अध्याय – 22

कोशिका विभाजन
(Cell Division)

कोशिका विभाजन

सजीव के शरीर के परिवर्धन के लिए तथा जनन के लिए कोशिका विभाजन एक आवश्यक प्रक्रिया है। कोशिका विभाजन वह प्रक्रिया है जिसके द्वारा एक कोशिका (मातृ कोशिका) विभाजित होकर दो या दो से अधिक कोशिकाएं (पुत्री कोशिकाएं) उत्पन्न करती है। वस्तुतः कोशिका विभाजन, कोशिका चक्र का एक चरण है।

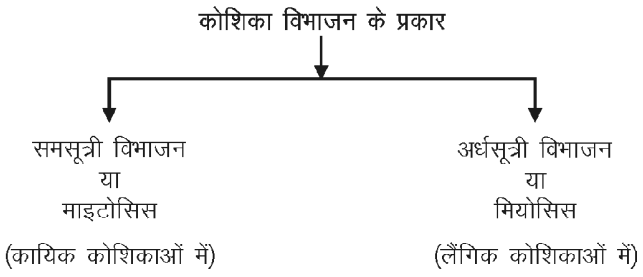
कोशिका विभाजन का महत्व

1. जीवों के शरीर के परिवर्धन के लिए उपयोगी।
2. भ्रूण के परिवर्धन में :– द्विगुणित युग्मनज (Zygote) से कोशिका विभाजन द्वारा ही बहुकोशिकीय भ्रूण बनता है।
3. इसके द्वारा ही जीवों की वृद्धि और विकास होता है।
4. घाव भरने की प्रक्रिया भी कोशिका विभाजन द्वारा ही होती है।
5. प्रजनन एवं क्रम विकास के लिए भी कोशिका विभाजन की क्रिया आवश्यक है।

कोशिका विभाजन के मुख्य प्रकार

कोशिका विभाजन मुख्य रूप से दो प्रकार का होता है–

1. समसूत्रण या समसूत्री कोशिका विभाजन (Mitosis)
2. अर्धसूत्रण या अर्धसूत्री कोशिका विभाजन (Meiosis)



समसूत्रण या समसूत्री विभाजन (Mitosis)

यह प्रक्रिया जीवों की कायिक कोशिकाओं (Somatic cells) में होती है। इसलिए इसे कायिक कोशिका विभाजन भी कहा जाता है (चित्र 22.1)

समसूत्री विभाजन के दौरान गुणसूत्र संख्या समान रहती है अर्थात् संतति कोशिकाओं (Daughter cells) की गुणसूत्र संख्या जनक कोशिका (मातृ कोशिका) जितनी ही रहती है, इसलिए इसे समसूत्री विभाजन (Equational division) कहते हैं।

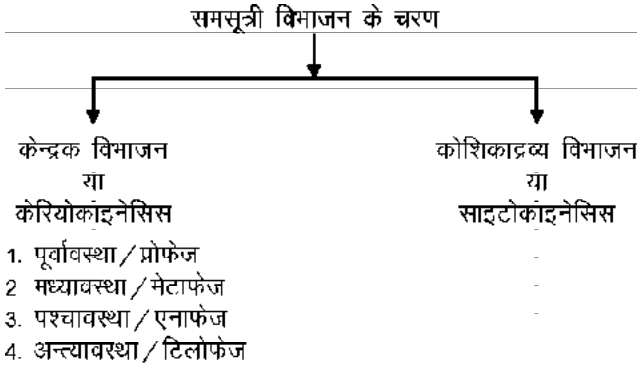
समसूत्री विभाजन की सम्पूर्ण प्रक्रिया दो चरणों में होती है–

1. प्रथम चरण केन्द्रक का विभाजन या कैरियोकाइनेसिस
2. द्वितीय चरण कोशिका द्रव्य का विभाजन या साइटोकाइनेसिस

दो विभाजनों के बीच का अन्तराल विभाजनान्तराल (Interphase) कहलाता है। जिसमें पुनः विभाजन की तैयारी होती है।

I. केन्द्रक विभाजन या कैरियोकाइनेसिस (Karyokinesis)

प्रत्येक कोशिका विभाजन के पूर्व उसके केन्द्रक का विभाजन होता है। सम्पूर्ण समसूत्री विभाजन चार चरण में पूरा होता है।



चित्र 22.1

1. पूर्वावस्था या प्रोफेज (Prophase) – कोशिका के केन्द्रक में क्रोमेटिन जाल का संघनन होने के कारण प्रत्येक सूत्र में डी.एन.ए. की लम्बाई कम हो जाती है और स्पष्ट धागे जैसे गुणसूत्र दिखाई देते हैं। डी.एन.ए. में सर्पिलीकरण(Spiralization) के कारण गुणसूत्र छोटे और मोटे हो जाते हैं और मध्यावस्था तक ये काफी आसानी से गिने जा सकते हैं।

केन्द्रक का आवरण (Nuclear envelope) नष्ट हो जाता है और उसके स्थान पर एक तर्कुवत् आवरण (Spindle apparatus) उत्पन्न हो जाता है।

प्रत्येक गुणसूत्र में इस समय दो क्रोमेटिड्स स्पष्ट दिखाई देते हैं। यह दो क्रोमेटिड्स गुणसूत्र के मध्य भाग में एक बिन्दु पर जुड़े रहते हैं, जिसे सेन्ट्रोमीयर (Centromere) कहते हैं।

इस अवस्था के अंत तक केन्द्रिका लुप्त हो जाती है और केन्द्रक झिल्ली भी विलुप्त हो जाती है। जन्तु कोशिका के केन्द्रक के पास सेन्ट्रियोल (Centriole) और सेन्ट्रोसोम (Centrosome) पाया जाता है। सेन्ट्रोसोम दो भागों में टूटकर विपरीत दिशा में स्थित होकर विभाजन के समय तारककाय बनाते है।

2. मध्यावस्था या मेटाफेज (Metaphase) – इस अवस्था का प्रारम्भ केन्द्रक झिल्ली के लुप्त होने के साथ होता है। कोशिकाद्रव्य और केन्द्रकद्रव्य के सम्मिश्रण से पतले–पतले तन्तुओं का एक तुर्क (Spindle) बन जाता है। तुर्क तन्तुओं पर गति करते हुए सभी गुणसूत्र तुर्क के मध्य रेखा के समतल पर एकत्रित हो जाते है। इस मध्य भाग को मध्यपटलिका (Metaphase plate) कहते हैं।

प्रत्येक गुणसूत्र में एक विशेष स्थान होता है जहाँ तुर्क का केन्द्रीयसूत्रीय तंतु (Chromosomal spindle fibers) जुड़ा होता है। यह विशेष स्थान सेन्ट्रोमीयर कहलाता है। मेटाफेज अवस्था में गुणसूत्र की आकृति J, L या V जैसी दिखाई देती है।

तुर्क के दो स्पष्ट ध्रुव होने के कारण गुणसूत्रों को कोशिका के मध्य में आसानी से देखा जा सकता है। इस अवस्था के अंत में सेन्ट्रोमीयर का अनुदैर्ध्य विभाजन हो जाता है और प्रत्येक गुणसूत्र के दो क्रोमेटिड विपरीत ध्रुर्वों की तरफ अभिमुख रहती है।

3. पश्चावस्था या एनाफेज (Anaphase) – इस अवस्था में प्रत्येक क्रोमेटिड एक दूसरे से पृथक होकर विकर्षण द्वारा विपरीत ध्रुर्वों की ओर गमन प्रारम्भ करते हैं। इस प्रक्रिया के दौरान तर्कु के तंतु दिशानिर्देश करते है, क्योंकि सेन्ट्रोमीयर उन से जुड़े रहते हैं। ऐसा माना जाता है कि तर्कु के तन्तुओं के मध्य भाग से दो ध्रुर्वों की विपरीत दिशा में संकुचन होने से क्रोमेटिड की गति विपरीत दिशा में होती है।

इस प्रक्रिया के अंत तक प्रत्येक गुणसूत्र का आधा भाग (अर्थात् क्रोमेटिड) एक ध्रुव पर तथा दूसरा आधा भाग दूसरे ध्रुव पर पहुंच जाता है। इस प्रकार दोनों ध्रुवों पर मातृ कोशिका के गुणसूत्र संख्या के बराबर क्रोमेटिड होते हैं।

4. अंत्यावस्था या टिलोफेज (Telophase) – इस अवस्था के दौरान विपरीत ध्रुवों पर एकत्रित क्रोमेटिड में विकुण्डल की प्रक्रिया होती है जिसके फलस्वरूप क्रोमेटिड पुनः पतले होने लगते है। इन क्रोमेटिड के चारों ओर केन्द्रावरण उत्पन्न होता है अर्थात् केन्द्रक बनाने वाली झिल्ली बन जाती है। केन्द्रिका भी पुनः प्रकट होकर स्पष्ट हो जाती है। तर्कु के तंतु भी विलुप्त हो जाते हैं।

इस अवस्था के अंत तक दोनों ध्रुवों पर एक–एक पुत्री केन्द्रक जिनमें समान प्रकृति, प्रकार एवं संख्या के क्रोमेटिड विद्यमान होते हैं, का निर्माण पूर्ण हो जाता है। इसके साथ ही कोशिकाद्रव्य विभाजन की प्रक्रिया प्रारम्भ हो जाती है।

II. कोशिका द्रव्य विभाजन या साइटोकाइनेसिस (Cytokinesis)

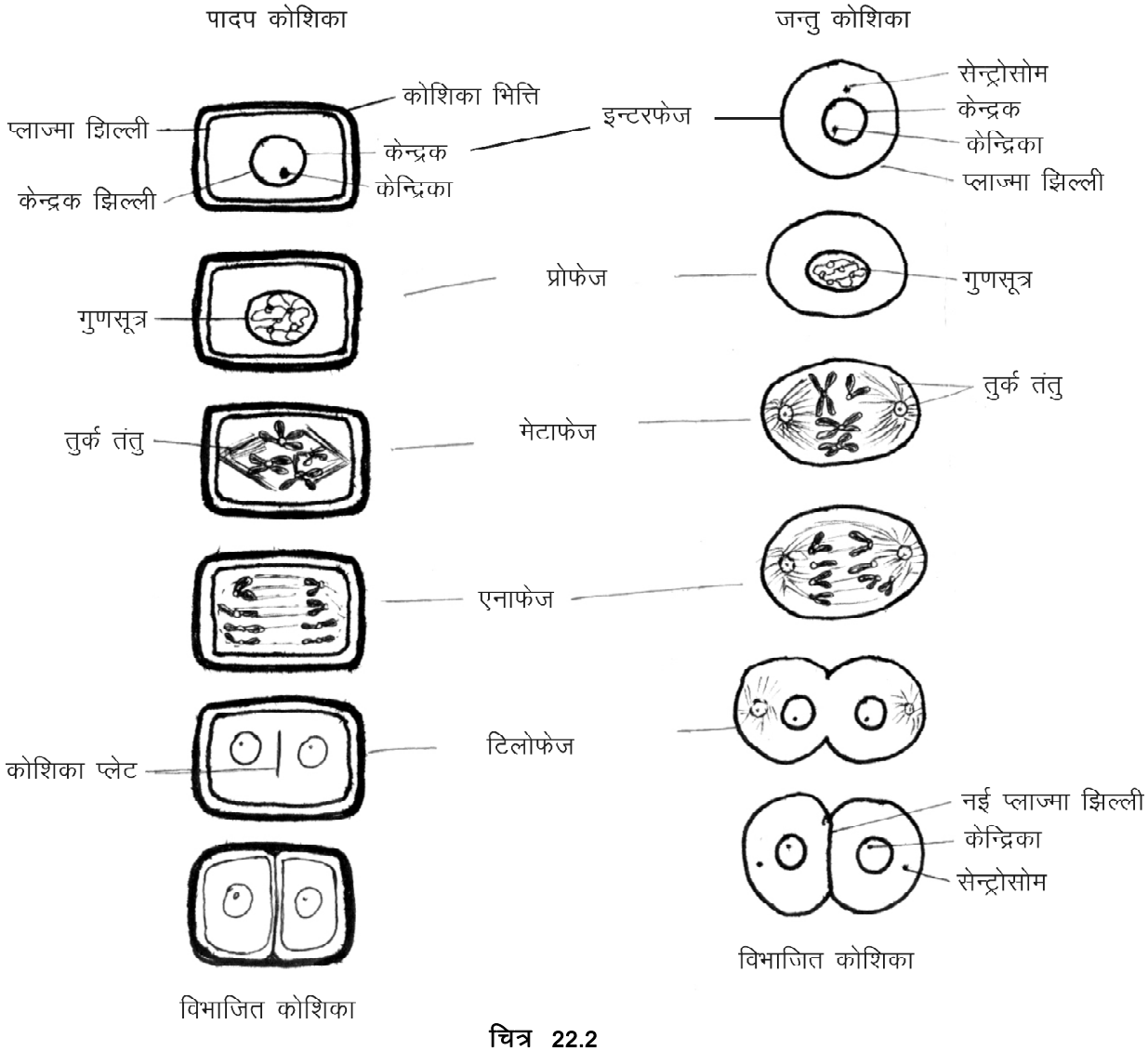
अंत्यावस्था के बाद दो पुत्री केन्द्रक का निर्माण हो जाता है और साथ ही कोशिका द्रव्य विभाजन भी प्रारम्भ हो जाता है। पादप और जन्तु कोशिकाओं में यह प्रक्रिया भिन्न होती है। पादप कोशिकाओं में मध्यपटलिका के स्थान पर कुछ सूक्ष्मकण निक्षेपित होने लगते है जो धीरे–धीरे प्राथमिक कोशिका भित्ति के रूप में परिवर्तित हो जाते है और अन्ततः कोशिका द्रव्य दो भागों में विभाजित हो जाता है।

जन्तु कोशिकाओं में कोशिका भित्ति के मध्य में दोनों तरफ से खांच (Depression) का निर्माण होता है जो धीरे–धीरे एक–दूसरे की ओर बढ़ते हुए अंत में कोशिका द्रव्य का पूर्ण विभाजन कर देते है। इस अवस्था के अंत में दो पुत्री कोशिकाओं का निर्माण होता है जिनके केन्द्रकों में क्रोमेटिड की संख्या व प्रकृति मातृ कोशिका के समान होती है (चित्र 22.2)।

विभाजनान्तराल प्रावस्था या इंटरफेज (Interphase)

कोशिका द्रव्य विभाजन के द्वारा बनी दो पुत्री कोशिकाओं के केन्द्रक में केवल गुणसूत्रों के क्रोमेटिड पाए जाते है। प्रत्येक क्रोमेटिड अपना प्रतिरूप तैयार करता है और पूर्ण गुणसूत्र में परिवर्तित होता है। यह प्रक्रिया क्रोमेटिड के डी.एन.ए. में द्विगुणन (Duplication) के कारण पूर्ण होती है। अतः प्रत्येक कोशिका विभाजन के पश्चात् एक अन्तराल आवश्यक होता है क्योंकि इस प्रक्रिया के बिना कोशिका दूसरी विभाजन क्रिया को आरम्भ नहीं कर सकती। इस प्रक्रिया को इंटरफेज या विभाजनान्तराल प्रावस्था (Interphase) कहते है। इंटरफेज के दौरान कोशिका को स्वांगीकृत खाद्य या ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

पादप एवं जन्तु कोशिका के समसूत्री विभाजन में अन्तर



चित्र 22.2

समसूत्री विभाजन का महत्व

1. जन्तुओं एवं पादपों की वृद्धि में समसूत्री विभाजन अत्यन्त आवश्यक है।
2. बहुकोशिकीय जीवों की संरचना एककोशिका युग्मनज (Zygote) से शुरू होती है और समसूत्रण की प्रक्रिया द्वारा ही कोशिका संख्या में वृद्धि होती है।
3. एककोशिकी प्राणियों व पादपों में जनन प्रक्रिया समसूत्री विभाजन द्वारा होती है।
4. इस विभाजन के फलस्वरूप सभी कोशिकाओं में गुणसूत्र संख्या समान रहती है और वे समरूपी गुणों को धारण करती है।

अर्धसूत्रण या अर्धसूत्री कोशिका विभाजन (Meiosis)

अर्धसूत्री कोशिका विभाजन एक विशेष प्रकार का कोशिका विभाजन है जो लैंगिक जनन के लिए आवश्यक है। अर्धसूत्रण द्वारा युग्मक (Gametes) कोशिकाएं पैदा होती है। युग्मक के संयुग्मन से युग्मनज (Zygote) का निर्माण होता है और केन्द्रक द्विगुणित हो जाता है (चित्र 22.3)।

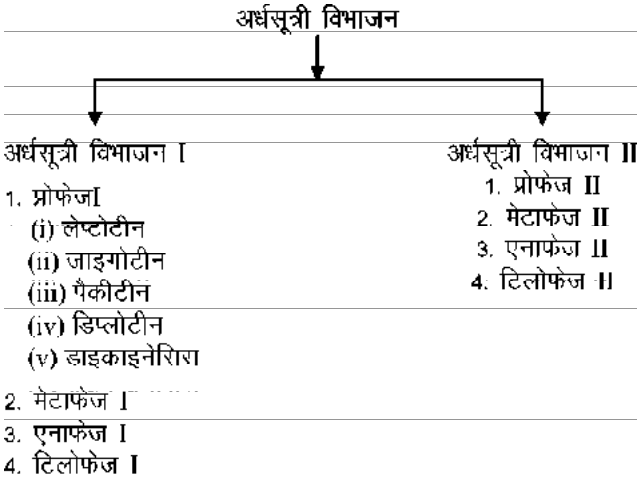
अर्धसूत्री विभाजन दो महत्वपूर्ण पक्षों में समसूत्री विभाजन से भिन्न है–

(i) अर्धसूत्रण के परिणामस्वरूप चार पुत्री कोशिकाएं बनती हैं जिनकी गुणसूत्र संख्या मातृ कोशिका की आधी होती है अर्थात् यह अनन्य अगुणित (Haploid) होती है।

(ii) अर्धसूत्री विभाजन में गुणसूत्रों का पुनर्संयोजन (Recombination) होता है और सभीं जीनों का पुनर्वितरण हो जाता है।

अर्धसूत्री विभाजन को दो भागों में बांटा गया है–

1. अर्धसूत्री विभाजन I या न्यूनकारी विभाजन (Reductional Division)
2. अर्धसूत्री विभाजन II या समसूत्री विभाजन (Equational Division)



चित्र 22.3

अर्धसूत्री विभाजन प्रथम (Meiosis I)

नर युग्मक तथा मादा युग्मक के गुणसूत्रों की संख्या n होती है और इनके योग से एक द्विगुणित युग्मनज (Zygote) का निर्माण होता है जिसके गुणसूत्रों की संख्या 2n होती है। किसी भी द्विगुणित कोशिका में गुणसूत्रों के युग्म होते है जिन्हें समजात गुणसूत्र (Homologous chromosomes) कहते हैं।

समजात गुणसूत्रों के युग्म में एक गुणसूत्र नर से तथा दूसरा गुणसूत्र मादा से प्राप्त होता है। अर्धसूत्री विभाजन प्रथम में द्विगुणित कोशिका का केन्द्रक विभाजित होकर दो अगुणित कोशिकाओं का निर्माण करता है। अर्थात् विभाजन के फलस्वरूप बनने वाली दोनों पुत्री कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या 'n' होती है जो मातृ कोशिका (2n) की आधी संख्या है। इसी कारण अर्धसूत्री विभाजन को न्यूनकारी विभाजन भी कहते है। अर्धसूत्रण को विषम विभाजन (Heterotypic division) भी कहा जाता है।

अर्धसूत्री विभाजन प्रथम को निम्नलिखित भागों में बांटा गया है (चित्र 22.4) –

1. पूर्वावस्था I / प्रोफेज I (Prophase I)
2. मध्यावस्था I / मेटोफेज I (Metaphase I)
3. पश्चावस्था I / एनाफेज I (Anaphase I)
4. अंत्यावस्था I / टिलोफेज I (Telophase I)

1. पूर्वावस्था I या प्रोफेज I

यह एक लम्बी एवं जटिल प्रक्रिया वाली अवस्था है। पूर्वावस्था प्रथम अर्धसूत्री विभाजन की सबसे लम्बी अवस्था होती है। इसे निम्न 5 भागों या पांच उपअवस्थाओं में बांटा गया है–

(अ) लेप्टोटीन (Leptotene) या लेप्टोनीमा (Leptonema)
(ब) जाइगोटीन (Zygotene) या जाइगोनीमा (Zygonema)
(स) पैकीटीन (Pachytene) या पैकीनीमा (Pachynema)
(द) डिप्लोटीन (Diplotene) या डिप्लोनीमा (Diplonema)
(य) डाईकाइनेसिस (Diakinesis)

(अ) लेप्टोटीन

(i) यह प्रोफेज I की पहली अवस्था है।

(ii) इस अवस्था में केन्द्रक आवरण (Nuclear envelope) पाया जाता है।

(iii) इस अवस्था में केन्द्रक (Nucleus) बड़ा होता है।

(iv) इस अवस्था में न्यूक्लिओलस भी स्पष्ट होता है और हर प्रजाति के जीव में यह एक विशिष्ट गुणसूत्र से जुड़ा रहता है, जिसको केन्द्रकीय संगठन (Nucleolar organiser) कहते हैं।

(v) इस अवस्था में गुणसूत्र पतले, लम्बे एवं अकुण्डलित होने के कारण धागे जैसे प्रतीत होते हैं; इसलिए इस अवस्था को लेप्टोटीन (Leptos = thread-like) कहा जाता है।

(vi) इस अवस्था में गुणसूत्र मनकेदार (beaded) प्रतीत होते हैं। इन मनकों को क्रोमोमीयर (Chromomere) कहते हैं। यह क्रोमोमीयर स्थानीय कुण्डलन के क्षेत्र (Areas of localised coiling) होते हैं। इन मनकों या क्रोमोमीयर के कारण गुणसूत्रों को "मनकों की माला" या "मोतियों की माला" (Beads on string) कहा जाता है।

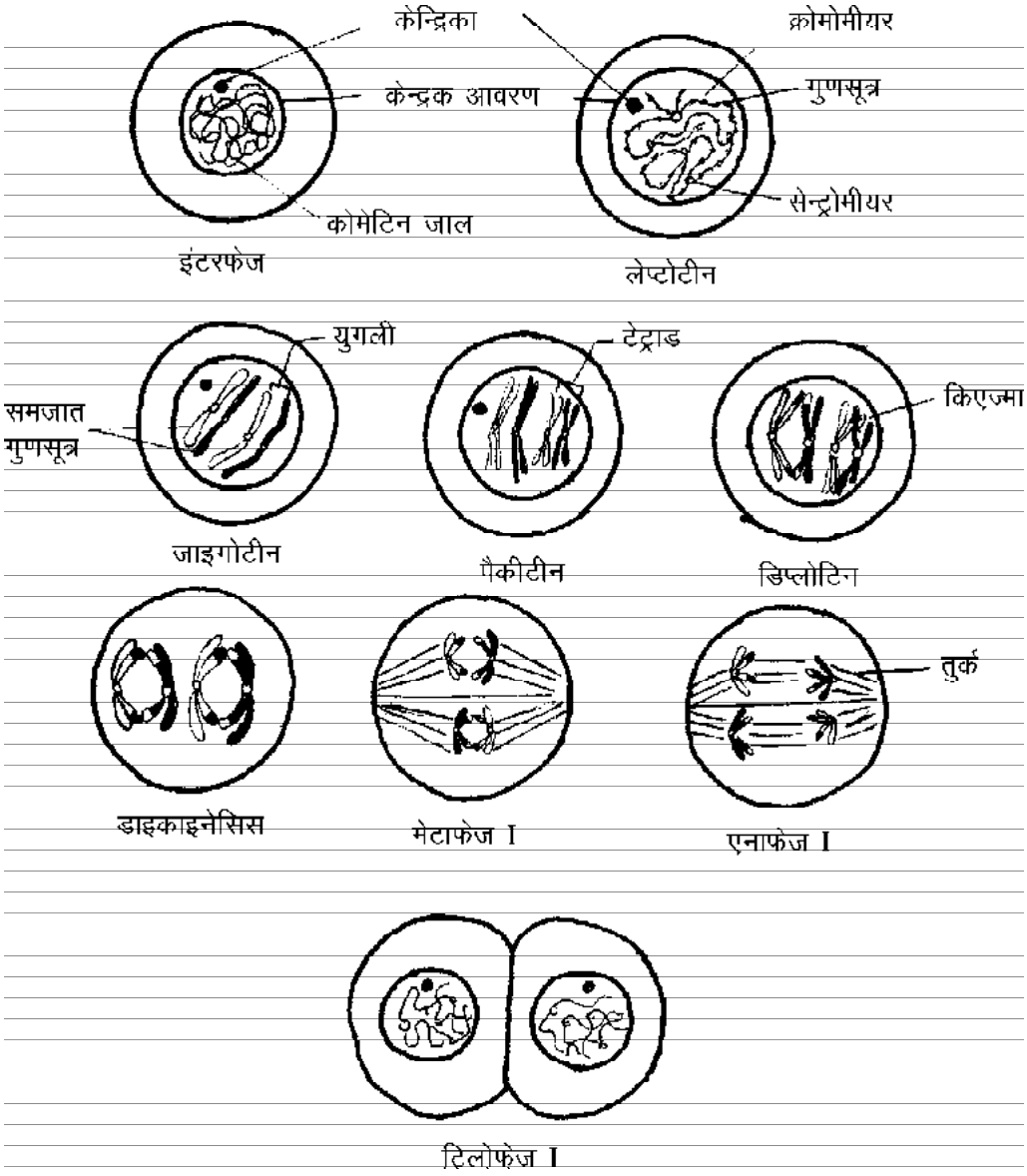
(ब) जाइगोटीन

(i) इस अवस्था में गुणसूत्र पैरानीमिक कुण्डलन (Paranemic coiling) द्वारा सिकुड़ना प्रारम्भ करते हैं।

(ii) इस अवस्था में होमोलोगस या समजात गुणसूत्रों के युग्म बनते हैं। इस युग्मन (Pairing) की प्रक्रिया को सिनेप्पिस (Synapsis) कहते है और समजात गुणसूत्रों के युग्मों को युगली या बाइवेलेन्ट (Bivalent) कहते है।

(iii) इस अवस्था में गुणसूत्रों में युग्मन नियत स्थानों पर प्रारम्भ होता है और जाइगोटिन के अंत में युग्मन क्रिया पूर्ण हो जाती है।

(iv) केन्द्रक आवरण (Nuclear envelope) एवं केन्द्रिका (Nucleolus) अभी भी दिखाई देते हैं।



चित्र 22.4 : अर्धसूत्री विभाजन I

(स) पैकीटीन

(i) गुणसूत्र छोटे तथा मोटे और छड़ समान (Rod-like) प्रतीत होते हैं।

(ii) बाइवेलेन्ट/युगली अधिक नजदीक हो जाते है और कोशिका अगुणित प्रतीत होती है।

(iii) प्रत्येक गुणसूत्र में एक अनुदैर्ध्य विभाजन (Logitudinal division) होता है और दो क्रोमेटिड बन जाते है। इस प्रकार हर बाइवेलेन्ट में चार क्रोमेटिड हो जाते है और इन्हें टेट्राड (Tetrad) कहते हैं।

(iv) पैकीटीन अवस्था का सबसे प्रमुख लक्षण क्रॉसिंग ओवर (Crossing over) और किएज्मेटा (Chiasmata) का बनना होता है। किएज्मेटा समजात गुणसूत्रों के वह बिन्दु होते हैं जहां से बाइवेलेंट जुड़े रहते है। इन्हें क्रॉसिंग ओवर या जीन विनियम का स्थान माना जाता है।

(v) केन्द्रकीय आवरण और केन्द्रिका (Nucleolus) अभी भी उपस्थित होते है।

(द) डिप्लोटीन

(i) किएज्मेटा को आसानी से देखा जा सकता है।

(ii) गुणसूत्रों में संघनन (Condensation) एवं कुण्डलन (Coiling) की प्रक्रिया जारी रहती है।

(iii) किएज्मेटा के स्थानों को छोड़कर शेष स्थानों पर विकर्षण (Repulsion) बढ़ता है और गुणसूत्रों को दो तंतुओं के रूप में देखा जाता है। इसलिए इस अवस्था को डिप्लोटीन (Diplotene = Double thread) कहते हैं।

(iv) बाइवेलेन्ट की आकृति विकर्षण और किएज्मेटा की संख्या के आधार पर X समान (एक किएज्मेटा होने पर); लूप समान (दो किएज्मेटा होने पर) या लूपों की श्रृंखला (दो से अधिक होने पर) की तरह दिखाई देते हैं।

(य) डायकाइनेसिस

(i) डिप्लोटीन के अंत एवं डायकाइनेसिस के प्रारम्भ में किएज्मेटा की संख्या टर्मिनलाइजेशन से घट जाती है।

(ii) किएज्मेटा की संख्या कम होने के साथ–साथ गुणसूत्र अधिक छोटे और मोटे हो जाते है। इस अवस्था में गुणसूत्रों को स्ट्रेप्सीनीम (Strepsineme) या कुंचित सूत्र भी कहते हैं।

(iii) युगली या बाइवेलेन्ट केन्द्रक की परिधि की ओर गति करते हैं। किएज्मेटा समाप्ति के कारण समजात गुणसूत्र एक–दूसरे से पृथक हो जाते हैं।

(iv) न्यूक्लियोलस लुप्त हो जाता है।

(v) केन्द्रक झिल्ली/आवरण टूट कर विलीन हो जाता है।

इसके साथ ही प्रोफेज प्रथम अवस्था का अन्त हो जाता है और कोशिका मध्यावस्था प्रथम में प्रवेश कर जाती है।

2. मध्यावस्था I या मेटाफेज I

(i) सारे बाइवेलेन्ट/युगली स्वयं को मध्यपटलिका या मेटाफेज प्लेट (Metaphase plate) पर व्यवस्थित करते है।

(ii) गुणसूत्रों के बाहु (Arms) एक–दूसरे के सम्पर्क में मध्य रेखा पर रहते है और दोनों सेन्ट्रोमीयर्स एक–दूसरे से दूर ध्रुवों की ओर रहते है।

(iii) तर्कु तन्तु ध्रुवों से निकलकर गुणसूत्रों के सेन्ट्रोमीयर पर जुड़ जाते है। सेन्ट्रोमीयर गति के लिए स्वतंत्र होता है।

3. पश्चावस्था I या एनाफेज I

(i) क्रोमोसोम/गुणसूत्र तर्कु तन्तुओं के कारण ध्रुवों की ओर गति प्रारम्भ करते हैं।

(ii) मेटाफेज पट्टिका पर उपस्थित बाइवेलेन्ट जिसके प्रत्येक गुणसूत्र में दो क्रोमेटिड होते है जो टेट्राड कहलाते थे अब दो क्रोमेटिड वाले गुणसूत्र में बंट जाते है और डाएड (Diad) या द्विक कहलाते है।

(iii) ध्रुवों पर अब अगुणित गुणसूत्रों के दो समूह बन जाते हैं।

4. अन्त्यावस्था I या टिलोफेज I

(i) समजात गुणसूत्र पृथक हो जाते हैं तथा विपरीत ध्रुवों पर एकत्र हो जाते हैं।

(ii) गुणसूत्रों में अकुण्डलन (Uncoiling) की प्रक्रिया होती है जिससे वे पुनः लम्बे (Elongate) हो जाते हैं।

(iii) गुणसूत्रों के चारों ओर केन्द्रक झिल्ली का निर्माण होता है।

(iv) न्यूक्लिओलस भी पुनः बन जाता है।

(v) तर्कु तन्तु लुप्त हो जाते हैं।

(vi) अंत में दो पुत्री केन्द्रकों की उत्पत्ति होती है जिनमें गुणसूत्रों की संख्या अगुणित अर्थात् मातृ कोशिका के गुणसूत्रों की संख्या की आधी होती है। इसी कारण अर्धसूत्री विभाजन I को न्यूनकारी विभाजन कहा जाता है।

अर्धसूत्री विभाजन द्वितीय (Meiosis II)

1. अर्धसूत्री विभाजन II एक सामान्य समसूत्री विभाजन के समान होता है। इसे समविभाजन भी कहते है (चित्र 22.5)।
2. इस प्रक्रिया में अर्धसूत्री विभाजन प्रथम के विषम विभाजन (Unequal division) के द्वारा प्राप्त दो पुत्री कोशिकाओं या दो पुत्री केन्द्रकों में साथ–साथ विभाजन होता है।
3. द्वितीय विभाजन प्रथम विभाजन के समकोण (Right angle) पर होता है।
4. द्वितीय विभाजन को चार अवस्थाओं में बांटा गया है–
   (i) प्रोफेज II (ii) मेटाफेज II
   (iii) एनाफेज II (iv) टिलोफेज II
5. कई बार प्रथम विभाजन द्वितीय में मिल जाता है और टिलोफेज I, इंटरफेज व प्रोफेज II अवस्थाएं स्पष्ट दिखाई नहीं देती हैं।

1. प्रोफेज II (Prophase II)

(i) इस अवस्था में क्रोमेटिड एक–दूसरे से विकर्षित होते हैं और वे सिर्फ सेन्ट्रोमीयर के स्थान से जुड़े रहते है।

(ii) क्रोमेटिड पूर्ण रूप से संकुचित होते हैं।

(iii) न्यूक्लिओलस लुप्त होने लगता है।

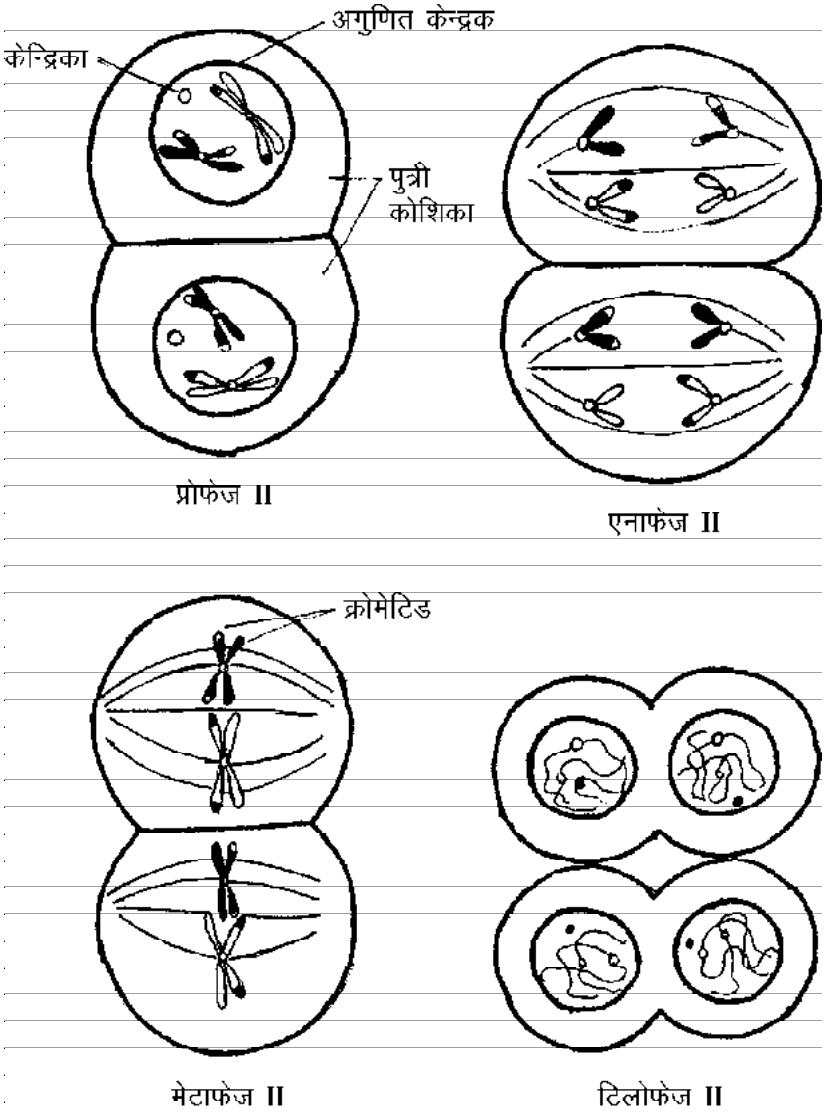
(iv) तर्कु तन्तुओं का निर्माण प्रारम्भ होता है।

(v) केन्द्रक झिल्ली लुप्त होने लगती है।

2. मेटाफेज II (Metaphase II)

(i) मेटाफेज II केन्द्रक झिल्ली एवं न्यूक्लिओलस लुप्त हो जाते हैं।

(ii) अगुणित गुणसूत्र मध्यपटलिका/मध्य रेखा या मेटाफेज प्लेट (Metaphase plate) पर व्यवस्थित हो जाते हैं।



चित्र 22.5 : अर्धसूत्री विभाजन II

(iii) सेन्ट्रोमीयर (Centromere) मध्य रेखा पर तथा गुणसूत्रों (क्रोमेटिड) के बाहु (Arms) विपरीत ध्रुवों की ओर होते हैं। प्रथम मेटाफेज में यह व्यवस्था उल्टी हो जाती है क्योंकि वहां बाहु मध्य रेखा तथा सेन्ट्रोमीयर ध्रुवों की ओर होते हैं।

(iv) तर्कु ध्रुवों से सेन्ट्रोमीयर तक जुड़े रहते हैं।

3. एनाफेज II (Anaphase II)

(i) इस अवस्था में प्रत्येक गुणसूत्र के क्रोमेटिड तथा सेन्ट्रोमीयर पृथक होकर एक–एक गुणसूत्र बनाते है और ध्रुवों की तरफ गति करते है।

(ii) यह गति तर्कुओं (Fibres) के कारण होती है।

(iii) इस अवस्था के अंत तक गुणसूत्र के दो समूह विपरीत ध्रुवों पर पहुंच जाते है।

(iv) प्रत्येक गुणसूत्र के दो क्रोमेटिड से दो गुणसूत्रों का निर्माण होता है और गुणसूत्रों की संख्या प्रोफेज II में पाए गुणसूत्रों जितनी होती है।

4. टिलोफेज II (Telophase II)

(i) ध्रुवों पर पहुंचे गुणसूत्रों के चारों ओर केन्द्रकीय आवरण बन जाता है।

(ii) केन्द्रिका (Nucleolus) का निर्माण हो जाता है।

(iii) गुणसूत्र अकुण्डलन से क्रोमेटिन में बदल जाते है।

(iv) चार पुत्री कोशिकाओं का निर्माण होता है और प्रत्येक के केन्द्रक में गुणसूत्रों की संख्या मातृ कोशिका से आधी होती है।

द्वितीय अर्धसूत्री विभाजन व समसूत्री विभाजन में अंतर

1. द्वितीय विभाजन में गुणसूत्र अगुणित 'n' (Haploid) होते है और समसूत्री विभाजन में गुणित '2n' (Diploid) होते है।
2. द्वितीय विभाजन में समसूत्री विभाजन की तरह DNA संश्लेषण का काल नहीं होता है।
3. द्वितीय विभाजन में क्रोमेटिड एक–दूसरे से पृथक होते है।
4. द्वितीय विभाजन में क्रोमेटिडों में क्रॉसिंग ओवर की प्रक्रिया होने से वे मातृ क्रोमेटिडों से आनुवांशिक रूप से भिन्न होते हैं। समसूत्री विभाजन में क्रोमेटिड भिन्न नहीं होते क्योंकि क्रॉसिंग ओवर की प्रक्रिया नहीं होती है (क्रॉसिंग ओवर से जीन बदल जाते है)।

अर्धसूत्री विभाजन का महत्व

1. लैंगिक जनन में युग्मकों के जुड़ने से युग्मनज का निर्माण होता है। अतः लैंगिक जनन के बाद गुणसूत्रों की संख्या निश्चित रखने के लिए अर्धसूत्री विभाजन आवश्यक है, अन्यथा हर अगली संतति में जनकों (Parents) से दुगने गुणसूत्र हो जाएंगे।
2. क्रॉसिंग ओवर की प्रक्रिया के फलस्वरूप जीन विनिमय होता है और गुणसूत्रों की जीन संरचना में परिवर्तन हो जाता है। इस प्रकार नई संतति में नए गुणों का विकास होता है जिससे परिवर्तनशील वातावरण में उनकी सफलता की अधिक संभावनाएं होती हैं और यह किसी भी जाति के विकास का आधार बनता है।

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. कोशिका चक्र में मध्य प्रावस्था तथा समसूत्री प्रावस्था होती है।
2. पैकाइटिन अवस्था में जीन विनिमय (Crossing over) होता है।
3. पूर्वावस्था या प्रोफेज में केन्द्रक आवरण एवं केन्द्रकाभ नष्ट हो जाते हैं।
4. जन्तुओं एवं पादपों की वृद्धि में समसूत्री विभाजन का महत्व है।
5. कोशिका विभाजन जीवों में वृद्धि एवं विकास के साथ ही घाव भरने जैसी महत्वपूर्ण प्रक्रिया में सहयोग देता है।
6. दो कोशिका विभाजन के बीच का समय महत्वपूर्ण होता है जिसमें अगली कोशिका विभाजन की सारी तैयारी होती है।
7. समसूत्री विभाजन के अंत में दो पुत्री कोशिकाएं बनती हैं जिसमें समान संख्या के क्रोमेटिड विद्यमान रहते हैं तथा दोनों पुत्री कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या समान होती हैं।
8. अर्धसूत्री विभाजन से चार पुत्री कोशिकाएं बनती हैं जिनमें गुणसूत्रों की संख्या मातृ कोशिका की आधी होती है। यह विभाजन ही जाति के विकास का आधार है।
9. प्रथम पूर्वावस्था, प्रथम अर्धसूत्री विभाजन की सबसे लम्बी अवस्था है।

अभ्यासार्थ प्रश्न

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. गुणसूत्रों का पृथक्कन होता है–
   (अ) प्रोफेज में (ब) टीलोफेज में
   (स) एनाफेज में (द) मेटाफेज में
2. सूत्री विभाजन (Mitosis) के अन्तर्गत केन्द्रक कला (Nuclear membrane) अदृश्य हो जाती है–
   (अ) प्रारम्भिक प्रोफेज में
   (ब) पश्चावस्था में
   (स) अन्तयावस्था में
   (द) अन्तिम प्रोफेज में
3. समसूत्री विभाजन का प्रमुख महत्व यह होता है –
   (अ) कोशिका के जलीय घटकों को बढ़ाता है।
   (ब) कोशिकाओं की आनुवंशिक समानता बनाए रखता है।
   (स) गुणसूत्री संख्या को घटाकर आधी कर देता है।
   (द) डी.एन.ए. का आर.एन.ए. में स्थानान्तरण करता है।
4. तर्कु तंतु (Spindle fibre) बनता है–
   (अ) सूत्री तथा अर्द्धसूत्री विभाजन दोनों में
   (ब) केवल अर्द्धसूत्री विभाजनों में
   (स) केवल सूत्री विभाजनों में
   (द) केवल असूत्री विभाजनों में

अतिलघुत्तरात्मक प्रश्न

1. न्यूनकारी विभाजन की पूर्वावस्था की कितनी अवस्थाएँ होती हैं। नाम बताइए।
2. अर्द्धसूत्री विभाजन में विनिमय कौनसी अवस्था में होता है?
3. प्रोफेज के अन्तर्गत गुणसूत्र कैसे आकार के होते हैं?
4. सूत्री कोशिका विभाजन के अन्तर्गत किस अवस्था में गुणसूत्र विपरीत ध्रुवों पर गति करते हैं?

लघुत्तरात्मक प्रश्न

1. अर्द्धसूत्री विभाजन का महत्व बताइए।
2. द्वितीय अर्द्धसूत्री विभाजन व समसूत्री विभाजन में अन्तर बताइए।

3. कोशिका विभाजन का क्या महत्व है?
4. पादप व जन्तु के कोशिकाद्रव्य विभाजन या साइटोकाइनेसिस में क्या अन्तर होता है?

निबन्धात्मक प्रश्न

1. समसूत्री विभाजन की विभिन्न अवस्थाओं को चित्र सहित समझाइए।
2. अर्द्धसूत्री विभाजन प्रथम (Meiosis I) की विभिन्न अवस्थाओं को चित्र सहित समझाइए।

उत्तरमालाः 1 (स) 2 (द) 3 (ब) 4 (अ)