोशिका के कुल RNA का 10% भाग बनाता है। इसका जीवन काल अल्प होता है तथा DNA के एक स्ट्रेण्ड को टेम्पलेट (template) बना कर RNA पॉलीमरेस (RNA Polymerase) एन्जाइम की उपस्थिति में m-RNA का निर्माण होता है जो DNA से आनुवंशिक निर्देश प्राप्त करके जीव-द्रव्य में राइबोसोम्स तक पहुँचता है। इसी कारण जैकब एवं मोनोड Jacob and Monod) ने सन् 1951 में इसे मैसेन्जर RNA की संज्ञा दी।

m-RNA में क्षारों के विन्यास का क्रम DNA के उस भाग के समान होता है जिसकी प्रत्याकृति के रूप में यह बनता है *m*-RNA में DNA के थायमीन के स्थान पर यूरेसिल होता है। यह प्रोटीन के संश्लेषण के विभिन्न अमीनो अम्लों (amino acids) के परस्पर संयोजन के लिए फर्मे (templates) का कार्य करता है। *m*-RNA का अणु अत्यन्त विषमांगी (heterogeneous) होता है क्योंकि इनके अणुओं के आकार एवं आणविक भार में विभिन्नता होती है सिसट्रांस (cistrons) की संख्या के आधार पर ये दो प्रकार के होते हैं-

(1) **मोनोसिस्टरोनिक m-RNA** (Monocistronic m-RNA) : इसमें केवल एक सिस्ट्रॉन के कोडोन होते हैं। यह प्रोटीन के केवल एक अणु का संश्लेषण करता है।

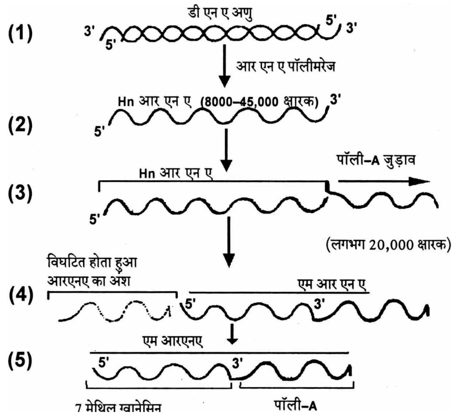
(2) **पॉलीसिस्टरोनिक m-RNA** (Polycistronic m-RNA) : इसमें एक से अधिक सिस्ट्रॉन के कोडोन होते हैं। यहाँ पर एक से अधिक प्रोटोन्स की श्रृंखलाओं का संश्लेषण करता है।

m-RNA का जीवातनन (Biogenesis of m-RNA) :

यूकैरियोटिक कोशिकाओं में अनुलेखन प्रक्रिया के फलस्वरूप प्रारम्भिक रूप से भिन्न - भिन्न लम्बाई के RNA सूत्रों का निर्माण होता है, इन्हें विषमांगी RNA(हेटेरोगेनेऔस RNA or *hn*-RNA) कहते हैं।

इस प्रकार से निर्मित, सम्पूर्ण विषमांगी RNA का अनुवादन (translation) प्रोटीन में नहीं होता। केवल विषमांगी RNA का वह भाग जिसमें कोडिंग अभिक्रम (coding sequences) पाये जाते हैं वहाँ से पृथक् कर दिये जाते हैं एवं ये ही तत्पश्चात् परिपक्व *m*-RNA अणुओं का निर्माण करते हैं। प्रोटीन के निर्माण हेतु, संदेशवाहक RNA (messenger RNA) को केन्द्रक झिल्ली में पाए जाने वाले केन्द्रक छिद्रों (nuclear pores) के द्वारा कोशिका द्रव्यी राइबोसोम्स (cytoplasmic ribosomes) तक स्थानान्तरित किया जाता है। हाल ही के अनुसंधानों से यह ज्ञात हो सका है कि विषमांगी RNA (*hn*-RNA) में कोडिंग अभिक्रमों के अतिरिक्त नॉन - कोडिंग अभिक्रम (non coding sequences) भी पाए जाते हैं जो केन्द्रक के बाहर स्थानान्तरित नहीं किए जाते एवं न ही इनका अनुवादन होता है। स्प्लाइसिंग (splicing) नामक क्रिया द्वारा नॉन - कोडिंग अभिक्रमों को आपस में जोड दिया जाता है। केन्द्रक के ही भीतर नॉन - कोडिंग श्रृंखलाओं का ह्रास (degeneration) हो जाता है। इस प्रकार विषमांगी RNA, लम्बाई में अपने से काफी छोटे mRNA का निर्माण करता है।

यूकैरियोटिक कोशिकाओं में पाए जाने वाले mRNA, प्रोकैरियोटिक कोशिकाओं के mRNA से भिन्न होते हैं, परिपक्व mRNA बनने से पूर्व यूकैरियोटिक कोशिकाओं में RNA के 5' सिरे पर सर्वप्रथम मिथाइलीकृत कैप (methylated cap) का निर्माण होता है। इसे कैपिंग (capping) कहते हैं। 3 सिरे पर एजीनीन के लगभग 200 अणु स्थापित हो जाते हैं। बहुधा इसे पॉली-A पुच्छ (poly-A tail) भी कहते हैं। पॉली -A सिंथेटेज (poly-A synthetase) एन्जाइम की उपस्थिति में उपरोक्त क्रिया सम्पादित की जाती है (चित्र 9.15)।



चित्र 9.15 : mRNA का जीवातजनन (Biogenesis of mRNA)

RNA के 5' सिरे पर स्थित मिथाइलीकृत भाग वास्तव में 7-मिथाइल ग्वानोसीन (7-methyl guanosine) द्वारा निर्मित होता है तथा यह 5' सिरे को ह्रासित होने से बचाता है। इसके अतिरिक्त पॉली-A पुच्छ (poly-A tail) का मुख्य कार्य mRNA को केन्द्रक से साइटोप्लाज्मिक राइबोसोम्स तक स्थानान्तरित करता है। पॉली-A श्रृंखला के अभाव में mRNA को केन्द्रक के बाहर स्थानान्तरित नहीं किया जा सकता।

(3) स्थानान्तरित या ट्रान्सफर-RNA (Transfer RNA: t-RNA) :

ट्रान्सफर RNA को विलेय RNA (soluble RNA) भी कहते हैं। यह भी कोशिकीय RNA का लगभग 10 प्रतिशत भाग बनाता है। इसका आणविक भार mRNA से कम होता है तथा mRNA की भाँति ही यह भी केन्द्रक में उत्पन्न होता है तथा बाद में कोशिका द्रव्य में भेज दिया जाताहै। t-RNA आनुवंशिक कूट (genetic code) की व्याख्या करने का कार्य करते है। वास्तव में DNA के संदेश को जो प्रकूटों (codons) के रूप में अभिव्यक्त होते हैं, t-RNA पढ़ता है। प्रकूट जिन अमीनो अम्लों को विशिष्टित करता है, उसे पहचानने का कार्य तथा विशिष्ट अमीनो अम्लों का गहन करके पॉलीपेटाइड श्रृंखला बनाने में t-RNA मदद करता है। कोशिका में लगभग 60 विभिन्न प्रकार के t-RNA अणु होते हैं। ये एकल स्ट्रेण्ड (single strand) के बने होते हैं, परन्तु कहीं-कहीं पूरक युग्मन के कारण मुड़कर स्वयं के ऊपर वलित हो जाता है और इसका स्वरूप क्लोवर पर्ण प्रतिरूप (clover leaf model) कहलाता है। अत्यधिक कुण्डलित होने के कारण यह 5' सिरे से शुरू होकर 3' सिरे पर समाप्त होता है। इसके 5' सिरे पर ग्वानीन (Guanine) स्थित होता है तथा अन्त में 3' सिरे पर हमेशा साइटोसीन, साइटोसीन, एडिनिन (CCA) का अनुक्रम होता है।

प्रत्येक t-RNA अणु पर चार विभिन्न क्षेत्र स्पष्ट पहिचाने जा सकते हैं। ये निम्न प्रकार से हैं (चित्र 9.16)-

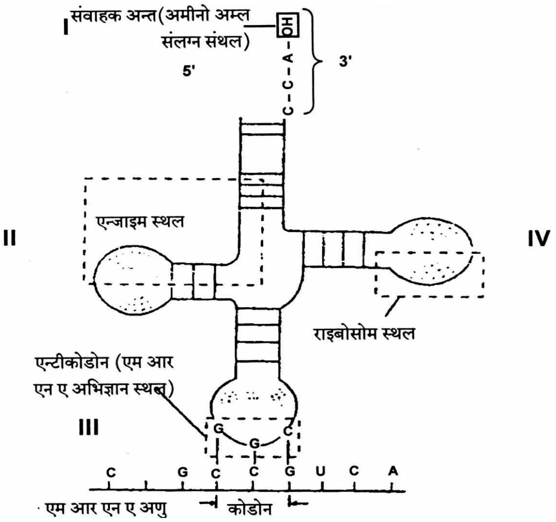
(i) अमीनो अम्ल संलग्र स्थल (Amino Acid attachment site): यह स्थल समस्त t-RNA अणुओं में पाया जाता है। यह t-RNA के 5' व 3' सिरे पर स्थित होता है तथा इसमें राइबोस का -OH मूलक ATP की उपस्थिति में किसी विशिष्ट अमीनो अम्ल के साथ संयोजित होकर अमीनो असायल t-RNA amino acyl t-RNA) बनाता है।

(ii) राइबोसोम के अभिज्ञान का स्थल (Ribosome recognition site): यह स्थल भी सभी t-RNA अणुओं में व्यापक रूप से पाया जाता है। इस क्षेत्र पर राइबोसोम आकर जुड़ता है। इसे T-स्थल भी कहते हैं।

(iii) एण्टीकोडोन स्थल (Anticodon site): इसे कोडोन का अभिज्ञान स्थल (codon recognition site) भी कहते हैं। यह t-RNA के अणु का सबसे विशिष्ट क्षेत्र है क्योंकि इसमें तीन अयुग्मित क्षार होते हैं जिनका अनुक्रम mRNA के विशिष्ट कोडोन के साथ t-RNA के युग्मन को निर्धारित करता है।

(iv) अभिज्ञान स्थल (Recognition site): इसमें एक विशिष्ट क्षार अनुक्रम होता है जो t-RNA अणु में अपयुक्त अमीनो अम्लों के संलग्र संयोजन का निर्देशन करता है। इसे डाइहाइड्रॉक्सी यूरिडीन भुजा (Dihydroxyuridine arm- DHU arm) भी कहते हैं। यह अमीनो अम्ल उत्प्रेरक एन्जाइम को अभिज्ञात करने के विशिष्ट स्थल को निरूपित करता है।

t-RNA अणु की दोनों भुजाओं के कुछ क्षार अन्तराणुक क्षार युग्मन (Intramolecular base pairing) प्रदर्शित करते हैं। RNA के सामान्य क्षारों (adenine, guanine, uracil एवं cytocine) के अतिरिक्त, प्रत्येक r-RNA अणु में अनेक असामान्य क्षार जैसे सुडोयूरीडीन (pseudouridine), मिथाइल ग्वानीन (methyl guanine) इत्यादि भी होते हैं।



चित्र प्र. 9.16 : यीस्ट से प्राप्त एलेनीन t-RNA अणु का लोंग की पत्ती के आकार वाला प्रतिरूप (क्लोवर पर्ण मॉडल)। इसमें उपस्थित असामान्य न्यूक्लियोटाइड्स स्पष्ट दिखाई देते हैं। प्रत्येक t-RNA अणु में चार विशिष्ट स्थल हैं। इनको अंकों द्वारा प्रदर्शित किया गया है : I - ऐमीनो एसिड से संयोजन स्थल को प्रदर्शित करता है: II - इमीनो एसिड उत्तप्रेरक एन्जाइम की पहिचान अथवा अभिज्ञान के विशिष्ट स्थल को प्रदर्शित करता है; III-कोडोन को अभिज्ञात करने का स्थल है तथा IV-राइबोसोम को अभिज्ञात करने का स्थल है।

t-RNA का संश्लेषण (Synthesis of t-RNA) :

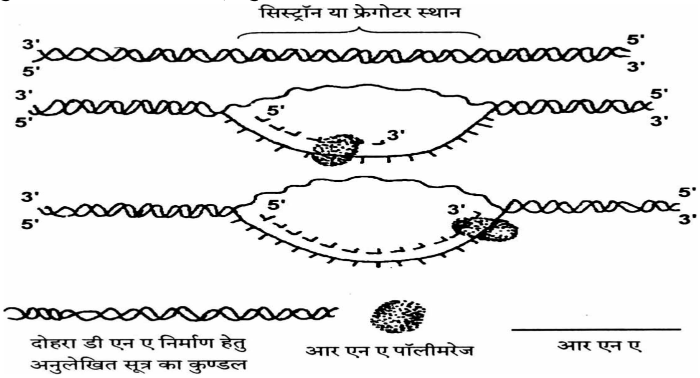
t-RNA अणु DNA के विशिष्ट क्षेत्रों पर संश्लेषित होते हैं। प्रारम्भ में प्रत्येक RNA अणु, DNA में स्थित अपने विशिष्ट सिस्ट्रॉन (cistron) के संगठन एवं अनुक्रम में पूरकता प्रदर्शित करता है। DNA

से t-RNA अणु के अनुलेखन के बाद कुछ विशेष स्थानों पर नाइट्रोजनी क्षारों में परिवर्तन हो जाता है।

9.3.3 अनुलेखन (Transcription)

DNA के न्यूक्लिओटाइड्स के क्रम में निहित आनुवंशिक सूचनाओं के (complimentary) RNA में स्थानान्तरण को ही अनुलेखन (transcription) कहते हैं। यह क्रम कोशिका विभाजन की सम्पूर्ण अन्तरावस्था (interphase) एवं प्रारम्भिक प्रोफेज (prophase) अवस्था में क्रियाशील रहता है। यह प्रक्रिया DNA आधारित RNA पॉलीमरेज एन्जाइम (DNA dependent RNA Polymerase enzymes) की उपस्थित में सम्पादित की जाती है। DNA टेम्पलेट पर RNA का निर्माण 5'-3' दिशा में होता है। क्योंकि अन्य न्यूक्लिओटाइड्स अब वृद्धि कर रहे RNA सूत्र के 3' OH सिरे से आसानी से जुड़ सकते हैं। सिस्ट्रॉन (cistron) अथवा जीन (gene) में पाए जाने वाले प्रमोटर स्थल (promoter site) पर ही अनुलेखन प्रारम्भ होता है। अनुलेखन के सम्पादन हेतु, DNA का वह सूत्र जो फर्मे (Itemplate) का कार्य करता है, सेन्स (sense strand) कहलाता है तथा इसका पूरक DNA सूत्र प्रति - सेन्स (antisense) सूत्र कहलाता है। अनुलेखन प्रक्रिया के अन्तर्गत, अनुलेखन स्थल पर सर्वप्रथम RNA पॉलीमरेज एन्जाइम संलग्र होता है। DNA सूत्र में अब कुछ ही दूरी तक अकुण्डलन होता है तथा फर्मे की भाँति कार्य कर रहे DNA सूत्र में पाये जाने वाले नाइट्रोजनी क्षारकों का विन्यास इनके प्रति निर्मित RNA न्यूक्लिओटाइड्स के क्रम (sequence) को निर्धारित करता है। RNA पॉलीमरेज एन्जाइम नव निर्मित न्यूक्लिओटाइड्स के अभिक्रम को जोड़कर एक RNA सूत्र के रूप में प्रदर्शित करता है।

इस प्रकार DNA के सूत्र पर निर्मित RNA सूत्र, DNA से पृथक हो जाता है तथा DNA का वह सूत्र, जो फर्मे का कार्य करता है, अपने पूरक DNA के सूत्र के साथ हाइड्रोजन बन्धों (Hydrogen bonds) की सहायता से युग्मित हो फिर से द्विकुण्डलित संरचना का निर्माण करता है (चित्र 9.17)।



चित्र 9.17 : अनुलेखन का चित्रीय निरूपण

RNA पॉलमिरेज एन्जाइम (RNA Polymerase Enzyme)

RNA पॉलीमरेज एक जटिल प्रकार का एन्जाइम है जो पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं की 5 उपइकाइयों द्वारा निर्मित होता है जिन्हें क्रमश : β, β', α, σ एवं ω द्वारा दर्शाया जाता है। इसके सक्रिय भाग को होलो एन्जाइम (Holoenzyme) कहते हैं तथा इसका आणविक भार लगभग 5,00,000 इकाई होता है

तथा इसका RNA पॉलीमरेज एन्जाइम की : β, β', α, σ एवं ω श्रृंखलाएँ इसका मुख्य भाग बनाती हैं जबकि σ कारक अन्य श्रृंखलाओं से शिथिलता से जुड़ा रहता है तथा इसे आसानी से मुख्य एन्जाइम से हटाया जा सकता है। RNA पॉलीमरेज एन्जाइम के DNA के द्विकुण्डल से संलग्न होने के साथ ही DNA के द्विकुण्डलित हेलिक्स में अकुण्डलन शुरू हो जाता है। σ तथा अनुलेखन की प्रक्रिया प्रारम्भ हो जाती है। यूकैरियोटिक कोशिकाओं में RNA पॉलीमरेज एन्जाइम DNA से मजबूती के साथ जुड़ा रहता है। उच्च प्राणियों में तीन प्रकार के RNA पॉलीमरेज-I,II,III पाये जाते हैं। RNA पॉलीमरेज I, केन्द्रिका (nucleolus) में राइबोसोमल RNA सिस्ट्रॉन के अनुलेखन हेतु उत्तरदायी होता है। पॉलीमरेज II, विषमांगी RNA (heterogeneous RNA) का अनुलेखन करता है जिससे m-RNA की प्राप्ति होती है। पॉलीमरेज III, DNA के उस सूत्र का अनुलेखन करता है जो त-RNA मैं को कोडित करता है।

एक्जोंस और इन्ड्रॉन्स (Exons and Introns)

सन् 1978 में टोनगावल एवं साथियों (Tonegawal and Collegues) ने नॉन - कोडिंग अभिक्रमों को इन्ट्रांस (introns) एवं कोडिंग अभिक्रमों को एक्जॉन्स (exons) के नाम से सम्बोधित किया। विषमांगी RNA से *m*-RNA के निर्माण हेतु सर्वप्रथम स्प्लाइसिंग प्रक्रिया के दौरान एण्डोन्यूक्लिएज एन्जाइम (endonuclease enzymes), विषमांगी RNA से नॉन- कोडिंग अभिक्रमों को पृथक करता है तथा इसके तुरन्त बाद कोडिंग अभिक्रमों को जोड़ दिया जाता है (ligation of coding sequences)।

बोध प्रश्न - 2

I. बहुविकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. आर एन ए में पायी जाने वाली शर्करा है:
   (a) राइबोस प्रकार की टेट्रोज शर्करा
   (b) राइबोस प्रकार की पेन्टोज शर्करा
   (c) राइबोस प्रकार की हेक्सोज शर्करा
   (d) उपरोक्त सभी ( )
2. आर एन ए में राइबोस शर्करा रीढ़ का निर्माण किस बन्ध द्वारा निर्मित होता है :
   (a) 3' - 5' फॉस्फोडाईएस्टर बन्ध
   (b) 5' - 3' फॉस्फोडाईएस्टर बन्ध
   (c) a तथा b दोनों
   (d) उपरोक्त में से कोई नहीं ( )
3. आर.एन.ए में थाईमीन के स्थान पर पाया जाने वाला क्षारक है :
   (a) एडीनीन
   (b) ग्वानीन
   (c) यूरेसिल
   (d) साइटोसीन ( )

4. आर- आरएनए पाया जाता है.

(a) केन्द्रक

(b) केन्द्रक द्रव्य

(c) केन्द्रक झिल्ली

(d) कोशिका द्रव्य ( )

5. अमीनो अमलों के प्रोटीन संश्लेषण स्थल तक पहुँचाने का कार्य करता है :

(a) डीएनए

(b) टी-आर एन ए

(c) आर- आर एन ए

(d) एम- आर एन ए ( )

6. टी-आर एन ए के किस अन्त पर अमीनो अम्ल संलग्न स्थल होता है :

(a) 5’

(b) 3'

(c) (a) तथा (b) दोनो

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं ( )

7. विषमांगी आरएनए है :

(a) एम - आरएनए

(b) आर - आरएनए

(c) टी - आरएनए

(d) उपरोक्त सभी ( )

II. सही अथवा गलत (True or False)

1. न्यूक्लिओटाइड में एक फॉस्फेट समूह एवं एक क्षारक उपस्थित होते हैं। ( )

2. DNA की दोनों श्रृंखलाएँ एक दूसरे के प्रति समानन्तर (antiparallel) होती है। ( )

3. C-DNA में 98% अपेक्षित आद्रता होती है। ( )

4. अर्धसंरक्षी विधि को प्रमाणित करने वाले वैज्ञानिक विल्किन्स (Wilkins) थे। ( )

5. 5' -3' दिशा में निर्मित हुए DNA सूत्रों को पालीमरेज I एन्जाइम जोड़ता है।( )

6. r-RNA स्थायी (stable) होता है। ( )

7. *m*-RNA के जीवातजनन में पॉली A पुच्छ (poly A tail) RNA के 5' सिरे पर स्थापित होती है। ( )

8. DNA की पुनरावृत्ति (replication) में DNA का केवल एक सूत्र सांचे (template) की भांति कार्य करता है। ( )

9. अर्धसंरक्षी विधा को प्रमाणित करने वाले वैज्ञानिक जेकब एवं मोनोड (Jacob and

Monod) थे। ( )

10. DNA श्रृंखला के विस्तार हेतु पॉलिमरेज III की आवश्यकता पड़ती है। ( )
11. DNA की पुनरावृत्ति द्विशीय (biodirectional) होती है। ( )
12. यूकैरियोटिस में DNA पुनरावृत्ती की दर जीवाणुओ की अपेक्षा तीव्र नहीं होती हैं। ( )
13. यूकैरियोटिस में पुनरावृत्ति के समय अनेक बिन्दु सदृश्य (eye like) रचनाएँ उपस्थित होती है। ( )
14. r-RNA अस्थायी (unstable) होता है। ( )
15. प्यूरीन्स नाइट्रोजनी क्षारक होते हैं। ( )
16. थाईमीन तथा साइटोसीन प्यूरीन्स हैं। ( )
17. एडीनीन तथा ग्वानीन पिरिडीन्स प्रकार के नाइट्रोजनी क्षारक हैं। ( )
18. एडीनीन थाईमीन से तीन हाइड्रोजन बन्धों द्वारा जुड़े रहते हैं। ( )
19. ग्वानीन साइटोसीन से दो हाइड्रोजन बन्धों द्वारा जुड़े रहते हैं। ( )
20. आरएनए में एडीनीन के स्थान पर यूरेसिल पाया जाता है। ( )
21. डीएनए की संरचना में लघु तथा वृहत जांच पायी जाती है। ( )
22. डीएनए सूत्र क्षारक- शर्करा- क्षारक श्रृंखला से निर्मित होते हैं। ( )
23. डीएनए के एक अणु में 21/2 कुण्डल होते हैं। ( )
24. डीएनए के एक अणु में नाइट्रोजन क्षारकों के 11 क्षारक युग्म होते हैं। ( )
25. न्यूक्लियोसाइट में एक फॉस्फेट समूह जुड़ने से न्यूक्लिओटाइड का निर्माण होता है। ( )
26. वॉटसन तथा क्रिक का डीएनए मॉडल ए डीएनए प्रतिरूप के समकक्ष है। ( )
27. बी-डीएनए का हेलीकल व्यास 19 Å होता है। ( )
28. एम-आरएनए को केन्द्रीय आरएनए भी कहते हैं। ( )
29. समस्त विषमांगी आरएनए का प्रोटीन में अनुलेखन होता है। ( )
30. कोडिंग अनुक्रम एक्सोन्स कहलाते हैं। ( )
31. 7 -मेथिल ग्वानोसीन 5' अन्त को हासिल होने से बचाता है। ( )
32. टी-आरएनए को विलेय आर एन ए भी कहते हैं। ( )
33. टी आरएनए का जीवात् जनन राइबोसोम द्वारा होता है। ( )

III. रिक्त स्थानों को भीरये (Fill in the blanks)

1. DNA से अभिप्राय है...............।
2. DNA सूत्र के कुण्डलन खुलने पर इसे................ कहते हैं।
3. पॉलीन्यूक्लिओटाइड श्रृंखला के आन्तरिक बन्धों पर क्रिया करने वाले एन्जाइम ....,. कहलाते हैं।
4. DNA से m-RNA के निर्माण को.................. कहते हैं।
5. Hn-RNA में प्रोटीन को कोडित नहीं करने वाले भाग..,.... कहलाते हैं।

6. .... ने पिरिमिडीन एवं प्यूरीन की खोज कर नोबेल पुरस्कार प्राप्त किया।

7. DNA सूत्र के दोहरे सर्पिल के एक भाग को खोलने वाला एन्जाइम..................... कहलाता है।

8. DNA के पश्चगामी रज्जुक टेम्पलेट 5' - 3' दिशा में खण्डों में होता हैं। जिन्हें.................... खण्ड कहते हैं।

9. एक नाइट्रोजन क्षारक व एक पेन्टोज शर्करा के संयोग से बना यौगिक........... कहलाता है।

10. एक नाइट्रोजन क्षारक, एक पेन्टोज शर्करा तथा एक फॉस्फेट समूह के संयोग से बना यौगिक..,....................... कहलाता है।

11. पुरावृति डीएनए को....................... डीएनए भी कहा जाता है।

12. 5' - 3' दिशा में न्यूक्लिओटाइड्स के बहुलकीकरण हेतु पॉलीमरेज एन्जाइम उत्तरदायी होता है।

13. मेसेल्स एवं स्टाहल के प्रयोगों ने डी एन ए पुनरावृत्ति की ....विधि को प्रमाणित किया।

14. आर्थर कॉनबर्न ने डीएनए की पुनरावृत्ति में महत्वपूर्ण योगदान करने वाले एन्जाइम...... की खोज की।

15. ई. कोलाई के प्रभेदों से............. एन्जाइम प्राप्त किया जाता है।

16. .... एवं.......... ने टोपोआइसोमरेजेज एन्जाइम नाम निर्धारित किया।

17. डीएनए की पुनरावृत्ति के समय हैलीकल सूत्रों के मध्य स्पष्ट घूर्णन.......... एन्जाइम की सहायता से सम्पादित हो पाता है।

9.4 सारांश (Unit Summary)

- न्यूक्लिक अम्ल जीवित कोशिका के नियत घटक हैं और ये प्रोटीन संश्लेषण को नियन्त्रित तथा वंशानुगत को निर्धारित करते हैं। ये विशाल अणु हैं।
- न्यूक्लिक अम्लों की खोज सन् 1869 में स्विस जैव-रसायनज्ञ फ़ेड्रिक मिशर ने की।
- एक न्यूक्लिकओटाइड के जटिल अणु में तीन प्रकार की उपइकाइयाँ होती हैं- एक फॉस्फेट समूह, एक पेन्टोज शर्करा और एक नाइट्रोजन क्षारक।
- नाइट्रोजन क्षारक दो प्रकार के होते हैं- (1) पिरीमिडीन्स एवं (2) प्यूरीन्स।
- एडेनीन एवं ग्वानीन प्यूरीन्स की श्रेणी में आते हैं। थाईमीन साइटोसीन एवं यूरेसिल पिरीमिडीन्स कहलाते हैं।
- एक नाइट्रोजन क्षारक व एक पेन्टोज शर्करा के संयोग से बना यौगिक न्यूक्लिकओसाइड होता अणु हैं।
- राइबोस या डीऑक्सीराइबोस नामक पेन्टोज शर्कराओं की न्यूक्लिओटाइडों की उपस्थिति के अनुसार दो प्रकार के न्यूक्लिक अम्ल होते हैं- राइबोन्यूक्लिक अम्ल (RNA) व डीऑक्सीराइबोस न्यूक्लिक

अम्ल (DNA)।

- DNA का वाटसन व क्रिक का मॉडल जीव-रासायनिक तथ्यों व एक्स-किरण विश्लेषण पर आधारित है।
- निम्न तीन सक्रिय विशेषताएँ DNA को जीवन की सर्वव्यापक कुंजी बनाती हैं- (1) DNA में नाइट्रोजन- क्षार की जोड़ियों का विशिष्ट क्रम, (2) परम कोशिका में वंशानुगत की कुंजी के रूप में कार्य करता है, (3) DNA उत्परिवर्तनीय (mutable) है।
- डी.एन.ए. सूत्र तीन विभिन्न रूपों में देखा जा सकता है। ये प्रारूप क्रमशः A,B एवं Z डी.एन.ए. कहलाते हैं।
- वॉटसन एवं क्रिक ने डी.एन.ए. पुनरावृत्ति की एक सरल विधि प्रस्तुत की है।
- सन् 1958 में मेसेल्सन एवं स्टाहल के प्रयोगों ने डी.एन.ए. पुनरावृत्ति की अर्द्धसंरक्षी विधि को प्रमाणित किया।
- न्यूक्लिएज एन्जाइम पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं को इनके न्यूक्लिओटाइड्स घटकों में तोड़ने का कार्य करता है।
- आर्थर कॉर्नबर्ग ने सन् 1957 में डी.एन.ए. की पुनरावृति में महत्वपूर्ण योगदान करने वाले एन्जाइम पॉलीमरेज I की खोज की।
- ई. कोलाई(E.coli) के प्रभेदों से ही पॉलीमरेज II एन्जाइम प्राप्त किया जाता है।
- डी.एन.ए. पॉलीमरेज III नामक एन्जाइम की खोज आर्थर कॉर्नबर्ग के पुत्र टी. कॉर्नबर्ग एवं गेफ्टर ने सन् 1972 में की थी।
- वाँग एवं लियू ने सन् 1978 में टोपोआइसोमरेजेज एन्जाइम नाम इस आधार पर निर्धारित किया कि ये डी.एन.ए. के टोपोलॉजीकल आइसोमर्स में अन्तर-परिवर्तन लाने में सक्षम हैं।
- एकल सूत्र बन्धक प्रोटीन टी$_4$ फेग में एल्वर्ट्स एवं साथियों ने खोज की। इन्हें अकुण्डलन प्रोटीन्स भी कहते हैं।
- प्रत्येक डी.एन.ए. श्रृंखला की संतति श्रृंखलाओं को जोड़ने का कार्य डी.एन.ए. लाइगेस द्वारा किया जाता है।
- रेस्ट्रिक्शन एन्जाइम के प्रभाव से डी.एन.ए. के दोनों ही सूत्रों में इन स्थानों पर विखण्डन सम्भव हो जाता है।
- डी.एन.ए. की पुनरावृत्ति के समय हैलीकल सूत्रों के मध्य स्पष्ट घूर्णन सुवीलेजेज एन्जाइम की सहायता से सम्पादित हो पाता है।
- ओकाज़ाकी और साथियों का मत है कि दो सूत्रों में से केवल एक सूत्र, 3' - 5' अथवा लगातार सूत्र की लगातार पुनरावृत्ति होती है। जिसके फलस्वरूप छोटे-छोटे खण्डों का निर्माण होता है। जिन्हें ओकाज़ाकी खण्डों के नाम से जाना जाता है।
- पूर्व से ही स्थित पॉलीन्यूक्लिओटाइड श्रृंखला पर पॉलीमरेज एन्जाइम नवीन न्यूक्लिओटाइड्स को जोड़ सकता है।
- निम्न विधियों द्वारा डी.एन.ए. में सुधार किया जाता है- (1) फोटोरिपेयर या प्रकाश सुधार, (2) पुनरावृत्ति पश्च सुधार एवं (3) काट-सुधार।
- राइबोन्यूक्लिक अम्ल मुख्य रूप से कोशिका द्रव्य एवं केन्द्रक में मिलता है। कोशिका-द्रव्य में यह

मुक्त रूप से अथवा राइबोसोम में पाया जाता है।

- कोशिका में तीन प्रकार के नॉन-जेनेटिक (non-genetic) आर.एन.ए. होते हैं- (1) राइबोसोमल आर.एन.ए., (2) संदेशवाहक आर.एन.ए. एवं (3) ट्रान्सफर आर.एन.ए.।
- डी.एन.ए. के न्यूक्लिओटाइड्स के क्रम में निहित आनुवंशिक सूचनाओं के आर.एन.ए. में स्थानान्तरण को ही अनुलेखन कहते हैं।
- आरएनए. पॉलीमरेज एक जटिल प्रकार का एन्जाइम है जो पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं की 5 उपइकाइयों द्वारा β,β',α,σएवं ω द्वारा दर्शाया जाता है।

9.5 शब्दावली (Glossary)

आनुवंशिक सूचनाएँ	Genetic information
प्रतिसमान्तर	Antiparallel
संकीर्ण खाँच	Narrow groove
चौड़ी खाँच	Broad groove
बहुलकीकरण	Polymerization
द्विगुणन	Replication
सापेक्ष आर्द्रता	Relative humidity
दक्षिणावर्ती प्रारूप	Right handed model
DNA - RNA संकर	DNA-RNA hybrid
डाईन्यूक्लिओटाइड युग्म	Dinucleotide pairs
अवशेष	Residue
एकान्तर	Alternating
पुनरावर्ती इकाई	Repeating unit

9.6 संदर्भ ग्रन्थ (Further Readings)

1. Adams R.L.P., Knowler J.T and Leader D.P.(1986) The Biochemistry of Nucleic Acids. 10th Edition, Chapman and Hall, London.
2. Bolsover S.R., Hyams J.S., Jones S., Shephard E.A. and White H.A.(1997) From Genes to Cells. Wily-Liss,New York.
3. Power C.B. (2004) Cell Biology. Vol.I, Himalaya Publishing House, Mumbai.
4. Bhatia A.L., Kohli K.S. and Jain N.(2006) Cell Biology and Genetics. Ramesh Book Depot, Jaipur.

9.7 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answer to Self - assessment Questions)

बोधप्रश्न - 1

बहुविकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. (a)	2. (b)	3. (d)	4. (b)	5. (d)
6. (a)	7. (a)	8. (a)	9. (c)	10. (c)
11. (c)	12. (d)	13. (b)	14.(d)	15. (b)
16. (c)	17. (b)	18. (d)	19. (c)	20. (c)
21. (d)	22. (b)	23. (c)	24. (a)	25. (c)
26. (d)	27. (b)	28. ()	29. ()	30. (a)
31. (a)	32. (b)	33. (a)		

बोधप्रश्न - 2

I. बहुविकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. (b) 2. (c) 3. () 4. (d) 5. (b) 6. (b) 7. (a)

II. सही अथवा गलत बताइये (Mark True or False)

1

1. (F)	2. (F)	3. (F)	4. (F)	5. (T)
6. (T)	7. (F)	8. (F)	9. (F)	10. (T)
11. (T)	12. (T)	13. (T)	14. (T)	15. (T)
16. (F)	17. (F)	18. (F)	19. (F)	20. (F)
21. (T)	22. (F)	23. (F)	24. (F)	25. (T)
26. (F)	27. (T)	28. (T)	29. (F)	30. (T)
31. (T)	32. (T)	33. (F)		

III. रिक्तस्थान भीरये (Fill in the Blanks)

1. डीऑक्सीराइबोस न्यूक्लिक अस्त
2. ऋणात्मक अधिकुण्डलन
3. एण्डोन्यूक्लिएजेज
4. अनुलेखन
5. इन्ड्रॉन्स
6. कोसेल
7. हेलिकेज (helicase) या अकुण्डलन एन्जाइम (-unwinding enzymes)

8. ओकाजाकी (Okazaki)
9. न्यूक्लियोसाइड
10. न्यूक्लियोटाइड
11. सैटेलाइट
12. पॉलीमरेज
13. अर्ध सरंक्षी
14. पॉलीमरेज
15. पॉलीमरेज
16. वॉग तथा लियू
17. सूवीलेजेज

9.8 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Question)

1. न्यूक्लिक अम्ल कितने प्रकार के होते हैं? इनका सविस्तार वर्णन कीजिए।
2. DNA में न्क्रक्लइओटाइड की श्रृंखला का महत्व बताइए।
3. RNA व DNA में संरचनात्मक भेद बताइए।
4. राइबोन्यूक्लिक अम्ल पर एक लेख लिखिये।
5. विभिन्न प्रकार के आर एन ए का तुलनात्मक विवरण दीजिये।
6. उचित चित्रों की सहायता से डी एन ए की पुनरावृति की क्रिया विधि को समझाइये।
7. एक्सॉन्स तथा इन्ट्रान्स पर विशेष महत्त्व देते हुए अनुलेखन की क्रिया का विस्तार से वर्णन कीजिये।
8. निम्न पर टिप्पणी लिखिए -
   (1) न्यूक्लिओटाइड
   (2) न्यूश्लिओसाइड
   (3) ऊर्जावाहक संकर
   (4) DNA का द्विकरण
   (5) DNA की तीन सक्रिय विशेषताएँ
   (6) एकल सूत्र बन्धक प्रोटीन्स
   (7) A, B व Z प्रकार के DNA
9. "न्यूक्लिक अम्ल जनन तन्त्रों के सार होते हैं।" संक्षेप में वर्णन कीजिए।
10. RNA की संरचना, प्रकार व कार्य बताइए।
11. प्रोकैरियोट्स व यूकैरियोट्स में पुनरावृत्ति पर विस्तृत लेख लिखिए।
12. अनुलेखन से क्या अभिप्राय है? इसकी व्याख्या कीजिए।
13. मेसेल्सन एवं स्टाहल के प्रयोग क्या सिद्ध करते हैं? विस्तारपूर्वक समझाइए।
14. सूक्ष्म टिप्पणियाँ लिखिए-
   (1) RNA प्राइमर

(2) ओकाजाकी खण्ड

(3) DNA सुधार

(4) पॉलीमरेजेज

(5) टोपोआइसोमरेजेज

(6) कैपिंग

(7) एक्लोन्स व इन्ट्रोन्स

(8) स्प्लाइसिंग

इकाई 10 - आनुवंशिक छूट और अनुवादन (Genitic Code and Translation)

इकाई की रूपरेखा (Outline of unit)

10.0 उद्देश्य (Objectives)

10.1 प्रस्तावना (Introduction)

10.2 त्रिक कूट (Triplet code)

10.3 त्रिक कूट के लक्षण (Characteristics of Triplet Code)

10.3.1 आनुवंशिक कूट का अपहास (Degeneracy of the Genetic Code)

10.3.2 माइटोकॉण्ड्रिया में आनुवंशिक संकेत (Genetic Code of Mitochondria

10.4 प्रोटीन संश्लेषण एवं अनुवादन (Protein Synthesis and Translation)

10.4.1 प्रोटीन संश्लेषण की क्रियाविधि (Protein Synthesis and Translation)

10.4.2 प्रोटीन संश्लेषण का हॉरमोन नियन्त्रण (Hormonal Control of Protein Synthesis)

10.5 सारांश (Summary)

10.6 शब्दावली (Glossary)

10.7 संदर्भ ग्रन्थ (Further Reading)

10.8 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self -assessment Questions)

10.9 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

10.0 उद्देश्य (Objectives)

इकाई को पढ़ने के बाद आप.

- आनुवंशिक कूट की जानकारी प्राप्त कर सकेंगे।
- त्रिक कूट और इसके लक्षण जान पाएंगे।
- प्रोटीन संश्लेषण की क्रियाविधि समझ सकेंगे।

10.1 प्रस्तावना (Introduction)

आनुवंशिक कूट और अनुवादन

आधुनिक ज्ञान के अनुसार कहा जाता है कि किसी भी जीवधारी में प्रोटीन संश्लेषण (protein synthesis) उन समस्त आनुवंशिक संकेतों के प्रतिबिम्ब को व्यक्त करता है जो डी. एन. ए. में अन्तर्निहित रहते हैं तथा जीन या डी. एन. ए. में न्यूक्लिओटाइड क्रम विशिष्ट प्रोटीन (specific protein) की संरचना व संश्लेषण की गतियों का नियन्त्रण करके अपना कार्य करते हैं। वास्तव में जीनों के विशेष प्रभाव विशिष्ट एन्जाइम प्रोटीन द्वारा अभिव्यक्त होते हैं जिनको वे इसी कार्य के लिए संश्लेषित करते हैं।

जॉर्ज बीडल (George Beadle) व एडवर्ड टेटम (Edward Tatum) द्वारा प्रतिपादित "एक जीन एक एन्जाइम सिद्धान्त" के अनुसार प्रत्येक एन्जाइम एक विशिष्ट जीन के नियन्त्रण में रहता है तथा

कुछ एन्जाइम एक से अधिक जीन के नियन्त्रण में होते हैं, अत: सम्पूर्ण कोशिकीय उपापचय एन्जाइमों के माध्यम द्वारा जीनों से नियन्त्रित रहता है। इस धारणा से, कि एक विशिष्ट एन्जाइम एक विशिष्ट उपापचयी क्रिया को उत्प्रेरित करता है, ज्ञात होता है कि एक विशिष्ट एन्जाइम एक विशिष्ट लक्षण (specific characteristics) उत्पन्न करता है। यहाँ प्रत्येक जीवित कोशिका में प्रोटीन अपने वास्तविक रूप में या एन्जाइमों के रूप में, उन मौलिक यंत्रों की तरह काम करते हैं जिनकी सहायता से अपने पास मौजूद समान आनुवंशिक सामग्री का उपयोग करते हैं वास्तव में आनुवंशिक सन्देश का निर्धारण डी. एन. ए. द्वारा होता है जो प्रतिलिपि रूप (copy form) में संदेशवाहक आर. एन. ए. (*m*-RNA) का निर्माण करता है तथा यही (*m*-RNA) प्रोटीन संश्लेषण केन्द्रों पर पहुँचकर अमीनो अम्ल अणुओं के व्यवस्था क्रम का निदेशन कर प्रोटीन संश्लेषण में आवश्यक योगदान करता है। आनुवंशिक संहिता या जेनेटिक-कोड के पूर्ण अध्ययन को सरलता के लिए दो भागों में विभाजित कर सकते है 1. समाचार केन्द्र, 2. डी.एन.ए. में समाचारों का कूटबद्धकरना।

1. **समाचार केन्द्र** (Message centre) : कोशिका का केन्द्रक ही आनुवंशिक समाचार केन्द्र का कार्य करता है जहाँ जीन निष्क्रिय (inactive) संदेशवाहक (messenger) का कार्य करते हैं। इनकी निष्क्रियता का कारण यह है कि इनमें निहित आनुवंशिक संदेश (संकेत) की प्रतिलिपि *m*-RNA के रूप में तैयार हो जाती है। ये *m*-RNA अणु ही संदेशवाहक का कार्य करते हैं जिसके लिए यह केन्द्र से बाहर कोशिका द्रव्य में आते हैं और प्रोटीन संश्लेषण के पूरा होने के बाद नष्ट हो जाते हैं। इनका जीवन काल छोटा होता है, अत: केन्द्रक में डी.ए.नए. अणु द्वारा नये *m*-RNA का निर्माण लगातार होता रहता है। केन्द्रक की झिल्ली (nuclear membrane) निष्क्रिय संदेशवाहकों (inactive messenger) जीन की सदैव रक्षा करती है और इन्हें नष्ट नहीं होने देती है।
2. **डी.एन.ए. में वंशागत समाचारों का कूटबद्धीकरण** (Coding of genetic information in DNA) : हम जानते हैं कि कई न्यूक्लिओटाइड इकाइयाँ एक क्रम से पंक्ति में व्यवस्थित होकर केन्द्रक अम्ल का संश्लेषण करती हैं। डी.एन.ए. में चार प्रकार की न्यूक्लिओटाइड होती हैं तथा प्रत्येक में डीऑक्सीराइबोज नामक पेन्टोज शर्करा, फॉस्फेट समूह व एक प्यूरीन या पिरीमिडीन क्षारक (base) होता है। डी.एन.ए. अणु की दोनों कड़ियाँ न्यूक्लिओटाइड की बनी होती हैं तथा दोनों ही में एडेनिन सदैव थायमिन से तथा गुएनिन, साइटोसिन से जुड़ती हैं। शर्करा व फॉस्फेट सदैव एक होते हैं, अत: वे डी.एन.ए. में वंशागत संकेत के लिए जिम्मेवार नहीं होते हैं जिनका क्रम विशिष्टतामय होता है। इन क्षारकों के क्रम में 4^n परिवर्तन सम्भव हैं जिससे लम्बे डी.एन.ए. अणु में क्रमचय व संचय से लगे न्यूक्लिओटाइड के क्रम में भिन्नता के कारण विभिन्न प्रकार के आनुवंशिक संकेत व्यवस्थित रहते हैं। अत: अनेक प्रकार के विशिष्टतामय डी.एन.ए. अणुओं का निर्माण हो सकता है। यह विशिष्टता न्यूक्लिओटाइड के अपने क्रम व उनके अनुपात पर आश्रित होती है। न्यूक्लिओटाइड का पीरवर्तनशील यह क्रम एक सांकेतिक भाषा (symbolic Language or code) है जिसके द्वारा प्रत्येक जीव में वंशागत जानकारी एकत्रित की जाती है। प्रत्येक जाति के डी.एन.ए. में इन नाइट्रोजन क्षारकों का अनुपात स्थायी व विशिष्ट होता है तथा प्रत्येक जाति के सदस्य के डी.एन.ए. की अपनी विशिष्टता होती है।

जब हम यह माने कि चार नाइट्रोजन क्षारक (nitrogen base) कोड या संहिता निर्माण में आधारभूत (basic) इकाइयों (units) की तरह कार्य करते हैं तो प्रश्न उठाया जा सकता है कि ऐसी संहिता के द्वारा कितनी जानकारी डी.एन.ए. द्वारा एकत्रित की जा सकती है? विभिन्न मानव भाषाओं की तरह इस चार इकाइयों वाली आनुवंशिक भाषा से अनेक समाचार संकेतबद्ध किये जा सकते हैं। एक डी.एन.ए. अणु में सामान्यत: न्यूक्लिओटाइड के 10,000 जोड़े होते हैं। अत: इनको अनेक क्रमों में लगाया जा सकता है तथा प्रत्येक क्रम एक विशिष्ट आनुवंशिक संकेत को इस अणु में निश्चित कर देता है। अत: विभिन्न क्षारक जोड़ों (base pair) का निश्चित क्रम ही डी.एन.ए. अणु में निश्चित किये हुए वंशागत सांकेतिक समाचार का मूलभूत आधार (fundamental basis) होता है। इन आनुवंशिक संकेतों का प्रतिलिपन (transcription) mRNA के रूप में कई चरणों में पूरा होता है।

पहले चरण में डी.एन.ए. अणु के न्यूक्लिओटाइड का संश्लेषण होता है। पृथक हुई प्रत्येक डी.एन.ए. श्रृंखला एक साँचे का कार्य करती है जिसके अनुरुप्र विभिन्न न्यूक्लिओटाइड विभिन्न क्षारक क्रमों में व्यवस्थित होने लगते हैं जहाँ क्षारक समूह उच्च ऊर्जामय हाइड्रोजन बंधों द्वारा परस्पर संयोजित (combine) हो जाते हैं।

यहाँ नई बनी श्रृंखला में यदि यूरेसिल (Uracil) क्षारक होता है तो यह श्रृंखला (chain) mRNA के रूप में जनक श्रृंखला से पृथक् होकर साइटोप्लाज्म ओर स्थानान्तरित होना शुरूकर देती है; इसके विपरीत जब नयी श्रृंखला में जनक के समान थायमिन क्षारक ही रहती है तो यह डी.एन.ए. के द्विगुणन को व्यक्त करती है। अत: डी.एन.ए. से *m*-RNA के निर्माण को प्रतिलिपिन (transcription) कहा जाता है तथा *m*-RNA वास्तव में डी.एन.ए. की सच्ची प्रतिलिपि (true copy)होता है जो राइबोसोम की बाहरी सतह पर अपने में निहित आनुवंशिक संहिता पहुँचाते हैं। प्रतिलेखन द्वारा तैयार हुआ *m*-RNA का अणु कोशिका द्रव्य में उपस्थित 20 अमीनो अम्लों से चयन करके पहले पेप्टाइड श्रृंखला व फिर प्रोटीन का निर्माण करता है। **केवल चार प्रकार के क्षारकों द्वारा ही बीस तरह के अमीनो अम्लों का चयन व निदेशन होता है।**

10.2 त्रिक कूट (Triplet Code)

आनुवंशिक कूट (genetic code) के निर्धारण में सबसे प्रबल समस्या एक अमीनो अम्ल (amino acid) को कोडित करने हेतु न्यूक्लिओटाइडस की वास्तविक संख्या के निर्धारण से सम्बन्धित थी। संदेशवाहक RNA (messenger RNA) में, अब तक ज्ञात 20 अमीनो अम्लो के लिए चार नाइट्रोजनी क्षारक उपलब्ध हैं। उपरोक्त तथ्यों के आधार पर आनुवंशिक कूट का निर्धारण सम्भव हो सका है।

एकल छूट (Single Code) : इसके अनुरूप दो नाइट्रोजनी क्षारकों का विन्यास केवल $4 \times 4 = 6$ अमीनो अम्लो को ही कोडित करने में सक्षम है, परन्तु ज्ञात अमीनो अम्लो की संख्या 20 है। अत: यह भी अपर्याप्त है।

द्वितीय क्षारक

प्रथम क्षारक	A	G	U	C
A	AA	AG	AU	AC
G	GA	GG	GU	GC
U	GA	UG	UU	UC
C	CA	CG	CU	CC

आनुवंशिक कूट और अनुवादन

त्रिक छूट (Triple Code) : डी.एन.ए. सिद्धान्त के सहप्रतिपादक क्रिक (crick) द्वारा प्रस्तुत त्रिगुणी संकेत सिद्धान्त (triplet code theory) बहु त ही उपयुक्त माना जाता है। इस सिद्धान्त के अनुसार तीन क्षारकों (bases) के त्रिगुणक (triplet) को संकेतक (codon) कहते हैं। अत : डी.एन.ए. अणु के निश्चित बिन्दु के प्रारम्भ से ही क्षारकों के त्रिगुणकों का विशिष्ट क्रम ही राइबोसोम पर एकत्रित होने वाले अमीनो अम्लों की विशिष्ट शृंखला का निर्धारण करता है। कोशिका द्रव्य में विचरने वाले t RNA अणुओं पर उपस्थित तीन क्षारकों की एक इकाई द्वारा अमीनो अम्लों का निर्धारण होता है। नीरेनबर्ग व मेथाइ (Nirenberg and Mathaei) द्वारा कृत्रिम m RNA पर किये गये अध्ययनों ने भी त्रिगुण संकेत तन्त्र की मान्यता को यथार्थ माना है। यहाँ इस तीन अक्षरों के बने संकेत को त्रिगुणी संकेत (triplet code) तथा DNA अणु में त्रिगुणी संकेत को व्यक्त करने वाले क्षारकों के त्रिगुण को संकेतक (codon) और m RNA पर उपस्थित त्रिगुणी को प्रतिसंकेतक (anticodon) कहा जाता है।

द्वितीय क्षारक

प्रथम क्षारक	U	C	A	G	तृतीय क्षारक
U	UUU, UUC } Phe UUA, UUG } Leu	UCU, UCC, UCA, UCG } Ser	UAU, UAC } Tyr UAA } Ochre (terminator) UAG } Amber (terminator)	UGU, UGC } Cys UGA Terminator UGG Try	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG } Leu	CCU, CCC, CCA, CCG } Pro	CAU, CAC } Tyr CAA, CAG } Gin	CGU, CGC, CGA, CGG } Arg	U C A G
A	AUU, AUC, AUA } Leu AUG } Met	ACU, ACC, ACA, ACG } Thr	AAU, AAC } Asn AAA, AAG } Iys	AGU, AGC } Ser AGA, AGG } Arg	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG } Val	GCU, GCC, GCA, GCG } Ala	GAU, GAC } Asp GAA, GAG } Glu	GGU, GGC, GGA, GGG } Gly	U C A G

त्रिगुणी संकेत सिद्धान्त (Triplet Code Theory) के आधार पर हम मानकर चलते हैं कि क्षारकों के रूप में चार अक्षर A,T या U, G व C हैं जिनको विभिन्न क्रमों में लगा कर तीन अक्षरों (क्षारकों) से अधिकतम 64 सम्भव शब्द या संयोग संयोग (combination) बनाये जा सकते हैं। सभी 4 × 4 × 4 = 64 संयोग संकेत (combination code) अमीनो अम्लों के संकेत नहीं होते तथा कुछ सम्भव त्रिगुणी संकेत (Triplet codons) किसी भी प्रकार के tRNA से सम्बन्ध नहीं दिखाते, ऐसे संकेतों को बेकार संकेत (Nonsense condons) कहा जाता है जो पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला में किसी भी अमीनो अम्ल के स्थापन के लिए जिम्मेदार नहीं होते हैं। 64 त्रिगुणी संकेतों में से अधिकांश उपयोगी होते हैं जो कोशिका द्रव्य में उपस्थित 20 अमीनो अम्लों के लिए वंशागत संकेत (genetic message) को व्यक्त करते हैं। यह भी देखा गया है कि दो के अलावा सभी अमीनो अम्लों के आनुवंशिक संकेत कई क्षारक संयोगों (base combinations) द्वारा बनाये जा सकते हैं। वास्तव में संकेतीकरण (coding) का यह बहुगुणी तन्त्र (multiple system,) या विकृत तन्त्र जीवधारियों की अनेक हानिकारक उत्परिवर्तनों से सुरक्षा करता है।

इस प्रकार हम देखते है कि आनुवंशिक संकेत तंत्र (genetic code system) की क्रिया के पहले चरण में डी.एन.ए अणु में त्रिगुणी संकेत (triplet code) के रूप में निष्क्रिय स्थिति में छुपे हुए आनुवंशिक समाचारों का प्रतिलेखन हुआ, जिसके पीरणामस्वस्प *m*RNAबना जिसमें अभी तक सम्पूर्ण समाचार एक संकेत के रूप में ही होता है। अन्तिम चरण में अब उस संकेत-तन्त्र की सहायता से विभिन्न प्रकार के प्रोटीन का निर्माण होता है तब ही पहली बार संकेत या संदेश को स्पष्ट या प्रत्यक्ष रूप में देखा जा सकता है। अत : इस अन्तिम चरण को स्पष्टीकरण या अनुवादन (Translation) कहते हैं। नीरेनबर्ग व मेथाइ (Nirenberg & Mathaei,1961) के अध्ययनों ने आनुवंशिक संकेत को समझने में सहायता की। यहाँ संप्रेषित या अप्राकृतिक *m*RNA केवल एक क्षार, यूरेसिल का बना था। जब इस *m*RNA को एक कोशिका विहीन संश्लेषण तन्त्र में मिलाया गया [ऐसा तन्त्र ई. कोलाइ (Escherichia coli) जीवाणु की कोशिकाओं से प्राप्त किया गया था], तब यह देखा गया कि संश्लेषित कृत्रिम प्रोटीन अधिकतर फीनाइलएलेनीन व आइसोल्यूसीन (isoleucine) की थोड़ी मात्रा की बनी हुई थी। इस प्रकार कृत्रिम RNA के अणु में यूरेसिल व एडेनीन के 2:1 के अनुपात से ज्ञात हुआ कि आइसोल्यूसीन के संकेत शब्द में दो 'U' के साथ एक A चाहिए- जैसे UUA, UAU, AUU।

इन अध्ययनों से सभी 20 अमीनो अप्लों के संकेत स्पष्ट हो गये हैं (सारणी)। यह देखा गया है कि दो के अलावा सभी अमीनो अम्ल कई क्षार - संयोगों द्वारा बनाये जा सकते हैं, अतः आनुवंशिक कूट DNA अणुओं में स्थित नाइट्रोजीस क्षारों का वह अनुक्रम है जिसमें प्रोटीन संश्लेषण के लिए संदेश निहित होते हैं। संकेतीकरण (coding) का यह बहुगुण तन्त्र (multiple system) अथवा विकृत तन्त्र (degenerate system) प्राणियों को बहुत से हानिकारक उत्परिवर्तनों से सुरक्षा देता है। यदि DNA के एक क्षार का उत्परितर्वन एक अमीनो अम्ल के संकेत को बदलता है, तो यह सम्भव है कि उत्परिवर्तित संकेत फिर भी उसी अमीनो अम्ल के लिए होगा और इस प्रकार पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला में कोई परिवर्तन नहीं आयेगा। यदि अमीनो अम्लों के लिए संकेत शब्द त्रिगुणी है, तब चार क्षारों के 64 संयोग सम्भव

होने चाहिए- 4 × 4 × 4 = 64। सभी 64 संयोग अमीनो अम्लों के संकेत नहीं होते और कुछ सम्भव त्रिगुणी संकेत किसी भी प्रकार के tRNA से सम्बन्धित नहीं होते। ऐसे संकेत शब्दों को " नॉनसेन्स कोडॉन्स " (nonsense codons) कहा जाता है और ये पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला में कोई भी अमीनो अम्ल स्थापित नहीं करते।

सारणी : अमीनो अम्ल एवं उनके आनुवंशिक संकेत

अमीनो अम्ल (Amino acid)	**संभावित त्रिगुणि संकेत (Possible triplet codons)**
एलेनिन	CCG, UCG
आर्जीनीन	CDC , AGA, UDC
ऐस्पेरेजिन	ACA
एस्पार्टिक अम्ल	GUA
सिस्टीन	UUG
ग्लुटेमिक अम्ल	GAA, UAG
ग्लुटेमिन	ACA, UCA, AGA
ग्लाइसिन	UGG, AGG
हिस्टिडीन	ACC
आइसोल्युसिन	UAU, UUA
ल्युसिन	UUG, UUC, UUA
मिथिओनिन	UGA
फिनाइल एलेनिन	UUU
प्रोलीन	CCC, CCA, UCC
सीरिन	UCU, UCC, UUC
थ्रियोनिन	CAC, CCA
ट्रिप्टोफेन	GGC
टाइरोसिन	AUU, UUA
वेलिन	UUG

A =ऐडेनिन C= साइटोसीन G= ग्वानीन, U = यूरेसिल

10.3 त्रिक कूट के लक्षण (Characteristics of Triplet Code)

आनुवंशिक कूट के निम्नलिखित लक्षण हैं-

a. **त्रिक कूट** (Triplet code) : प्रत्येक आनुवंशिक कूट का *m*RNAके तीन नाइट्रोजन युक्त क्षारों (Nitrogenous bases) के एक विशिष्ट अनुक्रम (sequence) का बना होता है।

b. **कॉमाविहीन** (Commaless) : दो संलंग्र कूटों (adjacent codons) के बीच कोई कॉमा या बिन्दु

गर्त नहीं होता है। दूसरे शब्दों में हम यह कह सकते हैं कि दो कूटों के बीच में कोई रिक्त स्थान नहीं होता है।

c. **कूटों का अतिव्यापन** (Non- overlapping codons): प्रारम्भ में यह समझा जाता था कि कूटों में अभिव्यापन (overlapping) पाया जाता है लेकिन नवीन खोजों के अनुरूप, कूटों में अनतिव्यापन (non-overlapping) के अनेक प्रमाण उपलब्ध हैं।

d. **कूट की सार्वत्रिकता** (Universality of code) : आनुवंशिकी कूट वाइरसों, बैक्टिरिया, प्रोकैरिओट्स तथा सभी यूकेरिओट्स में सर्वत्र रूप से पाया जाता है। अभी तक किये गये प्रयोगों से तो यही निष्कर्ष निकला है कि एक अमीनो अम्ल विशेष के लिए मनुष्य में वे ही कूट शब्द होते हैं जो ई: कोलाई में या चूहे में। प्रोटीन संश्लेषण की क्रिया - विधि भी सभी प्राणियों में एक ही जैसी होती है। ई: कोलाई के राइबोसोम तथा चूहों से निकाले गये अन्य घटकों की उपस्थिति में प्रोटीन संश्लेषण सुचारू रूप से होता है। इस प्रकार की मिश्रित प्रोटीन संश्लेषण व्यवस्था में उसी प्रकार का प्रोटीन बनता है जिस प्रकार का सं. आर एन ए होता है। अत : एक सजीव के सं. आर एन में निहित संदेश को दूसरे के राइबोसोम तथा स्थानान्तरण आर एन ए भली- भॉति पड़ सकते हैं। उसी प्रकार सभी उद्यमों में निसृत प्रोटीन संश्लेषण व्यवस्था से पॉली U की उपस्थिति में पॉलीफिनाइल एलानीन ही बनता हैं।

e. **आनुवंशिकी छूट में संरेखित** (collinearity) भी पाई जाती है अर्थात् DNA कूट रेखीय क्रम (linear fashion) में विन्यासित होते हैं।

f. **आनुवंशिक छूट अपहासित** (degenerate) होता है।

सारणी : अतिव्यापन व अनतिव्यापन कोडोन

AUU				अतिव्यापन कोडोन
UU	G			
U	GC			
	GCA			
	CA	U		
	A	UC		
		UCG		
		CG	A	
		G	AC	
			ACC	
AUU	GCA	UCG	ACC	अतिव्यापन कोडोन

10.3.1 आनुवंशिकी कूट का अपहास अथवा अपभ्रष्टता

(Degeneracy of the Genetic Code)

कुछ अमीनो अम्लों के लिए एक से अधिक कूट शब्द हैं। इसे ही अपभ्रष्टता कहते हैं। उदाहरणार्थ, सीरिन के लिए छ: तथा एलानीन के लिए चार कूट शब्द है। अभी तक के ज्ञान तथ्यों से आभास मिलता है कि कूट शब्द के पहले दो बेस अत्यधिक महत्वपूर्ण हैं। तीसरे स्थान पर C या U रहे, दोनों अवस्था

में एक ही अमीनो अम्ल का संकेतीकरण होगा। उसी प्रकार A तथा G का भी प्राय: परस्पर विनिमय (interchange) हो सकता है। ल्यूसीन, नीरिन तथा आर्जीनीन इस नियम के अपवाद हैं क्योंकि इनमें से प्रत्येक के लिए 6 कूट शब्द हैं। स्थानान्तरण आर एन ए का प्रतिकूट शब्द (anticodon) सं. आर एन ए के कूट शब्द के साथ युग्मित होने के समय तीन में से दो बेसों को सही रूप से पहचानता है। तीसरे बेस का पूरक होना कोई आवश्यक नहीं है।

आनुवंशिक कूट तालिका देखने से यह पता चलता है कि केवल दो अमीनो अम्लों छोड़ कर अधिकांश अमीनो अम्लों को एक से अधिक कोडोन द्वारा पेप्टाइड श्रृंखला में इनके विशिष्ट स्थानों की ओर निर्देशित किया जाता है। कोडीकरण की इस गुणित प्रणाली को अपह्रासित प्रणाली (degenerate system) कहते हैं। यह प्रणाली प्राणियों को हानिकारक उत्परिवर्तनों से सुरक्षा प्रदान करती है तथा बेसों (bases) के युग्मन में होने वाली त्रुटियों को कम करती है।

त्रिक-कूट (Triplet codon) के 3' सिरे के नाइट्रोजीनस बेस के स्थान पर अधिकांशत: अपह्रासिता पाई जाती है। कूट के प्रथम दो नाइट्रोजीनस बेस के आधारित होने पर तृतीय बेस U, C, A या G होने पर भी एक विशिष्ट अमीनो अम्ल ही कोडित होता है। यह तृतीय बेस, वॉबले बेस (Wobble base) कहलाता है। कुछ अमीनो अम्लों के आनुवंशिक कूट निम्न प्रकार हैं-

सीरीन	**-**	UCU ,UCC,UCA,UCG तथा AGU व ACU
वेलीन	-	GUU,GUC,GUA,GUG
ल्यूसीन	-	CUU,CUC,CUA,CUG तथा AGA व AGG
आर्जीनीन	-	CGU,CGC,CGA,UCG तथा AGA व AGG

अमीनो एसाईल t-आर.एन.ए. सिन्थेटेज नामक एन्जाइम उचित अमीनो अम्ल के संलग्न (attachment) में भूल के कारण अपहासित (degenerate) हो जाती है।

समारम्भ कूट (Initiation Codon) : मुख्यत: प्रोटीन श्रृंखलाएँ संश्लेषण के शुरुआत में मिथेयोनीन (methionine in eukaryotes) व N-फॉर्मिलमिथायोनीन (N-Formyl methionine in prokaryotes) होते हैं। अधिकांश श्रृंखलाओं में AUG समारम्भ कूट होता है।

समापन कूट (Termination codon) : सिस्ट्रॉन का अन्तिम कूट, पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का समापन करता है। इसे समापन कूट (Termination codon) कहते हैं। ये तीन होते हैं- UAG (amber), UAA (ochre), UGA (opal or umber)। इनमें से सर्वप्रथम (UAG) कोडोन की खोज हुई थी।

आनुवंशिक संकेत तन्त्र (Genetic code system) के बारे में आधुनिक जानकारी के आधार पर हम सारांश में कह सकते हैं कि विशिष्ट प्रोटीन संश्लेषण का संकेत (code) DNA अणु में क्षारक-क्रम पर निर्भर करता है। ये त्रिगुणी संकेत (triplet code) तीन क्षारकों के मिलने से बनते हैं तथा ऐसे 20 त्रिगुणी संकेत इकाई सभी 20 अमीनो अम्लों का चयन कर सकती है। यह वंशागत संकेत (genetic code) DNA अणु से कोशिका द्रव्य में *m*RNA द्वारा राइबोसोम (*m*RNA, प्रोटीन संश्लेषण केन्द्र) पर पहुँचाया जाता है। यह संकेतबद्ध *m*RNA ,tRNA-अमीनो अम्ल यौगिकों से अमीनो अम्लों का सही क्रम में चयन करके पेप्टाइड श्रृंखला का निर्माण करता है। यहाँ पेप्टाइड श्रृंखला के निर्माण से पूर्व ही अमीनो अम्ल ATP द्वारा सक्रिय होकर t-RNA में संयोजित होकर *m*RNA के विशिष्ट स्थानों पर

पहुँचा दिये जाते हैं। यहाँ निर्मित पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला में अमीनो अम्लों का क्रम DNA अणु में क्षारकों से बने हुए 9 त्रिगुणी संकेत क्रम के अनुरूप होता है।

10.3.2 माइटोकॉण्ड्रिया में आनुवंशिक संकेत (Genetic Code in Mitochondria)

कुछ वर्ष पहले खमीर (yeast) व स्तनधारियों (mammals) के माइटोकॉण्ड्रिया में एक अलग प्रकार की संहिता अथवा कोड का अध्ययन किया गया। इन उदाहरणों में विशेषकर यीस्ट (yeast) माइटोकॉण्ड्रिया में यह पाया गया है कि UGA कोडोन ट्रिप्टोफैन (tryotophan) के लिए संकेतीकरण (कोडिंग) करता है हालाँकि केन्द्रक जीन्स में UGA एक अवसान कोड (termination code) होता है। यह सम्भव है कि माइटोकॉण्ड्रिया में एक नये प्रकार का आनुवंशिक कोड पाया जाता है, किन्तु सभी प्राणियों के माइटोकॉण्ड्रिया में एकसा कोड नहीं पाया जा सकता है। उदाहरणत: माइटोकॉण्ड्रिया में UGA सदा ट्रिप्टोफैन के लिए नोडिंग नहीं करता। मक्का (maize) में जीन, जो साइटोक्रोम ऑक्सीडेज़ सबयूनिट II (Cytochrome Oxidase Subunit II) का नियन्त्रण करताहै, UGA ऐकेडोनअनुपस्थित होता है तथा ट्रिप्टोफैन UGG के अतिरिक्त CGG आर्जिनिन के लिए कोडिंग करता है। ऐसे भी संकेत मिलते हैं (स्तनधारियों यीस्ट व ड्रोसोफिला में, लेकिन न्यूरोस्पोरा में नहीं) AUA माइटोकॉण्ड्रिया में मिथिओनीइन (methionine) के लिए कोड करता है। यही कोडोन AUA केन्द्रक जीन्स में आइसोल्यूसीन (isolucine) के लिए कोडिंग करता है।

बोध प्रश्न - 1

I. **बहुविकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Question)**

1. mRNA में निहित कूट भाषा (genetic code) का अध्ययन तत्व के द्वारा किया जाताहै :
   (अ) DNA
   (ब) r-RNA
   (स) t-RNA
   (द) केन्द्रक (Nucleus) ( )
2. कई बारएक अमीनो अम्ल के लिए एक से अधिक प्रकूट होते हैं :
   (अ) सही (True)
   (ब) गलत (False)
   (स) अनिश्चित (Uncertain)
   (द) इनमें से कोई नहीं (None of these) ( )
3. वाबल परिकल्पना (Wobble hypothesis) सन् 1956 में वैज्ञानिक द्वारा प्रतिपादित की गयी:
   (अ) क्रिक (Crick)
   (ब) वॉटसन (Watson)
   (स) खुराना (Khorana)

(द) कॉर्नबर्ग (Kornberg) ( )

4. UUA को कहते हैं :

(अ) आक्रे (Ochre)

(ब) अम्बर (Amber)

(स) ओपल (Opal)

(द) इनमें से कोई नहीं (None of these) ( )

5. कुछ क्षारकों के द्वारा अमीनो अम्लों का निर्देशन होता है। संख्या बताइए :

(अ) एक (One)

(ब) दो (Two)

(स) तीन (Three)

(द) चार (Four) ( )

6. आनुवंशिक कूट के खोजकर्ता का नाम.

(अ) जी- गैमोव (Jee gemov)

(ब) वॉटसन व क्रिक (Watson and Crick)

(स) नीरेनबर्ग (Nirenberg)

(द) हर गोविन्द खुराना (H.G.Khorana) ( )

7. आनुवंशिक कूट में पाये जाते हैं :

(अ) तीन क्षारक 64 कोडोन

(ब) तीन क्षारक 18 कोडोन

(स) दो क्षारक 32 कोडोन

(द) दो क्षारक 64 कोडोन ( )

8. दो अमीनों अम्लों के मध्य बनने वाले बन्ध को कहते हैं:

(अ) हाइड्रोजन बन्द (Hydrogen Bond)

(ब) पेप्टाइड बन्ध (Peptide Bond)

(स) डाई सल्फाइड बन्ध (Disulphide Bond)

(द) डाई एस्टर बन्ध (Diester Bond) ( )

9. अनेक अमीनो अम्ल जुड़ कर निर्मित करते हैं.

(अ) न्यूक्लिओटाइड (Nucleotide)

(ब) डाइपेप्टाइड (Dipeptide)

(स) पॉलीपेप्टाइड (Polypeptide)

(द) पेप्टाइड (Peptide) ( )

10.4 प्रोटीन संश्लेषण एवं अनुवादन

(Protein Synthesis and Translation)

प्रोटीन्स, कोशिकाओं के संरचनात्मक अवयव हैं। रासायनिक अभिक्रियाओं के नियमन हेतु ये एन्जाइम्स का निर्माण भी करते हैं। यह कहा जा सकता है कि कोशिका की संरचना एवं कार्यों का रखरखाव प्रोटीन्स द्वारा ही किया जाता है। अनेक अमीनो अम्ल संयुक्त रूप से पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला (polypeptide chain) का निर्माण करते हैं तथा एक अथवा अधिक पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाएँ प्रोटीन्स का निर्माण करती हैं।प्रोटीन के निर्माण हेतु आवश्यक सन्देश DNA में निहित होते हैं। यह संदेश DNA में आनुवंशिक कूट (genetic code) के रूप में पाये जाते हैं।

प्रोटीन्स के निर्माण हेतु निम्न घटक आवश्यक हैं-

1. DNA
2. सन्देशवाहक RNA (m RNA)
3. कन्डेन्सिंग एन्जाइम्स
4. ट्रांसफर RNA (t RNA)
5. राइबोसोम
6. मैग्नीशियम आयन्स (Mg^{2+})
7. ATP
8. अमीनो अम्ल
9. उत्प्रेरक एन्जाइम्स (activating enzymes)
10. ग्वानोसीन ट्राइफॉस्फेट (GTP)।

प्रोटीन्स का आंशिक निर्माण केन्द्रक में होता है, परन्तु इसका मुख्य भाग कोशिका द्रव्य (cytoplasm) में ही निर्मित किया जाता है। कोशिका द्रव्य में राइबोसोम्स ही वे स्थान हैं जहाँ प्रोटीन का निर्माण किया जाता है।

10.4.1 प्रोटीन संश्लेषण की क्रियाविधि (Mechanism of Protein Synthesis)

प्रोटीन का संश्लेषण निम्न चरणों में पूर्ण होता है-

1. mRNA अनुलेखन (Transcription of mRNA)
2. अमीनो अम्लों का सक्रियण (Activation of amino acids)
3. सक्रियित अमीनो अम्लों की tRNA से संलग्नता (Attachment of activated amino acid to tRNA)
4. पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का प्रारम्भ (Initiation of polypeptide chain)
5. पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का दीर्घीकरण (Elongation of Polypeptide chain)
6. पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का समापन (Termination of Polypeptide chain)

1. mRNA का अनुलेखन (Transcription of mRNA) : DNA से mRNA के संश्लेषण को

ही अनुलेखन कहते हैं। DNA में आनुवंशिक कूट के रूप में निहित सूचना mRNA में अनुलेखित होती है। DNA डिपेन्डेन्ट RNA पॉलीमरेज (DNA dependent RNA polymerase) की उपस्थिति में यह कार्य सम्पन्न किया जाता है। अनुलेखन का विस्तृत ब्यौरा अध्याय 11 (न्यूक्लिक अम्ल) में दिया गया है।

2. **अमीनो अम्लों का सक्रियण (Activation of Amino Acids):** कोशिका द्रव्य में उपस्थित अमीनो अम्लों का सक्रियण एक्टीवेटिंग एन्जाइम्स (activating enzymes) द्वारा खास तोर से अमीनो-असायल tRNA सिंथटेज (Aminoacyl tRNA synthetase) द्वारा किया जाता है। प्रत्येक अमीनो अम्ल एवं इसके tRNA के लिए खास एन्जाइम्स नियुक्त होता है। सर्वप्रथम अमीनो अम्ल एवं ATP के मध्य अभिक्रिया के फलस्वरूप अमीनो असायल एडिनायलेट (aminoacyl adenylate or AA ~ AMP) एवं पायरोफॉस्फेट (PP) का निर्माण होता है। अब एन्जाइम अमीनो असायल सिंथेटेज, AA ~ AMP के साथ अभिक्रिया कर अमीनो असायल अडिनायलेट एन्जाइम जटिल (aminoacyl adenylate enzyme complex) का निर्माण किया जाता है। इसी को सक्रियित अमीनो अम्ल (activated amino acid) कहते हैं जो कोशिका द्रव्य में रहती है। उपरोक्त तथ्य निम्न अभिक्रियाओं द्वारा स्पष्ट किये जा सकते हैं-

   Amino Acid + ATP $\rightarrow$ AA ~ AMP + PP

   AA ~ AMP + aminoacyl synthetase $\xrightarrow{Mg^{+2}}$ AA ~ AMP Enzyme complex

   एक्टिवेटिंग एन्जाइम्स का आणविक भार 1,00,000 से 2,40,000 के मध्य होता है।

3. **सक्रियित अमीनो अम्लों की tRNA से संलग्नता (Attachment of activated amino acid to t RNA) :** जब विशिष्ट tRNA, एक्टिवेटेड अमीनो अम्ल के सम्पर्क में आता है, तो सक्रियित अमीनो अम्ल एन्जाइम स्थल से जुड़ जाता है तथा सक्रियित अमीनो अम्ल tRNA के अमीनो अम्ल सहलग्नता स्थल से जाकर जुड़ जाती है। इस प्रकार tRNA अमीनो असायल का निर्माण हो जाता है तथा AMP एवं एन्जाइम को निर्मुक्त कर दिया जाता है। वास्तव में tRNA के अन्तस्थ 3' सिरे के एडिनोसीन अवयव से अमीनो अम्ल दो चरणों में संलग्न होती है। प्रथम, अमीनो अम्ल का सक्रियण व जटिल का निर्माण होता है तथा द्वितीय AMP जटिल से अमीनो असायल (AA) समूह हटकर tRNA के 3' सिरे पर स्थानान्तरित कर दिया जाता है। AA~ AMP --- Enzyme complex + tRNA $\rightarrow$ AA -tRNA +AMP + Enzyme.

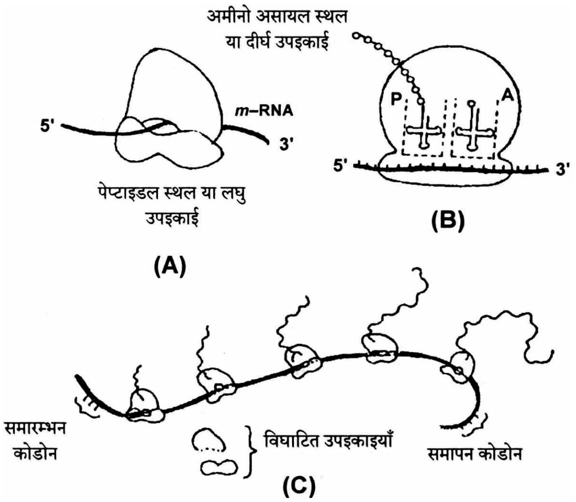
एक अमीनो असायल tRNA सिंथेटेज किस प्रकार से सम्बन्धित tRNA की पहिचान कर सकता है, एक महत्वपूर्ण प्रश्न है। जैव रासायनिक एवं आनुवंशिक अध्ययनों से ज्ञात हो सका है कि एक tRNA एवं अमीनो असायल tRNA सिंथटेज एक-दूसरे में पूरी तरह समा जाते हैं (fit each other)। इसके अतिरिक्त सिंथटेज rRNA में 2 अथवा 3 नाइट्रोजनी क्षारकों (nitrogenous bases) के अनुक्रम को पहिचानने में सक्षम होता है।

राइबोसोम पर क्रियाएँ (Events on Ribosomes) : जैसा कि पूर्व में बताया गया है कि DNA से *m*RNAके निर्माण के उपरान्त *m*RNA केन्द्रक से कोशिका द्रव्य में पहुँच कर राइबोसोम की 30S उपइकाई द्वारा संलग्न हो जाता है। उपयुक्त अमीनो अम्लों युक्त tRNA भी राइबोसोम के समीप

पहुँच जाते हैं। राइबोसोम की 50S उपइकाई में दो Tran के अणुओं हेतु दो संलग्नता स्थल (binding sites) पाए जाते हैं-

1. **पेप्टाइडल स्थल** (peptidyl site), **एवं**
2. **अमीनो असायल स्थल** (Amino acyl site)।

इन्हीं स्थानों पर अमीनो अम्लों के पॉलीमराइजेशन (polymerization) के फलस्वरूप एक पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला (polypeptide chain) का निर्माण होता है (चित्र 10.1 B)। *m*RNA, 30S उपइकाई के राइबोसोम सहलग्रता स्थल से जुड़ जाता है। इन्हीं स्थानों पर न्यूक्लिओटाइड्स के अनुक्रम राइबोसोम की सतह से सही *m*RNA के अणुओं के जुड़ने की क्रिया को प्रभावी बनाते हैं। इस प्रकार से स्वतन्त्र रूप से निर्मित की जा रही पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला के लिए प्रत्येक *m*RNA के अणु में एक राइबोसोम सहलग्रता स्थल पाया जाता है (चित्र 10.1A)। एक समय में राइबोसोम पर केवल एक ही पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला पायी जाती है जो इसके कार्बोक्सी सिरे से (carboxyl end) Tran अणु से जुड़ी रहती है एवं Tran स्वयं राइबोसोम के खास स्थल पर संलग्र रहता है। जब द्वितीय Tran द्वारा नयी अमीनो अम्ल श्रृंखला के कार्बोक्सिल सिरे पर पेप्टाइड बन्ध (peptide bond) द्वारा जोड़ने के लिए लायी जाती है तब प्रथम Tran निर्मुक्त कर दिया जाता है। राइबोसोम *m*RNA पर गति करता है एवं न्यूक्लिओटाइड्स का अगला ट्रिप्लेट नवीन अमीनो अम्ल हेतु उपयुक्त स्थान पर उपस्थित हो जाता है (चित्र 10.3)।



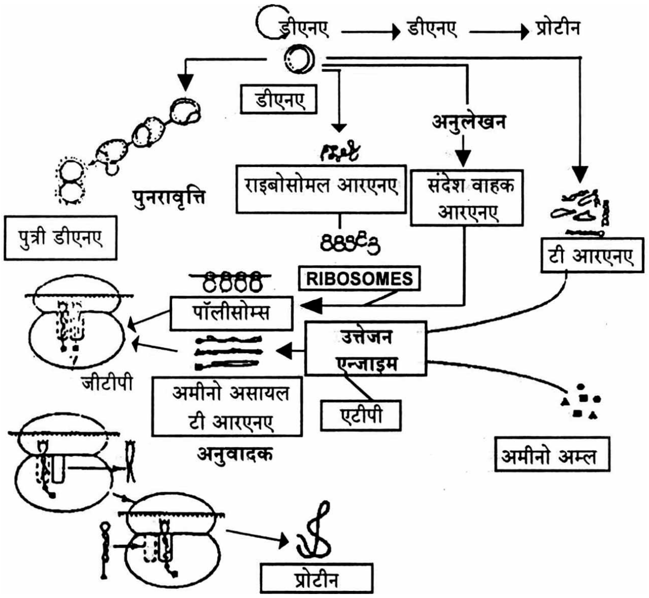
चित्र 10.1 : A. *m*RNA सूत्र राइबोसोम से निकलता हुआ B. राइबोसोम में Tran हेतु बन्धन स्थल, एवं C. *m*RNA सूत्र पर अनेकों राइबोसोम युक्त पॉलीसोम।

इस तरह के पॉलीसोम के राइबोसोम पूर्णता के विभिन्न स्तर पर पायी जाने वाली पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं युक्त होते हैं (चित्र 10.1C) *m*RNA का 3' सिरा सर्वप्रथम राइबोसोम की 30S उपइकाई से संलग्न होता है। पॉलीसोम्स में राइबोसोम्स की संख्या भिन्न - भिन्न होती है।

4. **पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का समारम्भ (Initiation of Polypeptide Chain):** E.coli एवं अन्य प्राकैरियोट्स में, पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला में प्रथम अमीनो अम्ल मिथिओनीन (methionine) है जिसका फॉर्माइल समूह -CHO formyl group) स्वतन्त्र अमीनो समूह से जुड़ा रहता है। वास्तव

में अनुवादन (translation) की क्रिया का प्रारम्भ mRNA के समारम्भन कोडोन (initiation codon) द्वारा किया जाता है जो हमेशा AUG होता है।

अनुवादन में सन्देशवाहक आर.एन.ए. (mRNA) में पायी जाने वाली सूचना के अनुसार राइबोसोम (ribosomes) प्रोटीन अणु का संश्लेषण करते हैं। सन्देशवाहक आर.एन.ए. (mRNA) से प्रोटीन बनने तक अभिक्रियाएँ बहुत जटिल होती है। इसमें RNA की चार इकाई न्यूक्लिओटाइड भाषा का प्रोटीन में अमीनो अम्ल (amino acid) क्रम की 20 इकाई अमीनो अम्ल भाषा में अनुवाद (translation) किया जाता है (चित्र 10.2)।



चित्र 10.2 : प्रोटीन संश्लेषण

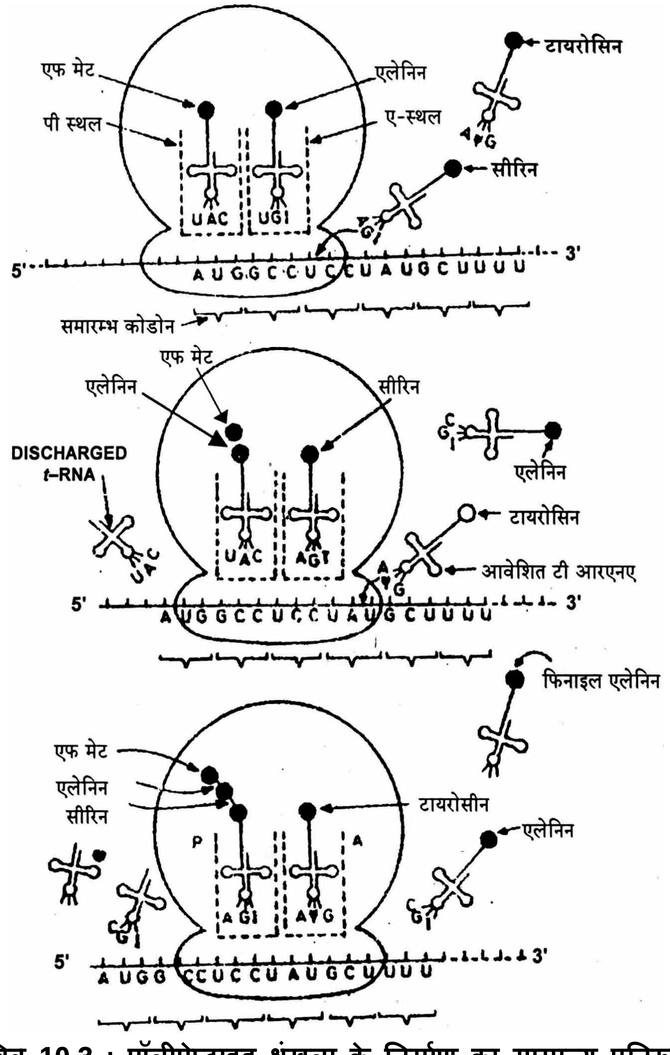
प्रत्येक mRNA में, आनुवंशिक सूचनाएँ न्यूक्लिकओटाइड्स के त्रिगुणक (Triplet) के रूप में निहित होती हैं, जिसे कोडोन (codon) अथवा कूट कहा जाता है। mRNA इसके कोडोन के द्वारा एक विशेष प्रोटीन में अमीनो अम्लों का क्रम निर्धारित करता है। यह क्रिया अनुवादन या ट्रान्सलेशन कहलाती है। प्रोटीन का संश्लेषण शरीर की लगभग सभी कोशिकाओं में हो सकता है। लेकिन मुख्यत: यकृत प्लीहा, मेरूरज्जू, आंत्र तथा लिम्फ नोड कोशिकाएँ इसके मुख्य स्थल हैं। प्रोटीन अनेक अमीनो अम्लों के जुड़ने से बनते हैं, जिनमें सभी अमीनो अम्ल पेप्टाइड बन्ध (peptide bond) के द्वारा बन्धे रहते हैं। किसी विशेष प्रकार के प्रोटीन में अमीनो अम्ल का अनुक्रम (sequence) निश्चित होता है तथा यह विभिन्न कोडिंग क्रियाविधि (coding mechanism) द्वारा निर्धारित होता है। कोडिंग की क्रियाविधि DNA द्वारा नियन्त्रित होती है, जो कि प्रत्येक कोशिका में पाये जाते हैं। DNA में आनुवंशिकी सूचनाएँ निहित होती हैं। ये सूचनाएँ सन्देशवाहक RNA (mRNA) को ले जाई जाती हैं जिसका कि संश्लेषण डी.एन.ए डिपेन्डेन्ट आर.एन.ए पॉलिमरेज (DNA dependent RNA polymerase) मानक एन्जाइम (standard enzyme) की उपस्थिति में डी.एन.ए. के एक कॉम्प्लीमेन्ट्री स्ट्रेण्ड (complementary strand) के रूप में होता है। जैसा कि नीचे वर्णित है, इस क्रियाविधि को अनुलेखन या ट्रांन्सक्रिप्शन (transcription) कहते हैं। या अन्य शब्दों में एक डी.एन.ए. साँचे से सन्देशवाहक RNA (mRNA)

का निर्माण अनुलेखन या ट्रांन्सक्रिप्शन कहलाता है।

आनुवंशिक छूट और अनुवादन

क्रोमोसोम प्रोटीन संश्लेषण की क्रिया का प्रारम्भ (initation) अथवा दमन (inhibition) करते हैं। इनमें दो प्रकार की जीन्स होती हैं, जिन्हें संरचनात्मक जीन या सिस्ट्रॉन (structural gene or cistron) व ऑपरेटर जीन (operator gene) कहा जाता है। संरचनात्मक जीन किसी विशेष प्रकार के प्रोटीन संश्लेषण का निर्देशन विशेष mRNA के उत्पादन द्वारा करती है। ऑपरेटर जीन उसी क्रोमोसोम पर उपस्थित संरचनात्मक जीन की क्रिया विधि का नियन्त्रण करती है।

एक या अधिक संरचनात्मक जीन्स व एक ऑपरेटर जीन को संयुक्त रूप से ऑपेरॉन (operon) कहते हैं। एक तीसरी प्रकार की जीन अर्थात् रेग्यूलेटर जीन (regulator gene) भी कोशिकाओ में पाई जाती है जो कि एक प्रकार के न्यूक्लिओ प्रोटीन के उत्पादन द्वारा ऑपरेटर जीन की क्रिया विधि का नियन्त्रण करती है। ये न्यूक्लिओप्रोटीन रिप्रेसर (repressor) कहलाता है।



चित्र 10.3 : पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला के निर्माण का सामान्य प्रतिरूप

ऑपेरॉन का रिप्रेशन (repression) प्रोटीन संश्लेषण को कम करता है तथा ऑपेरॉन का डिरिप्रेशन

प्रोटीन संश्लेषण को तेज करता है। प्रोटीन सन्शलेषण की क्रियाविधि की प्रकृति ऊर्जाशोषी (endergonic) होती है। साइटोप्लाज्म एवं राडबोसोम दोनों ही एक प्रक्रिया में भाग लेते हैं। साइटोप्लाज्म में अमीनो अम्लों का सक्रियण होता है, तथा राइबोसोम्स में इनका संघनन (condensation) होकर पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं का निर्माण होता है।

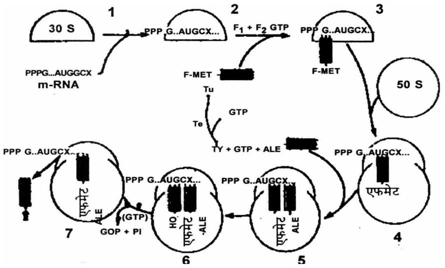
कोडोन AUG मिथिओनीन को कोडित करता है। प्रोटीन के संश्लेषण के लिए मिथिओनिल Tran (methionyl - Tran) के स्थान पर N -फॉर्माइल-मिथिओनिल-t-RNA (N- Formylmethionyl-t-RNA) की अर्थात् (met -tRNA) की आवश्यकता होती है। इसलिए ट्रांसफोर्माइलेशन (transformylation) की प्रक्रिया चालू होती है जिसके अन्तर्गत फॉर्माइल समूह (formyl group) फॉर्माइलटेट्राहाइड्रोफॉलेट (formyl tetrahydrofolate) से मिथिओनिल Tran के α -अमीनो समूह पर स्थानान्तरित कर दिया जाता है।

अतःE.coli में अमीनो अम्ल मिथिओनिल में दो तरह के Tran पाये जाते हैं जिनमें से केवल एक ही प्रोटीन के संश्लेषण का प्रारम्भ करने में सक्षम है - मिथिओनिल Tran met (methionyl tRNAmet) एवं मिथिओनिल tRNAfmet(methionyl tRNAfmet)। केवल tRNAfmet ही का फॉर्माइलेशन सम्भव है।

अब ऐसा सोचा जाने लगा है कि केवल जीवाणुओं में ही नहीं अपितु यूकैरियोटिक कोशिकाओं के माइटोकॉण्ड्रिया में भी (met-Tran) प्रोटीन के संश्लेषण का प्रारम्भ करता है।

पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला के एक सिरे पर स्थित अमीनो अम्ल स्वतन्त्र कार्बोक्सिल समूह (carboxyl group) युक्त होती है तथा दूसरे सिरे पर स्वतन्त्र अमीनो समूह (amino group) होता है। श्रृंखला का प्रारम्भन सदैव ही अमीनो अन्त सिरे (amino terminal end) पर होता है। कैम्पफर (Kampfer) नामक वैज्ञानिक ने बाद में बताया कि 70S राइबोसोम पहले 50S एवं 30S उपइकाइयों में विभक्त रहता है तथा प्रोटीन संश्लेषण के समय ये इकाइयाँ फिर से जुड़ कर सम्पूर्ण 70S राइबोसोम का निर्माण करती हैं। अब यह ज्ञात हो चुका है कि पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला के समारम्भन हेतु 3 विशिष्ट प्रोटीन्स जिन्हें समारम्भक कारक (initiation factors) कहते हैं, उत्तरदायी होते हैं। ये क्रमशः IF-1, IF-2 एवं IF- 3 हैं। सर्वप्रथम राइबोसोम की 30S उपइकाई IF- 3 जुड़ कर एक जटिल बनाता है जो फिर m-RNA से जा कर संलग्न हो जाता है। अब IF-1 का एक अणु इस जटिल से जुड़ता है। fmet-tRNA एवं GTP दोनों IF- 2 से जुड़कर जो जटिल बनाते हैं वह पहले ही से निर्मित जटिल से जुड़ जाता है।

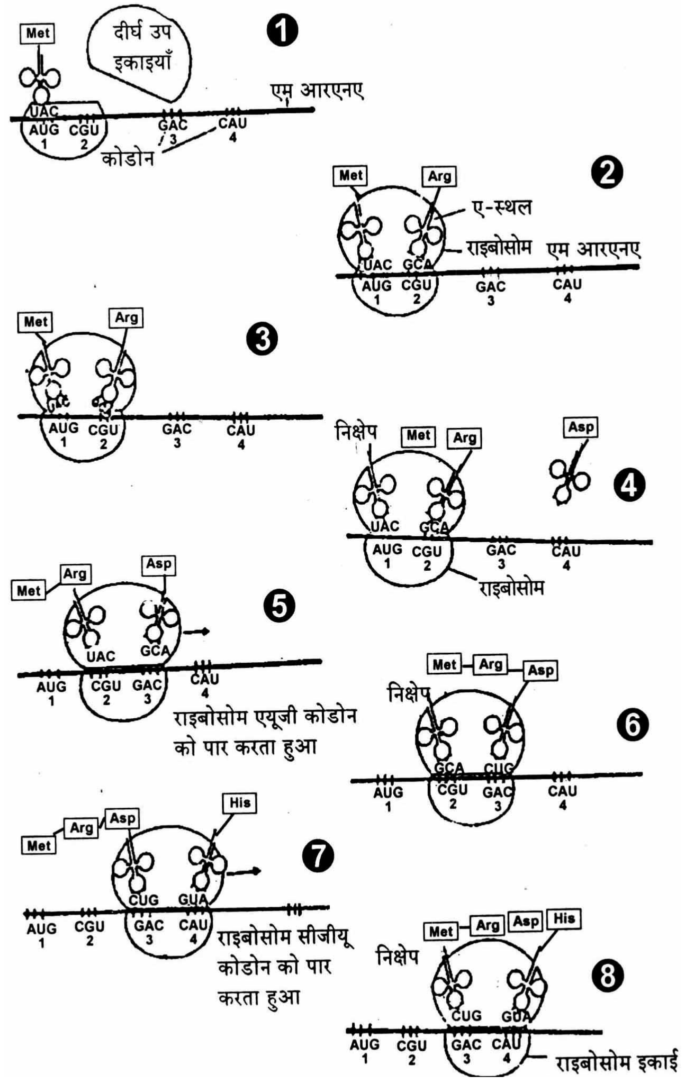
इस प्रकार 30S उपइकाई, IF - 1, IF-2, IF- 3 एवं m- RNA संयुक्त रूप से प्रारम्भक जटिल (initiation complex) का निर्माण करते है(चित्र 10.4)।



चित्र 10.4 : प्रारम्भन जटिल के निर्माण के चरण।

50S उपइकाई के साथ आरम्भन जटिल, 70S राइबोसोम का निर्माण करता है। इस समय जब कि 70S राइबोसोम की दोनों उपइकाइयों के मध्य फिर से जुड़ने की प्रक्रिया प्रारम्भ होती है, IF- 1, IF-2 एवं IF-3 राइबोसोम से अलग हो जाते हैं तथा GTP से GDP एवं P का निर्माण होता।

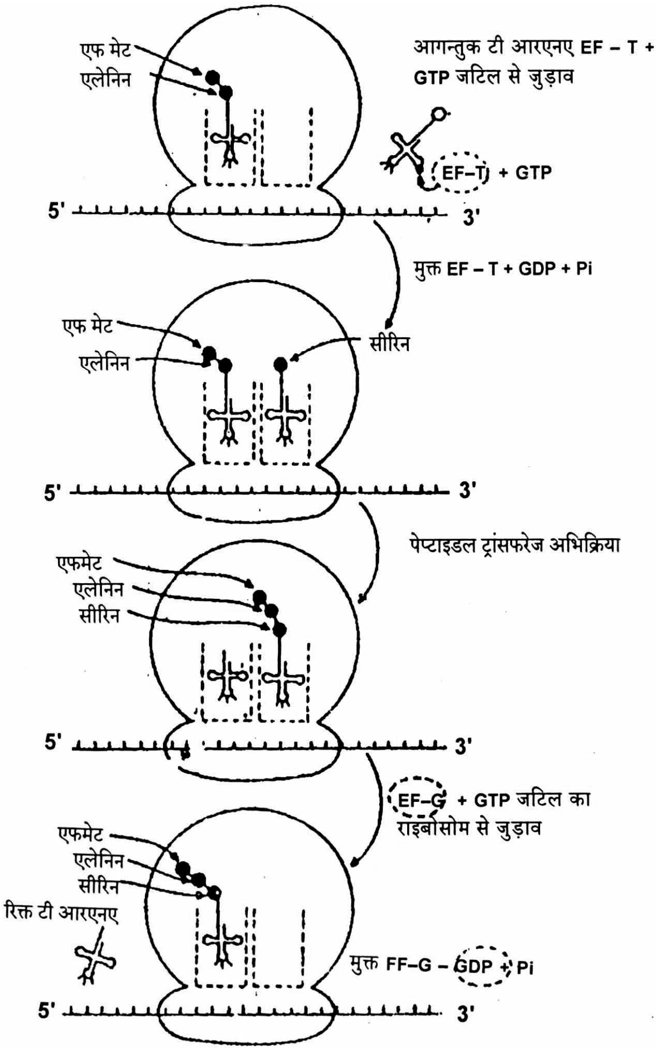
t-RNA एवं उत्तेजित अमीनो अम्ल प्रारम्भक जटिल से जुड़ते हैं। अमीनो अम्ल Tran जटिल बड़ी उपइकाई के P-स्थल पर जुड़ता है तथा इसका एन्टीकोडोन (anticodon mRNA) के प्रथम कोडोन से जुड़ जाता है। द्वितीय अमीनो अम्ल Tran, A स्थल पर संलग्न होता है एवं इसका एन्टीकोडोन द्वितीय कोडोन से जुड़ता है। अब 'P' एव 'A' स्थल की अमीनो अम्लों के मध्य पेप्टाइड बन्ध (peptide bond) का निर्माण होता है और इस प्रकार एक डाइपेप्टाइड (dipeptide) बनता है। P-स्थल से अब Tran निर्मुक्त कर दिया जाता है और डाइपेप्टाइड केवल A-स्थल से जुड़ा रह जाता है। जैसे ही P-स्थल से Tran निर्मुक्त किया जाता है वैसे ही, A-स्थल से t-RNA को P-स्थल पर स्थानान्तरित कर दिया जाता है (चित्र 10.5)।



चित्र 10.5 : प्रोटीन संश्लेषण के विभिन्न चरण

5. **पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का दीर्घीकरण (Elongation of Polypeptide Chain) :** इस समय राइबोसोम, mRNA पर 5'-3' दिशा में गति करता है। इस प्रकार तृतीय कोडोन A-स्थल पर आ जाता है। अब तृतीय अमीनो अम्ल tRNA, A-स्थल से संलग्न होता है जहाँ इसका एंटीकोडोन तृतीय कोडोन से जुड़ता है। इस प्रकार डाइपेप्टाइड पर बहुत सी अमीनो अम्ल संलग्न होकर पॉलीपेप्टाइड का निर्माण करती हैं। जैसे-जैसे राइबोसोम mRNA पर गति करता है. श्रृंखला का भी दीर्घीकरण होता रहता है (चित्र 10.6)। वास्तव में पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का दीर्घीकरण निम्न-चरणों में पूर्ण होता है-

I. **A- स्थल पर संलग्नता (Binding at site - A) :** सर्वप्रथम, दीर्घीकरण कारकों (elongation factors) की उपस्थिति में अमीनो असायल tRNA-अमीनो अम्ल(aminoacyl-tRNA-amino acid) राइबोसोम के "A" स्थल पर जुड़ते हैं जहाँ एन्टीकोडोन ट्रिपलेट (anticodon triplet) mRNA पर अपने विशिष्ट कोडोन से हाइड्रोजन बन्ध की सहायता से बन्धित हो जाते हैं।

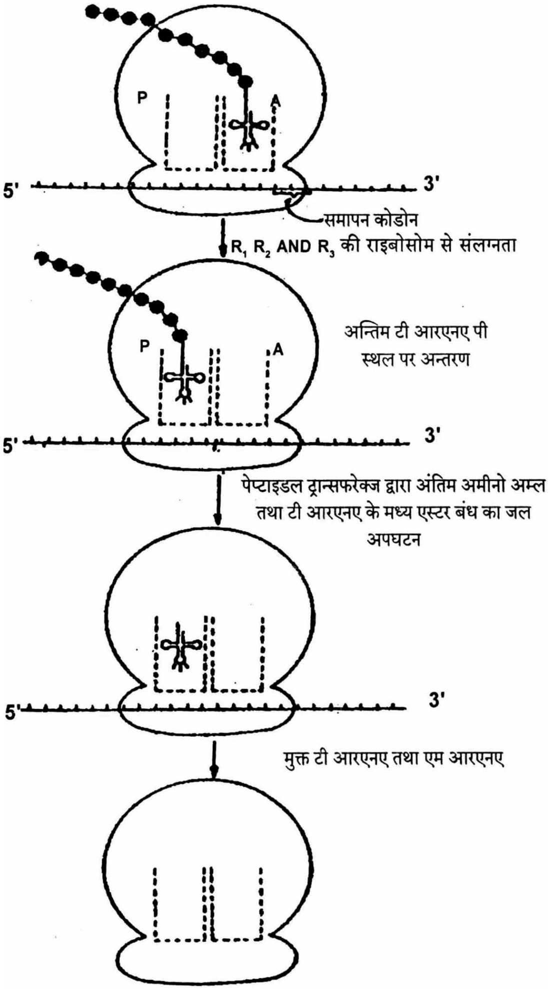


चित्र 10.6 : पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का दीर्घीकरण

II. पेप्टाइड बन्ध का निर्माण (Formation of peptide bond) : जब राइबोसोम का P-स्थल fmet-tRNA द्‌वारा व A-स्थल अमीनो असायल tRNA अमीनो अम्ल द्‌वारा ग्रहण कर लिया जाता है तब अमीनो असायल tRNA अमीनो अम्ल के अमीनो समूह एवं fmet tRNA के कार्बोक्सिल कार्बन (carboxyl carbon) के मध्य पेप्टाइड बन्ध का निर्माण होता है। राइबोसोम की 50S उपइकाई में उपस्थित पेप्टाइडल ट्रांसफेरेज (peptidyl transferase) नामक एन्साइम की उपस्थिति में यह क्रिया सम्पन्न होती है। इस तरह डाइपेप्टाइड जो कि tRNA अमीनो अम्ल से जुड़ा रहता है, A-स्थल पर संलग्न हो जाता है।

P-स्थल पर, tRNA अपने अमीनो अम्ल (fmet) को स्वतन्त्र कर स्वयं रिक्त हो जाता है, परन्तु P-स्थल से संलग्न रहता है।

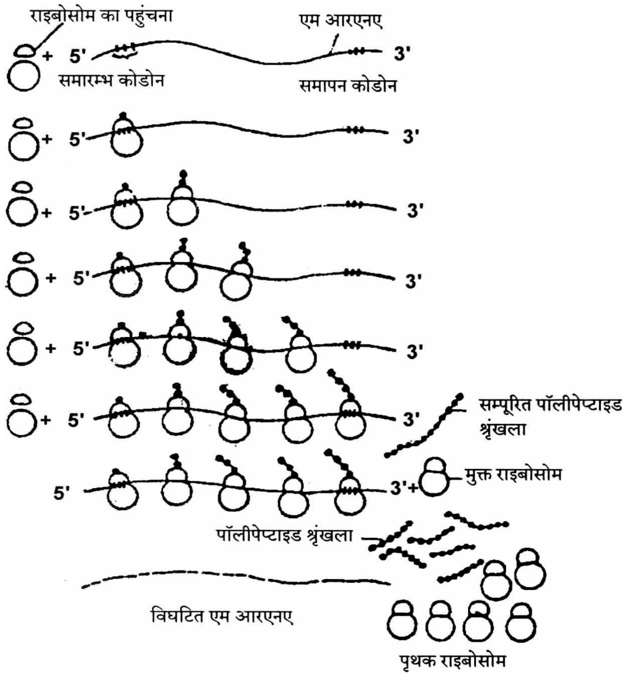
III. ट्रांसलोकेशन (translocation): अब जबकि डाइपेप्टाइड युक्त tRNA, A-स्थल पर संलग्न होता है, राइबोसोम mRNA पर द्‌वितीय कोडोन (codon) पर चला जाता है। इसी समय डाइपेप्टाइडयुक्त tRNA, A-स्थल से P-स्थल पर चला जाता है। इस गति को ट्रांसलोकेशन (translocation) कहते हैं। इस तरह A-स्थल अब नवीन कोडोन के समक्ष आ जाता है तथा नवीन अमीनो असायल tRNA, A-स्थल पर आकर स्थान ग्रहण करता है।



चित्र 10.7 : प्रोटीन श्रृंखला का समापन

6. **पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का समापन (Termination of Polypeptide Chain):** यदि पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला के समापन हेतु कोई प्रणाली न हो तो श्रृंखला का अनियमित रूप से विस्तार होता रहेगा। पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला के निर्माण का समापन करने हेतु 3 कोडोन, UAA, UAG एवं UGA उत्तरदायी होते हैं। ये किसी भी अमीनो अम्ल को कोडित नहीं करते, इसलिए नॉनसेन्स कोडोन्स (Nonsense codon) कहलाते हैं। समापन कोडोन (termination codon) के आगमन पर, पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला अब भी राइबोसोम की 50S उपइकाई के A-स्थल से संलग्न रहती है। trNA से श्रृंखला को मुक्त करने हेतु R_1 एवं R_2 कारक (R_1 and R_2 factors) आवश्यक होते हैं (चित्र 10.7)। ये राइबोसोम से संलग्न होते हैं तथा A-स्थल के tRNA को P-स्थल पर जाने हेतु प्रेरित करते हैं। पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला के निर्मुक्त होने पर अन्तिम tRNA एवं mRNA भी स्वतन्त्र कर दिये जाते हैं। mRNA के प्रारम्भन स्थल पर अब दूसरे राइबोसोम के संलग्न होने पर उपरोक्त क्रियाएँ दुबारा से सम्पादित की जाती हैं।

एक ही प्रकार की अनेकों पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं के निर्माण हेतु एक mRNA का बार-बार उपयोग किया जा सकता है। प्रारम्भक कोडोन (initiation codon) से जब प्रथम राइबोसोम आगे चला जाता है तब इस स्थान पर द्वितीय राइबोसोम संलग्न हो जाता है एवं यह नयी पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का निर्माण प्रारम्भ कर देता है। इस प्रकार प्रोटीन संश्लेषण के दौरान, एक समय पर एक mRNA अणु पर अनेकों राइबोसोम्स पाये जा सकते हैं जिन पर संश्लेषण की विभिन्न अवस्थाओं में पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाएँ भी पायी जाती हैं। इन्हें पॉलीराइबोसोम्स (polyribosomes) कहते हैं (चित्र 10.8)।



चित्र 10.8 : पॉलीराइबोसोम्स एवं प्रोटीन संश्लेषण

10.4.2 प्रोटीन सश्लेषण का हॉरमोन नियन्त्रण

(Hormonal control of protein synthesis)

इन्सुलिन कार्बोहाइड्रेट मेटाबॉलिज्म को बढ़ा कर प्रोटीन संश्लेषण की क्रिया को तेज करता है। इस प्रकार ये पेप्टाइड बॉण्ड के निर्माण के लिए ऊर्जा प्रदान करता है। ये राइबोसोम्स के बनने व पॉलीसोम के निर्माण की क्रिया भी उत्तेजित करता है।

इस प्रकार हाइड्रोकॉर्टिसोन तथा प्रोलेक्टिन भी नये राइबोसोम्स तथा पॉलीसोम के निर्माण की क्रिया को बढ़ाते हैं। पिट्यूटरी वृद्धि हारमोन (PGH) कोशिकाओं द्वारा अमीनो अम्लों के ग्रहण की शक्ति बढ़ा कर प्रोटीन संश्लेषण की क्रिया को तेज करता है। नर हॉर्मोन टेस्टोस्टेरोन mRNA की संख्या बढ़ाता है तथा प्रोटीन एनाबॉलिज्म को बढ़ाताहै। इसी प्रकार मादा हारमोन इस्ट्रेडायोल mRNA संश्लेषण को बढ़ा कर प्रोटीन एनाबॉलिज्म बढ़ाता है।

बोधप्रश्न-2

1. प्रोटीन संश्लेषण हेतु राइबोसोम के A स्थान पर संलग्न होने वाला RNA है?
   (अ) r-RNA
   (ब) m-RNA
   (स) t-RNA
   (द) Hn-RNA ( )
2. प्रोटीन संश्लेषण की क्रिया सिरे से प्रारम्भ होती है?
   (अ) 5' सिरे
   (ब) 3' सिरे
   (स) मध्य से
   (द) इनमें से कोई नहीं ( )
3. अमीनों अम्ल का सक्रियण एन्जाइम के द्वारा किया जाता है
   (अ) DNA पॉलीमरेज
   (ब) न्यूक्लिएज
   (स) लाइगेज
   (द) अमीनों असायल सिंथेटेज ( )
4. प्रोटीन संश्लेषण को प्रभावित करने वाला हार्मोन :
   (अ) कैल्मीटोनिन
   (ब) ग्लूकागॉन
   (स) पैराथार्मोन
   (द) इन्सुलिन ( )
5. सर्वप्रथम प्रोटीन शब्द का प्रयोग करने वाले वैज्ञानिक का नाम :
   (अ) जी.जे.मुल्डर
   (ब) ब्राण्ड

(स) फ्रेडरिक मिशर

(द) विल्मट ( )

सही अथवा गलत (True or False)

1. विशिष्ट एन्जाइम विशिष्ट उपापचयी क्रिया का नियन्त्रण करता है। ( )

2. प्रत्येक जाति के DNA में नाइट्रोजन क्षारकों का अनुपात अनिश्चित होता है। ( )

3. ट्रिप्लेट कोड (triplet code) 20 अमीनो अम्लों को कोडित करता है। ( )

4. UAA समापन कोडोन नहीं होता है। ( )

5. आनुवंशिक कूट में यूरेसिल के स्थान पर थायमीन का प्रयोग किया जा सकता है। ( )

6. प्रोटीन्स के निर्माण हेतु GTP आवश्यक है। ( )

7. एक समय में राइबोसोम पर एक ही पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला उपस्थित हो सकती हैं। ( )

8. पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला के एक सिरे पर स्थित अमीनों अम्ल एस्टर समूह युक्त होती है। ( )

9. एक ही प्रकार की पॉलीपेप्टाइड श्रृंखलाओं के निर्माण हेतु एक ही m-RNA का उपयोग बार-बार किया जा सकता है। ( )

10. AUG m-RNA पर प्रथम आनुवंशिक छूट होता है। ( )

11. गुणसूत्र पर निरन्तर स्थान बदलने वाले जीन्स पॉली जीन कहलाते हैं। ( )

रिक्त स्थान भरिये (Fill in the Blanks)

1. कूट जो किसी अमीनो अम्ल को संकेतिक नहीं करते..... कहलाते हैं।

2. वैज्ञानिक..... ने कुछ कोडोन्स का संगठन एवं संकेतिक अमीनो अम्ल क्रम ज्ञात किया।

3. आनुवंशिक कूट प्रत्येक बार एक ही दिशा में पढ़ा जाता है, इसे......... कहते हैं।

4. प्रोटीन संश्लेषण..... पर सम्पन्न होता है।

5. राइबोसोम पर पाए जाने वाले सहलग्नता स्थल (i) पेप्टाइहल स्थल (peptidyl site) एवं (ii)..... कहलाते हैं।

6. प्रोटीन संश्लेषण का प्रारम्भन (initiation) सदैव ही..... सिरे पर होता है।

7. प्रोटीन संश्लेषण हेतु आरम्भिक कूट..... है।

10.5 सारांश (Summary)

- जॉर्ज बीडल व एडवर्ड टेटम द्वारा प्रतिपादित "एक जीन एक एन्जाइम सिद्धान्त" के अनुसार प्रत्येक एन्जाइम एक विशिष्ट जीन के नियन्त्रण में रहता है तथा कुछ एन्जाइम एक से अधिक जीन के नियन्त्रण में होते हैं, अत: सम्पूर्ण कोशिकीय उपापचय एन्जाइमों के माध्यम द्वारा जीनों से नियन्त्रित रहता है।

- आनुवंशिक संहिता या जेनेटिक-कोड के पूर्ण अध्ययन को सरलता के लिए दो भलों में विभाजित कर सकते है : 1. समाचार केन्द्र, 2. डी.एन.ए. में समाचारों का कूटबद्ध करना।
- डी.एन.ए सिद्धान्त के सहप्रतिपादक क्रिक द्वारा प्रस्तुत त्रिगुणी संकेत सिद्धान्त बहुत ही उपयुक्त माना जाता है। इस सिद्धान्त के अनुसार तीन क्षारकों के त्रिगुणक को संकेतक (codon) कहते हैं।
- तीन अक्षरों के बने संकेत को त्रिगुणी संकेत तथा डी.एन.ए अणु में त्रिगुणी संकेत को व्यक्त करने वाले क्षारकों के त्रिगुण को संकेतक और mRNA पर उपस्थित त्रिगुणी को प्रतिसंकेतक कहा जाता है।
- कुछ सम्भव त्रिगुणी संकेत किसी भी प्रकार के tRNA से सम्बन्ध नहीं दिखाते, ऐसे संकेतों को बेकार संकेत कहा जाता है।
- संकेतीकरण का बहुगुण तन्त्र अथवा विकृत तन्त्र प्राणियों को बहुत से हानिकारक उत्परिवर्तनों से सुरक्षा देता है।
- आनुवंशिक कूट के निम्नलिखित लक्षण हैं- (a) त्रिक कूट, (b) कॉमाविहीन, (c) फूटों का अतिव्यापन, (d) कूट की सार्वत्रिकता, (e) आनुवंशिकी कूट में संरेखता एवं (f) आनुवंशिक कूट Uअपहासित।
- कूट के प्रथम दो नाइट्रोजीनस बेस के आधारित होने पर तृतीय बेस U, C, A या G होने पर भी एक विशिष्ट अमीनो अम्ल ही कोडित होता है। यह तृतीय बेस, वॉबले बेस कहलाता है।
- मुख्यत: प्रोटीन श्रृंखलाएँ संश्लेषण के शुरुआत में मिथेयोनीन व N-फॉर्मिलमिथायोनीन होते है।
- सिस्ट्रॉन का अन्तिम कूट, पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का समापन करता है। इसे समापन कूट कहते हैं। ये तीन होते है- UAG (amber), UAA (ochre), UGA (opal or umber)।
- प्रोटीन्स के निर्माण हेतु निम्न घटक आवश्यक हैं- 1. DNA, 2 सन्देशवाहक RNA (*m*RNA), 3. कन्डेन्सिंग एन्जाइम 4. ट्रांसफर RNA (tRNA), 5. राइबोसोम, 6. मैग्रीशिया आयन्स (Mg^{+2}') 7ATP, 8. अमीनो अम्ल, 9 उत्प्रेरक एन्जाइम (activating enzymes) एवं 10. ग्वानोसीन ट्राइफॉस्फेट (GTP)।
- प्रोटीन का संश्लेषण निम्न चरणों में पूर्ण होता है- 1. *m*RNA का अनुलेखन, 2. अमीनो अम्लों का सक्रियण, 3. सक्रियित अमीनो अम्लों की tRNA से संलग्रता, 4. पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का प्रारम्भ, 5. पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का दीर्घीकरण एवं 6. पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला का समापन।
- इन्सुलिन कार्बोहाइड्रेट मेटाबॉलिज्म को बढ़ा कर प्रोटीन संश्लेषण की क्रिया को तेज करता है।
- हाइड्रोकॉटिसोन तथा प्रोलेक्टिन भी नये राइबोसोम्स तथा पॉलीसोम के निर्माण की क्रिया को बढ़ाते हैं। पिट्यूटरी वृद्धि हारमोन (PGH) कोशिकाओं द्वारा अमीनो अम्लों के ग्रहण की शक्ति बढ़ा कर प्रोटीन संश्लेषण की क्रिया को तेज करता है। टेस्टोस्टेरोन तथा इस्ट्रेडायोल *m*RNA संश्लेषण को बढ़ा कर प्रोटीन एनाबॉलिज्म बढ़ाता है।

10.5 शब्दावली (Glossary)

प्रोटीन संश्लेषण	Protein synthesis

विशिष्ट प्रोटीन	Specific protein
संदेशवाहक	Messanger
केन्द्रक की झिल्ली	Nuclear membrane
निष्क्रिय संदेशवाहक	Inactive messenger
सांकेतिक भाषा	Symbolic Language or code
नाइट्रोजन क्षारक	Nitrogen base
क्षारक जोड़े	Base pairs
मूलभूत आधार	Fundamental basis
प्रतिलिपन	Transcription
संकेतक	Codon
संयोग	Combination
आनुवंशिक संकेत तंत्र	Genetic code system
अनुवादन	Translation
विकृत तन्त्र	Degenerate system
नॉनसेन्स कोडॉन्स	Nonsense codons
क्षत्रेमय	Interchange
प्रतिकूट	Anrticodon
पॉलीपेप्टाइड शृंखला	Polypeptide chain
आनुवंशिक कूट	Genetic code
DNA डिपेन्डेन्ट RNA पॉलीमरेज	DNA dependent RNA Plymerease
पॉलीमराइजेशन	Polymerization
पेप्टाइड बन्ध	Peptide bond
कोडिंग क्रियाविधि	Coding Mmechanism
मानक एन्जाइम	Standard enzyme
संरचनात्मक जीन	Structural gene
रिप्रेशन	Represasion
कार्बोक्सिल समूह	Carboxyl group
अमीनो समूह	Amino group
पेप्टाइड बन्ध	Peptide bond
एन्टीकोडोन ट्रिपलेट	Anticodon triplet
नॉनसेन्स कोडोन्स	Nonsense codons
समापन कोडोन	Termination codon

10.6 संदर्भ ग्रन्थ (Further Readings

1. Bolsover S.R., Hyams j.s., Jones S.,Shephard E.A and Whit H.A (1997) From Genes to Cells. Wily-Liss, New York.
2. Adams R.L.P., Knowler J.T and Leader D.P(1986) The Biochemistry of Nucleic Acids. 10th Edition, Chapman and Hall ,London.
3. Bhatia A.L., Kohli K.S and Jain N.(2006) Cell Biology and Genetics. Ramesh Book Depot, Jaipur.
4. Gupta P.K.(2003) Cell and Molecular Biology. Rastogi Publications, Meerut.

10.7 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self - assessment Questions)

बोध प्रश्न - 1

I. बहु विकल्पी प्रश्न (Muliple Choice Questions)

1. (स)	2. (अ)	3. (अ)	4. (अ)	5. (द)
6. (स)	7. (अ)	8. (ब)	9. (ब)	

बोध प्रश्न - 2

I. बहु विकल्पी प्रश्न (Muliple Choice Questions)

1. (द)	2. (अ)	3. (द)	4. (द)	5. (अ)

II. सही अथवा गलत बताइये (Mark True or False)

1. (T)	2.(T)	3. (Fl)	4.(T)	5. (F)
6.(T)	7.(T)	8. (F)	9.(T)	10.(T)
11.(F).				

III. रिक्त स्थान भीरये (Fill in the Blanks)

1. निरर्थक प्रकूट
2. एच.जी. खुराना
3. ध्रुवता
4. राइबोसोम
5. 5 अमीनो असायल स्थल
6. अमीनों
7. AUG

10.9 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1. जेनेटिक कोड अथवा आनुवंशिक कूट से क्या तात्पर्य है? कूट की विशेषताएँ बताइए।

2. निम्न को समझाइए-

    (i) ट्रिप्लेट कोड

    (ii) माइटोकॉण्ड्रिया में आनुवंशिक कूट

    (iii) "नॉनसेन्स" कोडॉन

3. प्रोटीन संश्लेषण की क्रियाविधि को सचित्र समझाइए।

4. निम्न को परिभाषित कीजिए-

    (i) ट्रांसक्रिप्शन

    (ii) ट्रांसलेशन

    (iii) टी-आर.एन.ए.

5. प्रोटीन संश्लेषण के हॉरमोन नियन्त्रण पर प्रकाश डालिए।

6. प्रोटीन संश्लेषण के आनुवंशिक आधार पर प्रकाश डालिए।

इकाई 11 : प्रजनन में कोशिका (Cell in Reproduction)

इकाई कीरूपरेखा (Outline of Unit)

11.0 उद्देश्य (Objectives)

11.1 प्रस्तावना (Introduction)

11.2 अन्तरावस्था केन्द्रक और कोशिका चक्र (Interphase Nucleus and Cell Cycles)

11.2.1 अन्तरावस्था केन्द्रक (Interphase Nucleus)

11.2.2 कोशिका चक्र (Cell Cycle)

11.3 समसूत्री विभाजन (Mitosis)

11.3.1 केन्द्रक विभाजन (Karyokinesis)

11.3.2 कोशिका द्रव्य विभाजन (Cytokinesis)

11.4 सूत्रीय विभाजन का महत्व (Significance of Mitosis)

11.5 सारांश (Summary)

11.6 शब्दावली (Glossary)

11.7 संदर्भ दश्व (Further Readings)

11.8 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self-assessment Questions)

11.9 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

11.0 उद्देश्य (Objectives)

इकाई को पढ्ने के बाद आप निम्न बिन्दु जान पायेंगे :

- अन्तरावस्था में केन्द्रक में होने वाले परिवर्तन और कोशिका चक्र
- समसूत्री विभाजन की अवस्था

11.1 प्रस्तावना (Introduction)

जीवित प्राणियों में वृद्धि व मरम्मत कोशिका विभाजन के द्वारा होती है। कोशिकाएँ आकार में बढ़ती हैं तथा उपचय (anabolism) के द्वारा अधिक परिपक्व होती हैं। अपनी अधिकतम वृद्धि के बाद कोशिका विभाजन करना शुरू करती है। यहाँ कोशिकीय उपापचय (metabolism) के लिए कोशिका कला में होकर रासायनिक आदान-प्रदान होता है और केन्द्रक इस मेटाबॉलिज्म का नियन्त्रण करता है। एक छोटी कोशिका की कला का क्षेत्रफल एक बड़ी कोशिका की कला के क्षेत्रफल से कोशिका द्रव्य के अनुपात में अधिक होता है जिससे छोटी कोशिका का रासार्यानेक आदान- प्रदान अधिक तीव्र गति से होता है। पोषक तत्त्वों के शरीर में पहुँचने पर इन्हें शरीर की विभिन्न कोशिकाएँ ग्रहण करके इनसे ऊर्जा उत्पादन व नये कोशिका द्रव्य का निर्माण करती हैं। यहाँ कोशिकाओं के आकार में वृद्धि होती है पर केन्द्रक का आकार स्थिर रहता है तथा कोशिका कला का क्षेत्रफल बढ़े हु ए कोशिका द्रव्य के अनुपात से कम रह जाता है। इस कारण कोशिका का केरिओप्लाज्यिक इन्डेक्स असंतुलित हो जाता है। इसके फलस्वस्म कोशिका का रासायनिक लेन-देन उपापचय की दर के लिए अपूर्ण रह जाता है तथा केन्द्रक का नियन्त्रण भी शिथिल पड़ जाता है। इन सब कमियों को दूर करने के लिए ही कोशिका को एक

सीमित वृद्धि के बाद छोटी कोशिकाओं में अवश्य विभक्त होना पड़ता है।
प्राणियों में तीन प्रकार की विभाजन की विधियाँ हैं -

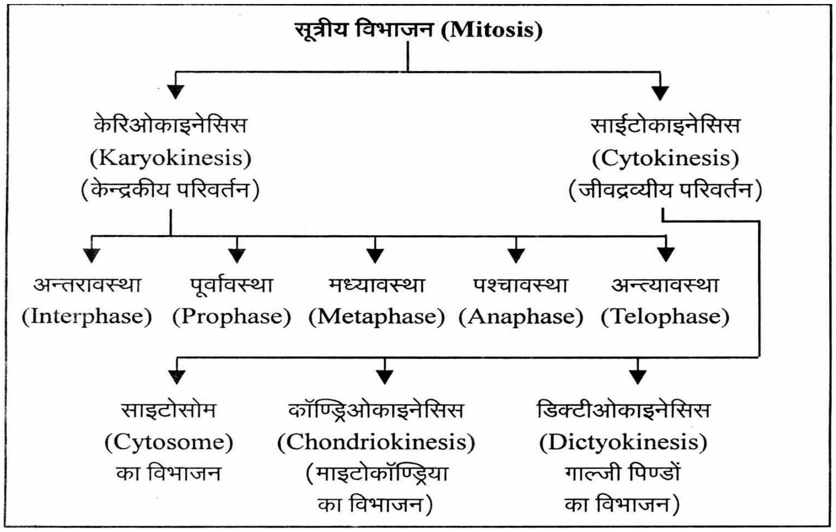
1. सूत्रीय विभाजन (mitosis): यह विभाजन शरीर की कायिक (somatic) कोशिकाओं में लगातार होता है।
2. अर्धसूत्रीय विभाजन (meiosis): यह विभाजन प्राणियों की जननिक कोशिकाओं में होता है तथा युग्मनज (gametes) बनाता है।
3. असूत्रीय विभाजन (amitosis): एक कोशिकीय प्राणियों में यह विभाजन व प्रजनन की विधि होती है।

11.2 अन्तरावस्था केन्द्रक और कोशिका चक्र

(Interphase nucleus and Cell Cycle)

कोशिकाएँ निरन्तर वृद्धि करती हैं व इनमें प्रोटीन्स, DNA एवं RNA समयबद्ध तरीके से लगातार निर्मित होते रहते हैं। निश्चित आकार तक वृद्धि करने के उपरान्त कोशिका का विभाजन अवश्यम्भावी हो जाता है। इस प्रकार एक कोशिका दो संतति कोशिकाओं में विभक्त हो जाती है। स्पष्ट है कि कोशिका के जीवन चक्र में दो प्रावस्थाएँ महत्वपूर्ण हैं-

1. अन्तरावस्था अर्थात् कोशिका के विभक्त न होने की प्रावस्था (Interphase), एवं
2. कोशिका विभाजन अर्थात् कोशिका के विभक्त होने की प्रावस्था (Mitosis)।



11.2.1 अन्तरावस्था (Interphase) केन्द्रक

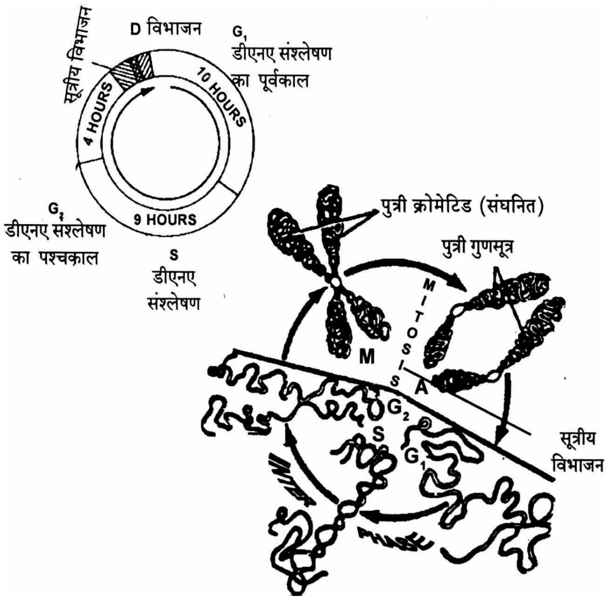
प्रजनन मे कोशिका

1. बाह्य रूप से यह एक विश्रामावस्था है लेकिन वास्तव में यह सबसे अधिक क्रियाशील समय है जिसमें होने वाले विभाजन के लिए कोशिका कई परिवर्तनों से गुजरती है।
2. इस अवस्था के गुणसूत्रों में पूर्व विभाजनों की कुछ कुण्डलियाँ रहती हैं। इन कुण्डलियो को रेलिक कुण्डलियाँ (relic coils) कहते हैं।
3. अन्तरावस्थीय केन्द्रक व केन्द्रिका (nucleolus) बड़े आकार के होते हैं।

4. अन्तरावस्था दो विभाजनों के मध्य की अवस्था है।
5. केन्द्रक एवं कोशिका द्रव्य उपापचयी रूप से अत्याधिक सक्रिय होते हैं।
6. इस प्रावस्था में किसी प्रकार का विभाजन नहीं होता है।
7. यह प्रावस्था कोशिका को कोशिका विभाजन के लिए तैयार करती है अर्थात् उन सभी तत्वों का निर्माण एवं संग्रहण कर लिया जाता है जो कोशिका विभाजन के लिए आवश्यक होते हैं।

11.2.2 कोशिकाचक्र (Cell Cycles)

इसकेतीनचरण माने गयेहैं- (1) प्रथमवृद्धिकाल, जी$_1$प्रावस्था (first growth period, G_1-phase)। (2) संश्लेषण का काल या प्रावस्था (S-phase), तथा (3) द्‌वितीय वृद्धि प्रावस्था या G_2 प्रावस्था (division phase or second growth period, G_2 phase) (चित्र 11.1)।



चित्र 11.1 : कोशिका चक्र

1. G_1- प्रावस्था (G_1-phase): इस प्रावस्था नवीन संतति कोशिकाएँ आकार में वृद्धि करती हैं। कोशिका में विभाजन की स्थिति नहीं आने तक कोशिकाएँ मुख्यत: इसी प्रावस्था में उपलब्ध रहती हैं। इस समय उन सभी आवश्यक तत्वों, उदाहरणार्थ RNA एवं प्रोटीन्स का निर्माण कर लिया जाता है जो DNA के संश्लेषण के लिए आवश्यक होते हैं। इस प्रावस्था में काल में विषमता (variable) होता है।
2. S-प्रावस्था (S-Phase): कोशिका चक्र में 'S' -प्रावस्था को संश्लेषण प्रावस्था (synthesis phase) भी कहते हैं। इस समय DNA की प्रतिकृति (replication) के द्‌वारा DNA की मात्रा में वृद्धि की जाती है। स्तनधारियों में इस प्रावस्था का काल 6-8 घण्टों का होता है।
3. G_2,-प्रावस्था (G_2-Phase): यहाँ पर केन्द्रक के आयतन में अत्याधिक वृद्धि होती है। कोशिका के विभाजन के पूर्व की कुछ आवश्यक उपापचयी क्रियाएँ इस समय सम्पादित की जाती हैं। इस समय केन्द्रकीय RNA (nucleolar RNA), संदेशवाहक RNA (messenger RNA) एवं

राइबोसोमल RNA (ribosomal RNA) सभी का निर्माण होता है। इस प्रावस्था का काल 3-4 घण्टों का होताहै।

बोधप्रश्न-1

बहुविकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. माइटोसिस शब्द प्रदत्त करने वाले वैज्ञानिक का नाम:
   (a) स्ट्रासबर्गर
   (b) वॉल्डेयर
   (c) वाल्टरपलैमिंग
   (d) नोवीकॉफ ( )
2. कोशिका चक्र का सही अनुक्रम है
   (a) S G_1 G_2 M
   (b) G_1 G_2 S M
   (c) G_1 S G_2 M
   (d) M G_2 S G_1 ( )
3. तर्कुतन्तुओं के निर्माण में सहायक प्रोटीन उपावस्था में संश्लेषित होते हैं:
   (a) G_1
   (b) S, G_1
   (c) G_2
   (d) G_2, M प्रावस्थाएँ ( )
4. प्रावस्था में संश्लेषण होता है :
   (a) डीएनए व हिस्टोन्स
   (b) आरएनए व प्रोटीन
   (c) डीएनए व आरएनए
   (d) डीएनए आरएनए व प्रोटीन ( )
5. डीएनए तथा हिस्टोन्स निम्न में से संश्लेषित किये जाते हैं :
   (a) G_1
   (b) S
   (c) G_2
   (d) M ( )

11.3 समसूत्री विभाजन (Mitosis)

एक जनक कोशिका का दो संतति कोशिकाओं में विभाजन जिनमें जनक कोशिका के बराबर संख्या के गुणसूत्र होते हैं, को सूत्रीय विभाजन (mitosis) या सोमेटिक विभाजन या केरिओकाइनेसिस (karyokinesis) कहते हैं। फ्लेमिंग (Fleming) ने सन् 1879 में सर्वप्रथम सूत्रीय विभाजन का वर्णन

किया। विभिन्न प्राणियों में इस प्रकार के कोशिका विभाजन की प्रक्रिया में कुछ महत्वपूर्ण अन्तर पाये जाते हैं, फिर भी प्रोटोजोआ व एलगी से लेकर पृष्ठवंशियों व एन्सिओस्पर्मस् तक में सूत्री विभाजन की मुख्य अवस्थाओं में समानता देखने योग्य है। सूत्रीय विभाजन एक जटिल व लगातार होने वाली विधि है जिसमें कई महत्वपूर्ण परिवर्तन होते हैं। ये दो अवस्थाओं में बाँटा गया है-

(1) केन्द्रक विभाजन (karyokinesis),एवं

(2) कोशिका द्रव्य विभाजन (Cytokinesis)।

1. केन्द्रक विभाजन (Karyokinesis) पैतृक केन्द्रक के दो संतति केन्द्रकों में विभक्त होने की प्रक्रिया को केन्द्रक विभाजन कहते हैं।
2. कोशिका द्रव्य विभाजन (Cytokinesis) दो संतति कोशिकाओं में कोशिका द्रव्य के विभाजन को ही कोशिका द्रव्य विभाजन कहते हैं।

11.3.1 केन्द्रक विभाजन (Karyokinesis)

केन्द्रक विभाजन का चित्र 11.2 से सुगमतापूर्वक अध्ययन किया जा सकता है। इस प्रक्रिया को निम्न प्रावस्थाओं के अन्तर्गत विभक्त किया जा सकता है-

(1) पूर्वावस्था (Prophase)

(2) मध्यावस्था (Metaphase)

(3) पश्चावस्था (Anaphase) एवं

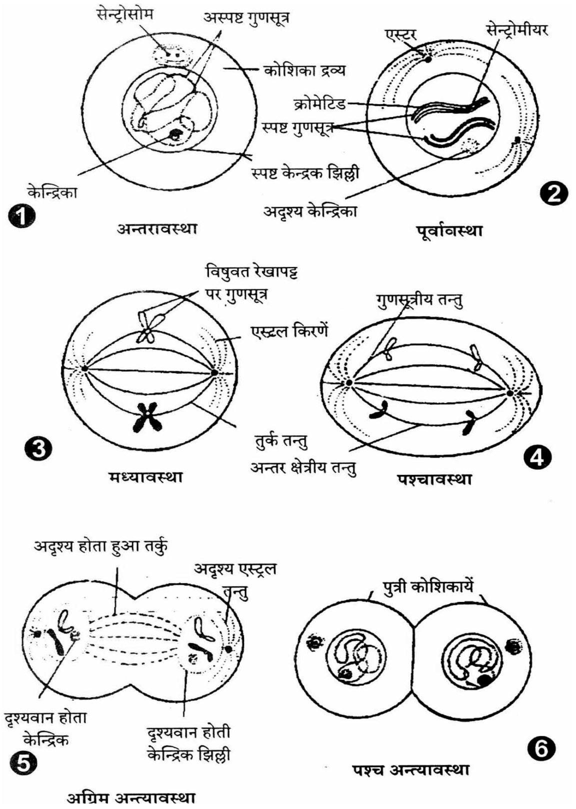
(4) अन्त्यावस्था (Telophase)।

(1) पूर्वावस्था (Prophase): अन्तरावस्था के पश्चात् कोशिका पूर्वावस्था में प्रवेश करती है जो सब अवस्थाओं से लम्बी, कुछ मिनटों से कुछ घण्टों तक होती है। यह प्रावस्था क्रोमेटिन कणों के संघनन से बने स्पाइरीम (Spireme) नामक रेशों के जाल से पहचानी जाती है। स्पाइरीम के अधिक कुण्डलन व संघनन से गुणसूत्रों का निर्माण होता है।

प्रत्येक गुणसूत्र लम्बवत रूप से दो समान आधे भागों में विभाजित हो जाता है। ये लम्बाकार क्रोमेटिड (chromatids) नामक आधे भाग आसंजन केन्द्र या सेन्ट्रोमीयर (centromere) द्वारा जुड़े रहते है।

ये गुणसूत्र अधिक संघनन के कारण दो जुड़वाए परस्पर समानान्तर क्रोमेटिड की बनी छड़ों के रूप में दिखाई देते हैं।

पूर्वावस्था में दूसरी महत्त्वपूर्ण घटना एम्फीस्टर (amphiaster) बनने की होती है। दोनों सेन्ट्रिओल (centrioles) विपरीत ध्रुवों की तरफ खिसकते हैं तथा दोनों के मध्य प्रोटीन के धागे निकल कर एक तर्कु (spindle) का निर्माण करते हैं। इसी बीच सेन्ट्रिओल के चारों तरफ भी रश्मियाँ- सदृश्य धागे, जिन्हें तारा रश्मियाँ (astral rays) कहते हैं, निकलती हैं तथा प्रत्येक सेन्ट्रिओल व उसकी तारा-रश्मियाँ एक एस्टर (aster) का निर्माण करती हैं। दोनों एस्टर, सेन्ट्रिओल व तर्कु मिलकर एक्रोमेटिक आकृति (achromatic figure) अथवा एम्फीएस्टर (amphiaster) का निर्माण करते हैं।



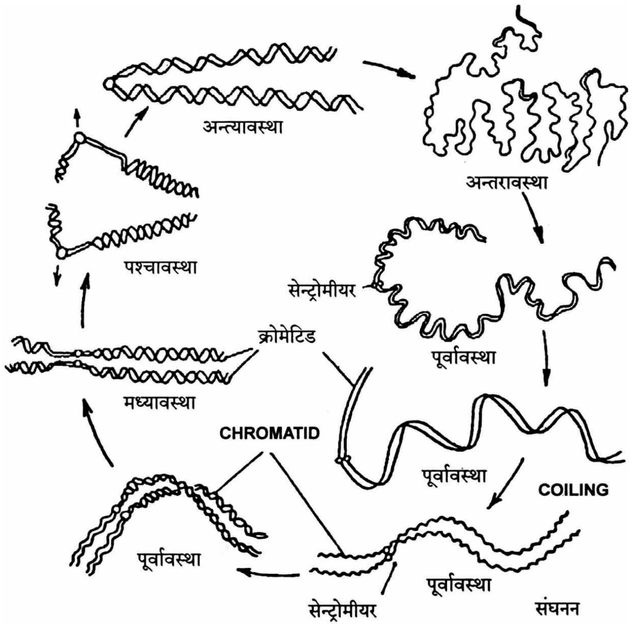
चित्र 11. 2 : सूत्रीय विभाजन (Mitosis)

अन्त में केन्द्रक - कला (nuclear membrane) तथा केन्द्रिकाएँ (nucleoli) अदृश्य हो जाती हैं। रासायनिक तौर पर यहाँ RNA व फॉस्फोलिपिड की मात्रा बढ़ती है।

(2) मध्यावस्था (Metaphase): यह अल्पकालीन अवस्था 6 से 13 मिनट में पूर्ण हो जाती है।

इस अवस्था में गुणसूत्र कोशिका के केन्द्र की तरफ खिसकते हैं तथा तर्कु की मध्य रेखा (equator) पर एक प्लेट सी बनाकर, जिसे इक्वेटोरियल प्लेट (equatorial plate) कहते हैं, पर व्यवस्थित हो जाते हैं जहाँ उनकी भुजाएँ चारों तरफ के साइटोप्लाज्म में स्वतन्त्र रूप से बढ़ी रहती हैं।

इस अवस्था में गुणसूत्र अत्यधिक कुण्डलन के कारण मोटे व छोटे हो जाते हैं। प्रत्येक गणुसूत्र के सेन्द्रोमीयर के दो में विभाजन से क्रोमेटिड अलग - अलग दीखते हैं। मध्यावस्था प्लेट (metaphase plate) में स्थित प्रत्येक गुणसूत्र अपने सेन्ट्रोमीयर द्वारा विपरीत ध्रुवों से आये दो तर्कु-तन्तुओं से जुड़ता है।



चित्र 11.3 : समसूत्री विभाजन में गुणसूत्रीय अवस्थाएँ

इस अवस्था में तीन प्रकार के तन्तु पाये जाते हैं -

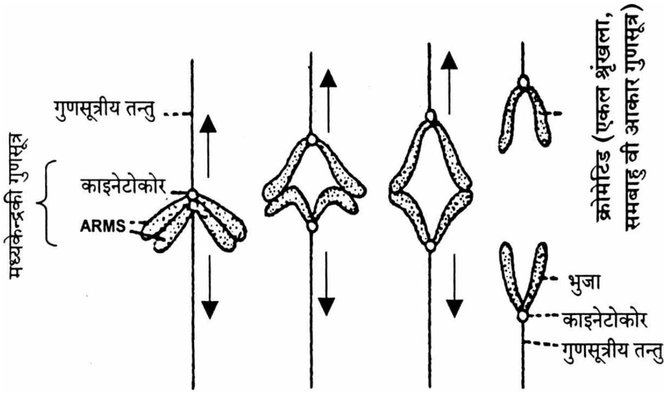
(i) तर्कु (spindle) के वे तन्तु जो गुणसूत्र के सेन्ड्रोमीयर से संलग्र रहते हैं, गुणसूत्रीय तन्तु (Chromosomal fibres) कहलाते हैं।

(ii) वे तन्तु जो एक कोशिका के एक ध्रुव (pole) से दूसरे ध्रुव तक फैले रहते हैं, कन्टीन्यूअस या सतत तन्तु (Continuous fibres) कहलाते हैं। तथा

(iii) गुणसूत्रों के मध्य में पाए जाने वाले तन्तु अन्तरक्षेत्रीय तन्तु (interzonal fibres) कहलाते हैं।

(3) पश्चावस्था (Anaphase) : सूत्रीय विभाजन की यह अवस्था अत्यधिक अल्पकालीन है। इस अवस्था में जुड़वाँ क्रोमेटिड पृथक होकर विपरीत ध्रुवों की तरफ खिसकते हैं। तर्कु के मध्य भाग बढ़ने तथा साथ ही ध्रुवीय भागों के संकुचन से खिसकने की गति होती है। गुणसूत्रों के ध्रुवों की तरफ खिसकने के समय सेन्ट्रोमीयर ध्रुवों की तरफ रहते हैं जबकि विलग होने वाले क्रोमेटिड J या V शक्ल में दिखाई देते हैं। अन्त में क्रोमेटिड अपने सम्बन्धित धुर्वों पर पहुँच जाते हैं तथा कोशिका अन्त्यावस्था (telophase) नामक अगली अवस्था में प्रवेश करती है। यहाँ प्रत्येक ध्रुव पर इकहरे गुणसूत्रों का एक गुच्छा बनता है जिसमें इनकी संख्या जनन कोशिका के गुणसूत्रों की संख्या के समान होती है।

(4) अन्त्यावस्था (Telophase): इस अन्तिम अवस्था में पूर्वावस्था (prophase) से लगभग विपरीत क्रियाएँ होती हैं। क्रोमेटिड, जो अब गुणसूत्र कहलाते हैं, अकुण्डलित होना शुरूकर अदृश्य होने तक लम्बे होते जाते हैं। केन्द्रिक (nucleolus) दुबारा बनती है। केन्द्रकयि क्रोमेटिड के चारों तरफ केन्द्रक कला (nuclear membrane) का दुबारा निर्माण होता है। तर्कु तन्तु व एस्टर टूट कर साइटोप्लाज्म में अवशोषित हो जाते हैं। दो नये केन्द्रकों का निर्माण हो जाता है जो अन्तरावस्था (interphase) के केन्द्रक के समान ही दिखाई देते हैं।



चित्र 11.4 : समसूत्री विभाजन में गुणसूत्र और तन्तु

11.3.2 कोशिका द्रव्य विभाजन (Cytokinesis)

दो नये बने केन्द्रकों के मध्य प्लाज्मा- कला सिकुड़ कर साइटोप्लाज्म के विभाजन द्वारा दो पूर्ण संतति कोशिकाओं का निर्माण करती है। प्लाज्मा - कला के इस कुन्चन को साइटोकाइनेसिस (cytokinesis) कहा गया है। सूत्रीय विभाजन के समय ही नयी बनी कोशिकाओं में गाल्जी पिण्ड (Golgi body) व माइटोकॉण्ड्रिया आदि साइटोप्लाज्मिक अंगकों का समान वितरण होता है। इन क्रियाओं को क्रमश : डिक्टिओकाइनेसिस (dictyokinesis) व कॉण्ड्रिओकाइनेसिस (chondriokinesis) कहते हैं।

प्राणि कोशिकाओं में कोशिका द्रव्य के विभाजन के समय पैतृक कोशिका में द्रव्य की परिधि (periphery) की ओर एक जाँच (furrow) का निर्माण होता है। यह कोशिका के मध्य की ओर विस्तार करती है एवं कोशिका द्रव्य को दो बराबर भागों में बाँट देती है। पादपों में, पॉलीसैकेराइड्स (polysaccharides) युक्त कोशिका प्लेट (cell plate) का निर्माण कोशिका द्रव्य के मध्य में होता है। यह दो कोशिकाओं के मध्य प्रथम भित्ति (first wall) का निर्माण करती है। बाद में कोशिका के भीतर की ओर एक प्राथमिक कला (primary wall) का निर्माण होता है।

11.4 सूत्रीय विभाजन का महत्व (Significance of Mitosis)

1. सूत्रीय विभाजन से दो संतति कोशिकाओं का निर्माण होता है जो जनक - कोशिका (parent cells) से मात्रा व प्रकार में समान होती है।
2. कोशिकाओं की संख्या बढ़ जाती है जो वृद्धि व विकास का आधार होती है।
3. यहाँ कोशिकाओं की एकात्मकता अप्रभावित रहती है क्योंकि बनी हुई कोशिकाओं में प्राणी विशेष में पाई जाने वाली समान गुणसूत्र - संख्या (chromosome numbers) होती है।
4. इस विभाजन के द्वारा साइटोप्लाज्म व इसके अंगकों की मात्रा समान रूप से वितरित हो जाती है।
5. अन्तरावस्था में DNA का द्विगुणन (duplication) होने से जीन की दो समान प्रतिलिपियाँ बनती हैं जिनमें से एक संतति जीन प्रत्येक संतति कोशिका में पहुँचती है।
6. यह जाति विशेष के आनुवंशिक गुणों की निश्चितता बनाये रखता है।
7. इसके अतिरिक्त, केन्द्रक की आनुवंशिक निरन्तरता के साथ-साथ केन्द्रक व साइटोप्लाज्म के मध्य

आनुवंशिक निरन्तरता भी बनी रहती है।

8. केन्द्रक के DNA द्वारा निर्मित RNA साइटोप्लाज्म में पहुँचकर कोशिका की कार्य-प्रणाली निश्चित करता है।
9. ऊतकों की मरम्मत (repair) इसी प्रक्रिया द्वारा सम्भव होती है।
10. पुरानी एवं वृद्ध कोशिकाओं को हटाकर नयी कोशिकाएँ इनका स्थान माइटोसिस के द्वारा ही ग्रहण करती हैं।
11. यह एक प्रकार से प्रजनन की अलैंगिक (asexual reproduction) प्रक्रिया है।

बोध प्रश्न - 2

I. बहुविकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. समसूत्री विभाजन के केन्द्रक विभाजन की सबसे लम्बी प्रावस्था है :
   (a) मध्यावस्था
   (b) पूर्वावस्था
   (c) पश्चावस्था
   (d) अन्त्यावस्था ( )
2. समसूत्री विभाजन की पूर्वावस्था में गुणसूत्र रहते हैं :
   (a) डाइड
   (b) टेट्राड
   (c) बाइवेलेन्ट
   (d) क्रोमेटिन जालक ( )
3. निम्न में से कौनसी कोशिका जीवन भर अन्तरावस्था में ही बनी रहती है:
   (a) तंत्रिका कोशिका
   (b) यकृत कोशिका
   (c) पेशी कोशिका
   (d) उपरोक्त सभी ( )
4. किस अवस्था में डीएनए की मात्रा पैतृक कोशिका से दुगनी हो जाती है :
   (a) पूर्वावस्था
   (b) मध्यावस्था
   (c) पश्चावस्था
   (d) अन्तरावस्था ( )
5. समसूत्री विभाजन हेतु निम्न कथन सत्य है :
   (a) उत्पन्न कोशिकायें श्रम विभाजन प्रकट करती है
   (b) उत्पन्न कोशिकायें समरूपी होती है
   (c) पुत्री कोशिकाओं में पैतृक कोशिका से आधे गुणसूत्र होते हैं
   (d) पुत्री कोशिकाएँ आनुवांशिक विभिन्नतायें दर्शाती है ( )

6. पूर्वावस्था के विपरीत मानी जाने वाली अवस्था है

(a) अन्तरावस्था

(b) मध्यावस्था

(c) पश्चावस्था

(d) अन्त्यावस्था ( )

II. सही या गलत अंकित कीजिये (True or False)

1. समस्त यूकैरियोटिक कोशिकाओं का कोशिका चक्र 100 से 120 घण्टे में पूरा हो जाता है। ( )
2. केन्सर कोशिकाओं में समसूत्री विभाजन अनियन्त्रित होता है। ( )
3. कोशिका चक्र का सही क्रम, G1→S→G→M होता है। ( )
4. डीएनए का प्रतिकृतिकरण अवस्था में होता है। ( )
5. सर्वप्रथम सूत्रीय विभाजन का वर्णन फ्लेमिंग ने सन् 1879 में दिया था। ( )

III. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये (Fill in the blanks)

1. वाल्टर फ्लेमिंग ने कोशिका विभाजन को.... कहा।
2. कोशिका चक्र की सबसे लम्बी प्रावस्था है।
3. सेन्ट्रिओल का विभाजन............ के दौरान होता है।
4. कोशिका चक्र की....,.. प्रावस्था में डीएनए की मात्रा दोगुनी हो जाती है।
5. तर्कु निर्माण हेतु प्रोटीन संश्लेषण....... प्रावस्था में होता है।
6. प्रावस्था का काल.... घंटे होता है।
7. आरएनए तथा प्रोटीन संश्लेषण कोशिका चक्र की...... प्रावस्था में होता है।
8. सेन्ट्रिओल की अनुपस्थिति में............ प्रकार का कोशिका विभाजन होता है।

11.5 सारांश (Summary)

- प्राणियों मे तीन प्रकार की विभाजन की विधियाँ है- (1) सूत्रीयविभाजन, (2) अर्धसूत्रीय विभाजनएवं (3) असूत्रीयविभाजन।
- कोशिका के जीवन चक्र में दो प्रावस्थाएँ महत्त्वपूर्ण हैं- (1) अन्तरावस्था एवं (2) कोशिका विभाजन।
- कोशिका चक्र : इसके तीन चरण माने गये हैं- (1) वृद्धिकाल या प्रावस्था, (2) संश्लेषण का काल (S-phase), तथा (3) द्वितीय वृद्धि प्रावस्था या प्रावस्था
- एक जनक कोशिका का दो संतति कोशिकाओं में विभाजन जिनमें जनक कोशिका के बराबर संख्या के गुणसूत्र होते हैं, को सूत्रीय विभाजन या सोमेटिक विभाजन या केरिओकाइनेसिस कहते हैं।
- समसूत्री विभाजन दो अवस्थाओं में बाँटा गया है - (1) केन्द्रक विभाजन एवं (2) कोशिका द्रव्य विभाजन।
- केन्द्रक विभाजन को निम्न प्रावस्थाओं के अन्तर्गत विभक्त किया जा सकता है- (1) पूर्वावस्था, (2) मध्यावस्था, (3) पश्चावस्था एवं (4) अन्त्यावस्था।

- दो नये बने केन्द्रकों के मध्य प्लाज्मा-कला सिकुड़ कर साइटोप्लाज्म के विभाजन द्वारा दो पूर्ण संतति कोशिकाओं का निर्माण करती है। प्लाज्मा - कला के इस कुन्चन को साइटोकाइनेसिस कहा गया है।

11.6 शब्दावली (Glossary)

उपचय	Anabolism
उपापचय	Metabolism
कायिक	Somatic
केन्द्रिका	Nucleolus
विषमता	Variable
संश्लेषण प्रावस्था	Synthetic phase
केन्द्रकीय RNA	Nucleolar RNA
संदेशवाहक RNA	Messenger RNA
राइबोसोमल RNA	Ribosomal RNA
केन्द्रक विभाजन	Karyokinesis
कोशिका द्रव्य विभाजन	Cytokinesis
स्पाइरीम	Spireme
क्रोमेटिड	Chromatids
सेन्ट्रोमीयर	Centromere
एम्फीस्टर	Amphiaster
सेन्ट्रिओल	Centrioles
तर्कु	Spindle
तारा रश्मियाँ	Astral rays
एक्रोमेटिक आकृति	Achromatic figure
एम्फीएस्टर	Amphiaster
केन्द्रक-कला	Nuclear membrane
केन्द्रिकाएँ	Nucleoli
मध्य रेखा	Equator
इक्वेटोरियल प्लेट	Equtorial plate
मध्यावस्था प्लेट	Metaphase plate
गुणसूत्रीय तन्तु	Chromosomal fibres
सतत तन्तु	Continuous fibres
अन्तरजोनल तन्तु	Interzonal fibres
अच्यावस्था	Telophase

पूर्वावस्था	Prophase
केन्द्रक कला	Nuclear membrane
गाल्जी पिण्ड	Golgi body
डिक्टिओकाइनेसिस	Dictyokinesis
कॉण्ड्रिओकाइनेसिस	Chondriokinesis
खाँच	Furrow
कोशिका	Cell plate
जनक-कोशिका	Parent cells
गुणसूत्र-संख्या	Chromosome number
प्रजनन की अलैंगिक	Asexual reproduction

11.7 संदर्भ ग्रन्थ (Further Reading)

1. भाटिया, कोहली, जैन; कोशिका जैविकी एवं आनुवांशिकीर रमेश बुक डिपो, जयपुर
2. Gupta P.K (2003) Cell and Molecular Biology। Rastogi Publications,Meerut.

1.8 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self-assessment Questions)

बोध प्रश्न - 1

बहु विकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1.(c) 2. (c) 3. (c) 4. (b) 5. (b)

I. बहु विकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. (b) 2. (b) 3. (a) 4. (d) 5. (b)

6. (d)

II. सही अथवा गलत बताइये (Mark True or False)

1. (F) 2.(T) 3. (T) 4. (F) 5. (T)

III. रिक्त स्थान भरिये (Fill in the blanks)

1. माइटोसिस 2. अन्तरावस्था

3. अन्तरावस्था 4. S

5. G 6. 6-8

7 G_1^1 8. ऐसेन्ट्रिक

11.9 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1. कोशिका विभाजन कब और कैसे होता है?
2. सूत्रीय विभाजन का सचित्र वर्णन करिए व इसके महत्व को बतलाइए।
3. निम्न पर टिप्पणियाँ लिखिए -

(i) क्रॉसिंग ओवर

(ii) अन्तरावसग

(iii) कोशिका चक्र

(iv) सूत्रीय तर्कु

इकाई 12 : अर्धसूत्री विभाजन (Meiosis)

इकाई की रूपरेखा (Out line of Unit)

12.0 उद्देश्य (Objectives)

12.1 अर्धसूत्री अवस्थायें और क्रिया (Meiotic Phases and Mechanism)

12.2.1 विषमांग या प्रथम अर्धसूत्री विभाजन (Heterotypic or First Meiotic Division)

12.2.2 समांगी या द्वितीय अर्धसूत्री विभाजन (Homeotypic or Second Meiotic Division)

12.2.3 अर्धसूत्री विभाजन का महत्व (Significance of Meiosis)

12.3 असूत्रीय विभाजन (Amitosis)

12.4 सूत्रीय तर्कु अर्थात् माइटोटिक उपकरण (Mitotic Spindle or Mitotic Apparatus)

12.5 सिनेप्टोनीमल जटिल (Synaptonemal Complex)

12.6 काएज्मैटा का निर्माण एवं भविष्य (Formation of Chiasmata and Future)

12.7 विनिमय का महत्व (Significance of Crossing Over)

12.8 सारांश (Summary)

12.9 शब्दावली (Glossary)

12.10 संदर्भ गन्ध (Further Readings)

12.11 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self- Assessment Questions)

12.12 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

12.0 उद्देश्य (Objectives)

इकाई को पढ़ने के बाद आप :

- अर्धसूत्री विभाजन की अवस्थाओं की जानकारी प्राप्त कर सकेंगे।
- सूत्रीय तर्कु की रचना समझ सकेंगे।
- सिनेपटोनीमल जटिल की संरचना और इसके कार्य के बारे में जान पाएंगे।
- काएज्मैटा के निर्माण की जानकारी प्राप्त कर सकेंगे।
- विनिमय के महत्व को समझ पाएंगे।

12.1 प्रस्तावना (Introduction)

यह विभाजन उद्विकास की प्रक्रिया को समझने में सहायता करता है। साधारणतया अर्धसूत्रीकरण (meiosis) में केन्द्रक का दो बार विभाजन होता है। कुछ जीवों में इन्टरकाइनेसिस (interkinesis) की स्थिति होती है। कुछ जीवों में इन्टरकाइनेसिस सम्भवत: न होने से प्रथम विभाजन सीधा दूसरे विभाजन में परिवर्तित हो जाता है। चित्र 12.1 व 12.2 में अर्धसूत्री विभाजन की सम्पूर्ण प्रक्रिया दिखाई

गयी है। साधारणतया दोनों प्रकार के लिंगों (sexes) में प्रत्येक प्रक्रिया समान है। अन्तर केवल इतना ही है कि मादा (female) में प्रत्येक अर्धसूत्रीय विभाजन के द्वारा एक अण्डे (ovum) व तीन निष्क्रिय ध्रुवीय पिण्डों (polar bodies) का निर्माण होता है जबकि नर (male) में चार सक्रिय शुक्राणुओं (sperms) का निर्माण होता है जो समान रूप से क्रियाशील होते हैं। इस विधि द्वारा बनी संतति कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या मूल संख्या से आधी ही रह जाती है। इसे न्यूनीकरण विभाजन (reduction division) भी कहते हैं। जिन कोशिकाओं में मीयोसिस की प्रक्रिया देखी जाती है उन्हें मीयोसाइटस (meiocytes) कहते हैं।

12.2 अर्धसूत्री अवस्थायें और क्रिया (Meiotic Phases and Mechanism)

सन् 1950 में फार्मर (Farmer) ने मियोसिस (meiosis) शब्द का प्रयोग किया। मीयोसिस के दौरान दो प्रकार से कोशिका का विभाजन होता है:

(1) विषमांग विभाजन (Heterotypic division) : इसे प्रथम अर्धसूत्री विभाजन (first meiotic division) भी कहते हैं। यहाँ पर द्विगुणित (diploid) कोशिका दो एकगुणित (haploid) कोशिकाओं में विभक्त हो जाती है।

(2) समांगी विभाजन (Homeotypic division): यह विभाजन सूत्रीय विभाजन (mitosis) की ही भाँति सम्पादित होता है तथा इस प्रक्रिया के दौरान प्रथम अर्धसूत्री विभाजन के दौरान निर्मित दो कोशिकाएँ फिर से विभक्त होकर चार कोशिकाएँ बनाती हैं।

12.2.1 विषमांग या प्रथम अर्धसूत्री विभाजन (Heterotypic or First Meiotic Division)

इसे निम्न प्रावस्थाओं में बाँटा गया है (चित्र 12.1) -

(1) प्रथम पूर्वावस्था (Prophase I)

(2) प्रथम मध्यावस्था (Metaphase I)

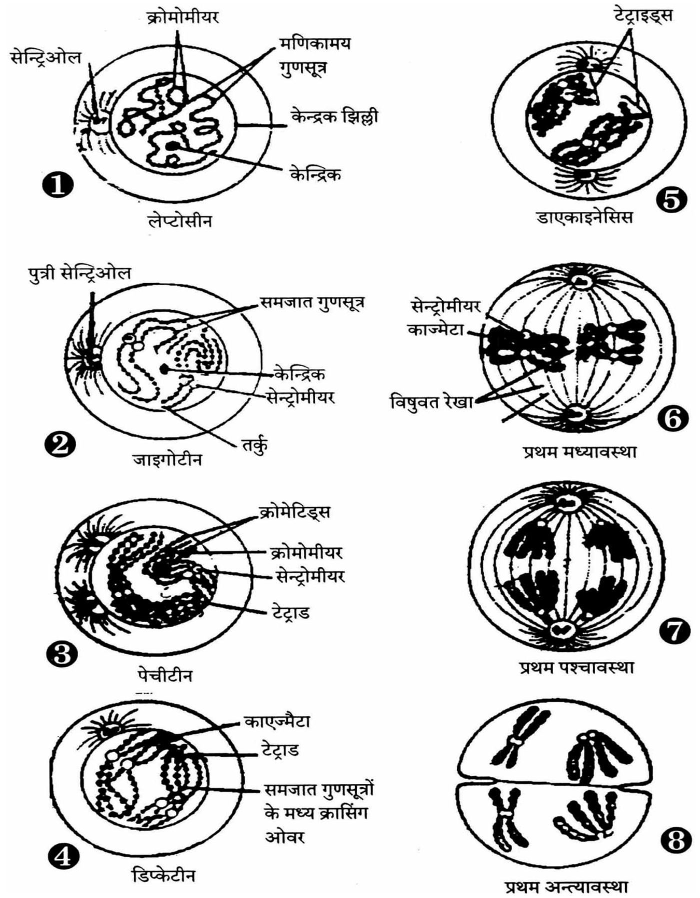
(3) प्रथम पश्चावस्था (Anaphase I)

(4) प्रथम अत्यावस्था (Telophase I) एवं

(5) प्रथम टीलोफेज (First Telophase) अर्थात् इन्टरकाइनेसिस (Interkinesis)

(1) प्रथम पूर्वावस्था (First prophase)

प्रथम अर्धसूत्रीय विभाजन की पूर्वावस्था साधारणतया एक लम्बी अवस्था होती है जिसमें जटिल प्रक्रियाओं की श्रृंखला पायी जाती है जो सामान्य सूत्रीय विभाजन की पूर्वावस्था में नहीं होती है। इस पूर्वावस्था को पाँच उपावस्थाओं में बाँटा गया है - लेप्टोटीन (leptotene), जाइगोटीन (zygotene), पेचीटीन(pachytene), डिप्लोटीन(diplotene), तथा डाएकाइनेसिस (diakinesis)।



चित्र 12.1 : अर्धसूत्रण I की अवस्थाओं का चित्रीय निरूपण

(i) लेप्टोटीन (Leptotenep)

1. यहाँ गुणसूत्र कई विभिन्न आकारों के श्रृंखलाबद्ध कणिकामय (chromomeres) के बने लम्बे पतले धागों की तरह होते हैं।
2. तकनीकी कठिनाइयों से लेप्टोटीन का अधययन कठिन है।
3. लेप्टोटीन केन्द्रक का आयतन बड़ा होता है तथा इसमें दो प्रकार की विभिन्न व्यवस्थायें पायी जाती हैं:
   (a) गुणसूत्र केन्द्रक के एक तरफ ही इकट्ठे रहते हैं तथा शेष केन्द्रक गुहा (nuclear cavity) रिक्त रहती है।
   (b) गुणसूत्र सम्पूर्ण केन्द्रक में वितरित रहते हैं परन्तु उनके सिरे केन्द्रक के तल पर कहीं एक छोटे क्षेत्र में साथ - साथ इकट्ठे रहते हैं। धागेनुमा रचनाएँ इस क्षेत्र में चारों तरफ होते हैं तथा कम या अधिक सामानान्तर रहते हैं और अन्त में वापिस मुड़ जाते हैं।
4. गुणसूत्रों की स्थिति द्विगुणित प्रकार की होती है।

(ii) ज़ाइगोटीन (zygotene)

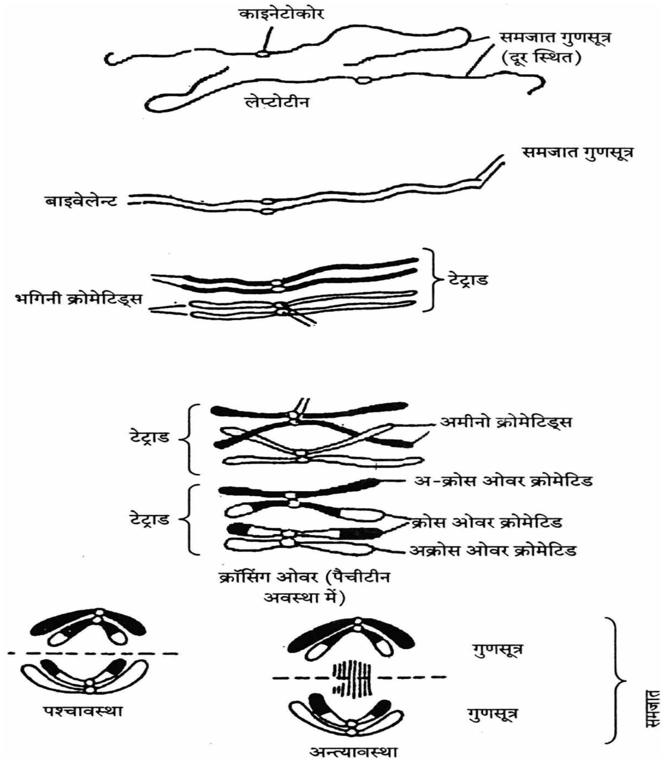
1. इस अवस्था में समजात गुणसूत्र (homologous chromosomes) अपनी पूरी लम्बाई के साथ पास-पास आकर सिनैप्सिस(synapsis) या जोड़ी बनाते हैं।

2. यह जोड़ी बनने की क्रिया एक आकर्षण बल के कारण होती है तथा दो समजात भाग या जीन या प्रोटीन कंकाल के भाग के मध्य होती है।
3. अन्य तर्क विशेष न होने से युग्मन-बल (pairing force) की सम्भावना को मान लिया जाता है।
4. गुणसूत्रों की प्रत्येक जोड़ी को बाइवेलेन्ट (bivalent) कहते हैं। समजात गुणसूत्र युग्म में एक पैतृक एवं एक मातृक (maternal) गुणसूत्र होते हैं।
5. सिनैप्सिस (synapsis) एक या अधिक बिन्दुओं पर प्रारम्भ होता है और धीरे - धीरे जिपर (zipper) की तरह गुणसूत्रों की पूरी लम्बाई तक फैल जाता है। इसे बोकेट निर्माण (boquet formation) कहते हैं।
6. इसकी प्रक्रिया में साधारणतया गुणसूत्रों की दो जोड़ियाँ पास-पास आ सकती हैं।
7. जाइगोटीन अवस्था में प्रत्येक बाइवेलेन्ट के दो गुणसूत्र एक ही द्विगुण गुणसूत्र के दो क्रोमेटिड जैसे लगते हैं और पूर्ण केन्द्रक में गुणसूत्रों की संख्या वास्तविक संख्या से आधी ही लगती है।
8. सेन्ट्रिओल्स (centrioles) विपरीत ध्रुवों (poles) की ओर गमन करने लगते हैं।
9. केन्द्रक (nucleus) के आकार में वृद्धि होती है, व गुणसूत्र छोटे एवं मोटे दिखाई देने लगते हैं।

(iii) पैचीटीन (pachytene)

1. सिनैप्सिस की प्रक्रिया की समाप्ति पर केन्द्रक पैचीटीन अवस्था में प्रवेश करता है।
2. अब गुणसूत्र लेप्टोटीन अवस्था की तुलना में अधिक छोटे व मोटे होते हैं।
3. छोटे व मोटे होने के कारण क्रोमोमीयर्स साफ दिखाई नहीं देते हैं और गुणसूत्र की बाह्य रेखा कृति अनियमित व ऊन की तरह फूली हुई हो जाती है जैसे कि सूत्रीय विभाजन की मध्य-पूर्वावस्था (mid-prophase) में पायी जाती हैं।
4. वास्तव में बाइवेलेन्ट (bivalent) का प्रत्येक गुणसूत्र लम्बवत् (longitudinally) दो समान क्रोमेटिड्स (chromatids) में विभक्त हो जाता है। अब प्रत्येक बाइवेलेन्ट में चार क्रोमेटिड्स होते हैं, जिन्हें टेट्राडस (tetrads) कहते हैं।
5. पैचीटीन अवस्था में अन्त में प्रत्येक बाइवेलेन्ट चार क्रोमेटिड का बना होता है, जो सभी समानान्तर होते हैं व दो समकोणीय विलगाव से एक दूसरे से अलग रहते हैं।
6. दोनों समजात गुणसूत्र एक-दूसरे से पूर्णरूपेण पृथक नहीं होते वरन् X-विन्यासनों (X-arrangements) अर्थात् काएज्मैटा (chiasmata) द्वारा एक अथवा अधिक बिन्दुओं द्वारा आपस में जुड़े रहते हैं। काएज्मैटा की संख्या प्रति बाइवेलेन्ट एक से दस तक हो सकती है। गुणसूत्र की लम्बाई व काएज्मैटा की संख्या के मध्य तक साधारण सम्बन्ध होता है। बहुत छोटे गुणसूत्रों में केवल एक काएज्मा होता है, शून्य या दो कभी नहीं। मध्यम आकार के गुणसूत्रों में एक - चार तक काएज्मैटा होते हैं, यहाँ विभिन्न कोशिकाओं के उसी बाइवेलेन्ट में भी संख्या विभिन्न हो सकती है।
7. क्रोमेटिड्स इन्हीं स्थानों से टूटते हैं एवं आनुवंशिक पदार्थ अर्थात् टूटे हुए गुणसूत्रों के टुकड़ों का आपस में अन्तर - विनियमन (interchange) होता है। इस प्रक्रिया को आनुवंशिक पुर्नयोजन

(Genetic recombination) कहते हैं। क्रोमेटिड्स में सम्पादित होने वाली विनियमन एवं संयोजन की इस प्रक्रिया को क्रॉसिंग ओवर (Crossing Over) कहते हैं।



चित्र 12.2 : अर्धसूत्री विभाजन में गुणसूत्रों का आचरण

(iv) डिप्लोटीन (diplotene) :

1. बाइवेलेन्टों की संरचना में एक विशेष प्रकार के परिवर्तन द्‌वारा इस उपावस्था का प्रारम्भ पहचाना जाता है।
2. समजातों के मध्य आकर्षण समाप्त होने पर प्रत्येक बाइवेलेन्ट के दो गुणसूत्र एक दूसरे से अलग हो जाते हैं।
3. डिप्लोटीन अवस्था में प्रत्येक समजात जोड़ी में क्रोमेटिड दृष्टिगत होते हैं जो सेन्ड्रोमीयर्स पर जुड़े रहते हैं।

(v) डाएकाइनेसिस (Diakinesis) :

1. डिप्लोटीन के उत्तरार्ध व डाएकाइनेसिस में कोई विशेष अन्तर नहीं होता है, लेकिन यहाँ टेट्रावेलेन्ट अधिक छोटे, मोटे व अधिक गहरे रंगीन हो जाते हैं।
2. गुणसूत्रों की लम्बाई पर काएज्मैटा के विस्थापित (displacement) होने की प्रक्रिया अर्थात् उपान्तीभवन (terminalization) पूर्ण हो जाती है।
3. बाइवेलेन्ट्स केन्द्रक के भीतर इसकी परिधि की ओर स्थापित हो जाते हैं।
4. केन्द्रक अदृश्य हो जाता है तथा केन्द्रक कला अदृश्य होने के कगार पर पहुँच जाता है।
5. कोशिका द्रव्य में तर्कु तन्तुओं (spindle fibres) का निर्माण प्रारम्भ हो जाता है।

(2) पूर्व-मध्यावस्था (Pre- metaphase)

1. प्रथम अर्धसूत्रीय विभाजन की पूर्वमध्यावस्था में केन्द्रक कला व केन्द्रिकाएँ लुप्त हो जाती हैं और तेजी से स्पाइण्डल बनता है.।
2. इस समय टेट्रावेलेन्ट इससे जुड़ जाते हैं, जहाँ प्रत्येक टेट्रावेलेन्ट के दो सेन्ट्रोमीयर मध्य रेखा के विपरीत एक ऊपर व एक नीचे आ जाते हैं। यह बहु त आवश्यक अन्तर प्रथम विभाजन व साधारण सोमेटिक सूत्रीय विभाजन के मध्य होता है जिसमें सेन्ट्रोमीयर मध्य रेखा पर स्थित रहते हैं।
3. प्राणियों की कुछ जातियों में पूर्वमध्यावस्था में गुणसूत्र स्पाइण्डल पर तेजी से अधिक खिंच जाते हैं जिससे वे अधिक पतले व लम्बे हो जाते हैं, लेकिन यह सभी जातियों में नहीं होता और पौधों में अनुपस्थित रहता है।
4. पूर्वमध्यावस्था, मध्यावस्था से अलग की जा सकती है।पूर्वमध्यावस्था में स्पिण्डल अनियमित आकार का होता है और टेट्रावेलेन्ट समान रूप से अपने सेन्ट्रोमीयर के साथ मध्य रेखा से समान दूरी पर अनियमित स्पर से स्थित होते हैं।

(3) प्रथम मध्यावस्था (First Metaphase) :

1. इन अवस्थाओं में गुणसूत्रों का बाहय आकार समतल होता है और वे अधिकतम संघनित प्रतीत होते है।
2. प्रत्येक क्रोमेटिन की क्रोमेनिमा कुण्डलित होती है तथा जीवित गुणसूत्रों में गायर्स (gyres) पास-पास सटे रहते हैं, जिससे कुण्डली का आकार जल्दी दृष्टिगत नहीं होता।
3. कुछेक में एक लघु स्पाइण्डल व एक बड़े स्पाइण्डल का दिखाया जाना सम्भव होता है जहाँ क्रोमोनिमा कुछ विद्युत लेम्पों के कुण्डलित तारों के समान संरचना वाले होते हैं।
4. टेट्रावेलेन्ट कोशिका के मध्य भाग में खिसकते हैं और अन्त में स्वयं ही स्पाइण्डल के मध्य में व्यवस्थित हो जाते हैं।
5. उनकी विशेष व्यवस्था में सेन्ट्रोमीयर ध्रुवों की तरफ रहते हैं और क्रोमेटिड की भुजाएँ मध्य रेखा की तरफ स्थित होती हैं।

(4) प्रथम पश्चावस्था (First Anaphase) :

1. सेन्ट्रोमीयर्स का अविभाजित रहना, इस पश्चावस्था की विशेषता है।
2. यहाँ सेन्ट्रोमीयर अधिक पास के ध्रुव की तरफ साधारण सोमेटिक विभाजन के संतति सेन्ट्रोमीयर्स की तरह आचरण करते हु ए खिसकता है।
3. इस प्रक्रिया में सेन्ट्रोमीयर्स स्वयं से जुड़े क्रोमेटिड्स को भी अपने पीछे खींचते हैं। इस कारण काएज्मैटा टेट्रावेलेण्ट के साथ तब तक खिंचते हैं जब तक वे सिरों पर से पूर्ण रूप से फिसल नहीं जाते जिससे अर्ध-वेलेन्ट्स एक-दूसरे से अलग हो जाते हैं और स्पिण्डल के साथ-साथ ऊपर ध्रुव की तरफ बढ़ते हैं; यहाँ स्पिण्डल तेजी से लम्बा हो जाता है।
4. इसके साथ ही अन्तस्थ काएज्मैटा (terminal chiasmata) के साथ-साथ जुड़े क्रोमोसोम्स के सिरे एक-दूसरे से अलग हो जाते हैं क्योंकि इस अवस्था में उनको पकड़े रहने वाले रासायनिक बन्ध(chemical bonds) टूट जाते हैं।
5. यहाँ, पृथक होने के उपरान्त प्रत्येक गुणसूत्र के क्रोमेटिड्स, सेन्ट्रोमियर द्वारा जुड़े रहते हैं। गुणसूत्र की यह अवस्था डायड (diad) कहलाती है।

6. मेटासेन्ट्रिक (metacentric) गुणसूत्रों में (X आकार के) अर्ध -टेट्रावेलेन्ट जो प्रथम पश्चावस्था में ध्रुवों पर पहुँचते हैं चार भुजायुक्त संरचनाएँ होती हैं, जिनके संगम-स्थान पर सेन्ट्रोमीयर होता है। एक्रोसेन्ट्रिक acrocentric) गुणसूत्रों में क्रॉस की दो भुजाएँ बहुत छोटी होती हैं और सम्भवतया इस अवस्था में नहीं देखी जा सकती हैं, अत: अलग हो रहे अर्ध-टेट्रावेलेन्ट ' V ' आकार के होते हैं। प्रथम पश्चावस्था में अलग हुए गुणसूत्र आनुवंशिक रूप से समान होते हैं, यहाँ ज़ाइगोटीन में पास-पास आये पैतृक व मातृक तत्व विनिमय द्वारा अपने लम्बाईनुमा भागों का विनिमय कर चुके हैं, इस प्रकार प्रथम अर्ध-सूत्रीय विभाजन में अलग होंने वाले वास्तविक गुणसूत्र पैतृक व मातृक स्रोत के खण्डों के नये संयोग होते हैं। स्पष्ट रूप से प्रथम पश्चावस्था में एक मातृक व एक पैतृक गुणसूत्र से एक पैतृक व एक मातृक धागा अलग हो जाता है। इस प्रकार प्रथम अर्ध-सूत्रीय विभाजन सेन्ट्रोमीयर तथा प्रथम विनिमय के मध्य न्यूनीकरण (reduction) होता है और प्रथम व द्वितीय विनिमय के मध्य समकरण (equation) होता है।

यह नहीं कहा जा सकता कि इस विशेष टेट्रावेलेन्ट का पैतृक या मातृक सेन्ट्रोमीयर किस ध्रुव विशेष की ओर जाता है। यह सम्भवत: पूर्वमध्यावस्था में बाइवेलेन्ट के अभिविन्यास (orientation) के ढंग पर आश्रित होता है।

(5) प्रथम अन्त्यावस्था और इन्टरकाइनेसिस (First Telophase and Interkinesis) :

1. यह अवस्था साधारण सूत्री विभाजन से अलग नहीं होती है।
2. यहाँ प्रत्येक गुणसूत्र के क्रोमेटिड एक-दूसरे के काफी अलग- अलग रहते हैं।
3. इस समय तक तर्कु (spindle) अत्यधिक लम्बा हो जाता है और एक लम्बे, पतले पिण्ड के रूप में अत्यावस्था के दो केन्द्रकों के मध्य स्थित होता है।
4. एकगुणित गुणसूत्र अपने- अपने ध्रुवों पर पहुँचने के उपरान्त आकार में लम्बे एवं पतले हो जाते हैं।
5. केन्द्रक एवं केन्द्रक कला फिर से निर्मित हो जाती है।
6. कुछ प्राणियों में अत्यावस्था के केन्द्रक साधारण तौर पर अन्तरावस्था (interphase) में से गुजरते हैं, जबकि दूसरों में इन्टरकाइनेसिस अवस्था न्यूनाधिक तौर पर स्थायी नहीं होती है और अत्यावस्था के केन्द्रक सीधे द्वितीय अर्ध - सूत्रीय विभाजन (meiosis-II) की पूर्वावस्था में प्रवेश कर जाते हैं या कुछ प्राणियों में केन्द्रक उस विभाजन की पूर्वार्द्ध पूर्वावस्था (early prophase) में प्रवेश करते हैं।

12.2.2 समांगी या द्वितीय अर्धसूत्री विभाजन (Homeotypic or second Meiotic Division)

द्वितीय अर्धसूत्री विभाजन को चित्र 12.3 में दर्शाया गया है। इसे निम्न प्रावस्थाओं में बाँटा गया है-

(1) द्वितीय पूर्वावस्था (Prophase II)

(2) द्वितीय मध्यावस्था (Metaphase II)

(3) द्वितीय पश्चावस्था (Anaphase II)

(4) द्वितीय अत्यावस्था (Telophase II)

(5) द्वितीय कोशिका द्रव्य विभाजन (Cytokinesis II)

(1) द्‌वितीय पूर्वावस्था (Second Phase) :

1. यह अवस्था सूत्रीय विभाजन की पूर्वावस्था के समान है और सदैव अल्पकालीन होती है।
2. द्‌वितीय पूर्वावस्था में केन्द्रक कला साइटोप्लाज्म में बिखर जाती है। अभी भी क्रोमेटिड कुण्डलित रहते हैं (X - आकार की रचनाएँ)और सेन्ट्रोमीयर द्‌वारा जुड़े रहते हैं।केन्द्रक कला का अदृश्य होना द्‌वितीय पूर्वावस्था का अन्तिम कार्य है।

(2) द्‌वितीय मध्यावस्था (Second Metaphase) :

1. यह अवस्था भी सूत्रीय विभाजन की मध्यावस्था के समान अल्पकालीन है।
2. क्रोमेटिड स्पाइण्डल पर व्यवस्थित हो जाते हैं।
3. सेन्ट्रोमीयर मध्यरेखा पर रहते हैं जबकि उनकी भुजाएँ बाहर की तरफ अलग - अलग रहती हैं।

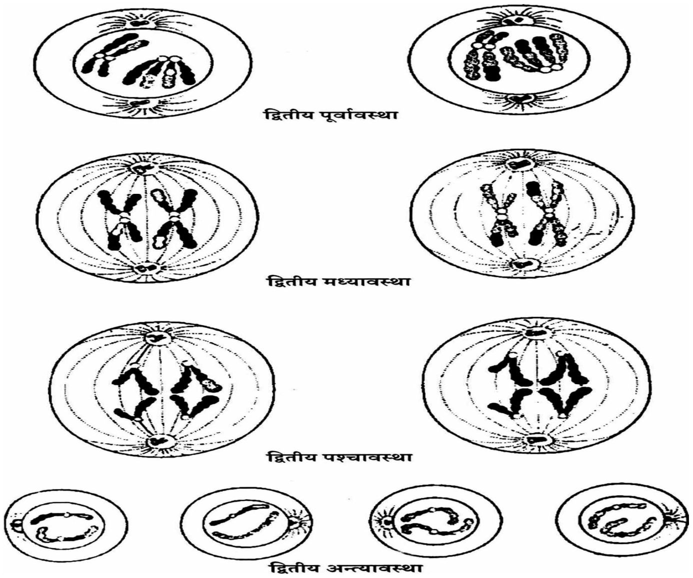
(3) द्‌वितीय पश्चावस्था (Second Anaphase) :

इस अवस्था में सेन्ट्रोमीयर विभाजित होते हैं और तर्कु तन्तुओं (Spindle Fibres) में खिंचाव के फलस्वरूप क्रोमेटिड एक सेन्ट्रोमीयर के साथ विपरीत ध्रुवों की तरफ खिसकते हैं।

(4) द्‌वितीय अन्त्यावस्था (Second Telophase) :

1. क्रोमेटिड ध्रुवों पर पहुँच कर केन्द्रक कला द्‌वारा घिर जाते हैं और वे संतति गुणसूत्रों की तरह कार्य करते हैं।
2. स्पाइण्डल अदृश्य हो जाता है।
3. केन्द्रक का फिर से निर्माण हो जाता है।
4. संतति गुणसूत्र अकुण्डलित रूप में व्यवस्थित रहते हैं। द्‌वितीय साइटोकाइनेसिस (cytokinesis II) में गुणसूत्रों की एकगुण (haploid) संख्या युक्त दो संतति कोशिकाएँ बनती हैं। इस प्रकार एक जनन कोशिका से अर्धसूत्रीय विभाजन द्‌वारा गुणसूत्रों की एक हेप्लाइड संख्या युक्त चार सन्तति कोशिकाओं के दो समूह बन जाते हैं जिनको एकगुण जनन कोशिकाएँ कहते हैं।

अर्धसूत्री विभाजन



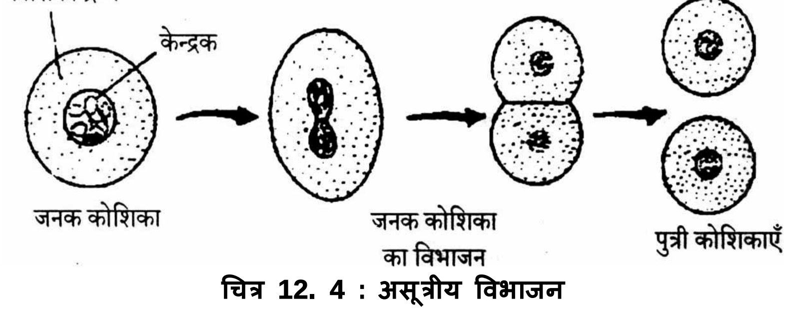
चित्र 12.3 : द्‌वितीय अर्धसूत्री विभाजन

12.2.3 अर्धसूत्रीय विभाजन का महत्त्व (Significance of Meiosis)

1. न्यूनीकरण विभाजन का महत्व गुणसूत्रों की द्विगुण (diploid) संख्या से एकगुण (haploid) यानी साधारण संख्या का आधा हो जाता है। निषेचन (fertilization) के समय नर व मादा जनन कोशिकाओं के संयोग से गुणसूत्रों की संख्या पुन: द्विगुण हो जाती है और प्रत्येक जाति की गुणसूत्र संख्या हमेशा निश्चित होती है।
2. गुणसूत्रों में नये संयोगों का होना भी न्यूनीकरण विभाजन के एक गुण सूत्र जोड़ी के एक गुणसूत्र के स्पाइण्डल के ध्रुव पर तथा दूसरे सदस्य के दूसरे ध्रुव पर पश्चावस्था (anaphase) में पहुँचने से होती है। गुणसूत्र जोड़ियाँ स्वतन्त्र रूप से कार्य करती हैं और इसके साथ ही सन्तति कोशिकाओं में गुणसूत्र समूह दुबारा बनाते हैं जिससे जनन कोशिकाओं में सभी सम्भव संयोग हो जाते हैं या दूसरे शब्दों में गुणसूत्रों का पृथक्करण होताहै।
3. इसके अलावा गुणसूत्रों के हिस्सों का सिनैप्सिस के समय आदान- प्रदान होता है जिससे आनुवंशिक विशेषताएँ अधिक मिश्रित हो जाती हैं। जिन सन्तानों में जनों के अच्छे लक्षण पहुँचते हैं वे दूसरी सन्तानों से अधिक सफल जीवन व्यतीत करते हैं।
4. डार्विन के विकासवाद के अनुसार इसी प्रकार पीढ़ी - दर- पीढ़ी अच्छे गुणों के प्राकृतिक प्रोत्साहन मिलने से नई व अधिक विकसित जन्तु जातियों की उत्पत्ति होती है।
5. यदि अर्धसूत्री विभाजन की प्रक्रिया कोशिकाओं में सम्पन्न न हो तो प्रति विभाजन गुणसूत्रों की संख्या में निरन्तर वृद्धि होती रहेगी और इस प्रकार गुणसूत्रों की सामान्य स्थिति कदापि बहाल नहीं हो सकेगी।

12.3 असूत्रीय विभाजन (Amitosis)

यह माना गया है कि कुछ विशेष प्रकार की कोशिकाएँ असूत्रीय विभाजन द्वारा विभाजित होती हैं जिसमें केन्द्रक डम्बल जैसा लम्बा हो जाता है और अन्त में दो केन्द्रक बन जाते हैं (चित्र 12.4)। इस विभाजन में न तो स्पाइण्डल का निर्माण होता है और नहीं सन्तति गुणसूत्रों का यथार्थ रूप से बँटवारा होता है। यह एक अत्यन्त सरल प्रक्रिया है। सम्भवत: यह विभाजन बहुत कम पाया जाता है; केवल प्रोटोजोआ व कई रुग्ण कोशिकाओं आदि में कुछेक असाधारण परिस्थितियों में ही होता है (चित्र 12.4)। सन् 1841 में रेमक (Remak) ने कोशिका विभाजन की इस सरलतम प्रक्रिया के बारे में जानकारी दी।



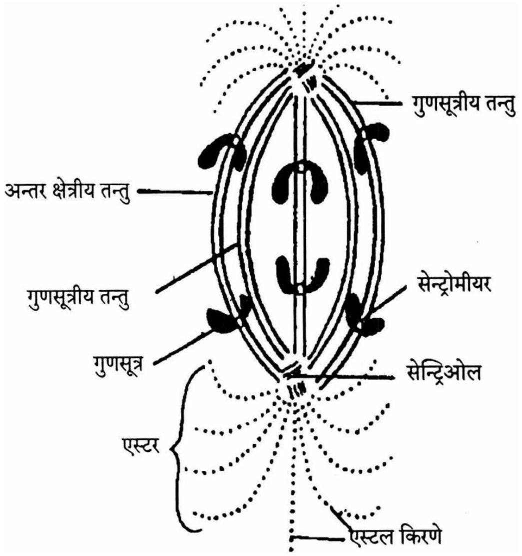
चित्र 12. 4 : असूत्रीय विभाजन

12.4 सूत्रीय तर्कु (Mitotic Spindle) अर्थात् माइटोटिक उपकरण (Mitotic Apparatus)

कोशिका विभाजन के समय निर्मित सूत्रीय तर्कु (mitotic Spindle) एक जटिल रचना है। इसमें अवंशागत पदार्थ (achromatic material) निहित होता है, अत : इसे एक्रोमेटिक फिगर (achromatic figure) भी कहते हैं। निएडर (Schiniader,1935) ने सर्वप्रथम सूत्रीय तर्कुओं को देखा एवं इनका वर्णन किया।

माइटोटिक उपकरण (mitotic apparatus) निम्न भागों का बना होता है - तारा केन्द्रक (centrioles), एस्टर्स (asters) अर्धसूत्री विभाजन एवं तर्कु तन्तु (spindle fibres) (चित्र व 12.5)। सेन्द्रिओल्स ध्रुवों पर स्तिथ होते हैं एवं प्रत्येक सेन्द्रिओल एस्ट्रल तन्तुओं (astral fibres) द्वारा घिरा रहता है। सेन्द्रिओल के मध्य अनेक सूक्ष्म-नलिकाएँ (माइक्रो-tubules) फैली रहती हैं। इन्हें तर्कु तन्तु (spindle fibres) कहते हैं। तर्कु तन्तुओं की संख्या भिन्न -भिन्न जन्तुओं में अलग होती है। चूँकि खोखली सूक्ष्म नलिकाओं रूपी तन्तु तर्कु की भाँति विन्यासित रहते हैं, अत: ये तर्कु तन्तु कहलाते हैं।

अर्धसूत्री विभाजन



चित्र 12.5 : सूत्रीय तर्कु

तर्कु तन्तु चार प्रकार के होते हैं -

1. गुणसूत्रीय तन्तु (Chromosomal fobres)
2. सतत् विस्तृत तन्तु (Continuous fibres)
3. अन्तरक्षेत्रीय तन्तु (Interzonal fibres) एवं
4. एस्ट्रल तन्तु (Astral fibres)

1. गुणसूत्रीय तन्तु (Chromosomal fobres): ये तन्तु सेन्द्रिओल से गुणसूत्र के सेन्ड्रोमियर तक फैले रहते हैं।

2. सतत् विस्तृत तन्तु (Continuous fibres) : ये एक ध्रुव से दूसरे ध्रुव तक फैले रहते हैं। इनकी लम्बाई सर्वाधिक होती है।

3. अन्तरक्षेत्रीय तन्तु (Interzonal fibres): पृथक हो रहे क्रोमेटिड्स के सेन्ड्रोमियर्स के मध्य में फैले रहते हैं एवं इन्हें एनाफेज व टीलोफेज प्रावस्था में देखा जा सकता है।

4. एस्ट्रल तन्तु (Astral fibres): ये सेन्द्रिओल्स के चारों ओर स्थित रहते हैं। तर्कु तन्तुओं का निर्माण प्रोटीन के अणुओं द्वारा होता है। तर्कु तन्तुओं की प्रोटीन श्रृंखलाएँ डाइसल्काईड (S-S) एवं सल्हफाहाइड्रिल (-SH) बन्धों द्वारा जुड़ी रहती हैं। तर्कु तन्तुओं की उत्पत्ति केन्द्र के बाहर की ओर कोशिका द्रव्य से होती है। ये प्रोफेज प्रावस्था से बनना प्रारम्भ करते हैं एवं मेटाफेज प्रावस्था तक इनका निर्माण पूर्ण हो जाता है। कोशिका विभाजन के समय तर्कु तन्तु गुणसूत्रों की गति के लिए उत्तरदायी होते हैं।

गुणसूत्रों के ध्रुवों की ओर गति करने की प्रक्रिया को समझाने के लिए भिन्न-भिन्न मत प्रस्तुत किए गए हैं -

(1) वॉन बेनडन (Van Benden) के अनुसार तर्कु तन्तुओं के सिकुड़ने के फलस्वरूप गुणसूत्र विपरीत ध्रुवों की ओर गति करते हैं।

अर्धसूत्रीय एवं सूत्रीय विभाजन में अन्तर

अर्धसूत्रीय विभाजन (Meiosis)	**सूत्रीय विभाजन (Mitosis)**
1. यहाँ कोशिका में दो बार विभाजन होता है- पहला समजात गुणसूत्रों का व दूसरा क्रोमेटिड्स का।	1. एक ही विभाजन क्रोमेटिड्स के बँटवारे के लिए होता है।
2. प्रथम विभाजन की पूर्वावस्था अत्यन्त लम्बी व जटिल होती है।	2. पूर्वावस्था अल्पकालीन व सरल होता है।
3. प्रथम विभाजन में समजात गुणसूत्रों का सिनैप्सिस होता है।	3. सिनैप्सिस नहीं होता है।
4. प्रथम विभाजन में सेन्ट्रोमीयर विभाजित नहीं होते तथा क्रोमेटिड पृथक नहीं होते हैं।	4. मध्यावस्था में सेन्ड्रोमीयर विभाजित होते हैं तथा क्रोमेटिड पृथक होते हैं।
5. काइऐज्मा निर्माण व विनिमय इस विभाजन की विशेषताएँ हैं।	5. दोनों विशेषताएँ नहीं होती हैं।
6. चार सन्तति कोशिकाएँ प्राप्त होती हैं।	6. केवल दो कोशिकाएँ प्राप्त होती हैं।
7. सन्तति कोशिकाएँ एकगुण होती हैं तथा उनके आनुदंशिक गुणों में कुछ अन्तर होता है।	7. सन्तति कोशिकाएँ द्विगुण होती हैं तथा उनके आनुवंशिक गुणों में कोई अन्तर नहीं होता है।
8. यह विभाजन केवल लैंगिक प्रजनन के समय जनन ग्रन्थियों में मौजूद जनन कोशिकाओं में होता है।	8. यह जनन ग्रन्धियों के अतिरिक्त शरीर के शेष भाग में होता है तथा शरीर की वृद्धि व मरम्मत से सम्बन्धित है।
प्रोफेज (Prophase)	
9. प्रोफेज प्रावस्था अधिक समय तक क्रियाशील रहती है एवं पाँच अवस्थाओं से	9. प्रोफेज अवस्था अल्पकालीन होती है।

होकर गुजरती है।	
10. केन्द्रक के आकार में अत्यधिक वृद्धि होती	10. अपेक्षाकृत केन्द्रक के आकार में अधिक वृद्धि नहीं होती।
11. समजात गुणसूत्रों में युग्मन होता है।	11. गुणसूत्र में प्लेक्टोनेमिक कुण्डलनों के रूप देखे जा सकते हैं। इनमें युग्मन नहीं होता।
12. क्रॉसिंग ओवर यहाँ पर महत्वपूर्ण प्रक्रिया है।	12. क्रॉसिंग ओवर अनुपस्थित।
मेटाफेज (Metaphase)	
13. गुणसूत्रों के सेन्ट्रोमियर्स ध्रुवों पर विन्यासित होते हैं एवं क्रोमेटिड्सकी भुजाएँ मध्य रेखा (equator) पर उपस्थित होती हैं।	13. सेन्द्रोमियर्स मध्य रेखा पर व भुजाएँ ध्रुवों की ओर स्थित होती हैं।
एनाफेज (Anaphase)	
14. गुणसूत्र आकार में छोटे एवं मोटे होते हैं।	14. गुणसूत्र आकार में लम्बे एवं पतले होते हैं।
टीलोफेज (Telophase)	
15. टीलोफेज प्रावस्था अनुपस्थित हो सकती है।	15. टीलोफेज प्रावस्था सदैव उपस्थित।
16. कोशिका द्रव्य का विभाजन (cytokinesis) अवश्यम्भावी नहीं है।	16. केन्द्रक के विभाजन (karyakinesis) के उपरान्त कोशिका द्रव्य का विभाजन होता है।

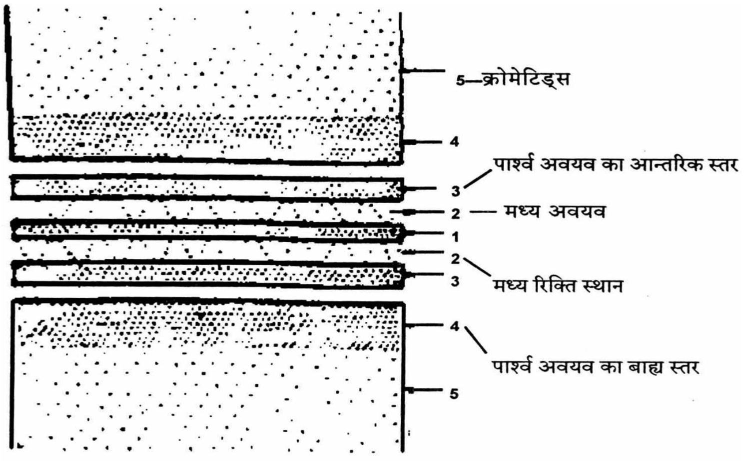
(2) बेलर (Baler) ने बताया कि गुणसूत्रों की गति, गुणसूत्रीय तन्तुओं के सिकुड़ने एवं अन्तर - क्षेत्रीय तन्तुओं के फैलने के कारण होती है।

(3) इनोव (Inove) एवं साटो (Sato) ने प्रतिपादित किया कि गुणसूत्रीय तन्तुओं के सिकुड़ने के कारण गुणसूत्र मध्य रेखा (equator) से ध्रुवों (poles) की ओर गति करते हैं।

12.5 सिनेप्टोनीमल जटिल (Synaptonemal Complex)

अर्धसूत्रीय विभाजन (meiosis) की जाइगोटीन (zygotene) एवं पैचीटीन (pachytene) प्रावस्थाओं के युग्मित गुणसूत्रों के मध्य एक सुसंगठित रचना का विकास होता है जिसे सिनेप्टोनीमल जटिल (synaptonemal complex) कहते हैं। इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (Electron microscope) की सहायता से अध्ययन करने पर ज्ञात हो सका है कि सिनेप्टोनीमल जटिल तीन समान्तर वृहत रेखाओं द्वारा निर्मित होता है एवं प्रत्येक रेखा के मध्य समान दूरी होती है (चित्र 12.6)।

सिनेप्टोनीमल जटिल डी एन ए एवं प्रोटीन का बना सिनेप्टोनीमल जटिल पदार्थ (synaptonemal Complex material) द्वारा निर्मित होता है।



चित्र 12.6 : सिनेप्टीनीमल जटिल की संरचना

कार्य (Functions) _

1. क्रॉसिंग ओवर (crossing over) में सहायक। वास्तव में यह एक संरचनात्मक ढाँचे के रूप में रीकॉम्बीनेशन (recombination) जैसी प्रक्रिया के सम्पादन में योगदान करता है।
2. काएज्मा के निर्माण एवं क्रॉसिंग ओवर से पूर्व सिनैप्सिस का निर्माण आवश्यक है।
3. समजात गुणसूत्रों के क्रोमेटिड्स के विन्यास हेतु सिनेप्टोनीमल जटिल महत्वपूर्ण कार्य करता है।
4. सिनेप्टोनीमल जटिल की सहायता से समजात गुणसूत्रों के उचित विन्यास हेतु इन्हें खींचने का कार्य किया जाता है।

12.6 काएज्मैटा का निर्माण एवं भविष्य (Formation of Chiasmata and Future)

अर्धसत्रीय विभाजन की प्रोफेज I (prophase I) की डिप्लोटीन (Diplotene) अवस्था के समजात गुणसूत्रों के मध्य 'X' की आकृति की रचना का निर्माण ही काएज्मैटा (Chiasmata) कहलाता है। जैनसन (Janssen,1909) एवं डार्लिंगटन (Darlington,1932) के अनुरूप दो समजात क्रोमेटिड्स के टूटने एवं फिर से जुड़ने की क्रिया के कारण काएज्मैटा का निर्माण सम्भव हो पाता है। सेक्स (Sax,1932) के अनुसार काएज्मैटा के निर्माण के फलस्वरूप ही क्रोमेटिड्स के टुकड़े होने एवं इनके मध्य मध्य क्रॉसिंग ओवर की प्रक्रिया सम्पादित की जाती है।

12.7 विनिमय का महत्त्व (Significance of Crossing Over)

(i) विभिन्न परीक्षणों में नये प्रकार के युग्मकों का बनना व उनका प्रतिशत (%) विनिमय की आवृति (frequency) पर निर्भर करता है। विनिमय का प्रतिशत भी जीनों के मध्य दूरी पर निर्भर करता है। तात्पर्य यह है कि अति नजदीक जीनों के मध्य विनिमय कम तथा दूरी पर स्थिति जीनों के मध्य ज्यादा होता है।

(ii) एक गुणसूत्र पर विभिन्न जीनों के मध्य दूरी ज्ञात करके गुणसूत्रों पर जीनों का प्रस्तावित मानचित्र तैयार किया जाता है।

(iii) विनिमय जीनों की एक गुणसूत्र पंक्तिनुमा व्यवस्था होने पर ही सम्भव हो सकता है। इस धारणा को जीन का क्रमबद्ध विन्यास का नियम कहा जाता है।

(iv) विनिमय की प्रक्रियाओं के आधार पर ही जीन्स को हम आनुवंशिकता की क्रियात्मक इकाई कहते हैं।

(v) अर्धसूत्री विभाजन को ही सजीवों में भिन्नताओं का मुख्य स्रोत माना है, क्योंकि इस समय जीन के नवीन समूह बनते हैं जो विनिमय पर आश्रित होते हैं।

बोध प्रश्न (Self-Assessment Questions)

I. बहुविकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. गुणसूत्रों द्वारा बनाई गयी बुके (bouquet) समान आकृति प्रावस्था में देखी जा सकती
   (a) ज़ाइगोटीन
   (b) लेप्टोटीन
   (c) पेकीटीन
   (d) डाईकाइनेसिस ( )

2. टेट्राड अवस्था डाएड अवस्था में बदलती है
   (a) एनाफेज I
   (b) एनाफेज II
   (c) प्रोफेज I
   (d) मेटाफेज II ( )

3. अर्धसूत्री विभाजन में सेन्ट्रोमियर से जुड़े गुणसूत्र कहलाते हैं
   (a) समजात गुणसूत्र
   (b) बाइवेलेन्ट
   (c) सिस्टर क्रोमेटिड्स
   (d) युग्मित गुणसूत्र ( )

4. अर्धसूत्री विभाजन के खोजकर्त्ता हैं
   (a) वाल्टर फ्लेमिंग
   (b) रूडोल्फ विर्चोव
   (c) स्ट्रास बर्गर
   (d) फार्मर ( )

5. युग्मन की क्रिया किस प्रावस्था में होती है
   (a) लेप्टोटीन
   (b) जाइगोटीन
   (c) डिप्लोटीन
   (d) डाइकाइनेसिस ( )

5. यदि एक कोशिका में कुल गुणसूत्र संख्या 46 हो तो ज़ाइगोटीन प्रावस्था में बाइवेलेन्ट्स की संख्या होगी
   (a) 46

(b) 92

(c) 184

(d) 23 ( )

7. यदि सिनैप्सिस गुणसूत्र के सेन्ट्रोमीयर से आरम्भ होता है तो वह कहलाता है

(a) प्रोसेन्टिक

(b) प्रोटर्मिनल

(c) रेन्डम

(d) एसेन्द्रिक ( )

8. बाइवेलेन्ट हेतु सत्य है.

(a) दो सेन्ट्रोमीयर तथा एक क्रोमेटिड की उपस्थिति

(b) दो सेन्ट्रोमीयर तथा दो क्रोमेटिड की उपस्थिति

(c) एक सेन्ट्रोमीयर र तथा एक क्रोमेटिड की उपस्थिति

(d) एक सेन्ट्रोमीयर तथा दो क्रोमेटिड की उपस्थिति ( )

9. क्रॉसिंग ओवर किस अवस्था में होता है

(a) लेप्टोटीन

(b) जाइगोटीन

(c) पैचीटीन

(d) डाइकाइनेसिस ( )

10. काइज्मैटा का निर्माण किस अवस्था में होता है.

(a) लेप्टोटीन

(b) ज़ाइगोटीन

(c) पेचीटीन

(d) डिप्लोटीन ( )

11. निम्न में से किस अवस्था में डीएनए की मात्रा दोगुनी नहीं होती है.

(a) समसूत्री विभाजन की अन्तरावस्था

(b) अन्तरावस्था I

(c) अन्तरावस्था II

(d) उपरोक्त सभी. ( )

12. अर्धसूत्री तथा समसूत्रभ विभाजन में अन्तर है :

(a) तकुतन्तु निर्माण

(b) डीएनए द्विगुणन

(c) काएज्यैटा निर्माण

(d) गुणसूत्रों का संगुणन ( )

II. सही या गलत अंकित कीजिये (True or False)

1. मस्टर्ड गैस गुणसूत्रों का विखण्डन करती है। ( )

2. न्यूनकारी विभाजन की परिकल्पना सर्वप्रथम डार्विन द्वारा प्रस्तुत की गयी थी। ( )

3. अर्धसूत्री विभाजन की प्रथम पूर्वावस्था को पाँच अवस्थाओं में बाँटा गया है। ( )

4. जिन कोशिकाओं में अर्धसूत्री विभाजन की प्रक्रिया देखी जाती है उन्हे मियोसाइटस कहते हैं। ( )

5. बोकेट निर्माण पैचीटीन अवस्थाओं में होता है। ( )

6. पैचीटीन अवस्था में क्रॉसिंग ओवर प्रक्रिया होती है। ( )

7. असूत्रीय विभाजन की प्रक्रिया की जानकारी सर्वप्रथम रेमण्ड ने सन् 1841 में दी थी। ( )

8. निएडर ने सर्वप्रथम सूत्रीय तर्कुओं को देखा था। ( )

9. सतत् तन्तु सेन्ट्रिओल से गुणसूत्र के सेन्ट्रोमीयर तक फैले रहते हैं। ( )

10. सिनेप्टोनीमल जटिल डी.एन.ए एवं प्रोटीन का बना सिनेटोनीमण जटिल पदार्थ द्वारा निर्मित होता है। ( )

III रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये (Fill in the blanks)

1. क्रॉसिंग ओवर (crossing over)....................,..... प्रावस्था में सम्पन्न होती है।

2. सेन्ट्रिओल की अनुपस्थिति में होने वाला कोशिका विभाजन......................... कहलाता है।

3. सन् 1950 में............................... ने मियोसिस शब्द का प्रयोग किया।

4. जाइगोटीन अवस्था में समजात गुणसूत्र अपनी पूरी लम्बाई के साथ पास-पास आकर................ सिनैप्सिस बनाते है।

5. पैचीटीन अवस्था में प्रत्येक बाइवेलेन्ट................. क्रोमेटिड का बना होता है।

6. क्रोमेटिड्स में सम्पादित होने वाली विनियम एवं संयोजन की प्रक्रिया को......................... कहते हैं।

7. न्यूनीकरण विभाजन में गुणसूत्रों की संख्या............................... हो जाती है।

8. माइटोटिक उपकरण तारा केन्द्रक ,................. एवं............. का बना होता है।

12.8 सारांश (Summary)

- सन् 1950 में फार्मर ने मियोसिस शब्द का प्रयोग किया। मीयोसिस के दौरान दो प्रकार से कोशिका का विभाजन होता है : (1) विषमांग विभाजन, एवं (2) समांगी विभाजन।
- विषमांग या प्रथम अर्धसूत्री विभाजन निम्न प्रावस्थाओं में बाँटा गया है - (1) प्रथम पूर्वावस्था, (2) प्रथम मध्यावस्था, (3) प्रथम पश्चावस्था, (4) प्रथम अन्त्यावस्था एव (5) प्रथम टीलोफेज।
- प्रथम पूर्वावस्था को पाँच उपावस्थाओं में बाँटा गया है-लेप्टोटीन, जाइगोटीन पेचीटीन, डिप्लोटीन तथा डाएकाइनेसिस।

- जाइगोटीन अवस्था में समजात गुणसूत्र अपनी पूरी लम्बाई के साथ पास-पास आकर सिनैप्सिस या जोड़ी बनाते हैं।
- सिनैप्सिस एक या अधिक बिन्दुओं पर प्रारम्भ होता है और धीरे-धीरे जिपर की तरह गुणसूत्रों की पूरी लम्बाई तक फैल जाता है। इसे बोकेट निर्माण कहते हैं।
- पैचीटीन अवस्था में प्रत्येक बाइवेलेन्ट चार क्रोमेटिड का बना होता है।
- दोनों समजात गुणसूत्र एक-दूसरे से पूर्णरूपेण पृथक नहीं होते वरन् X-विन्यासनों अर्थात् काएज्मैटा द्वारा एक अथवा अधिक बिन्दुओं द्वारा आपस में जुड़ रहते हैं।
- क्रोमेटिड्स में सम्पादित होने वाली विनियमन एवं संयोजन की प्रक्रिया को क्रॉसिंग ओवर कहते हैं।
- कुछ प्राणियों में अन्त्यावस्था के केन्द्रक साधारण तौर पर अन्तरावस्था में से गुजरते हैं।
- द्वितीय अर्धसूत्री विभाजन को निम्न प्रावस्थाओं में बाँटा गया है- (1) द्वितीय पूर्वावस्था, (2) द्वितीय मध्यावस्था, (3) द्वितीय पश्चावस्था, (4) द्वितीय अन्त्यावस्था एवं (5) द्वितीय कोशिका द्रव्य विभाजन।
- न्यूनीकरण विभाजन का महत्व गुणसूत्रों की द्विगुण संख्या से एकगुण यानी साधारण संख्या का आधा हो जाता है।
- गुणसूत्रों में नये संयोगों का होना भी न्यूनीकरण विभाजन के एक गुणसूत्र जोड़ी के एक गुणसूत्र के स्पाइण्डल के ध्रुव पर तथा दूसरे सदस्य के दूसरे ध्रुव पर पश्चावस्था में पहुँचने से होतीहैं।
- गुणसूत्रों के हिस्सों का सिनैप्सिस के समय आदान-प्रदान होता है जिससे आनुवंशिक विशेषताएँ अधिक मिश्रित हो जाती हैं।
- कुछ विशेष प्रकार की कोशिकाएँ असूत्रीय विभाजन द्वारा विभाजित होती हैं जिसमें केन्द्रक डम्बल जैसा लम्बा हो जाता है और अन्त में दो केन्द्रक बन जाते है।
- माइटोटिक उपकरण निम्न भागों का बना होता है - तारा केन्द्रक, एस्टर्स एवं तर्कु तन्तु।
- तर्कु तन्तु चार प्रकार के होते हैं - 1. गुणसूत्रीय तन्तु, 2. निरन्तर विस्तृत तन्तु, 3. अन्तरक्षेत्रीय तन्तु एवं 4. एस्ट्रल तन्तु।
- अर्धसूत्रीय विभाजन की जाइगोटीन एवं पैकीटीन प्रावस्थाओं के युग्मित गुणसूत्रों के मध्य एक सुसंगठित रचना का विकास होता है जिसे सिनेप्टोनीमल जटिल कहते हैं।
- अर्धसूत्रीय विभाजन की प्रोफेज I की डिप्लोटीन अवस्था के समजात गुणसूत्रों के मध्य 'X' की आकृति की रचना का निर्माण ही काएज्मैटा कहलाता है।
- अति नजदीक जीनों के मध्य विनिमय कम तथा दूरी पर स्थिति जीनों के मध्य ज्यादा होता है।

12.9 शब्दावली (Glossary)

अर्धसूत्रीकरण	Meiosis
इन्टरकाइनेसिस	Interkinesis
अण्डे	Ovum
न्यूनीकरण विभाजन	Reduction Division
मीयोसाइदस	Meiocytes

एकगुणित	Haploid
क्रोमोमीयर्स	Chromomeres
केन्द्रक गुहा	Nuclear cavity
बाइवेलेन्ट	Bivalent
सेन्ट्रिओल्स	Centrioles
मध्य-पूर्वावस्था	Mid- Prophase
आनुवंशिक पुनयोजन	Genetic recombination
तर्कु तन्तुओं	Spindle Fibres
गायर्स	Gyres
अन्तस्थ काएज्मैटा	Terminal Chiasmata
रासायनिक बन्ध	Chemical Bonds
एक्रोसेन्ट्रिक	Acrocentric
अभिविन्यास	Orientation
तर्कु तन्तुओं	Spindle Fibres
निषेचन	Fertilization
सूत्रीय तर्कु	Mitotic spindle
एक्रोमेटिक फिगर	Achromatic figure
इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी	Electron microscope
आवृत्ति	Frequency

12.10 संदर्भ ग्रंथ (Further Reading)

1. Bolsover S.R., Hyams J.S., Shepherd E.A. and White H.A.(1997) From Genes to cells. Wiley-Liss, New York.
2. Adams R.L.P., Knowler J.T. and Leader D.P.(1986) The Biochemistry of Nucleic Acids. 10th Edition, Chapman and Hall, London
3. Bhatia A.L., Kohli K.S. and Jain N.(2006) Cell Biology and Genetics.Ramesh Book Depot, Jaipur.
4. Gupta P.K. (2003) Cell and Molecular Biology. Rastogi Publications,

12.11 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self- assessment Questions)

I. बहु विकल्पी प्रश्न (Multiple Choice Questions)

1. (b) 2.(a) 3.(c) 4. (d) 5.(b)

6. (d) 7.(a) 8.(b) 9.(c) 10.(a) 11.(c) 12.(c)

II. सही अथवा गलत बताइये (Mark True or False)

1. (T) 2. (F) 3.(T) 4.(T) 5. (F)

6. (T) 7.(T) 8.(T) 9. (F) 10.(T)

III. रिक्त स्थान भरिए (Fill in the blanks)

1. पेकीटीन 2. एसेन्द्रिक 3. फार्मर 4. सिनेप्सिस

5. चार 6. क्रॉसिंग ओवर 7. आधी 8. एस्टर्ट, तुर्क तंतु

12.12 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1. अर्धसूत्रीय विभाजन का सचित्र वर्णन करते हुए इसके म्हत्व का विवेचन कीजिए।
2. अर्धसूत्रीय एवं सूत्री विभाजन में अन्तर बताते हुए दोनों का महत्व स्पष्ट कीजिए
3. निम्न पर टिप्पणियाँ लिखिए -
   (i) असूत्रीय विभाजन
   (ii) केरिओकाइनेसिस (क्रॉसिंग ओवर)

इकाई 13 : मेण्डलवाद (Mendelism)

इकाई की रूपरेखा (Outline of Units)

13.0 उद्देश्य (Objectives)

13.1 प्रस्तावना (Introduction)

13.2 आनुवंशिक का विकास - ऐतिहासिक परिदृश्य (Development of Genetics -A Historic Perspective)

13.2.1 आनुवंशिकी का जन्म एवं इसके संस्थापक - मेन्डेल (Birth of Genetics and Its Founder - Mendel

13.2.2 आनुवंशिकी की वृद्धि (Growth of Genetics)

13.3 आधारी आनुवंशिक शब्दावली (Basics Genetics Terminology)

13.3.1 जीन (Gene)

13.3.2 जीन एवं युग्म विकल्पी (Genes and Alleles)

13.3.3 समयुग्मजी एवं विषमयुग्मजी (Homozygous and Hetrozygous)

13.3.4 लक्षण प्ररूप एवं जीन पुरुष (Phenotype and Genetypes)

13.4 मेन्डेल के मटर पर किए गए प्रयोग (Mendel's Experiments with Pea)

13.4.1 मटर का चयन (Selection of Pea)

13.5 एक संकर वंशागति एवं मेन्डेल का विसंयोजन का नियम (Monohybrid Cross and Mendel's. Law of Segregation.)

13.5.1 मेन्डेल के प्रयोग एवं परिणाम (Mendel's Experiments and Results)

13.5.2 विसंयोजन का नियम (Law of Segregation)

13.5.3 विसंयोजन के नियम की निश्चितता : परीक्षार्थ संकरण का उपयोग (Confirmation of law of Segregation: The Use of Test Cross)

13.5.4 मेन्डेल की सफलता के कारण (Reasons for Mendel's Success)

13.6 द्विसंकर संकरण एवं मेन्डेल का स्वतंत्र अपव्यूहन का नियम (Dihybrid Cross and Mendel's Law of Independence Assortment)

13.7 अपूर्ण प्रभाविता (Incomplete Dominance)

13.8 कुछ सामान्य बातें (Some Generalisation)

13.9 सारांश (Summary)

13.10 शब्दावली (Glossary)

13.11 संदर्भ ग्रन्थ (Further Reading)

13.12 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answer to Self- assessment Questions)

13.13 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

13.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप

- आनुवंशिक के ऐतिहासिक विकास का वर्णन करने के लिए सक्षम हो जाऐंगे।
- आनुवंशिकी विज्ञान में मेन्डेल के योगदान की रूपरेखा जानने में सफल हो पायेगें।
- जीन, युग्मविकल्पी, लक्षणप्ररूप, जीनप्ररुप, समयुग्मजी, विषमयुग्मजी, प्रभावी जीन, अप्रभावी जीन तथा परीक्षार्थी संकरण को परिभाषित कर सकेंगे।
- मेन्डेल के प्रयोगों का वर्णन कर सकेंगे।
- मेन्डेल के वंशानुगति नियमों को समझ सकेंगे।
- आनुवंशिकी की समस्याओं को सुलझाने के लिए मेन्डेल के नियमों को प्रयुक्त कर सकेंगे।

13.1 प्रस्तावना (Introduction)

वंशानुगति का अध्ययन आनुवंशिकी कहलाता है। यह एक प्राचीन विषय है। लगभग 4000 वर्ष पूर्व सुमेरिया, मिश्र एवं विश्व के अन्य भागों में किसानों ने यह जान लिया था कि चयनात्मक प्रजननी (Selective breeding) के द्वारा पौधो और जानवरों की उन्नत किस्में प्राप्त कर सकते थे। उनका यह ज्ञान अनुभव पर ही आधारित था तथा उन्होने यह भी जान लिया था कि पौधों और जानवरों के कई लक्षण एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी में स्थान्तरित होते रहते हैं। उनका यह ज्ञान सीमित ही था क्योंकि तब जीन व वंशानुगति के सिद्धान्तों की जानकारी नहीं थी।

इस प्रथम इकाई में हम आधुनिक आनुवंशिकी के विकास के इतिहास की रूपरेखा का अध्ययन करेंगें तथा मेन्डेल के विसंयोजन एवं स्वतंत्र अवव्यूहन के नियमों का विवेचन करेंगें।

13.2 आनुवंशिकी का विकास - ऐतिहासिक परिदृश्य (Development of Genetics - Historical Perspective)

आनुवंशिकी का प्रारम्भ ऐसे प्रश्नों के उत्तर खोजकर हुआ कि हम अपने माता-पिता जैसे क्यों दिखते हैं? एक ही समूह से सम्बन्धित जीव में आश्चर्यजनक समानताएँ क्यों पायी जाती हैं?

प्रारम्भिक आनुवंशिकीय वैज्ञानिक वे थे जिन्होंने यह प्रेक्षित किया कि सभी स्वयं जैसे जीव उत्पन्न करते हैं (like begets like) और उन्होंने इस साधारण प्रेक्षण को नस्ल के सुधार के लिए प्रयोग किया। मानव ने कुत्तों, बिल्लियों और पशुओं के जनन को नियंत्रित कर उन्हें पालतू बनाया तथा उनमें से लाभदायक गुणों वालों को अधिक जनन करवा कर आपने कार्यों के लिए प्रयुक्त किया। इसी प्रकार अच्छी फसलों के अच्छे बीजों को संरक्षित कर अगली फसल को तैयार किया।

वैज्ञानिकों ने यह तो पता लगाना प्रारम्भ किया ही कि हम अपने माता-पिता जैसे क्यों दिखते हैं लेकिन यह भी ज्ञात करने की कोशिश की कि हम उनसे भिन्न भी क्यों हैं? 1860 में मेन्देल के प्रयोगों के परिणामों के प्रकाशित होने के पश्चात् इन प्रश्नों के उत्तर उभरने लगे।

13.2.1 आनुवंशिकी का जन्म एवं इसके संस्थापक मेन्डेल

(Birth of Genetics and its Founder Mendel)

ग्रेगर जॉन मेन्डेल (Gregor Johann Mendel) के कार्यों के फलस्वरूप आधुनिक आनुवंशिकी का जन्म हुआ।

ग्रेगर जॉन मेन्डेल (Gregor Johann Mendel) का जन्म 22 जुलाई 1822 में मोराविया (Moravia) नामक गांव जो अब चेकोस्लोवाकिया (Czechoslovakia) में है, के एक किसान परिवार में हुआ। उन्होंने अपनी प्रारम्भिक शिक्षा मोराविया में ही प्राप्त की। इसके पश्चात् उन्होंने ऑल्मदज (Olmutz) की एक शिक्षक संस्था में प्रवेश लिया। लेकिन खराब स्वास्थ्य व वित्तीय परिस्थितियों के कारण उन्हे इस संस्था को छोड़ना पड़ा। 1843 में मेन्डेल ने ऑस्ट्रिया(Austria) के ब्रुन्न(Brunn) शहर जो कि अब चेकोस्लोवाकिया के ब्रनो (Bruno) शहर के नाम से जाना जाता है के धार्मिक मठ (monastry) में प्रवेश लिया। वहाँ कुछ समय तक पादरी (Priest) के रूप में कार्य करने के पश्चात् वे 1851 में वियना (Vienna) गए जहाँ उन्होंने 3 वर्ष तक वियना विश्वविद्यालय में गणित (Mathematics) एवं प्रकृति-विज्ञान (Natural History) का अध्ययन किया। यह अध्ययन उनके द्वारा बाद मे किए गए आनुवंशिकी (Genetics) विषय पर शोध कार्य के लिए बहुत महत्वपूर्ण साबित हुआ। 1854 में वहाँ से लौटकर उन्होंने ब्रुन्न में हाई स्कूल में एक विज्ञान-शिक्षक के रूप में अपना बहुत सफल जीवन प्रारम्भ किया। इसी दौरान उन्होंने मठ के समीप की जमीन पर उद्यान मटर पाइसम सेटाइवम(garden pea= Pisum sativum) के पौधों पर अपने ऐतिहासिक प्रयोग प्रारम्भ किये। इन प्रयोगों के आधार पर उन्होंने वंशानुगति इकाइयों की धारणा का प्रस्ताव दिया। इसके अनुसार प्रत्येक जनक से समान संख्या में ऐसी इकाईयाँ (कारक) वंशानुगत होती हैं तथा संतान के लक्षणों के लिए जिम्मेदार होती है। मेन्डेल ने अपने एक शोध-पत्र में लिखा है कि उन्होंने ये प्रयोग सजावटी पौधों (ornamental plants) के संकरण (hybridization) से नई किस्मों (varieties) के उत्पादन के परिणामों के अपने प्रेक्षणों (observations) के कारण प्रारम्भ किए। उन्होंने संकरों (hybrids) के परिणामों में एक अद्भुत क्रम पाया और उनकी यह देखने की इच्छा जागृत हुई कि इन संकरों के संकरण (cross- breeding) से किस प्रकार की सन्तति (offspring) का उत्पादन होगा।

चित्र 13.1 : ग्रेगर मेन्डेल (1822- 1884) : आनुवंशिकी के संस्थापक

मेन्डेल ने उद्यान मटर को चुनने के निर्णय के पश्चात् इसकी 34 किस्में प्राप्त कीं जिनमें से उन्होंने अपने प्रयोगों के लिए 22 किस्मों का उपयोग किया। उनका प्रायोगिक कार्य 1856 से 1864 तक 8 वर्ष तक चला। उन्होंने अपने प्रायोगिक कार्य व उसके निष्कर्षों, जिन्हें अब हम मेन्डेल के नियमों (Mendel's laws) के रूप में जानते हैं, को 1865 में ब्रुन्न की -विज्ञान संस्था (Natural History Society of Brunn) की दो मीटिंगों में प्रस्तुत किया। 1866 में इस संस्था के वार्षिक प्रतिवेदन में इन परिणामों व सिद्धान्त (theory) को छापा गया व इसे यूरोप व अमरीका के विभिन्न पुस्तकालयों में वितरित किया गया। लगभग 34 वर्षों तक यह शोध-पत्र उपेक्षित रहा लेकिन 1900 में विश्व के तीन विभिन्न देशों में तीन वैज्ञानिकों द्वारा मेन्डेल जैसे परिणाम प्राप्त हुए जिससे मेन्डेल के भूले हुए कार्य को महत्वता मिली। ये तीन वैज्ञानिक थे-हौलेंड (Holland) के हुगो डि व्रीज (Hugo de Vries), जर्मनी (Germany) के कार्ल कोरैन्स (Carl Correns) तथा ऑस्ट्रिया (Austria) के ऐरिक वॉन शेरमक (Eric Von Tschermak)।

अपने बाद के वर्षों में मेन्डेल ने अन्य पौधों व मधुमक्खियों (bees) पर प्रयोग किए तथा मौसम विज्ञान पर भी कार्य किया। लेकिन धीरे-धीरे उन्होंने अपना पूरा समय धार्मिक मठ पर ही दिया जिसके वे 1868 में मताधिकारी (abbot) बन गए थे। उनके ऐतिहासिक कार्य को मान्यता मिलने के लगभग 16 वर्ष पूर्व ही 1884 में उनका देहान्त हो गया। मेन्डेल को यह अनुमान ही नहीं था कि उनके द्वारा किए गए प्रयोगों के कारण उन्हें आनुवंशिकी का जनक (Father of Genetics) कहा जाएगा।

13.2.2 आनुवंशिकी की वृद्धि (Growth of Genetics)

आनुवंशिकी का विकास हुआ है और वर्तमान में यह एक परिपक्व एवं सुदृढ विज्ञान है। आनुवंशिकी का निर्माण मेन्डेल द्वारा डाली गयी नींव पर हुआ लेकिन इसके विकास श्रेय कई वैज्ञानिकों को जाता है। वास्तव मे इसका इतिहास और विकास अध्ययन योग्यविषय है। आनुवंशिकी से सम्बन्धित मुख्य शोधों को सारणी 13.1 में प्रदर्शित किया गया है।

सारणी 13.1 : मुख्य आनुवंशिक शोध

क्रमांक	वर्ष	वैज्ञानिक	योगदान
1.	1865	मेन्डेल	बुन सोसायटी फॉर नेचुरल हिस्ट्री में शोध-पत्र वाचन
2.	1866	मेन्डेल	बुन सोसायटी फॉर नेचुरल हिस्ट्री की कार्यवाही में प्रकाशित
3.	1868	मीशर	डी. एन. ए. का प्रथम अध्ययन
4.	1900	डि व्रीज, कारेन्स व शेरमक	मेन्डेल के भूले प्रयोगों को खोजा
5.	1902	बोबेरी एवं सट्टन	गुणसूत्र युग्म की उपस्थित का प्रदर्शन
6.	1905	बेटसन	आनुवांशिक का नामकरण किया
7.	1908	हार्डी एवं वीनबर्ग	हार्डी वीनवर्ग नियम का सूत्रण किया
8.	1909	जॉनसेन	जीन शब्द को प्रतिपादित किया
9.	1910	मॉर्गन	ड्रोसोफिला मेलेनोगेस्टर में श्वेत नेत्र लिंग संलग्न वंशानुगति आधारित दर्शाया (1933 में नोबल पुरस्कार)

10.	1913	स्टर्टीवान	आनुवांशिक चित्रण
11.	1927	मुलर	एस. विकिरणे उत्पीरवर्तनशील
12.	1941	वीडल एवं टेटम	एक जीन एक एन्जाइम-संकल्पना
13.	1946	वीडल एवं टेटम	बैक्टीरिया
14.	1953	वाटसन एवं क्रिक	डी.एन. ए. की डबल -हैलिक्स संरचना
15.	1957	फ़ैंकल-कोरेट व सिंगर	टोबेको मोसेक वायरस की आनुवंशिक सूचना आर. एन. ए. में संग्रहित
16.	1961	जैकॉब एवं मोनोड	जीन का ऑपेरॉन मॉडल
17.	1966	निरेनबर्ग, खोराना	आनुवंशिक कूट
18.	1972	वर्ग	प्रथम रीकाम्बीनेंट डी.एन ए. का उत्पादन
19.	1977	मक्साम व गिलवर्ट	डी. एन. ए. अनुक्रमण
20.	1985	जैसरी	डी. एन. ए. फिन्गर प्रिन्टिग

आनुवंशिकी में अब भी निरंतर अनुसंधान चल रहे है और वैज्ञानिक आनुवंशिकी प्रौद्योगिकी पर विभिन्न प्रयोग कर रहे हैं। कैन्सर,क्लोनिंग, जरण जैसे जटिल विषयों पर अनुसंधान की प्रबल सम्भावनाएँ हैं तथा ये विषय अभी भी खुले हैं।

13.3 आधारी आनुवंशिक शब्दावली (Basic Genetic Terminology)

इससे पहले कि हम मेन्डेल के मटर पर किए गए प्रयोगों तथा उन प्रयोगों के परिणामों से सृजित नियमों का अध्ययन करें आओ हम कुछ आधारी आनुवंशिक शब्दावली को समझ लें।

13.3.1 जीन (Gene)

उपखण्ड 13.2.1 में आपने मेन्डेल द्वारा प्रस्तावित आनुवंशिक इकाइयों (कारकों) के बारे में पढ़ लिया है। इन्हीं इकाइयों को बाद में जीन के रूप में पहचाना गया। आओ हम विभिन्न लक्षणों पर विचार करें जैसे फूल का रंग, बीज की आकृति या पौधों की ऊँचाई, इनमें से प्रत्येक लक्षण भिन्न जीन द्वारा नियंत्रित होता है।

13.3.2 जीन एवं युग्म-विकल्पी (Gene and Alleles)

किसी भी लक्षण की वंशानुगति का अध्ययन तब ही किया जा सकता है जब दो विप्रयासी अवस्थाएँ (contrasting conditions) उपलब्ध हों उदाहरणार्थ पीले एवं हरे रंग के बीज (मेन्डेल द्वारा मटर में प्रेक्षित किया गया लक्षण), मनुष्य एवं अन्य प्राणियों में सामान्य वर्णकता तथा अनुपस्थित वर्णकता (रंजक हीनता) तथा गिनी पिग में भूरा एवं काला रंग। एक व्यष्टि में एक बार में एक ही विप्रयासी लक्षण प्रदर्शित होता है न कि दोनों। ऐसे जीन्स जो एक ही लक्षण के दो विप्रयासी अवस्थाओं को नियंत्रित करते है तथा समजात गुणसूत्रों पर संगत विस्थलों (corresponding loci) पर पाये जाते हैं. युग्म-विकल्पी (alleles) कहलाते हैं। इनमें से जो अपना प्रभाव प्रदर्शित करता है वह प्रभावी जीन कहलाता है तथा अंग्रेजी के बड़े अक्षर द्वारा प्रदर्शित किया जाता है (T) तथा जो लक्षण अप्रभावी होता है उस युग्मविकल्पी को अप्रभावी जीन कहते है तथा उसे अंग्रेजी के छोटे अक्षर से प्रदर्शित किया जाता

है()

13.3.3 समयुग्मजी एवं विषययुग्मजी (Homozygous and Heterozygous)

एक व्यष्टि में एक लक्षण के लिए दो समान युग्मविकल्पी पाये जा सकते हैं, ऐसे व्यष्टि को समयुग्मजी (homozygous) कहते हैं उदाहरणार्थ TT एवं tt। यदि एक लक्षण के लिए दो असमान युग्मविकल्पी उपस्थित हो तो ऐसे व्यष्टि को विषमयुग्मजी (hetrozygous) कहते हैं उदाहणार्थ Tt।

13.3.4 लक्षण प्ररूप एवं जीन प्ररूप (Phenotype and Genotype)

उपरोक्त 13.3.3 उपखण्ड से यह साफ है कि कुछ युग्मविकल्पी प्रभावी होती है तथा कुछ अप्रभावी। अत: हम किसी व्यष्टि को देखकर यह अनुमान नहीं लगा सकते हैं कि इसमे किस प्रकार की युग्मविकल्पी उपस्थित है। लक्षण प्ररूप किसी व्यष्टि के दिखावट को कहते हैं तथा उस व्यष्टि का आनुवंशिक संघटन, जीन प्ररूप कहलाता है।

हम आशा करते हैं कि आप उपरोक्त आधारी शब्दो को समझ गए होंगे। आप ऐसी ही अन्य शब्दावली को आगे की इकाइयों में समझेंगे।

बोध प्रश्न - 1

निम्न सूची में से (i) लक्षण प्ररुप (ii) जीन प्ररुप (iii) समयुग्मजी प्रभावी (iv) समयुग्मजी अप्रभावी तथा (v) विषमयुग्मजी चुनें। अपने उत्तर दी गयी जगह पर लिखें

(क) Rr ....

(ख) TT..

(ग) Tt..

(घ) लम्बा तना ....

(ड) RR ....

(च) Yy..

(छ) rr……………………………....................

(ज़) पीला फूल ....

(झ) tt ....

बोध प्रश्न - 2

अ तथा ब का मिलान कर दिए गए स्थान पर उत्तर लिखिए।

अ	**ब**
(क) जीन	(i) इनमें आनुवंशिक कारक पाये जाते हैं।
(ख) लक्षण प्ररूप	(ii) जीव का ऐसा लक्षण जिसका वर्णन किया जा सकता है।
(ग) गुणसूत्र	(iii) समजात गुणसूत्रों पर एक लक्षण के भिन्न युग्म विकल्पी
(घ) विषमयुग्मजी	(iv) मेन्डेल द्वारा आनुवंशिक इकाई नाम दिया गया।

13.4 मेन्डेल के मटर पर किए गए प्रयोग (Mendel's Experiments with pea)

मेन्डेल की अध्ययन विधियाँ (Mendel's Methods)

मेन्डेल के कार्य को समझने के लिए उनकी अध्ययन विधियों को जानना आवश्यक है। मेन्डेल ने अपने प्रयोगों को सरल से सरल बनाने की कोशिश की। उनसे पूर्व के वैज्ञानिक, प्रयोगों की जटिलताओं के कारण असफल रहे थे। जब पौधों व जन्तुओं की विभिन्न जातियों (species) या उपजातियों (varieties or subspecies) का आपस में संकरण कराया जाए तो संतति (progeny) में परीवर्तनशीलता (variability) उत्पन्न होती है। मेन्डेल के पूर्व वैज्ञानिकों ने संकरों (hybrids) के सभी लक्षणों व संरचनाओं का प्रेक्षण (observation) किया जबकि मेन्डेल ने एक बार में एक ही लक्षण पर ध्यान दिया, उदाहरण के लिए फूल का रंग। जब एक लक्षण के व्यवहार (behaviour) का ज्ञान स्थगित हो जाता है तब वे एक साथ दो लक्षणों का अध्याय करते, उदाहरण के लिए-फूल का रंग व लता की लम्बाई (colour of the flower and vine height)। इसके साथ-साथ उन्होंने संकरण से उत्पन्न प्रत्येक प्रकार की संतति की संख्या की गणना की और इस प्रकार वंशागति (inheritance) की परिघटना का मापन-योग्य परिमाणात्मक आधार (quantitative basis) दिया।

संकरण से सम्बन्धित प्रयोगों के लिए उद्यान मटर संतोषजनक सिद्ध हुआ। इसके पुष्प की संरचना इस प्रकार की होती है कि इसके पराग (pollen) उसी पुष्प के वर्तिकाग्र (stigma) पर गिरते हैं और स्व-निषेचन (self- fertilization) करते हैं। मेन्डेल पुष्प की कली (bud) को खोलकर उसके पुंकेसर (stamen) को, वर्तिकाग्र (stigma) पर किसी परागकण (pllen grains) के गिरने से पहले, हटा देते थे ताकि स्व-परागण (self- pollination) न हो सके। इस 'बधिया किए हुए अथवा 'जनद-नाशित' (castrated) पुष्प के वर्तिकाग्र पर वे ऐसे पौधे के पुष्प के परागकणों को रख देते थे जिसे वे संकर (cross) के लिए दूसरे जनक (parent) के रूप में प्रयुक्त करना चाहते थे। कृत्रिम रूप से (artificially) निषेचित इन पुष्पों का कीटों (insects) द्वारा अन्य पौधों के परागकणों से संदूषित (contaminated) न होने देने के लिए बचाव किया जाता था। यदि वे संकरण के बाद द्वितीय संकर पीढ़ी (second hybrid generation) का प्रेक्षण (observation) करना चाहते तो वे इन फूलों को सामान्य स्व-निषेचन करने देते थे।

मेन्डेल दो ऐसे पौधों का संकरण (cross) करवाते थे जो एक युग्म विपर्यास लक्षणों (a pair of contrasted characters) के कारण भिन्न होते थे। इन पौधों की पीढ़ी को प्रथम जनकीय पीढ़ी 'P_1' (first parental generation) कहते हैं। इस जनकीय पीढ़ी 'P_1 ', से उत्पन्न संकर (hybrid) को प्रथम संतानीय पीढ़ी 'F_1' (first filial generation) नाम दिया गया है। इसके बाद वे इन संकर पौधों (hybrid plants) का संकरण करवाते थे या इन संकर पौधों में स्व-निषेचन की क्रिया होने देते थे और इस प्रकार द्वितीय संतानीय पीढ़ी (second filial generation) की उत्पत्ति पर उसका प्रेक्षण करते थे। वे विपर्यास लक्षणों (contrasted characters) वाले पौधों की संख्या की गणना करते थे तथा उन्होंने इन आकड़ों (data) की सहायता से इन प्रेक्षित (observed) घटनाओं के सैद्धान्तिक

स्पष्टीकरण (theoretical explanation) का सूत्रण (formulation) किया। मेन्डेल के प्रयोगों के परिणामों के सैद्धांतिक स्पष्टीकरण को ही अब मेन्डेल के वंशागति के नियमों (Mendel’s Laws of Inheritance) के नाम से जाना जाता है।

13.4.1 मटर का चयन (Selection of Pea)

मेन्डेल ने अपने प्रयोगों के लिए अन्य सम्भावित पौधों में से ध्यानपूर्वक विचार करके उद्यान मटर (garden pea) को ही चुना। मेन्डेल द्वारा उद्यान मटर को चुने जाने के निम्न कारण थे-

1. उद्यान मटर की कई शुद्ध वंश किस्में (pure breeding varieties) उपलब्ध थी।
2. इसके प्रजनन अंग (reproductive organs) दलों (petals) द्वारा घिरे होते हैं जिससे सामान्यत: 'हमेशा स्व-परागण (self pollination) ही होता है और दुर्घटनावंश संकरण (hybridisation) की सम्भावना भी नहीं होती।
3. दो किस्मों के संकरण (cross-breeding) से उत्पन्न संकर (hybrids) पूर्णरूप से जननक्षम (fertile) होती हैं।

13.5 एक संकर वंशागति एवं मेन्डेल का विसंयोजन का नियम (Monohybrid Cross and Mendel’s Law of Segregation)

मेन्डेल के विसंयोजन नियम को समझने से पहले हम मेन्डेल के प्रयोगों तथा उनके परिणामों का अध्ययन करेगें।

13.5.1 मेन्डेल के प्रयोग एवं परिणाम (Mendel’s Experiments and Results)

जब मेन्डेल ने एक तदरुप प्रजननी (true breeding) लाल पुष्पों वाले पौधे का एक तदरुप प्रजननी (true breeding) श्वेत पुष्पों वाले पौधे के साथ संकरण करवाया तो प्रथम संतानीय पीढ़ी (first filial generation) के पौधे, लाल पुष्पी जनकीय पीढ़ी (parental generation) के पौधे के समान पाये गए (चित्र 13.2)। श्वेत रंग अपना प्रभाव प्रदर्शित करने मे असमर्थ रहता है तथा लाल रंग प्रदर्शित होता है। मेन्डेल ने पुष्पों के लाल रंग जैसे प्रदर्शित होने वाले विशेषकों (traits) अथवा लक्षणों (characters) को, प्रभावी (dominant) तथा श्वेत रंग जैसे वैकल्पिक लक्षणों कोर, जो प्रदर्शित नहीं होते अप्रभावी (recessive) लक्षण नाम दिया। मेन्डेल ने उद्यान मटर में सात लक्षणों का अध्ययन किया (चित्र 13.3) और पाया कि ये सभी सातों लक्षण इसी प्रकार से व्यवहार प्रदर्शित करते हैं। इन विपर्यासी लक्षणों (contrasting characters) के प्रत्येक युग्म में एक प्रभावी (dominant) होता है तथा दूसरा अप्रभावी (recessive) (सारणी 13.2)। मेन्डेल ने इन लक्षणों को नियंत्रित करने वाली आनुवंशिक इकाइयों (hereditary units) को कारक (factors) नाम दिया जिन्हें आज हम जीन (genes) के नाम से जानते हैं।

प्रभावी कारक के लिए अग्रेंजी भाषा का बड़ा अक्षर तथा अप्रभावी कारक के लिए छोटा अक्षर प्रयुक्त किया जाता है।

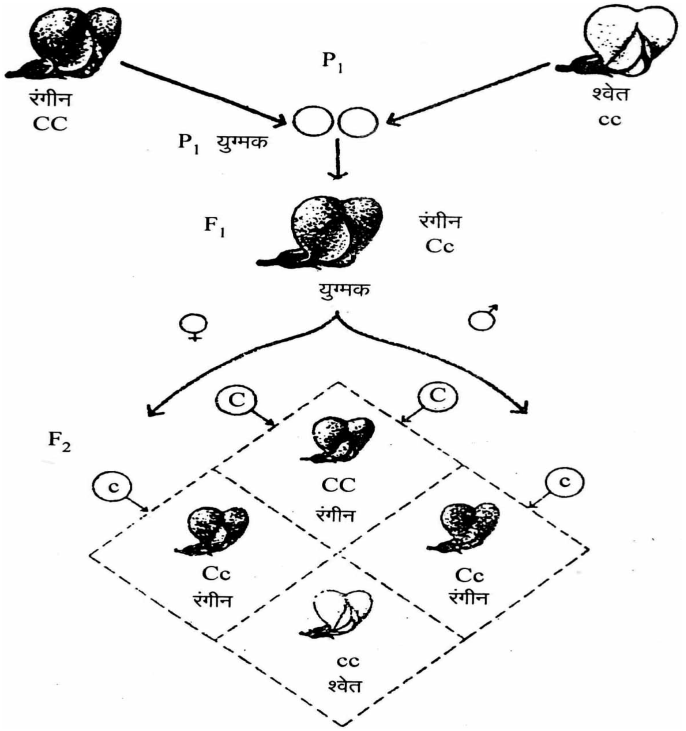
युग्म-विकल्पी लक्षण (Allelomorphic Characters)

जीवों में लक्षणों को नियंत्रित करने वाले मेन्डेल के द्वारा परिभाषित कारक (factors) जिन्हें अब हम जीन (gene) के नाम से जानते हैं कोशिकाओं (cells) में पाये जाने वाले गुणसूत्रों (chromosomes) पर पाये जाते हैं। गुणसूत्र, युग्मों अथवा जोड़ियों (pairs) के रूप में पाये जाते हैं। गुणसूत्र के युग्म का एक गुणसूत्र पिता से तथा दूसरा गुणसूत्र माता से प्राप्त होता है। युग्म के गुणसूत्रों को समजात गुणसूत्र (homologous chromosomes) कहते हैं। युग्म के एक गुणसूत्र पर विभिन्न निश्चित स्थानों पर जीन (gene) पाये ज।ते हैं। इन निश्चित स्थानों को विस्थल (locus) कहते हैं। युग्म के दूसरे गुणसूत्र के वैसे ही निश्चित विस्थलों (loci) पर भी जीन (gene) पाये जाते हैं जो पहले गुणसूत्र के जीन द्वारा नियंत्रित लक्षणों के विकल्पी (alternative) लक्षणों को नियंत्रित करते हैं। इन विकल्पी जीनों (genes) को युग्म - विकल्पी (allele or allelomorph) कहते हैं तथा इन युग्म विकल्पी द्वारा नियंत्रित लक्षणों को युग्मविकल्पी लक्षण (allelomorphic characters) कहते हैं। मेन्डेल द्वारा अध्ययन किए गए उद्यान मटर के सातों लक्षणों, बीज की आकृति (form of seeds), बीजपत्र का रंग (colour of cotyledon), बीजावरण का रंग (colour of seed coat), फली की आकृति (form of pod), पुष्प की स्थिति (position of flower) एवं तने की लम्बाई (length of stem) के प्रभावी व अप्रभावी लक्षण युग्म विकल्पी लक्षणों (allelomorphic characters) के उदाहरण हैं। फल मक्खी, ड्रोसोफिला मेलानोगेस्टर fruitfly, Drosophila malanogaster) में पंख (wing) वृद्धि को प्रभावित करने वाली जीन उस गुणसूत्र पर स्थित होती है। जिसे गुणसूत्र - 2 सूचित किया गया है। इस गुणसूत्र - 2 के समजात गुणसूत्र (homologous chromosomes) पर भी युग्म विकल्पी जीन (allele or allelomorph) स्थित होती है अधिकांश फल मक्खियों के गुणसूत्र के इस विस्थल (locus) पर सामान्य आकारी पंखों की प्रभावी जीन जायी जाती है जो समयुग्मजी (homozygous) अवस्था में अवशेषी (vestigeal) पंखों का निर्माण करती है। समयुग्मजी (homozygous) अवस्था वह अवस्था है जिसमें समजात गुणसूत्रों (homologous chromosomes) के एक विस्थल (locus) पर समान जीन पायी जाती है तथा विषमयुग्मजी (heterozygous) अवस्था वह अवस्था है जिसमें समजात गुणसूत्रों के एक विस्थल पर असमान जीन पायी जाती है। सामान्य आकारी पंखों तथा अवशेषी पंखों को नियंत्रित करने वाली जीन, युग्म विकल्पी जीन (allele or allelomorph) है तथा इनके द्वारा प्रभावित लक्षण, युग्मविकल्पी लक्षण (allelomorphic characters) हैं। इसी प्रकार गिनि पिग (guinea pig) के आवरण (coat) के काले रंग को नियंत्रित करने वाली जीन, श्वेत आवरण (white coat) को नियंत्रित करने वाली जीन की युग्म विकल्पी (allele) है।

सारणी 13.2 : प्रभावी एवं अप्रभावी लक्षण

लक्षण (characters)	**प्रभावी (Dominant)**	**अप्रभावी (Recessive)**
1. बीज की आकृति	गोल	झुरीदार
(Form of seeds)	(round)	(wrinkled)
2. बीज पत्र का रंग	पीला	हरा
(Colour of cotyledons)	(yellow)	(green)
3. बीजावरण का रंग	धूसर	श्वेत

	(Colour of seed coats)	(gray)	(White)
4.	फली की आकृति	फूली	संकीर्णित / सिकुड़ी
	(Form of Pods)	(inflated)	(constricted)
5.	फली का रंग	हरा	पीला
	(Colour of pods)	(green)	(yellow)
6.	पुष्पों की स्थिति	अक्षीय	अंतस्थ
	(Position of flowers)	(axial)	(terminal)
7.	तने की लम्बाई	लम्बा	बौना
	(Length of stem)	(long)	(short)



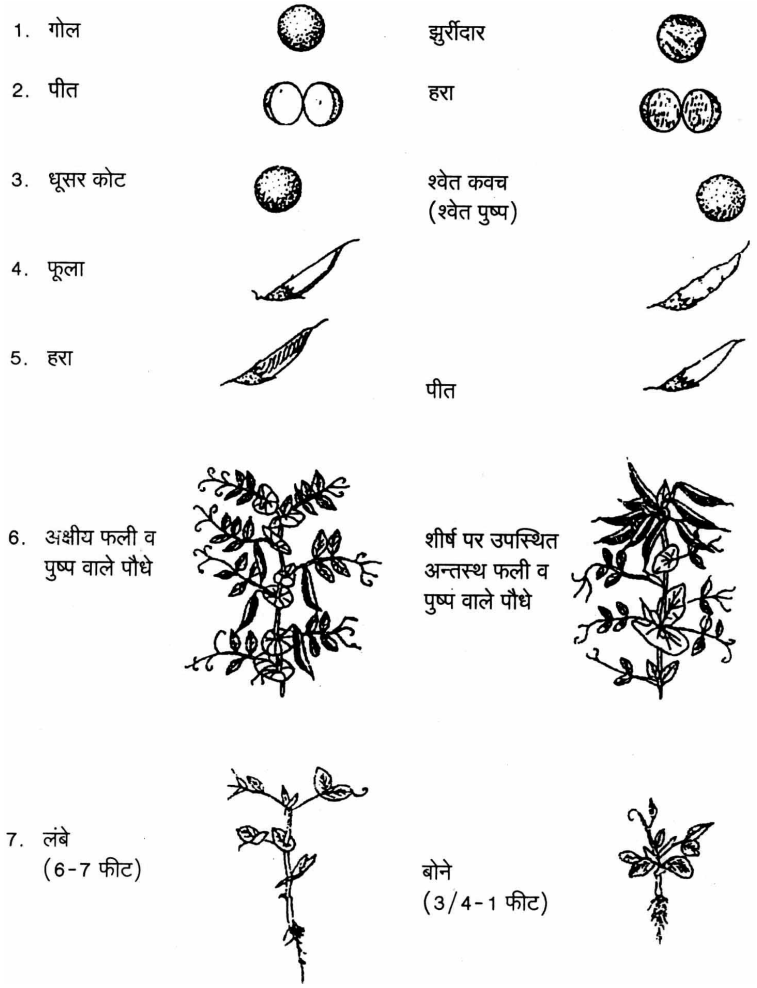
चित्र 13.2 : लाल पुष्पी व श्वेत पुष्पी पौधों का संकरण

13.5.2 विसंयोजन का नियम (Law of Segregation)

प्रथम सन्तानीय पीढ़ी (F_1) में एक समान संकर प्राप्त होते हैं जबकि द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी (F_2), जो स्वनिषेचन द्वारा उत्पन्न होती है, में जनक पीढ़ी के पौधों की भांति लाल पुष्प तथा श्वेत पुष्प वाले पौधे प्राप्त होते हैं। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी, F_1, में से युग्मक (gamete) में प्रभावी तथा अप्रभावी कारक बिना किसी परिवर्तन के विसंयोजित (segregate) अथवा पृथक् हो जाते हैं और प्रत्येक युग्मक में केवल एक प्रकार का कारक पाया जाता है। युग्मकों में प्रभावी तथा अप्रभावी कारकों का विसंयोजन या पृथक् होना, मेन्डेल का विसंयोजन नियम (Law of segregation) है।

मेन्डेल ने प्रथम सन्तानीय पीढ़ी ' F_1 ', के पौधों में स्व - परागण (self -pollination) होने दिया तथा द्‌वितीय सन्तानीय पीढ़ी 'F_2', में 929 पौधे प्राप्त हुए जिनमें से705 पौधों मे लाल पुष्प तथा 224 पौधों में श्वेत पुष्प उगे। यह अनुपात लगभग 3 :1 (वास्तविक अनुपात 3.15:1) था।

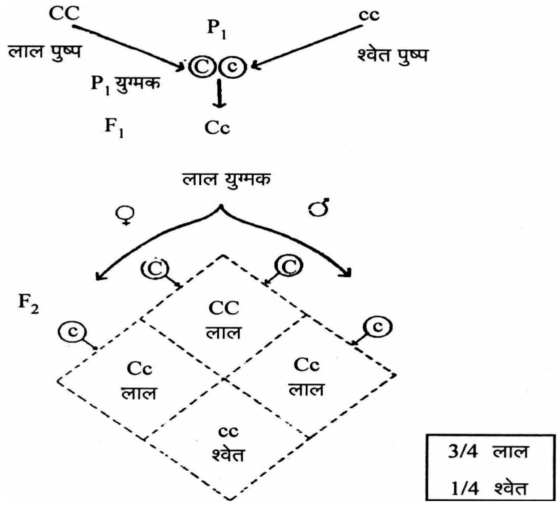
द्‌वितीय सन्तानीय पीढ़ी. 'F_2 ', में श्वेत पुष्प वाले पौधों का होना यह सिद्ध करता है कि प्रथम सन्तानीय पीढ़ी ' F_1', में श्वेत पुष्प का आनुवंशिक कारक (hereditary factor) लुप्त (lost) नहीं होता, केवल आवरित (covered or masked) हो जाता है।



चित्र 13.3: मेन्डेल द्‌वारा अध्ययन किए गए लक्षण

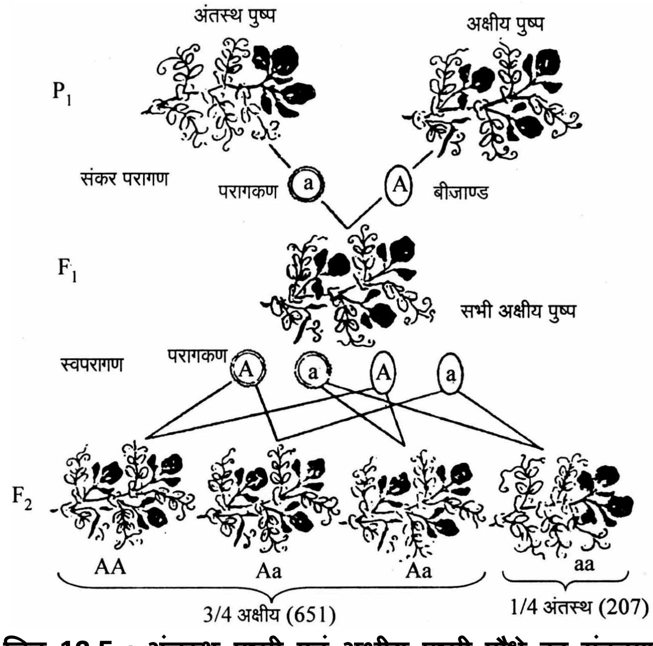
सावधानीपूर्वक अध्ययन के बाद, मेन्डेल इस निष्कर्ष पर पहुंचे कि प्रभावी (dominant) एवं अप्रभावी (recessive) कारक प्रत्येक जनक (parent) में से एक आता है और युग्मक (gamete), उदाहरण के लिए, परागकण (pollen grains), बीजाण्ड (ovule), शुक्राणु (sperm) एवं अण्डाणु (ovum), में केवल एक प्रकार का कारक होता है। स्वनिषेचन (self fertilization) में इन कारकों का अनियमित (random) मेल होता है जिसके कारण कुछ बीजों में लाल पुष्प के दो कारक पाये जाते हैं, कुछ बीजों में एक लाल पुष्प का कारक व दूसरा श्वेत पुष्प का कारक तथा कुछ बीजों में श्वेत पुष्प के दो कारक पाये जाते हैं। गणितीय प्रायिकता (mathematical probability) के अनुसार प्रथम प्रकार के 1/4

बीज प्राप्त होते हैं। क्योंकि लाल रंग प्रभावी है इसलिए प्रथम तथा द्वितीय प्रकार के बीज लाल पुष्प तथा तृतीय प्रकार के बीज श्वेत पुष्प वाले पौधों का उत्पादन करेंगे। अत : लगभग 3/4 पौधों में लाल पुष्प तथा 1/4 पौधों में श्वेत पुष्प का उत्पादन होगा। हम देखते हैं कि मेन्डेल द्वारा प्राप्त अनुपात 3.15: 1 (लगभग 3 :1) इस गणितीय प्रायिकता के अनुसार है। इसी प्रकार अक्षीय पुष्प (axial flower) वाले पौधे का, अंतस्थ



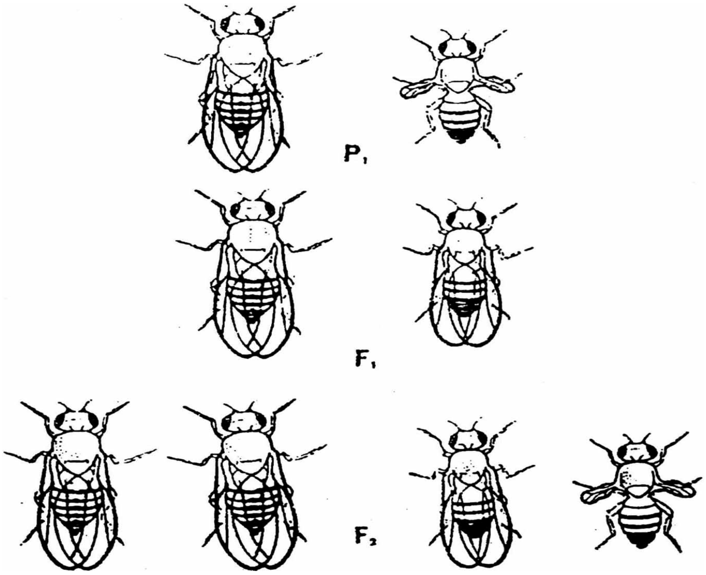
चित्र 13.4 : लाल पुष्पी एवं श्वेत पुष्पी पौधों के संकरण के परिणाम

(terminal) पुष्प वाले पोधे के साथ संकरण करवाने पर 'F_1', पीढ़ी में सभी पौधे अक्षीय पुष्प थे तथा इन 'F_2 ', पीढ़ी मे स्वनिषेचन से 958 प्राप्त 'F_2', पौधों में से 651 पौधों में अक्षीय पुष्प तथा 207 पौधों मे अंतस्थ पुष्प प्राप्त हुए यह अनुपात (3.14:1) भी गणितीय प्रायिकता (mathematical probability) के अनुसार है (चित्र 13.5)।



चित्र 13.5 : अंतस्थ पुष्पी एवं अक्षीय पुष्पी पौधे का संकरण

मॉरगन (Morgan) ने लम्बे पंख (long winged) तथा अवशेषी पंख (vestigial winged) वाली फल मक्खी, ड्रोसोफिला मेलानोगेस्टर(fruitfly,Drosophila melanogaster) का संकरण करवाया जिसमें F_1 पीढ़ी में सभी फल मक्खी लम्बे पंखों वाली (long winged) प्राप्त हुई तथा F_2 पीढ़ी में 3/4 फल मक्खियाँ लम्बे पंखों वाली तथा 1/4 फल मक्खियाँ, अवशेषी पंखों वाली प्राप्त हुई (चित्र 13.6)।



चित्र 13.6 : 'लम्बे पंख एवं अवशेषी पंख वाली ड्रोसोफिला का संकरण

मेन्डेल द्वारा अध्ययन किए गए सातों युग्म विकल्पी लक्षणों के F_2 परिणाम सारणी 13.2 में प्रदर्शित किए गए हैं और सभी परिणाम प्रत्याशित अनुपात (expected ratio) 3 : 1 के अनुसार हैं।

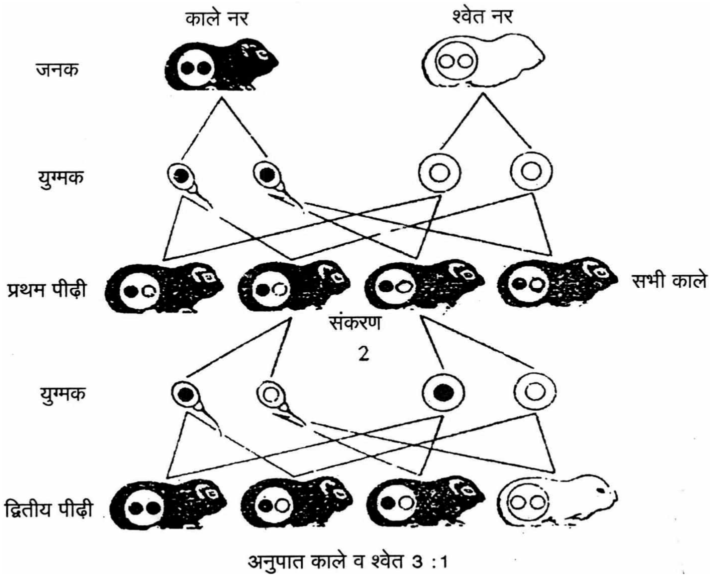
सारणी 13.3 : सप्त युग्म लक्षणों पर प्रयोगों के मेन्डेल द्वारा प्राप्त परिणाम

लक्षण	F_2 परिणाम		अनुपात
बीज की आकृति	5474 गोल	1850 झुर्रीदार	2.96:1
बीजपत्र का रंग	6022 पीला	2001 हरा	3.01:1
बीजावरण का रंग	705 धूसर	224 श्वेत	3.15:1
फली की आकृति	882 फूली	299 सिकुड़ी	2.95:1
फली का रंग	428 हरा	152 पीला	2.82:1
पुष्पों की स्थिति	651 अक्षीय	207 अंतस्थ	3.14:1
तने की लम्बाई	787 लम्बा	277 बौना	2.84:1
सभी लक्षण एक साथ	14889 प्रभावी	5010 अप्रभावी	2.98:1

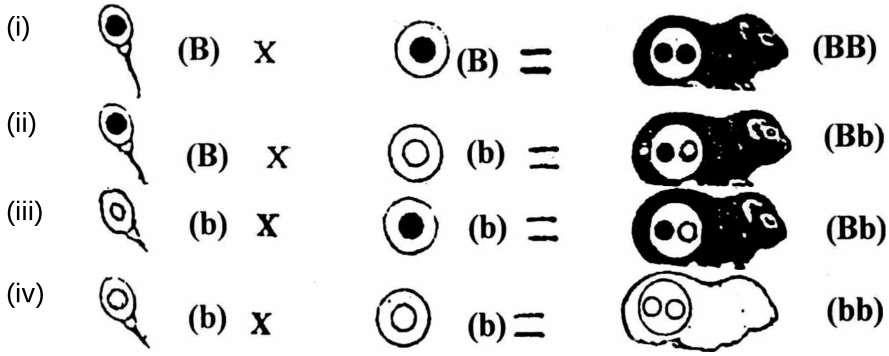
एकसंकर वंशागति की क्रियाविधि (Mechanism of Monohybrid Inheritance)

एकसंकर संकरण (monohybrid cross) को चित्र 13.7 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें जनक पीढ़ी (parent generation,P_1) में काले आवरण (black coat) वाले नर गिनि पिग (guinea pig) व श्वेत आवरण (white coat) वाली मादा गिनि के साथ संकरण दर्शाया गया है। काले आवरण वाले नर में काले रंग के लिए दो जीन (BB) हैं, तथा श्वेत आवरण वाली मादा में श्वेत रंग के लिए दो जीन (bb) हैं। इन अवस्थाओं को समयुग्मजी (homozygous) कहते हैं। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी (F_1)

के गिनि पिग में एक काले आवरण की जीन तथा एक श्वेत आवरण की जीन (Bb) होती है - इस अवस्था को विषययुग्मजी (hetrozygous) कहते हैं। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी के सभी गिनि पिग काले आवरण के होते हैं क्योंकि काला रंग प्रभावी (dominant) है श्वेत अप्रभावी। ऐसा प्राणी या पौधा जिसमें विषमयुग्मजी (hetrozygous) अवस्था पायी जाती है एकसंकर (monohybrid) कहलाता है तथा दो एकसंकर के संकरण (BbXBb) को एकसंकर संकरण (monohybrid cross) कहते है। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी (F_1) के नर व मादा के मध्य संकरण करवाया जाए तो द्‌वितीय सन्तानीय पीढ़ी (F_2) में 25 प्रतिशत समयुग्मजी (BB) काले आवरण वाले गिनि पिग, 50 प्रतिशत विषम युग्मजी (Bb) काले आवरण वाले गिनी पिग तथा 28 प्रतिशत समयुग्मजी (bb) श्वेत आवरण वाले गिनि पिग प्राप्त होते हैं। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी (F1) के नर के वृषण (festes) में 50 शुक्राणुओं (Sperms) में काले रंग के लिए एक जीन तथा शेष 50 प्रतिशत शुक्राणुओं में श्वेत रंग के लिए एक जीन होगी और इसी प्रकार मादा के अण्डाशय (ovary) में 50 प्रतिशत अण्डाणु (ovum) काले रंग के लिए एक जीन तथा शेष 50 प्रतिशत अण्डाणु श्वेत रंग के लिए एक जीन लिए होते हैं। इन युग्मकों (gametes) के संयोजन (combination) की चार सम्भावनाएँ होती हैं (चित्र 13.8)।



13.7: एक-संकर संकरण



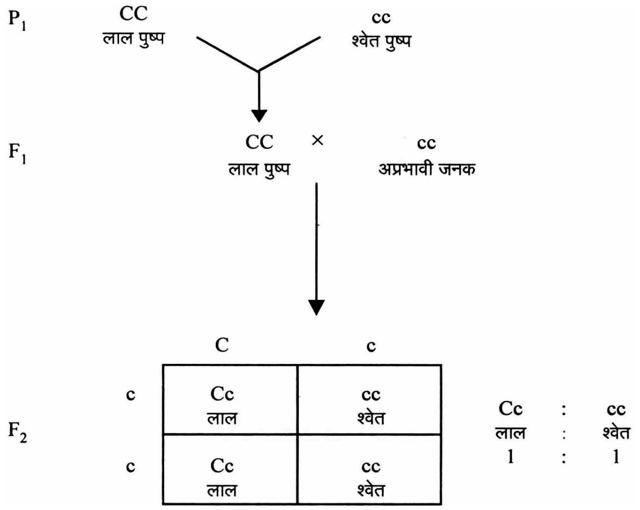
चित्र 13.8 : युग्मकों के संयोजन की चार सम्भावनाएँ

द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी (F_2) में प्राप्त काले आवरण वाले गिनि पिग, उनकी जीन के प्ररूप (type) के आधार पर दो प्रकार के हैं, एक समयुग्मजी (BB) तथा दूसरे विषमयुग्मजी (Bb) लेकिन जीन की अभिव्यक्ति (काला रंग) के आधार पर एक ही प्रकार के हैं। जीन के प्ररूप (type) के संदर्भ में जीनप्ररूप अथवा जीनोटाइप (genotype) शब्द प्रयुक्त्त किया जाता है तथा जीन की अभिव्यक्ति (expression) के संदर्भ में लक्षणप्ररूप अथवा फीनोटाइप (phenotype) शब्द प्रयुक्त किया जाता है। जीनप्ररूप के अनुपात को जीनप्ररूपी अनुपात (genotypic ratio) तथा लक्षण प्ररूप के अनुपात को लक्षणप्ररूपी अनुपात (phenotypic ratio) कहते हैं। उपरोक्त उदाहरण में जीनप्ररूपी अनुपात 1:2:1 है तथा लक्षण प्ररूपी अनुपात 3:1 है।

13.5.3 विसंयोजन के नियम की निश्चितता : परीक्षार्थ संकरण का उपयोग (Confirimation Of Law Segregation : The Use of Test Cross)

विसंयोजन के नियम के सूत्रण से पहले मेन्डेल ने अपने परिणामों की मान्यता की निश्चितता के लिए कई परीक्षण किए। उन्होंने F_6 पीढ़ी तक स्वनिषेचन करवाया तथा पाया कि प्रत्येक पीढ़ी में प्रभावी तथा अप्रभावी दोनों प्रकार के लक्षण प्रकट होते हैं। उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि विसंयोजन का नियम हर पीढ़ी के लिए मान्य है चाहे कितनी ही पीढ़ियों का परीक्षण किया जाए।

एक अन्य प्रयोग में उन्होंने F_1 विषययुग्मजी के साथ अप्रभावी जनक का संकरण करवाया। ऐसा संकरण जिसमें अज्ञात जीनप्ररूपी जीव (unknown genotypic organism) का संकरण, उसी जाति के ऐसे जीव से करवाया जाए जिसमें अप्रभावी जीन पायी जाए, परीक्षार्थ संकरण (test cross) कहलाता है। अज्ञात जीन प्ररूपी जीव एक या अधिक जीन के प्रति प्रभावी लक्षणप्ररूपी (dominant phenotypic) होना आवश्यक है। परीक्षार्थ संकरण द्वारा परीक्षित जनक के जीनप्ररूप (genotype) का पता चलता है - उदाहरण के लिए, एक जीव जो A व B लक्षणप्ररूप (phenotype) प्रदर्शित करता है, का संकरण aabb वाले जीव के साथ करवाया जाता है तो प्रथम संतानीय पीढ़ी 'F_1' में सभी जीव AB लक्षण प्ररूपी होंगे। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि परीक्षित जनक का जीन प्ररूप, AABB हैं।



चित्र 13.9 : परीक्षार्थ संकरण

यदि लाल पुष्पों (Cc) वाले मटर के पौधे (लाल पुष्प x श्वेत पुष्प का F_1 संकर) का श्वेत पुष्पों वाले जनक (cc) से संकरण करवाया जाए तो F_2, पीढ़ी में आधे पौधे, लाल पुष्पों (Cc) वाले तथा आधे श्वेत पुष्पों (cc) वाले होंगे अर्थात् 1 : 1 अनुपात प्राप्त होता है (चित्र 13.9)।

किसी जीव की संतान (offspring) का यदि किसी भी एक जनक (parent) के साथ संकरण करवाया जाए तो उसे संकर पूर्वज संकरण (back cross) कहते हैं।

13.5.4 मेन्डेल की सफलता के कारण (Resons for Mendel's Success)

मेन्डेल के संकरण प्रयोगों की सफलता के निम्न कारण थे

पहला, परीक्षणार्थ पौधें अर्थात् उद्यान मटर का ध्यानपूर्वक विचार कर चयन उपखण्ड 13.4.1 में वर्णित कारणों के अतिरिक्त इस उद्यान मटर का द्विगुणित (diploid) होना जिसमें गुणसूत्रों के दो सेट पाये जाते हैं। सात विप्रयासी लक्षणों के उपस्थित होने के कारण उन्होंने निश्चित, स्पष्ट दृश्य विप्रयासी आकृति लक्षणों वाले जनकों को अध्ययन के लिए चुना। इन सात लक्षणों की अभिव्यक्ति को नियंत्रित करने वाली इकाइयाँ अथवा कारक सात विभिन्न गुणसूत्रों पर स्थित होते हैं जो कि एक भाग्यशाली संयोग ही था जिसके कारण सहलग्नता (linkage) का प्रक्रम बच गया।

दूसरा, मेन्डेल ने एक समय में एक ही लक्षण का अध्ययन किया।

तीसरा, उन्होने अपने प्रयोगों के परिणामों का विधिवत लेखा रखा।

चौथा, उन्होने गणित को प्रयुक्त कर विसंयोजित समष्टि का विश्लेषण किया।

बोध प्रश्न - 3

यदि उद्यान मटर के गोल बीज (RR) वाले पौधे को झुर्रीदार बीज (rr) वाले पौधे के साथ संकरण करवाया जाए तो F1 पीढ़ी में कैसे बीज प्राप्त होंगे?

....
....
....
....

बोध प्रश्न - 4

सही उत्तर पर √ निशान लगाएँ :

(अ) दो शुद्ध विभेदों (pure strain) की संतान को कहते हैं :

(i) संकर

(ii) उत्परिवर्ती

(iii) P1 पीढ़ी

(iv) F1 पीढ़ी ( )

(ब) एक ऐसा जीव जिसमें युग्मविकल्पी की समान दो प्रतियाँ पायी जाती है, होते है:

(i) गुण के लिए समयुग्मजी

(ii) युग्मविकल्पी के लिए समजातीयता

(iii) गुण के लिए विषमयुग्मजी

(iv) युग्मविकल्पी के लिए विषमजातीयता ( )

(स) एक परीक्षार्थ संकरण निम्न में से क्या ज्ञात करने के लिए किया जाता है?

(i) संतति के लक्षणप्ररूपी से जीनप्ररूपी ज्ञात करने के लिए।

(ii) उसके DNA के बारे में जानकर जीनप्ररूपी ज्ञात करने के लिए।

(iii) संतती जननयोग्य है।

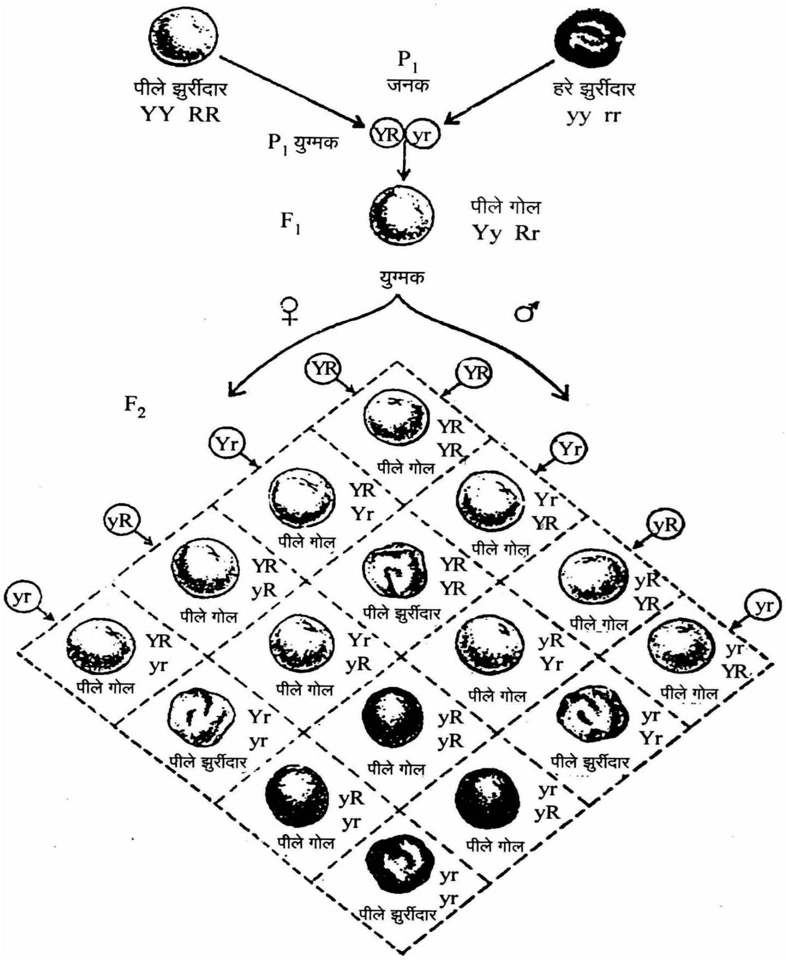
(iv) दो प्रजातियों में जनन की सम्भावना ज्ञात करने के लिए। ( )

13.6 द्विसंकर संकरण एवं मेन्डेल का स्वतंत्र अपव्यूहन का नियम (Dihybrid Cross and Mendel's Law of Independent Assortment)

स्वतंत्र अपव्यूहन नियम (Law of independent assortment) को स्वतंत्र विसंयोजन नियम (Law of independent segregation) भी कहा जाता है। प्राय: यह कहते सुना जाता है कि बच्चे की आँखों का रंग माँ पर गया है तथा स्वभाव पिता पर, यही स्वतंत्र अपव्यूहन का नियम है। माँ के नीली आँखें व मधुर स्वभाव हो तथा पिता के भूरी आँखे व तेज स्वभाव हो लेकिन इसका यह अर्थ नहीं कि ये दोनों लक्षण बच्चे में एक साथ रहें। लक्षणों के स्वतंत्र अपव्यूहन अथवा विसंयोजन के कारण बच्चों में लक्षणों के नवीन संयोजन (new combinations of characters) उत्पन्न होते हैं।

द्विसंकर संकरण (Dihybrid Cross)

जब दो जोड़ी युग्म विकल्पी (alleles) में भिन्न जनकों (parents) के मध्य संकरण (cross) करवाया जाए तो इसे द्विसंकर संकरण (dihybrid cross) कहते हैं। मेन्डेल द्वारा किया गया द्विसंकर संकरण चित्र 13.10 में चित्रित किया गया है। इसमें उद्यान मटर (garden pea, Pisum sativum) के बीजों का सूखने के बाद रंग तथा आकृति के आनुवंशिक व्यवहार का अध्ययन किया गया। मेन्डेल ने पीले व गोल (yellow and round) बीजों वाले पौधे का हरे व झुर्रीदार (green and wrinkled) बीजों वाले पौधे का संकरण करवाया। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी F_1 में सभी पौधे

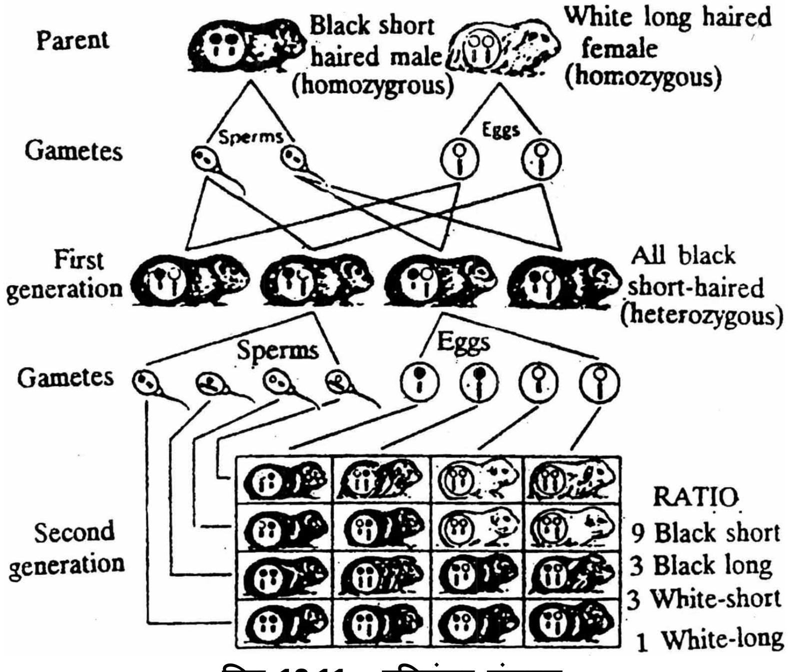


चित्र 13.10 : पीले व गोल बीज तथा हरे व झुर्रीदार बीज वाले मटर के पौधे का संकरण

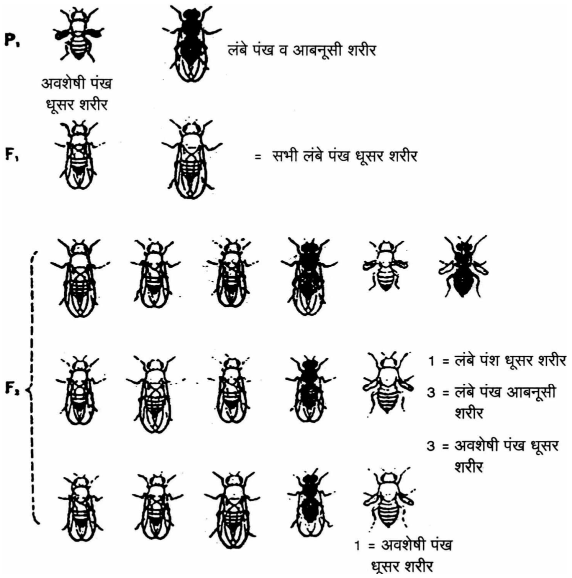
पीले व गोल बीजों वाले उत्पन्न हुए क्योंकि बीजों का पीला रंग तथा गोल आकृति प्रभावी लक्षण है। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी F_1, के बीजों को उगाने पर उन्होंने पाया कि द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी, F_2 के पौधों द्वारा चार विभिन्न प्रकार के बीजों का उत्पादन हुआ। द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी के 15 पौधों में से मेन्डेल ले 556 बीज एकत्रित किए, इनमें से 315 पीले व गोल (yellow and round)),101 पीले व झुर्रीदार yellow and wrinkled), 108 हरे व गोल (green and round), एवं 32 हरे व झुर्रीदार (green and wrinkled) थे। इनके अनुपात की गणना की जाए तो लगभग 9: 3: 3 : 1 प्राप्त होती है। इनमें 9/16 में दोनों प्रभावी लक्षण हैं, 3/16 में दोनों अप्रभावी लक्षण हैं। इस प्रकार न केवल जनक प्ररूप (parental types) प्राप्त हुए बल्कि जनक में पाये जाने वाले लक्षणों से भिन्न दो नये लक्षण प्राप्त हुए इससे यह सिद्ध होता है कि दो कारक जैसे व जनक में थे वैसे एक साथ नहीं रहते। कारकों अथवा जीनों के विसंयोजन (segregation) अथवा अपव्यूहन (assortment) व्यवहार को ही स्वतंत्र अपव्यूहन का नियम (Law of independent assortment) कहते हैं। प्रत्येक जीन का व्यवहार वैसा ही होता है जैसा कि एकसंकर संकरण (monohybrid cross) में होता है। द्वितीय पीढ़ी के 3/4 मटर पीले तथा 1/4 हरे हैं। (315 + 101 +108 + 32 = 416 : 140= 3:1)। द्विसंकर संकरण के परिणाम दो एकसंकर संकरण के संयुक्त परिणामों जैसे होते हैं।

द्विसंकर संकरण का एक अन्य उदाहरण चित्र 13.11 में प्रदर्शित किया गया है। गिनी पिग में आवरण का काला रंग प्रभावी है तथा छोटे बाल, लम्बों बालों पर प्रभावी हैं। जब एक समयुग्मजी (homozygous) काले रंग के छोटे बालों वाले गिनी पिग का संकरण एक समयुग्मजी (homozygous) श्वेत लम्बे बालों वाले गिनी पिग के साथ करवाया जाए तो प्रथम सन्तानीय पीढ़ी, ' F_1 ' में सभी सदस्य विषमयुग्मजी (heterozygous) होंगे तथा उनमें दोनों प्रभावी जीन होते हैं। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी के सदस्यों का संकरण करवाया जाए तो नर के शुक्राणु चार प्रकार के तथा मादा के अण्डाणु भी चार प्रकार के होंगे और चारों प्रकार के शुक्राणुओं और अण्डाणुओं की मात्रा भी लगभग समान होगी। चारों प्रकार के शुक्राणुओं में से प्रत्येक प्रकार के शुक्राणु की चारों प्रकार के अण्डाणुओं में से प्रत्येक को निषेचन करने की प्रायिकता (probability) भी समान होगी। इन परिणामों को चित्र 13.11 में शतरंज पट्ट (checkerboard) की सहायता से समझाया गया है। द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी 'F_2 ' में 16 में से 9 में दोनों प्रभावी जीन (BS), 3 में बालों के रंग की प्रभावी तथा लम्बाई की अप्रभावी जीन (Bs)3 में बालों के रंग की अप्रभावी तथा लम्बाई की प्रभावी जीन (bS) व 1 में दोनों अप्रभावी जीन (bs) पायी जाती हैं।

द्विसंकर संकरण का इसी प्रकार का उदाहरण चित्र 13.12 में वर्णित किया गया है जिसमें एक लम्बे पंखों वाली (long winged) व आबनूसी शरीर (ebony body) वाली ड्रोसोफिला मेलानोगेस्टर (Drosophila melanogaster) का संकरण अवशेषी पंखों वाली (vestigial -winged) व धूसर-शरीर (gray body) वाली ड्रोसोफिला मेलानोगेस्टर के साथ करवाया गया। F_1 पीढ़ी में सभी लम्बे पंखों तथा धूसर शरीर वाली फल-मक्खियाँ प्राप्त हुई। F_2 पीढ़ी में 9/16 लम्बे पंखों व धूसर शरीर वाली, 3/16 लम्बे पंखों व आबनूसी शरीर वाली, 3/16 अवशेषी पंखों तथा धूसर शरीर वाली और 1/6 अवशेषी पंखों तथा आबनूसी शरीर वाली फल-मक्खियाँ प्राप्त हुई।



चित्र 13.11 : द्विसंकर संकरण



चित्र 13.12 : लम्बे पंख व आबनूसी शरीर वाली ड्रोसोफिला में द्विसंकर संकरण

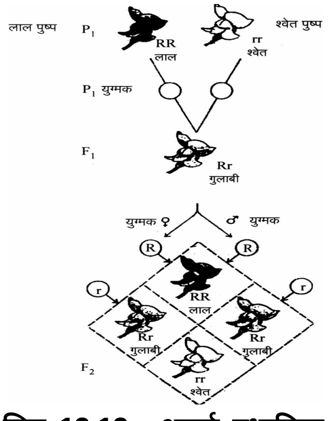
13.7 अपूर्ण प्रभाविता (Incomplete Dominance)

इस इकाई में अब तक वर्णित उदाहरणों में हम पाते हैं कि एक प्रभावी जीन होती है व एक अप्रभावी तथा प्रथम सन्तानीय पीढ़ी, ' F_1 ' में प्रभावी लक्षण प्रदर्शित होता है। लेकिन मेन्डेल के इस प्रभाविता के नियम के कुछ अपवाद (exceptions) निम्नानुसार हैं।

(i) इसका पहला उदाहरण लाल पुष्प वाले स्नेपड्रेगन (Snapdragon) पौधे और श्वेत पुष्प वाले स्नेपड्रेगन पौधे का संकरण है। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी में सभी पौधे गुलाबी पुष्प वाले उत्पन्न होते हैं (चित्र 13.13)।

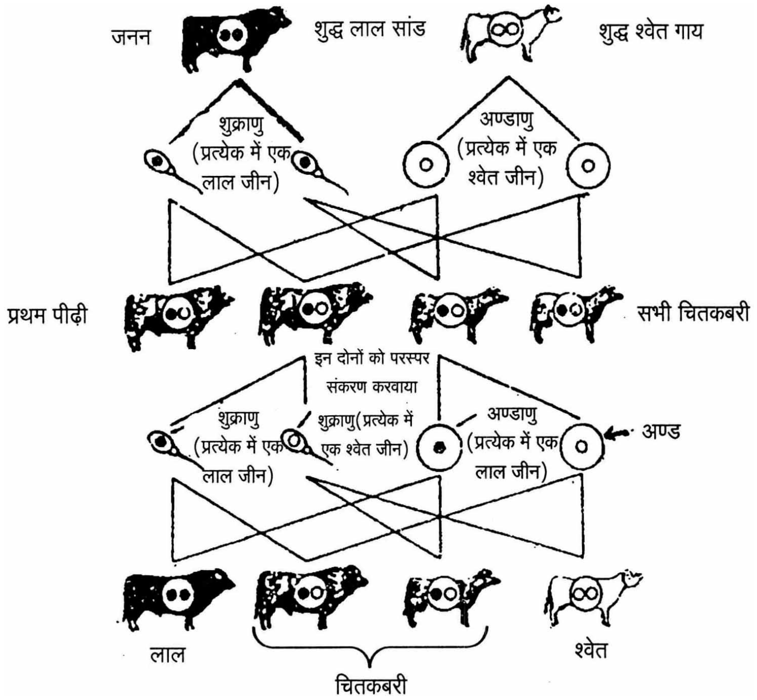
प्रथम सन्तानीय पीढ़ी के गुलाबी फूलों वाले पौधों का संकरण करवाया जाए तो द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी में 1 लाल पुष्पी, 2 गुलाबी पुष्पी तथा 1 श्वेत पुष्पी के अनुपात में पौधों का उत्पादन होता हैं।

(ii) इसी प्रकार यदि काले एन्डाल्युसियन मुर्गे (black Andalusion fowl) का श्वेत एन्डाल्युसियन मुर्गी (White Andalusian fowl) के साथ संकरण करवाने पर नीले रंग के परों के मुर्गे मुर्गी उत्पन्न होते हैं।



चित्र 13.13 : अपूर्ण प्रभाविता

(iii) छोटे सींगों वाले लाल रंग के सांड (bull) का संकरण श्वेत रंग की गाय के साथ करवाने पर F_1 पीढ़ी चितकबरी (roan) उत्पन्न होती है (चित्र 13.14)।



चित्र 13.14 : अपूर्ण प्रभाविता

उपरोक्त उदाहरणों से यह स्पष्ट है कि इनमें कोई भी जीन प्रभावी व अप्रभावी नहीं है बल्कि दोनों जीन आंशिक रूप (partially) से अपना प्रभाव प्रकट करती हैं - इसी को अपूर्ण प्रभाविता (incomplete dominance) कहते हैं तथा ऐसी जीन को मध्यवर्ती जीन (intermediate gene)

13.8 कुछ सामान्य बातें (Some Generalisations)

हम आशा करते हैं कि आप मेन्डेल के नियमों को समझ गए होंगे तथा यह भी जान गए होंगे कि विभिन्न संकरणों से लक्षणप्ररूपी तथा जीनप्ररुपी को ज्ञात करने की क्या विधियाँ हैं? इस इकाई में दिए गए उदाहरणों से स्पष्ट है कि F_1 अवस्था, संकरण से सम्बद्ध जीनों का विषमयुग्मजी होता है तथा F_2 अवस्था जहाँ तक सम्भव हो F_1 अवस्था के स्वनिषेचन से प्राप्त किया जाता है। आपकों यह याद रखना चाहिए कि स्वनिषेचन पौधों में ही सम्भव होती है लेकिन जन्तुओं में पस्तिषेचन (cross - fertilization) ही सम्भव है।

एकसंकर संकरण में F_2 में 2 लक्षण - प्ररुपी वर्ग होते हैं तथा द्विसंकर संकरण में 4 लक्षणप्ररूपी वर्ग होते हैं। सामान्य नियम यह है कि एक संकरण में F_2 में 2^n लक्षणप्ररूपी वर्ग पाये जाते हैं जहाँ n स्वतंत्र अपव्यूहित विषमयुग्मजी वर्ग पाये जाते हैं जहाँ n स्वतंत्र अपव्यूहित विषमयुग्मजी जीन युग्म की संख्या है (निम्न सारणी 13.4 देखें)।

सारणी 13. 4

विसंयोजित जीनों की संख्या	लक्षणप्ररुपी वर्गों की संख्या	जीनरुपी वर्गों की संख्या
1	2	3
2	4	9
3	8	27
4	16	81
n	2^n	3^n

उदाहरण के लिए Tt x Tt से दो लक्षणप्ररुपी वर्ग लम्बे (TT,Tt) तथा बौने tt प्राप्त होते हैं जबकि तीन जीनप्ररुपी वर्ग (TT, Tt तथा tt) प्राप्त होते हैं।

अब तक हमनें ऐसे उदाहरणों का अध्ययन किया है जिसमें एक विस्थल (lous) पर अधिकतम दो युग्मविकल्पी परिवर्त (allelic variants) पाये जाते हैं। अगुणित (haploid) अवस्था में प्रत्येक विस्थल पर एक युग्मविकल्पी उपस्थित होता है तथा द्विगुमित (diploid) अवस्था में प्रत्येक विस्थल पर दो युग्मविकल्पी उपस्थित होते हैं। लेकिन हम किसी व्यष्टि का अध्ययन करें तो पायेंगे कि एक विस्थल पर तीन या उससे अधिक युग्मविकल्पी भी पाये जाते हैं। यदि एक व्यष्टि में तीन या अधिक युग्मविकल्पी एक ही विस्थल पर उपस्थित हैं तो इस कहेंगे कि उस विस्थल पर बहु विकल्पी (multiple alleles) उपस्थित हैं। ऐसे अनेक विस्थल हैं जिन पर बहु विकल्पी पाये जाते हैं

बोध प्रश्न 5

(अ) एक जीव जिसका जीनप्ररूप AaBBCc है वह kitne प्रकार के युग्मक उत्पादित कर सकता है?

(i) 2

(ii) 4

(iii) 6

(iv) 9

(ब) द्विसंकर संकरण में कितने लक्षणप्ररूपी वर्ग होंगे तथा कितने जीनप्ररूपी वर्ग ?

(i) 2 व 3

(ii) 4 व 9

(iii) 8 व 27

(iv) 16 व 81

13.9 सारांश (Summary)

इस इकाई में आपने पढ़ा कि

- आनुवंशिकी जीव विज्ञान की एक शाखा है जो वंशानुगतीय सूचनाओं की संरचना, संचरण तथा अभिव्यक्ति से सम्बन्धित है। लगभग डेढ़ शताब्दी पूर्व आस्ट्रिया के एक सन्यासी (monk) ग्रेगर जॉन मेन्डेल ने सात भिप्रयांसी लक्षणों वाले उद्यान मटर पर प्रयोग किये। उन प्रयोगों के विस्तृत

समक को संग्रहित किया। उन्होंने उन समंकों का गणितीय विश्लेषण किया तथा आधुनिक आनुवंशिकी विज्ञान की नींव रखी।

- जीन गुणसूत्रों पर पायी जाती हैं। एक गुणसूत्र पर उपस्थित स्थान जहाँ जीन उपस्थित होती है विस्थल (locus) कहलाता है।
- एक जीन के विभिन्न एकान्तर रूप (alternate form) युग्मविकल्पी (allele) कहलाती हैं तथा ये समजात गुणसूत्र के संगत विस्थल पर उपस्थित होती हैं।
- एक जीव में यदि एक विस्थल पर दो समान युग्मविकल्पी पाये जाते हैं तो वह जीव समयुग्मजी कहलाता है (TT, tt) लेकिन यदि दो असमान युग्मविकल्पी एक ही विस्थल पर हों तो जीव विषमयुग्मजी (Tt) कहलाता हैं।
- मेन्डेल के प्रभावी नियम के अनुसार एक विषमयुग्मजी में युग्मविकल्पी (प्रभावी) दूसरे युग्मविकल्पी (अप्रभावी) की अभिव्यक्ति को रोकता हैं। इस कारण एक जीव का प्रगटन (लक्षणप्ररूप) उसके आनुवंशिक संरचना (जीनप्ररूप) से भिन्न हो सकता है।
- मेन्डेल के विसंयोजन के नियम के अनुसार, अर्धसूत्री विभाजन (mitosis) के दौरान प्रत्येक विस्थल की युग्मविकल्पी जैसे-जैसे समजात गुणसूत्र पृथक् होते हैं एक दूसरे से पृथक अथवा विसंयोजित होती है। जब अगुणित युग्मक बनते हैं तब प्रत्येक में प्रत्येक विस्थल की एक व केवल एक युग्मविकल्पी उपस्थित होती है।
- मेन्डेल के स्वतंत्र अपव्यूहन नियम के अनुसार अर्धसूत्री विभाजन के दौरान युग्मविकल्पी का प्रत्येक युग्म दूसरे युग्मविकल्पी युग्मों से स्वतंत्र रूप से विसंयोजित अथवा पृथक होता है।
- जो एक विस्थल पर उपस्थित युग्मविकल्पी के कारण समयुग्मज जनकों ('P' पीढ़ी) जो एक विस्थल पर उपस्थित युग्मविकल्पी के कारण के मध्य संकरण को एक संकर संकरण कहते हैं। यदि वे दो विस्थलों पर भिन्न होते हैं तो द्विसंकर संकरण कहलाता है। प्रथम संतानीय पीढ़ी 'F_1 ' विषम युग्मज होती है। F_1 पीढ़ी के दो जीवों के संकरण से द्वितीय संतानीय पीढ़ी 'F_2' उत्पन्न होनी है। यदि F_1 पीढ़ी के जीव से समयुग्मज अप्रभावी जीव से संकरण करवाया जाए तो उसे परीक्षार्थ संकरण test cross) कहते हैं।

13.10 शब्दावली (Glossary)

चयनात्मक प्रजननी	Selective breeding
संकरण	Hybridisation
किस्में	Varieties
विकल्पी	Alleles
समयुग्मजी	Homozygous
विषययुग्मजी	Heterozygous
लक्षण प्ररूप	Phenotype
जीन प्ररूप	Genetype
पराग	Pollen

वर्तिकाग्र	Stigma
प्रभावी	Domonanat
अप्रभावी	Recessive
युग्म विकल्पी	Allelomorphic
विसंयोजन	Sergegation

13.11 संदर्भ ग्रन्थ (Further Readings)

1. भाटिया, कोहली एवं जैन, रमेश बुक डिपो, जयपुर
2. Agrawal, S.Chand and Company, Delhi

13.12 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to self assessment questions)

बोध प्रश्न

1. (क) विषमयुग्मजी, जीनप्ररुप
   (ख) समयुग्मजी प्रभावी, जीनप्ररुप
   (ग) विषमयुग्मजी, जीनप्ररुप
   (घ) लक्षण प्ररुप
   (ड) समयुग्मजी प्रभावी, जीनप्रूरुप
   (च) विषमयुग्मजी, जीनप्ररुप
   (छ) समयुग्मजी अप्रभावी, जीनप्ररुप
   (ज) लक्षण प्ररुप
   (झ) समयुग्मजी अप्रभावी, जीनप्ररुप
2. (क) (iv)
   (ख) (ii)
   (ग) (i)
   (घ) (iii)
3. लक्षणप्ररुप - गोल बीज
   जीनप्ररुप - Rr
4. (अ) i
   (ब) i
   (स) i
5. (अ) (ii)
   (ब) (ii)

13.13 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

(1) सही (√) या गलत (×) बताएं.

(अ) एक समयुग्मज में समजात गुणसूत्र पर एक विशिष्ट लक्षण के लिए समान युग्मविकल्पी पाये जाते हैं।

(ब) एक जीव जिसका जीनप्ररुप Aa हैं के द्वारा केवल एक प्रकार के युग्मक उत्पन्न किए जाते हैं।

(स) एक लक्षण के प्रति एक जीव विषमयुग्मजी है यह उसके लक्षणप्ररुप से ज्ञात होता हैं।

(द) एक लक्षण के प्रति एक जीव विषमयुग्मजी है यह उसके लक्षणप्ररुप से ज्ञात होता है।

(2) दो लम्बे परों वाली ड्रोसाफिला का संकरण करवाने पर 75 लम्बे परों वाली तथा 24 छोटे परों वाली ड्रोसोफिला उत्पन्न हुई। क्या छोटे पर का लक्षण प्रभावी है। जनकों के जीनपुरुप क्या है?

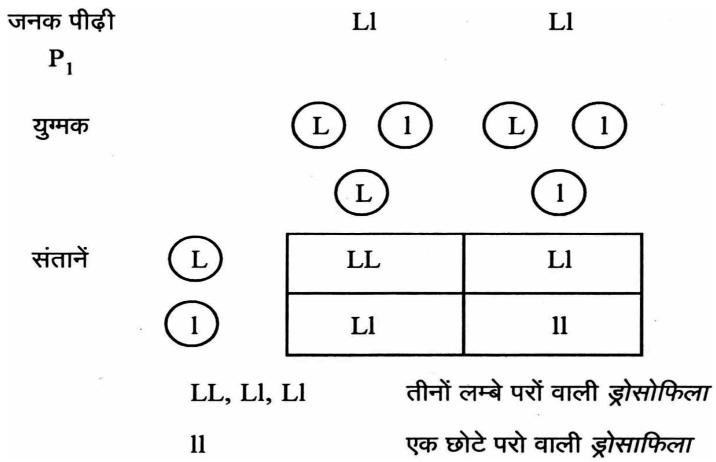
1. (अ) सही

(ब) गलत

(स) गलत

(द) गलत

2. नहीं छोटे पर का लक्षण प्रभावी नहीं है क्योंकि दोनों का अनुपात 75 : 24 लगभग 3 : 1 है अर्थात् लम्बे परों वाली 75 ड्रोसोफिला प्राप्त होती हैं तो लम्बे पर का लक्षण प्रभावी है। जनकों का जीनप्ररुप L1 × L। है।



इकाई 14 : गुणसूत्रीय उत्परिवर्तन (Chromosomal Mutations)

इकाई की रूपरेखा (Outline of Units)

14.0 उद्देश्य (Objectives)

14.1 प्रस्तावना (Introduction)

14.2 गुणसूत्रीय उत्परिवर्तन का वर्गीकरण (Classification of Chromosomal Mutations)

14.2.1 गुणसूत्रीय संरचना में परिवर्तन (Changes in the Chromosomal Structure)

14.2.2 गुणसूत्रीय संख्या में परिवर्तन (Changes in the Chromosomal Number)

14.3 स्थानांतरण (Translocation)

14.4 प्रतिलोमन अथवा स्तुतक्रमण (Inversion)

14.5 विलोपन (Deletion)

14.6 द्विगुणन (Duplication)

14.7 सुगुणिता (Euploidy)

14.7.1 अगुणिता (Haploidy)

14.7.2 द्विगुणिता (Diploidy)

14.7.3 बहु गुणिता (Polyploidy)

14.8 असुगुणिता (Aneuploidy)

14.9 बहु सूत्री (Polysomy)

14.10 सारांश (Summary)

14.11 शब्दावली (Glossary)

14.12 संदर्भ ग्रन्थ (Further Readings)

14.13 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self-assessment Questions)

14.14 अभ्यास प्रश्न (Exersice Questions)

14.0 उद्देश्य (Objetives)

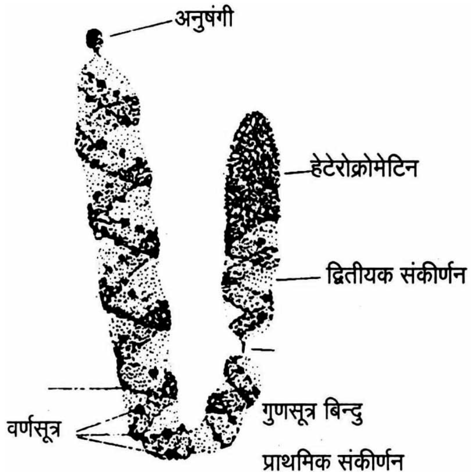
इस अध्याय को पढ़ने के पश्चात् आप गुणसूत्रो के संरचनात्मक एवं संख्यात्मक परिवर्तन की उत्पत्ति तथा उनसे उत्पन्न रोगों के लक्षणों के बारे में जान सकेंगे। 1

14.1 प्रस्तावना (Introduction)

सन् 1875 में ई. स्ट्रेसबर्गर (ई।स्टस्बुर्गर,) ने केन्द्रक विभाजन के समय, धागे जैसी संरचनाओं की

खोज की। डबल्यू. रुक्स (W.ROUX) ने 1883 में इन संरचनाओं पर आनुवंशिक कारक hereditary factors) होने की बात कही। 1888 में डबल्यू-वाल्डेयर (W. Waldeyer) ने इन संरचनाओं को क्रोमोसोम (chromosome) नाम दिया। ससीमकेन्द्रकियों (eucaryotes) की कोशिका (cell) के केन्द्रक (nucleus) में क्रोमेटिन (chromatin) से बनी धागे जैसी संरचनाओं को गुणसूत्र (chromosomes) कहते हैं। क्रोमेटिन (chromatin), न्यूक्लीक अम्लों (डीऑक्सी-राइबोन्यूक्लीक अम्ल, DNA एवं राइबोन्यूक्लीक अम्ल, RNA तथा प्रोटीन (हिस्टोन एवं नॉन हिस्टोन) का बना सम्मिश्र (complex) होता हैं। गुणसूत्रों पर जीन (आनुवंशिक सूचनाएँ) पायी जाती हैं।

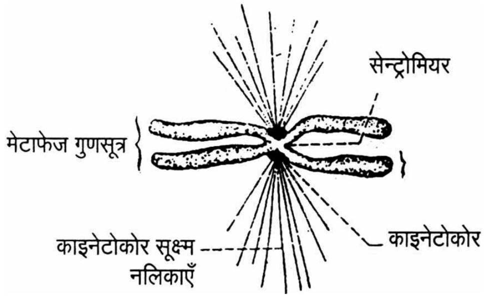
कोशिका चक्र (cell cycles) की किसी एक अवस्था में प्रत्येक समजात गुणसूत्र युग्म (homologous chromosomes pair) आकार एवं आकृति में एक समान होते हैं लेकिन असमजात युग्मों (non-homologous) एवं विभिन्न जातियों (species) के गुणसूत्रों असमानताएँ हो सकती है। ससीमकेन्द्रकियों में कोशिका विभाजन (cell division) के समय सब से छोटा गुणसूत्र, कवक (fungi) व पक्षियों (birds) में ¼ μ (1 μ 1 micron=1 1माइक्रोन = 1 माइक्रोमीटर = 0.001 मिलीमीटर) तथा ट्राइलियम (Trillium) पौधों में सबसे बड़ा गुणसूत्र 3०μ लम्बा होता है। मध्यावस्था अथवा मेटाफेज (metaphase) गुणसूत्रों का आकार ड्रोसोफिला (Drosophila) में 3.5μ, मनुष्य (man) में 5μ तथा मक्का (corn) में 8- 10 μ होता है। इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (electron microscope) की सहायता से देखने पर गुणसूत्र, तंतुओं (fibres) के बने हुए प्रतीत होते हैं तथा इन तंतुओं (fibres) की मोटाई 100Å से लगभग 500 Å (1 Å - 1angstron = 0.0001 micron = 0.000001millimeter) तक होती है। गुणसूत्र का अर्धगुणसूत्र अथवा क्रोमेटिड (chromatid) कुंडलित तंतुको (coiled fibdres) का बना होता है जो कोशिका विभाजन के समय अधिक कुंडलित एवं वलित (folded) हो जाते हैं। इन तंतुको को क्रोमोनीमा अथवा वर्णसूत्र (chromonema) कहते है। ये क्रोमोनीमा (chromonema) लगभग 64 सूक्ष्म तंतुको (microfibrils) के बने होते हैं जिनकी मोटाई 60 Å होती हैं।



चित्र 14.1 : समसूत्री विभाजन के समय गुणसूत्र की संरचना

समसूत्री विभाजन (mitosis) के समय गुणसूत्र, शलाका अथवा छड़ (rod) स्वरूप होते हैं तथा उनमें गुणसूत्र- बिन्दु अथवा सेन्द्रोमियर (centromere) पर एक संकीर्णन (constriction) पाया जाता है

जिसे प्राथमिक सकर्णिन (primary constriction) कहते हैं। कुछ गुणसूत्रों में एक अन्य संकीर्णन पाया जाता है जिसे द्वितीयक संकीर्णन (secondary constriction) कहते हैं तथा इस संकीर्णन के बाद वाले भाग को अनुषंगी अथवा सेटेलाइट (satellite) कहते हैं (चित्र 14.1)। द्वितीयक संकीर्णन, केन्द्रिक (nucleolus) भाग से सम्बन्धित होता है। क्रोमेटिन (chromatin) के कुछ भाग अन्य भागों की अपेक्षा अधिक अभिरंजित (stained) होते हैं। इन अधिक अभिरंजित भागों को हेटेरोक्रोमेटिन (hetrochromatin) कहते हैं तथा सामान्य अभिरंजित भाग को यूक्रोमेटिन (euchromatin) कहते हैं। हेटेरोक्रोमेटिन भाग अधिक संघनित (condensed) होता है तथा इसमें RNA की मात्रा अधिक होती हैं। यूक्रोमेटिन भाग में जीन पायी जाती है जबकि हेटेरोक्रोमेटिन में जीन अनुपस्थित होती हैं। पूर्वावस्था अथवा प्रोफेज (prophase) के अंत में सेन्ट्रोमियर (centromere) के दो ओर तर्कु ध्रुवों (spindle poles) की तरफ काइनेटोकोर (kinetochore) विकसित होते हैं। तर्कु तंतुओं (spindle fibres) की सूक्ष्मनलिकाएँ (microtubules) काइनेटोकोर के साथ जुड़ जाती हैं (चित्र 14.2)।



चित्र 14.2 : सेन्ट्रोमियर

गुणसूत्रों के कार्य (Functions of chromosomes)

1. गुणसूत्र आनुवंशिक पदार्थ hereditary material) के संवाहक (carrier) के रूप में कार्य करते हैं।
2. गुणसूत्रों पर जीन (genes) पायी जाती हैं जो जीवों के विभिन्न लक्षणों को नियंत्रित करती हैं।
3. एक जाति (species) में गुणसूत्रों की संरचना (structure) व संख्या (number) निश्चित होती है इसलिए ये वर्गिकी (Taxonomy) के अध्ययन के लिए महत्वपूर्ण हैं।
4. गुणसूत्र से केन्द्रिक (nucleolus) का निर्माण होता है।
5. गुणसूत्र, प्रोटीन संश्लेषण (protein synthesis) में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।
6. गुणसूत्रों की संरचना में अचानक हुए परिवर्तन द्वारा उत्परिवर्तन(mutation) होता है जिस कारण उस जीव में सामान्य से भिन्न लक्षण उत्पन्न होता है।
7. उत्परिवर्तन द्वारा जीवों में विभिन्नताएँ (variations) उत्पन्न होती हैं जो नई जाति के उत्पादन में सहायक होती है।

एक शरीर की विभिन्न कोशिकाओं में तथा एक जाति (species) के विभिन्न सदस्यों में गुणसूत्रों की संख्या समान होती है। अर्धसूत्री विभाजन (meiosis) में गुणसूत्रों का सूत्रयुग्मन (synapsis) होता है। इसके पश्चात् ये सुव्यवस्थित ढंग से पृथक् होते हैं तथा अगुणित युग्मकों (haploid gametes) का उत्पादन होता है जिनमें सामान्य कायिक कोशिका (body cell) में उपस्थित गुणसूत्रों से आधे

गुणसूत्र होते हैं। कभी-कभी कोशिका विभाजन में किसी आंतरिक या बाह्य कारकों के कारण गुणसूत्रों की संरचना एवं संख्या में परिवर्तन हो जाता है जिसे गुणसूत्री उत्परिवर्तन अथवा गुणसूत्री विपथन (chromosomal aberrations) कहते हैं। गुणसूत्रों में प्राकृतिक रूप से उत्पन्न संरचनात्मक परिवर्तनों (structural changes) के अतिरिक्त कृत्रिम कारकों (agents) की सहायता से भी संरचनात्मक परिवर्तन होते हैं। कृत्रिम कारकों के उदाहरण हैं - विकिरण (radiation) एवं रसायन (chemicals)। गुणसूत्री विपथन (chromosomal aberration) के कारण अप्रत्याशित लक्षणप्ररुप (unexpected phenotype), सहलग्नता सम्बन्ध में परिवर्तन (altered linkage relationship), जनन क्षमता में कमी (reduces fertility) तथा स्वत: गर्भपात (spontaneous abortion) जैसे आनुवंशिक प्रभाव देखे जा सकते हैं।

इस प्रकार की असामान्यताओं की प्रायिकता 1000 में 7 होती हैं। गुणसूत्रीय असामान्यतओं का अध्ययन महत्वपूर्ण हैं क्योंकि यह अनुर्वरता (infertility), गर्भपात, विभिन्न जन्मजात दोषों, अनयिमित परिपक्वता, उभयलिंगता तथा कैंसर जैसी समस्याओं से सम्बन्धित है।

14.2 गुणसूत्रीय उत्परिवर्तन का वर्गीकरण (Classification of Chromosomal Mutations)

14.2.1 गुणसूत्रीय संरचना में परिवर्तन (Changes in Chromosomal Structure)

स्थानांतरण	(Translocation)
प्रतिलोमन अथवा व्युतक्रमण	(Inversion)
विलोपन	(Deletion)
द्विगुणक	(Duplication)

14.2.2 गुणसूत्रीय संख्या में परिवर्तन सुगुणिता (Changes in Chromosomal Number Euploidy)

(i) अगुणिता (Haploidy) = n

(ii) द्विगुणिता (Diploidy) = 2n

(iii) बहु गुणिता (Polyloidy) = 3n, 4n, 5n, 6n इत्यादि

(iv) असु गुणिता (Aneuploidy)

(v) बहु सूत्री (Polysomy)

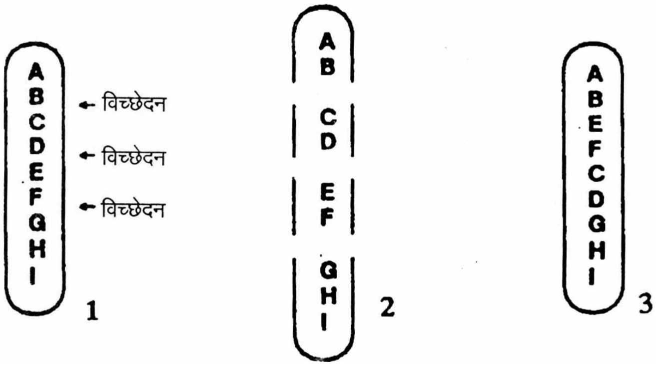
14.3 स्थानांतरण (Translocation)

ऐसा गुणसूत्री विपथन जिसके परिणामस्वरूप एक जीनोम (genome) में एक गुणसूत्रीय खण्ड अपना स्थान परिवर्तन करता है, लेकिन उपस्थित जीनों की कुल संख्या में कोई परिवर्तन नहीं होता, स्थानांतरण (translocation) कहलाता है।

स्थानांतरण निम्नलिखित दो प्रकार का होता है :

(अ) अंत: गुणसूत्रीय स्थानांतरण (Intrachromosomal Translocation)

यह त्रिविच्छेद (three- break) विपथन होता है जिसमें एक गुणसूत्र का एक खण्ड उसी गुणसूत्र पर स्थान परिवर्तन करता है (चित्र 14.3)



चित्र 143 : अंत: गुणसूत्री स्थानान्तरण

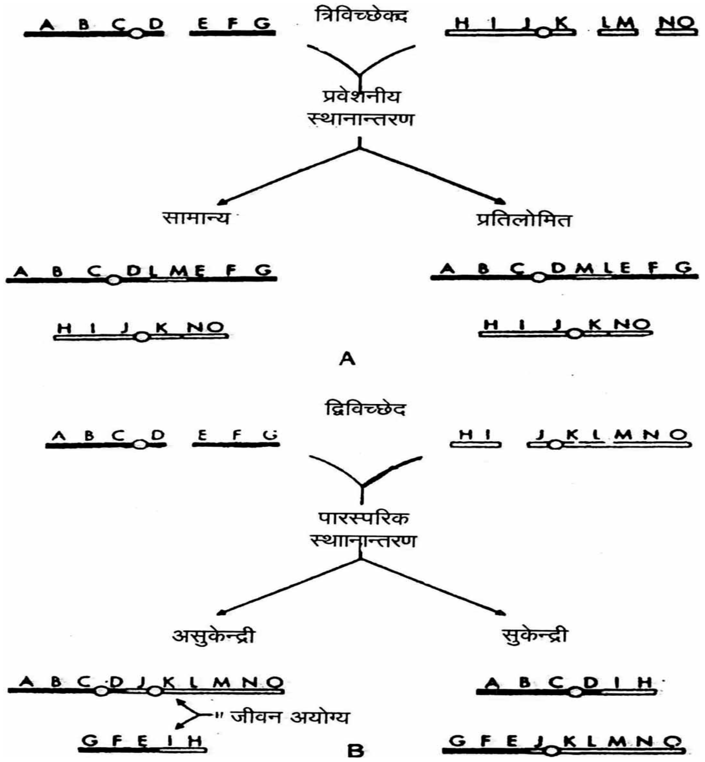
(ब) अंतरागुणसूत्री स्थानांतरण (Interchromosomal Translocation)

असमजात गुणसूत्रों (non - homologous chromosomes) के मध्य खण्डों का आदान-प्रदान (interchange) अंतरागुणसूत्री स्थानांतरण (interchromosomal translocation) कहलाता है। यह दो प्रकार का होता है -

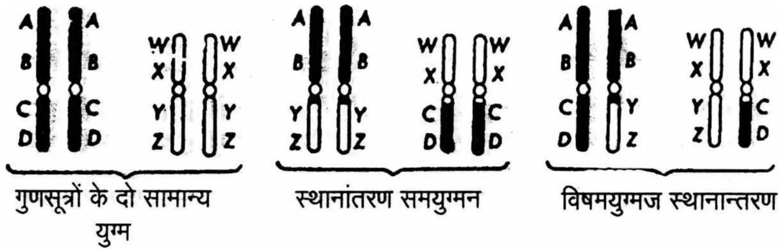
(i) सरल अथवा प्रवेशनीय स्थानांतरण (Simple or Insertional Translocation): इसमें एक गुणसूत्रका एक खण्ड टूट कर दूसरे असमजात गुणसूत्र पर स्थानांतरित हो जाता है और यह खण्ड उस गुणसूत्र पर अतिरिक्त भाग के रूप में रहता है। प्रवेशनीय स्थानांतरण दो प्रकार का होता है-सामान्य (normal), जिसमें खण्ड की जीनों का क्रम सीधा ही रहता है तथा प्रतिलोमित (reserved), जिसमें खण्ड की जीनों का क्रम उलट जाता है (चित्र 14.4 A)।

(ii) पारस्परिक स्थानांतरण (Reciprocal Translocation) : यह द्विविच्छेद (two- breaks) विपथन होता है जिसमें दो असमजात गुणसूत्र आपस में गुणसूत्रीय खण्डों का आदान-प्रदान करते हैं। पारस्परिक स्थानांतरण भी दो प्रकार का होता है- सुकेन्द्री (eucentric), जिसमें स्थानांतरण के पश्चात् प्रत्येक गुणसूत्र में एक सैन्ट्रोमियर (centromere) पाया जाता है तथा असुकेन्द्री (aneucentric) जिसमें स्थानांतरण के पश्चात् एक द्विकेन्द्री (dicentric) और दूसरा अकेन्द्री (acentric) गुणसूत्र का निर्माण होता है (चित्र 14.4B)।

विभिन्न जन्तुओं एवं पादपों में पारस्परिक स्थानांतरण का अध्ययन किया गया है। ड्रोसोफिला व 'अन्य जीवों में विकिरण (radiation) द्वारा ऐसा स्थानांतरण उत्पन्न किया गया है। ईनोथेरा (Oenothera) पौधे में प्राकृतिक रूप से स्थानांतरण के उदाहरण पाये जाते हैं। इसी पौधे की लक्षणप्ररूपी विभिन्नताओं के कारण ह्यूगो डी व्रीज (Hugo de Vries) ने उत्परिवर्तन सिद्धान्त (mutation theory) का सूत्रण किया। मानव में सरल स्थानांतरण (simple translocation) द्वारा लक्षणप्ररुपी विभिन्नताएँ देखी गयी हैं।

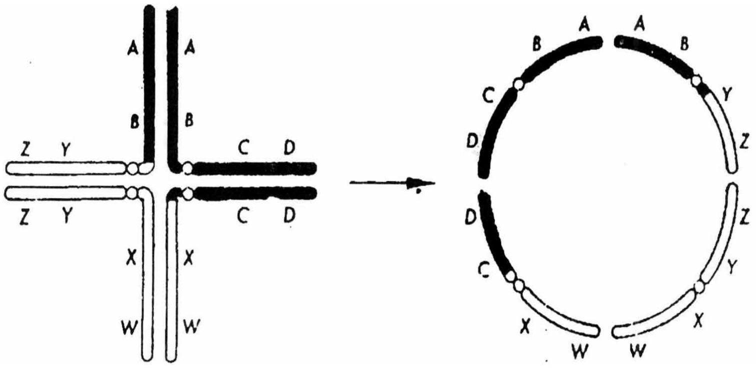


चित्र 14.4 : स्थानांतरण



चित्र 14. 5 : समयुग्मज एवं विषमयुग्मज स्थानांतरण

यदि दो समयुग्मजू युग्मों के दोनों असमजात गुणसूत्र युग्मों में स्थानांतरण हो तो उसे समयुग्मज स्थानान्तरण (homozygote translocation) तथा यदि एक असमजात गुणसूत्र युग्म मे स्थानांतरण हो तो उसे विषमयुग्मज स्थानांतरण (heterozygote translocation) कहते है (चित्र 14.5)। समयुग्मज स्थानांतरण में सामान्य अर्धसूत्री विभाजन (meiosis) हो सकता है लेकिन विषमयुग्मज स्थानांतरण में सामान्य अर्धसूत्री विभाजन होता है। सूत्रयुग्मन (synapsis) के समय समयुग्मज भागों के मध्य युग्मन सही ढंग से नहीं हो पाता और पूर्वावस्था - I (prophase) में एक क्रॉस (X) के आकार की संरचना का निर्माण होता है और यह एक गोल संरचना के रूप में खुलती है (चित्र 14.6)। विषमयुग्मज स्थानांतरण के कारण सहलग्न समूहों (linkage groups) में परिवर्तन तो होता ही है साथ ही ये जीव आंशिक रूप से बंध्य (Sterile) भी होते हैं क्योंकि उनके 50 प्रतिशत से 86 प्रतिशत युग्मको में सामान्य परिवर्धन के लिए आवश्यक जीन पूरक (gene complement) नहीं होते।

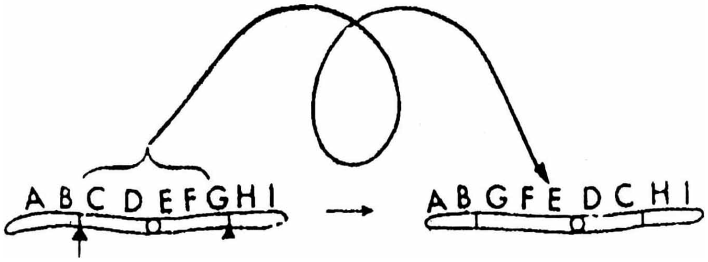


चित्र 14.6 : पूर्वावस्था -I में विषमयुंग्मज स्थानांतरण के कारण क्रॉस (X) के आकार की संरचना जो एक गोल संरचना के रूप में खुलती है।

मानव में डाउन सिन्ड्रोम (Down's Syndrome) से सम्बन्धित 14 व 21 नं. के गुणसूत्रों (14 - 21) के मध्य स्थानांतरण के अतिरिक्त अन्य गुणसूत्रों के मध्य स्थानांतरण होता है। इनमें से D/D, G/G, B/D तथा C/E, गुणसूत्र समूहों के मध्य स्थानांतरण पाया गया है। मानव में स्थानांतरण के कारण कई लक्षणप्ररुपी असामान्यताएँ होती हैं और स्वत: गर्भपात हो सकता है या जन्म के कुछ महीनों पश्चात् मृत्यु भी हो सकती है। जो अधिक समय तक जीवित रहते हैं उनमें मानसिक मंदता (mental retardation) पायी जाती है।

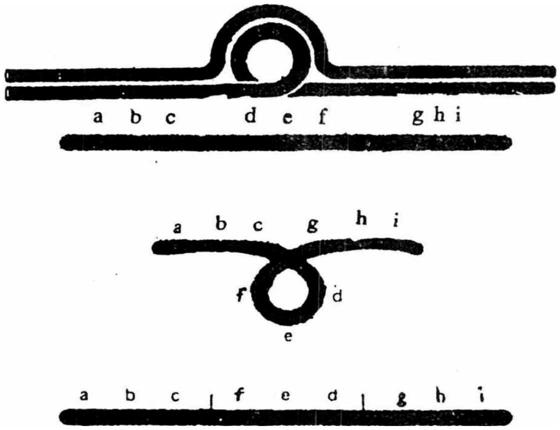
14.4 प्रतिलोमन अथवा व्युतक्रमण (Inversion)

जब एक गुणसूत्र खण्ड, 180° घूम जाता है औरा जीन क्रम उलट जाता है तब इस प्रक्रम को प्रतिलोमन अथवा व्युतक्रमण (inversion) कहते हैं (चित्र 14.7)। प्रतिलोमन सैन्ट्रोमियर युक्त खण्ड में भी हो सकता है और सैन्ट्रोमियर रहित खण्ड में भी। सैन्ट्रोमियर युक्त खण्ड के प्रतिलोमन को परिकेन्द्र(pericentric) अथवा विषमबाहु (heteobrachial) प्रतिलोमन कहते हैं तथा सैन्ट्रोमियर रहित खण्ड के प्रतिलोमन को परिकेन्द्री (paracentric) अथवा समबाहु (homobrachial) प्रतिलोमन कहते हैं। प्रकृति में पराकेन्द्री प्रतिलोमन अधिक मात्रा में पाया जाता है।



चित्र 14.7 : प्रतिलोमन अथवा व्युतक्रमण

ड्रोसोफिला में विभिन्न प्रतिलोमनों का वर्णन किया गया है। सूत्रयुग्मन (synapsis) के समय गुणसूत्र के लूप निर्माण के स्थान पर विच्छेद के कारण प्रतिलोमन होता है। विषमयुग्मज प्रतिलोमन में दो समजात गुणसूत्रों में से केवल एक में प्रतिलोमन लूप (inversion loop) का निर्माण होता है (चित्र 14.8)।



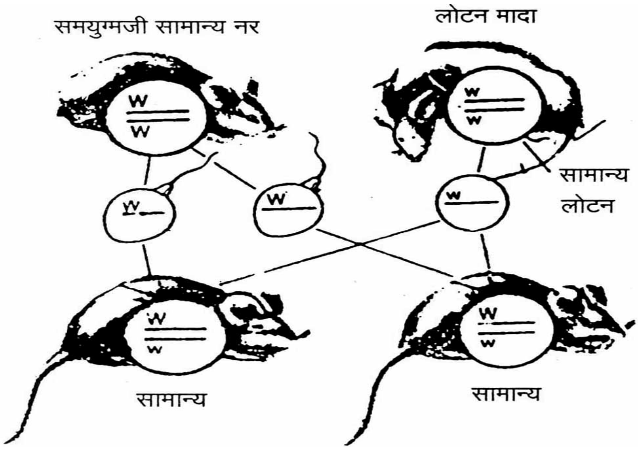
चित्र 14. 8 : प्रतिलोमन लूप

जब एक सामान्य युग्मक, प्रतिलोमित युग्मक के साथ निषेचन करता है, तो उससे उत्पन्न संतति के लक्षणप्ररूप पर सामान्यत: कोई प्रभाव प्रदर्शित नहीं होता क्योंकि सभी जीन सामान्य संख्या में उपस्थित होती हैं। जब आगामी पीढ़ियों में सूत्र युग्मन होता है तो अपसामान्य विन्यास का निर्माण होता है क्योंकि अर्धसूत्री विभाजन के समय सामान्य अर्धगुणसूत्र (chromatid) विलुप्त हो जाते है, और इस प्रकार निर्माणित युग्मकों में प्रतिलोमन स्थान में, विनिमय युक्त गुणसूत्र (chromosomes with crossovers) नहीं होते।

प्रतिलोमन, उद्विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, क्योंकि यदि जीवों के दो समूह अधिक काल के लिए पृथक हो जाते हैं तो उनमें पृथक्-पृथक् विभिन्न प्रकार के प्रतिलोमन एकत्रित हो जाएंगे और उनमें सामान्य सूत्रयुग्मन (synapsis) व विसंयोजन (segregation)नहीं हो सकता और इन संकरण की संतति के द्वारा जीवनक्षम (viable) युग्मकों का निर्माण नहीं हो सकता। जब संकर (hybrid) बंध्य (sterile) हो जाता है तो दोनों पैतृकों के समूहों को पृथक् जाति (species) की संज्ञा दी जाती है अर्थात् प्रतिलोमन जाति उद्भवन (speciation) के लिए उत्तरदायी होता है।

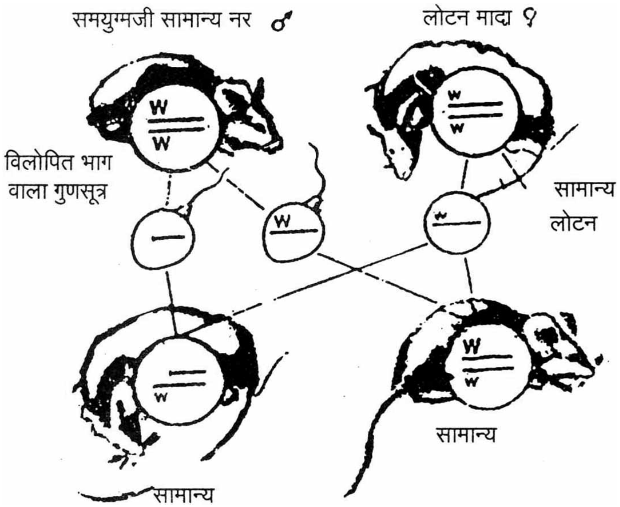
14.5 विलोपन अथवा न्यूनता (Deletion or Deficiency)

गुणसूत्र के एक भाग के विच्छेदन (breakage) का सरलतम परिणाम, उस भाग की हानि हो जाना है। गुणसूत्र के एक भाग की हानि को विलोपन (deletion) अथवा न्यूनता (deficiency) कहते हैं। गुणसूत्र के ऐसे भाग जिन पर सैन्ट्रोमियर उपस्थित नहीं होता (अकेन्द्री खण्ड), में पश्चावस्थीय संचलन (anaphasic movement) का अभाव होता है और ये भाग पुन: संगठित हो रहे केन्द्रक से लुप्त हो जाते हैं। इन विलोपित खण्डों का कोशिका द्रव्य (cytoplasm) में विघटन हो जाता है। मूषक (mouse) में विलोपन का प्रभाव देखा गया है। मूषक में एक अप्रभावी जीन (recessive gene) पायी जाती है जो मूषक में लोटन (waitzing) व्यवहार के लिए उत्तरदायी होती है। मूषक में इस जीन की समयुग्मजी (homozygous, ww) अवस्था के कारण गमन सीधा न होकर वृत्त



चित्र 14. 9 : सामान्य समयुग्मजी एवं लोटन मूषक के संकरण के फलस्वरूप सामान्य संतति की उत्पत्ति

की आकृति में घूमते हुए होता है, जैसा कि जर्मनी के 'वॉल्टज (Waltz) नृत्य ' में नर्तक करते हैं। मूषक के अंत कर्ण (internal ear) की अर्धवृत्ताकार नलिकाओं (semicircular canals) में विकार के कारण ऐसा होता है। लोटन व्यवहार के लिए उत्तरदायी जीन अलिंगसूत्री (autosomal) होती है और सामान्य समयुग्मजी (normal homozygous) व लोटन मूषक (watzing mouse) के संकरण के फलस्वरूप सामान्य संतति की उत्पत्ति होती है (चित्र 14.9), लेकिन ऐसे ही एक संकरण में लोटन व्यवहार प्रदर्शित करने वाली मादा का जन्म हुआ। इस मादा के कोशिका -विज्ञानीय अध्ययन से यह पता चला कि इसके एक गुणसूत्र का एक भाग विलोपित था। यह विलोपन उसके सामान्य जनकों की जनन कोशिका में हुआ होगा। जब इस अपसामान्य गुणसूत्र वाली जनन कोशिका का लोटन जीन युक्त जनन कोशिका के साथ निषेचन हुआ, तो युग्मजन (zygote) में इस लोटन जीन की सामान्य प्रभावी युग्मविकल्पी (allele) उपस्थित नहीं थी और इस प्रकार लोटन जीन का प्रभाव प्रदर्शित हो गया (चित्र 14.10)।

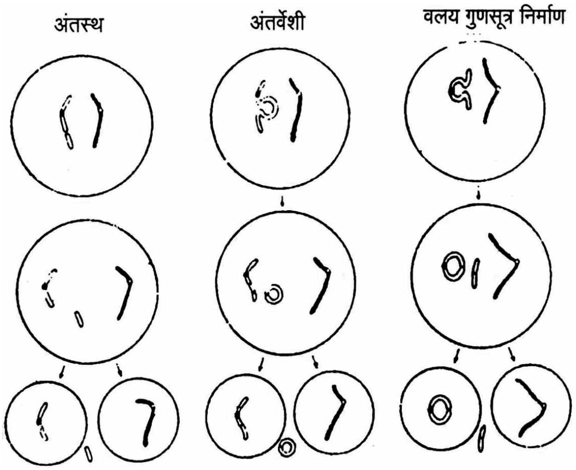


चित्र 14.10 सामान्य समयुग्मजी एवं मूषक के संकरण में विलोपन अथवा न्यूनता के फलस्वरूप लोटन मूषक की उत्पत्ति

विलोपन का, समयुग्मजी अवस्था में घातक (lethal) प्रभाव होता है। ऐसे युग्मनज, जिनमें विलोपित गुणसूत्र समयुग्मजी अवस्था में होते हैं, जीवित नहीं रहते हैं।

जैसा कि चित्र 14.11 में प्रदर्शित किया गया है, विलोपन दो प्रकार का होता है - (i) अंतस्थ विलोपन (terminal deletion), जिसमें गुणसूत्र का अंतिम भाग विलोपित होता है और (ii) अंतर्वेशी विलोपन (intercalary deletion), जिसमें गुणसूत्र के मध्य भाग का विलोपन होता है और दोनों छोर आपस में जुड़ जाते हैं। अंतर्वेशी विलोपन में गुणसूत्र वलय (chromosome ring) का निर्माण होता है। यदि इस वलय में सैन्ट्रोमियर अनुपस्थित है तो वह वलय ही लुप्त हो जाती है और यदि वलय में सैन्ट्रोमियर उपस्थित होता है तो दोनों छोर लुप्त हो जाते हैं।

अर्धसूत्री विभाजन में विलोपन युक्त गुणसूत्रों व सामान्य गुणसूत्रों के सूत्रयुग्मन (synapsis) के फलस्वरूप अद्भुत आकृतियों का निर्माण होता है। युग्मित गुणसूत्रों के समजात भागों के मध्य ही आकर्षण होता है, अत: सामान्य गुणसूत्र का वह भाग जो विलोपित भाग के तदनरूपी (corresponding) होता है, बाहर की ओर उभार (bulge) प्रदर्शित करता है (चित्र 14.12)।



चित्र 14. 11 : विलोपन-अंतस्थ एवं अंतर्वेशी

चित्र 14.12 : सामान्य गुणसूत्र का भाग. जो विलोपित भाग के तदनरूपी होता है, में उभार प्रदर्शन

14.6 द्विगुणन (Duplication)

1991 में ब्रिज्जेस (Bridges) ने ड्रोसोफिला मेलानोगेस्टर (Drosophila melanogaster) के कुछ सदस्यों में यह पाया जाता कि वे कुछ अप्रभावी जीनों के प्रति समयुग्मजी (homozygous) थीं लेकिन

फिर भी उनके लक्षणप्ररूप (phenotype) में इन जीनों का कोई प्रभाव प्रदर्शित नहीं हुआ। विश्लेषण से यह ज्ञात हुआ कि इन अप्रभावी जीनों की प्रभावी युग्मविकल्पी (dominant allele) भी गुणसूत्र पर उपस्थित थीं। इन ड्रोसोफिला मक्खियों में गुणसूत्र का एक अतिरिक्त भाग उपस्थित था। क्योंकि एक प्रभावी युग्मविकल्पी, दो अप्रभावी जीनों के प्रभाव का दमन करने के लिए पर्याप्त होती है इसलिए इन मक्खियों के लक्षणप्ररूप में प्रभावी जीन का प्रभाव प्रदर्शित हो गया।

किसी गुणसूत्र से विलोपित हुआ भाग अन्य गुणसूत्र के साथ जुड़ जाए तो इसे द्विगुणन (duplication) कहते हैं। एक गुणसूत्र का विलोपित हुआ भाग, सैन्ट्रोमियर युक्त गुणसूत्र के साथ जुड़ जाए तो यह विलोपित भाग कोशिका द्रव्य (cytoplasm) में लुप्त नहीं होता बल्कि सूत्री विभाजन (mitosis) में सामान्य रूप से विभाजित होता है। जिस जनन कोशिका में यह गुणसूत्र पहुंचता है उसमें द्विगुणित भाग की जीने, दो गुनी होती हैं और जब यह दूसरी जनन कोशिका के साथ बंधित होता है तो युग्मनज में ये जीन तीन गुनी हो जाती हैं। ऐसे युग्मनजों से उत्पन्न संततियों के अध्ययन से जीन क्रिया (gene action) को समझने में सहायता मिली है। उद्विकास में भी द्विगुणन, महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है क्योंकि इस विधि द्वारा अतिरिक्त जीनों का समावेशन होता है और उत्परिवर्तन द्वारा ये समजात जीनों से बिल्कुल भिन्न हो जाती है और आखिरकार द्विगुणित हुए गुणसूत्र पर बिलकुल भिन्न जीन हो जाती हैं। द्विगुणन के फलस्वरूप, ऐसे उत्परिवर्तन जो पहले घातक (lethal) थे, अब घातक प्रभाव को प्रदर्शित किए बिना उत्पन्न हो सकते हैं। द्विगुणन से, ऐसे प्रभाव उत्पन्न किए जा सकते हैं जो उस जाति के लिए लाभदायक हों।

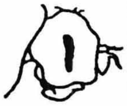
द्विगुणन, असमान विनिमय (unequal crossing over) के कारण भी हो सकता है।

स्थिति प्रभाव (Position Effect)

गुणसूत्र विच्छेद के अध्ययन के फलस्वरूप एक महत्वपूर्ण आनुवंशिक खोज हुई जिसे स्थिति प्रभाव (position effect) कहते हैं। गुणसूत्रों के भागों के स्थानांतरण (transfer) से नये लक्षण उत्पन्न होते हैं जो कि अक्सर जीनों की मात्रा में परिवर्तन के कारण होता है। एक जीव जिसमें किसी एक प्रकार की तीन जीन हों, वह उस प्रकार की दो जीन वाले जीव से भिन्न होता है। ड्रोसोफिला में विभिन्न गुणसूत्रीय विपथन (chromosomal aberration) पाये गए हैं, यद्यपि, जहाँ आनुवंशिक पदार्थ की मात्रा में कोई परिवर्तन नहीं था फिर भी नया लक्षणप्ररूपी प्रभाव उत्पन्न हुआ। इन उदाहरणों से यह प्रदर्शित हुआ कि कुछ जीन सामान्य जीन से भिन्न प्रभाव डालती हैं, जब उनका अन्य जीनों के साथ का सम्बन्ध परिवर्तित हो जाता है। वे जीन जो विच्छेदन स्थल के समीप होती हैं, बाद में एक भिन्न जीन समूच्चय (gene set) के साथ संबन्धित हो जाती हैं चाहे विच्छेदन स्थानांतरण, प्रतिलोमन, विलोपन या द्विगुणन से हुआ हो। इनमें से अधिकतर जीनों में स्थिति के कारण कोई प्रभाव प्रदर्शित नहीं होता लेकिन ड्रोसोफिला (Drosophila), ईनोथेरा (Oenothera) व मक्का(maize) में ऐसे कई उदाहरण मिले हैं जिनमें जीन अपनी नयी स्थिति के कारण भिन्न प्रभाव डालती हैं। ड्रोसोफिला में दंड नेत्र (bar eye) का बनना, स्थिति प्रभाव का उदाहरण है। वन्य प्ररूप (wild type) नेत्र अर्थात् सामान्य नेत्र, अंडाकार (oval) आकृति के होते हैं तथा दंड नेत्र, संकरे (narrow), दीर्घायत (oblong) होते हैं तथा इनमें फलकों (facets) की संख्या कम होती है। दंड नेत्र, X-गुणसूत्र के एक खण्ड जिसे '16A' नाम से जाना जाता है के द्विगुणन (duplication) के कारण बनता है। प्रत्येक अतिरिक्त "16 A'

खण्ड, दंड लक्षणप्ररूप (barphenotype) की मात्रा को बढ़ाता है। यदि एक X- गुणसूत्र में "16A' खण्ड को "A' नाम से लिखा जाए तो सारणी 6.1 में प्रदर्शित जीनप्ररुप व लक्षणप्ररूप प्राप्त होते हैं। द्विगुणित "16 A' खण्डों की एक निश्चित संख्या का दंड प्रभाव दो X- गुणसूत्रों के द्विगुणन के बजाय एक X- गुणसूत्र के द्विगुणन के कारण अधिक मात्रा में होगा जैसा कि विषमयुग्मजी अतिदंड (heteroxygous ultrabar) तथा समयुग्मजी दंड (homozygous bar) नेत्रों की तुलना करने पर ज्ञात होता है (सारणी 14.1)। गुणसूत्रीय खण्ड में जीन या जीनों के प्रभाव के ऐसे परिवर्तन को ही स्थिति प्रभाव (position effect) कहते हैं।

सारणी 14.1 : मादा ड्रोसोफिला में दंड नेत्र के लक्षणप्ररूप व जीनप्ररूप की तुलना

X गुणसूत्र (X Chromosomes)	लक्षणप्ररूप (Phenotype)	फलकों की संख्या (No. of facets)
A/A	सामान्य (Normal)	779
AA/A	विषमयुग्मजी दंड नेत्र (heterozygous bar eye)	358
AA/AA	समयुग्मजी दंड नेत्र (Homozygous bar eye)	68
AAA/A	विषमयुग्मजी अतिदंड नेत्र (Heterozygous ultra bar eye)	45
AAA/AAA	समयुग्मजी अतिदंड नेत्र (Homozygous ultra bar eye) 	25

A= X गुणसूत्र का एक '16 A' खण्ड

बोध प्रश्न - 1

(1) एक रूपान्तरण विषमयुग्मज के दो मूल गुणसूत्र ABCDEFG तथा GHIJKL हैं तथा दो स्थानान्तरित गुणसूत्र ABCJKL तथा GHIDEF हैं तो निम्न में से कौन सा जीवनक्षम गुणसूत्र संयोजन है?

(अ) ABCDEF

(ब) ABCIGH, LKJIGH

(स) LKJIGH, FEDIHG

(द) ABDJKL, FEDIHG

(2) स्थानान्तरण कितने प्रकार का होता है उनके नाम लिखिये?

....

....

....

....

(3) समयुग्मज तथा विषमयुग्मज स्थानान्तरण में भेद लिखिये।

....

....

....

....

(4) प्रतिलोमन के दो प्रकारों के नाम लिखिये तथा उनमें अन्तर बताइये।

....

....

....

....

(5) एक गुणसूत्र पर ABCDEFGH (गुणसूत्र बिन्दु है) क्रम था लेकिन विपथन के पश्चात् निम्न क्रम के विशिष्ट विपथन प्रकार का नाम लिखिये :

(अ) ABC, EFH ....

(ब) ABCDCD, EFGH ....

14.7 गुणसूत्र के संपूर्ण समुच्चयों (sets) में परिवर्तन (सुगुणिता, Euploidy)

जब संपूर्ण जीनोम (genome) अर्थात् गुणसूत्रों के एक या अधिक अगुणित समुल्चयों (haploid sets) में परिवर्तन होता है तब उसे सगुणिता (euploidy) कहते हैं।

14.7.1 अगुणिता (Haploidy)

एक अगुणित (haploid) में केवल एक जीनोम (genome) अर्थात् गुणसूत्रों का एक समुच्चय पाया जाता है और प्रत्येक प्रकार का गुणसूत्र एक बार ही प्रतिरापित (repriesented) होता है।

एक द्विगुणित (diploid) के शुक्राणुओं, अंडाणुओं व पौधों के युग्मकोद्भिदी पीढ़ी (gametophytic generation) में अगुणिता (haploid), एक सामान्य अवस्था है।

अगुणित, अपने द्विगुणित की तुलना में सामान्यत: छोटे और कम ओजस्वी (vigrous) होते हैं। इन कमियों के बावजूद पादप प्रजनक (plant breeders) अगुणितों का उत्पादन करते हैं क्योंकि अगुणितों के द्विगणन (doubling) से पूर्ण सम युग्मजी (homozygous) पौधों का उत्पादन होता है अर्थात् शुद्ध वंशक्रम (pure line) प्राप्त होता है जो श्रेष्ठ पौधों के उत्पादन में सहायक होता है। मक्का (maize)

एवं टमाटर (tomato) के सफलतापूर्वक अगुणित प्राप्त किए गए हैं।

अर्धसूत्री विभाजन के समय गुणसूत्रों के साथ युग्मन के लिए अन्य गुणसूत्र नहीं होते इसलिए प्रथम विभाजन में ये अनियमित (random) ढंग से ध्रुवों की ओर पहुंचते हैं। कुछ, एक ध्रुव की ओर जाते हैं और कुछ, दूसरे ध्रुव की ओर। इस प्रकार क्रेन्द्रकों (nuclei) में कोई न कोई गुणसूत्र कम होगा, अत: युग्मक कार्यात्मक (functional) नहीं होगा। इसीलिए अगुणितों में उच्च बंध्यता (sterility) का लक्षण पाया जाता है।

14.7.2 द्विगुणिता (Diploidy)

सभी जीवों की कायिक कोशिकाएँ द्विगुणित (diploid) होती हैं जिसे 2n द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। अर्धसूत्री विभाजन में युग्मकों में गुणसूत्रों की संख्या आधी हो जाती है (अगुणित) लेकिन निषेचन के पश्चात् पुन: द्विगुणित हो जाती है।

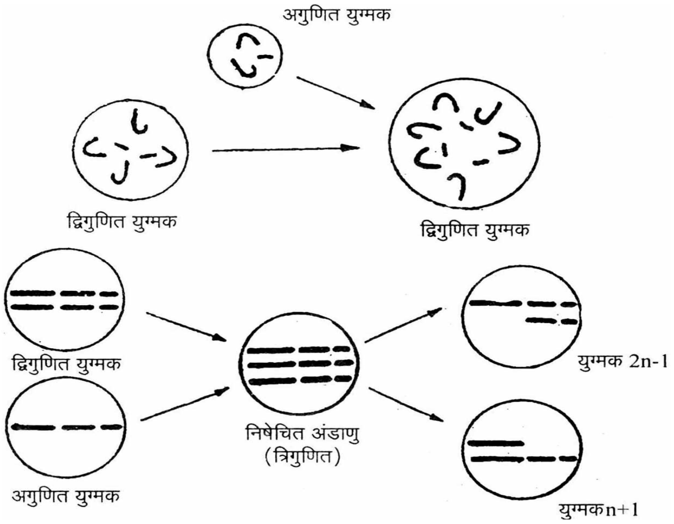
14.7.3. बहु गुणिता (Polyploidy)

यदि किसी जीव में गुणसूत्रों के अतिरिक्त अगुणित समुच्चय (extra haploid sets) पाये जाते हैं तो इस अवस्था को बहु गुणिता (polyploidy) कहते हैं।

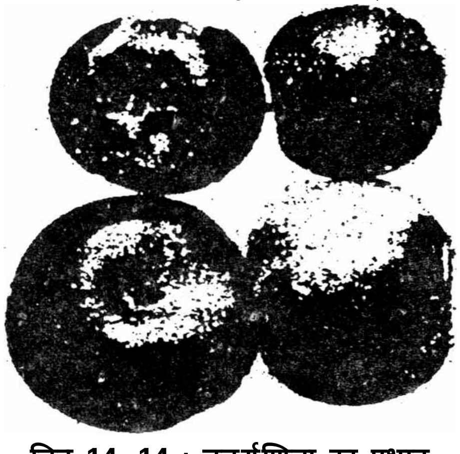
i. **त्रिगुणिता (Triploidy), 3n :** त्रिगुणिता (triploidy), अपसामान्य अर्द्धसूत्री विभाजन (abnormal meiosis) के कारण उत्पन्न होती है। प्रथम अर्धसूत्री विभाजन में गुणसूत्र सूत्रयुग्मित (synapse) होते हैं लेकिन पृथक् नहीं हो पाते। इस कारण एक कोशिका में संपूर्ण द्विगुणित (diploid) गुणसूत्र पहुंच जाते हैं और दूसरी में एक भी गुणसूत्र नहीं पहुंचता। दूसरी कोशिका कुछ समय पश्चात् मर जाती हे तथा पहली कोशिका में द्वितीय अर्धसूत्री विभाजन होता है और द्विगुणित युग्मकों (diploid gametes) का उत्पादन होता है। इस द्विगुणित युग्मक व एक सामान्य अगुणित (haploid) युग्मक के संयुक्त होने पर एक युग्मनज (zygote) का निर्माण होता है जिसमें गुणसूत्रों के तीन पूर्ण समुच्चय (sets) होते हैं। इसे त्रिगुणित (triploid) कहते हैं। इस अवस्था के कारण जीव पर कुछ समलक्षणीय प्रभाव (phenotypic effects) पड़ता है। त्रिगुणित जीव वंध्य (sterile) होते हैं। इनके युग्मको में दो गुणसूत्र एक प्रकार के तथा एक गुणसूत्र दूसरे प्रकार का होता है। जब इन युग्मकों का निषेचन होता है तो गुणसूत्रों की असंतुलित अवस्था उत्पन्न होती है जिस कारण युग्मनज की शीघ्र ही मृत्यु हो जाती है। अत: जन्तुओं में त्रिगुणितों में जनन नहीं करवाया जा सकता लेकिन पादपों में रोपण (grafting), कटान (cutting), जड़ों (roots) द्वारा तथा कन्द (bulb) द्वारा संचरण (propagation) करवाया जा सकता है। कुछ त्रिगुणितों का व्यापारिक महत्व है उदाहरणार्थ: बाल्डविन व ग्रावेनस्टीन सेव (Baldwin and Gravenstein apples),कीजर्स क्रून ट्यूलिप (Keizer’s kroon tulips), ड्रोसोफिला (Drosophila) एवं सैलामेन्डर (Salamander)।

ii. **चतुर्गुणिता (Tetraploidy), 4n :** यदि किसी जीव में कायिक ऊतकों (somatic tissues) की कोशिकाओं में सामान्यत: उपस्थित गुणसूत्रों के दो समुच्चय के स्थान पर चार समुच्चय उपस्थित हों, उसे चतुर्गुणित (tetraploid) कहते हैं तथा ऐसी अवस्था को चतुर्गुणिता (tetraploidy) कहते हैं। अपसामान्य सूत्री विभाजन में पूर्वावस्था (prophase) में गुणसूत्रों का द्विगुणन (duplication)

होता है तथा गुणसूत्र मध्यावस्थीय पट्टिका (metaphasic plate) पर व्यवस्थित होते हैं लेकिन इसके पश्चात् यह प्रक्रिया किसी कारण से रूक जाती है और सामान्य से दुगने गुणसूत्रों वाली कोशिका का निर्माण होता है। इस प्रकार की कोशिका को चतुर्गुणित कहते हैं। यह कोशिका बाद में सामान्य सूत्री विभाजन द्वारा अन्य ऐसी कोशिकाओं का उत्पादन कर सकती है। क्योंकि चतुर्गुणित, द्विगुणित की तुलना में अधिक आकार के तथा अधिक ओजस्वी (vigrous) होते हैं इसलिए उन्नत फल व दूसरे उत्पादकों के उत्पादन में इनकी व्यापारिक महत्वता होती है। चतुर्गुणित अंगुरों की पोर्टलैण्ड व फ्रेडोनिया (Portland and Fredonia) किस्में द्विगुणित पौधों से उत्पादित अंगूरों से दूगने आकार के होते हैं। चित्र 14.14 में द्विगुणित व चतुगुणित मेक इन्तोश (Mc Intosh) सेब प्रदर्शित किए गए है।



चित्र 14.13 : त्रिगुणित का उद्गम



चित्र 14. 14 : चतुर्गुणिता का प्रभाव

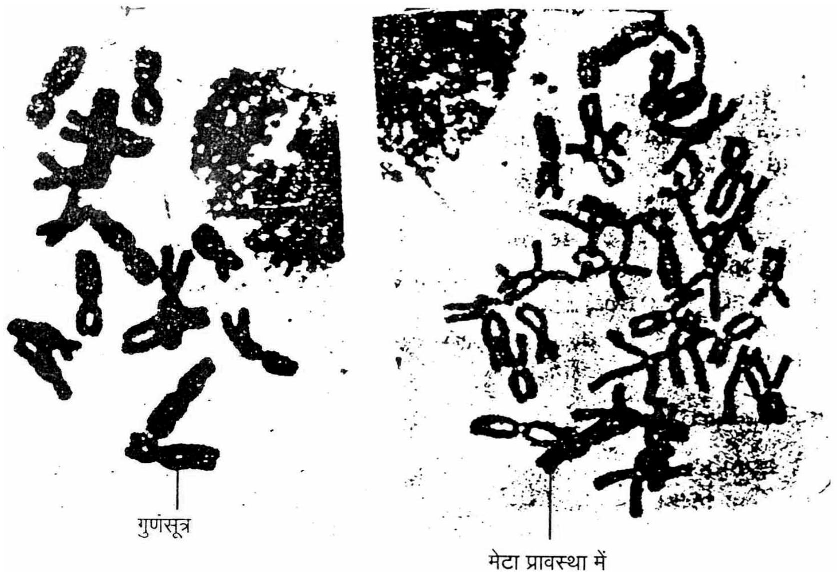
दो द्विगुणित युग्मको के संयुक्त होने पर एक चतुर्गुणित जीव की उत्पत्ति होती है। यदि एक ही जाति (species) के गुणसूत्रों के द्विगुणन के कारण चतुर्गुणित की उत्पति होती है तो इसे स्वचतुर्गुणित (autotertraploid) कहते हैं और यदि दो विभिन्न जातियों के युग्मको के संयुक्त होने से चतुर्गुणित की उत्पत्ति होती है तो उसे परचतुर्गुणिता (allotetraploidy) कहते हैं। स्वचतुर्गुणित में कुछ मात्रा

में सूत्रयुग्मन (synapsis) होता है और युग्मकों में गुणसूत्रों का अनियमित वितरण होता है इसलिए ये युग्मक बंध्य (sterile) होते हैं। लेकिन परचतुर्गुणित में गुणसूत्रों का सामान्य युग्मों में सूत्रीयुग्मन होता है और जीवनक्षम (viable) युग्मको और युग्मनजों का उत्पादन होता है। परचतुर्गुणित, नई जाति के उद्विकास (evolution) में विशेषकर वनस्पति जगत में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

रूसी आनुवंशिकीविज्ञ (Russian geneticist) कार्पेशेन्को (Karpechenko) द्वारा उत्पादित परचतुर्गणित (allotetaploid) इसका उदाहरण है। उन्होंने मूली (Raphanus) एवं गोभी (Brassica) का अंतरावंशीय (intergeneric) संकरण करवाया। यद्यपि ये पौधे आकृतियों (morphology) के आधार पर बहुत भिन्न होते हैं लेकिन इन दोनों की द्विगुणित गुणसूत्र संख्या 18 दिन है तथा इनका संकरण करवाकर संकर (hybrid) का उत्पादन किया जा सकता है। इन दोनों में जीन बहुत अधिक भिन्न होती हैं। जिस कारण संकर सामान्यत: बंध्य (sterile) होते हैं। कार्पेशेन्को को कुछ ऐसे संकर प्राप्त हुए जो जननक्षम (fertile) थे। उनके कोशिकाविज्ञानीय परीक्षण से यह ज्ञात हुआ कि ये संकर चतुर्गुणित थे और उनमें 36 गुणसूत्र थे। कार्पेशेन्को ने इस अप्राकृतिक ढंग से तैयार किए गए वंश का नाम रेफानोबेसिका (Raphanobrassica) रखा।

इसी प्रकार प्रकृति में भी नई जातियों (species) की उत्पत्ति हुई है। इसका उदाहरण हेम्प नेट्टल, गेलिओपसिस टेट्राहिट (hemp nettle,Galeopsis tetrahit) है जिसमें 32 गुणसूत्र होते हैं जबकि इसकी अन्य जातियों जैसे गेलिओपसिस प्यूबेसेन्स (Galeopsis pubescence) व गेलिओपीसस स्पेसिओसा (Galeopsis speciosa) में 16 गुणसूत्र होते हैं और मन्टजिंग (Muntzing) के प्रयोगों से साबित हुआ कि इन्हीं दोनों जातियों के संकरण से प्रकृति में गेलिओपसिस टेट्राहिट की उत्पत्ति हुई। इसका दूसरा उदाहरण अमेरिका में उगाए जाने वाली कपास (cotton) है जिसकी दो जातियाँ गोसिपियम बारबाडेन्स (Gossypium barbadense) व गोसिपियम हिर्सुटम (Gossypium hirsutum) हैं। ये दोनों जातियाँ प्रकृति में ऑल्ड वर्ल्ड कपास (old World Cotton) व न्यू वर्ल्ड कपास (New World Cotton) के संकरों से चतुर्गुणित के रूप में उत्पन्न हुई। तम्बाकू (Tobacco), निकोटिआना टैबेकुम (Nicotiana tabacum), अल्फा अल्का (Alfa alfa) व इयूबेरी (dewberry) भी चतुर्गुणित के उदाहरण है।

कृत्रिम विधियों द्वारा अन्य बहुगुणित (polyploids) का उत्पादन किया जा सकता है। इन विधियों द्वारा स्ट्रॉबेरी (strawberry), षष्टगुणित (hexaploid 6n), अष्टगुणित (octoploid,8n),दशगुणित (decaploid,10n) और इससे अधिक 16-गुणित (16n) प्ररूप प्राप्त किये गये है। बहुगुणितों के कृत्रिम उत्पादन के लिए कई रसायनों को प्रयुक्त किया गया है लेकिन कॉल्चिसिन (colchicine) सबसे अधिक प्रभावशाली होता है। इसके 0.03 प्रतिशत सान्द्रता वाले विलयन में प्याज के मूलाग्र (onion tip) को कुछ घंटे डुबो कर रखने से कॉल्चिसिन के प्रभाव को प्रदर्शित किया जा सकता हैं (चित्र 14.15)



14.15 : कॉल्विसिन का प्रभाव

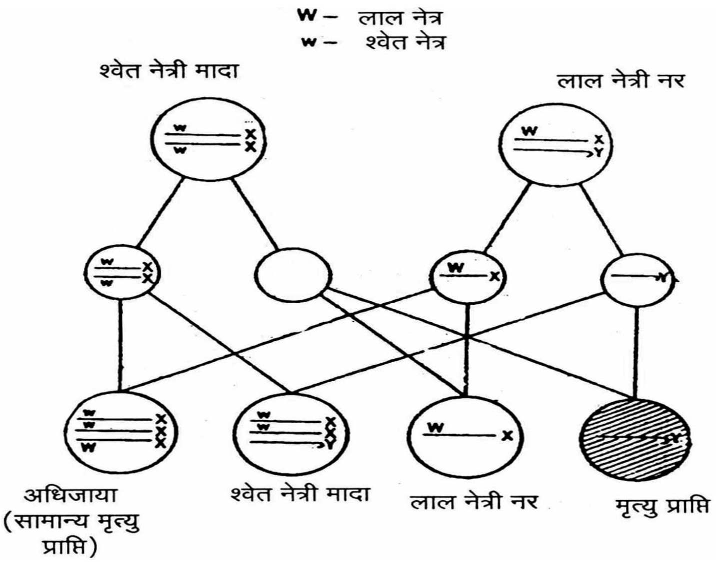
14.8 असुगुणिता (Aneuploidy)

जब एक या कुछ गुणसूत्रों की कमी या अधिकता हो जाए तो उसे असुगुणिता (अनेऊप्लोइडी) कहते हैं।

1. एकन्यूनसूत्री (Monosomics)

इसमें एक गुणसूत्र की कमी हो जाती है। इसे 2n-1 के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

असुगुणिता के प्रारम्भिक उदाहरण ब्रिज्जेस (Bridges) द्वारा ड्रोसोफिला मेलानोगेस्टर (Drosophila Melanogaster) पर किए गए अध्ययनों में मिलते हैं। ब्रिज्जेस ने श्वेत आखों वाली मादा ड्रोसोफिला का लाल आखों वाले नर ड्रोसोफिला के साथ संकरण करवाया। सामान्यत: F_1 पीढ़ी में लाल आँखों वाली मादा व श्वेत आँखों वाले नर उत्पन्न होते हैं लेकिन कभी - कभी लाल आँखों वाले नर व श्वेत आँखों वाली मादा भी उत्पन्न होती हैं। ब्रिज्जेस ने इसका कारण अवियोजन (non- disjunction) बताया। इसमें अर्ध सूत्री विभाजन की मध्यावस्था - I (metaphase-I) अवस्था में दो X -गुणसूत्र पृथक् नहीं होते। इस कारण 50 प्रतिशत अण्डाणुओं में दोनों X गुणसूत्र पहुँच जाते हैं और शेष 50 प्रतिशत में एक भी X-गुणसूत्र नहीं पहुँचता। यदि इस अण्डाणु जिसमें एक भी X- गुणसूत्र नहीं होता, का निषेचन X-गुणसूत्र वाले शुक्राणु से होता है तो लाल आँखों वाले बंध्य नर की उत्पत्ति होगी और यदि Y-गुणसूत्र वाले शुक्राणु से निषेचन होता है तो इस संतान की तुरन्त मृत्यु हो जाती है (चित्र 14.16)। ये दोनों उदाहरण एकन्यूनसूत्री (monosomic) के हैं।



चित्र 14.16: एकन्यूनसूत्री व बहु सूत्री का उत्पादन

14.9 बहु सूत्री (Ploysomics)

बहुसूत्री (polysomics) दो प्रकार के होते हैं :

(i) **एकाधिसूत्री** (Trisomics) इसमें एक गुणसूत्र अधिक होता है और इसे 2n+1 द्वारा प्रदर्शित्त किया जाता है।

(ii) **द्विअधिसूत्री** (Tetrasomics) इसमें दो गुणसूत्र अधिक होते हैं और इसे 2n+2 द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

(i) **एकाधिसूत्री** (Trisomics) : उपरोक्त वर्णित ब्रिज्जेस के अवियोजन के उदाहरण में 50 प्रतिशत ऐसे अण्डाणुओं का निर्माण होता है जिनमें दो X- गुणसूत्र पाये जाते हैं। यदि इन अण्डाणुओं का निषेचन X-गुणसूत्र वाले शुक्राणु से होता है तो एक अधिजाया (super female) की उत्पत्ति - होती है, सामान्यत: जिसकी मृत्यु हो जाती है। यदि दोनों X गुणसूत्र वाले अण्डाणु का निषेचन Y- गुणसूत्र वाले शुक्राणु से होता है तो श्वेत आँखों वाली मादा की उत्पत्ति होती है (चित्र 14.16)। ये दोनों उदाहरण एकाधिसूत्री (trisomics) के हैं जिनमें एक गणुसूत्र अधिक पाया जाता है।

1920 में ब्लेक्सली (Blakeslee) ने धतूरा (Datura stamonium) पर अध्ययन करते समय पाया कि कुछ पौधों में सामन्यत: पाये जाने वाले 24 गुणसूत्रों के स्थान पर, 25 गुणसूत्र होते हैं।

एकाधिसूत्री क्लाइनफेल्टर लक्षण-समष्टि (trisomic Klinefelter’s syndrome) वाले व्यक्ति में 47 गुणसूत्र पाये जाते है (44 + XXY)।

(ii) **द्विअधिसूत्री** (Tetrasomics) : द्विअधिसूत्री (tetrasomics) में सामान्य गुणसूत्रों की संख्या से दो गुणसूत्र अधिक पाये जाते हैं (2n+2)।

द्विअधिसूत्री क्लाइनफेल्टर लक्षण-समष्टि (tetrasomic Klinefelter’s syndrome) वाले व्यक्ति में 46 गुणसूत्र पाये जाते हैं (44 + XXXXY)।

द्विन्यून (Nullilsomic): द्विन्यूनसूत्री जीवों में गुणसूत्रों के एक (pair) की कमी हो जाती है (2न-2)।

1944 में सिअर्स (Sears) ने गेहूं (wheat,Triticum vulgare) के सम्भावित 21 द्विन्यूनसूत्री (nullisomics) में से 17 द्विन्यूनसूत्री प्राप्त किए। गेहूं में गुणसूत्रों के 21 युग्म पाये जाते हैं। द्विन्यूनसूत्री, दो एकन्यूनसूत्रियों (monosomics) की संतानों में उत्पन्न होते हैं और अधिकतर जीवों में द्विन्यूनसूत्री जीवनक्षम (viable) नहीं होते।

सारणी 14.2 : गुणसूत्रों की संख्या में विभिन्नताएँ

प्ररूप	**गुणसूत्रों की संख्या**	**उदाहरण**
अगुणित	n	ABC
द्विगुणित	2n	AABBCC
एकन्यूनसूत्री	2n-1	AABBC
द्विन्यूनसूत्री	2n-2	AABB
एकाधिसूत्री	2n+1	AABBCCC
द्विअधिसूत्री	2n+2	AABBCCCC
त्रिगुणिता	3n	AABBBCCC
चतुर्गुणिता	4n	AAAABBBBCCCC

बोध प्रश्न - 2

1. मिलान कीजिए

   (i) एकाधिसूत्री — (अ) 2n+2

   (ii) द्विअधिसूत्री — (ब) 2n-2

   (iii) द्विन्यूनसूत्री — (स) 2n+1

2. एक प्रजाति जिसमें द्विगुणित संख्या 12 है तो बताइये कि उसके अगुणित, त्रिगुणित, चतुर्गुणित, एकाधिकासूत्री तथा एक्न्यूनसूत्री कायिक केन्द्रक में कितने गुणसूत्र पाये जाऐगे?

   ……………………………………………………………………………………………….

   ……………………………………………………………………………………………….

   ……………………………………………………………………………………………….

14.10 सारांश (Summary)

इस इकाई में आपने जाना कि

- अधिकतर संरचनात्मक असामान्यताएँ चार प्रकार की होती है-स्थानान्तरण, प्रतिलोमन, विलोपन एवं द्विगुणन।
- संरचान्तमक असामान्यताओं की आधारी क्रियाविधि गुणसूत्रों का टूटना तथा पुन: जुड़ना है।
- एक जीव कुछ मात्रा में विलोपन तथा द्विगुणन को सहन कर सकता है लेकिन अधिक मात्रा के विलोपन एवं द्विगुणन नुकसानदायक होते हैं।
- गुणसूत्रों की संख्यात्मक असामान्यताएँ एक गुणसूत्र में परिवर्तन से हो सकती है या पूरे समुच्चय

(set) में।

- द्विगुणीत में एक अथवा अधिक गुणसूत्रों की कमी या अधिकता असुगुणिता (aneuploidy) कहलाती है।

14.11 शब्दावली (Glossary)

गुणसूत्र	Chromosome
कोशिका चक्र	Cell Cycle
प्राथमिक संकीर्णन	Primary constriction
अनुषंगी	satellite
विभिन्नताएँ	Variations
सूत्र युग्मन	Synapsis
स्थानान्तरण	Translocation
प्रतिलोमन	Inversion
विलोपन	Deletion
द्विगुणक	Duplication

14.12 संदर्भ ग्रन्थ (Further reading)

1. भाटिया, कोहली एवं जैन, रमेश बुक डिपो, जयपुर
2. Aggarwal, S. Chand and company, Delhi

14.13 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self- Assessment Questions)

बोध प्रश्न - 1

1. द
2. अंत : गुणसूत्रीय स्थानान्तरण तथा अंतरागुणसूत्री स्थानान्तरण।
3. यदि दो समयुग्मज युग्मों के दोनों असमजात गुणसूत्र युग्मों में स्थानान्तरण हो तो उसे समयुग्मज स्थानान्तरण कहते है तथा यदि एक असमजात गुणसूत्र युग्म में स्थानान्तरण हो तो उसे विषमयुग्मज स्थानान्तरण कहते हैं।
4. परिकेन्द्री तथा परिकेन्द्री प्रतिलोमन। सेन्ट्रोमियर युक्त खण्ड में प्रतिलोमन परिकेन्द्री अथवा विषमबाहु प्रतिलोमन कहलाता है तथा सैन्ट्रोमियर रहित खण्ड परिकेन्द्री अथवा समबाहु प्रतिलोमन कहलाता है।
5. (अ) विलोपन

   (ब) द्विगुणन

बोध प्रश्न - 2

1. (i) स

(ii) अ

(iii) ब

2. 6, 18, 24, 13 तथा 11

14.14 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1. निम्न सारणी में बायें तथा मध्य के कॉलम में गुणसूत्रों का विवरण दिया है, दायें कॉलम में गुणसूत्री असामान्यता का नाम लिखिये

क्रम सं.	विवरण	परिवर्तन	प्रकार
अ	ABCDEFGH	कोई नहीं	?
ब	टूटा खंड मूल गुणसूत्र के साथ प्रतिलोमित क्रम में पुनः जुड़ता है	ABFEDCGH	?
स	गुणसूत्री खंड विलोपित	ABFGH CDEFG	?

2. विभिन्न संरचनात्मक परिवर्तनों के नाम लिखिए।
3. विभिन्न संख्यात्मक असामान्यताओं के नाम लिखिये।

इकाई 15 :सहलग्नता, विनिमय एवं गुणसूत्र चित्रण (Linkage, Crossing- Over and Chromoso Mapping)

इकाई की रूपरेखा (Outline of Unit)

15.0 उद्देश्य (Objective)
15.1 प्रस्तावना (Introduction)
15.2 सहलग्नता (Linkage)
15.3 विनिमय (Crossing over)
15.4 गुणसूत्र चित्रण (Chromosome Mapping)
15.5 सारांश (Summary)
15.8 शब्दावली (Glossary)
15.7 संदर्भ ग्रन्थ (Further Readings)
15.8 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self-assessment Questions)
15.9 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions

15.0 उद्देश्य (Objective)

- इस इकाई में आप गुणसूत्र पर उपस्थित ऐसे जीन समूहों का अध्ययन करेंगे जो साथ - साथ प्रेषण करते हैं यह प्रक्रम सहलग्नता कहलाता है।
- इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप गुणसूत्रों पर उपस्थित जीनों के ज्ञान के द्‌वारा आनुवंशिक चित्रण के बारे में जान पाऐंगे।
- आप विनिमय के प्रक्रम के अध्ययन से पुन:संयोजन के बारे में जान पाऐंगे।

15.1 प्रस्तावना (Introduction)

मेन्डेल का स्वतंत्र अपब्यूहन का सिद्धान्त (principle of independent assortment) जीनो (genes) व गुणसूत्रों (chrmosomes) दोनों के लिए सत्य प्रमाणित होता है। अर्धसूत्री विभाजन में गुणसूत्रों के प्रत्येक युग्म के पैतृक (paternal) व मातृक (maternal) सदस्य, युग्मकों (gametes) में स्वतंत्र रूप से वितरित होते हैं। इसी कारण भिन्न गुणसूत्रों पर उपस्थित जीनों का स्वतंत्र रूप से अपव्यूहन (assortment) होता है। अधिकांश जीवों में जीनों की संख्या (जो हजारों में हो सकती है) गुणसूत्रों के युग्मों की संख्या (जो सौ से अधिक नहीं होती) से अधिक होती है। उदाहरण के लिए, ड्रोसोफिला (Drosophila) में गुणसूत्रों के केवल चार युग्म होते हैं लेकिन इसमें सैकड़ो जीनों का अध्ययन किया जा चुका है। इसका अर्थ यह है कि एक गुणसूत्र पर कई जीन उपस्थित होती हैं। अत: एक ही गुणसूत्र पर उपस्थित जीनों का स्वतंत्र रूप से अपव्यहू न नहीं होता॥ मेन्डेल का स्वतंत्र अपव्यूहन का सिद्धान्त सार्वत्रिक (universal) नहीं होता बल्कि भिन्न गुणसूत्रों पर उपस्थित जीनों तक ही सीमित होता है। 1906 में बेटसन एवं पुन्नेट्ट (Bateson and Punnet) ने स्वतंत्र अपव्यूहन के सिद्धान्त के अपवाद (exception) की खोज की। ऐसी जीन जो एक गुणसूत्र पर उपस्थित होती है तथा साथ

- साथ प्रेषण (transmission) करती है सहलग्न जीन (linked) से सम्बद्ध होती हैं तथा यह प्रक्रम सहलग्नता कहलाता है। सहलग्न जीन की पहचान में परीक्षार्थ संकरण सहायक होता हैं। सहलग्न जीन तथा सहलग्न समूह का ज्ञान गुणसूत्री सहलग्न चित्रण अथवा आनुवंशिक चित्रण के लिए प्रयुक्त किया जाता है।

गुणसूत्र चित्रण द्वारा किए गए आनुवंशिक चित्रण से आनुवंशिक विश्लेषण में सहायता मिलती है। गुणसूत्र चित्रण से हमें यह पता चलता है कि कौनसी जीन किस गुणसूत्र पर उपस्थित है और इस जीन की अभिव्यक्ति का नियंत्रण किस प्रकार होता है। इसके द्वारा जीन के एक समुच्चय (set) के अन्दर तथा चारों ओर डी.एन.ए. क्रम के बारे भी पता चलता है।

कई उदाहरणों में सहलग्न जीन आशा के अनुरूप साथ - साथ प्रेषण नहीं करती है। यह अर्धसूत्री विभाजन के प्रथम पूर्वावस्था की पेकीटीन (pachtytene) अवस्था समजात गुणसूत्र के भागों के परस्पर आदान प्रदान के कारण होता है इस प्रक्रम को

सहलग्नता. विनिमय एवं गुणसूत्र चित्रण

विनिमय (crossing over) कहते हैं। विनिमय के कारण ही पुन : संयोजन (rerombination) होता है। इस इकाई में आप सहलग्न जीनों के बारे में, विनिमय एवं इससे उत्पन्न पुन : संयोजन के बारे में तथा गुणसूत्र आनुवंशिक चित्रण के निर्माण के बारे में पढ़ेंगे।

15.2 सहलग्नता (Linkage)

एक ही गुणसूत्र पर उपस्थित दो जीन स्वतंत्र अपव्यूहन प्रदर्शित नहीं करती, जिस प्रकार दो भिन्न गुणसूत्रों पर उपस्थित दो जीन करती हैं। इसका कारण यह है कि एक गुणसूत्र पर होने से आनुवशिकता (heredity) के कारण ये दो जीन आपस में बंधी हुई अथवा सम्बद्ध अथवा सहलग्न (linked) होती हैं। इस प्रकार एक गुणसूत्र पर उपस्थित सभी जीन (genes), सहलग्न जीन (linked genes) होती हैं तथा एक सहलग्न समूह बनाती हैं। अर्धसूत्री विभाजन (meiosis) के समय जब गुणसूत्र दो अगुणित समूहों में पृथक् होते हैं तब सहलग्न जीन एक साथ गमन करती हैं।

सहलग्नता (linkage) की खोज 1908 में बेटसन एवं पुन्नेट्ट (Betson & Punnet) ने की लेकिन इससे पहले 1902 में सट्टन (Sutton) ने वंशागति क गुणसूत्रीय सिद्धान्त (Chromosomal Therory of Inheritance) प्रतिपादित करते हुए इसकी सम्भावना व्यक्त की थी। उन्होंने सुझाव दिया कि क्योंकि गुणसूत्र इकाई (unit) के रूप में गमन करते हैं इसलिए एक गुणसूत्र पर उपस्थित जीन भी सहलग्न (linked) होंगी। इसके फलस्वरूप जन्तुओं और पौधों की प्रत्येक जाति (species) में जीनों के सहलग्न समूहों (linkage groups) की विशिष्ट संख्या होती हैं जो गुणसूत्रों के युग्मों की संख्या अथवा गुणसूत्रों की अगुणित संख्या (haploid number) के तदनरूपी होती है। मीठे मटर (sweet pea) तथा ड्रोसाफिला (Drosophila) में सहलग्न समूहों की संख्या क्रमश: 7 तथा 4 होती है। सहलग्न समूहों की संख्या गुणसूत्र युग्मों की संख्या से कम हो सकती हैं लेकिन अधिक नहीं। मूषक (mouse) में 20 गुणसूत्र युग्म व 16 सहलग्न समूह, खरगोश (rabbit) में 22 गुणसूत्र युग्म व 11 सहलग्न समूह व टमाटर (tomato) में 12 गुणसूत्र युग्म व 10 सहलग्न समूह होते हैं।

1906 में बेटसन एवं पुन्नेट्ट ने मीठे मटर लथाइरस ओडोरटस (sweet pea, Lathyrus odoratus)

में युग्म विकल्पी (alleles) के दो युग्मों की खोज की जो स्वतंत्र रूप से अपव्यूहित नहीं होती। उन्होंने पाया कि जीनो का एक युग्म जो फूलों के रंग को प्रभावित करता है वह जीनों के दूसरे युग्म जो परागकणों (pollen grains) की आकृति को प्रभावित करता है, के साथ सहलग्न (linked) होता है।

P_1 generation	PPCC Purple Cylindrical	×	ppcc Red round

↓

F_1 generation	PpCc Purple Cylindrical	×	PpCc Purple Cylindrical

↓

		Expected Ratio	Observed Ratio
Purple Cylindrical	P–C–	9	11
Purple round	P–cc	3	1
Red Cylindrical	ppC–	3	1
Red round	ppcc	1	3

F_2 generation
Expected Ratio 9 : 3 : 3 : 1
Observed Ratio 11 : 1 : 1 : 3

चित्र 15.1 : सहलग्नता प्रदर्शित करने वाला संकरण (Cross showing linkage)

लाल फूलों तथा गोलाकार परागकणों वाले पौधे (ppcc) का बैंगनी फूलों तथा बेलन कार परागकणों वाले पौधे (PPCC) के साथ संकरण करवाया गया।

प्रथम सन्तानीय पीढ़ी (F_1) में तथा द्‌वितीय सन्तानीय पीढ़ी (F2) में फूल के रंग को प्रभावित करने वाली जीन (P एवं प) तथा परागकण की आकृति को प्रभावित करने वाली जीन (C एवं c) स्वतंत्र रूप से अपव्यूहित नहीं होती है बल्कि आपस में सहलग्न (linked) रहती है। इस कारण F2 पीढ़ी में प्रत्याशित अनुपात (expected ratio 9:3:3:1 के स्थान पर

11:1:1:3 अनुपात प्राप्त होता है (चित्र 15.1)। इस संकरण में जनक जैसे पोधों, अर्थात् बैंगनी फूलों व बेलनाकार परागकणों तथा लाल फूलों तथा गोल परागकणों की संख्या अधिक होती है तथा नये संयोजनों (Combinations) अर्थात् बैंगनी फूलों व गोल परागकणों तथा लाल फूलों तथा बेलनाकार परागकणों वाले पौधों की संख्या बहुत कम होती है।

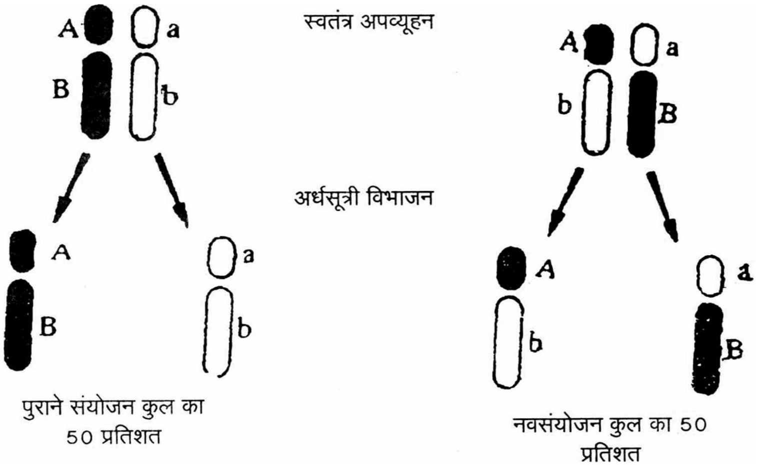
बेटसन व पुन्नेट्ट ने इसका परीक्षार्थ संकरण (test cross) किया जिसमें उन्होंने F_1 पीढ़ी के द्‌विगुण विषमयुग्मज (double heterozygote), बैंगनी फूल एवं बेलनाकार परागकरण (PpCc) वाले पौधे का द्‌विगुण अप्रभावी (double recessive) जनक (ppcc) के साथ संकरण करवाया। इसमें प्रत्याशित अनुपात 1 : 1 : 1 : 1 के स्थान पर वास्तविक अनुपात

7 : 1 : 1: 7 प्राप्त हुआ इस परिणाम को पाकर बेटसन व पुन्नेट्ट इस निष्कर्ष पर पहुंचे कि ये जीनयुग्म (gene pair) एक गुणसूत्र पर उपस्थित होते हैं और इस कारण स्वतंत्र पुन: संयोजन (recombination) को रोकते हैं। पुन: संयोजन होता है लेकिन इसकी मात्रा असहलग्न जीनों (non

linked genes) की अपेक्षा बहुत कम होती है।

जब दो युग्म विकल्पी (allele) जैसे P एवं C एक जनक (PPCC x ppcc) में से आती हैं तब वे एक युग्मक में प्रवेश करती हैं और साथ-साथ संचरित होती है तब इसे युग्मन (coupling) कहते हैं और जब दो विभिन्न जनकों (AAbb x aaBB) से आती हैं तो अलग-अलग युग्मकों में प्रवेश करती हैं और पृथक्-पृथक् रहती हैं, इसे प्रतिकर्षण (repulsion) कहते हैं।

1910 में मॉर्गन (Morgan) ने ड्रोसोफिला(ड्रोसोफिला) पर अध्ययन करते समय इसी प्रकार के परिणाम प्राप्त किए। उनके अनुसार युग्मन (coupling) एवं प्रतिकर्षण (repulsion), सहलग्नता (linkage) के दो रूप हैं। उन्होंने बताया कि सहलग्नता की मात्रा अथवा प्रबलता (strength) गुणसूत्रों पर सहलग्न जीनों के बीच की दूरी पर निर्भर करती है। इस तथ्य के आधार पर ही गुणसूत्रों पर जीनों का रेखीय विन्यास (linear arrangement) का सिद्धान्त बना जो गुणसूत्रों के आनुवंशिक अथवा सहलग्न मानचित्रों (genetic or linkage maps) के निर्माण में सहायक सिद्ध हुआ।

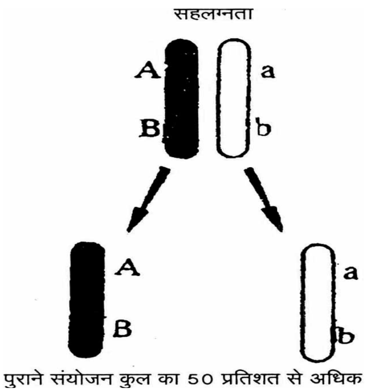


चित्र 15.2 : पुनः संयोजन

मक्का में सहलग्नता (Linkage in Maize)

मक्का में सहलग्नता का प्रक्रम स्पष्ट प्रतीत होता है। हच्चीसन (Hutchison) ने रंगीन (coloured) और पूरित (filled) बीजों वाले पौधे (CCSS) तथा रंगहीन (colourless) और संकुचित (shrunken) बीजों वाले पौधे (ccss) का संकरण करवाया। प्रथम संतानीयपीढ़ी (F_1) मे रंगीन व पूरित बीजों वाले पौधे (CS/cs) उत्पन्न हुए। स्व निषेचन (self fertilization) के पश्चात् द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी (F_2) उत्पन्न हुई जिसमें निम्नलिखित परिणाम प्राप्त हुए:

रंगीन पूरित (coloured full)	CS/cs	4032
रंगीन संकुचित (coloured shrunken)	Cs/cs	149
रंगहीन पूरित (colourless full)	cS/cs	152
रंगहीन संकुचित (colourless shrunken)	cs/cs	4035



चित्र 15.3 : सहलग्नता

रंगीन पूरित तथा रंगहीन संकुचित बीजों की संख्या, रंगीन संकुचित तथा रंगहीन पूरित बीजों की संख्या से बहुत अधिक है। रंगीन पूरित तथा रंगहीन संकुचित, बीजों के लक्षणों के जनकीय संयोजन (parental combination) हैं तथा रंगीन संकुचित तथा रंगहीन पूरित बीजों के लक्षणों क पुन: संयोजन (recombinations) हैं।

जनकीय संयोजन		Cs	4032	
(parental combinations)		cs	4035	
	योग		8067	or 96.4%
पुन: संयोजन		Cs	149	
(recombinations)		cS	152	
	योग		301	or 3.6%

जब इसी प्रकार का दूसरा संकरण करवाया गया जिसमें रंगहीन पूरित बीजों वाले पौधे (ccSS) का रंगीन संकुचित बीजों वाले पौधे (CCss) के साथ संकरण करवाया गया। इसमें भी जनकयि संयोजन (parental combinations), पुन : संयोजन (recombinations) से अधिक होता है लेकिन ये जनकीय संयोजन पहले प्रयोग से बिल्कुल विपरीत है। दूसरे प्रयोग के परिणाम इस प्रकार हैं

रंगीन पूरित (Coloured)	CS/cs	639
रंगीन संकुचित (Coloured shrunken)	Cs/cs	21379
रंगहीन पूरित (Colourless full)	cS/cs	21906
रंगहीन (Colourless shrunken)	cs/cs	672

जनकीय संयोजन		CS/cs	21379	
Parental combinations		Cs	021906	
	योग		43285	or 97.06%
पुन : संयोजन		Cs	639	
(recombinations)		cS	672	
	योग		1311	or 2.94%

सहलग्न जीनों के दो भिन्न युग्मों के जनकीय संयोजन चाहे कुछ भी हो, सहलग्नता (linkage), द्विगुण विषमयुग्मज (double hetrozygote) के युग्मको में उन्हें समान अनुपात में साथ रखती है।

बोध प्रश्न

1. निम्न (1-4) गुणसूत्रों में एक अथवा अधिक जीन उपस्थित है। इन्हें ध्यानपूर्वक देखकर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिये :

(अ) रिक्त स्थान भरिये:

(i) जीन A व B .... जीन हैं।

(ii) जीन C,D,E व F .... जीन हैं।

(iii) जीन G व H .... जीन हैं।

(ब) उपरोक्त चित्र में कितने सहलग्न समूह हैं?

……………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………….

(स) इन सहलग्न समूहों को लिखिये।

……………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………….

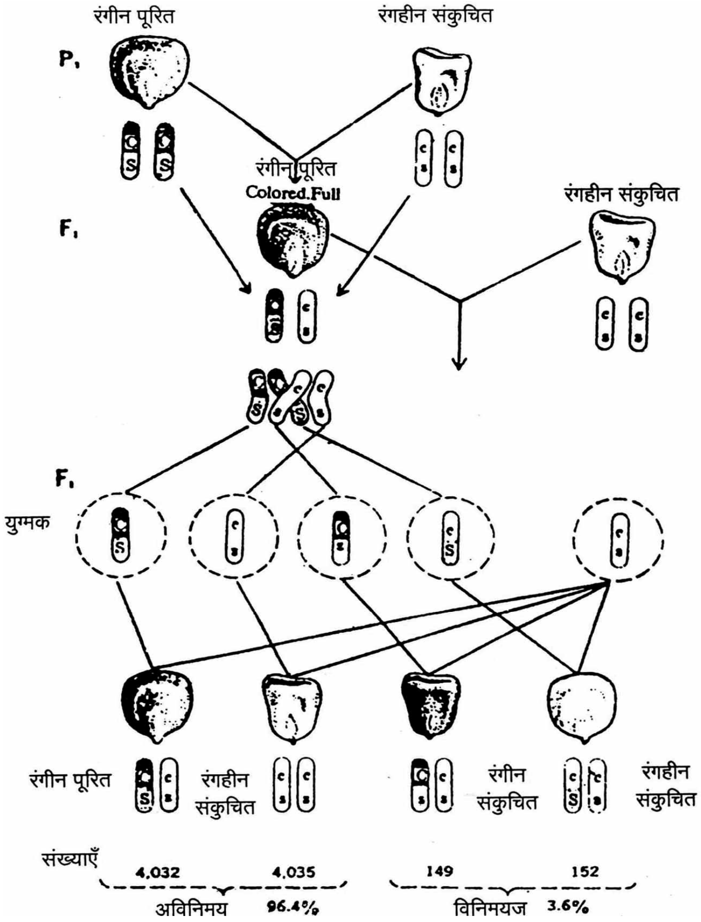
15.3 विनिमय (Crossing Over)

मॉर्गन (Morgan) के अनुसार एक ही गुणसूत्र पर उपस्थित जीन सहलग्नता (linkage) प्रदर्शित करती हैं। लेकिन मीठे मटर (sweet pea) व मक्का ((maize) के उदाहरणों से यह स्पष्ट है कि कुछ मात्रा में पुन : संयोजन (recombinations) भी होता है तथा सहलग्नता पूर्ण (cokplete) नहीं होती हैं क्योंकि कभी - कभी सहलग्न जीन पृथक् हो जाती हैं। अत : मक्का में बीज के रंग को प्रभावित करने वाली जीन C तथा बीज की आकृति को प्रभावित करने वाली जीन S, जनकयि संयोजन में 97% युग्मकों में संबद्ध (associated) रहती है लेकिन 3 प्रतिशत युग्मकों में पृथक् हो जाती हैं (चित्र 15.4)। मॉर्गन ने सहलग्न जीनों (linked genes) के पुन: संयो जन (recombination) का कारण, समजात गुणसूत्रों (homologous chromosomes) के भागों परस्पर लेन-देन (interchange) होना बताया। मॉर्गन ने समजात गुणसूत्रों के भागों के लेन-देन को विनिमय (Crossing over[) नाम दिया। विनिमय में गुणसूत्रों के व्यवहार को चित्र 15.4 व 15.5 के अनुसार प्रदर्शित किया जा सकता है। गुणसूत्र के खंड में जीन C व S विस्थलों (loci) मध्य विनिमय (Crossing over) होता है।

अर्धसूत्री विभाजन में विनिमय (Crossing over in Meiosis)

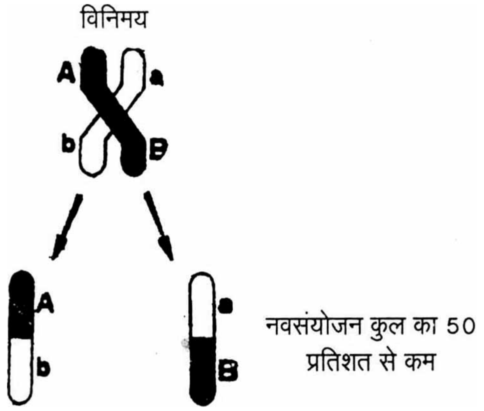
समजात गुणसूत्र (पैतृक एवं मातृक), अर्धसूत्री विभाजन की पूर्वावस्था - I (Prophase-I) की तनुपट्ट (laptotene) एवं युग्मपट्ट (zygotene) अवस्था के मध्य सूत्रयुग्मन (synapsis) करते है। सूत्रयुग्मन, गुणसूत्रों के भागों में परस्पर आकर्षण के कारण होता है क्योंकि वे भाग एक जैसे समजात

(homologous) होते हैं और उन पर युग्मविकल्पी जीन (allelic genes) होती हैं।

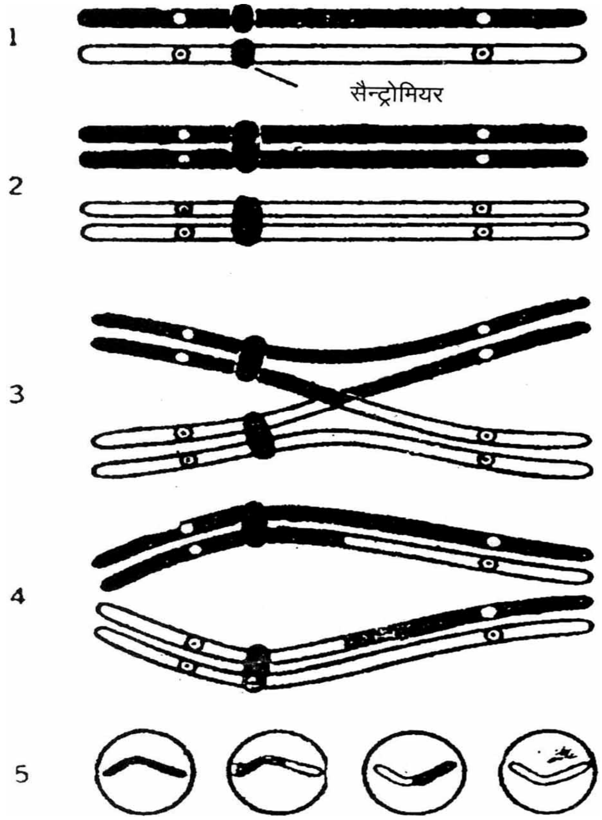


चित्र 15.4 : मक्का में सहलग्नता एवं विनिमय

स्थूलपट्ट (pachytene) तथा द्विपट्ट(diplotene) अवस्थाओं के मध्य में युग्मित गुणसूत्रों में से प्रत्येक, दो अर्धगुणसूत्र अथवा क्रोमेटिड (chromatid) में विभाजित हो जाता है और इस प्रकार एक युगली (bivalent) में चार अर्धगुणसूत्र बन जाते हैं। जब गुणसूत्र, अर्धगुणसूत्रों में विभाजित हो रहे होते हैं तब एक युगली में अर्धगुणसूत्र एक या अधिक स्थानों पर विनिमय (Crossing over) स्थापित कर लेते हैं जिन्हें व्यत्यासिका अथवा काइऐज्मेटा (chaiasmata) कहते हैं। प्रत्येक व्यत्यासिका अथवा काइऐज्मा (chaiasma) पर चार में से दो अर्धगुणसूत्र टूट कर पुन: जुड़ जाते हैं और इस प्रकार नये अर्धगुणसूत्रों में मूल अर्धगुणसूत्रों के भाग होते हैं (चित्र 15.4 व 15.5)। व्यत्यासिका निर्माण के कारण अर्धसूत्री विभाजन के पश्चात् नये गुणसूत्रों में वे जीन आ जाती हैं जोअर्धसूत्री विभाजन से पहले समजात गुणसूत्रों के युग्म के विभिन्न गुणसूत्रों पर थी। (चित्र 15.6)



चित्र 15.5 : विनिमय (Crossing over)



चित्र 15.6 व्यत्यासिका निर्माण

ड्रोसोफिला में विनिमय (Crossing over in Drosophila)

आनुवंशिक अध्ययनों में प्रयुक्त अधिकांश जीवों में, उदाहरण के लिए मक्का, मटर, मूषक, मुर्गी तथा मानव में नर व मादा दोनों में सहलग्न जीनों का पुन: संयोजन प्रमाणित होता है और इसी प्रकार नर व मादा दोनों में व्यत्यासिका अथवा काइऐज्मा (chiasma) का निर्माण होता है। यद्‌यपि ड्रोसोफिला में विस्तारपूर्वक अध्ययन किया गया है लेकिन इस सम्बन्ध में नर व मादा में भिन्न-भिन्न लक्षण पाये जाते हैं। नर ड्रोसोफिला में विनिमय की सम्भावना दुर्लभ है या अनुपस्थित होती है (चित्र 15.7)। यदि एक धूसर काय (gray bodied) व अवशेषी पंखों (vestigial winged) नर ड्रोसोफिला का काली

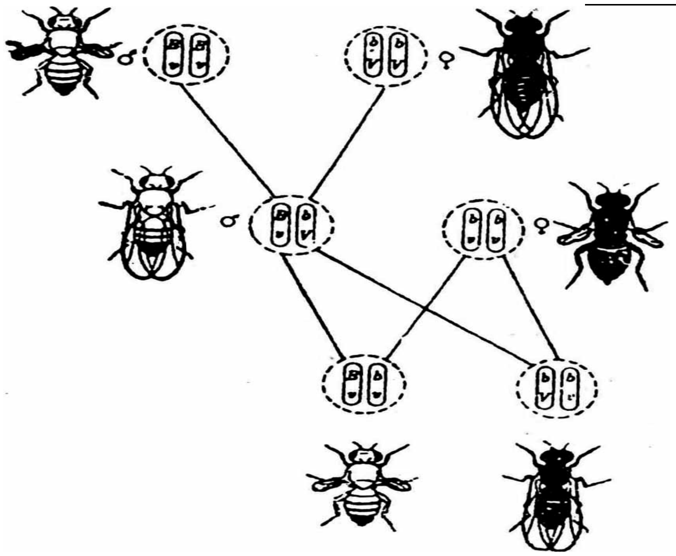
काय (black bodied) व लम्बे पंखों (long winged) वाली मादा ड्रोसोफिला के साथ संकरण करवाया जाए तो F_1 पीढ़ी में धूसर काय व लम्बे पंखों वाले नर व मादा ड्रोसोफिला उत्पन्न होते हैं। अब यदि F_1 पीढ़ी के नर का काली काय व अवशेषी पंखों वाली मादा के साथ संकरण करवाया जाए तो F_2, पीढ़ी में धूसर काय व अवशेषी पंखों तथा काली काय व लम्बे पंखों वाली संतानें उत्पन्न होती हैं। इसमें प्रत्याशित विनिमयज (expected crossovers)- धूसर काय व लम्बे पंखों वाली तथा काली काय व अवशेषी पंखों वाली संतानें - प्रगट नहीं होती (चित्र 15.7) लेकिन यदि F_1 पीढ़ी की मादा का काली काय व अवशेषी पंखों वाले नर के साथ संकरण करवाया जाए (चित्र 15.8) तो प्रत्याशित चार प्रकार की ड्रोसोफिला निम्नलिखित अनुपात में प्राप्त होती हैं (मॉर्गन,1919)।

अविनिमयज (non crossover)

(i) धूसर काय व अवशेषी पंख		41.5%
(ii) काली काय व लम्बे पंख		41.5%
	योग	83%

विनिमयज (Crossovers)

(i) काली काय व अवशेषी पंख		8.5 %
(ii) धूसर काय व लम्बे पंख		8.5 %
	योग	17 %



चित्र 15.7 : पूर्ण सहलग्नता

नर के युग्मकों में विनिमय की अनुपस्थिति, गुणसूत्र पर जीनों के बीच की कम दूरी के कारण नहीं होती बल्कि नर में शुक्राणुजनन (spermatogenesis) के समय व्यत्यासिका (chiasma) की अनुपस्थिति के कारण होती है। रेशम कीट (silk worm) की मादा में भी विनिमय नहीं होता है।

बोध प्रश्न

2. (अ) विनिमय कब होता है?

....

....

....

(ब) किन संरचनाओं के मध्य जीनों का आदान-प्रदान होता हैं?

....

....

....

3. निम्न चित्र में व्यत्यासिका निर्माण दर्शाया गया हैं। दो गुणसूत्रों पर जीन a,b,c,d,e,f,g व h तथा A,B,C,D,E,F,G व H, हैं। विनिमय के परिणाम स्वरूप पृथक् हुए गुणसूत्रों पर उपस्थित चित्रों को रिक्त स्थान में लिखिये।

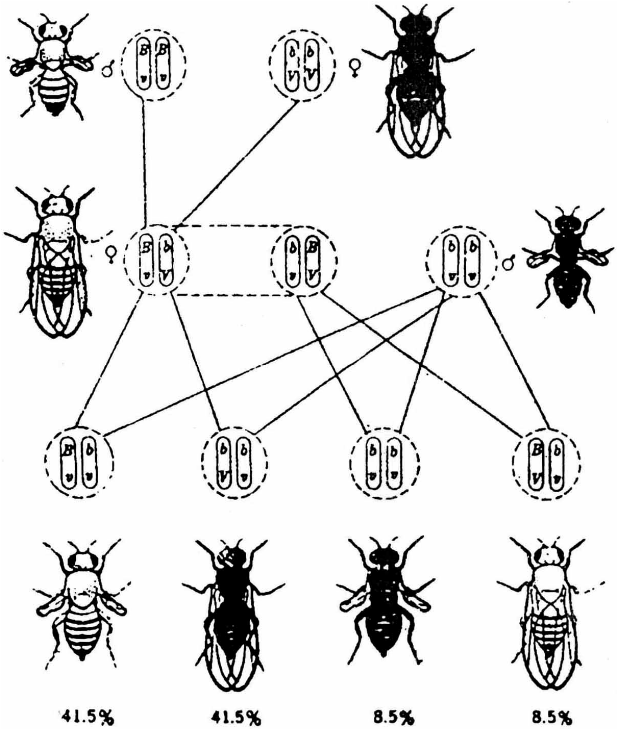
15.4 गुणसूत्र चित्रण (Chromosome Mapping)

मॉर्गन द्वारा सहलग्नता की खोज से गुणसूत्रों की आंतरिक संरचना का अध्ययन सरल हो गया। विशिष्ट गुणसूत्रों पर विशिष्ट जीन पायी जाती हैं। जीनों के संयोजन के व्यवहार को जानकर गुणसूत्रों की संरचना को समझा जा सकता है। सहलग्नता की प्रबलता अर्थात् विनिमय व पुन: संयोजन की मात्रा गुणसूत्रों पर जीनों के मध्य की दूरी पर निर्भर करती है। इन जीनों के मध्य जितनी अधिक दूरी होगी, विनिमय होने की सम्भावना उतनी ही बढ़ जाती है। पास-पास स्थित जीन, सहलग्न जीन (limked genes) होती हैं। उपरोक्त वर्णित तथ्यों के आधार पर आनुवंशिकी का एक नया अध्याय प्रारम्भ हुआ जिसे गुणसूत्र चित्रण (chromosome mapping) कहते हैं।

जीनों के मध्य की दूरी (Distance between Genes)

चित्र 15.8 में प्रदर्शित आकड़ो के अध्ययन से पता चलता है कि F_2 पीढ़ी की चार प्रकार की संतानों का अनुपात 1:1: 1:1 नहीं है -इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि ये जीन युग्म एक ही गुणसूत्र पर उपस्थित हैं अर्थात् ये सहलग्न (linked) होती हैं। जनकीय संयोजनों का अनुपात 1:1 है और पुन: संयोजन की संख्या बहुत कम होती है। ये पुन: संयोजन, विनिमय के कारण होते हैं। इस प्रयोग में पुन: संयोजनों की मात्रा 17 प्रतिशत है। विभिन्न सहलग्न जीनों के मध्य विनिमय की प्रतिशत गुणसूत्रों पर जीनों के मध्य की दूरी पर निर्भर करती हैं। विनिमय के कारण जीनों के नये संयोजनों का उत्पादन तब तक नहीं होता जब तक विनिमय सहलग्न जीनों के मध्य न हो। जिन जीनों के मध्य कम दूरी होती है उनमें विनिमय की सम्भावना बहुत कम होगी और जिन जीनों के मध्य अधिक दूरी होती है उनमें विनिमय की सम्भावना अधिक होती है। अत: विनिमय की प्रतिशतता, सहलग्न जीनों के मध्य की आपेक्षिक दूरी (relative distance) का सूचक होती है। यह दूरी इकाई के रूप में अभिव्यक्त की जाती है और एक प्रतिशत, एक इकाई को निरूपित (represent) करती है (1 इकाई= 1 प्रतिशत)। अत: हम कह सकते हैं कि काली काय व अवशेषी पंखों को नियंत्रित करने वाली जीनों के मध्य 17 इकाइयों की दूरी होती है। इसी प्रकार यदि हम एक गुणसूत्र पर तीन जीनों का अध्ययन करें तो वे दो जीन जो सर्वाधिक विनिमय प्रदर्शित करता हैं एक दूसरे से सर्वाधिक दूरी पर होंगी तथा तीसरी जीन उन दोनों के मध्य स्थित होगी। इन सिद्धान्तों के आधार पर गुणसूत्रों पर जीनों के क्रम (sequence) व आपेक्षिक दूरी (relative distance) को ज्ञात कर गुणसूत्र मानचित्र (Chromosome map) का

चित्रण किया जा सकता है।

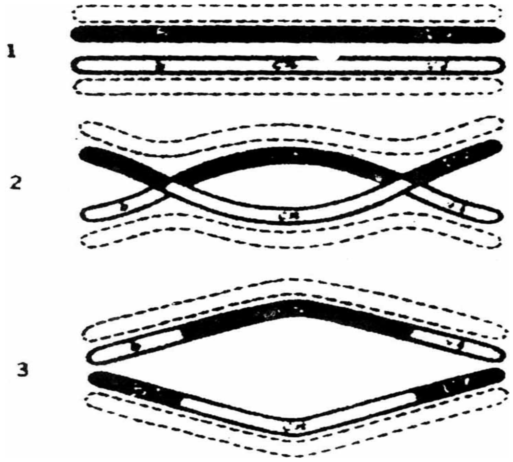


चित्र 15.8 : मादा ड्रोसोफिला में सहलग्न जीनों का पुन: संयोजन

द्विनिमय (Double Crossing over)

ड्रोसोफिला में काली काय व अवशेषी पंखों की जीन लगभग 17 प्रतिशत विनिमय प्रदर्शित करती है लेकिन इसे अंतिम रूप से मानने से पहले कुछ अन्य संकरण करना अतिआवश्यक है। जब एक काली काय व सिनबार आँखों (चमकीली लाल आँखे) वाली ड्रोसोफिला का धूसर काय व सामान्य लाल आँखों वाली विपरीत लिंग की ड्रोसोफिला के साथ संकरण करवाया जाए और उनकी संतान के साथ परीक्षार्थ संकरण (test cross) करवाया जाए तो इन दो युग्म जीनों में 9 प्रतिशत विनिमय प्रदर्शित होता है। और जब सिनबार आँखों व अवशेषी पंखों वाली ड्रोसोफिला का सामान्य लाल आँखों वाली व लम्बे पंखों वाली विपरीत लिंग की ड्रोसोफिला के साथ संकरण करवाया जाए तो 9.5 प्रतिशत विनिमय प्रदर्शित होता है। इन परिणामों से हम इस निष्कर्ष पर पहुंचते हें कि सिनबार आँखों की जीन, काली काय की जीन व अवशेषी पंखों की जीन के लगभग मध्य में स्थित होती है लेकिन इन दोनों का कुल विनिमय 18.5 प्रतिशत (9%+ 9.5%) होता है लेकिन पूर्व के संकरण में इसकी मात्रा 17 प्रतिशत थी। ऐसा, द्विविनिमय (double crossing over) के कारण होता है अर्थात् एक कोशिका में दो विस्थलों (loci) पर एक साथ दो विनिमय होते हैं (चित्र 15.9)।

यदि दो जीन आपस में पास-पास हैं तो उनमें द्विविनिमय (double crossing over) नहीं होता। यदि एक बिन्दु पर विनिमय होता है तो दूसरा विनिमय उससे एक निश्चित दूरी तक नहीं हो पाता। यह प्रक्रम इन्टरफेरेन्स (interference) कहलाता है। ड्रोसोफिला में इन्टरफेरेन्स के कारण 10 इकाई या इससे कम दूरी पर स्थित जीनों के मध्य द्विविनिमय नहीं होता है।



चित्र 15.9 : द्विविनिमय

त्रिसंकर अथवा त्रिबिड संकरण (trihybrid or threepoint cross) के परिणामों के आधार पर काली काय व अवशेषी पंखों की जीन के मध्य की वास्तविक दूरी का पता लगाया जा सकता है। काली काय, सिनबार आखों (चमकीली लाल आँखों) तथा अवशेषी पंखों वाली ड्रोसोफिला का धूसर काय, सामान्य लाल आँखों तथा लम्बे पंखों वाली विपरीत लिंग की ड्रोसोफिला के साथ संकरण करवाने पर प्राप्त संतान का परीक्षार्थ संकरण (test cross) करवाने पर निम्नलिखित परिणाम प्राप्त होते हैं

धूसर काय, लाल आँखे व लम्बे पंख	332	जनकीय प्रकार
काली काय, चमकीली लाल आँखें व अवशेषी पंख	326	कुल 658, 82.25%
काली काय, चमकीली लाल आँखें व लम्बे पंख	36	cn व vg के मध्य
धूसर काय, लाल आँखें व अवशेषी पंख	34	विनिमयज, कुल 70
काली काय, लाल आँखें, लम्बें पंख	35	b व cn के मध्य
धूसर काय, चमकीली लाल आँखें, अवशेषी पंख	31	विनिमयज, कुल 66
काली काय, लाल आँखें, अवशेषी पंख	2	cn व vg; b द्विविनिमयज
धूसर काय, चमकीली लाल आँखें, लम्बे पंख	4	कुल 6 व cn

b-काली काय, cn-सिनबार आँखें, vg-अवशेषी पंख

cn, व vg के मध्य विनिमयजो का सर्वयोग (70 + द्विविनिमयज)	=	70 + 6	=	76 या 9.5%
b व cn के मध्य विनिवयजो का सर्वयोग (66 + द्विविनिमयज)	=	66 + 6	=	72 या 9.0%
b तथा vg के मध्य विनिमयजों का सर्वयोग (द्विविनिमयजों सहित)	=	76 + 72	=	148 या 18.5%
b तथा vg के मध्य विनिमयजो का योग (विनिमयज रहित)	=	70 + 66	=	136 या 17.0%

काली काय व अवशेषी पंख की जीन के मध्य की दूरी को मापने के लिए काली काय व सिनबार आँखों वाली जीन के मध्य की दूरी (9 प्रतिशत = 9 इकाई) तथा सिनबार आँखों व अवशेषी पंखों वाली जीन

के मध्य की दूरी (9.5 प्रतिशत = 9.5 इकाई) का योग किया जाता है (9 + 09.5 = 18.5 इकाई)। अत: काली काय की जीन व अवशेषी पंखों की जीन के मध्य 18.5 इकाइयों की दूरी है। द्विविनिमयजो की दो बार गणना करने पर जीनों के मध्य की वास्तविक दूरी का पता चलता है (70 + 66 + 6 + 6 = 148 = 18.5 प्रतिशत = 18.5 इकाइयाँ)। इस परिणाम में पूर्व में प्राप्त मात्रा 17 प्रतिशत प्रदर्शित होती है जिसमें विनिमयजों की गणना नहीं की गयी है (70 + 66 = 136 = 17 प्रतिशत = 17 इकाइयाँ)

गुणसूत्र पर जीन का स्थान निर्धारण (Locating Gene on the Chromosome)

हमें यह ज्ञात हो गया है कि काली काय की जीन व सिनबार आँखों की जीन के मध्य 9 इकाई की दूरी है तथा सिनबार आँखों की जीन व अवशेषी पंखों की जीन में 9.5 इकाई की दूरी है। अब हमें गुणसूत्र पर इन जीनों के स्थान का निर्धारण करना है। पूर्व में किए अध्ययन से पता चलता है कि काली काय की जीन 48.5 पर स्थित होती है। ऐसे में दो परिस्थितियाँ हो सकती हैं

(i) सिनबार जीन व अवशेषी जीन, काली जीन के दाहिनी तरफ है तो उनकी स्थिति क्रमश: 57.5 (48.5 + 9) तथा 67 (57.5 + 9.5) पर होगी।

b	cn	vg
48.5	57.5	67

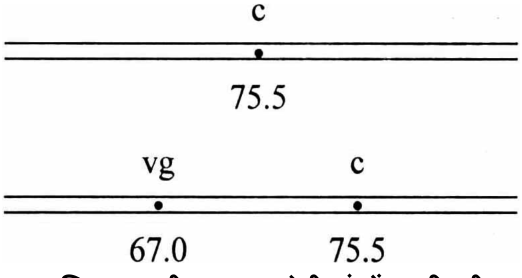
(ii) सिनबार जीन व अवशेषी जीन, काली जीन के बायीं तरफ है तो उनकी स्थिति क्रमश: 39.5 (48.5 - 9) तथा 30 (39.5 - 9.5) पर होगी।

Vg	cn	b
30	39.5	48.5

b	cn	vg
48.5	57.5	67
Vg	cn	b
30	39.5 48.5	

चित्र 15.10 : सिनबार जीन, अवशेषी जीन व काली जीन की स्थिति

इनमें से कौन से स्थान सही हैं यह जानने के लिए किसी अन्य ज्ञात जीन का विनिमयज परीक्षण (Crossover test) किया जाता है। माना हमने मुड़े पंखों वाली जीन, जो 75.5 पर स्थित होती है, को चुना। इस जीन व अवशेषी पंखों वाली जीन के साथ विनिमयज प्रतिशतता 8.5 प्राप्त होती है। अत: अवशेषी पंखों वाली जीन 67 (75.5 -8.5) पर ही है और सिनबार जीन 57.5 (67 - 9.5) पर है।



चित्र 15.11 : सिनबार जीन व अवशेषी पंखों वाली जीन की स्थिति

जीनों के क्रम का निर्धारण (Determination of the sequence of genes)

गुणसूत्रों पर जीनों के क्रम का निर्धारण तीन जीनों के विनिमय को ज्ञात कर किया जा सकता है। सर्वाधिक विनिमय प्रदर्शित करने वाली जीन सर्वाधिक दूरी पर होती है तथा तीसरी जीन उन दोनों जीनों के मध्य स्थित होती है।

गुणसूत्र मानचित्रों की रचना (Construction of Chromosome Maps)

किसी जीव में जीनों का पर्याप्त संख्या में निर्धारण हो जाए तब गुणसूत्र मानचित्र की रचना की जा सकती है। गुणसूत्र मानचित्र में, गुणसूत्रों की संख्या (number of chromosomes), गुणसूत्रों के प्रत्येक युग्म से संबद्ध सहलग्न समूह (linkage groups), प्रत्येक गुणसूत्र युग्म पर जीनों का क्रम (sequence of genes) तथा प्रत्येक गुणसूत्र युग्म पर जीनों के मध्य आपेक्षिक दूरी (relative distance) को प्रदर्शित किया जाता है।

किसी ऐसे जीव की विशिष्ट जाति (specific species), जिसका कभी पहले आनुवंशकीय अध्ययन न किया गया हो के गुणसूत्र मानचित्र (chromosome map) की रचना निम्नलिखित चरणों में की जाती है:

(1) सबसे पहले इस जीव के अधिक से अधिक परिवर्त रूप (variant form) एकत्रित कर शुद्ध वंश (pure breed) प्राप्त किये जाते हैं।

(2) इन शुद्ध वंशों का आपस में प्रजनन करवाकर सहलग्न समूहों (linkage groups) की संख्या ज्ञात की जाती है जो गुणसूत्र युग्मों (chromosome pairs) की संख्या के समान होती है।

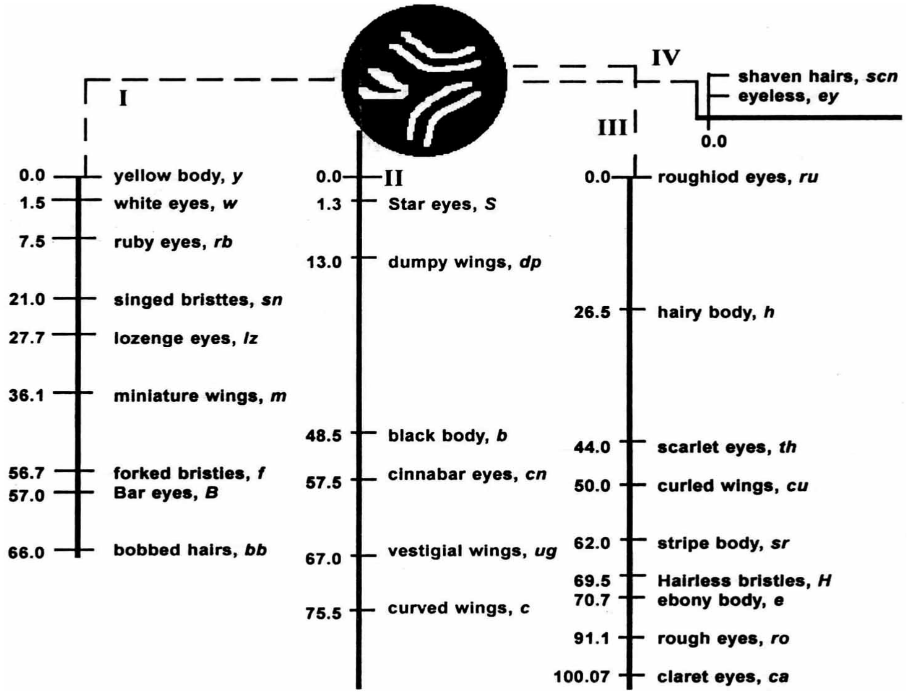
(3) प्रत्येक सहलग्न समूह के विस्तारपूर्वक अध्ययन से प्रत्येक दो युग्म जीनों के मध्य विनिमय प्रतिशतता (crossing over percentage) ज्ञात की जाती है।

(4) विनिमय प्रतिशतता के आधार पर गुणसूत्रों पर जीनों का सही क्रम ज्ञात किया जाता है।

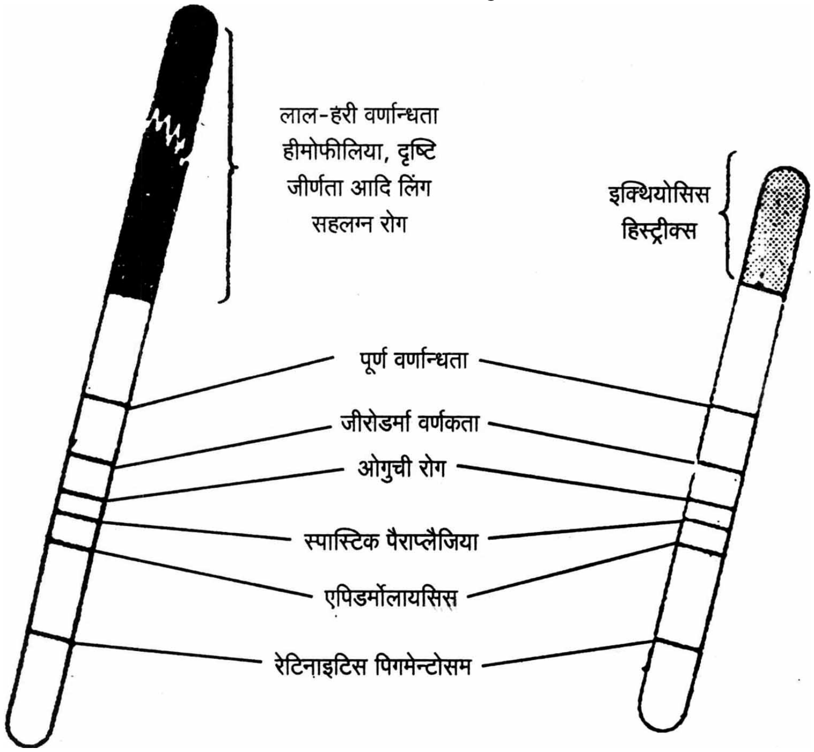
उदाहरण (Example)

माना कि एक जीव में चार सहलग्न समूह हैं जिन्हें हम रोमन अंक पद्धति में I, II, III तथा IV नाम देते हैं। माना कि सहलग्न समूह II में 19 जीनों के बारे में जानकारी प्राप्त हुई है तो हम इन 19 जीनों का नाम a, b, c..... तथा s रखेंगे। विनिमय के आकड़ों से यह निष्कर्ष निकलता है कि a व s जीन आपस में सबसे अधिक दूरी पर हैं। a हमारा प्रारम्भिक बिन्दु है और इसे हम 0,0 कहते हैं। यदि b,1.3% विनिमय प्रदर्शित करती है तो हम गुणसूत्र पर b की स्थिति का निर्धारण 1.3 पर करेंगे। अगर जीन c जीन, b के साथ 9.7 प्रतिशत विनिमय प्रदर्शित करती है तथा जीन a के साथ 11.0 प्रतिशत विनिमय प्रदर्शित करती है तो हम गुणसूत्र पर c की स्थिति का निर्धारण 11.0 पर करेंगे। इसी प्रकार अन्य 16 जीनों को स्थिति का भी निर्धारण किया जाता है। इस तरह एक 'अस्थायी' गुणसूत्र मानचित्र (‘Provosional' chromosome map) की रचना की जाती है। इस मानचित्र को ''अस्थायी' ' इसलिए कहा जाता है कि बाद में होने वाले अध्ययनों से यदि विनिमय के और अधिक यथार्थ आकड़े प्राप्त हों या किसी ऐसी नयी जीन का पता चले जो हमारे अस्थायी गुणसूत्र मानचित्र के प्रक्षेत्र (range) में न आती हो, तो हमें गुणसूत्र पर दूरियों को पुन: क्रमबद्ध करना पड़ेगा। उदाहरण के लिए, हमें एक ऐसी जीन का पता चलता है जो a के साथ 15.3 प्रतिशत विनिमय प्रदर्शित करती है तथा b के साथ

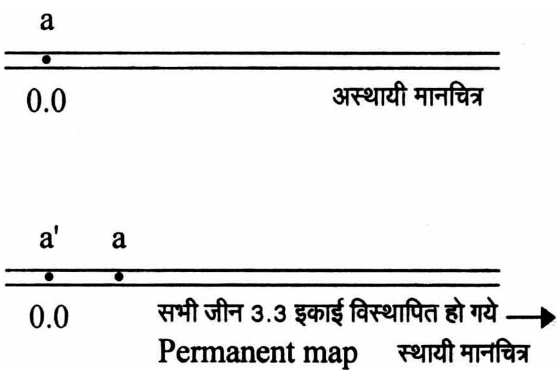
4.6 प्रतिशत विनिमय प्रदर्शित करती है। यह जीन a व b के मध्य में नहीं हो सकती और न ही यह b के दाहिनी ओर हो सकती है इसलिए यह जीन अवश्य ही a के बायीं ओर हैं। हम इस नयी जीन (a) को 0.0 पर स्थापित करेंगे तथा शेष सभी जीनों को 3.3 इकाई आगे बढ़ा देंगे।



चित्र 15.12 : ड्रोसोफिला का गुणसूत्र मानचित्र



चित्र15.13 : मानव X व Y गुणसूत्रों का मानचित्र



चित्र 15.14 : अस्थायी व स्थायी मानचित्रण

(Provisional and permanent Mapping)

इसी प्रक्रिया द्वारा शेष तीन सहलग्न समूहों की सहायता से गुणसूत्रों का पूर्ण मानचित्र का चित्रण किया जाता है। आनुवंशिकीविज्ञों (geneticists) तथा कोशिकाविज्ञों (cytologists) द्वारा विभिन्न जीवों के गुणसूत्र मानचित्रों का चित्रण किया गया है।

15.5 सारांश (Summary)

इस इकाई में आपने सीखा है कि

- अर्धसूत्री विभाजन के दौरान एक गुणसूत्र पर उपस्थित कुछ अयुग्मविकल्पी जीन (Non-allelic genes) स्वतंत्र अपव्यूहन प्रदर्शित करने के बजाय साथ-साथ रहती है। यह परिघटना (phenomenon) सहलग्नता कहलाती है।
- सहलग्न जीनों का पुन : संयोजन विनिमय द्वारा होता है। विनिमय के दौरान दो समजात गुणसूत्रों के भागों पर व्यत्यासिका निर्माण के कारण उनमें जीनों का आदान-प्रदान होता है। यह प्रक्रिया अर्धसूत्री विभाजन के प्रथम पूर्वावस्था की पेकीटीन अवस्था के दौरान होता है।
- विभिन्न जीनों के मध्य विनिमय की आवृति, गुणसूत्र पर उपस्थित जीनों के आपेक्षिक क्रम तथा विस्थल को ज्ञात करने के लिए प्रयुक्त की जाती है। इसे आनुवंशिक चित्रण कहते है। मानचित्र दूरी की इकाई (mm या cm) 1 धुन-संयोजन के रूप में परिभाषित की जाती है।

15.6 शब्दावली (Glossary)

सहलग्नसमूह	Linkage group
युग्म विकल्पी	Alleles
पुन: संयोजन	Recombination
युग्मन	Coupling
प्रतिकर्षण	Repulsion
रेखिय विन्यास	Linear arrangement
जनकीय संयोजन	Parental Combination
व्यत्यासिका	Chaisma

15.7 संदर्भ ग्रन्थ (Further reading)

1. भाटिया, कोहली एवं जैन, रमेश बुक डिपो, जयपुर
2. Agrawal, S . Chand and Company, Delhi

15.8 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self Assessment)

बोध प्रश्न

1. (अ) (i) असहलग्न
   (ii) सहलग्न
   (iii) सहलग्न
   (ब) दो
   (स) CDEF एवं GH
2. (अ) अर्धसूत्री विभाजन की पूर्वास्था I की पेकीटीन अवस्था के दौरान।
   (ब) समजात गुणसूत्रों के अर्धगुणसूत्रों के मध्य

15.9 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1. सही अथवा गलत लिखिये:
   (i) 45% विनिमय 45 मानचित्र इकाई के समान होते हैं।
   (ii) एक आनुवंशिक मानचित्र गुणसूत्र की वास्तविक संरचना को निरुपित करता है।
   (iii) 10% 1 मानचित्र इकाई के समान होता है।
2. सही उत्तर को √ करें

(अ) अर्धसूत्री विभाजन में विनिमय किस अवस्था में होता हैं?
   (i) पूर्वावस्था I
   (ii) पूर्वास्था II
   (iii) पश्चावस्था I
   (iv) पश्चावस्था II

(ब) विनिमय के दौरान आनुवंशिक सूचनाएं दो के मध्य आदान-प्रदान की जाती हैं
   (i) गुणसूत्र के अर्धगुणसूत्रों के मध्य
   (ii) गुणसूत्र की लम्बी भुजा के मध्य
   (iii) समजात गुणसूत्र के अर्धगुणसूत्रों के मध्य
   (iv) विषमजात गुणसूत्र के अर्धगुणसूत्रों के मध्य

(स) A व C जीनों के मध्य पुन: संयोजन आवृत्ति 19 प्रतिशत हैतथा B व C जीनों के मध्य 25 प्रतिशत है तो गुणसूत्र पर जीनों का क्रम क्या होगा?
   (i) ACB
   (ii) ABC

(iii) CAB

(iv) BAC

अभ्यासार्थ प्रश्नों के उत्तर (Answer to Exercise Quetions)

1. (i) सही

   (ii) सही

   (iii) गलत

2. (अ) (i)

   (ब) (iii)

   (स) (iv)–

इकाई 16 : आनुवांशिक अन्योन्य क्रिया (Genetic Interaction)

इकाई की रूपरेखा (Outline of Unit)

16.0 उद्देश्य (Objectives)

16.1 प्रस्तावना (Introduction)

16.2 संपूरक जीन्स (Supplementary Genes)

16.3 पूरक जीन्स (Complimentary Genes)

16.4 द्विक जीन्स (Duplicate Genes)

16.5 प्रबलता (Epistasis) अथवा संदमी जीन्स (Inhibitory Genes)

16.6 बहुरापी जीन (Polymorphic Genes)

16.7 बहुजीन वंशागति (Multiple Gene Inheritance)

16.8 बहुविकल्पी एवं रुधिर वर्ग वंशागति (Multiple Alleles and Blood group inheritance)

16.8.1 बहुविकल्पी (Multiple Alleles)

16.8.2 रुधिर वर्ग वंशागति (Blood Groups Inheritance)

16.9.3 रुधिर वर्ग की सार्थकता (Significance of Blood Group)

16.9 सारांश (Summary)

16.10 शब्दावली (Glossary)

16.11 संदर्भ ग्रन्थ (Further Reading)

16.12 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self Assessment Questions)

16.13 आभ्यास प्रश्न (Exercise Questions)

16.0 उद्देश्य (Objectives)

- इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप मेन्डेल द्वारा प्राप्त अनुपातों 3: 1 तथा 9 : 3 : 3: 1 के अपवाद स्वरूप प्राप्त अन्य अनुपातों तथा उनके कारणों के बारे में जान सकेंगे।
- आप संपूरक जीन, पूरक जीन, द्विक जीन, प्रबलता, संदमी जीन तथा बहुरूपी जीन के उदाहरणों तथा उनके आनुवंशिक वंशानुगति के बारे में अंतर कर पाऐंगे।
- आप बहुजीन वंशागति के अन्तर्गत विभिन्न रूधिर वर्गो के बारे में तथा उनमें अंतर के बारे में जान पाऐंगे।

16.1 प्रस्तावना (Introduction)

यद्यपि सन् 1900 में मेन्डेल के विसंयोजन नियम (law of segregation) एवं स्वतंत्र अपव्यूहन नियम (law of independent assortment) की पुष्टि हो गयी थी, लेकिन यह निश्चित नहीं था कि ये नियम सभी जीवों में, सभी आनुवंशिकता (heredity) पर सार्वजनिक रूप से (universally) प्रयुक्त किए जा सकते हैं। बाद में किए गए प्रयोगों में चिरप्रतिष्ठित मेन्डेल के अनुपात जैसे, 3: 1,

9: 3: 3: 1 इत्यादि के अपवाद प्राप्त हुए। ये अपवाद कई लक्षणों पर दो या अधिक जीन युग्मों के प्रभाव के कारण उत्पन्न होते हैं। जीनों की पारस्परिक क्रिया अथवा ' अन्योन्यक्रिया ' (interaction of genes) के फलस्वरूप उनकी अभिव्यक्ति होती है। पारस्परिक क्रिया के प्ररुप के आधार पर लक्षणप्ररूप अनुपात विभिन्न प्रकार से रुपान्तरित हो जाता है, हालांकि आनुवंशिकता के पारगमन के मूल नियमों में कोई परिवर्तन नहीं होता है। इस अध्याय में जीन अभिव्यक्ति और पारस्परिक क्रिया के विभिन्न प्ररुपों का वर्णन किया गया है।

16.2 संपूरक जीन्स (Supplementary Genes)

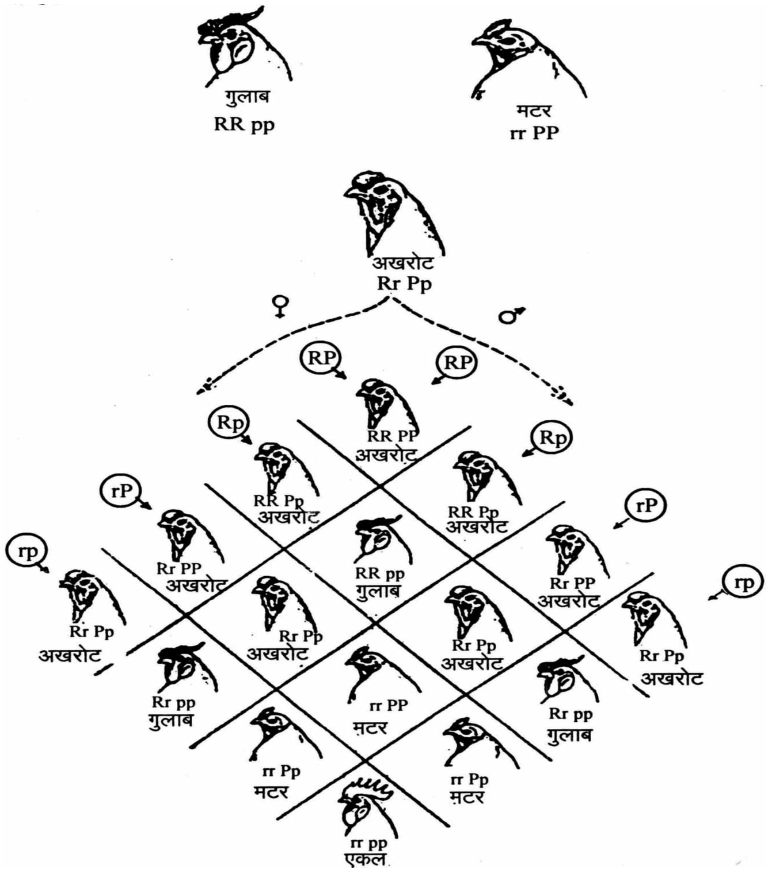
जब दो या अधिक जीन एक लक्षण को प्रभावित करें तो उन जीनों की पारस्परिक क्रिया के प्रकार व मात्रा के आधार पर विभिन्न प्रकार के लक्षण प्ररुपी अनुपात प्रगट होते हैं। कुछ उदाहरणों में जैसे कुक्कटों अथवा मुर्गों की कलगियों (combs) की आकृति में, विशेष जीन प्ररुपी संयोजन से बिल्कुल नया लक्षणप्ररूप उत्पन्न होता है। बेटसन एवं पुनेट्ट (Bateson and Punnet) ने इस उदाहरण में बताया कि गुलाब कलगी (rose comb) और मटर कलगी (pea comb), एकल कलगी (single comb) पर प्रभावी (dominant) होती हैं हालांकि गुलाब कलगी (single comb) पर प्रभावी (dominant) होती हैं, हालांकि गुलाब कलगी (RRpp) और मटर कलगी (rrPP) के प्रभावी कारकों के संयोजन के प्रथम सन्तानीय पीढ़ी, F_1 में एक भिन्न प्रकार का अखरोट कलगी (walnut comb, RrpP) उत्पन्न होता है (चित्र 16.1)। जब F_1 पीढ़ी के कुक्कुटो में संकरण करवाया जाए तो द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी, F_2 , में अद्भुत परिणाम प्राप्त होता है। F_2 पीढ़ी में न केवल अखरोट कलगी, गुलाब कलगी व मटर कलगी वाले कुक्कुट उत्पन्न होते हैं बल्कि एकल कलगी वाले कुक्कट भी उत्पन्न होते हैं। इनका अनुपात -9/16 अखरोट कलगी, 3/16- गुलाब कलगी, 3/16 मटर कलगी और 1/16 एकल कलगी होता है। गुलाब कलगी वाले कुक्कुट में केवल गुलाब कलगी की जीन, R_1, प्रणाली जीन के रूप में उपस्थित होती है, और मटर कलगी वाले कुक्कट में मटर कलगी की जीन P_1 प्रभावी जीन के रूप में उपस्थित होती है। अखरोट कलगी वाले कुक्कट में ये दोनों प्रभावी जीन (R व P) पायी जाती है और एकल कलगी वाले कुक्कुट में ये दोनों जीन अप्रभावी रूप में (r व p) होती हैं।

इस उदाहरण में एवं एक सामान्य द्विसंकर वंशागति (dihybrid inheritance) में निम्नलिखित विभिन्नताएँ पायी जाती हैं :

i. प्रथम सन्तानीय पीढ़ी, F_1 के सदस्य किसी भी जनक (parent) जैसे नहीं होते हैं।

ii. द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी, F_2, में विचित्र लक्षण उत्पन्न होते हैं।

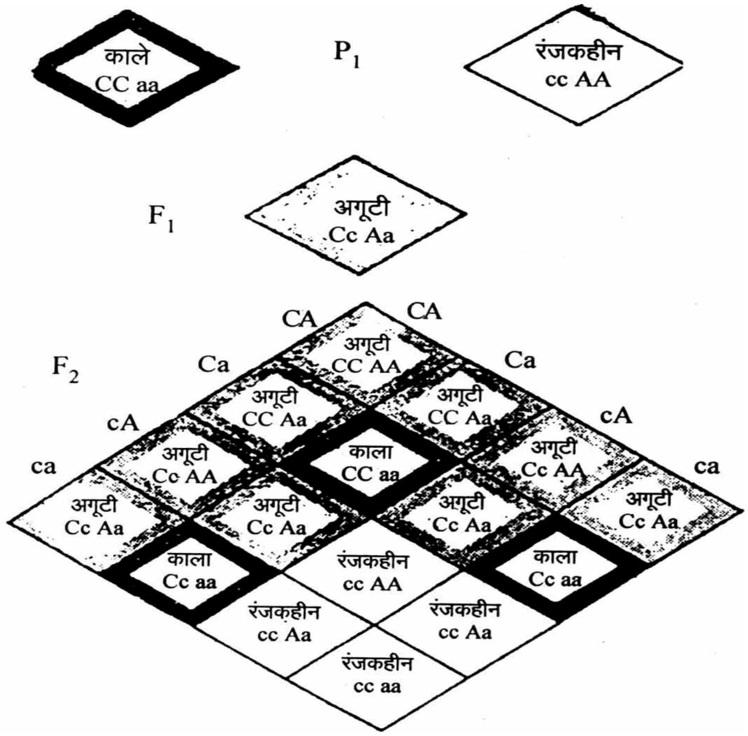
दो स्वतंत्र रूप से वंशागत प्रभावी जीनों की पारस्परिक क्रिया के परिणामस्वरूप अखरोट कलगी (walnut comb) और दो अप्रभावी जीनों की पारस्परिक क्रिया के परिणामस्वरूप एकल कलगी (single comb) उत्पन्न होती है। ये विशेषताएँ वंशागति की नयी विधि के कारण नहीं होती बल्कि उस परिस्थिति के कारण होती है जिसमें एक जीव के एक ही अंग में दोनों जीनों की अभिव्यक्ति होती है।



चित्र 16.1 संपूरक जीन्स (Supplementary Genes)

जब दो भिन्न जीनों की पारस्परिक क्रिया इस प्रकार हो कि एक प्रभावी जीन अपना प्रभाव प्रदर्शित करे चाहे दूसरी जीन उपस्थित हो या ना हो जबकि दूसरी जीन पहली जीन की उपस्थिति में ही अपना प्रभाव प्रदर्शित करती हो। ऐसी जीनों की संपूरक जीन (supplementary genes) कहते हैं।

संपूरक जीनों का एक अन्य उदाहरण मूषक के आवरण (coat) की वंशागति है। यदि एक काले आवरण वाले मूषक (CCaa) का एक रंजकहीन आवरण वाले मूषक (ccAA) के साथ संकरण करवाया जाए तो प्रथम सन्तानीय पीढ़ी,F_1 में अंगूटी आवरण (agouti coat) वाले मूषकों का जन्म होता है। अंगूटी आवरण में अधिकतर भाग पर काले बाल पाये जाते हैं जिनके ऊपरी सिरे पर नीली धारी पायी जाती है। इस अंगूटी मूषक का अधर भाग हल्के रंग का होता है और अधर भाग पर बाल क्रीम या पीले रंग के होते हैं। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी,F_1 के मूषकों में अत: प्रजनन (inbreeding) से द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी, F_1 में अंगूटी काले तथा रंजकहीन आवरण वाले मूषक क्रमश: 9/16,3/16 तथा 4/16 के अनुपात में होते हैं (चित्र 16.2)।



चित्र 16.2 : काले आवरण व रंजकहीन आवरण वाले मूषकों के संकरण

सामान्य 9: 3: 3: 1 अनुपात के आखरी दो अंकों को जोड़ने (3+1=4) से यह अनुपात प्राप्त होता है, यह इस बात को प्रदर्शित करता है कि ये दोनों समूह पृथक नहीं किये जा सकते।

इस उदाहरण में, जनकों में विभिन्नताएँ एक जीन 'C' के कारण होती है जो कि आवरण के काले रंग के लिए आवश्यक होती है। यही जीन 'C' काले मूषकों में पायी जाती है लेकिन रंजकहीन मूषकों में यह अनुपस्थित होती है। अंगूटी के लिए 'A' जीन का 'C" जीन के साथ उपस्थित होना आवश्यक है।

16.3 पूरक जीन्स (Complementary Genes)

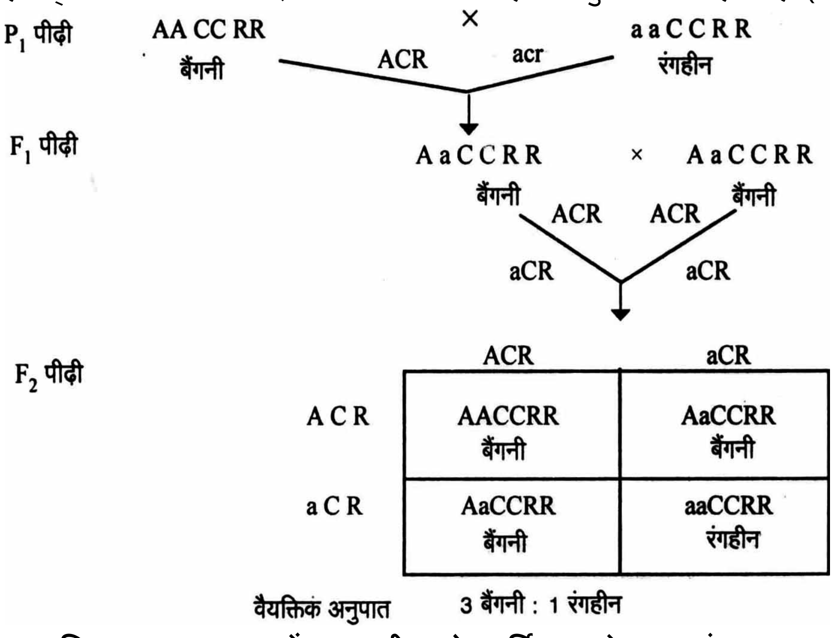
दो जन-युग्मों की जीनें, जो भिन्न विस्थलों पर उपस्थित होती है और पारस्परिक क्रिया द्वारा ऐसा लक्षणप्ररूपी लक्षण उत्पन्न करती हैं जो किसी एक जीन युग्म की जीन के अनुपस्थित होने पर उत्पन्न नहीं होता, पूरक जीन (complementary genes) कहलाती हैं।

मक्का की कई किस्में पायी जाती हैं। इनमें से कुछ में रंगहीन (colourless) बीज पाये जाते हैं और कुछ में बैंगनी रंग (purple) के बीज पाये जाते हैं। इन बीजों का बैंगनी रंग, उनमें उपस्थित ऐन्थोसायेनिन (anthocyanin) पदार्थ के कारण होता है। मक्का की कुछ किस्मों में सामान्य रंजक क्लोरोफिल (chlorophyll) के कारण पत्तियाँ और तने हरे रंग के होते हैं और कुछ किस्मों में क्लोरोफिल के अतिरिक्त ऐनथोसायेनिन रंजक पाया जाता है जिसके कारण इनका रंग भूरा या बैंगनी होता है। मक्का में बैंगनी रंजक के उत्पादन के लिए, उसमें एक जीन की प्रभावी युग्मविकल्पियों अथवा एलील (alleles) की आवश्यकता नहीं होती बल्कि कई जीनों की प्रभावी युग्मविकल्पियों की आवश्यकता होती है। जो पौधे, इन जीनों में से किसी भी एक जीन के अप्रभावी युग्मविकल्पियों के प्रति समयुग्मजी होते है उनमें, कम से कम बीजों में ऐन्थोसायेनिन उपस्थित नहीं होता, अत: उनमें रंगहीन बीज पाये जाते

हैं। दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि कई जीनों के प्रभावी युग्मविकल्पियों की पारस्परिक क्रिया के कारण ऐन्थोसायेनिन रंग (बैंगनी) उत्पन्न होता है। इन प्रभावी युग्मविकल्पियों की क्रिया पूरक (complementary) होती है अर्थात् प्रत्येक युग्म विकल्पी, इस रंजक के उत्पादन के लिए आवश्यक एक चरण (step) को नियंत्रित करती है। इनमें से किसी एक की अनुपस्थिति के कारण, पौधे में ऐन्थोसायेनिन उत्पादन गड़बड़ा जाता है।

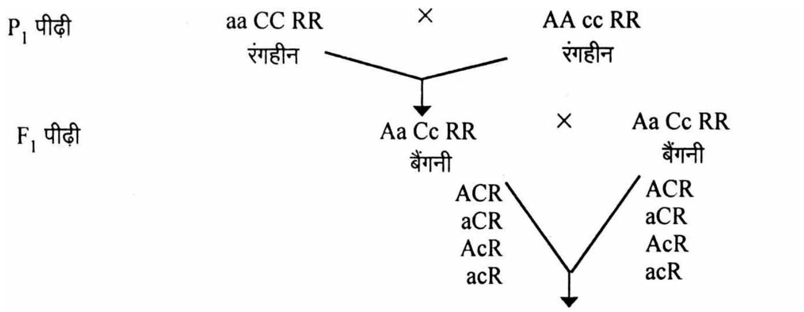
मक्का की तद्रुप प्रजनन किस्म (true breeding variety) जिसके बीज बैंगनी रंग के होते हैं। और पौधे की काय में बैंगनी रंजक पाया जाता है, कम से कम तीन प्रभावी जीनों के प्रति समयुग्मजी होती है। इन तीन जीनों को A,C एवं R द्वारा सूचित किया जाता है। ऐसे पौधे का आनुवंशिक सूत्र (genetic formula) AACCRR होता है। अप्रभावी युग्मविकल्पी, a, प्रभावी C एवं R की उपस्थिति (aa CC RR) में रंगहीन बीजों और भूरे हरे पौधे का उत्पादन करती है। अप्रभावी c एवं r युग्मविकल्पी की उपस्थिति (AA cc RR एवं AA CC rr) में बीज व पौधे हरे रंग के होते हैं।

जब बैंगनी रंग के बीजों वाले पौधे (AA CC RR) या किसी भी एक प्रकार के रंगहीन बीजों वाले पौधे (aa CC RR), AA cc RR या AA CC rr) के साथ संकरण करवाया जाए तो प्रथम सन्तानीय पीढ़ी, F_1, में बैंगनी रंग के बीज प्राप्त होते हैं द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी, F_1 में बैंगनी रंग के बीज प्राप्त होते हैं। द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी में 3 बैंगनी :1 रंगहीन अनुपात प्राप्त होता है (चित्र 16.3)।



चित्र 16.3 : मक्का में पूरक जीन को प्रदर्शित करने वाला संकरण

यदि एक रंगहीन मक्का के पौधे में प्रभावी A जीन अनुपस्थित हो (aa CC RR) और दूसरे में प्रभावी C जीन अनुपस्थित हो AAccRR) ओर इन दोनों का संकरण करवाया जाए तो प्रथम सन्तानीय पीढ़ी F_1 में तीनों प्रभावी जीन होंगे (AaCcRr) अत: ये पौधे और उनके बीज रंगीन होंगे (चित्र 16.4)। क्योंकि A, C एवं R जीन पूरक जीन है अत: F_1 के पौधे अपने जनकों से भिन्न होते हैं।

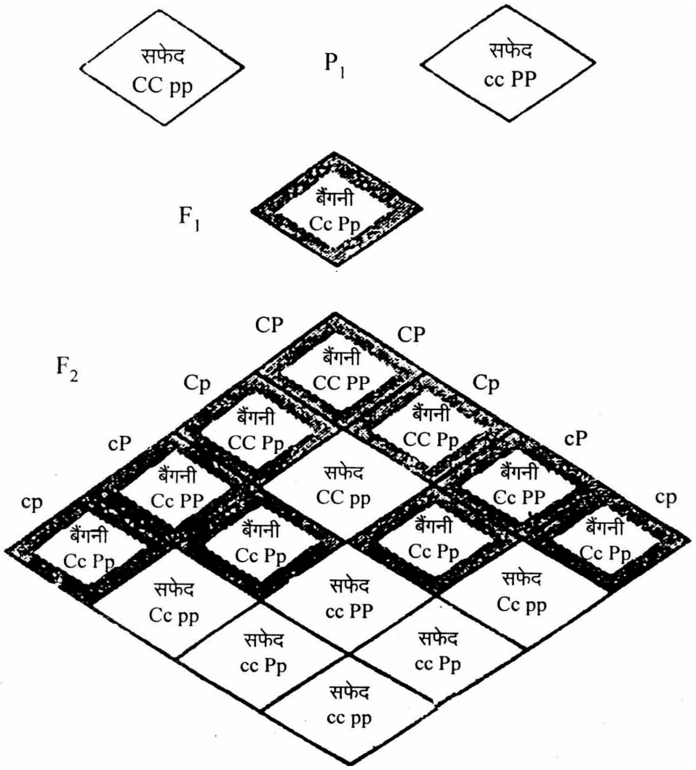


F_2 पीढ़ी

	ACR	aCR	AcR	acR
ACR	AACCRR बैंगनी	AaCCRR बैंगनी	AACcRR बैंगनी	AaCcRR बैंगनी
aCR	AaCCRR बैंगनी	aaCCRR रंगहीन	AaCcRR बैंगनी	aaCcRR रंगहीन
AcR	AACcRR बैंगनी	AaCcRR बैंगनी	AAccRR रंगहीन	AaccRR रंगहीन
acR	AaCcRR बैंगनी	aaCcRR रंगहीन	AaccRR रंगहीन	aaccRR रंगहीन

वैयक्तिक अनुपात = 9 बैंगनी : 7 रंगहीन

चित्र 16.4 : मक्का में रंगहीन पौधों का संकरण



चित्र 16.5 : मटर के श्वेत पुष्पों वाले पौधों का संकरण

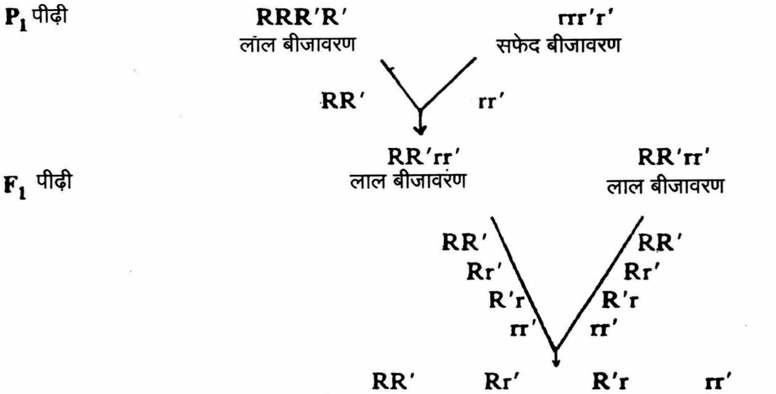
इसी प्रकार मटर के श्वेत पुष्पों वाले पौधों में संकरण करवाने पर प्रथम सन्तानीय पीढ़ी में बैंगनी रग के पुष्प वाले पौधे प्राप्त होते हैं (चित्र 16.5) और द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी में 9 बैंगनी :7 श्वेत का अनुपात प्राप्त होता है। इन श्वेत पुष्पों वाले पौधों में रंजक उत्पादन के लिए आवश्यक दोनों प्रभावी

युग्मविकल्पी उपस्थित नहीं होती, अत: बैंगनी रंग के पुष्प उत्पन्न नहीं होते हैं।

16.4 द्विक जीन्स (Duplicate Genes)

जब जीनों के दो युग्म एक लक्षण को प्रभावित करते हैं और दोनों में से कोई भी एक जीन समान या लगभग समान लक्षणप्ररूप उत्पन्न करने में समर्थ हो तो उन्हें द्विक जीन (duplicate genes) कहते हैं।

द्विक जीन सामान्यत: पादपों में पायी जाती है। जन्तुओं में इनके उदाहरणों दुर्लभ हैं। गेहूँ (wheat) में प्रभावी जीन R एवं R, बीजावरण (seed coat) के लाल रंग को नियंत्रित करती है। यदि एक लाल बीजावरण वाले पौधे (RRR ‘R’) का संकरण श्वेत बीजावरण वाले पौधे (rrr'r') के साथ करवाया जाए तो प्रथम सन्तानीय पीढ़ी, F_1 में लाल बीजावरण वाले पौधे उत्पन्न होते हैं और इनके स्वनिषेचन से द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी,F_2 में 15 लाल : 1 श्वेत बीजावरण का अनुपात प्राप्त होता है (चित्र 16.6)। द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी, F_2 के जिन पौधे में 4 प्रभावी जीन होती हैं वे सबसे लाल, 3 प्रभावी जीन वाले पौधे में सबसे कम लाल, 2 प्रभावी जीन वाले पौधे में उससे भी कम लाल तथा 1 प्रभावी जीन वाले पौधों में सबसे कम लाल के बीजावरण प्राप्त होते हैं। अत: 15/16 पौधों में समान अथवा लगभग समान लक्षणप्ररूप प्राप्त होते हैं।



F_2 पीढ़ी

	RR'	Rr'	R'r	rr'
RR'	RRR'R' लाल	RRR'r' लाल	RR'R'r लाल	RR'rr' लाल
Rr'	RRR'r' लाल	RRr'r' लाल	RR'rr' लाल	Rrr'r' लाल
R'r	RR'R'r लाल	RR'rr' लाल	R'R'rr लाल	R'rrr' लाल
rr'	RR'rr' लाल	Rrr'r' लाल	R'rrr' लाल	rrr'r' सफेद

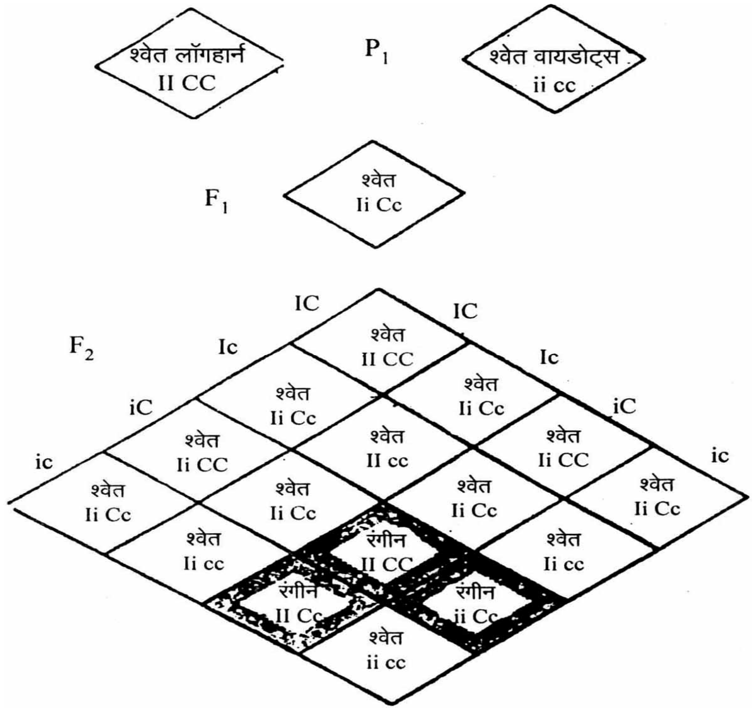
चित्र 16.6 : गेहूं के बीजावरण को नियंत्रि करने वाली द्विक जीनों को प्रदर्शित करने वाला संकरण

16.5 प्रबलता (Epistasis)

जब विभिन्न विस्थलों (loci) पर उपस्थित दो जीन, किसी एक लक्षण को इस प्रकार प्रभावित करें कि एक जीन द्वारा दूसरी जीन की अभिव्यक्ति का संदमन (inhibition) हो तो प्रथम जीन के संदमन जीन (inhibitor gene) अथवा प्रबल जीन (epistatic) कहते हैं और द्वितीय जीन को अबल जीन (hypostatic) कहते हैं। एक जीन द्वारा दूसरी जीन की अभिव्यक्ति के संदमन की परिघटना को प्रबलता (epistasis) कहते हैं। प्रबलता (epistasis) एवं प्रभाविता (dominance) में यह अन्तर

है कि प्रबलता में यह जीन की अयुग्मविकल्पियों (nonalleles) के मध्य होता है और प्रभाविता में यह, जीन की युग्मविकल्पियों (alleles) के मध्य होता है।

श्वेत लेगहॉर्न कुक्कट (White Leghorn fowl) का श्वेत पक्षति (plumage), रंगीन पक्षति (काला या अन्य रंग) पर प्रभावी होता है लेकिन अन्य किस्मों जैसे श्वेत वायडोट्ट (White Wyandotte) या श्वेत प्लाइमाउथ रोक्स (White Plymouth Rocks) में रंगीन पक्षति, श्वेत पक्षति पर प्रभावी होता है। श्वेत लेगहॉर्न कुक्कुट के श्वेत पक्षति का उत्पादन एक भिन्न जीन के कारण होता है इसलिए यह भिन्नता पायी जाती है। श्वेत लेगहॉर्न में रंग के लिए एक जीन, C, पायी जाती है और एक अन्य जीन, I, जो जीन C की अभिव्यक्ति का संदमन करती है, पायी जाती है। ये आनुवंशिक रूप में रंगीन पक्षी होते हैं जो अपना वास्तविक रंग विकसित करने में असमर्थ होते हैं। चित्र 16.7 में श्वेत लेगहॉर्न (IICC) एवं श्वेत वायनडोट्ट (iicc) के मध्य संकरण को प्रदर्शित किया गया है। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी में श्वेत कुक्कट उत्पन्न होते हैं और इनके आपस में प्रजनन से द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी में 13 श्वेत : 3 रंगीन कुक्कटों का अनुपात प्राप्त होता है। I जीन रंग के लिए उत्तरदायी जीन C का संदमन करती है और रंग की अभिव्यक्ति को रोकती है।



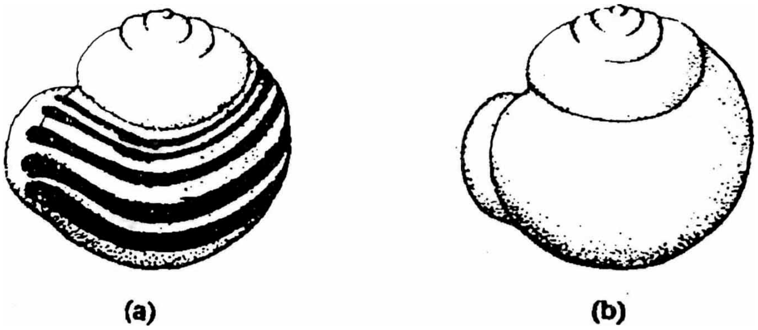
चित्र 16.7 : प्रबलता (Epistasis)

16.6 बहुरुपी जीन्स (Polymorphic Genes)

ये जीन, जो किसी जीव की अकारिकयि विभिन्नताओं के लिए उत्तरदायी हों, बहुरूपी जीन (polymorphic genes) कहलाती हैं।

सीपिआ नेमोरालिस (Cepaea nemoralis) का कवच (shell) गुलाबी या पीले रंग का होता है। इसका रंग एक विस्थल पर उपस्थित दो युग्मविकल्पियों पर निर्भर करता है और गुलाबी रंग पीले रंग पर

प्रभावी होता है। इनका कवच पट्टित (banned) या अपट्टित (unbanded) हो सकता है (चित्र 16.8), इसमें अपट्टित कवच, पट्टित कवच पर प्रभावी होता है।



चित्र 16.8 : सीपिआ में (a) पट्टित कवच तथा (b) अपट्टित कवच

उत्तरी अमरीका के पश्चिमी तट पर पाये जाने वाले मसल (mussel), द्विरुपता (dimorphism) प्रदर्शित करते हैं। एक प्रकार के नीले रंग के होते हैं और दूसरी प्रकार के भूरे रंग के होते हैं (चित्र 18.9)। यह लक्षणप्ररूपी भिन्नता एक विस्थल पर युग्मविकल्पी भिन्नता के कारण होता है।

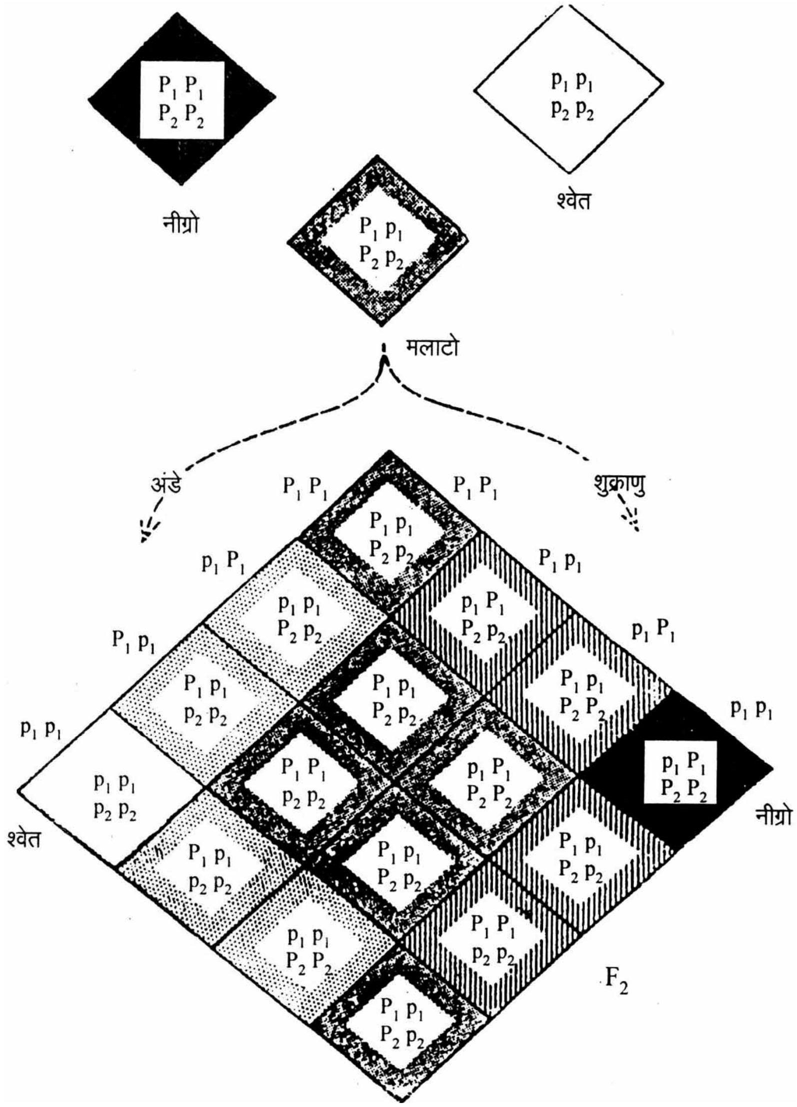
चित्र 16.9 : मसल में (a) नीले रंग तथा (b) भूरे रंग का कवच

16.7 बहुजीन वंशागति (Multiple Gene Inheritance)-

कई जीनों की संयुक्त क्रिया से भिन्न और अधिक प्रभाव पड़ता है जबकि उनमें से एक जीन का प्रभाव कम होता है। ऐसी जीनों द्वारा नियंत्रित लक्षण की वंशागति को बहुजीन वंशागति (multiple inheritance) कहते हैं। इन बहुजीनों को अनेकजीन (polygenes) भी कहते हैं। नीग्रो (Negra) एवं श्वेत (White) के संकरण से उत्पन्न त्वचा का रंग बहुजीन वंशागति का उदाहरण है। नीग्रो में काले रंग के लिए दो जोड़ी (युग्म) जीन होती है(P_1 P_1 P_2 P_2) और श्वेत में काले रंग के लिए एक भी जीन नहीं होती (P_1 P_1 P_2 P_2)। प्रथम सन्तानीय पीढ़ी, F_1, में मलाटो (mulatto) रंग (चितकबरा) की त्वचा उत्पन्न होती है (P_1 P_1 P_2 P_2)। इन मुलाटो में काले रंग के लिए दो जीन होती है और इनकी त्वचा का रंग दोनों जनकों के मध्य (intermediate) का होता है। मुलाटों की सन्तानें (द्वितीय सन्तानीय पीढ़ी, F_2), चित्र 16.10 में प्रदर्शित प्रकारों की होगी। सोलह सम्भावित संयोजनों में से छ: (6/16) में काले रंग के लिए दो जीन होती है अत: इनकी त्वचा मुलाटो रंग की होती है। इनमें से चार (4/16) में काले रंग के लिए जीन होता है और इनमें नीग्रो और मुलाटो के मध्य की त्वचा पायी जाती है। अन्य चार (4/16) में केवल एक जीन होती है और इनमें श्वेत व मुलाटो के मध्य की त्वचा पायी जाती है। एक (1/16) में चार जीन काले रंग के लिए और एक (14/16) में काले रंग के लिए एक भी

जीन नहीं होती और ये क्रमश: नीग्रो और श्वेत जैसी त्वचा वाले व्यक्ति होते हैं।

अत: मानव में त्वचा रंजकता (skin pigmentation) कई जीनों की संयुक्त क्रिया पर निर्भर करता है। और ये अपूर्ण प्रभावित (dominance) प्रदर्शित करती हैं या कोई प्रभाविता प्रदर्शित नहीं करतीं।



चित्र 16.10 : बहु जीन वंशागति

बोध प्रश्न - 1

1. BB तथा Bb जीनप्रारूप वाले मूषक काले होते हैं तथा bb जीनप्रारुप वाले भूरे। दूसरे विस्थलपर CC तथा Cc कूट वाले रंगीन तथा cc कूट वाले रंगहीन होते है तो BbCc जीनप्रारुप वाले मूषकों के मध्य संकरण में लक्षणप्ररुपी अनुपात क्या होगा?
   (अ) 9 काले : 3 भूरे : 4 रंगहीन
   (व) 12 काले : 3 भूरे : 1 रंगहीन
   (स) 9 काले : 6 भूरे : 1 रंगहीन

(द) 9 काले : 0 भूरे : रंगहीन

2. उपरोक्त (अ) में कारण क्या है?

(अ) संपूरकता

(ब) प्रबलता

(स) बहु विकल्पी

(द) उपरोक्त में से कोई नहीं।

3. एक स्त्री अपना X गुणसूत्र प्राप्त करती है

(अ) केवल अपनी माँ से

(ब) केवल अपने पिता से

(स) अपनी माँ तथा पिता दोनों से

(द) उपरोक्त में से कोई नहीं

4. एक पुरूष अपना X गुणसूत्र प्राप्त करता है.

(अ) केवल अपनी मां से

(ब) केवल अपने पिता से

(स) अपनी मां अथवा पिता

(द) उपरोक्त में से कोई नहीं

16.8 बहु विकल्पी एवं रुधिर वर्ग वंशागत (Multiple Alleles and Blood Group Inheritance)

संकरों एवं विषमयुग्मजियों की संतानों के लक्षणों के विसंयोजन (segregation) व पुनर्योजन (recombination) से जीनों के अस्तित्व की पुष्टि होती है। मटर की लाल व श्वेत पुष्पों की किस्मों के मध्य संकरण में पुष्पों के रंग का व्यवहार इस बात का प्रमाण है कि मटर में पुष्प के रंग के लिए जीन पायी जाती है। मटर में, आनुवंशिक रूप में भिन्न पुष्प - रंग पाये जाते हैं। ये आनुवंशिक रूप में भिन्न पुष्प -रंग, पुष्प रंग को प्रभावित करने वाली जीनों की उत्परिवर्तन (mutation) के कारण, उत्पन्न हुए उत्परिवर्तन के फलस्वरूप जीनों की युग्मविकल्पी अथवा विकल्पी (alleles) उत्पन्न हुई। इसी प्रकार मानव की नेत्र-रंग की जीन के उत्परिवर्तन से नीले नेत्रों की विकल्पी और भूरे नेत्रों की विकल्पी उत्पन्न हुई। अतः ज्ञात जीनों की संख्या, उन उदाहरणों तक ही सीमित है जिनमें एक विस्थल (locus) पर कम से कम दो विकल्पियाँ उपस्थित होती है। हम, ड्रोसोफिला में सीधे परों (straight wings) वाली जीन के अस्थितत्व का न पता लगा सकते थे और न ही गुणसूत्र पर उसकी स्थिति निर्धारित कर सकते थे, जब तक कि हम कुंचित परों (curly wings) की जीन की खोज न कर लेते जो कि सीधे परों वाली जीन की विकल्पी (allele) होती हैं। इसी कारण हम अधिकतर जीनो का स्थिति निर्धारण व अध्ययन करने में असमर्थ हैं क्योंकि हमें इन जीनों की विकल्पियाँ ज्ञात नहीं हैं जो कि सामान्य अभिव्यक्ति से भिन्न अभिव्यक्ति उत्पन्न कर सकें। ड्रोसोफिला मेलानोगेस्टर जैसी विस्तारपूर्वक अन्वेषणित जाति में, जिसमें 500 से अधिक जीनों का स्थिति निर्धारण किया गया है, इससे कई गुणा

अधिक जीनों की विकल्पियाँ ज्ञात नहीं हैं।

कुछ व्यक्तियों में कर्ण का आधार भाग स्वतंत्र होता है और कुछ से जुड़ा हुआ होता है। हम जानते हैं कि कर्ण की ये अवस्थाएँ वंशागत होती हैं और कई परिवारों के इतिहास के अध्ययन से यह पता चलता है कि जिन व्यक्तियों में यह जीन समयुग्मजी (homozygous) अवस्था में होती है उनमें कर्ण का आधार भाग जुड़ा हुआ होता है। अत: हम कह सकते हैं कि जुड़े हुए कर्णआधार की जीन, स्वतंत्र कर्ण-आधार की जीन की अप्रभावी-विकल्पी (recessive allele) होती है। इसका अर्थ यह है कि गुणसूत्र पर ये दोनों जीन एक ही विस्थल पर उपस्थित होती है। यदि हम यह मानें कि स्वतंत्र कर्ण-आधार, मौलिक अवस्था थी तो जुड़ी हुई कर्णआधार अवस्था स्वतंत्र कर्ण-आधार की जीन के उत्परिवर्तन से उत्पन्न हुई।

16.8.1 बहुविकल्पी (Multiple Alleles)

कुछ जीन ऐसी होती हैं जिनकी एक ही विकल्पी होती है जैसे, रंजकहीन / सामान्य रंजकता (albino/ normal pigmentation), वर्णान्ध /सामान्य दृष्टि (colourblind/ normal vision), बैंगनी पुष्प /श्वेत पुष्प (purple flowers/white flowers)। कुछ जीन, संतति में तीन या अधिक लक्षण प्ररुपी अभिव्यक्तियाँ प्रदर्शित करती हैं। इन जीनों की तीन या अधिक विकल्पियाँ पायी जाती हैं। उत्परिवर्तन के फलस्वरूप उत्पन्न जीनों की वैकल्पिक अवस्थाओं को बहुविकल्पी (multiple allele) कहते हैं।

i. खरहे में आवरण रंग (coat colour in rabbit)

खरहे में आवरण की रंजकहीनता अवस्था, रंगीन अवस्था पर अप्रभावी recessive) होती है। रंजकहीन और रंगीन खरहों के संकरण से F_1 संतति, रंगीन आवरण वाली उत्पन्न होती है और इनके अंत: प्रजात के फलस्वरूप F_2, संतति में 3/4 रंगीन: 1/4 रंजकहीन का अनुपात प्राप्त होता है। रंगीन, C, एवं रंजकहीन, c^a विकल्पियों का एक युग्म का निर्माण करते है। खरहे में रंजकहीनता का एक अन्य रूप पाया जाता है जिसे हिमालयी रंजकहीनता (Himalayan albinism) कहते हैं इनका आवरण श्वेत होता है केवल पद (feet), पूंछ (tail), कर्ण (ears), तथा नाक का ऊपरी भाग (tip of nose) काला या गहरा भूरा होता है। जब इनका, रंगीन खरहे के साथ संकरण करवाया जाए तो F_1 पीढ़ी में रंगीन व F_2 पीढ़ी में 3/4 रंगीन व 1/4 हिमालयी रंजकहीन खरहे उत्पन्न होते हैं अत: हिमालयी रंजकहीनता, C^h एवं रंगीन C, भी विकल्पी (alleles) हैं। रंजकहीन खरहे एवं हिमालयी रंजकहीन खरहे में संकरण करवाने पर F_1 पीढ़ी में हिमालयी रंजकहीन खरहे उत्पन्न होते हैं और F_2 पीढ़ी में 3/4 हिमालयी रंजकहीन एंव ¼ रंजकहीन खरहे उत्पन्न होते हैं। यह उदाहरण यह सिद्ध करता है कि हिमालयी रंजकहीनता और रंजकहीनता दो भिन्न जीनों में पीरवर्तन के कारण नहीं होता बल्कि एक ही प्रकार की जीन में परविर्तन के कारण होता है। एक युग्मक (gamete) में हिमालयी रंजकहीनता की विकल्पी और रंजकहीनता की विकल्पी एक साथ कभी नहीं पायी जाती। एक रंगीन खरहे में या तो हिमालयी रंजकहीनता की विकल्पी पायी जाती है या रंजकहीनता की विकल्पी लेकिन दोनों एक साथ कभी नहीं पायी जाती हैं। अत: हिमालयी रंजकहीनता और रंजकहीनता आपस में विकल्पी है और ये दोनों रंगीन की विकल्पी हैं।

खरहे में कई अन्य आवरण के हल्के रंग, रंजकहीनता एवं हिमालयी रंजकहीनता के विकल्पी के रूप

में व्यवहार करते हैं। इनमें आपस में प्रभाविता प्रदर्शित नहीं होती। इसका एक उदाहरण चिन्चिला (chinchila) रंग है जो कि वन्य धूसर (wild gray)से हल्का होता है। जब एक धूसर रंग की संतान उत्पन्न होती है और F_2 पीढ़ी में 1 चिन्चिला: 2 हल्का धूसर: 1 रंजकहीनता का अनुपात प्राप्त होता है। इससे यह प्रदर्शित होता है कि F_1 पीढ़ी में हल्के धूसर रंग की संतान उत्पन्न होती है और F_2 पीढ़ी में 1 चिन्चिला : 2 हल्का धूसर : 1 रंजकहीन का अनुपात प्राप्त होता है। इससे यह प्रदर्शित होता है कि F_1 पीढ़ी, चिन्चिला (c^{ch}) वं रंजकहीनता (c^a) विकल्पियों के लिए विषमयुग्मजी (heterozygous) होती है। खरहे में आवरण रंगों की रंजकहीनता श्रृंखला के सदस्यों का जीन प्ररुप निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है:

जीन प्ररुप	लक्षण प्ररूप
CC	वन्य प्ररुप
Cc^{ch},Cc^h, Cc^a	वन्य प्ररुप
c^{ch}, c^{ch}	चिन्चिला
$c^{ch}c^h$,$c^{ch}c^a$	हल्का धूसर
c^h c^h	हिमालयी
c^h c^a	हिमालयी
c^a c^a	रंजकहीन

इनके अतिरिक्त कुछ अन्य विकल्पियों होती हैं जो कि वन्य प्ररुप से हल्की होती हैं और हिमालयी से गहरी होती हैं। वन्य प्ररुप विकल्पी, सभी उत्परिवर्ती विकल्पियों (mutant alleles) पर प्रभावी (dominant) होती है।

ii. अन्य जन्तुओं में रंजकहीनता (Albinism in other Animals)

रंजकहीन जीन की ऐसी ही विकल्पियों की श्रृंखलाएँ अन्य जन्तुओं, जैसे मूषक (mouse), चूहा (rat), गिनी पिग (guinea pig) एवं बिल्ली (cat) में भी पायी जाती हैं। मानव में, कुछ व्यक्तियों में रंजकहीनता की एक विकल्पी पायी जाती है जिसके कारण बालों व त्वचा में बहु त कम रंजक पाया जाता है। मानव रंजकहीन, अन्य स्तनधारियों के पूर्ण रंजकहीनों की भांति, इस विकल्पी श्रृंखला के निम्नतम सदस्य के लिए समयुग्मजी (homozygous) होते हैं। पूर्ण रंगीन (full colour), C से - रंजकहीन विकल्पी (albino allele), C^{a}', में उत्परिवर्तन, लगभग सभी स्तनधारियो में हु आ है लेकिन रंजकहीनों की क्मजोर दृष्टि व अरंजकहीन त्वचा के शीघ्र बोध के कारण ये वन्य अवस्था (wild colour) में कभी नहीं पाये जाते, केवल पालतू जन्तुओं मे ही पाये जाते हैं।

ड्रोसोफिला मेलानोगेस्टर में पायी जाने वाली कई विकल्पी श्रृंखलाओं में से एक श्वेत नेत्र श्रृंखला (white eye series) कहलाती है क्योंकि इसमें श्वेत नेत्र की विकल्पी होती है। समयुग्मजी, श्वेत से पीली होती हु ई लाल रंग तक की नेत्र रंगों की बढ़ती हु ई तीव्रता की एकश्रृंखला का निर्माण करते हैं (सारणी 16.1)।

सारणी 16.1: ड्रोसोफिला मेलानोगेस्टर में सफेद विकल्पी

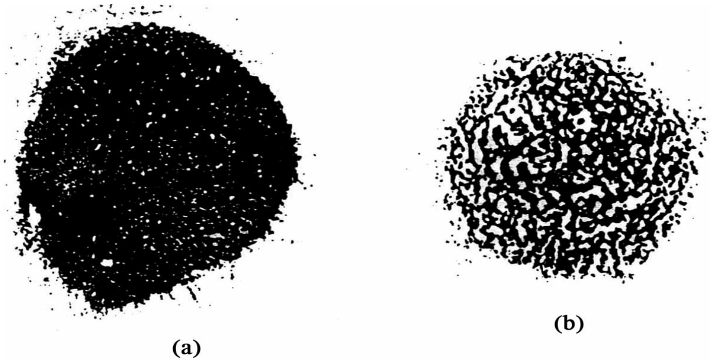
S.No.	Allele	Symbol	S.No.	Allele	Symbol

1	White	w	7	apricot	wa
2	ivory	w^1	8	cherry	wch
3	pearl	w^p	9	eosin	we
4	tinged	w^t	10	blood	wb1
5	buff	w^{bf}	11	coral	wco
6	honey	w^h	12	Red (wildtype)	W

16.8.2 रुधिर वर्ग वंशागति (Blood Group Inheritance)

i. रुधिर वर्ग वंशागति (ABO Blood Group)

मानव में कई जीनों द्वारा बहु विकल्पी श्रृंखला का उत्पादन किया जाता है जो मानव लाल रुधिर कोशिकाओं (red blood cells) के महत्त्वपूर्ण कार्यिकीय लक्षण (physiological characteristic) को प्रभावित करती है। लाल रुधिर कोशिकाओं अथवा रक्ताणुओं (erythrocytes) में विशिष्ट प्रतिजन अथवा ऐन्टीजन (antigen) पाये जाते हैं जिनके द्वारा ये रुधिर सीरम (blood serum) के विशिष्ट प्रतिरक्षियों (antibodies) वे अनुक्रिया करते हैं।



चित्र 16.11 : (a) सामान्य (b) समूहन अथवा गुच्छन

प्रत्येक प्रतिजन व उससे सम्बन्धित प्रतिरक्षी में विशेष रासायनिक विन्यास पाया जाता है। 1900 में लैंडस्टीनर (Landsteiner) ने यह खोज की कि यदि एक व्यक्ति की लाल रुधिर कोशिकाओं को दूसरे व्यक्ति के रुधिर सीरम में रखा जाए तो इन कोशिकाओं का समूहन (agglutination) अथवा गुच्छन (clumping) हो सकता है। यदि ऐसे व्यक्तियों के मध्य रक्ताधान (blood transfusion) किया जाए तो आदाता (recipient) में आधानित (transfused) कोशिकाओं का समूहन अथवा गुच्छल हो जाता है और केशिकाओं (capillaries) में अवरोध उत्पन्न हो जाता है जिससे उस व्यक्ति की मृत्यु भी हो सकती है। रक्ताधान की सभी घटनाओं में समूहन नहीं होता है। रुधिर कोशिकाओं में दो प्रकार के प्रतिजन (antigens) पाये जाते हैं जिन्हें प्रतिजन-ए (antigens-A) व प्रतिजन-बी (antigens -B) कहते हैं तथा रुधिर सीरम में दो प्रकार के प्रतिरक्षी होते हैं जिन्हें प्रतिरक्षी-ए (anti- A) तथा प्रतिरक्षी-बी (anti - B) कहते हैं। लाल रुधिर कोशिकाओं में उपस्थित प्रतिजन के प्रकार के आधार पर चार रुधिर वर्गो (blood groups) को पहचाना गया हैं

a. रुधिर वर्ग-ए (Blood group - A)

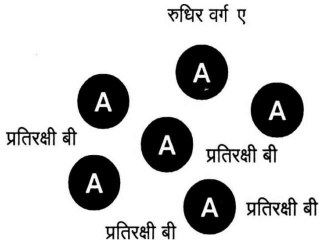
b. रुधिर वर्ग-बी (Blood group - B)

c. रुधिर वर्ग -ए बी (Blood group - AB)

d. राधिर वर्ग-ओ (Blood group - O)

a. रुधिर वर्ग-ए (Blood Group-A)

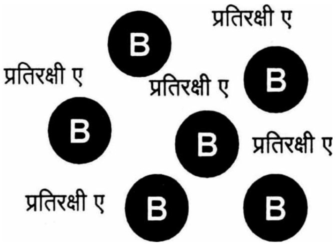
यदि किसी व्यक्ति की लाल रुधिर कोशिकाओं में प्रतिजन-ए (antigenA) पाया जाता है और उसके रुधिर सीरम में प्रतिरक्षी-बी (anti-B) पाया जाता है, ऐसे रुधिर वर्ग को वर्ग-ए (group-A) कहा जाता है (चित्र 16.12)



चित्र 16.12: रुधिर वर्ग-ए

b. रुधिर वर्ग-बी (Blood Group -B)

यदि किसी व्यक्ति की लालरुधिर कोशिकाओं में प्रतिजन-बी (antigen B) पाया जाता है और उसके रुधिर सीरम में प्रतिरक्षी-ए (anti-A) पाया जाता है, ऐसे रुधिर वर्ग को वर्ग-बी (group-B) कहा जाता है।



चित्र 16.13 : रुधिर वर्ग- बी

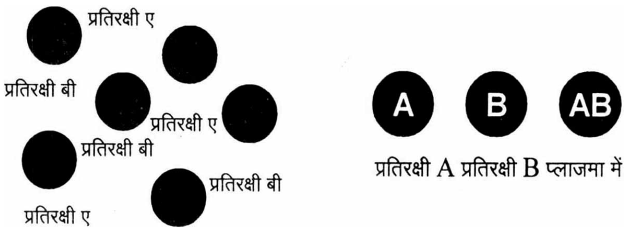
c. रुधिर वर्ग-ए बी (Blood Group-AB)

यदि किसी व्यक्ति की लाल रुधिर कोशिकाओं में प्रतिजन-ए प्रतिजन-बी (antigen - A and antigen- B) दोनों उपस्थित हों और उसके रुधिर सीरम में दोनों प्रतिरक्षियाँ एंव बी (anti - A and anti - B) अनुपस्थित हों तो ऐसे रुधिर वर्ग को वर्ग-ए बी (group-AB) कहा जाता है।

चित्र 16.14 : रुधिर वर्ग-ए बी

d. रुधिर वर्ग-ओ (Blood Group -O)

यदि किसी व्यक्ति की लाल रुधिर कोशिकाओं में दोनों प्रतिजन एवं बी (antigen A and B) अनुपस्थित हों और उसके रुधिर सीरम मे दोनों प्रतिरक्षियाँ एंव बी (anti A and anti B) उपस्थित हों, ऐसे रुधिर वर्ग को वर्ग-ओ (group-O) कहते हैं।



चित्र 16.5 : रुधिर वर्ग-ओ

सारणी 9.2 में यह दर्शाया गया है कि किस रुधिर वर्ग के व्यक्ति के रुधिर को किस रुधिर वर्ग के व्यक्ति में रक्ताधान किया जा सकता है।

सारणी 16.2:

रुधिर वर्ग (दाता)	रुधिर वर्ग (अदाता)
A	A
B	B
AB	AB
O	A,B,AB,O

रुधिरवर्ग-एबी (blood group AB) को सार्वत्रिक आदाता (universal recipient) कहते है क्योंकि इस वर्ग के व्यक्ति में किसी भी वर्ग के रुधिर को आधान (transfusion) किया जा सकता है। रुधिर वर्ग-ओ (blood group - o) को सार्वत्रिक दाता universal donor) कहते हैं क्योंकि इस वर्ग के व्यक्ति के रुधिर को किसी भी रुधिर वर्ग के व्यक्ति में आधान किया जा सकता हैं।

रुधिर के विभिन्न वर्गों का निर्धारण तीन विकल्पी जीनों की एक शृंखला I^A , I^B, द्रि तथा i द्वारा होता है। विभिन्न रुधिर वर्गों के जीनप्ररूप निम्न प्रकार का होता है:

सारणी 9.3

रुधिर वर्ग	जीनप्ररूप
A	$I^A I^A$ or $I^A i$
B	$I^B I^B$or $I^B i$
AB	$I^A I^B$
O	$i \; i$

I^A जीन, प्रतिजन-ए (antigen - A) के उत्पादन में तथा I^B जीन, प्रतिजन-बी (antigen-B) के उत्पादन में सहायक होती है। *i* जीन किसी भी प्रकार के प्रतिजन का उत्पादन नहीं कर सकती। I^A तथा I^B दोनों जीन *i* जीन पर प्रभावी (dominant) होती हैं।

रुधिर वर्गों का व्यावहारिक अनुप्रयोग (practical application) रक्ताधान (blood transfusion),

विवादित पैतृकता (disputed parentage) तथा मानव जनसंख्या के वर्णन के लिए किया जाता है। इन जीनों के युग्मविकल्पी, जो रक्त के विभिन्न जैव रासायनिक लक्षणों को प्रभावित करती है, इस प्रकार क्रिया करती हैं। कि एक विषमयुग्मनी यौगिक I^A I^B में प्रत्येक युग्मविकल्पी अपना विशिष्ट प्रभाव प्रदर्शित करती है और विषमयुग्मजी की कोशिकाओं में दोनों प्रतिजन A तथा B पाये जाते हैं I^A तथा I^B दोनों i परपूर्ण प्रभाविता (complete dominance) प्रदर्शित करती हैं। i में दोनों प्रतिजन अनुपस्थित होते हैं।

ii. Rh रुधिर प्रतिजन (Rh Blood Antigens)

लैंडस्टीनर (Landsteiner), वीनर (Weiner), लेवाइन (Levine, मूरान्ट (Mourant), रेस (Race), सान्गेर (Sanger) आदि के रीसस बन्दर (rhesus monkey) के रक्त पर किये गये शोध कार्यों द्वारा मानव रक्त की प्रतिजनों को प्रभावित करने वाली युग्म विकल्पियों की श्रृंखला की खोज हुई। इन प्रतिजनों को Rh रुधिर प्रतिजन (Rh blood antigens) कहते हैं। जब रीसस बन्दर के रुधिर को गिनी पिग (guinea pig) में अंत: क्षेपण किया गया तो यह पाया कि गिनी पिग द्वारा प्रतिरक्षियों का उत्पादन किया जाता है और ये प्रतिरक्षियाँ सभी रीसस बन्दरों की लाल रुधिर कोशिकाओं को समूहित (agglutinate) कर देती हैं। इससे यह स्पष्ट होता है कि इस जाति के सभी बन्दरों की लाल रुधिर कोशिकाओं में एक विशेष प्रतिजन पाया जाता है। इस प्रतिजन को Rh कारक (rhesus factor) नाम दिया गया। जब इस गिनी पिग सीरम द्वारा मानव रुधिर का परीक्षण किया गया तो यह पाया गया कि कुछ व्यक्तियों में वही प्रतिजन (Rh) पाया जाता है जो रीसस बन्दरों के रुधिर में पाया जाता है जबकि अन्य व्यक्तियों में यह अनुपस्थित होता है। जिनमें Rh प्रजिजन पाया जाता है उन्हें Rh- सहित (Rh-positive) कहते हैं और जिनमे यह प्रतिजन अनुपस्थित होता है उन्हें Rh हीन Rh-negative) कहते हैं।

रीसस श्रृंखला (Rhesus series)

बाद के अध्ययनों से यह ज्ञात हुआ है कि Rh- सहित (Rh- Positive) एवं Rh-हीन (Rh - Negative) व्यक्ति कई प्रकार के होते हैं। दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि Rh- प्रतिजन एक प्रकार का नहीं होता बल्कि कई प्रकार के होते हैं। एक Rh-हीन स्त्री, जो गर्भावस्था में अपने Rh-सहित बच्चों द्वारा प्रतिरक्षित (immunized) होती हैं, के रुधिर सीरम में ऐसी प्रतिरक्षियाँ (antibodies) पायी जात सकती हैं जो न केवल Rh- सहित लाल कोशिकाओं को बल्कि Rh- हीन कोशिकाओं को भी समूहित कर सकती हैं। ऐसे सीरम से दो प्रकार की प्रतिरक्षियाँ पृथक की जा सकती हैं -

(a) एन्टी-डी (anti-D) : ये केवल Rh- सहित कोशिकाओं को समूहित करती है। Rh - सहित व्यक्तियों को cD नाम दिया गया है।

(b) एन्टी -सी (anti-C) : ये केवल Rh- हीन कोशिकाओं को समूहित करती है। Rh- हीन व्यक्तियों में केवल C प्रतिजन पाया जाता है। इन्हें Cd नाम दिया गया है।

एक अन्य विशिष्ट प्रतिरक्षी जो एन्टी - c (anti-c) कहलाती है उन सभी कोशिकाओं का समूहन करती है जिनमें C प्रतिजन अनुपस्थित होता है।

इन तीन Rh प्रतिसीरमों (antisera) के आधार पर रुधिर छः प्रकार का होता है।

16.4: तीन विशिष्ट Rh प्रतिसीरमों के साथ विभिन्न व्यक्तियों की लाल रुधिर कोशिकाओं की समूहन अभिक्रिया

एन्टी-D (Anti-D)	एन्टी-C (Anti-C)	एन्टी-c (Anti-c)	Rh प्रकार (Rh type)
+	+	+	CcD Rh+
+	+	-	CCD Rh+
+	-	+	ccD Rh+
-	+	+	Ccd Rh-
-	+	-	CDd Rh-
-	-	+	ccd Rh-

दो अन्य प्रतिरक्षियाँ एन्टी - E (anti - E) भी पायी जाती हैं। ये तीन प्रारम्भिक प्रकार की प्रतिजन, C-c, D-d, तथा E-e एक निश्चित संयोजन में पायी जाती हैं जो हमेशा एक जीन की युग्मविकल्पियों के रूप में वंशागत होती हैं। इस जीन की युग्मविकिल्पयों के लिए दो प्रकार की नामकरण पद्धति प्रयुक्त की जाती है जिनमें से एक फिशर (Fisher) ,या दूसरी वीनर (Weiner) द्वारा प्रयोग में लायी गयी (सारणी 16.5)।

सारणी 16.5 : Rh नामकरण पद्धतियाँ

फिशर पद्धति	वीनर पद्धति	
CDE	R^2	
CDe	R^1	Rh^+
Cde	R^2	
CDe	R^0	
CdE	r^y	
Cde	r'	Rh^+
cdE	r"	
cde	r	

16.8.3 रुधिर वर्ग की सार्थकता (Significance in Blood Group)

रुधिर वर्गों की रक्ताधान (blood transfusion), बालजन्म में सार्थकता, विवादित पैतृकता (disputed parentage), सम्भावित आनुवंशिक रोगों से बचाव (prevention from possible genetic diseases) में महत्वपूर्ण सार्थकता होती है।

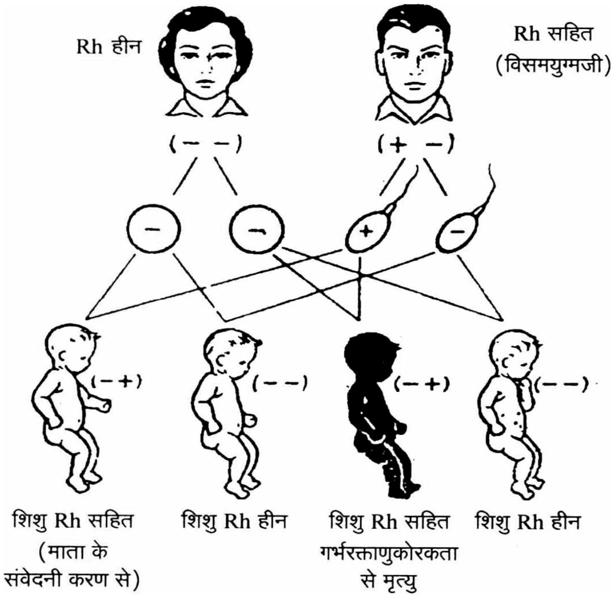
i. रक्ताधान में सार्थकता (Significance in Blood transfusion)

रक्ताधान में रुधिर वर्गों का ज्ञान अति आवश्यक है अन्यथा समूहन होने पर, आदाता की मृत्यु भी हो सकती हैं। यदि दाता का रुधिर वर्ग A है तो आदाता का रुधिर वर्ग A या AB होना चाहिए। इसी

प्रकार B राधिर वर्ग का व्यक्ति दाता है तो आदाता का रुधिर वर्ग B या AB होना चाहिए। AB रुधिर वर्ग के व्यक्ति का रुधिर केवल AB रुधिर वर्ग वाले व्यक्ति में ही रक्ताधित किया जा सकता है जबकि O रुधिर वर्ग वाले व्यक्ति का रुधिर किसी भी रुधिर वाले व्यक्ति में रक्ताधित किया जा सकता है। किसी भी व्यक्ति में प्राकृतिक एन्टी-Rh प्रीतरक्षियाँ (natural anti- Rh antibodies) नहीं पायी जाती हैं लेकिन यह देखा गया है कि यदि एक Rh- रहित व्यक्ति का एक Rh- प्रतिजन से उद्भासन होने पर उसमें इन प्रतिरक्षियों का विकास होता है। उदाहरणार्थ,एक Rh- रहित व्यक्ति किसी दुर्घटना में घायल होता है और उसे रक्ताधान की सख्त आवश्यकता होती है। एक उपयुक्त रुधिर वर्गदाता के रक्त का रक्ताधान किया जाता है लेकिन दाता Rh- सहित होता है। यदि इससे पहले उस व्यक्ति के कभी Rh-सहित दाता के रक्त का रक्ताधान नहीं हुआ हो तो अब किसी प्रकार की प्रतिक्रिया नहीं होगी क्योंकि उसमें Rh- प्रतिजन की कोई प्राकृतिक की उपस्थिती के कारण Rh- प्रतिरक्षियों का निर्माण होता है। इस व्यक्ति में किन्हीं कारणों द्वारा कुछ समय के पश्चात् दूसरी बार रक्ताधान किया जाता है और पहले वाले दाता का ही चयन किया जाता है तो उपस्थित प्रतिरक्षियों के कारण गुच्छन (clumping) की क्रिया होती है और इससे आदाता की मृत्यु भी हो सकती है। अत: किसी भी Rh- रहित व्यक्ति में Rh- सहित व्यक्ति के रक्त का रक्ताधान नहीं किया जाना चाहिए चाहे वह रक्ताधान पहली बार ही क्यों ना किया जा रहा हो।

ii. बालजन्म में सार्थकता (Significance in Child birth)

Rh- कारक (Rh- factor) की, बच्चे के जन्म में बहुत सार्थकता होती है। एक Rh- स्त्री, जिसका रक्त Rh- सहित रक्त द्वारा संवेदनीकृत (sensitized) होता है, का विवाह एक Rh- सहित पुराष से हो जाता है तो उसके असामान्य बच्चे पैदा हो का विवाह एक Rh- सहित पुराष से हो जाता है तो उसके असामान्य बच्चे पैदा हो सकते है (चित्र 16.16)। पिता से बच्चों में Rh- प्रतिजन वंशागत हो सकता है। यदि ऐसा होता है तो माता की प्रतिरक्षियाँ, अपरा (placenta) में से बच्चे में पहुंचेर गर्भावस्था के अंतिम महीनों में लाल रक्त कोशिकाओं को क्षति पहुंचाती हैं जिसके फलस्वरूप गर्भ रक्ताणुकोरकता (erythroblastosis foetalis) नामक रोग हो जाता है। इस रोग में अरक्तता (anaemia) तथा पीलिया (jaundice) हो जाता है। इस रोग के कारण गर्भस्थ शिशु के रक्त में अपरिपक्व (immature), केन्द्रिकित लाल रक्त कोशिकाएँ पायी जाती हैं जो सामान्यत: अस्थिमज्जा (bone marrow) में पायी जाती हैं जहाँ इनका निर्माण होता है। इस रोग से मृत जन्म (still birth) अर्थात् गर्भ में ही गर्भस्थ शिशु की मृत्यु हो जाती है या नवजात मृत्यु (nonatal death) अर्थात् जन्म के कुछ दिनों के अन्दर मृत्यु हो जाती है।



चित्र 16.6 : गर्भरक्ताणुकोरकता (erythroblastosis foetalis) की वंशागति

एक Rh- रहित स्त्री, Rh- सहित रक्तके रक्ताधान द्वारा संवेदनीकृत (sensitized) हो सकती है। जिसके फलस्वरूप उसके पहले बच्चे में यह रोग हो सकता है। यह दुर्भाग्यपूर्ण है कि एक स्त्री, Rh-सहित गर्भस्थ शिशु के कारण संवेदनीकृत हो जाती है। इस प्रथऊ शिशु के जन्म के पूर्व प्रतिरक्षियाँ अधिक क्षति पहुंचाने के लिए पर्याप्त रूप से प्रबल नहीं हो लेकिन आगामी Rh- सहित बच्चों में गम्भीर क्षति नहीं होती। चिकित्सक, स्त्री के रक्त में प्रतिरक्षियों के स्तर को मापकर सम्भावित रोग का पूर्व ज्ञान प्राप्त कर सकते हैं और नवजात शिशु के रक्त को रक्ताधान द्वारा परिवर्तित कर शिशु को बचाया जा सकता है।

iii. विवादित पैतृकता (Disputed Parentage)

रुधिर वर्गो की वंशागति की विधि इतनी निश्चित और भली-भांति समझी हुई है कि विवादित पैतृकता के कानूनी केसों में इनकी महत्वपूर्ण भूमिका है। यदि राजा सीलोमन (Solomon) को रुधिर वर्गों का ज्ञान होता तो उन्हें दो स्त्रियों में से कौन उसे बच्चें की मां है का ऐतिहासिक फैसला अपनी बौद्धिक क्षमता द्वारा न करना पड़ता।

एक बार दो बच्चों जो लगभग एक ही समय पर पैदा हुए थे गलती से दूसरे मां बाप के साथ चले गए। घर पर एक बच्चे के हाथ में बंधे फीते (tag) से पता चला कि बच्चा बदल गया है। दूसरे बच्चे व उसके मां बाप को ढूंढा गया तथा उनके रुधिर की जांच की गयी। पहला बच्चा O तथा AB था। दूसरे मां बाप के पास जो बच्चा था उसका रुधिर वर्ग A प्रकार का था जबकि उसे ले जाने वाले मां बाप का प्रत्येक का रुधिर वर्ग O था। सारणी 9.1 के आधार पर निश्चित रूपसे यह कहा जा सकता है कि दो बच्चे आपस में बदल गए थे।

अमेरीका की एक अभिनेत्री ने एक अभिनेता के विरुद्ध न्यायालय में, दावा किया कि वह अभिनेता उसके बच्चे का पिता है। रुधिर वर्गो की जांच से पाया गया कि बच्चे का रुधिर वर्ग b तथा माता का रुधिर वर्ग A था। उस अभिनेता का रुधिर वर्ग O था जबकि उस बच्चे के असली पिता का रुधिर वर्ग B

या AB होना चाहिए था (सारणी 16.6)।

सारणी 16.6 : विभिन्न रुधिर प्रकारों वाले माता-पिता के बच्चों के सम्भावित रुधिर प्रकार

क्र.सं S.No.	माता-पिता के रुधिर प्रकार (Blood types of parents)	बच्चों के सम्भावित रुधिर प्रकार (Possible blood types of children)
1	O × O	O
2	O × A	O,A
3	O × B	O,B
4	O × AB	A,B
5	A × A	A,B
6	O × B	O,A,B,AB
7	O × AB	A,B,AB
8	B × B	B,O
9	B × AB	A,B,AB
10	AB × AB	A,B,AB

रुधिर वर्गो के ज्ञान से एक अन्य प्रकार के मुकदमें जिसमें पति अपनी पत्नी पर यह आरोप लगाता है कि उसके बच्चे का असली पिता कोई अन्य पुराष है और विवाह विच्छेद (divorce) चाहता है, का फैसला करने में भी सहायता मिलती है।

iv. आनुवंशिक रोगों से बचाव (Protection from hereditary diseases)

विवाह पूर्व रुधिर वर्गो की जांच कर सम्भावित आनुवंशिक रोगों-से बचाव किया जा सकता है।

बोध प्रश्न - 2

I. बहुविकल्पी प्रश्न

1. कारकवाद का प्रतिपादन करने वाले वैज्ञानिक है :
   (अ) बेदसन एवं पुन्नेट
   (ब) हार्डी-वाइनबर्ग
   (स) बीडल एवं टॉटम
   (द) नीरेन्वर्ग एवं खुराना ( )
2. संपूरक जीन्स का F_2 पीढ़ी की जीनी अनुपात होता है :
   (अ) 3 : 1
   (ब) 9 : 7
   (स) 9 : 3 : 4
   (द) 9 : 3 : 3 : 1 ( )
3. मानव में त्वचा के रंग में विभिन्नताएँ निम्न में से कौन सा जीन्स का उदाहरण है.
   (अ) पूरक जीन्स
   (ब) द्विक जीन्स
   (स) संचयी जीन्स

(द) एपिस्टेटिक जीन्स ( )

4. रक्त समूह 4 बाला मानव रक्त दे सकता है :

(अ) A एवं B को

(ब) A एवं AB को

(स) B एवं O को

(द) B एवं AB को ( )

5. जब एक एलील दूसरे एलील की उपस्थिति में अपने आप को प्रकट नहीं कर पाता तो पहले वाला एलील कहलाता है :

(अ) पूरक

(ब) प्रभावी

(स) अप्रभावी

(द) सहप्रभावी ( )

6. यदि एक पिता का रक्त समूह 4 हो व माता का 8 हो तो सन्तान में पाये जाने वाला रक्तसमूह होगा

(अ) A

(ब) B

(स) AB, AB व O

(द) AB ( )

II. सही या गलत अंकित कीजिये (True or False)

1. पूरक जीन्स परस्पर क्रिया के कारण एक पूर्ण रूप से भिन्न अप्रत्याशित लक्षण उत्पन्न होगा।

2. संपूरक जीन्स एकविषमयुग्मी स्थिति में सुप्त जीन्स की उपस्थिति केवल मात्र संमुक किया को बढ़ाती है और फीनोटाइप्स का अनुपात बदल जाता है।

3. फूलों का रंग एन्थोसायनिन नामक वर्णक की उपस्थिति के कारण होता है। यह वर्णक एन्जाइम की उपस्थिति में वर्णकहीन तत्व क्रोमोजन के द्वारा उत्पन्न किया जाता है।

4. प्रभावी जीन ' C ' क्रामोजन की उत्पत्ति के लिए उत्तरदायी है। इस जीन के अप्रभावी होने पर क्रोमोजन का निर्माण नहीं होता है।

5. जब एक जीन एक आनुवंशिक पृष्ठ भूमि में कोई दृष्टिगत प्रभाव उत्पन्न नहीं रखता लेकिन दूसरे जीन द्वारा उत्पन्न लक्षण के बदलता है तो इस जीन को रूपान्तरक कहते है।

III. सही या गलत अंकित कीजिये (True or False)

1. .... जीन्स एक प्रभाव विशेष पैदा करने में निश्चित रूप से अक्रियाशील होते हैं।

2. .... एक लक्षण के प्रभावित करने वाले विशेष गुप्त जीन्स

होते हैं। लेकिन उनके प्रदर्शन की मात्रा सामान्य से कम होती है।

3. प्रबल एलील सबसे अधिक क्रियाशील होगा और............... एलील थोड़ा कम क्रियाशील होगा।

16.8 सारांश. (Summary)

बहु गुणी जीनों को अन्तर क्रिया की सरल प्रक्रिया में कई बिन्दुओं पर उपस्थित जीन एक जैसा प्रभाव संचयी अभिव्यक्ति द्वारा उत्पन्न करते हैं। ऐसे जीन को संचयी जीन कहते हैं।

पूरक जीन्स : उन दो प्रभावी जोड़ियों को कहते हैं जो एक लक्षण उत्पन्न करने के लिये इस प्रकार से परस्पर किया करते हैं कि प्रभावी जीन अपना प्रभाव प्रकट कर देता है। चाहे दूसरा जीन अनुपस्थित हो।

रूपान्तरक : जब एक जीन एक आनुवंशिक पृष्ठभूमि में कोई दृष्टिगत प्रभाव उत्पन्न नहीं करता लेकिन दूसरे जीन द्वारा उत्पन्न लक्षण को बदलता है।

16.9 शब्दावली (Glossary)

द्विसंकर वंशागति	Dihybrid Inhibition
संदमन	Inhibition
संदमन जीन	Inhibitor gene
प्रबल जीन	Epistatic gene
विसयोजन	Segregation
उत्परिवर्तन	Mutation
उत्परिवर्तन विकल्पी	Mutation alleles

16.10 संदर्भ ग्रन्थ (Further readings)

1. भाटिया, कोहली एवं जैन. रमेश बुक डिपो, जयपुर
2. Agrawal, S.Chand and Company, Delhi

16.11 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answer to Self-assessment Questions)

बोध प्रश्न - 1

1. (अ) 2. (अ) 3. (अ) 4. (स)

बोधप्रश्न - 2

I. बहु विकल्पी प्रश्न

1. (अ) 2. (ब) 3. (स) 4. (ब) 5. (स) 6. (स)

II. सही अथवा गलत

1. (T) 2. (T) 3. (T) 4. (T) 5. (T)

III. रिक्त स्थानों की पूर्ति

1. एफार्मस
2. हाइपोमार्फस
3. हाइपोमॉर्फिक

16.12 अभ्यासार्थ प्रश्न (Excercise Questions)

1. कौन से जीन्स एक प्रभाव विशेष पैदा करने में निश्चित रूप से अक्रियाशील होते हैं?
2. मृत्यु उत्पन्न करने वाले जीन्स को क्या कहते हैं।
3. जीन्स का पारस्परि किया पर निबन्ध लिखिये।

इकाई 17 : कोशिकाद्रव्यी वंशागति या केन्द्रकीय वंशागति (Cytoplasmic Inheritance or Extra Nuclear Inheritance)

इकाई की रूपरेखा (Out line of Units)

17.0 उद्देश्य (Objectives)

17.1 प्रस्तावना (Introduction)

17.2 मातृक प्रभाव (Maternal Effects)

17.3 संक्रामक कण (Infective Particles)

17.4 कोशिका घटक (Cell components)

17.5 प्लास्मिड (Plasmids)

17.6 क्लेमाईडोमोनास में एकजनकयि वंशागति (Uniparental Inheritance in Chamydomonas)

17.7 सारांश (Summary)

17.8 शब्दावली (Glossary)

17.9 संदर्भ मन्थ (Further Readings)

17.10 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to Self-assessment Questions)

17.11 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

17.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् मेन्डेली (केन्द्रकीय) तथा अमेन्डेली (केन्द्रक बाह्य) वंशागति में अंतर समझ सकते हैं।

- केन्द्रकबाह्य वंशागति में क्लोरोप्लास्ट तथा माइटोकोन्ड्रिया की भूमिका के बारे में जान सकेंगे।
- केन्द्रकबाह्य वंशागति की प्रकृति का वर्णन कर सकेंगे।
- जीन क्लोरोप्लास्ट तथा माइटोकोन्ड्रिया में पायी जाती हैं इसका प्रमाण दे सकेंगे।
- कोशिका के विभिन्न भागों में उपस्थित आनुवंशिक जटिलताओं को समझ सकेंगे।

17.1 प्रस्तावना (Introduction)

पूर्व की इकाइयों में', गुणसूत्रों पर उपस्थित जीनों पर ध्यान केन्द्रित किया गया है, तथा वंशागति में इनकी भूमिका का वर्णन किया है। केन्द्रक में उपस्थित गुणसूत्रों पर पायी जाने वाली जीनों द्वारा वंशागति का नियंत्रण किया जाता है, लेकिन इसके अतिरिक्त कोशिकाद्रव्य (cytoplasm) में उपस्थित ऐसे गुणों वाली कायों (bodies) द्वारा भी वंशागति का नियंत्रण किया जाता है। केन्द्रकीय आनुवंशिकता (nuclear heredity) में पिता अथवा नर एवं माता अथवा मादा का योगदान की मात्रा, शुक्राणु (sperm) द्वारा किये गये कोशिका द्रव्य के योगदान की मात्रा समान होता है। लेकिन अंड (egg) द्वारा किए गए कोशिका द्रव्य के योगदान से हमेशा बहु त अधिक होती है। कोशिकाद्रव्यी वंशागति

(Cytoplasmic Inheritance) को मातृक वंशानुगति (Maternal inheritance), केन्द्रक बाह्य वंशागति (Extranuclear inheritance) तथा केन्द्रक बाह्य वंशागति (Extranuclear inheritance) भी कहते हैं।

17.2 मातृक प्रभाव (Maternal Effects)

मातृक प्रभाव (maternal effect) को प्रदर्शित करने वाले उदाहरण निम्नलिखित हैं -

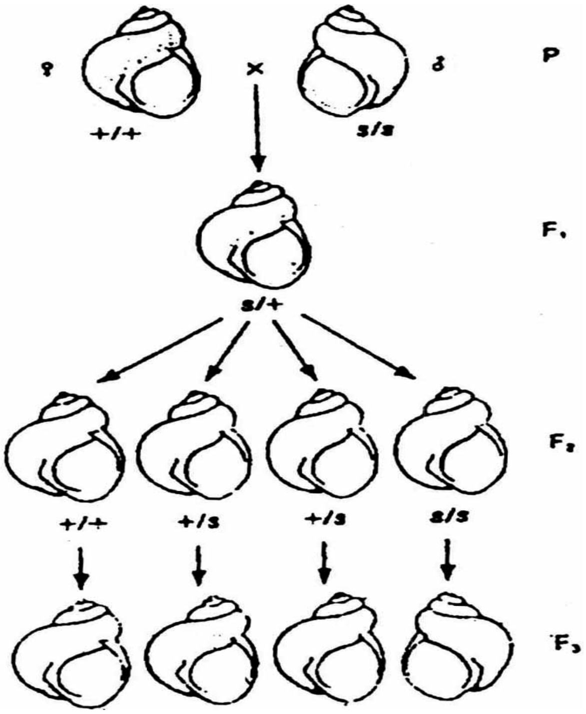
17.2.1 कवच कुंडलन (Shell coilling)

1923 में एल्फ्रेड स्टूरटेवान्द (Alfred Sturtevant) ने बताया कि जल घोंघे लिम्निया (water snail, Limnaea) के कवच की कुण्डलन की दिशा, कोशिकाद्रव्य में केन्द्रकीय जीनों द्वारा उत्पादित प्रभाव पर निर्भर करती है।

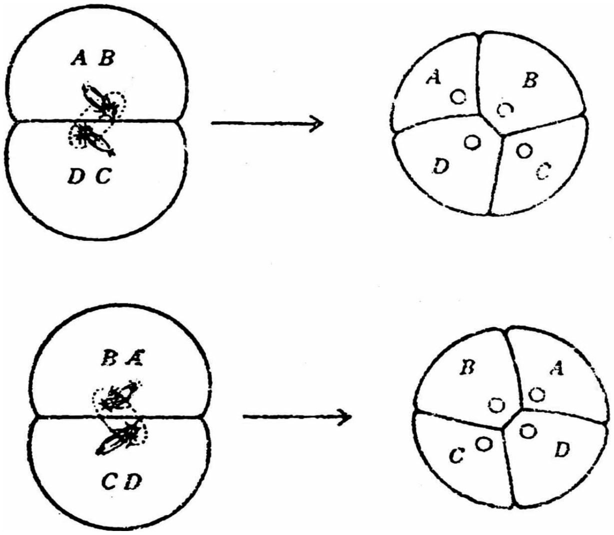
घोंघो के कवच या तो दायीं ओर कुण्डलित होते हैं या बांयी ओर। दायीं ओर कुंडलित कवच को दक्षिणावर्त (Dextal) कहते है तथा बांयी ओर कुंडलित कवच को वामावर्त (Sinistral) कहते है (चित्र 17.1)। एक कवच इस प्रकार से पकडा जाए कि प्रच्छद अथवा ऑपरक्यूलम (Operculum) देखने वाले की ओर हो और दायीं ओर हो तो उसे दक्षिणावर्त कुंडलन (Dextral Coiling) तथा बायीं ओर हो तो उसे वामावर्त कुंडलन (Sinistral Coiling) कहते हैं। कुंडलन की दिशा केन्द्रकीय जीनों के एक युग्म, दक्षिणाव (+) तथा वामावर्त (s) द्वारा निर्धारित होती है। दक्षिणावर्त (+) जीन, वामावर्त जीन (s) पर प्रभावी (dominant) होती है। इस लक्षण की अभिव्यक्ति मातृक जीनप्ररूप (maternal genetype) पर निर्भर करती है। दक्षिणावर्त मादा तथा वामावर्त नर के संकरण (Cross) से उत्पन्न F_1 पीढ़ी के सभी सदस्यों में दक्षिणावर्त कुंडलन पाया जाता जबकि वामावर्त माता तथा दक्षिणावर्त नर के संकरण से उत्पन्न पृ 1 पीढ़ी के सभी सदस्यों में वामावर्त कुंडलन पाया जाता है। लेकिन इन दोनों की F_2 पीढ़ी के सभी सदस्यों में दक्षिणावर्त कुंडलन पाया जाता है।

चित्र 17.1 : लिम्निया के कवच में दक्षिणावर्त एवं वामावर्त कुंडलन

इनकी F_3 पीढ़ी के अध्ययन से यह ज्ञात हुआ कि कुण्डलन की दिशा केन्द्र्कीय जीनों (nuclear genes) पर निर्भर करती है न कि केन्द्रकबाह्य जीनों (Extranuclear genes) पर। F_3 पीढ़ी के घोघों में से 3/4 में दक्षिणावर्त कुंडलन तथा 1/4 में वामावर्त कुंडलन पाया जाता है (चित्र 17.2)। यह अनुपात, F_2 पीढ़ी में मेन्डेली विसंयोजन (Mandelian segregation) को प्रदर्शित करता है। स्टूरेवांट इस निष्कर्ष पर पहुंचे कि कवच कुंडलन लक्षणप्ररूप, माता के जीनप्ररूप (genotype) पर निर्भर करता है। इसका कारण यह हैं कि माता का जीनप्ररूप, परिवर्तनशील भ्रूण के प्रारंभिक विदलन प्रतिरूप (cleavage pattern) का निर्धारण करता है (चित्र 17.3)।



चित्र 17.2 लिम्निया में कवच कुंडलन की वंशागति



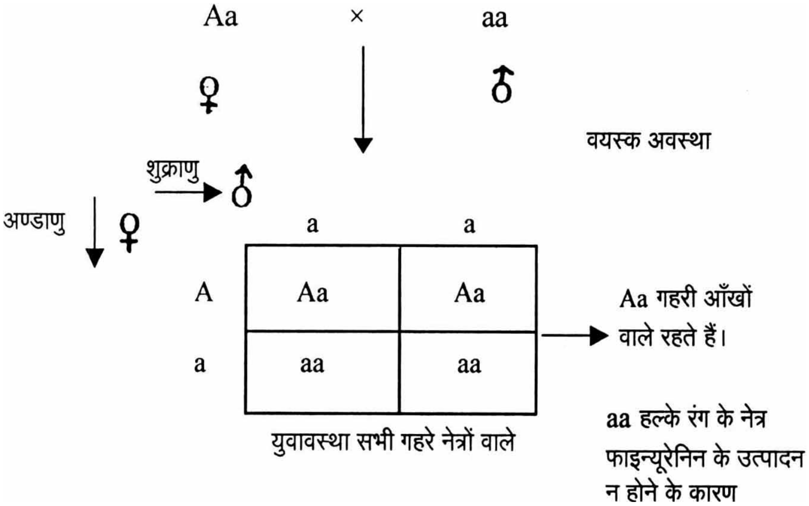
चित्र 17.3 : विदलन प्रतिरूप द्‌वारा कुंडलन का निर्धारण

17.2.2 जल पिस्सु एवं आटा शलभ (Water Flea and Flour Moth)

जल पिस्सु गैमेरस (water flea,Gammarus) में तथा आटा शलभ अथवा मॉथ, एफेस्टिया (Flour moth, Ephestia) में भी मातृक प्रभाव प्रदर्शित होता है। युवावस्था में इनके नेत्र में वर्णक (pigment) उत्पादन केन्द्रकीय जीन के एक युग्म, A तथा a, पर निर्भर करता है। प्रभावी जीन A, काइन्यूरेनिन (Kinurenine) नामक विसरणशील पदार्थ के उत्पादन का निर्देश देती है।

काइन्यूरेनिन, नेत्र वर्णक संश्लेषण में सहायक होता है। Aa मादा तथा aa नर के संकरण से गहरी

आंखों (dark eyed) वाले पिस्सु एवं शलभ उत्पन्न होते हैं लेकिन वयस्क अवस्था में पहुँचने पर इनमें से आधी संतति जिनका जीनप्ररूप aa होता है, की आखों का रंग हल्का हो जाता है। इसका कारण यह है कि Aa माता में से काइन्यूरेनिन सभी संतानों में विसरित हो जाता है चाहे उनका जीनप्ररूप कुछ भी हो। इन संतानों में प्रारंभ में वर्णक का उत्पादन होता है लेकिन बाद में aa संतानों में काइन्यूरेनिन का उत्पादन नही होता अत: उनके नेत्र हल्के रंग के हो जाते हैं।



चित्र 17.4 : जल पिस्तु एवं आटा शलभ में मातृक प्रभाव

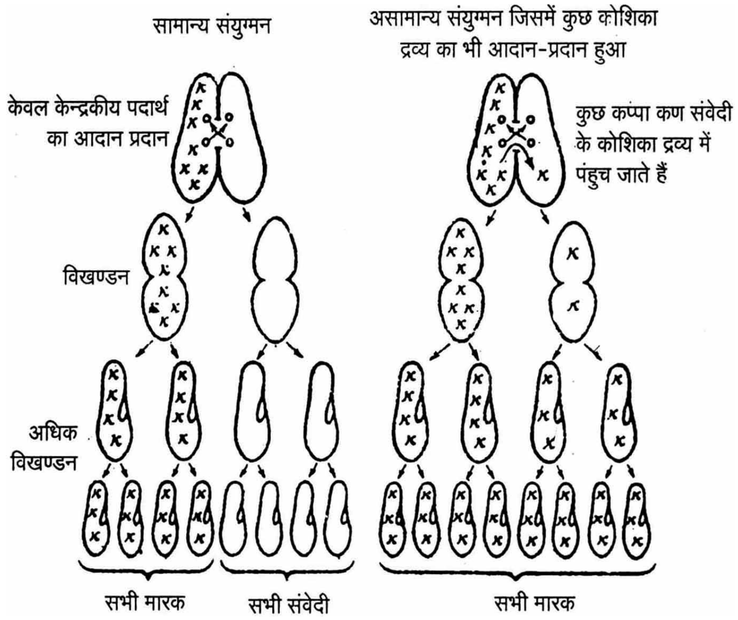
17.3.1 संक्रामक कण (Infective Particles)

संक्रामक कणों (Infective Particles) द्वारा कोशिकाद्रव्यी वंशागति के उदाहरण निम्नलिखित है:

17.3.1 पैरामीसियम में कप्पा कण (Kappa particles in Paramecium)

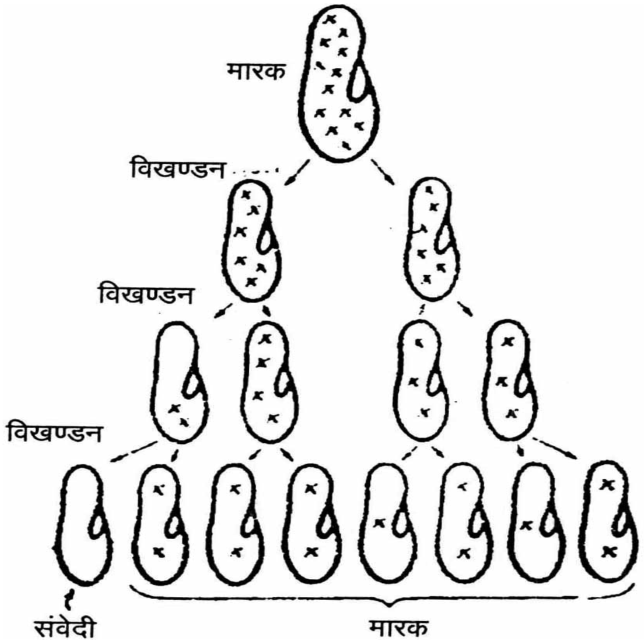
पैरामीसियमकी कुछ प्रजातियां (मारक,Killers), पैरामेसिन (Paramecin) नामक पदार्थ का उत्पादन करती हैं जो दूसरे अन्य पैरामीसियम (संवेदी,sensitive) के लिए घातक (lethal) होता है। पैरामेसिन, जल में घुलनशील तथा विसरणशील होता है। इसका उत्पादन, कोशिकाद्रव्य में उपस्थित कप्पा कणों (kappa particles) पर निर्भर करता है। कप्पा कण में DNA तथा RNA पाये जाते हैं और यह उत्परिवर्तनशील (mutable) होता है। कप्पा कणों की उपस्थिति, केन्द्रकीय जीन K पर निर्भर होती है। kk जीनप्ररूप वाले पैरामीसियम में कप्पा कण अनुपस्थित होते हैं।

जब मारक, KK, का संवेदी, kk के साथ संयुग्मन (conjugation) होता तो पूर्वसंयुग्मी (exconjugants), kk, होते हैं और ये मारक होने चाहिए। लेकिन अगर संयुग्मन बहुत कम समय के लिये हुआ हो और कोशिकाद्रव्य का आदान-प्रदान न हुआ हो तो पूर्वसंयुग्मी मारक व दूसरा संवेदी होता है। यदि संयुग्मन अधिक देर तक होता है तो संयुग्मन में कोशिकाद्रव्य का आदान-प्रदान होता है और दोनों पूर्वसंयुग्मी मारक होंगे (चित्र 17.58)।



चित्र 17.5 : पैरामीसियम में कप्पा कणों द्वारा कोशिकाद्रव्यी वंशागति

यदि पैरामीसियम में विखण्डन (Fission) की गति, कप्पा कणों के विभाजन की गति से बहुत अधिक हो तो कुछ पैरामीसियम, कप्पा कण प्राप्त नहीं कर पाते हैं और वे संवेदी में परिवर्तित हो जाते हैं (चित्र 17.6)।

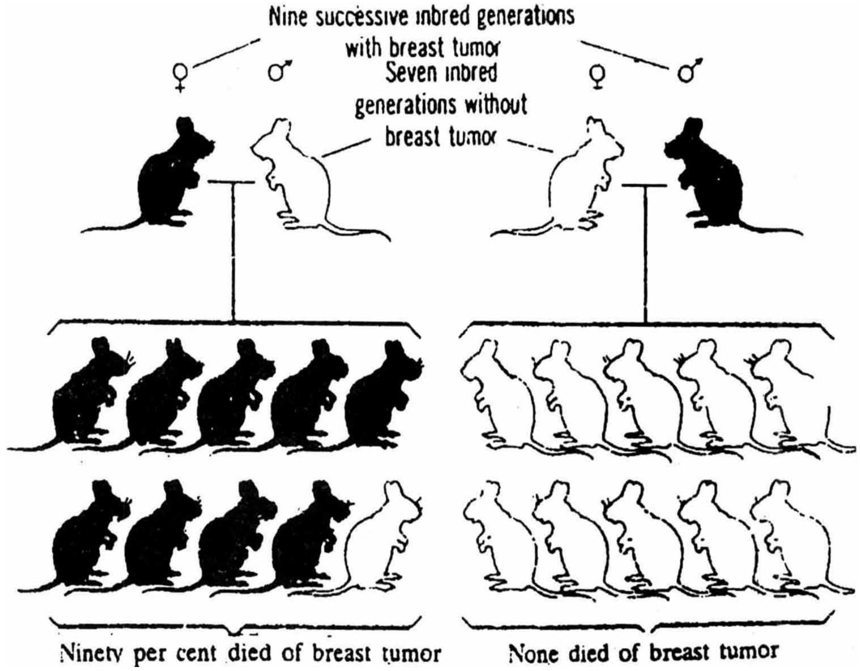


चित्र 17.6 : मारक पैरामीसियम का संवेदी पैरामीसियम में परिवर्तन

17.3.2 मूषक में दुग्ध कारक (Milk Factor in Mice)

मूषक की कुछ प्रजातियों की मादाएं स्तन कैंसर के प्रति ग्रहणशील (Susceptible) होती हैं। यदि इन मादाओं का संकरण, उन नरों से कराया जाए जिनमें कैंसर होने की प्रवृत्ति बहुत कम हो तो इस

संकरण के परिणाम माता पर निर्भर करते हैं। यदि निम्न कैंसर प्रवृत्ति वाले मूषकों के शिशु को, कैंसर ग्रहणशील माता द्वारा स्तनपान करवाया जाए तो उस शिशु में कैंसर होने की प्रवृत्ति बहु त अधिक होती हैं। इनमें, दुग्ध के साथ संक्रामक कारकों (infecting factors) का संरचण होता हैं।



चित्र 17.7 : मूषक में दुग्ध कारक की कोशिकाद्रव्यी वंशागति

17.4 कोशिका घटक (Cell Components)

कोशिकाद्रव्यी वंशागति में भाग लेने वाले विभिन्न कोशिका घटक निम्नलिखित हैं -

17.4.1 लवक अथवा प्लैस्टिड (Plastids)

लवक (plastids), कोशिकाद्रव्यी कोशिकांग होते हैं जो विभिन्न पादपों में पाये जाते हैं। हरित प्रकाश संश्लेषण वर्णक, क्लोरोफिल (chlorophyll) युक्त लवक, हरित लवक अथवा क्लोरोप्लास्ट (chloroplast) कहलाता है। ये लवक केन्द्रकीय DNA के नियंत्रण में विभाजित होते है। मिराबिलिस जलापा (*Mirabilis jalapa*) पौधे में लवक वंशागति, कोशिकाद्रव्यी वंशागति को प्रदर्शित करती है। यह पौधा तीन रूपों में पाया जाता है। सामान्य हरित (green), रंग बिरंगा (variegated) तथा श्वेत (white) कभी - कभी ऐसे पौधे प्राप्त होते हैं जिनमें दो या तीन प्रकारूप एक साथ देखे जा सकते हैं हरित पौधे की अंड कोशिकाओं (egg cells) में हरित लवक पाये जाते हैं और श्वेत पौधे की, अंड कोशिकाओं में श्वेत लवक लेकिन रंग बिरंगे पौधे की अंड कोशिकाओं में हरित तथा श्वेत दोनों लवक होते हैं। इन अंडकोशिकाओं से उत्पन्न पौधों की कुछ कोशिकाओं में अधिकांश हरित लवक तथा कुछ कोशिकाओं में अधिकांश श्वेत लवक हो सकते हैं, जिसके फलस्वरूप रंग बिरंगे पौधे प्राप्त होते हैं। अत: मिराबिलिस जलापा पौधे की पत्तियों का रंग उसकी कोशिकाओं के कोशिकाद्रव्य में उपस्थित लवकों पर निर्भर करता हैं।

17.4.2 सूत्रकणिका, अथवा माइटोकॉन्ड्रिया (Mitochondria)

जीवाणु (bacteria), नील हरित शैवाल (blue green algae) तथा परिपक्व रक्ताणु (mature erythrocytes) के अतिरिक्त सभी जीवित कोशिकाओं में माइटोकॉन्ड्रिया (mitochondria) पाया जाता है। इनमें स्वप्रतिकृतिकरण (self replication) होता है तथा ये ऑक्सीश्वसन (aerobic respiration) के स्थल होते हैं। लवकों की भांति, माइटोकॉन्ड्रिया में भी DNA पाया जाता है। 1995 में एफरूसी (Ephrussi) द्वारा यीस्ट सेकेरोमाइसीज सेरेविसी (Yest, saccharomyces) में शवसन अपूर्ण विभेदों respiratory deficient strains) का अध्ययन किया। श्वसन अपूर्ण विभेद में अनॉक्सीय श्वसन (anaerobic respiration) होता है तथा ये छोटी निवह का निर्माण करते हैं जिन्हें पेटाइटस (Petites) कहते हैं। उत्परिवर्ती केन्द्रकीय DNA या उत्परिवर्ती माइटोकॉन्ड्रिया DNA या दोनों के कारण पेटाइटस में दोषपूर्ण माइटो - कॉण्ड्रिया पाया जाता है जिसके फलस्वरूप इनमें ऑक्सी श्वसन नहीं होता। अत : यीस्ट में माइटोकॉन्ड्रिया द्वारा कोशिकाद्रव्यी वंशागति नियंत्रित होता है।

17.5 प्लास्मिड (Plasmide)

प्लास्मिड (plasmids), एक वृत्ताकार DNA अणु से बनी संरचना है जो जीवाणु में पायी जाती है। इन्हें तीन वर्गो में बांटा जा सकता है.

(i) F कारक (Fertility or sex factors)

(ii) R कारक (Resistance factors)

(iii) Col कारक (Colcinogenic factors)

17.5.1 F कारक (Fertility or sex factors)

यदि F कारक अथवा जननक्षमता कारक, केन्द्रकाभ (necleoid) के साथ युग्मित होता है तो दाता जीवणु कोशिका को Hfr, उच्च आवृत्ति पुनर्योगिज (Hfr, High frequency recombinant) कहा जाता है और जब पृथक कोशिकाद्रव्यी कोशिकांग के रूप में पाया जाता है तो इसे F^+ कहा जाता है। F^+ जीवाणु कोशिका, Hfr जीवाणु कोशिका से संयुग्मन (conjugation) के समय भिन्न व्यवहार प्रदर्शित करती है। F कारक DNA का बना होता है। जिस जीवाणु कोशिका में F कारक पाया जाता है वह दाता (donor) का कार्य करती है। जिस कोशिका में F कारक अनुपस्थित होता है वह आदाता (receptor) का कार्य करती है। इस प्रकार F कारक, कोशिकाद्रव्यी आनुवंशिक निर्धारक के रूप में क्रिया करता है।

17.5.2 R कारक (Resistance Factors)

R कारक अथवा प्रतिरोधक कारक, प्लास्मिड होते हैं जिनमें प्रतिरोधक जीन पायी जाती है। ये जीन, एक या अधिक रासायनिक पदार्थो जैसे संक्रमण को रोकने की औषधियां, उदाहरण के लिए, निओमाइसिन (neomycin), पेनिसिलिन (penicillin), स्ट्रेप्टोमाइसिन (streptomycin) तथा टेट्रासाइक्लिन (tetracycline) के विरूद्ध प्रतिरोध उत्पन्न करती है। एक या अधिक औषधियों के विरूद्ध प्रतिरोध संक्रमाक (infectious) होता हैं क्योंकि DNA युक्त प्रतिरोधक कारक संयुग्मन के समय एक

जीवाणु कोशिका से दूसरी जीवाणु कोशिका में स्थानांतरित हो जाते है।

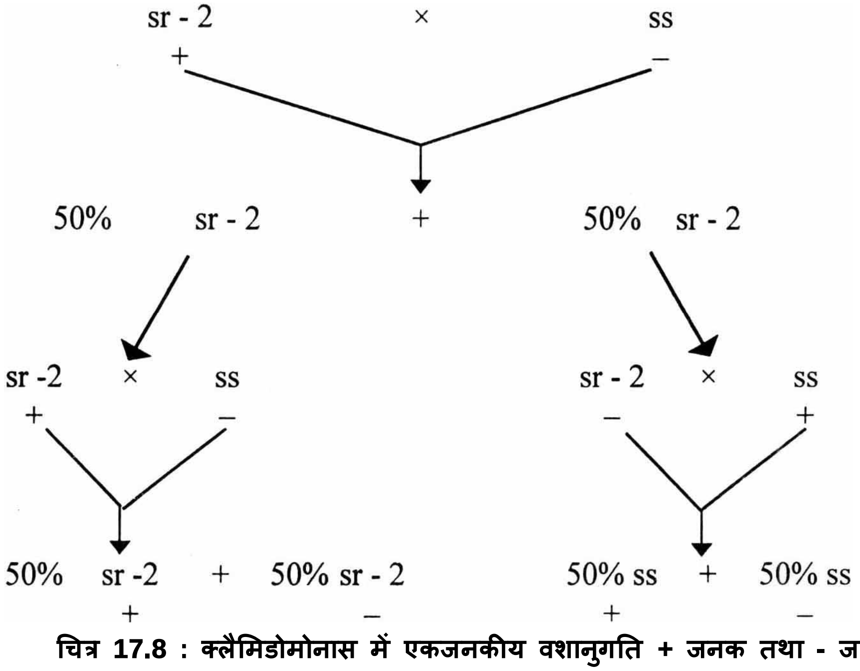
17.5.3 Col कारक (Colicinogenic Factors)

Col कारक अथवा कॉलीसीनजनक कारक, कॉलीसीन (colicins) उत्पादन करने वाले प्लास्मिड होते है। कॉलीसीन, आंत्र जीवाणु दारा उत्पादित विशिष्ट प्रोटीन प्रतिरक्षियाँ (antibodies) होती है। यदि अन्य जीवाणु विभेदों में उनकी भित्ति पर विशिष्ट कॉलीसीन ग्राही स्थल पाये जाते हैं तो वे ग्रहणशील (susceptible) होते हैं और यदि ये ग्राही स्थल अनुपस्थित हो तो ये प्रतिरोधक होते हैं। कोलीसीनजनक कोशिकाएं, अपने द्वारा संश्लेषित कॉलीसीन के विरूद्ध प्रतिरोध प्रदर्शित करती हैं

कॉलीसीन K, DNA प्रतिकृतिकरण (replication), RNA अनुलेखन (transcription) तथा पॉलीपेप्टाइड संश्लेषण को रोकता है।

17.6 क्लैमिडोमोनास में एकजनकयि वंशागति (Uniparental Inheritance in *Chlamydomonas*)

हरित शैवाल क्लैमिडोमोनास में दो प्रकार के युग्मक (gemetes) पाये जाते है : + युग्मक तथा युग्मक। क्लैमिडोमोनास में प्रतिजैविक अथवा एन्टिबायोटिक (antibiotic) के प्रति दो प्रकार की अभिक्रिया होती है। जीनप्ररूप sr-1 की कायिक कोशिकाएं 100 μg/ml स्ट्रेप्टोमाइसिन के प्रति प्रतिरोधकता प्रदर्शित करती हैं तथा जीनप्ररूप ss की कायिक कोशिकाएं संवेदी (sensitive) होती है तथा इस सान्द्रता पर मर जाती हैं। यह जीनयुग्म, मेन्डेली विसंयोजन (Mendelian segregation) प्रदर्शित करता है।



चित्र 17.8 : क्लैमिडोमोनास में एकजनकीय वशानुगति + जनक तथा - जनक, sr - 2 = streptpmycin resistant; ss = streptomycin sensitive

एक अन्य जीनप्ररूप sr -2 की कोशिकाएं, 500 μg/ml स्ट्रेप्टोमाइसिन के प्रति प्रतिरोधकता प्रदर्शित करती है तथा इसकी संवेदी की जीनप्ररूप भी ss होता है। लेकिन इस उच्च सान्द्रता की अभिक्रिया,

मेन्डेली नियम के अनुसार संचरित नहीं होती बल्कि + जनक (+ parent) द्वारा निर्धारित होती है। यदि + जनक, स्टेप्टोमाइसिन के प्रति प्रतिरोधकता प्रदर्शित करती है तो संतति भी प्रतिरोधक होंगी और यदि जनक, संवेदी है तो संतति भी संवेदी होंगी (चित्र 17.8)।

बोध प्रश्न

1. निम्न में से कौन से कथन सही हैं :

   (i) केन्द्रक बाह्यआनुवशिक तंत्र में वंशानुगति मेन्डेली वशानुगति से भिन्न है।

   (ii) कोशिकाद्रव्यी वंशानुगति में संतान के लक्षण प्रारूप नर जनक द्वारा प्रभापि होते है।

   (iii) केन्द्रक बाह्मवंशानुगति में संतानों के लक्षणप्ररूप समान होते है।

2. निम्न कथनों के रिक्त स्थानों को उपयुक्त शब्दों द्वारा भरिए।

   (i) मातृक वंशानुगति के आनुवंशिक निर्धारक..................... तथा .... में उपस्थित रहते हैं।

   (ii) .... में................................ ने बताया था कि लिम्निया के कवच की कुण्डलन की दिशा कोशिका द्रव्य में केन्द्रकीय जीनों द्वारा उत्पादित प्रभाव पर निर्भर करती हैं।

   (iii) यदि पैरामीसियम में विखण्डन की गति............................... कणों के विभाजन की गति से बहुत अधिक हो तो कुछ पैरामीसियम .... कण प्राप्त नहीं कर पाते हैं और वे .... में परिवर्तित हो जाते हैं।

17.7 सारांश (Summary)

इस इकाई में आपने अध्ययन किया कि पौधों तथा जन्तुओं के कुछ लक्षण मेन्डेल के आनुवांशिकी के नियमों के आधार पर वंशागत नहीं होते हैं।

कुछ लक्षण केन्द्रकीय गुणसूत्रों द्वारा प्रभावित न होकर मादा जनक के अनुवंशिकीय योगदान पर निर्भर करता है। इस प्रकार की वंशागति, कोशिकाद्रव्यी वंशागति, मातृक वंशागति, अमेन्डेली वंशागति तथा केन्द्रकबाह्य वंशागति कहलाती है।

आनुवांशिक निर्धारक क्लोरोप्लास्ट अथवा माइटोकॉन्ड्रिया में उपस्थित होते हैं। इन दोनों अंगको (कोशिकांगों) में डी.एन. ए. युक्त क्षेत्र प्रेक्षित किये गए हैं।

कवच कुंडलन लक्षणप्ररूप, माता के जीनप्ररूप पर निर्भर करता है इसका कारण यह है कि माता का जीनप्ररूप, परिवर्तनशील भ्रूण के प्रारम्भिक विदलन प्रतिरूप का निर्धारण करता हैं।

यदि पैरामिसीयम में विखण्डन की गति, कप्पा कणों के विभाजन की गति से बहुत अधिक हो तो कुछ पैरामीसियम कप्पा कण प्राप्त नहीं कर पाते है और वे संवेदी में परिवर्तित हो जाते हैं।

17.8 शब्दावली (Glossary)

दक्षिणावर्त कुंडलन	Dextral coiling

वामावर्त कुंडलन	Sinistral coiling
मातृक जीन प्ररूप	Maternal genotype
संक्रामक कण	Infective particles
संयुग्मन	Conjugation
ग्रहणशील	Susceptible

17.9 संदर्भ ग्रन्थ (Further reading)

1. भाटिया, कोहली एवं जैन, रमेश बुक डिपो, जयपुर
2. Agarwal,S.Chand and Company, Delhi.

17.10 बोधप्रश्नों के उत्तर (Answers to Self- assessment Questions)

1. (i) गलत
   (ii) गलत
   (iii) सही
2. (i) कोशिका द्रव्य, क्लोरोप्लास्ट
   (ii) 1923, एल्केड स्ट्रटेवान्ट
   (iii) कप्पा, कप्पा, संवेदी

17.11 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1. कोशिका द्रव्य वंशागति से क्या तात्पर्य है? उचित उदाहरणों के माध्यम से समझाइये।
2. पैरामीसियम में कोशिका द्रव्य वंशागति पर टिप्पणी लिखिए।