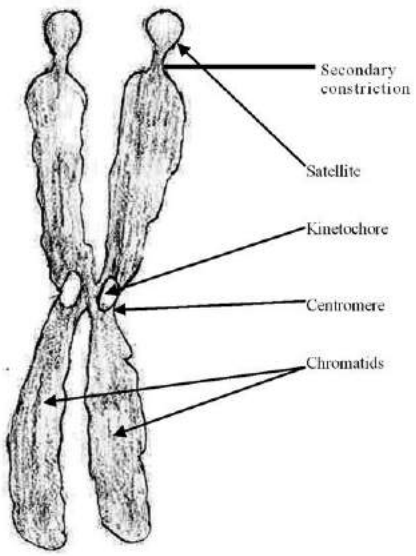
अध्याय – 5
आनुवंशिक द्रव्य
(Genetic Material)

5.1 परिचय :

अध्याय 3 में आपने कोशिका संरचना में केन्द्रक की सम्पूर्ण संरचना तथा उसके प्रकार्य के बारे में पढ़ा है। केन्द्रक में उपस्थित क्रोमेटिन रेशे गुणसूत्र संरचना के मूलभूत अंग होते हैं। इस अध्याय में गुणसूत्रों की आकारिकी, व रासायनिक संरचना के बारे में अध्ययन करेगें। गुणसूत्र का अध्ययन कोशिका विभाजन की मध्यावस्था के दौरान किया जा सकता है। क्योंकि ये इस अवस्था में अलग–अलग व स्पष्ट रूप से दिखाई पड़ते हैं (चित्र 5.1)।



चित्र 5.1 : गुणसूत्र (मध्यावस्था) का चित्र

गुणसूत्र (क्रोमोसोम) की खोज ई. स्ट्रासबर्गर (E.Strausberger) ने 1875 में की थी। क्रोमोसोम नाम का सर्वप्रथम उपयोग वाल्डेयर (Waldeyer) ने 1888 में किया। क्रोमोसोम (Chroma, क्रोमा =रंग + Soma सोमा =काय) शब्द नाम पड़ने का कारण इसका क्षारीय रंजकों से अत्यधिक गाढ़ा अभिरंजित (Stained) होना है।

कोशिका विभाजन की विभिन्न अवस्थाओं के दौरान गुणसूत्रों की आकारिकी में परिवर्तन देखे जा सकते हैं। यह परिवर्तन मुख्यतया कुंडलन (Coiling) के कारण होता है। प्रत्येक गुणसूत्र एक महीन धागे जैसी संरचना से बना होता है; इस धागे को क्रोमेटिन रेशा (Chromatin fibre) कहते हैं। क्रोमैटिन रेशों के वलन (Folding), कुंडलन (Coiling) एवं महाकुंडलन (Super Coiling) से गुणसूत्र मोटे हो जाते हैं। इसके विपरित, अकुंडलन (Uncoiling) एवं अवलन (Unfolding) से ये पुनः धागे जैसे दिखने लगते हैं, और अंत में ये साधारण सूक्ष्मदर्शी से स्पष्ट दिखाई नहीं देते है।

5.2. गुणसूत्र संख्या व आमाप :

सभी जातियों में गुणसूत्रों की संख्या निश्चित होती है। किसी जाति की कायिक कोशिकाओं में उपस्थित गुणसूत्रो की संख्या को कायिक गुणसूत्र संख्या (Somatic Chromosome number) कहते हैं, और इसे 2n से दर्शाया जाता है। कायिक कोशिका में प्रत्येक गुणसूत्र की दो प्रतियाँ पायी जाती हैं, जो कि आकारिकी तथा जीन संरचना में एक दूसरे से समान होते हैं। ऐसे समरूप गुणसूत्रों को समजात गुणसूत्र कहते है। युग्मको में गुणसूत्रों की संख्या कायिक कोशिकाओं में उपस्थित गुणसूत्रों की संख्या की आधी होती है, और प्रत्येक गुणसूत्र की एक प्रति उपस्थित रहती है। इसे युग्मकी गुणसूत्र संख्या (Gametic Chromosome number) कहते हैं, और इसे n से दर्शाया जाता है। उदाहरण– प्याज में कायिक गुणसूत्र संख्या 16 व युग्मकी गुणसूत्र संख्या 8 होती है। गुणसूत्रों का आमाप सामान्यतया समसूत्री विभाजन की मध्यावस्था में नापा जाता है। गुणसूत्र प्रायः 0.5 – 32 μ लम्बे तथा 0.2 – 0.3 μ मोटे होते हैं। कई कीटों में उपस्थित महागुणसूत्र (giant chromosome) 30μ लम्बे तथा 10μ मोटे होते हैं।

5.3. गुणसूत्र आकारिकी :

गुणसूत्र की आकारिकी का अध्ययन कोशिका विभाजन की मध्यावस्था को सूक्ष्मदर्शी की सहायता से सावधानी पूर्वक देखकर, कर सकते हैं (चित्र 5.1)। इसके निम्न भाग होते हैं :

(1) क्रोमैटिड (Chromatid)

(2) गुणसूत्र बिन्दु (सेन्ट्रोमीयर, Centromere)
(3) अंत खण्ड (Telomere)
(4) द्वितीयक संकीर्णन (Secondary constriction), एवं
(5) वर्णकणिका (Chromomere)।

प्रत्येक गुणसूत्र लम्बाई में दो समरूप भागों में बँटा होता है; इनमें से प्रत्येक को क्रोमैटिड (Chromatid) कहते हैं। गुणसूत्रों में दोनों क्रोमैटिड एक बिन्दु पर एक दूसरे से जुडे रहते है; इस बिन्दू को गुणसूत्र बिन्दू कहते हैं। गुणसूत्र बिन्दु पर गुणसूत्र काफी पतला दिखता है; अतः इसे प्राथमिक संकीर्णन भी कहते हैं। गुणसूत्र के दोनो सिरो को अंतखण्ड कहते हैं। प्रत्येक गुणसूत्र के अंतखण्ड स्थिर होते हैं और ये अन्य गुणसूत्रो के अंतखण्डों से नही जुडते हैं। गुणसूत्र बिन्दु के अलावा गुणसूत्रों में अन्य संकीर्णन पाया जाता है जिसे द्वितीयक संकीर्णन कहते हैं। यह प्रायः गुणसूत्र के छोर के पास स्थित होता है। द्वितीयक संकीर्णन से परे, छोर पर स्थित गुणसूत्र के छोटे से भाग को सैटेलाइट कहते हैं। जिस गुणसूत्र में सैटेलाइट होता है, उसे सैटेलाइट गुणसूत्र कहते हैं। अर्धसूत्री विभाजन की स्थूलपट्ट उपअवस्था में गुणसूत्रों में पाई जाने वाली गोल संरचनाओं को वर्णकणिका कहते हैं और गुणसूत्रों में इनकी स्थिति निश्चित होती है।

5.4. गुणसूत्र का रासायनिक संघटन :

गुणसूत्रों के मुख्य रासायनिक अवयव डीएनए, आरएनए, हिस्टोन प्रोटीन तथा अहिस्टोन प्रोटीन होते हैं। गुणसूत्रों में औसतन 15–20 प्रतिशत डीएनए, 10–15 प्रतिशत आर.एन.ए तथा 65–75 प्रतिशत प्रोटीन होता है सारणी–5.1 में विभिन्न जीवों में क्रोमैटिन का रासायनिक संघटन दिया गया है।

डीएनए : यह क्रोमैटिन पदार्थ के रासायनिक अवयवों में सबसे महत्वपूर्ण अवयव है, क्योंकि यह आनुवंशिकता नियंत्रण करने का महत्वपूर्ण कार्य करता है। प्रत्येक जीव की कायिक कोशिकाओं में डीएनए की मात्रा अचर होती है। उदाहरण के तौर पर मानव की एक द्विगुणित कोशिका में 174 सेमी या 5.6 pg डीएनए (1 pg एक Picogram = 10^{-12} ग्राम) होता है, जिससे एक मनुष्य की समस्त कोशिकाओं में कुल मिलाकर 2.5×10^{10} किलोमीटर या 100 ग्राम डीएनए सम्भव होता है।

प्रोटीन : गुणसूत्रों में दो प्रकार के प्रोटीन पाये जाते है; (1) हिस्टोन, एवं (2) अहिस्टोन।

हिस्टोन प्रोटीन क्षारीय तथा गुणसूत्रों में उपस्थित कुल प्रोटीन का लगभग 80 प्रतिशत भाग होता है। ये मुख्य रूप से पांच प्रकार के होते हैं: H1, H2a, H2b, H3 एवं H4 है। सामान्यतया H2a, H2b, H3 एवं H4 हिस्टोन गुणसूत्रों के प्राथमिक संरचना बनाते हैं। जबकि H1 हिस्टोन क्रौमेटिन रेशों के कुंडलित स्वरूप को स्थायित्व प्रदान करता है। केन्द्रक में डीएनए एवं हिस्टोन बराबर मात्रा में पाया जाता है। अहिस्टोन प्रोटीन की मात्रा गुणसूत्रों में उपस्थित कुल प्रोटीन की लगभग 20 प्रतिशत होती है तथा ये अम्लीय होते हैं। अम्लीय प्रोटीन तथा हिस्टोन प्रोटीन यूकेरियाटों में जीन क्रिया के नियमन में भाग लेते है।

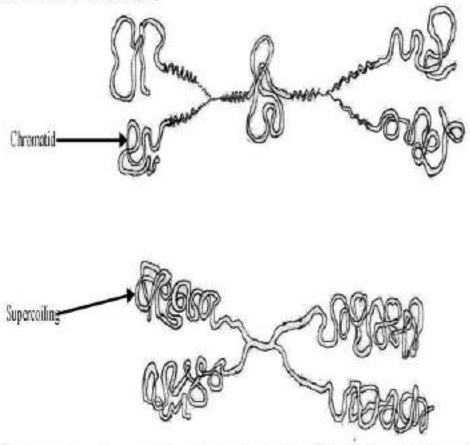
5.5. गुणसूत्र परासंरचना :

यूकेरियोटिक गुणसूत्र की परासंरचना के सम्बन्ध में एक विख्यात मॉडल वलित रेशा मॉडल (folded-fiber model) 1965 में ई.जे. दुप्रा (E.J. Du Praw) द्वारा प्रस्तुत किया गया था (चित्र 5.2)। इस मॉडल के अनुसार गुणसूत्र केवल एक डीएनए का बना होता है। अन्तरावस्था में उपस्थित डीएनए अणु की प्रतिकृति होती है, जिससे दो संतति क्रोमैटिन रेशे उत्पन्न होते हैं। गुणसूत्र बिन्दु पर

सारणी –5.1 जीवों में क्रोमैटिन का रासायनिक संघटन (सभी संख्याएँ प्रतिशत में)

जीव	अंग	डीएनए	हिस्टोन	अहिस्टोन	आरएनए
मटर	भ्रूण अक्ष	39.0	40.0	11.0	10.0
मानव		35.5	36.0	25.0	3.5
चूहा		37.0	37.0	25.0	1.0
बछडा		40.2	46.0	13.5	0.3
समुद्री अर्चिन ब्लास्टुला		39.2	41.0	19.0	1.0

क्रोमैटिन रेशे की प्रतिकृति पूर्ण नहीं होने के कारण दोनों संतति क्रोमैटिन रेशे इस बिन्दु पर एक दूसरे से जुडे रहते हैं। कोशिका विभाजन के समय दोनों संतति क्रोमैटिन रेशे अलग–अलग अत्यधिक वलित होकर दो संतति क्रोमैटिडों का निर्माण करते हैं।

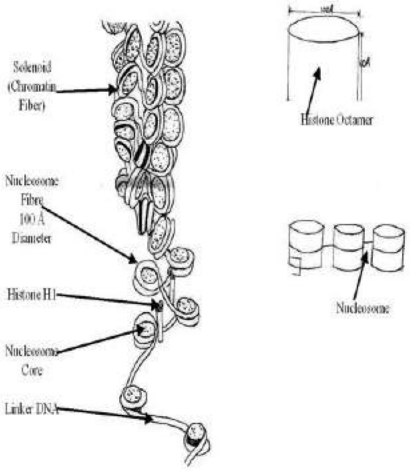


चित्र 5.2 : गुणसूत्र संरचना का वलित रेशा मॉडल

5.6 क्रोमैटिन रेशों का संगठन :

आर.डी. कोर्नबर्ग और जे.ओ. थामस (R.D. Kornberg and J.O.Thomas) ने 1974 मे डीएनए और हिस्टोनों से बने प्रारम्भिक क्रोमैटिन की संरचना के लिए एक आकर्षक मॉडल प्रस्तुत किया था (चित्र 5.3)। इसके अनुसार क्रोमैटिन रेशे न्यूक्लियोसोम एककों (nucleosome units) के बने होते हैं। एक पूर्ण न्यूक्लियोसोम में चार भाग पाये जाते हैं (1) न्यूक्लियोसोम कोर (2) लिंकर डीएनए (3) औसतन 1 अणु हिस्टोन H1 व (4) अन्य क्रोमोसोमी प्रोटीन।

न्यूक्लियोसोम कोर में 140 क्षार युग्म लम्बी डीएनए श्रृंखला पाई जाती है। यह श्रृंखला H2a, H2b, H3 तथा H4 में से प्रत्येक के दो दो अणुओं से बने एक हिस्टोन अष्टक के ऊपर 1¾ चक्र बनाकर लिपटी रहती है। प्रतिकृति कर रहे क्रोमैटिन रेशों में दिखाई पड़ने वाले मनकों के आकार की संरचना न्यूक्लियोसोम कोर होती है। लिंकर डीएनए में 8 से 114 क्षार युग्म पाये जाते हैं। दो हिस्टोन अष्टक लिंकर डीएनए से जुड़े रहते हैं। इस लिंकर पर एक H1 हिस्टोन का अणु पाया जाता है। 6 न्यूक्लियोसोम व्यवस्थित होकर सोलेनाइड बनाते हैं। यह सोलेनायड क्रोमेटिन की द्वितीय संरचना का रूप है। इसके पुनः कुंडलित होने पर तृतीयक व चतुष्क संरचनाए भी प्राप्त होती है।



चित्र 5.3 : क्रोमैटिन रेशे का न्युक्लियोसोम–सोलेनाएड मॉडल

5.7. आनुवंशिक पदार्थ की खोज :

यूकेरियोटिक गुणसूत्र की संरचना में आपने पढ़ा है कि यह डीएनए व प्रोटीन से मिलकर बना होता है। न्यूक्लिक अम्लों की खोज माइशर (Meischer) ने 1869 में की थी। उन्होंनें इन अम्लों को न्यूक्लिन (nuclein) नाम दिया था, क्योंकि ये केन्द्रक से निकाले गये थे। न्यूक्लिक अम्ल दो प्रकार के होते हैं : (1) डिऑक्सीराइबोन्यूक्लीक अम्ल (डीएनए) एवं (2) राइबोन्यूक्लीक अम्ल (आरएनए)। जीन गुणसूत्रों में स्थित होते हैं, अतः ये प्रोटीन, डीएनए या आरएनए के बने होंगे। आनुवंशिक वशांगति के आणविक आधार की खोज 1926 में हुई। ग्रेगर जोहन मेंडल, वाल्टर सटन, थॉमस हंट मार्गन व अन्य वैज्ञानिकों के पूर्व अनुसंधानों से यह ज्ञान हो गया है कि गुणसूत्र कोशिकाओं के केन्द्रक से मिलता है। परन्तु इस बात का पता नहीं चला कि कौन सा अणु वास्तव में आनुवंशिक पदार्थ है।

रूपान्तरीय सिद्धान्त : वर्ष 1928 में फ्रेडेरिक ग्रिफीथ ने *डिप्लोकाकस न्यूमोनेई* (जीवाणु जो निमोनिया के लिए जिम्मेदार है) प्रभेदों को चूहे के साथ प्रयोग किये। उन्होंनें पाया कि एक सजीव जीव (जीवाणु) के प्राकृतिक रूप में परिवर्तन हो गया।

परन्तु इस बात का कोई संकेत नहीं दिया कि डीएनए रूपान्तरणकारक पदार्थ है। ओसवाल्ड ऐवरी, कोलीन मैकलाइड एवं मैक्कार्टी (1933–44) से पूर्व यह ज्ञात था कि आनुवंशिक पदार्थ प्रोटीन है। इन तीनों वैज्ञानिकों ने ग्रीफिथ के प्रयोग को आगे बढ़ाते हुए यह सिद्ध किया कि डीएनए ही रूपान्तरणकारक पदार्थ है।

अल्फ्रेड हर्शे एवं मार्था चेस (1952) के अध्ययन से यह सिद्ध हुआ कि डीएनए आनुवंशिक पदार्थ है। इन्होंने *ई. कोली* (जीवाणु) के जीवाणुभोजी (bacteriophase) के जीवन–चक्र के अध्ययन से यह सिद्ध किया कि संतति जीवाणुभोजियों में जनक जीवाणुभोजियों का केवल डीएनए ही संप्रेषित होता हैं।

कुछ वाइरसों में आरएनए ही आनुवंशिक द्रव्य का कार्य करता है। इस तथ्य को सर्वप्रथम फ्रैंकेल–कान्रैट (Frankel-Conrat) एवं सिंगर (Singer) ने 1957 में तम्बाकू मौजेक वायरस (TMV) पर किए गए प्रयोगों से प्रमाणित किया।

यूकैरियोटों में डीएनए आनुवंशिक द्रव्य होता है। इसका प्रमाण बीसवीं शताब्दी के सातवें व आठवें दशकों में मिला (सारणी 5.2)।

5.8 न्यूक्लीक अम्लों की संरचना :

न्यूक्लीक अम्ल का अणु एक लम्बी बहुलक अथवा पोलीन्यूक्लियोटाइड श्रृंखला (डीएनए या आरएनए) की रासायनिक संरचना संक्षिप्त में निम्न है। न्यूक्लियोटाइड के तीन घटक होते हैं : फास्फोरिक अम्ल (H_3PO_4), पेंटोज शर्करा (आरएनए में राइबोस तथा डीएनए में डीऑक्सीराइबोस) और नाइट्रोजनी क्षारक। नाइट्रोजनी क्षारक दो प्रकार के होते हैं – प्यूरीन्स (एडेनीन व ग्वानीन) व पायरिमिडीन (साइटोसीन, थायमीन व यूरेसिल)। डीएनए में एडेनीन, ग्वानीन, साइटोसीन व थायमीन क्षारक मिलते हैं जबकि आरएनए में भी चार क्षारक एडेनीन, ग्वानीन, साइटोसीन व यूरेसिल मिलते है।

नाइट्रोजनी क्षारक नाइट्रोजन ग्लाइकोसिडिक बन्ध द्वारा पेंटोज शर्करा से जुड़कर न्यूक्लियोसाइड बनाता है जैसेः एडीनोसीन या डीऑक्सीएडीनोसीन, ग्वानोसीन या डीऑक्सीग्वानोसीन, साइटिडीन या डीऑक्सीसाइटिडीन व यूरीडीन या डीऑक्सीथाइमीडीन। जब फास्फोरिक अम्ल फॉस्फोएस्टर बन्ध द्वारा न्यूक्लियोसाइड के 5′ हाइड्रॉक्सील समूह से जुड़ जाता है तब सम्बन्धित न्यूक्लियोटाइड्स (डीऑक्सी न्यूक्लियोटाइड्स उपस्थित शर्करा के प्रकार पर निर्भर है) का निर्माण होता है। अतः डीएनए में पाये जाने वाले न्यूक्लियोटाइड : डीऑक्सीएडिनिलिक अम्ल, डीऑक्सीगुवानिलिक अम्ल, डीऑक्सीसिटिडलिक अम्ल व थाइमिडिलिक अम्ल। इसी प्रकार आरएनए में पाये जाने वाले न्यूक्लियोटाइड : 5′–एडिनिलिक अम्ल, 5′–गुवानिलिक अम्ल, 5′–सिटिडिलिक अम्ल व 5′–यूरिडिलिक अम्ल। दो न्यूक्लियोटाइड्स 3′–5′ फास्फोडाइस्टर बंध द्वारा जुड़कर डाईन्यूक्लियोटाइड का निर्माण करता है। इस तरह से कई न्यूक्लियोटाइड्स जुड़कर एक पॉलीन्यूक्लियोटाइड्स श्रृंखला का निर्माण करते हैं। इस तरह से निर्मित बहुलक के राइबोस शर्करा के 5′ किनारे पर स्वतन्त्र फास्फेट समूह मिलता है जिसे पालीन्यूक्लियोटाइड श्रृंखला का 5′ किनारा कहते है।

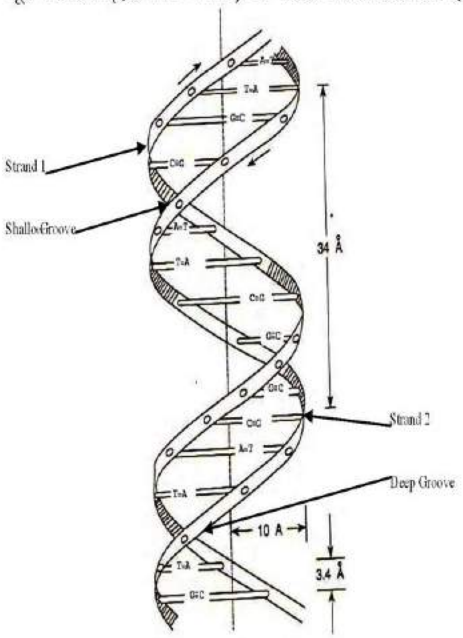
सारणी 5.2 जीवों में आनुवंशिक द्रव्य की प्रकृति

जीव	आनुवंशिक द्रव्य	एकरज्जुकी / द्विरज्जुकी
यूकैरियोटिक जीव	DNA	द्विरज्जुकी
बैक्टीरिया एवं अन्य प्रोकैरियोट	DNA	द्विरज्जुकी
अधिकांश जन्तु वाइरस एवं अधिकांश जीवाणुभोजी	DNA	द्विरज्जुकी
TMV व अन्य पादप वाइरस	RNA	एकरज्जुकी
पादप घाव अर्बुद वाइरस	RNA	द्विरज्जुकी

ठीक इसी तरह से बहुलक के दूसरे किनारे पर राइबोज मुक्त 3′ हाइड्रॉक्सील समूह जुड़ा होता है। पालीन्यूक्लियोंटाइड श्रृंखला का 3′ किनारा कहते हैं। पालीन्यूक्लियोटाइड श्रृंखला के आधार का निर्माण शर्करा व फॉस्फेट्स से होता है। नाइट्रोजनी क्षार शर्करा अंश से जुड़ा होता है जो आधार से प्रक्षेपित होता है। आरएनए में प्रत्येक न्यूक्लियोटाइड अवशेष के राइबोस शर्करा की 2′ जगह पर एक हाइड्रोक्सील समूह स्थित है। आरएनए में थाइमीन (5′–मिथाइल यूरेसील, थाइमीन का दूसरा रासायनिक नाम है) की जगह पर यूरेसिल मिलता है। इस प्रकार आरएनए पालीन्यूक्लियोटाइड की एक श्रृंखला के रूप में एक रज्जुकी होता है।

5.8.1. डीएनए की द्विकुंडली संरचना :

न्यूक्लियोटाइडो एवं उनकी पॉलीन्यूक्लियोटाइड बनाने की क्षमता की खोज लवीन (Levene) द्वारा 1931 में की गई। इर्विन चार्गाफ (Ervin Chargaff) व अन्य वैज्ञानिकों ने डीएनए का रासायनिक विश्लेषण कर स्पष्ट किया कि डीएनए में पिरीमिडीन क्षारकों की संख्या (साइटोसीन+थाइमीन) प्यूरीन क्षारकों (एडेनिन+ग्वानीन) की संख्या बराबर होती है। इस प्रकार एडेनीन की मात्रा थाइमीन की मात्रा के बराबर, तथा ग्वानीन की मात्रा साइटोसीन की मात्रा के बराबर होती है।



चित्र 5.2 डीएनए की द्विकुण्डली संरचना

मौरिस विल्किन्स व रोजलिंड फ्रैंकलिन द्वारा दिए गए एक्स–रे विवर्तन आँकड़े के आधार पर 1953 में जेम्स वाटसन व फ्रॉन्सिस क्रीक ने सर्वमान्य डीएनए द्विकुंडली प्रतिरूप की प्रस्तावना की थी। यह डीएनए द्विकुंडली प्रतिरूप इर्विन चार्गाफ के विश्लेषण के आधार पर भी था। द्विकुंडली डीएनए की संरचना की मुख्य विशेषताएँ निम्न हैं :

(क) डीएनए अणु दो पॉलीडिऑक्सीराइबोटाइड रज्जुकों का बना होता है, जिसका आधार शर्करा–फॉस्फेट का बना होता है व क्षारक भीतर की ओर प्रक्षेपी होता है।

(ख) ये पालीडिऑक्सीराइबोटाइड रज्जुक कई डिऑक्सीराइबोटाइडो के आपस में फास्फोडाएस्टर बन्धों द्वारा जुड़ने पर बनते हैं।

(ग) एक रज्जुक के एडीनीन (A) दूसरे रज्जुक के थाइमीन (T) से तथा इसी प्रकार एक रज्जुक के गुवानीन (G) दूसरे रज्जुक के साइटोसीन (C) से जुड़ा होता है। ऐसे रज्जुकों को पूरक–रज्जुक (Complementary Strands) कहते है। पूरक–रज्जुकों के क्षारकों में एक रज्जुक के क्षारक क्रम से इसके पूरक रज्जुक का क्षारक क्रम आसानी से पता लगाया जा सकता है। अतः डीएनए अणु में एडिनीन की मात्रा थायमीन की मात्रा के तथा गुवानीन की मात्रा साइटोसीन की मात्रा के बराबर होती है।

(घ) डीएनए अणु के दोनों रज्जुकों के क्षारक आपस में हाइड्रोजन बन्ध द्वारा युग्मित होकर क्षार युग्मक बनाते हैं। डीएनए अणु के एक रज्जुक में स्थित एडिनीन क्षारक के ठीक सामने दूसरे रज्जुक में स्थित थाइमीन क्षारक से दो हाइड्रोजन बन्ध बनाता है। इसी प्रकार, एक रज्जुक में स्थित ग्वानीन के ठीक सामने दूसरे रज्जुक में स्थित साइटोसीन से तीन हाइड्रोजन बन्ध बनाता है। पूरक रज्जुकों में इस प्रकार के हाइड्रोजन बन्ध बनने को पूरक क्षारक युग्मन (Complementary base pairing) कहते

हैं। डीएनए अणुओं के दोनों रज्जुक इन हाइड्रोजन बन्धों के कारण एक दूसरे से आपस में जुड़े रहते हैं। हाइड्रोजन बन्ध अपेक्षाकृत काफी कमजोर होते हैं, परन्तु फिर भी ये बन्ध त्रुटिहीन डीएनए प्रतिकृति एवं अनुलेखन के लिए अतिमहत्त्वपूर्ण है।

(ङ) डीएनए अणु के दोनों रज्जुक एक–दूसरे के प्रति–समानान्तर (Antiparallel) ध्रुवणता रखती हैं। इसका मतलब एक एज्जुक की ध्रुवणता 5′ से 3′ की ओर हो तो दूसरे की ध्रुवणता 3′ से 5′ की तरह होगी।

(च) दोनों रज्जुक एक–दूसरे के सापेक्ष दक्षिणवर्ती कुंडलित होती है। इस कुंडल का व्यास $20A^0$ तथा एक पूरे चक्कर की लम्बाई $34A^0$ होती है। दो निकटवर्ती क्षारक युग्मों के बीच $3.4A^0$ की दूरी होती है। अतः प्रत्येक चक्कर में 10 क्षारक–युग्म होते हैं। ये क्षारक–युग्म डीएनए द्विकुंडल के दोनों रज्जुकों की शर्करा–फास्फेट रज्जु के बीच में एक–दूसरे पर समाचित होते हैं। जलीय माध्यम में रहने पर समाचित क्षारकों के अध्रुवीय भाग एक–दूसरे से जलभीत बन्ध बनाते हैं। इस प्रकार के डीएनए अणुओं के दोनों रज्जुकों को एक साथ जुड़े रखने में सहायक होते हैं।

(छ) डीएनए की प्रतिकृति के समय दोनों रज्जुक अकुंडलित होते हैं, तथा पूरक क्षारक युग्मन के परिणामस्वरूप उनके नए पूरक रज्जुकों का संश्लेषण होता है।

सारांश

प्रत्येक जीव के लक्षण उनके गुणसूत्रों में निहित होते हैं। गुणसूत्र को प्रकाश सूक्ष्मदर्शी से देखने पर उसमें क्रोमेटिड, गुणसूत्र बिन्दु, अंतखण्ड, द्वितीयक संकीर्णन व वर्णकणिका दिखाई देते हैं। गुणसूत्र के मुख्य रासायनिक अवयव डीएनए, आरएनए, हिस्टोन प्रोटीन तथा अहिस्टोन प्रोटीन होते हैं। यूकैरियोटिक गुणसूत्रों में डीएनए आनुवंशिक द्रव्य तथा हिस्टोन प्रोटीन गुणसूत्र के प्राथमिक संगठन में योगदान करते हैं। न्यूक्लिक अम्ल दो प्रकार के होते हैं : (1) डीऑक्सीराइबोन्यूक्लिक अम्ल (डीएनए) (2) राइबोन्यूक्लिक अम्ल (आरएन)। न्यूक्लिक अम्ल का अणु एक लम्बी बहुलक अथवा पॉलिन्यूक्लिओटाइड श्रृंखला है। न्यूक्लिओटाइड के तीन घटक होते हैं : फास्फोरिक अम्ल, पेंटोस शर्करा व नाइट्रोजनी क्षारक। डीएनए में फॉस्फोरिक अम्ल, डीऑक्सीराइबोस शर्करा तथा एडीनीन, ग्वानीन, साइटोसीन

सारणी 5.3 डीएनए एवं आरएनए अणुओं की तुलनात्मक विशेषताएँ

अभिलक्षण	डीएनए	आरएनए
शर्करा	डीऑक्सीराइबोज	राइबोज
क्षारक	एडिनीन, ग्वानीन, साइटोसीन व थायमीन	एडिनीन, ग्वानीन, साइटोसीन व यूरेसिल
रज्जुक	सामान्यतया, द्विरज्जुकी	सामान्यतया, एकरज्जुकी
कार्य	अधिकतर जीवों में आनुवंशिक द्रव्य।	कुछ वाइरसों में आनुवंशिक द्रव्य और प्रोटीन के संश्लेषण में भाग लेता है।
वितरण	प्रायः केन्द्रक में मिलता है।	प्रायः कोशिकाद्रव्य में मिलता है।

व थायमीन क्षारक होते हैं। जबकि आरएनए में फॉस्फोरिक अम्ल, राइबोस शर्करा तथा एडीनीन, ग्वानीन, साइटोसीन व यूरेसिल क्षारक होते हैं। नाइट्रोजनी क्षारक नाइट्रोजन ग्लाइकोसिडिक बंध द्वारा पेंटोस शर्करा से जुड़कर न्यूक्लियोसाइड बनाता है। जब फास्फोरिक अम्ल फास्फोएस्टर बंध द्वारा न्यूक्लियोसाइड के 5′ हाइड्रॉक्सील समूह से जुड़ जाता है तब संबंधित न्यूक्लियोटाइडस का निर्माण होता है। डीएनए की द्विकुण्डली संरचना दो पॉलीडिऑक्सीराइबोटाइड रज्जुकों की बनी होती है। इन दोनों रज्जुकों के क्षारक (एडिनीन थायमीन से तथा ग्वानीन साइटोसीन से) आपस में हाइड्रोजन बंध द्वारा जुड़े होते हैं। इस द्विकुण्डली संरचना का आधार शर्करा फास्फेट का बना होता है व क्षारक भीतर की ओर प्रक्षेपी होता है। ये दोनों रज्जुक एक दूसरे के प्रति समानान्तर ध्रुवणता रखते हैं।

प्रश्न :

1. यूकैरियोटिक जीवों में आनुवंशिक द्रव्य होता है :
   - (क) आरएनए
   - (ख) डीएनए
   - (ग) हिस्टोन प्रोटीन
   - (घ) अहिस्टोन प्रोटीन
2. आरएनए में कौनसा क्षारक नहीं पाया जाता है?
   - (क) एडिनीन
   - (ख) ग्वानीन
   - (ग) साइटोसीन
   - (घ) थायमीन
3. समजात गुणसूत्र किसे कहते हैं?
4. गुणसूत्र बिन्दु को परिभाषित कीजिए।
5. गुणसूत्र में पाए जाने वाले रासायनिक अवयवों को लिखिए।
6. डीएनए व आरएनए में अंतर बताइए।
7. डीएनए की द्विकुण्डली संरचना का विस्तार से वर्णन कीजिए।
8. निम्न का संक्षिप्त वर्णन कीजिए :
   - (अ) रूपान्तरीय सिद्धान्त।
   - (ब) गुणसूत्र आकारिकी संरचना।
   - (स) गुणसूत्र परासंरचना का वलित रेशा मॉडल।