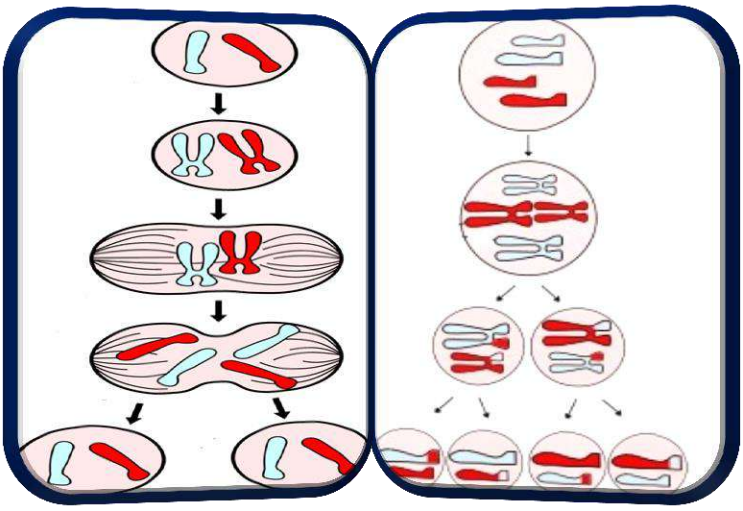
আগস্ট ওয়েজম্যান

দ্বিতীয় অধ্যায়

কোষ বিভাজন (CELL DIVISION)

ওয়াল্টার ফ্লেমিং

ভূমিকা (Introduction) : অনিন্দ্য সুন্দর এই পৃথিবীর বুকে সৃষ্ট প্রতিটি জীব তার জীবন শুরু করে একটিমাত্র কোষ দিয়ে। এককোষী হতে বহুকোষী সকল জীবেরই বংশবৃদ্ধির জন্য কোষ বিভাজন একান্তভাবে প্রয়োজন। এককোষী জীবের পরিণতি লাভের পর সংখ্যা বৃদ্ধি করতে হলে নতুন কোষ সৃষ্টির প্রয়োজন হয়। আবার বহুকোষী জীবের ক্ষেত্রে কোষ বিভাজনের মাধ্যমে নতুন নতুন কোষের সৃষ্টি হয় এবং জীবটিও ক্রমশ বৃদ্ধি পেয়ে পূর্ণাঙ্গ হয়, পরবর্তীতে নানারকম জঠিল প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বংশবিস্তার করে। জীবদেহে কোষবিভাজন একটি মৌলিক ও অত্যাবশ্যকীয় প্রক্রিয়া। **যে প্রক্রিয়ায় একটি কোষ তার নিজের অবিকল প্রতিরূপ সৃষ্টি করে তাকে কোষ বিভাজন বলে।** জীবদেহে সাধারণত অ্যামাইটেসিস, মাইটোসিস এবং মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজন ঘটে থাকে।



বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক পদার্থ, ভৌত ও রাসায়নিক অবস্থা, পারিপার্শ্বিক পরিবেশ ইত্যাদি কোষ বিভাজনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। ওয়াল্টার ফ্লেমিং (Walther Fleming) ১৮৮২ সালে সর্বপ্রথম *Triturus maculosa* (সামুদ্রিক স্যালামান্ডার)-এ কোষ বিভাজন প্রত্যক্ষ করেন। কোষ বিভাজনের ফলে সৃষ্ট নতুন কোষগুলিকে অপাত্য কোষ (daughter cell) বলে। আর যে কোষে বিভাজন ঘটে তাকে মাতৃকোষ (mother cell) বলে। কোষ বিভাজন প্রক্রিয়াগুলির মধ্যে যেমন সরল কৌশল রয়েছে তেমনি রয়েছে অত্যান্ত জঠিল। যেমন আদিকোষগুলোতে কোষ বিভাজন পদ্ধতি প্রকৃতকোষের বিভাজন থেকে সত্যিই সরলতর। তবে একটি কথা সকল প্রকার জীবের জন্য প্রযোজ্য আর তা হলো একটি মাত্র কোষ (দেহকোষ বা স্পোর বা জাইগোট) থেকেই যেমন ব্যাকটেরিয়ার সৃষ্টি তেমনি মানুষ, তিমি বা বটগাছেরও সৃষ্টি। একজন প্রাপ্ত বয়স্ক মানুষের দেহে ১০০ ট্রিলিয়ন কোষ থাকে। **জীববিজ্ঞানের যে শাখায় কোষ নিয়ে বিজ্ঞানভিত্তিক আলাচনা, পর্যালোচনা ও নিরন্তর গবেষণা করা হয় তাকে কোষবিদ্যা বা সাইটোলোজি (cytology) বলে।**

কোষ বিভাজনের মাধ্যমে জীব তার জীবন প্রবাহের ধারা অব্যাহত রাখে। কোষ বিভাজন কতকগুলো ধারাবাহিক দশার মাধ্যমে সম্পন্ন হয়। এককোষী সরল জীব থেকে শুরু করে উচ্চশ্রেণির সকল উদ্ভিদ ও প্রাণির কোষ বিভাজনের প্রধান দশাগুলোর প্রকৃতি সাধারণত একই প্রকারের হয়ে থাকে। এককোষী জীব কোষ বিভাজনের মাধ্যমে বংশবৃদ্ধি করে, কিন্তু বহুকোষী জীবে কোষ বিভাজনের মাধ্যমে দৈহিক বৃদ্ধি ও ক্ষয়পূরণ ঘটে। মানুষের জীবনকালে দেহের কোষগুলো প্রায় ১০ কোয়াড্রিলিয়ন ($১০^{১৫}$) বার বিভাজিত হয়। প্রাণির লোহিত রক্তকণিকা, স্নায়ুকোষ ও মসৃণ পেশি কোষে (কঙ্কাল ও হৃৎপেশি) এবং উদ্ভিদের স্থায়ী কোষসমূহে কোন কোষ বিভাজন ঘটে না।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা যা শিখবে (Learning Outcome)	পাঠ পরিকল্পনা (Lesson Plan)
১। মাইটোসিস ব্যাখ্যা করতে পারবে। ২। মিয়োসিসের পর্যায়সমূহ বর্ণনা করতে পারবে। ৩। মিয়োসিসের পর্যায়সমুহের চিত্র অঙ্কন করে চিহ্নিত করতে পারবে। ৪। জীবদেহে মিয়োসিসের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে পারবে। ৫। জীবদেহের ধারাবাহিকতা রক্ষায় মিয়োসিস কোষ বিভাজনের অবদান উপলব্ধি করতে পারবে। ৬। **ব্যবহারিক :** মাইটোসিস কোষ বিভাজন পর্যবেক্ষণ করে চিত্র অঙ্কন করতে পারবে।	পাঠ-১ : মাইটোসিস কোষ বিভাজন। পাঠ-২ : মাইটোসিস কোষ বিভাজনের ধাপসমূহ। পাঠ-৩ : মাইটোসিস কোষ বিভাজনের গুরুত্ব। পাঠ-৪ : মিয়োসিস কোষ বিভাজন। পাঠ-৫ : মিয়োসিস-১ এর পর্যায়সমুহ। পাঠ-৬ : মিয়েসিস-২ এর পর্যায়সমুহ। পাঠ-৭ : মিয়োসিস কোষ বিভাজনের গুরুত্ব। পাঠ-৮ : **ব্যবহারিক-**মাইটোসিস কোষ বিভাজনের বিভিন্ন পর্যায় (স্থায়ী স্লাইড) পর্যবেক্ষণ।

প্রধান শব্দ (Key words) : কোষচক্র, মাইটোসিস, মিয়োসিস, মাকুযন্ত্র, আকর্ষণ তন্তু, ট্রাকশন তন্তু, ক্রোমোজোমাল তন্তু, মেটাকাইনেসিস, স্টেমবডি, ক্রোমোজোমীয় চলন, সাইটোকাইনেসিস, ক্যারিওকাইনেসিস, ইন্টারকাইনেসিস, সিস্টার ও ননসিস্টার ক্রোমাটিড, কায়াজমা, টারমিনালাইজেশন, হোমোলোগাস ক্রোমোজোম, ক্রসিংওভার, সিন্যাপসিস, বাইভ্যালেন্ট, ক্রোমোজোমীয় নৃত্য, অ্যান্টিফেজ, রিকম্বিনেশন।

কোষ বিভাজন (Cell Division) : কোষ বিভাজন জীবের একটি অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট্য। একটি নির্দিষ্ট কার্যকাল অতিবাহিত করার পর প্রতিটি কোষের মৃত্যু ঘটে। কোষ মৃত্যুর এ ঘটনাকে অ্যাপোপটোসিস (apoptosis) বলে। প্রতিনিয়ত নতুন কোষ সৃষ্টি হয়ে ধ্বংসকারী এ ঘটনাকে সামাল দেয়। প্রতিটি জীব তার প্রতিরূপ সৃষ্টিতে সক্ষম। এটি জীবের অন্যতম সহজাত একটি বৈশিষ্ট্য। এককোষী বা বহুকোষী জীবের জীবনের সূচনা হয় একটি মাত্র কোষ দিয়ে। বহুকোষী জীবের ক্ষেত্রে উক্ত কোষের নাম জাইগোট। জাইগোট ক্রমাগত বিভাজিত হয়ে পূর্ণাঙ্গ জীবদেহ গঠন করে। দৈহিক বৃদ্ধি শেষ হলে পরিণত দেহের জননাঙ্গ হতে জনন মাতৃকোষ গঠিত হয়। জনন মাতৃকোষ হতে এক ধরনের বিভাজনের মাধ্যমে হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট শুক্রাণু ও ডিম্বাণু সৃষ্টি হয়। শুক্রাণু ও ডিম্বাণু মিলিত হয়ে পুনরায় জাইগোট সৃষ্টি করে। জাইগোটের কোষ বিভাজিত হয়ে আবার বহুকোষী জীবদেহ গঠন করে। যাই হোক, দৈহিক বৃদ্ধি ও জননকোষ সৃষ্টি উভয়ক্ষেত্রেই কোষ বিভাজন একটি অত্যাবশ্যকীয় ঘটনা।

সংজ্ঞা (Definition) : যে প্রক্রিয়ায় একটি মাতৃকোষ (mother cell) বিভিন্ন ধারাবাহিক ঘটনার মধ্য দিয়ে বিভাজিত হয়ে দুটি বা চারটি অপাত্য কোষ (daughter cell) সৃষ্টি করে, তাকে কোষ বিভাজন (cell division) বলে।

কোষ বিভাজন ছাড়া নতুন কোষ সৃষ্টি সম্ভব নয়। কোষ বিভাজন সম্পর্কে রুডলফ ভিরচাও (Rudolf Virchow, 1855) প্রথম ব্যাখ্যা করেন যে, পূর্ববর্তী কোষ থেকে বিভাজনের মাধ্যমে নতুন কোষের সৃষ্টি হয়। বিজ্ঞানী বোভেরি (Boveri, 1879) এবং ডব্লিও ফ্লেমিং (W. Flemming, 1882) দেহকোষ বিভাজন প্রত্যক্ষ করেন। বিজ্ঞানী ডব্লিও ফ্লেমিং ১৮৮২ সালে সর্বপ্রথম সামুদ্রিক স্যালামান্ডার (*Triturus maculosa*)-এর কোষ বিভাজন পর্যবেক্ষণ করেন এবং মাইটোসিস শব্দটি প্রবর্তন করেন। ভন বেনেডিন (Van Benedin, 1887), স্ট্রাসবুর্গার (Strasburger, 1888) মিয়োসিস কোষ বিভাজন পর্যবেক্ষণ করেন এবং বলেন, জননকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেক হয়। বিজ্ঞানী ফার্মার এবং মুরে (Farmer and Moore, 1905) এ ধরনের কোষ বিভাজনকে মিয়োসিস আখ্যা দেন।

কোষ বিভাজনের স্থান (Site of cell division) : অ্যামাইটোসিস একটি সরাসরি কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া। আদিকোষী জীব যেমন- ঈস্ট, ব্যাকটেরিয়া, নীলাভ সবুজ শৈবালে এ ধরনের কোষ বিভাজন দেখা যায়। মাইটোসিস জীবদেহের দেহকোষে ঘটে। উদ্ভিদদেহের বর্ধনশীল টিস্যু যেমন- মূল ও কান্ডের অগ্রভাগ, ভ্রূণমুকুল, ভ্রূণমূল, পাতা ইত্যাদি অঞ্চলে মাইটোসিস ঘটে। মিয়োসিস কোষ বিভাজন যৌন জননকারী জীবের জনন মাতৃকোষে ঘটে। উন্নত উদ্ভিদের স্পোর মাতৃকোষেও মিয়োসিস ঘটে। সপুষ্পক উদ্ভিদের পরাগধানী ও ডিম্বকের মধ্যে মিয়োসিস ঘটে থাকে। এছাড়াও হ্যাপ্লয়েড জীবে নিষেকের পর জাইগোটে মিয়োসিস ঘটে।

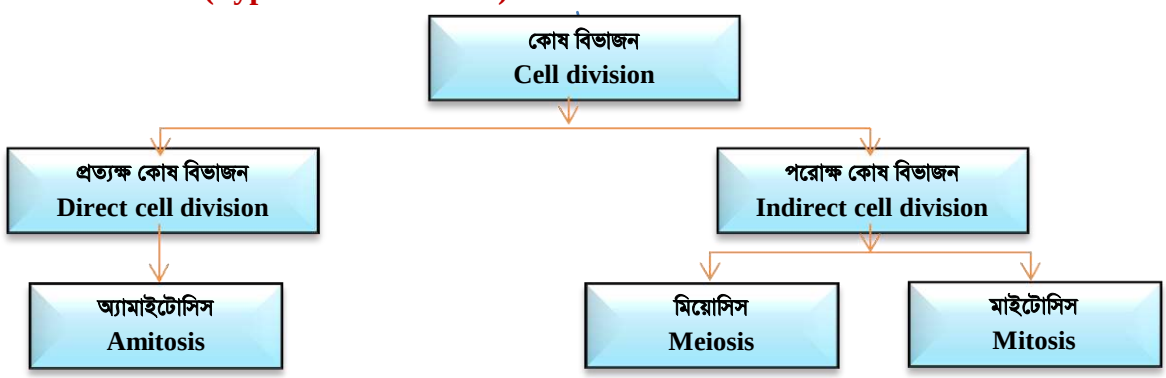
কোষ বিভাজনের কারণ (Cause of cell division) : কোষ বিভাজন কোষের একটি স্ব-নিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়া। তবে কয়েকটি বিশেষ অবস্থা কোষ বিভাজনে সহায়তা করে। যেমন-

১। কোষের বিপাক ক্রিয়া বেশি হলে এবং আয়তন বৃদ্ধি পেলে।
২। কোষের নিউক্লিয়াসে DNA-এর পরিমাণ দ্বিগুণ হলে।
৩। দেহে ক্ষতের সৃষ্টি হলে ক্ষত নিরাময়ের জন্য।
৪। মাইটোজেন জাতীয় পদার্থের উপস্থিতির কারণে।
৫। প্রকৃতপক্ষে কোষ বিভাজন একটি জিন নিয়ন্ত্রণ প্রক্রিয়া। জিনের নিয়ন্ত্রণে এনজাইমের সংশ্লেষ ঘটে। এনজাইম কোষীয় বস্তুর সংশ্লেষণে সাহায্য করে কোষ বিভাজন ঘটায়।

কোষ বিভাজনের গুরুত্ব (Significance of cell division) :

১। সকল প্রকার কোষ পূর্বসূরি কোষ থেকে বিভাজনের মাধ্যমে সৃষ্টি হয়।
২। জীবদেহের দৈহিক বৃদ্ধি, জনন ও পরিস্ফুটণের জন্য কোষ বিভাজন প্রয়োজন।
৩। জীবদেহে আঘাত ও ক্ষতস্থান নিরাময়ের জন্য কোষ বিভাজন আবশ্যক।
৪। জীবের বংশবিস্তারে বিশেষ করে জনন কোষ গঠনের জন্য কোষ বিভাজন একান্ত প্রয়োজন।
৫। কোষ বিভাজনের মাধ্যমে নতুন বৈশিষ্ট্য সম্পন্ন অপাত্য কোষ সৃষ্টি হয় যা জীবের অভিযোজন ও অভিব্যক্তিতে সাহায্য করে।
৬। প্রতিটি জীবের জীবন শুরু হয় একটি মাত্র কোষ দিয়ে, নিষিক্ত ডিম্বাণু বা জাইগোট বিভাজনের মাধ্যমে নতুন জীবের সৃষ্টি করে।
৭। বংশপরম্পরা অব্যহত রাখার ক্ষেত্রেও কোষ বিভাজন গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

কোষ বিভাজনের প্রকারভেদ (Types of cell division) :



অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজন (Amitosis Cell Division) : যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয় পর্দার অবলপ্তি ছাড়াই কোষের নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজম কোনো জটিল মাধ্যমিক পর্যায় ছাড়া খাঁজ সৃষ্টির মাধ্যমে একটি মাতৃকোষ সরাসরি বিভক্ত হয়ে দুটি অপাত্যকোষ সৃষ্টি করে, তাকে অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজন বলে।

Amitosis; Gr. a = no, mitosis = thread, osis = state। ১৮৮২ সালে Fleming সর্বপ্রথম অ্যামাইটোসিস শব্দটি ব্যবহার করেন কিন্তু Remark ১৮৫৫ সালে মুরগির ভ্রূণের RBC-তে সর্বপ্রথম অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজন প্রত্যক্ষ করেন।

অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজনের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of amitosis cell division) :

১। অ্যামাইটোসিস সরল ও প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন পদ্ধতি।

২। এই বিভাজনে মাকুতন্ত্র গঠিত হয় না, খাঁজ সৃষ্টির মাধ্যমে সরাসরি কোষ বিভাজন ঘটে।

৩। নিউক্লিও পর্দা থাকলেও নিউক্লিও পর্দার অবলপ্তি ঘটে না।

৪। ক্রোমোজোমের বিভাজন ঘটে না এবং তা দৃশ্যমান হয় না।

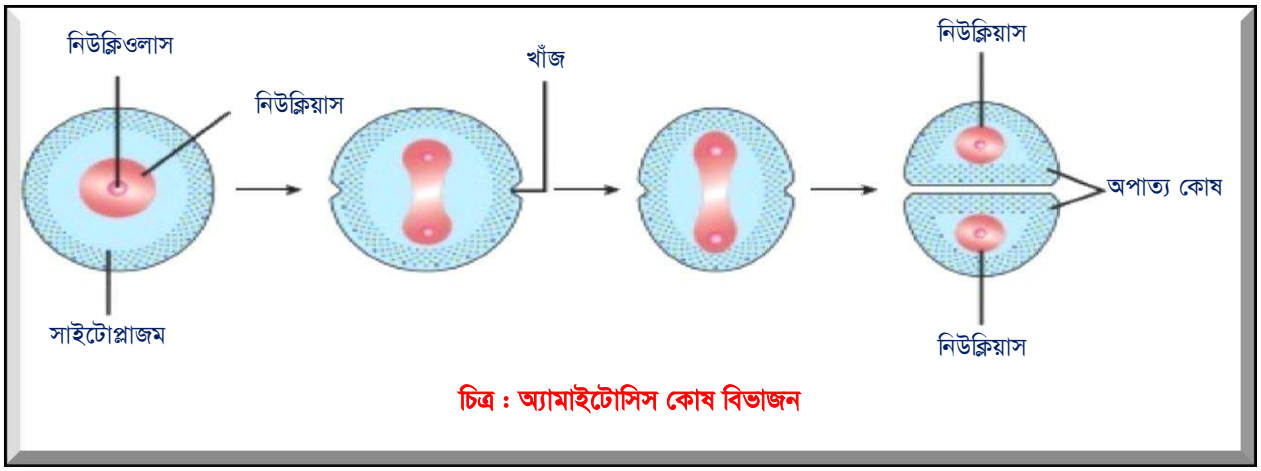
৫। নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজম একসঙ্গে বিভাজিত হয়।

৬। আদিকোষী জীবের ক্ষেত্রে এ ধরনের কোষ বিভাজন ঘটে।

অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজন কোথায় ঘটে (Where amitosis cell division occurs) : ব্যাকটেরিয়ার কোষ, তরুণাস্থি কোষ, মেরুদন্ডি প্রাণির ভ্রূণ পর্দার কোষে অ্যামাইটোসিস দেখা যায়। যেসব কোষের বিভাজনের ফলে অপাত্যকোষে মাতৃকোষের কোষীয় পদার্থের বিতরণ না হলেও চলে, সেসব কোষে, যেমন- প্যারামেসিয়াম-এর বৃহৎ নিউক্লিয়াস গঠন, *Chara* নামক শৈবালের পর্বমধ্যের কোষের গঠনের সময়ে অ্যামাইটোসিস ঘটে।

অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজন পদ্ধতি (Process of amitosis cell division) : অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজনের শুরুতে নিউক্লিয়াসটি ধীরে ধীরে লম্বা হতে থাকে। এ সময় নিউক্লিয়াসের বাইরের আবরণ বা নিউক্লিয় পর্দা অক্ষুন্ন থাকে এবং মাঝের অংশটি সরু হয়। পরবর্তীতে নিউক্লিয়াসটি আরও লম্বা হয় এবং দেখতে অনেকটা ড্যাম্বেল আকৃতির হয়। পরে নিউক্লিয়াসের মধ্যভাগ আরো সংকুচিত হয়ে দুটি খন্ডে বিভক্ত হয়ে পড়ে, ফলে একটি নিউক্লিয়াস হতে দু'টি অপাত্য নিউক্লিয়াস গঠিত হয়।

নিউক্লিয়াস বিভাজনের সাথে সাথে সাইটোপ্লাজমের মাঝ বরাবর একটি খাঁজের সৃষ্টি হয়। উভয় দিক থেকে এই খাঁজ কেন্দ্রের দিকে অগ্রসর হয়ে সাইটোপ্লাজমকে দুটি ভাগে ভাগ করে ফেলে। এর ফলে দু'পাশের দুটি নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজম আলদাভাবে দুটি অপাত্য কোষ সৃষ্টি করে। এ প্রকার কোষ বিভাজনে স্পিন্ডল বা মাকুতন্ত্র গঠিত হয় না, নিউক্লিয় বিভাজনের কোনো ধারাবাহিক ঘটনা সংঘটিত হয় না বলে একে প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন (direct cell division) বলে।



চিত্র : অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজন

অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজনের তাৎপর্য বা গুরুত্ব (Significance of amitosis cell division) :

১। এটি জঠিলতাবিহীন সরল কোষ বিভাজন পদ্ধতি।

২। নিউক্লিয়াস বিভাজনের জন্য বিভিন্ন দশা বা ধাপ অতিক্রম করতে হয় না।

৩। এ পদ্ধতিতে দ্রুত কোষের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

৪। নিম্নশ্রেণির বহু জীব (ঈস্ট, অ্যামিবা প্রভৃতি) এ পদ্ধতিতে বংশবিস্তার করে।

৫। বিজ্ঞানী স্ট্রাসবার্জার (১৮৯২) এর মতে অ্যামাইটোসিস প্রক্রিয়া থেকেই জঠিল ও উন্নত কোষ বিভাজন পদ্ধতির উৎপত্তি হয়েছে।

৬। ব্যাকটেরিয়ার মতো এককোষী জীবের সংখ্যাবৃদ্ধির জন্য এ প্রক্রিয়াটি অত্যন্ত ফলপ্রসু।

৭। কোষ বিভাজনের জন্য বিশেষ কোন প্রস্তুতির প্রয়োজন হয় না।

মাইটোসিস কোষ বিভাজন (Mitosis Cell Division) : যে জটিল ও ধারাবাহিক কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় প্রকৃত কোষের নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোজোম উভয়ই একবার করে বিভাজিত হয়ে একটি মাতৃকোষ হতে সমান সংখ্যেক ক্রোমোজোম ও সমগুণসম্পন্ন দুটি সম আকৃতির নতুন অপাত্য কেষের সৃষ্টি হয় তাকে মাইটোসিস কোষ বিভাজন বলে।

মাইটোসিস শব্দের প্রকৃত অর্থ হচ্ছে নিউক্লিয়াসের বিভাজন। কিন্তু অনেকক্ষেত্রে মাইটোসিস কথাটি আরও ব্যাপক অর্থে সমগ্র কোষের (উন্নত জীবের দেহকোষের) বিভাজনকে বুঝানোর জন্য ব্যবহার করা হয়। অনেকে বিভ্রান্তি এড়াতে সমগ্র কোষের এরূপ বিভাজনকে মাইটোটিক কোষ বিভাজন (mitosis cell division) নামে অভিহিত করেন। কোষের নিউক্লিয়াসের বিভাজনকে ক্যারিওকাইনেসিস (karyokinesis) এবং সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে সাইটোকাইনেসিস (cytokinesis) বলা হয়।

স্ট্রাসবার্গার (Strasburger) ১৮৭৫ সালে সর্বপ্রথম উদ্ভিদকোষে মাইটোসিসের কথা উল্লেখ করেন। পরবর্তীকালে শ্লাইখার (Schleicher) ১৮৭৯ সালে কোষে নিউক্লিয়াসের বিভাজন লক্ষ্য করেন এবং এর নাম দেন ক্যারিওকাইনেসিস (karyokinesis)। ওয়াল্টার ফ্লেমিং (Walter Flemming) ১৮৮২ সালে সর্বপ্রথম এ বিভাজনকে মাইটোসিস নামে অভিহিত করেন। ককরাম ও ম্যাক-কলে (Cockraum and Mac-caulay) ১৯৬০ সালে মাইটোসিস কোষ বিভাজনের রাসায়নিক প্রকৃতি ব্যাখ্যা করেন। হুইটম্যান (Whitman) সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে সাইটোকাইনেসিস নামে অভিহিত করেন। এ ধরনের কোষ বিভাজনের মাধ্যমে জাইগোট থেকে ভ্রুণ এবং ভ্রুণ তেকে পূর্ণাঙ্গ জীবদেহ গঠিত হয়। সকল প্রকার উদ্ভিদ ও প্রাণির দেহকোষে মাইটেসিস কোষ বিভাজন ঘটে।

মাইটোসিস কোথায় ঘটে (Where mitosis occurs) : প্রকৃত নিউক্লিয়াসযুক্ত (উন্নত উদ্ভিদকোষ ও প্রাণিকোষ) দেহকোষ (somatic cell) মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়। উদ্ভিদের বর্ধনশীল অঙ্গ, যথা- কাণ্ড ও মূলের অগ্রভাগ, ভ্রুণমুকুল, ভ্রুণমূল, পুষ্পমুকুল, অগ্রমুকুল, বর্ধনশীল পাতা ইত্যাদির ভাজক কলার কোষ এ প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়। প্রাণির স্নায়ুকোষ, পেশিকোষ, লোহিত কণিকা ছাড়া সকল দেহকোষ এ প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে থাকে। জননাঙ্গের গঠন এবং বৃদ্ধিও মাইটোসিস বিভাজনের মাধ্যমেই হয়ে থাকে।

মাইটোসিসের কোষ বিভাজনের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of mitosis cell division) :

১। সকল বিভাজনক্ষম দেহ-মাতৃকোষে মাইটোসিস কোষ বিভাজন ঘটে।
২। সাধারণভাবে মাইটোসিস একটি পরোক্ষ কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া।
৩। এ ধরনের কোষ বিভাজনে নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোজোম একবার মাত্র বিভাজিত হয়।
৪। এ বিভাজনে একটি মাতৃকোষ বিভাজিত হয়ে সমআকৃতি ও সমগুণসম্পন্ন দুটি অপাত্য কোষের সৃষ্টি হয়।
৫। মাতৃকোষ ও অপাত্যকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা সমান থাকে বলে এ ধরনের বিভাজনকে সমীকরণিক বিভাজন বলে।
৫। হ্যাপ্লয়েড, ডিপ্লয়েড ও পলিপ্লয়েড কোষে মাইটোসিস ঘটে থাকে।
৬। এককোষী ও বহুকোষী সকল জীবে মাইটোসিস ঘটে।
৭। এ প্রক্রিয়ায় প্রথমে নিউক্লিয়াস ও পরে সাইটোপ্লাজম বিভাজিত হয়।

মাইটোসিস কোষ বিভাজনের কারণ (Cause of mitosis cell division) :

১। কোষে নিউক্লিয়াসের চাইতে সাইটোপ্লাজমের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে মাইটোসিস বিভাজন ঘটে।
২। DNA এবং প্রোটিন সংশ্লেষ মাইটোসিসকে ত্বরান্বিত করে।
৩। দেহে ক্ষতের সৃষ্টি হলে মাইটোসিস প্রক্রিয়াটি প্ররোচিত হয়।
৪। কোষে DNA-এর চাইতে RNA-এর পরিমাণ বেড়ে গেলেও মাইটোসিস ত্বরান্বিত হয়।

অ্যামাইটোসিস ও মাইটোসিস কোষ বিভাজনের মধ্যে পার্থক্য (Differences between amitosis and mitosis cell division) :

পার্থক্যের বিষয়	অ্যামাইটোসিস (Amitosis)	মাইটোসিস (Mitosis)
১। দশা বা পর্যায়	এটি সরল প্রকৃতির কোষ বিভাজন, এর কোনো দশা বা পর্যায় নেই।	এটি তুলনামূলক জটিল ও ধারাবাহিক গতিশীল প্রক্রিয়া। এর বিভিন্ন দশা রয়েছে।
২। নিউক্লিয়াসের বিভাজন	এ প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস সরাসরি বিভাজিত হয়।	এ প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস বিভিন্ন দশার মাধ্যমে বিভাজিত হয়।
৩। বিভাজন প্রক্রিয়া	এক্ষেত্রে নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজম একত্রে বিভাজিত হয়।	এক্ষেত্রে প্রথমে নিউক্লিয়াস এবং পরে সাইটোপ্লাজমের বিভাজন ঘটে।
৪। ফলাফল	এর মাধ্যমে এককোষী জীবেরা বংশবিস্তার ঘটায়, জীবদেহের বৃদ্ধিতে এর কোনো ভূমিকা নেই	এর মাধ্যমে এককোষী জীবের বংশবিস্তার এবং বহুকোষী জীবদেহে বৃদ্ধি, ক্ষয়পূরণ প্রভৃতি ঘটে।
৫। বিভাজনের প্রকৃতি	এ বিভাজনকে প্রত্যক্ষ বিভাজন বলে।	এ বিভাজনকে পরোক্ষ বিভাজন বলে।
৬। উদাহরণ	ঈস্ট, ব্যাকটেরিয়া, প্রোটোজোয়া প্রভৃতি এককোষী জীব।	উন্নত উদ্ভিদ ও প্রাণিকোষে মাইটোসিস দেখা যায়।

কোষচক্র (Cell Cycle) : একটি সুস্থ বর্ধিষ্ণু কোষের জীবন শুরু হয় মাতৃকোষের বিভাজনের ফলে তার সৃষ্টির মাধ্যমে এবং শেষ হয় বিভাজিত হয়ে অপাত্য কোষ সৃষ্টির মধ্য দিয়ে। কোষের এ বৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায় চক্রাকারে সম্পন্ন হয়। **কোষ সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি এবং পরবর্তীতে বিভাজন-এ তিনটি কাজ যে চক্রের মাধ্যমে সম্পন্ন হয় তাকে কোষচক্র বলে।** বিজ্ঞানী হাওয়ার্ড ও পেল্ক (Howard and Pelc) ১৯৫৩ সালে এই কোষচক্রের প্রস্তাব করেন, তাই এ চক্রটিকে হাওয়ার্ড-পেল্ক কোষচক্রও বলা হয়। এই চক্রটি বারবার চলতেই থাকে।

সাধারণত একটি কোষচক্র সম্পন্ন হতে মানবদেহে ২০-২৪ ঘন্টা সময় প্রয়োজন। ঈস্ট কোষে এই সময়কাল ৯০ মিনিট হয়ে থাকে। আদিকোষে এর সময়কাল ২০-৩০ মিনিট। কোষচক্রের সময়কালকে জননকাল (generation time) বলে। কোষচক্রে ইন্টারফেজ এর সময় সবচেয়ে বেশী। একটি কোষচক্রে শতকরা ৯০-৯৫ ভাগ সময় ইন্টারফেজ দশা আর মাত্র ৫-১০ ভাগ সময় মাইটোসিস দশা। সমগ্র চক্রটি একটি জেনেটিক প্রোগ্রাম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। কোষচক্র দুটি প্রধান ধাপে বিভক্ত। যথা- **১। ইন্টারফেজ বা প্রস্তুতিমূলক পর্যায় ও ২। মাইটোটিক ফেজ।**

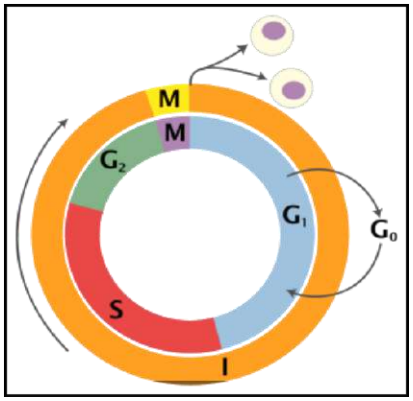
১। ইন্টারফেজ (Interphase) বা প্রস্তুতিমূলক পর্যায় : একটি কোষ বিভাজনের শেষ ও পরবর্তী কোষ বিভাজন শুরুর মর্ধ্যবর্তী এবং দীর্ঘস্থায়ী দশা যেখানে প্রোটিন, DNA, RNA, এনজাইম প্রভৃতি সংশ্লেষিত হয়ে পরবর্তী বিভাজনের উপযোগী করে তোলে, তাকে ইন্টারফেজ বা প্রস্তুতিমূলক পর্যায় বলে। এ অবস্থাটিকে বিশ্রাম দশা নামে অ্যাখ্যায়িত করা হয়। এ দশায় কোষের নানা ধরনের বিপাকীয় কার্যকলাপ চলতে থাকে। এ সময় নিউক্লিয়াসের আয়তন বৃদ্ধি পায় এবং বিভিন্ন ধরনের প্রয়োজনীয় রাসায়নিক উপাদানের সংশ্লেষণমূলক কাজ চলতে থাকে, যেমন- ডিএনএ, আরএনএ, এনজাইম, প্রোটিন সংশ্লেষ ইত্যাদি। তাই একে সংশ্লেষ পর্যায় বলা হয়। এই অবস্থায় নিউক্লিয়াসের ক্রোমোজোমগুলো অত্যন্ত প্যাঁচানো অবস্থায় ক্রোমাটিন তন্তুরুপে অবস্থান করে। এ পর্যায়ে নিউক্লিয়াসে বহু গুরুত্বপূর্ণ ক্রিয়া-বিক্রিয়া ঘটে বলে এই অবস্থায় কোষের নিউক্লিয়াসকে বিপাকীয় নিউক্লিয়াস বলে।

ইন্টারফেজ দশার স্থায়িত্বকাল অন্যান্য দশার চেয়ে বেশী। যেমন- মানুষের কোষ বিভাজনের মোট সময়কাল ২৪ ঘন্টা, সেক্ষেত্রে ইন্টারফেজে ব্যায় হয় ২৩ ঘন্টা। ইন্টারফেজ দশার বিভিন্ন পরিবর্তনকে মোট তিনটি উপধাপ বা উপপর্যায়ে বিভক্ত করা যায়। নিম্নোক্ত শিরোনামে উপপর্যায় তিনটি আলোচিত হলো-

(ক) বিরাম-১ দশা (G_1 phase) : এটি ইন্টারফেজ পর্বের প্রথম উপপর্যায়। একটি কোষ পরবর্তীতে বিভাজন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে কিনা, তার সিদ্ধান্ত নেয়া হয় এই উপপর্যায়ে। পূর্ববর্তী কোষচক্রের মাইটোটিক দশার শেষ এবং সংশ্লেষ দশার পূর্ববর্তী, বিপাকীয়ভাবে সক্রিয় কোষের বৃদ্ধির দশাকে বিরাম-১ দশা বলে। এই দশায় স্বাভাবিক বিপাক ক্রিয়া চলতে থাকে এবং অঙ্গাণুগুলি দ্বিগুণ সংখ্যার সৃষ্টি হয়। এ পর্যায়ে প্রোটিন ও আরএনএ (RNA)-এর উৎপাদন ঘটে এবং ডিএনএ (DNA) উৎপাদনের প্রয়োজনীয় এনজাইম (DNA পলিমারেজ) এর সংশ্লেষণ ঘটে। এছাড়া এ পর্যায়ে বিভিন্ন ধরনের জৈব রাসায়নিক পদার্থ, যেমন- অ্যাস্ট্রার রশ্মির জন্য টিউবিউলিন, DNA বাইন্ডিং ও আন উইন্ডিং প্রোটিন সংশ্লেষণ ঘটে এবং ক্ষুদ্র কোষীয় অঙ্গাণুগুলো, যেমন- মাইটোকন্ড্রিয়া, প্লাস্টিড, ER, গলগিবস্তু, সেন্ট্রিওল ও রাইবোসোমের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। এ পর্যায়ে অধিকাংশ গ্লোবিউলার (globular) এবং ফাইব্রাস (fibrous) প্রোটিন সংশ্লেষণ ঘটে। এজন্য এ দশাকে অ্যান্টিফেজ (antephase) বলা হয়। এই পর্যায়ে কোষীয় উপাদান সৃষ্টির ফলে কোষের আকৃতি ও কোষের নিউক্লিয়াসের আকৃতিও বৃদ্ধি পেতে থাকে। এ পর্যায়ে শক্তি সরবরাহকারী যৌগ সাইক্লিন নির্ভর প্রোটিন কাইনেজ (Cdk-Cyclin dependent kinase) এর উপর কোষের বৃদ্ধি ও পরিণতি নির্ভর করে। এখানে কোষচক্রের ৩০-৪০ ভাগ সময় ব্যায় হয়।

(খ) সংশ্লেষ দশা (Synthesis phase, S-phase) : ইন্টারফেজ এর বিরাম-১ দশা পরবর্তী যে দশায় হিস্টোন প্রোটিন এর সংশ্লেষ ঘটে, DNA রেপ্লিকেশন হয়, তাকে S দশা বা সংশ্লেষ দশা বলে। এ দশায় ক্রোমোজোম তন্তু দ্বিগুণ হয় এবং বিভিন্ন প্রকার প্রোটিন ও RNA অণুও সৃষ্টি হয়। এ পর্যায়ে কোষচক্রের ৩০-৫০% সময় ব্যয় হয়।

(গ) বিরাম-২ দশা (G_2 phase) : এটি ইন্টারফেজ পর্যয়ের শেষ দশা। S-দশা শেষ হওয়া এবং মাইটোটিক দশা শুরু হওয়ার মধ্যবর্তী সময়কে G_2 দশা বলে। এটি কোষচক্রের দ্বিতীয় বিরতি দশা (gap-2 phase)। এ দশায় কোষে বিপাকক্রিয়া বৃদ্ধি লাভ করে এবং এসময় mRNA, tRNA সহ বিভিন্ন প্রোটিন ও ননহিস্টোন প্রোটিন সংশ্লেষ চলতে থাকে ও ক্রোমোজোমীয় অন্যান্য উপাদানের সংশ্লেষ ঘটে। এ উপদশায় নিউক্লিয়াসের আয়তন বেড়ে যায়। বিভাজন প্রক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি (ATP) এখানে তৈরি হয়। G_2 থেকে মাইটোসিস-এ প্রবেশ করতে হলে ম্যাচুয়েশন প্রোমোটিং ফ্যাক্টর (MPF) নামক প্রোটিনের প্রয়োজন পড়ে। কিছু সংখ্যক কোষ উপপর্যায়ে এসেও আটকা পড়ে যায়, আর কখনো বিভাজন পর্যায়ে প্রবেশ করে না। মোট সময়ের ১০-২০% ভাগ সময় এ উপপর্যায়ে ব্যয় হয়।



চিত্র : কোষচক্রের বিভিন্ন দশা : বাইরের বৃত্ত : I = ইন্টারফেজ, M = মাইটোসিস; অভ্যন্তরীণ বৃত্ত : M = মাইটোসিস, G_1 = বিরাম দশা-১, G_2 = বিরাম দশা-২, S = সংশ্লেষ; বৃত্তে নেই : G_0 = বিরাম 0 / বিশ্রাম।

২। মাইটোটিক দশা বা M দশা (Mitosis phase or M phase) : কোষ চক্র G_2 ফেজ থেকে মাইটোসিস বা বিভাজন পর্যায়ে প্রবেশ করে। একটি জটিল প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের বিভাজন ও পূনঃগঠন, সাইটোপ্লাজমের নতুন দুই কোষে গমন এবং উদ্ভিদ কোষে কোষপ্রাচীর গঠনের মাধ্যমে পূর্ণাঙ্গ দুটি অপাত্য কোষ সৃষ্টির মধ্য দিয়ে M-পর্যায় সমাপ্ত হয়। কোষচক্রের মাত্র ৫-১০% ভাগ সময় ব্যয় হয় মাইটোটিক ফেজের জন্য। বিভিন্ন জীবে বিভিন্ন অবস্থায় কোষ চক্রের দৈর্ঘ্য ভিন্নরকম হতে পারে। ব্যাকটেরিয়ার ক্ষেত্রে ২০-৩০ মিনিট, কিন্তু উচ্চ শ্রেণির উদ্ভিদের ক্ষেত্রে এ চক্র ১২-২৪ ঘন্টা দীর্ঘ হতে পারে। এভাবেই 'ইন্টারফেজ-এমফেজ-ইন্টারফেজ' চক্রাকারে চলতে থাকে।

কোষ বিভাজনে ইন্টারফেজ-এর গুরুত্ব (Importance of Interphase in Cell Division) : নিম্নলেখিত কারণে কোষ বিভাজনে ইন্টারফেজ পর্যায় অতীব গুরুত্বপূর্ণ।

১। কোষটি পরবর্তী কোষ বিভাজনে অংশগ্রহণ করবে কিনা তা ইন্টারফেজ-এর প্রথম দিকেই নির্ধারিত হয়।

২। এ পর্যায়ে পরবর্তী কোষ বিভাজনের জন্য প্রোটিন, DNA ও RNA প্রতিলিপনের সকল উপাদান তৈরি হয়।

৩। ইন্টারফেজে S পর্যায়ে DNA প্রতিলিপন হয়। এটি না হলে সঠিক কোষ বিভাজন প্রায় অসম্ভব।

৪। এখানে কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় স্পিন্ডল তন্তু তৈরির জন্য মাইক্রোটিউবিউলস সৃষ্টি হয়।

৫। এ দশায় কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় শক্তি (ATP) তৈরি হয় এবং কোষে সঞ্চিত হয়।

৬। ইন্টারফেজ পর্যায় না থাকলে বিভাজন পর্যায় সম্পন্ন হবে না। বিভাজন প্রক্রিয়া না থাকলে কোষের সংখ্যাবৃদ্ধি, জীবের পূর্ণাঙ্গ গঠন ও বিকাশ হবে না, অর্থাৎ নতুন জীবই সৃষ্টি হবে না।

জীব জীবনে কোষ চক্রের গুরুত্ব বা তাৎপর্য (Significance of cell cycle in living life) : ইন্টারফেজ ও মাইটোটিক কোষ বিভাজন পর্যায়ক্রমিকভাবে কোষ চক্র সম্পন্ন করে। জীব জীবনে কোষ চক্রের গুরুত্ব অপরিসীম।

১। কোষ চক্র না হলে এককোষী বা বহুকোষী কোনো জীবেরই বংশবৃদ্ধি হবে না।

২। প্রতিটি জীবে স্বাভাবিক কোষ চক্র ঐ জীবের স্বাভাবিক বৃদ্ধি সম্পন্ন করে।

৩। কোষ চক্রের ইন্টারফেজের প্রস্তুতির কারনেই মাইটোসিস হয়, আর মাইটোসিস বহুকোষী জীবের বৃদ্ধি ও বিকাশ ঘটায়।

৪। অস্বাভাবিক কোষ চক্র জীবদেহের স্বাভাবিক বৃদ্ধি ও বিকাশ ব্যাহত করে।

৫। বহুকোষী জীবে কোষচক্র জীবের প্রজনন, বৃদ্ধি, মৃতকোষ প্রতিস্থাপন, ক্ষতপূরণ ইত্যাদি কাজ সম্পন্ন করে।

G_1 দশা এবং G_2 দশার মধ্যে পার্থক্য (Differences between G_1 phase and G_2 phase) :

পার্থক্যের বিষয়	G_1 দশা (G_1 phase)	G_2 দশা (G_2 phase)
১। নাম	G_1 দশাকে বিরাম-১, প্রথম গ্যাপ দশাও বলা হয়।	G_2 দশাকে বিরাম-২, দ্বিতীয় গ্যাপ দশাও বলা হয়।
২। সংজ্ঞা	পূর্ববর্তী কোষচক্রের M দশা ও পরবর্তী কোষচক্রের S দশার মধ্যবর্তী পর্যয়কে G_1 দশা বলা হয়।	কোষচক্রের ইন্টারফেজের S দশা ও M দশার মধ্যবর্তী দশাকে G_2 দশা বলা হয়।
৩। দশা	এটি ইন্টারফেজের প্রথম দশা।	এটি ইন্টারফেজের তৃতীয় বা শেষ দশা।
৪। সংশ্লেষণ	DNA ও RNA সংশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় এনজাইম সংশ্লেষিত হয়।	বিভিন্ন ধরনের RNA অণু এবং কতিপয় প্রোটিনের সংশ্লেষণ ঘটে।
৫। স্থায়িত্ব	ইন্টারফেজের দীর্ঘস্থায়ী দশা।	ইন্টারফেজের ক্ষণস্থায়ী দশা।
৬। DNA-এর পরিমাণ	ডিপ্লয়েড কোষে DNA-এর পরিমাণ স্বাভাবিক থাকে।	কোষে DNA-এর পরিমাণ দ্বিগুণ হয়।
৭। কোষচক্রের সময়কাল	কোষচক্রের সময়কাল G_1 দশার সময়কালের উপর নির্ভরশীল।	কোষচক্রের সময়কাল G_2 দশার সময়কালের উপর নির্ভরশীল নয়।

ইন্টারফেজ এবং M ফেজের মধ্যে পার্থক্য (Difference between interphase and M phase) :

পার্থক্যের বিষয়	ইন্টারফেজ (Interphase)	M ফেজ (M phase)
১। নাম	এটি কোষ বিভাজনের প্রস্তুতি দশা।	এটি কোষের প্রকৃত বিভাজন দশা।
২। ব্যয়িত সময়	কোষচক্রের ৯০-৯৫% সময় এখানে ব্যয় হয়	কোষচক্রের ৫-১০% সময় এখানে ব্যয় হয়।
৩। কাজ	এ দশায় কোষীয় সংগঠনের বৃদ্ধি এবং সংখ্যাগত বৃদ্ধি ঘটে।	এ দশায় কোষীয় সংগঠনের বিস্তার ও বিভাজন ঘটে।
৪। বংশগত বস্তু	এ দশায় বংশগত বস্তু ক্রোমাটিন হিসেবে থাকে।	এ দশায় বংশগত বস্তু ক্রোমোজোম হিসেবে থাকে।

মাইটোসিস (Mitosis) : মাইটোসিস (Gk, mitos = thread, osis = state) এক প্রকার কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া যা সকল প্রকৃতকোষী জীবের দেহকোষে সংঘটিত হয়। এ ধরনের কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া মূলত দুটি প্রধান ঘটনার মাধ্যমে সংঘটিত হয়। তা হলো ক্যারিওকাইনেসিস এবং সাইটোকাইনেসিস। প্রথমটির মাধ্যমে নিউক্লিয়াসের বিভাজন এবং দ্বিতীয়টির মাধ্যমে সাইটোপ্লাজমের বিভাজন সংঘটিত হয়। বিজ্ঞানী Strasburger ১৮৭৩ সালে সর্বপ্রথম একটি নিউক্লিয়াস থেকে অপাত্য নিউক্লিয়াস সৃষ্টির ঘটনা পর্যবেক্ষণ করেন। পোলান্ডের বিজ্ঞানী Waelaw Mayzel ব্যাঙ, খরগোশ ও বিড়ালের কর্ণিয়া কোষের বিভাজন লক্ষ্য করেন এবং ১৮৭৫ সালে তা বর্ণনা করেন। Flemming ১৮৮২ সালে সর্বপ্রথম মাইটোসিস শব্দটি ব্যবহার করেন।

মাইটোসিস বিভাজন একটি নিরবচ্ছিন্ন বা ধারাবাহিক প্রক্রিয়া বলে এক বিভিন্ন পর্যায়ে ভাগ করা সঠিক নয়। তবুও বর্ণনার সুবিধার্থে এ প্রক্রিয়াটিকে নিচে বর্ণিত পাঁচটি প্রধান দশা বা পর্যায়ে ভাগ করা হয়ে থাকে।

প্রোফেজ (Prophase) বা আদ্যপর্যায় : Prophase, Pro = পূর্ব, Phase = দশা। মাইটোসিস কোষ বিভাজনের যে পর্যায়ে ক্রোমাটিনগুলো ক্রোমোজোমে রূপান্তরিত হয়, ক্রোমাটিড গঠিত হয়, তাকে প্রফেজ বলে। এটি মাইটোসিসের প্রথম ও দীর্ঘস্থায়ী পর্যায়। এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

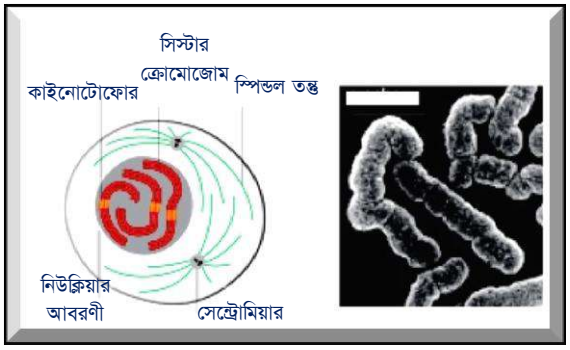
১। নিউক্লিয়াস আয়তনে বৃদ্ধি পায়।

২। নিউক্লিওপ্লাজম হতে পানি অপসারণ হতে থাকে এবং নিউক্লিয়ার রেটিকুলাম খুলে গিয়ে নির্দিষ্ট সংখ্যেক ক্রোমোজোমে পরিণত হয়।

৩। ক্রোমোজোমগুলো সেন্ট্রোমিয়ার ছাড়া অনুদৈর্ঘ্য বরাবর বিভক্ত হয়। ক্রেমোজোমের এরূপ প্রতিটি অংশকে ক্রোমাটিড বলে।

৪। একই বাহুর ক্রোমাটিড দুটি পরস্পর সমান্তরালে অবস্থান করে। যদিও সাধারণ বিবর্ধনে ক্রোমোজোম অবিভক্ত মনে হয়।

৫। ক্রোমাটিডগুলো ক্রমাগতভাবে স্প্রিং এর ন্যায় কুন্ডলিত হয়, ফলে ক্রোমোজোম ক্রমশ খাটো ও মোটা হতে থাকে।



চিত্র : প্রোফেজ

প্রো-মেটাফেজ (Pro-metaphase) বা প্রাক-মধ্যপর্যায় : Pro-metaphase, গ্রিক Pro = পূর্ব, meta = মধ্য। মাইটেসিস কোষ বিভাজনের যে পর্যায়ে স্পিন্ডল যন্ত্র গঠিত হয়, নিউক্লিয়াস ও নিউক্লিয়ার মেমব্রেন সম্পুর্ণরূপে বিলুপ্তি ঘটে, তাকে প্রোমেটাফেজ (Pro-metaphasse) বা প্রাক-মধ্যপর্যায় বলে। এটি মাইটোসিসের দ্বিতীয় ও তুলনামূলক ভাবে স্বল্পস্থায়ী পর্যায়। এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ :

১। নিউক্লিওপর্দা ও নিউক্লিওলাস বিলুপ্ত হতে শুরু করে।

২। উদ্ভিদ কোষে মাইক্রোটিউবিউলস থেকে দ্বিমেরু বিশিষ্ট স্পিন্ডল যন্ত্র (spindle apparatus) গঠন হতে শুরু করে।

৩। নিরক্ষীয় অঞ্চলমুখী ক্রোমোজোমের বিচলন ঘটে। এ ঘটনাকে মেটাকাইনেসিস (metakinesis) বলে।

৪। প্রতিটি ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার এক একটি ট্রাকশন তন্তুর (traction fiber) সাথে সংযুক্ত থাকে।

৫। এ সময় ক্রোমোজোম একটু আন্দোলিত হয় যাকে ক্রোমোজোমীয় নৃত্য (chromosomal dance) বলে। মুলত : ক্রোমোজোমগুলি বিষুবীয় অঞ্চলে সরে যেতে শুরু করায় এমনটি মনে হয়।

৬। স্পিন্ডল যন্ত্রের উভয় প্রান্ত সরু এবং মধ্যভাগ প্রশস্ত। এর সরু প্রান্তদ্বয়কে মেরু অঞ্চল এবং মধ্যভাগকে বিষুবীয় অঞ্চল বা নিরক্ষীয় অঞ্চল বলে।

চিত্র : প্রো-মেটাফেজ

মেটাফেজ (Metaphase) বা মধ্যপর্যায় : Metaphase, গ্রিক, meta = মধ্য, phase = দশা। মাইটেসিস কোষ বিভাজনের যে পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলো ছোট, বিষুবীয় অঞ্চলে অবস্থান করে স্ফীত ও সবচেয়ে বেশী স্পষ্ট হয়, তাকে মেটাফেজ বলে। এটি মাইটোসিসের তৃতীয় ও সবচেয়ে ক্ষণস্থায়ী পর্যায়। এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ :

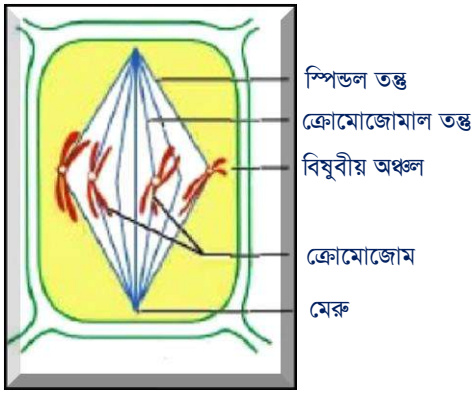
১। নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিও পর্দার সম্পুর্ণ বিলুপ্তি ঘটে।

২। স্পিন্ডল যন্ত্রের গঠন সম্পন্ন হয়। স্পিন্ডল যন্ত্রের দুই মেরুর মধ্যবর্তী অংশকে নিরক্ষীয় অঞ্চল বলে।

৩। ক্রোমোজোমগুলোর সেন্ট্রোমিয়ার নিরক্ষীয় অঞ্চল বরাবর আসে এবং ক্রোমোজোমাল তন্তুর সাথে সংযুক্ত থাকে। প্রতি ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার অঞ্চলে বিপরিত মেরু থেকে আগত দুটি ট্রাকশন তন্তুর সাথে যুক্ত হয়।

৪। এ পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলো ছোট, স্ফীত ও সবচেয়ে বেশী স্পষ্ট হয় ফলে ক্রোমোজোমগুলোকে সহজেই গণনা ও পর্যবেক্ষণ করা যায়।

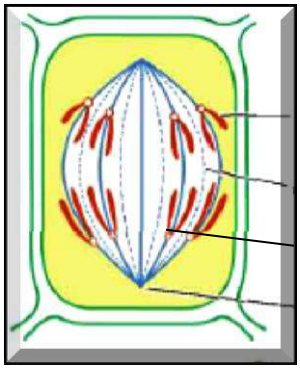
৫। এ পর্যায়ের শেষভাগে প্রতিটি সেন্ট্রোমিয়ার সম্পুর্ণ বিভক্ত হয়ে দুটি অপাত্য সেন্ট্রোমিয়ার সৃষ্টি করে।



চিত্র : মেটাফেজ

অ্যানাফেজ (Anaphase) বা গতি পর্যায় : Anaphase, গ্রিক, ana = গতি, phase = দশা। মাইটেসিস কোষ বিভাজনের যে পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলো সেন্ট্রোমিয়ার বরাবর বিভক্ত হয়ে দুই মেরুর দিকে গমন করে এবং V, L, J, I ইত্যাদি ইংরেজী অক্ষরের মতো মনে হয়, তাকে অ্যানাফেজ বলে। এটি মাইটোসিসের তৃতীয় ও ক্ষণস্থায়ী পর্যায়। এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

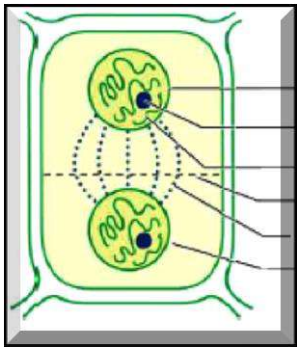
১। মাকু তন্ত্রের সংকোচন শুরু হয় ফলে ট্রাকশন তন্তু সংলগ্ন প্রতিটি ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিড দুটি পরস্পর থেকে পৃথক হয় এবং এর ফলে দুটি অপাত্য ক্রোমোজোম গঠিত হয়।
২। দুই সেট অপাত্য ক্রোমোজোম নিরক্ষীয় অঞ্চল হতে পরস্পর বিপরীত মেরুর দিকে অগ্রসর হতে থাকে।
৩। প্রতিটি ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার মেরুর দিকে অগ্রগামী হয় এবং বাহু দুটি পশ্চাৎবর্তী থাকে।
৪। চলনশীল অবস্থায় প্রতিটি ক্রোমোসোমকে সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থানের ভিত্তিতে V (মেটাসেন্ট্রিক), L (সাবমেটাসেন্ট্রিক), J (অ্যাক্রোসেন্ট্রিক) ও I (টেলোসেন্ট্রিক) প্রভৃতি আকৃতির হয়।
৫। অপাত্য ক্রোমোসোমগুলো মেরুর কাছাকাছি পৌছালেই অ্যানাফেজ তথা গতিপর্যায়ের সমাপ্তি ঘটে।



চিত্র : অ্যানাফেজ

টেলোফেজ (Telophase) বা অন্ত :পর্যায় : Telophase, গ্রিক শব্দ, telo = শেষ, phase = দশা। মাইটেসিস কোষ বিভাজনের যে পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলোতে পানি যোজনের ফলে চিকন হয়ে কোষের দুই প্রান্তের দিকে জড়ো হয়ে অপাত্য নিউক্লিয়াস গঠন করে, তাকে টেলোফেজ বলে। এটি মাইটোসিসের সর্বশেষ দশা। এ দশার বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

১। প্রতি সেট ক্রোমোজোম বিপরীত মেরুতে পৌছায় এবং চলনের সমাপ্তি ঘটে।
২। ক্রোমোজোমের পানিযোজন শুরু হয় ফলে ক্রোমোজোমগুলোর কুন্ডলিত ভাঁজ ক্রমান্বয়ে খুলতে থাকে এবং প্রতিটি ক্রোমোজোম লম্বা ও সরু দেখায়। শেষ পর্যায়ে নিজেরা জড়িয়ে পড়ে এবং নিউক্লিয়ার রেটিকুলাম গঠন করে।
৩। নিউক্লিয়ার রেটিকুলামকে ঘিরে নিউক্লিওপর্দার পুনরায় আবির্ভাব ঘটে।
৪। স্পিন্ডল যন্ত্রের কাঠামো ধীরে ধীরে অদৃশ্য হয়ে যায় এবং সর্বশেষে বিলুপ্তি ঘটে।
৫। এ পর্যায়ের শেষের দিকে দুই মেরুতে ক্রোমোজোমগুলোর চারদিকে নিউক্লিয়ার এনভেলপ এবং স্যাট ক্রোমোজোমের গৌণ কুণ্ডনে নিউক্লিয়োলাসের পুন :আবির্ভাব ঘটে ফলে দুই মেরতে দুটি অপাত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়।

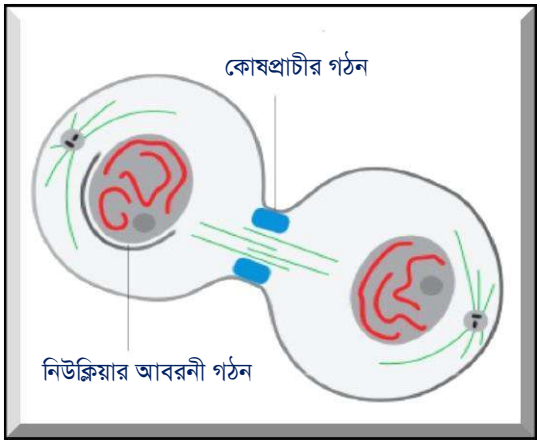


চিত্র : টেলোফেজ

সাইটোকাইনেসিস প্রক্রিয়ায় অপাত্য কোষ সৃষ্টি (Process of cytokinesis involves the formation of daughter cells) : যে প্রক্রিয়ায় ক্যারিওকাইনেসিসের ফলে উৎপন্ন দুটি নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী স্থানে সাইটোপ্লাজম বিভাজিত হয়ে দুটি অপাত্য কোষের সৃষ্টি করে, তাকে সাইটোকাইনেসিস (cytokinesis) বলে। টেলোফেজ-এর শেষে সাইটোকাইনেসিস শুরু হয়। নিউক্লিয়াসের বিভাজনের পর সাইটোপ্লাজমের বিভাজন ও পৃথকীকরণের মাধ্যমে সাইটোকাইনেসিস ঘটে। কোষপ্লেট ও কোষপ্রাচীর গঠনের মাধ্যমে উদ্ভিদকোষে সাইটোকাইনেসিস সম্পন্ন হয়।

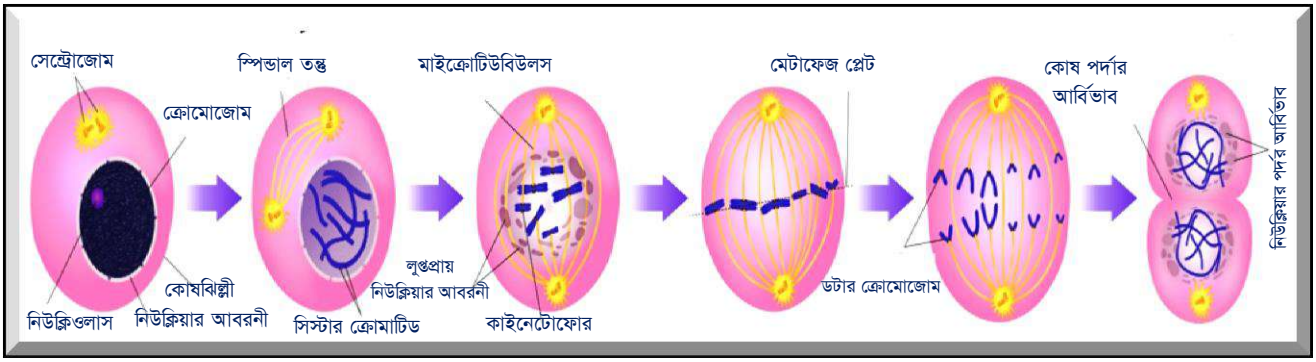
শুরুতে এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলামের ফ্র্যাগমোপ্লাস্ট (fragmoplast) এবং গলজি বস্তুর ভেসিকলগুলো বিষুবীয় অঞ্চলে জমা হয়ে কোষপ্লেট গঠন করে। কোষপ্লেটের উপর হেমিসেলুলোজ, সেলুলোজ এবং সাইটোপ্লাজমস্থ নানাবিধ পদার্থ জমা হয়ে, নানাবিধ ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্য দিয়ে কোষ প্লেট, কোষ প্রাচীরে পরিণত হয়। কোষ প্রাচীর গঠনের পর মাতৃকোষটি সমগুণ সম্পন্ন দুটি অপাত্য কোষের সৃষ্টি করে।

সাইটোকাইনেসিস না হয়ে ক্যারিওকাইনেসিস চলতে থাকলে একই কোষে বহু নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়। একে মুক্ত নিউক্লিয়ার বিভাজন (free neuclear division) বলে। ডাবের পানি মুক্ত নিউক্লিয়ার বিভাজনের ফল। কোনো কোনো শৈবাল ও ছত্রাকে ক্যারিওকাইনেসিস ঘটে কিন্তু সাইটোকাইনেসিস ঘটে না। ফলে একটি কোষে বহু নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয়। এ ধরনের উদ্ভিদকোষকে সিনোসাইটিক বলে।



চিত্র : সাইটোকাইনেসিস প্রক্রিয়ায় অপাত্য কোষ সৃষ্টি

শিক্ষার্থীর কাজ : জীবজগতের উন্নয়ন ও বিবর্তনে প্যাকাইটিন উপ-পর্যায়ের ভূমিকা বিশ্লেষণ কর এবং অ্যানাফেজ ও টেলোফেজ উপপর্যায়ের রঙ্গিন চিত্র অঙ্কন করে একটি আর্ট পেপারে উপস্থাপন কর।



ইন্টারফেজ (G_2) প্রোফেজ প্রোমেটাফেজ মেটাফেজ অ্যানাফেজ টেলোফেজ

চিত্র : মাইটোসিস কোষ বিভাজনের পর্যায়সমূহ

মাইটোসিসের গুরুত্ব বা তাৎপর্য (Significance of mitosis) : এককোষী জীব থেকে শুরু করে বহুকোষী জীব সকলের ক্ষেত্রেই মাইটোসিস কোষ বিভাজন অত্যান্ত গুরুত্বপূর্ণ। কারণ-

১। দেহ গঠন ও দৈহিক বৃদ্ধি (Body composition and physical growth) : মাইটোসিসের মাধ্যমে এককোষী জাইগোট থেকে বহুকোষী জীবদেহের সৃষ্টি হয় এবং এর দৈহিক বৃদ্ধি ঘটে।

২। বংশবৃদ্ধি (Reproduction) : কতক এককোষী সুকেন্দ্রিক (eukaryotic) জীবে মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বংশবৃদ্ধি ঘটে। যেমন- *Chlamydomonas*।

৩। জননাঙ্গ সৃষ্টি ও জনন কোষের সংখ্যা বৃদ্ধি (Creation of reproductive organs and increases the number of reproductive cells) : মাইটোসিস বিভাজনের ফলেই বহুকোষী জীবের জননাঙ্গ সৃষ্টি হয়, ফলে বংশবৃদ্ধির ক্রমধারা বজায় থাকে। জনন কোষের সংখ্যা বৃদ্ধি করতে হলে এ প্রক্রিয়া আবশ্যক।

৪। নির্দ্রিষ্ট আকার-আয়তন রক্ষা (Preserve certain size and area) : এ বিভাজনের ফলেই কোষের স্বাভাবিক আকার, আকৃতি, আয়তন ইত্যাদি গুণাগুণ জীবের মধ্যে বজায় থাকে।

৫। ক্রোমোজোমের সমতা রক্ষা (Chromosomes balance) : এ ধরনের বিভাজনের ফলে দেহের সব কোষে সমসংখ্যক ও সমগুণ সম্পন্ন ক্রোমোজোমের সমতা রক্ষিত হয়।

৬। ক্ষতস্থান পূরণ (Wound healing) : জীবদেহের যে কোন ক্ষতস্থান নিরাময় এ প্রক্রিয়ায় দ্রুত পূরণ হয়।

৭। অঙ্গজ জনন (Vegetative reproduction) : কাটিং, লেয়ারিং ও গ্রাফটিং নামক অঙ্গজ জননে মূলোৎপাদন ও টিস্যু সংযোজন মাইটোসিসের ফল।

৮। পুনরুৎপাদন (Reproduction) : জীবদেহে কোনো কোনো কোষের আয়ুষ্কাল সীমিত। এসব কোষ বিনষ্ট হলে তা মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় মাধ্যমে পূরণ হয়।

৯। নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমের ভারসাম্য রক্ষা (Maintaining the balance of nucleus and cytoplasm) : নিউক্লিয়াসের সংখ্যাবৃদ্ধি না হয়ে যদি শুধু সাইটোপ্লাজমের আয়তন বৃদ্ধি পেত তাহলে ঐ নির্দ্রিষ্ট পরিমাণ নিউক্লিয়াস সাইটোপ্লাজমকে নিয়ন্ত্রণ করতে পারতো না। মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজনের ফলে নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমের ভারসাম্য সংরক্ষিত হয়।

১০। গুণগত বৈশিষ্ট্যের স্থিতিশীলতা রক্ষা (Protect the stability of the qualitative features) : এ প্রকার বিভাজনের ফলে জীবজগতের গুণগত বৈশিষ্ট্যের স্থিতিশীলতা বজায় থাকে।

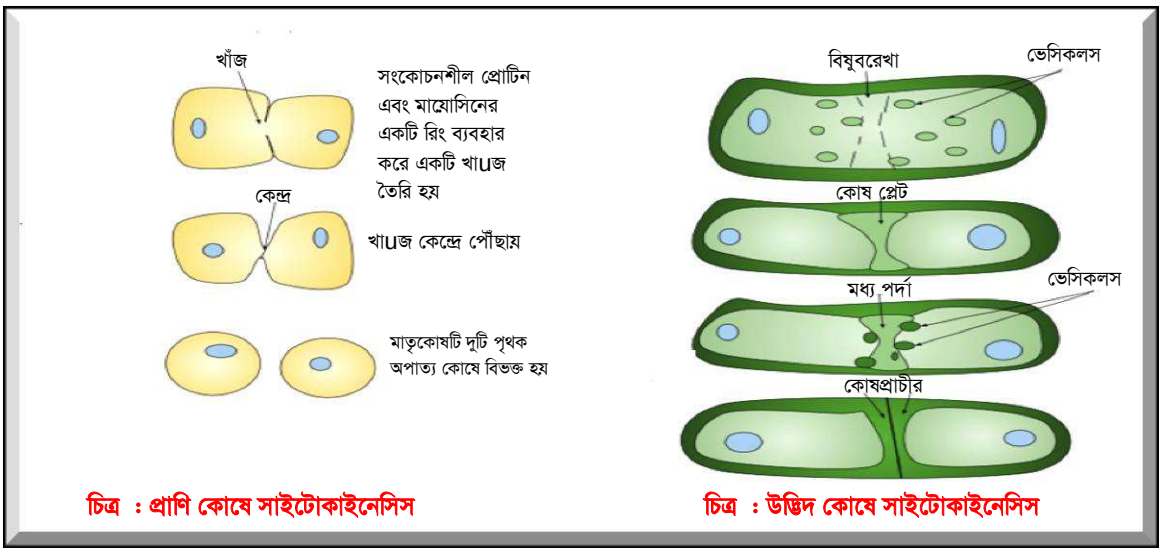
উদ্ভিদকোষে ও প্রাণিকোষে মাইটোসিসের মধ্যে পার্থক্য (Differences between mitosis in plant cells and in animal cells) :

পার্থক্যের বিষয়	প্রাণিকোষে মাইটোসিস	উদ্ভিদকোষে মাইটোসিস
১। স্পিন্ডলতন্তু	প্রাণিকোষের মাইটোসিসে স্পিন্ডলতন্তু তৈরিতে সেন্ট্রোজোমের ভূমিকা খুবই গুরুত্বপূর্ণ।	উদ্ভিদকোষে সেন্ট্রোজোম থাকে না (ব্যাতিক্রম ছত্রাক), মাইটোসিসে এর কোনো ভূমিকা নেই।
২। সেন্ট্রিওল	প্রোফেজ দশায় সেন্ট্রিওল পৃথক হয়ে দুপ্রান্তে সরে যায়।	এরূপ কোনো ঘটনা ঘটে না।
৩। ক্রোমোজোমের বিন্যাস	মেটাফেজ দশায় খর্বাকার ক্রোমোজোমগুলো কেন্দ্রের দিকে এবং দীর্ঘাকারগুলো কেন্দ্রে বিন্যস্ত।	এরূপ সজ্জাবিন্যাস পরিলক্ষিত হয় না।
৪। সাইটোকাইনেসিসের ধরন	ক্লিভেজ প্রক্রিয়ায় সাইটোকাইনেসিস সংঘটিত হয়।	কোষপাত পদ্ধতিতে সাইটোকাইনেসিস সংঘটিত হয়।
৫। মিডবডি	সাইটোকাইনেসিসের সময় মিডবডি গঠিত হতে পারে।	মিডবডি অনুপস্থিত।

শিক্ষার্থীর কাজ : ১। মাইটোসিস কোষ বিভাজনের প্রফেজ, মেটাফেজ ও অ্যানাফেজ ধাপের তিনটি বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করে আর্ট পেপারে উপস্থাপন কর। একই সাথে ইন্টারনেট থেকে উক্ত ধাপসমুহের কিছু রঙ্গিন ছবি ডাউনলোড করে প্রিন্ট কর ও উপস্থাপন কর।

সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis) : যে প্রক্রিয়ায় ক্যারিওকাইনেসিসের ফলে উৎপন্ন দুটি নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী স্থানে সাইটোপ্লাজম বিভাজিত হয়ে দুটি অপাত্য কোষের সৃষ্টি হয়, তাকে সাইটোকাইনেসিস বলে। সাইটোপ্লাজমের বিভাজন বুঝতে চার্লস ওটিস হুইটম্যান (Charles Otis Whitman) ১৮৮৭ সালে প্রথম এ শব্দটি ব্যবহার করেন। টেলোফেজ দশার শেষের দিকে সাইটোকাইনেসিস শুরু হয়, কিন্তু টেলোফেজ ও সাইটোকাইনেসিসের সমাপ্তি একই সঙ্গে ঘটে। উদ্ভিদকোষে ও প্রাণিকোষে সাইটোকাইনেসিস ভিন্নভাবে সম্পন্ন হয়।

উদ্ভিদকোষে সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis in plant cells) : উদ্ভিদকোষের ক্ষেত্রে অপাত্য নিউক্লিয়াস গঠিত হওয়ার পর স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চল ক্রমশ প্রশস্থ হয়ে কোষপ্রাচীরকে স্পর্শ করে, এই বিষুবীয় অঞ্চলেই এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলামের ক্ষুদ্রাংশ ফ্র্যাগমোপ্লাস্ট বা ফ্রাগমোজোম (fragmoplast or fragmosome) এবং ক্ষুদ্র ভেসিকল দানা সঞ্চিত হয়ে প্লাজমোলেমা বা ঝিল্লি কোষ সৃষ্টি করে, এরা কোষপ্লেট সৃষ্টিতে সাহায্য করে। কোষপ্লেটের ওপর হেমিসেলুলোজ, সেলুলোজ, পেকটিন ইত্যাদি পদার্থ জমা হয় এবং নানাবিধ ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্য দিয়ে কোষপ্লেট কোষপ্রাচীরে পরিণত হয়। কোষ প্রাচীর গঠনের পর মাতৃকোষটি দুটি অপাত্য কোষের সৃষ্টি করে।



চিত্র : প্রাণি কোষে সাইটোকাইনেসিস

চিত্র : উদ্ভিদ কোষে সাইটোকাইনেসিস

প্রাণিকোষে সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis in animal cells) : প্রাণি কোষে খাuজ সৃষ্টি বা furrowing পদ্ধতিতে সাইটোকাইনেসিস সম্পন্ন হয়। কোষের প্লাজমা মেমব্রেনের বিষুবীয় তল বরাবর উভয়দিক হতে ভেতরের দিকে প্রবেশ করে একটি খাuজের সৃষ্টি করে। খাuজ দুটি ক্রমশ পরস্পরের দিকে অগ্রসর হয় এবং এক সময় মিলে যায়। ফলে সাইটোপ্লাজম দুভাগে বিভক্ত হয়ে দুটি অপাত্য কোষ সৃষ্টি করে।

সাইটোকাইনেসিস না হয়ে ক্যারিওকাইনেসিস চলতে থাকলে একই কোষে বহু নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয়। একে মুক্ত নিউক্লিয়ার বিভাজন (free nuclear division) বলে। ডাবের পানি মুক্ত নিউক্লিয়ার বিভাজনের ফল। কোনো কোনো শৈবাল, ছত্রাক ও প্রাণিকোষে ক্যারিওকাইনেসিস ঘটে কিন্তু সাইটোকাইনেসিস ঘটে না এর ফলে একটি কোষে বহু নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয়। এ ধরনের উদ্ভিদকোষকে সিনোসাইটিক (coenocytic) ও প্রাণিকোষকে প্লাজমোডিয়াম (plasmodium) বলে।

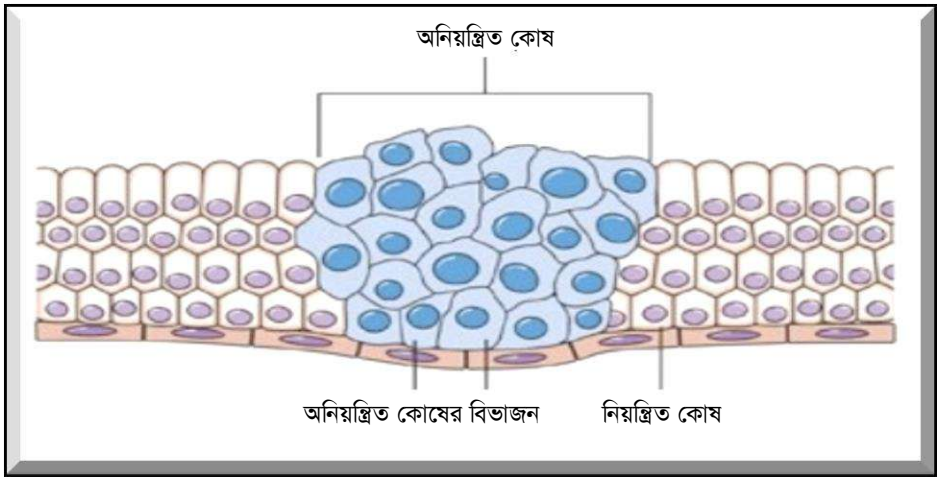
ক্যারিওকাইনেসিস ও সাইটোকাইনেসিসের মধ্যে পার্থক্য (Difference between karyokinesis and cytokinesis) :

পার্থক্যের বিষয়	ক্যারিওকাইনেসিস (Karyokinesis)	সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis)
১। সংজ্ঞা	যে পদ্ধতিতে কোষের নিউক্লিয়াসের বিভাজন ঘটে তাকে ক্যারিওকাইনেসিস বলে।	যে পদ্ধতিতে কোষের সাইটোপ্লাজমের বিভাজন ঘটে তাকে সাইটোকাইনেসিস বলে।
২। পদ্ধতি	জঠিল পদ্ধতি এবং দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন।	অপেক্ষাকৃত সরল পদ্ধতি এবং অপেক্ষাকৃত কম সময়ের প্রয়োজন।
৩। নিউক্লিয়াসের সংখ্যা	এক্ষেত্রে নিউক্লিয়াসের সংখ্যা বৃদ্ধি ঘটে।	এক্ষেত্রে কোষের সংখ্যা বৃদ্ধি ঘটে।
৪। অপাত্য নিউক্লিয়াস সৃষ্টি	নিউক্লিয়াস বিভাজিত হয়ে দুটি অপাত্য নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়।	সাইটোপ্লাজম সমান দুটি ভাগে বিভক্ত হয়।
৫। পর্যায়/দশা	সমগ্র প্রক্রিয়াটি চারটি দশা, যথা- প্রফেজ, মেটাফেজ, অ্যানাফেজ ও টেলোফেজে বিভক্ত।	এর কোনো দশা নেই।
৬। সংঘটনের সময়	ক্যারিওকাইনেসিস সাইটোকাইনেসিসের আগে ঘটে।	সাইটোকাইনেসিস ক্যারিওকাইনেসিসের পরে ঘটে।

অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস (Unregulated Mitosis) : কোষের অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক বিভিন্ন ফ্যাক্টর দ্বারা মাইটোসিস নিয়ন্ত্রিত হয়। মাইটোসিস কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় একটি থেকে দুটি, দুটি থেকে চারটি এভাবে কোষের সংখ্যা বাড়তে থাকে, ফলে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়াটি নিয়ন্ত্রিত থাকে। কিন্তু কোনো কারণে কোষচক্রের চেকপয়েন্টগুলি বিঘ্নিত হলে কোষ বিভাজন অনিয়ন্ত্রিত হয়ে পড়ে এবং অস্বাভাবিকভাবে কোষ বিভাজন চলতে থাকে ফলে টিউমার সৃষ্টি হয়। টিউমার কোষগুলো যদি প্রাণিদেহে রক্তবাহের মাধ্যমে দেহের অন্যান্য অংশে ছড়িয়ে পড়ে এবং নতুন টিউমারের সৃষ্টি করে তখন তাকে ম্যালিগন্যান্ট (malignant) বা ক্যান্সারধর্মী টিউমার বলা হয়। ম্যালিগন্যান্ট কোষগুলোর মেটাস্টাটিক (metastatic) ধর্মের জন্য তাদের বৃদ্ধি অনয়ন্ত্রিত হয়ে পড়ে। অপরদিকে যে সকল টিউমারের বৃদ্ধি সীমাবদ্ধ থাকে, অর্থাৎ মেটাস্টাসিস করে না, তাকে বিনাইন (benign) টিউমার বলে।

বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় অবস্থায় বিভিন্ন প্রভাবকের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতির কারণে কোষের অনিয়ন্ত্রিত বৃদ্ধি ঘটে। কোষচক্র নিয়ন্ত্রণকারী অণুর প্রাচুর্য ও সক্রিয়তার হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে কোষচক্রের ধারাবাহিক ঘটনাবলী অব্যাহত থাকে। প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণকারী অণু হচ্ছে দু'ধরনের প্রোটিন : প্রোটিন কাইনেজ ও সাইক্লিন। কোষচক্র পরিচালনাকারী অনেক কাইনেজের পরিমাণ বৃদ্ধিশীল কোষে সব সময় এক থাকে, বেশির ভাগ সময় এগুলো নিষ্ক্রিয় আকারে উপস্থিত থাকে। সক্রিয় হওয়ার জন্য এধরনের কাইনেজকে একটি সাইক্লিনের সাথে যুক্ত হতে হয়। এটি সাইক্লিন-নির্ভর কাইনেজ (Cyclin-dependent kinase) বা সংক্ষেপে Cdk নামে পরিচিত। কিছু কোষ Cdk-এর সংকেত এড়িয়ে গেলে কোষচক্রের শৃঙ্খলা নষ্ট হয়ে যায়, কোষচক্রের বিভিন্ন ধাপে ধারাবাহিকতা ব্যাহত হয় এবং অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিসের উদ্ভব ঘটে।

বিভিন্ন প্রকার প্যাপিলোমা ভাইরাস ক্যান্সার রোগ সৃষ্টিতে সহায়তা করে। এই ভাইরাসের B_6 এবং B_7 নামের দুটি জিন এমন কিছু রাসায়নিক পদার্থ সৃষ্টি করে যা কোষ বিভাজন নিয়ন্ত্রক দুটি প্রোটিন অণু স্থানচ্যুত করে ফলে কোষ বিভাজন নষ্ট হয়ে টিউমার সৃষ্টি করে পরে ক্যান্সার হতে পারে। ক্যান্সার একটি মারাত্মক রোগ। রক্তের শ্বেতকণিকা দেহে প্রতিরক্ষার কাজ করে। শ্বেত রক্তকণিকা ফ্যাগোসাইটোসিস প্রক্রিয়ায় রক্তে প্রবেশ করা জীবাণু ধ্বংস করে এবং নিজেও ধ্বংস হয়। সেজন্য প্রতিদিন শ্বেত রক্তকণিকা সৃষ্টির প্রয়োজন হয়। এটা স্বাভাবিক ঘটনা। কিন্তু যদি শ্বেত রক্তকণিকার বিভাজনে নিয়ন্ত্রণ না থাকে তবে নিয়ন্ত্রণহীন অবস্থায় প্রতিদিন রক্তে কয়েকগুণ বেশি শ্বেত রক্তকণিকা জমা হয়। ফলে রক্ত বিষাক্ত হয়ে পড়ে। একে আমরা ব্লাড ক্যান্সার বলি। ব্লাড ক্যান্সার খুবই মারাত্মক একটি রোগ।



চিত্র : অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস কোষ বিভাজন

কোষের মৃত্যু (Cell death) : একটি কোষ যত বেশি বাuচবে ততই তা ক্ষতিগ্রস্ত হওয়ার সম্ভবনা থাকে এবং এদের ক্যান্সার হতে পারে। তাই, এসব কোষের মৃত্যু হওয়া প্রয়োজন। এছাড়া যখন কোনো অঙ্গের কিছু কোষের প্রয়োজন শেষ হয় তখনও কোষের মৃত্যু ঘটতে হয়। পরে কোষ বিভাজনের মাধ্যমে তা পূরণ করতে হয়। মানবদেহে প্রতিদিন লক্ষ লক্ষ কোষের (প্রধানত রক্তকোষ ও অন্ত্রের এপিথেলিয়াল কোষ) মৃত্যু ঘটে। দুটি উপায়ে কোষের মৃত্যু ঘটে, যথা- necrosis (পুষ্টির অভাবে বা বিষাক্ত দ্রব্যের প্রভাবে মৃত্যু) এবং apoptosis বা programmed cell death (জিন নিয়ন্ত্রিত মৃত্যু)।

মাইটোটিক ইনডেক্স (Mitotic Index-MI) : কোনো টিস্যুর মোট কোষ সংখ্যা এবং মাইটোসিসরত কোষ সংখ্যার অনুপাত হলো মাইটোটিক ইনডেক্স (MI)।

$$MI = \frac{\text{মাইটোসিসরত কোষ সংখ্যা}}{\text{মোট কোষ সংখ্যা}}$$

চিকিৎসকের জন্য MI প্রয়োজন পড়ে। MI থেকে অনুমান করতে পারেন টিউমার কত তাড়াতাড়ি বৃদ্ধি পাবে এবং এর জন্য কী ধরনের চিকিৎসা প্রয়োজন।

মিয়োসিস বা হ্রাসমূলক বিভাজন (Meiosis or Reduction Division) : যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় একটি মাতৃকোষের নিউক্লিয়াস জটিল পরিবর্তনের মাধ্যমে বিভক্ত হয়ে চারটি অপাত্য কোষের সৃষ্টি করে এবং প্রতিটি অপাত্য কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের অর্ধেক হয়, তাকে মিয়োসিস বা হ্রাসমূলক (meiosis or reduction division) বিভাজন বলা হয়।

গ্রিক Meioum (to lessen বা হ্রাস করা) হতে Meiosis শব্দের উদ্ভব ঘটেছে। সাধারণত জনন মাতৃকোষের বিভাজনকে মিয়োসিস বিভাজন বলা হয় এবং এ বিভাজন প্রক্রিয়া জীবের বংশবৃদ্ধির সাথে জড়িত।

এ প্রক্রিয়ায় অপাত্য কোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের অর্ধেকে পরিনত হয় বলে একে হ্রাসমূলক বিভাজনও (reduction division) বলা হয়। এ বিভাজন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস পর পর দু'বার এবং ক্রোমোজোম মাত্র একবার বিভাজিত হয়ে ডিপ্লয়েড মাতৃকোষের অর্ধেক সংখ্যক (n) ক্রোমোজোমযুক্ত চারটি অপাত্য কোষ সৃষ্টি হয়।

আবিষ্কার ও নামকরণ (Discovery and naming) : জার্মান বিজ্ঞানী Oscar Hertwing ১৮৭৬ সালে সর্বপ্রথম সি অর্চিনের ডিম্বকোষে মিয়োসিস কোষ বিভাজন পর্যবেক্ষণ করেন। ১৮৮৩ সালে বিজ্ঞানী বেনেডিন (E. V. Beneden) এবং হাউসার (Howser) *Ascaris* কৃমির গ্যামেটে হ্যাপ্লয়েড সংখ্যক ক্রোমোজোম আবিষ্কার করেন। ১৮৮৮ সালে বিজ্ঞানী স্ট্রাসবুর্গার (Strasburger) পুষ্পক উদ্ভিদের জনন মাতৃকোষের ক্রোমোজোমে হ্রাসমূলক বিভাজন লক্ষ্য করেন। ১৯০৫ সালে ফার্মার (J. B. Farmer) ও মুর (J. E. Moore) সর্বপ্রথম হ্রাসমূলক বিভাজনকে miosis (মিয়োসিস বা মিওসিস) নামে আখ্যায়িত করেন। প্রথমে এটির বানান ছিল maiosis। যেহেতু শব্দটির গ্রিক মূল হচ্ছে Meioum (to lesen বা হ্রাস করা), সে কারণে পরে বর্তমানের সুপরিচিত বানান meiosis প্রবর্তিত হয়। মিয়োসিস বিভাজন সব সময় ডিপ্লয়েড (2n) ক্রোমোজোম বিশিষ্ট কোষে সংঘটিত হয়।

মিয়োসিস কোষ বিভাজন কোথায় হয় (Where is the meiosis cell division) : মিয়োসিস সর্বদা জনন মাতৃকোষে (meiocyte) সম্পন্ন হয়। কখোনো দৈহিক কোষে হয় না এবং সর্বদাই (2n) সংখ্যক ক্রোমোজোমবিশিষ্ট কোষে হয়। নিম্ন শ্রেণীর জীবে (হ্যাপ্লয়েড) মিয়োসিস হয় নিষেকের পর জাইগোটে, আর উচ্চ শ্রেণীর জীবে (ডিপ্লয়েড) মিয়োসিস হয় নিষেকের পূর্বে জনন মাতৃকোষ হতে গ্যামেট সৃষ্টি কালে।

জীব অনুযায়ী মিয়োসিসের সময়কাল ভিন্ন হয়। যেমন-

- ডিপ্লয়েড জীবে মিয়োসিস ঘটে গ্যামেট গঠনের ঠিক পূর্বে, অর্থাৎ যখন শুক্রাণু মাতৃকোষ থেকে শুক্রাণু উৎপন্ন হয় বা ডিম্বাণু মাতৃকোষ থেকে ডিম্বাণু উৎপন্ন হয়। এই প্রকার মিয়োসিসকে টার্মিনাল মিয়োসিস (terminal meiosis) বলে।
- সপুষ্পক উদ্ভিদের ক্ষেত্রে মিয়োসিস পরাগধানীর মধ্যে মাইক্রোস্পোর (microspore) বা পুংরেণু গঠনের সময় এবং ডিম্বাশয়ের মধ্যে মেগাস্পোর (megaspore) বা স্ত্রীরেণু গঠনের সময় ঘটে। এই প্রকার মিয়োসিসকে স্পোরিক মিয়োসিস (sporic meiosis) বলে।
- কয়েক প্রকার শৈবাল ও ছত্রাকের দেহে মিয়োসিস নিষেকের ফলে সৃষ্ট জাইগোট গঠনের পরে ঘটে। এই প্রকার মিয়োসিসকে জাইগোটিক মিয়োসিস (zygotic meiosis) বলে।

মিয়োসিস কোষ বিভাজন কেন হয় (Why is meiosis cell division) : উচ্চ শ্রেণির জীবে মিয়োসিসের ফলে একটি জনন মাতৃকোষ হতে চারটি জনন কোষের সৃষ্টি হয় এবং প্রত্যেক কোষে মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেক সংখ্যক ক্রোমোজোম থাকে। আমরা জানি, দুটি জনন কোষ (পুংজনন কোষ এবং স্ত্রী জননকোষ) একসাথে মিলিত হয়ে জাইগোট সৃষ্টি করে। জাইগোট পরে বার বার মাইটেটিক বিভাজনের মাধ্যমে একটি ভ্রূণ এবং ভ্রূণের কোষগুলো আরও বিভাজিত হয়ে একটি পূর্ণাঙ্গ জীবের সৃষ্টি করে। কাজেই জনন কোষগুলোতে ক্রোমোজোম সংখ্যা হ্রাস পেয়ে জনন মাতৃকোষের অর্ধেক না হলে তাদের যৌন মিলনের ফলে সৃষ্ট জীবে ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যাবে। হ্যাপ্রয়েড জীবে (যেমন- শৈবাল) দুটি গ্যামেটের যৌন মিলনের ফলে সৃষ্ট জাইগোটেও ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়। যেহেতু ক্রোমোজোমই জীবের সকল বৈশিষ্ট্য বহন করে, সেহেতু ক্রোমোজোমের সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে গেলে সন্তান-সন্ততি আর পিতা-মাতার গুণসম্পন্ন হবে না এবং প্রত্যেকটি প্রজাতিতে একটি আমুল পরিবর্তন ঘটে যাবে। পরিণামে জীবজগৎ ধ্বংস হয়ে যাবে। ডিপ্লয়েড জীবে গ্যামেট সৃষ্টিকালে জনন মাতৃকোষে এবং হ্যাপ্লয়েড জীবের জাইগোটে মিয়োসিস হয় বলেই প্রজাতির বৈশিষ্ট্য বংশ পরম্পরায় টিকে থাকে এবং জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষা পায়।

মিয়োসিস কোষ বিভাজনের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of meiosis cell division) : মিয়োসিসের বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপ-

১। ডিপ্লয়েড জীবে মিয়োসিস সাধারণত জনন মাতৃকোষে হয়ে থাকে।

২। এ ধরনের কোষ বিভাজনে নিউক্লিয়াস দু'বার বিভক্ত হয় কিন্তু ক্রোমোজোম মাত্র একবার বিভক্ত হয়। ফলে নতুন সৃষ্ট কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের অর্ধেক হয়।

৩। মিয়োসিস কোষ বিভাজন মিয়োসিস-১ ও মিয়োসিস-২ এই দুটি প্রধান পর্যায়ে সম্পন্ন হয়।

৪। প্রফেজ-১ দীর্ঘস্থায়ী বিধায় একে ৫টি উপ-পর্যায়ে বিভক্ত করা চলে।

৫। হোমোলোগাস ক্রোমোজোম জোড়া বেঁধে বাইভেলেন্ট সৃষ্টি করে।

৬। কায়াজমা সৃষ্টি ও ক্রসিংওভার হয় বলে হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের মধ্যে জিন বিনিময় ঘটে।

৭। একটি মাতৃকোষ হতে চারটি হ্যাপ্লয়েড অপাত্য কোষের সৃষ্টি হয়।

৮। ক্রোমোজোমের স্বতন্ত্র বিন্যাস ঘটে।

৯। যৌন জননকারী জীবে মিয়োসিস-১ ও মিয়োসিস-২ এর মাঝে ইন্টারকাইনেসিস ঘটে।

১০। ক্রসিংওভার ও ক্রোমোজোমের স্বতন্ত্র বিন্যাস ঘটে বলে এ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন কোষগুলো কখনো মাতৃকোষের সমগুণ সম্পন্ন হয় না।

১১। মিয়োসিসের ফলে প্রজাতির ক্রোমোজোম সংখ্যা বংশ পরম্পরায় নির্দ্রিষ্ট ও ধ্রুবক থাকে।

মিয়োসিস প্রক্রিয়া (Process of Meiosis) : মিয়োসিস একটি দীর্ঘ ও জঠিল প্রক্রিয়া। এই বিভাজনের সময় একটি কোষ পর পর দু'বার বিভাজিত হয়। পদ্ধতিগত দিক থেকে সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটিকে ২টি প্রধান ধাপে ভাগ করা হয়। প্রথম ধাপকে মিয়োসিস-১ এবং দ্বিতীয় ধাপকে মিয়োসিস-২ বলে। এখানে মিয়োসিস-১ ধাপটি অত্যান্ত গুরত্বপূর্ণ এবং জঠিল। এ ধাপের মাধ্যমে মাতৃকোষের (2n) অর্ধেক সংখ্যেক ক্রোমোজোম সমন্বিত দুটি অপাত্য কোষের (n) সৃষ্টি হয়। আবার মিয়োসিস-২ ধাপটি মাইটোসিসের অনুরূপ। কারণ এক্ষেত্রে প্রতিটি কোষ হতে সমান সংখ্যক ক্রোমোজোম সমন্বিত ২টি করে অপাত্য কোষ সৃষ্টি হয়। মিয়োসিস কোষ বিভাজন সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

মিয়োসিস-১ (Meiosis-1) : মিয়োসিস কোষ বিভাজনে মিয়োসিস-১ই সবচেয়ে তাৎপর্যপূর্ণ। কারণ এ পর্যায়েই ক্রোমোজোম সংখ্যা অর্ধেকে হ্রাস পায় এবং সমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে অংশের পারস্পারিক বিনিময় (ক্রসিং ওভার) ঘটে। মিয়েসিস-১ কে চারটি পর্যায়ে ভাগ করা হয়, যথা- প্রোফেজ-১, মেটাফেজ-১, অ্যানাফেজ-১ ও টেলোফেজ-১। পর্যায়গুলো নিচে পর্যায়ক্রমে আলোচিত হলো-

প্রোফেজ-১ (Prophase-1) : মিয়োসিস-১ এর প্রথম পর্যায় হলো প্রফেজ-১। প্রোফেজ শুরু হওয়ার আগেই DNA প্রতিলিপিত হয়, তবে তা দৃষ্টিগোচর হয় না। এই দশাটি সর্বাপেক্ষা দীর্ঘস্থায়ী এবং সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ। আলোচনার সুবিধার্থে এ দশাটিকে ৫টি উপদশায় ভাগ করা হয়। এগুলো যথাক্রমে- লেপ্টোটিন, জাইগোটিন, প্যাকাইটিন, ডিপ্লোটিন এবং ডায়াকাইনেসিস।

(ক) লেপ্টোটিন (Leptotene) : Leptoene, গ্রিক শব্দ Leptos = সূক্ষ্ম, tene = সুতা। মিয়োসিস-১ বিভাজনের প্রফেজ-১ এর যে উপদশায় ক্রোমোজোমগুলি সূক্ষ্ম সুতার মতো অবস্থান করে, অধিকাংশ ক্ষেত্রে রৈখিক দৈর্ঘ্য বরাবর ক্রোমোমিয়ার দৃশ্যমান হয়, তাকে লেপ্টোটিন বলে। এই উপপর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

১। নিউক্লিয়াসের জলীয় অংশ হ্রাস পায় এবং নিউক্লিয়ার রেটিকুলাম খুলে নির্দ্রিষ্ট সংখ্যক ক্রোমোজোম সৃষ্টি করে।

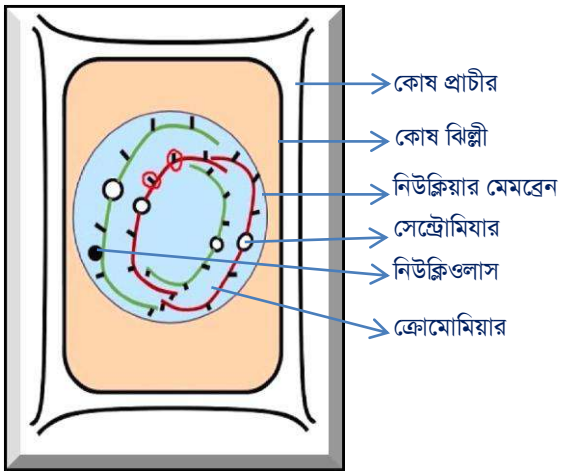
২। ক্রোমোজোমগুলো প্রথমে সরু ও কুন্ডলিহীন থাকলেও শেষ পর্যায়ে কুন্ডলী পাকাতে শুরু করে, ফলে খাটো ও মোটা দেখায়। এ পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলো অবিভক্ত তথা এক ক্রোমাটিড বিশিষ্ট থাকে।

৩। প্রতিটি ক্রোমোজোমের দৈর্ঘ্য বরাবর সারিবদ্ধভাবে সজ্জিত দানাদার ক্রোমোমিয়ার দেখা যায়।

৪। নিউক্লিয়াস বড়, নিউক্লিওপর্দা ও নিউক্লিওলাস সুস্পষ্ট দেখায়।

৫। সেন্ট্রোমিয়ারগুলো নিউক্লিও পর্দার কাছে একই স্থানে জমা হয়, ফলে ফুলের তোড়ার মত দেখায়, যাকে বুকেট (bouquet) বলে। এ ধরনের ক্রোমোজোমকে পোলারাইজড ক্রোমোজোম বলে।

৬। কোনো কোনো সময় উদ্ভিদকোষে লেপ্টোটিন ক্রোমোজোমগুলো একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে মিলিত হয়ে আবার ছড়িয়ে পড়ে, একে সাইনেজেটিক নট (synezetic knot) বলে।



চিত্র : লেপ্টোটিন

(খ) জাইগোটিন (Zygotene) : Zygotene, গ্রিকশব্দ Zygos = জোড়া, tene = সুতা। মিয়োসিস-১ বিভাজনের প্রফেজ-১ এর যে উপদশায় হোমোলোগাস ক্রোমোজোমগুলি বাইভ্যালেন্ট গঠন করে, তথা সিন্যাপসিস ঘটে থাকে তাকে জাইগোটিন বলে। এই উপপর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

১। সমদৈর্ঘ্য ও সমগুণসম্পন্ন তথা সমসংস্থ (homologous) ক্রোমোজোমগুলোর মধ্যে আকর্ষণ ঘটে। ফলে সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলো দৈর্ঘ্য বরাবর সমান্তরালে জোড় বাধে, জোড় বাধার এ পদ্ধতিকে সিন্যাপসিস (synapsis) বলে।

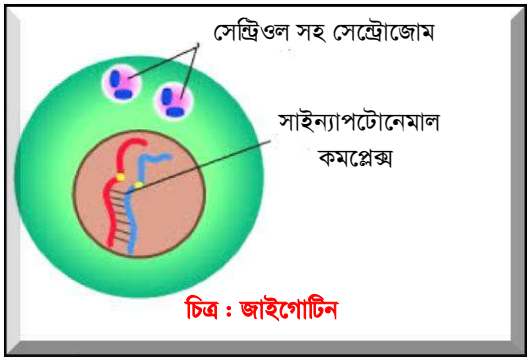
২। জোড়বদ্ধ দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোম একত্রে বাইভ্যালেন্ট (bivalent) নামে পরিচিত।

৩। জোড়া সৃষ্টি কার্য ক্রোমোজোম দ্বয়ের একপ্রান্ত হতে আরাম্ভ হয়ে অন্যপ্রান্তে শেষ হতে পারে, অথবা সেন্ট্রোমিয়ার দ্বয়ের মধ্য থেকে আরাম্ভ হয়ে দু'দিকে ক্রমান্বয়ে বিস্তার লাভ করতে পারে। অথবা স্থানে স্থানে আরাম্ভ হতে পারে।

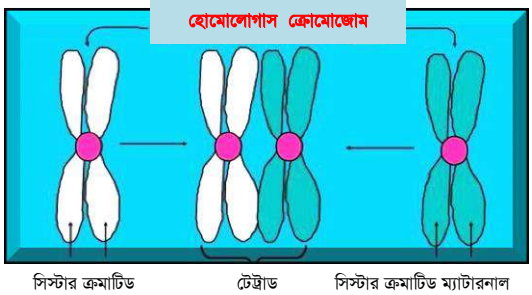
৩। বাইভ্যালেন্ট কুন্ডলী সৃষ্টির কারণে আপাত দৃষ্টিতে একটি খাটো ও মোট ক্রোমোজোম মনে হয়।

৪। যতগুলো ক্রোমোজোম থাকবে তার অর্ধেক সংখ্যক বাইভ্যালেন্ট গঠিত হয়।

৫। এই উপপর্যায়ে নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ার মেমব্রেন সুস্পষ্ট থাকে।



চিত্র : জাইগোটিন



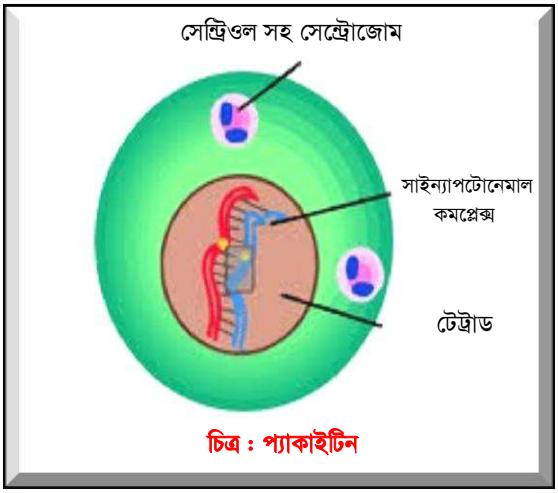
(গ) প্যাকাইটিন (Pachytene) : Pachytene, গ্রিকশব্দ Pachys = মোটা, tene = সুতা। মিয়োসিস-১ বিভাজনের প্রফেজ-১ এর যে উপদশায় বাইভ্যালেন্টের চারটি ক্রোমাটিড যুক্ত টেট্রাড অবস্থা দেখা যায় এবং নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে, তাকে প্যাকাইটিন বলে। এ উপপর্যায়টি সর্বেপেক্ষা দীর্ঘস্থায়ী। এই উপপর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

১। বাইভ্যালেন্টের প্রতিটি ক্রোমোজোম সেন্ট্রোমিয়ার অংশ ব্যতীত দৈর্ঘ্য বরাবর বিভক্ত হয়। এর ফলে প্রতিটি বাইভ্যালেন্ট থেকে চারটি ক্রোমাটিডের সৃষ্টি হয়। এ চারটি ক্রোমাটিড একত্রে টেট্রাড (tetrad) নামে পরিচিত।

২। একই ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিড দুটিকে সিস্টার ক্রোমাটিড (sister chromatid) বলে। অন্যদিকে, একই জোড়ার দুটি ভিন্ন ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডকে নন-সিস্টার ক্রোমাটিড (non-sister chromatid) বলে।

৩। এন্ডোনিউক্লিয়েজ এর কারণে নন-সিস্টার ক্রোমাটিড দুটি এক বা একাধিক স্থানে এবং একই তলে আড়াআড়িভাবে ভেঙ্গে যায়। অতপর লাইগেজ এনজাইম এর সাহায্যে ভাঙ্গা প্রান্তগুলি পরস্পর নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের সাথে জোড় বাঁধে। ক্রোমোজোম অংশের এ বিনিময়কে ক্রসিং ওভার (crossing over) বলে অভিহিত করা হয়।

৪। বাইভ্যালেন্টের যে স্থানে ক্রসিং ওভার ঘটেছিল, পৃথকরত ক্রোমোজোমগুলো সেখানে একত্রে সংযুক্ত থাকে। এসব x (ক্রস) আকৃতির সংযুক্ত স্থানকে কায়াজমা বলে।



চিত্র : প্যাকাইটিন

(ঘ) ডিপ্লোটিন (Diplotene) : Diplotene, গ্রিকশব্দ diplos = double বা দ্বিগুণ, tene = সুতা। মিয়োসিস-১ বিভাজনের প্রফেজ-১ এর যে উপদশায় কায়াজমার প্রন্তীয়করণ ঘটে, সেন্ট্রোমিয়ারের বিকর্ষণ ঘটে এবং লুপ সৃষ্টি হয় তাকে ডিপ্লোটিন বলে। এই উপপর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

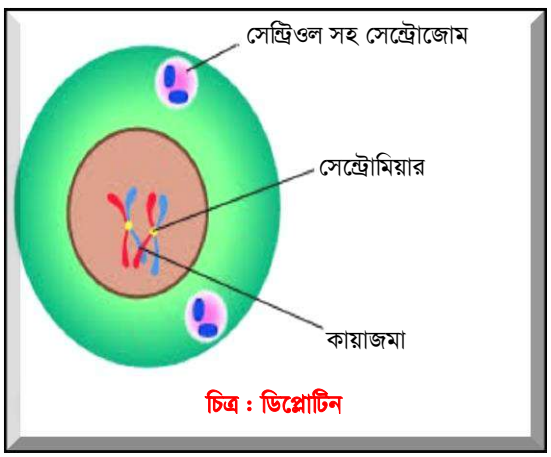
১। এ উপদশায় ক্রোমোজোমগুলো ক্রমাগত সংকোচনের ফলে আরও খাটো ও মোটা হয়।

২। এ উপদশার শুরুতে হোমোলোগাস ক্রোমোজোমগুলোর সেন্ট্রোমিয়ার দুটির মধ্যে বিকর্ষণের ফলে বাইভ্যালেন্টের মাঝে এক বা একাধিক স্থানে ফাঁস (loop) সৃষ্টি হয়।

৩। এ উপদশায় যখন দুটি সেন্ট্রোমিয়ারের মধ্যে বিকর্ষণ শুরু হয় তখনই কায়াজমা স্পষ্ট হয়ে উঠে। তবে ক্রোমোজোমের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে এ সংখ্যা কম বা বেশী হয় আবার অনুপস্থিত থাকতে পারে।

৪। সমসংস্থ ক্রোমোজোম দুটির ক্রমবর্ধমান বিকর্ষণের ফলে কায়াজমা অংশ ক্রমশ ক্রোমোজোমের ভেতর থেকে প্রান্তের দিকে সরে যেতে থাকে, কায়াজমার এমন স্থানান্তর প্রান্তীয়গমন (terminalisation) নামে পরিচিত।

৫। দুই বা ততোধিক বাহু পরস্পর আবর্তনের ফলে পাশাপাশি লুপ ৯০ ডিগ্রী কোণে থাকে। একটি মাত্র কায়াজমা থাকলে এটি ১৮০ ডিগ্রী কোণে থাকে।



চিত্র : ডিপ্লোটিন

(ঙ) ডায়াকাইনেসিস (Diakinesis) : Diakinesis, গ্রিকশব্দ dia = অপরপাশে, kinesis = সমাবেশ। মিয়োসিস-১ বিভাজনের প্রফেজ-১ এর যে উপদশায় প্রান্তীয়করণ সম্পন্ন হয় এবং কায়াজমার সংখ্যা হ্রাস পায়, তাকে ডায়াকাইনেসিস বলে। ডিপ্লোটিন থেকে ডায়াকাইনেসিস আলদা করা যায় না তবুও এই উপপর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

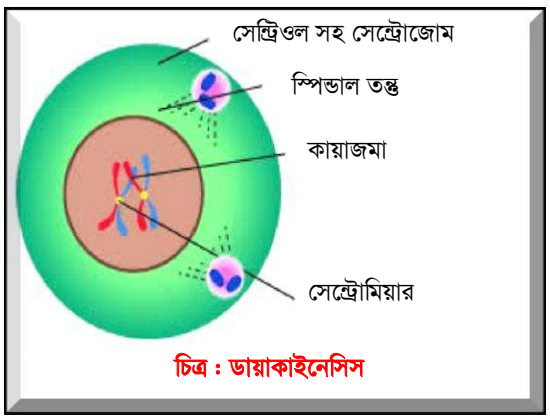
১। এ উপদশায় প্রান্তীয় গমন সম্পূর্ণ হয় এবং কায়াজমার সংখ্যা হ্রাস পায়।

১। এ উপদশায় নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিওপর্দা বিলুপ্ত হয়।

২। ক্রোমোজোমগুলোর গায়ে ম্যাট্রিক্স জমা হওয়ায় আরো বেশী খাটো ও মোটা দেখায়।

৩। সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলো প্রান্তে কায়াজমা দিয়ে পরস্পরের সাথে আটকানো থাকে।

৪। বাইভ্যালেন্টগুলো নিউক্লিয়াসের মধ্যে পরিধি বরাবর বিন্যস্ত হয়।



চিত্র : ডায়াকাইনেসিস

২। মেটাফেজ-১ (Metaphase-1) : এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

i. এসময় ক্রোমোজোমগুলো স্পিন্ডল যন্ত্রের মধ্যবর্তী স্থানে তথা নিরক্ষীয় অঞ্চলে হাজির হয়।

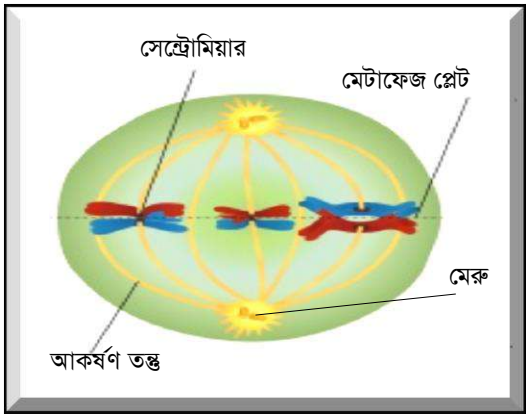
ii. ক্রোমাটিডগুলো কায়াজমা প্রান্তে যুক্ত থাকে এবং আরও খাটো ও মোটা দেখায়।

iii. বাইভ্যালেন্টের সেন্ট্রোমিয়ার দুটি দুই বিপরীত মেরুর স্পিন্ডলের ট্রাকশন তন্তুর সাথে সংযুক্ত হয়।

iv. বাইভ্যালেন্টের দুটি সেন্ট্রোমিয়ারের একটি এক মেরুর দিকে এবং অন্যটি অপর মেরুর দিকে অবস্থান করে।

v. ক্রোমোজোমের মধ্যে ফাঁস বা লুপ সৃষ্টি হয়।

vi. বাইভেলেন্টের ক্রোমোজোমদ্বয় ট্রাকশন ফাইবারের টানে পৃথক হতে থাকলে এ পর্যায়ের সমাপ্তি ঘটে।



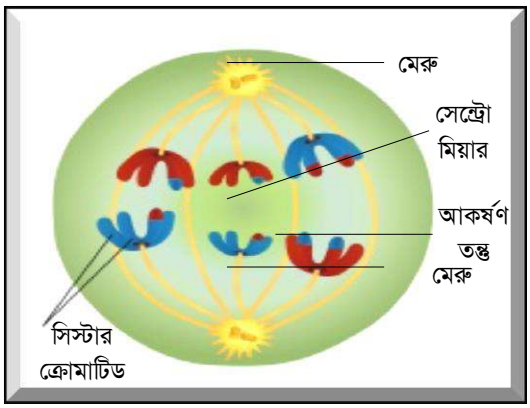
চিত্র : মেটাফেজ-১

৩। অ্যানাফেজ-১ (Anaphase-1) : এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

i. সমসংস্থ ক্রোমোজোম দুটি আলাদা হয়ে পরস্পর বিপরীত মেরুর দিকে চালিত হয়। এর ফলে দু'দিকে সমসংখ্যক দু'সেট ক্রোমোজোম যেতে থাকে।

ii. প্রতিটি ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার মেরুর দিকে অগ্রগামী আর ক্রোমাটিডগুলো পশ্চাতবর্তী থাকে। ফলে ক্রোমোজোমের গঠনগত কারণে V, L, J, I প্রভৃতি আকৃতির দেখায়।

iii. প্রতিটি ক্রোমোজোমে দুটি করে ক্রোমাটিড থাকে। প্রত্যেক মেরুমুখী ক্রোমোজোমের সংখ্যা মাতৃকোষের অর্ধেক হয়। অর্থাৎ 2n এর স্থলে n সংখ্যেক হয়।



চিত্র : অ্যানাফেজ-১

৪। টেলোফেজ-১ (Telophase-1) : এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

i. এটি মিয়োসিস-১ এর শেষ ধাপ।

ii. দুসেট ক্রোমোজোম দুই মেরুতে পৌঁছায়।

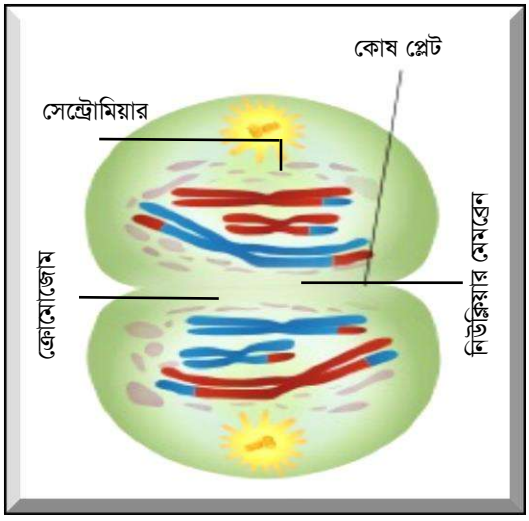
iii. প্রতি সেট ক্রোমোজোমকে ঘিরে নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ার পর্দার আবির্ভাব ঘটে। তবে কোনো কোনো ক্ষেত্রে নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ারপর্দার সৃষ্টি হয় না।

iv. স্পিন্ডল যন্ত্র বিলুপ্ত হতে থাকে।

v. ক্রোমোজোমগুলো সরু ও লম্বা হয়ে অদৃশ্য হয়ে যায়।

vi. টেলোফেজের শেষ দিকে প্রজাতিভেদে মাইটোসিস প্রক্রিয়ার মতো সাইটোকাইনেসিস ঘটে অথবা ঘটে না।

vii. কোষে সাইটোকাইনেসিস ঘটুক কিংবা না ঘটুক, অল্প সময়ের মধ্যে এগুলো মিয়োসিস-২ বিভাজনে অংশগ্রহণ করে।



চিত্র : টেলোফেজ-১

ইন্টারকাইনেসিস (Interkinesis) : মিয়োসিস-১ এর প্রক্রিয়া শেষে যে ।দুটি নিউক্লিয়াস বা কোষের সৃষ্টি হয় তা স্বল্প সময়ের মধ্যে মিয়োসিস-২ অধ্যায় সূচনা করার জন্য মধ্যবর্তী সময় অতিক্রম করে। এ সময় কিছু প্রয়োজনীয় RNA ও প্রোটিন সংশ্লেষিত হয়, DNA-র প্রতিরূপ বা অনুলিপন সৃষ্টি হয় না। এ অন্তর্বর্তীকালীন সময়কে ইন্টারকাইনেসিস বলে।

শিক্ষার্থীর কাজ : ১। মিয়োসিস-১ কোষ বিভাজনের প্রতিটি ধাপের তিনটি বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করে পোস্টাল পেপারে উপস্থাপন কর। একই সাথে উক্ত ধাপ সমুহের রঙ্গিন ছবি ইন্টারনেট থেকে ডাউনলোড করে পিন্ট কর ও উপস্থাপন কর।

২। মাইটোসিসের প্রোফেজ দশায় ক্রোমোজোমের অবস্থান এবং অ্যানাফেজ দশার V, L, J, I আকৃতির ক্রোমোজোম রঙ্গিন কলম দিয়ে রং করে আর্ট পেপারে উপস্থাপন কর।

মিয়োসিস-২ (Meiosis-2) : এই প্রক্রিয়াটি মিয়োসিসের দ্বিতীয় বিভাজন যা মাইটোসিসের অনুরূপ। মিয়োসিস-১ বিভাজনে সৃষ্ট দুটি কোষ থেকে এ পর্বে চারটি অপাত্য কোষ সৃষ্টি হয়, যাদের ক্রোমোজোম সংখ্যা উক্ত দুটি মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার সমান থাকে। প্রথম মিয়োসিস বিভাজনের পর হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস দুটি যে পদ্ধতিতে বিভাজিত হয়ে চারটি হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস গঠন করে তাকে মিয়োসিস-২ বিভাজন বলা হয়। মিয়োসিস-২ এর চারটি পর্যায় রয়েছে। পর্যায়গুলো নিচে বর্ণনা করা হলো-

(ক) প্রোফেজ-২ (Prophase-2) : এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

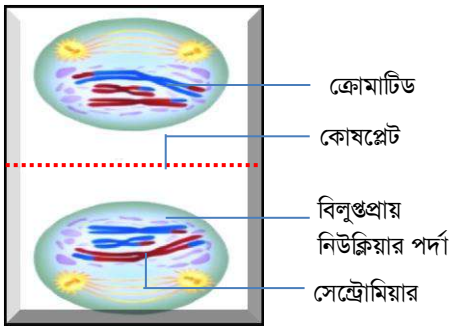
১। এ পর্যায়টি স্বল্পস্থায়ী।

১। এ পর্যায় নিউক্লিয়াস আয়তনে বড় হয়।

২। নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ার মেমব্রেনের বিলুপ্ত ঘটে বা অদৃশ্য হয়ে যায়।

৩। ক্রোমোজোমগুলো পুনরায় কুন্ডলিত হতে শুরু করে ফলে খাটো ও মোটা দেখায়, রঞ্জক ধারনের ক্ষমতা প্রাপ্ত হয় এবং দৃষ্টিগোচর হয়।

৪। ক্রোমাটিডগুলো পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন থাকে তাই বাহুগুলোকে ক্রোমাটিডে বিভক্ত দেখায়।



চিত্র : প্রোফেজ-২

(খ) মেটাফেজ-২ (Metaphase-2) : এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

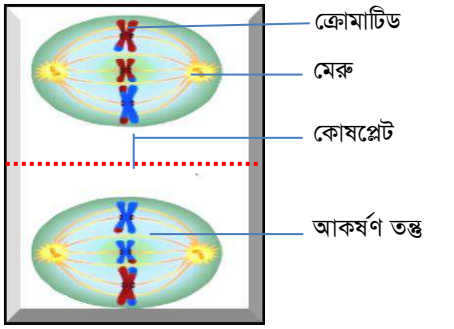
১। প্রথম মিয়োসিস বিভাজনের সমকোণে স্পিন্ডলযন্ত্রের আবির্ভাব ঘটে।

২। ক্রমাগত পানি বিয়োজনের ফলে ক্রোমোজোমগুলো খাটো ও মোটা হয় এবং নিরক্ষীয় তল বরাবর সজ্জিত হয়।

৩। সেন্ট্রোমিয়ার নিরক্ষীয় অঞ্চলে আর ক্রোমাটিডগুলো মেরুপ্রান্তে প্রসারিত হয়।

৪। সেন্ট্রোমিয়ার বিপরিত মেরু থেকে আগত দুটি ট্রাকশন তন্তুর সাথে যুক্ত হয়।

৫। শেষপর্যায়ে সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হওয়ায় দুটি করে অপাত্য ক্রোমোজোম সৃষ্টি হয়।



চিত্র : মেটাফেজ-২

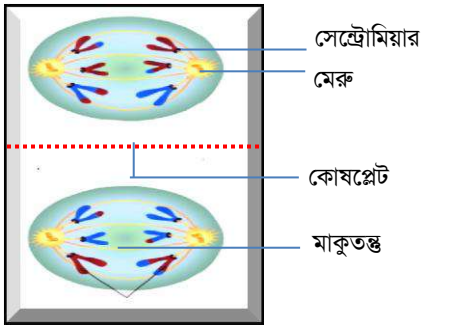
(গ) অ্যানাফেজ-২ (Anaphase-2) : এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

১। প্রতি ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিড দুটি পরস্পর থেকে পৃথক হয়ে বিপরিত মেরুর দিকে চলতে থাকে।

২। দুসেট অপাত্য ক্রোমোজোম ট্রাকশন তন্তুর সংকোচনের কারণে দুমেরুর দিকে অগ্রসর হতে থাকে।

৩। প্রতিটি ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার অগ্রগামী এবং বাহুগুলো পশ্চাৎবর্তী থাকে।

৪। মেরুমুখী চলনকালে সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থান অনুযায়ী ক্রোমাটিডগুলোকে V, L, J, I প্রভৃতি আকৃতির দেখায়।



চিত্র : অ্যানাফেজ-২

(ঘ) টেলোফেজ-২ (Telophase-2) : টেলোফেজ-২ হলো মিয়োসিস-২ প্রক্রিয়ার শেষ পর্যায়। এ পর্যায়ের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ-

১। অপাত্য ক্রোমোজোমগুলো মেরু প্রান্তে পৌঁছানোর সাথে সাথে টেলোফেজ-২ পর্যায়ের শুরু হয়।

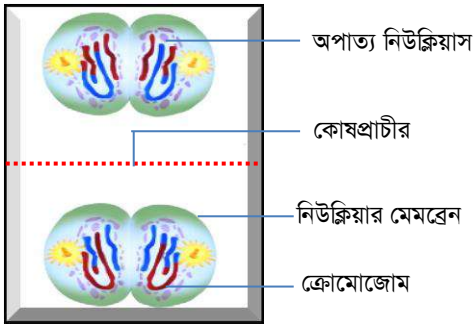
২। প্রতি সেট ক্রোমোজোমকে ঘিরে নতুন নিউক্লিওপর্দা ও স্যাট ক্রোমোজোম থেকে নিউক্লিওলাসের আবির্ভাব ঘটে।

৩। ক্রোমোজোমগুলোর কুন্ডলী খুলতে থাকে এবং ক্রমশ সরু সুতার মতো হয়।

৪। নিউক্লিয়াসে পানিযোজন ঘটে ফলে রঞ্জক ধারণ ক্ষমতা হ্রাস পায়।

৫। সাইটোকাইনেসিস শুরু হয়।

এভাবেই মিয়োসিস বিভাজনের মাধ্যমে একটি ডিপ্লয়েড কোষ থেকে চারটি হ্যাপ্লয়েড কোষ সৃষ্টি হয়।



চিত্র : টেলোফেজ-২

শিক্ষার্থীদের দলগত কাজ : শ্রেণির সকল শিক্ষার্থী দুটি দলে ভাগ হয়ে দলগতভাবে এক দল মাইটোসিসের বিভিন্ন পর্যায় রঙ্গিন ছবির মাধ্যমে তুলে ধরবে এবং অন্যদল মিয়োসিসের গুরুত্ব তুলে ধরে পোস্টার তৈরি করে নিজেদের গুণগতমান মূল্যায়ন করবে।

মিয়োসিস কোষ বিভাজনের গুরুত্ব (Importance of Meiosis Cell Division) : জীবজগতে মিয়োসিসের গুরুত্ব অপরিসীম। কারণ, অধিকাংশ জীবের যৌন জনন প্রক্রিয়া এ পদ্ধতি অনুসরণ করে। এর ফলে ভ্রূণ সৃষ্টির মাধ্যমে নতুন জীব জন্মলাভ করে। কোষের গঠন, গুণাবলী সংরক্ষণ, জীবনপ্রবাহ এবং বিবর্তন ধারা অব্যাহত রাখার ক্ষেত্রে মিয়োসিস কোষ বিভাজনের অসামান্য অবদান রয়েছে। নিচে মিয়োসিস কোষ বিভাজনের গুরুত্ব আলোচনা করা হলো।

১। জননকোষ সৃষ্টি (Creation of reproductive cell) : মিয়োসিসের ফলে জননকোষ (গ্যামেট) উৎপন্ন হয়, তাই যৌন জননক্ষম জীবে মিয়োসিস না ঘটলে বংশবৃদ্ধি অসম্ভব।

২। ক্রোমোজোম সংখ্যা ধ্রুব রাখা (Keep the number of chromosomes constant) : প্রজাতিতে বংশানুক্রমে ক্রোমোজোম সংখ্যা ধ্রুব (constant) রাখা কেবলমাত্র এ প্রক্রিয়ার জন্য সম্ভব হচ্ছে। হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদে জাইগোটে এবং ডিপ্লয়েড উদ্ভিদে জনন মাতৃকোষে মিয়োসিস না ঘটলে পিতা-মাতা হতে সন্তান-সন্ততিতে ক্রমাগতভাবে পুরুষানুক্রমে ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ, চারগুণ, আটগুণ, ষোলগুণ এভাবে বৃদ্ধি পেয়ে জীবজগতে একটি আমুল পরিবর্তন ঘটে যেত এবং পরিনামে জীবজগত ধ্বংস হয়ে যেত।

৩। প্রজাতির স্বকীয়তা ঠিক রাখা (Maintain species identity) : ক্রোমোজোমের সংখ্যা সঠিক রাখার মাধ্যমে বংশানুক্রমে প্রতিটি প্রজাতির স্বকীয়তা রক্ষিত হচ্ছে।

৪। প্রকরণ (Variation) : মিয়োসিসে সমসংস্থ ক্রোমোজোমে ক্রসিং ওভার সম্পন্ন হয়। এতে জিনের নতুন সমন্বয় ঘটে যা জীবের পরবর্তী বংশধরে প্রকরণ সৃষ্টি করে।

৫। অভিব্যক্তি (Expression) : মিয়োসিস আনে বৈচিত্র্য, আর বৈচিত্র্য আনে অভিব্যক্তির ধারা ও প্রবাহ।

৬। জীববিচিত্রতা সৃষ্টি (Biodiversity creation) : মিয়োসিস বিভাজনের দ্বারা ক্রসিংওভার ঘটে এবং এর ফলে ক্রোমোজোমের জিনের আদান-প্রদান ঘটে প্রজাতির অন্তর্গত জীবসমুহের মধ্যে বিচিত্রতা সৃষ্টি হয়।

৭। গ্যামেট সৃষ্টি ও বংশবৃদ্ধি (Gamete creation and reproduction) : ডিপ্লয়েড জীবে মিয়োসিস প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সৃষ্টি হয় গ্যামেট। আর গ্যামেটের মিলনের মাধ্যমেই যৌন প্রক্রিয়ায় বংশবৃদ্ধি ঘটে।

৮। জনুক্রম (Alternation of generation) : যে সকল জীবের জীবনচক্রে জনুক্রম আছে সেখানে মিয়োসিস প্রত্যক্ষ ভূমিকা পালন করে।

৯। মেন্ডেলের সূত্র (Mendel's laws) : মেন্ডেলের সূত্রের ব্যাখ্যা দেয়া মিয়োসিস ছাড়া সম্ভব নয়।

১০। মৌলিক সাদৃশ্যের সূচক (Basic similarity indicators) : প্রায় সকল যৌন জননে অংশগ্রহণকারী জীবের মিয়োসিস একই রকমের। এই সাদৃশ্য জীবের মধ্যে মৌলিক সাদৃশ্যের পরিচয় বহন করে।

মাইটোসিস ও মিয়োসিস কোষ বিভাজনের মধ্যে পার্থক্য (Differences between mitosis and meiosis cell division) :

পার্থক্যের বিষয়	মাইটেসিস (Mitosis)	মিয়োসিস (Meiosis)
১। সংঘটন স্থান	জীবের হ্যাপ্লয়েড, ডিপ্লয়েড বা পলিপ্লয়েড দেহকোষে ঘটে, ফলে জীবের দৈহিক বৃদ্ধি হয়।	সাধারণত ডিপ্লয়েড জীবের জনন মাতৃকোষে ঘটে, ফলে গ্যামেট সৃষ্টি হয়।
২। সময়কাল	বিভাজনে কম সময় প্রয়োজন।	বিভাজনে বেশি সময়ের প্রয়োজন হয়।
৩। প্রকৃতি	তুলনামূলক সরল প্রকৃতির।	অপেক্ষাকৃত জটিল প্রকৃতির।
৪। অপাত্য কোষের সংখ্যা	মাতৃকোষটি বিভাজিত হয়ে দুটি অপাত্য কোষের সৃষ্টি হয়।	মাতৃকোষটি বিভাজিত হয়ে চারটি অপাত্য কোষের সৃষ্টি হয়।
৫। অপাত্য কোষে ক্রোমোজোমের সংখ্যা	মাতৃকোষের ক্রোমোজোমের সংখ্যার সমান হয়।	মাতৃকোষের ক্রোমোজোমের সংখ্যার অর্ধেক হয়।
৬। ক্রসিং ওভার	কায়াজমা সৃষ্টি ও ক্রসিং ওভার ঘটে না।	কায়াজমা সৃষ্টি হয় এবং ক্রসিং ওভার সম্পন্ন হয়।
৭। অভিব্যক্তি	জীবের প্রকরণ, বৈচিত্র্য সৃষ্টি ও অভিব্যক্তিতে মাইটোসিসের কোনো ভূমিকা নেই	জীবের প্রকরণ, বৈচিত্র্য সৃষ্টি ও অভিব্যক্তিতে মিয়োসিসের ভূমিকা গুরুত্বপূর্ণ।
৮। DNA সংশ্লেষণ	এখানে DNA সংশ্লেষণ ইন্টারফেজ দশায় সম্পন্ন হয়।	এখানে DNA সংশ্লেষণ প্রফেজ দশায় হয়।
৯। নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোজোমের বিভাজন	নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোজোম একবার বিভাজিত হয়।	নিউক্লিয়াস দুইবার এবং ক্রোমোজোম একবার বিভাজিত হয়।

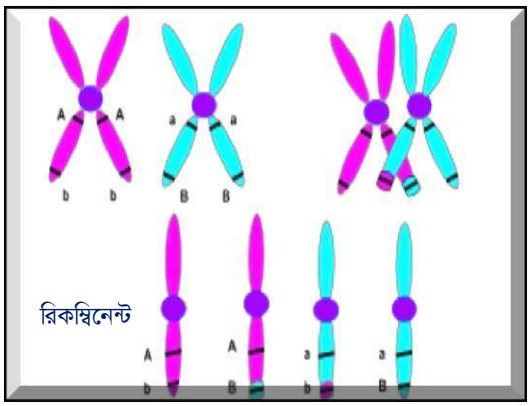
ক্রসিং ওভার (Crossing Over) : প্রকৃত কোষী জীবে মিয়োসিস কোষ বিভাজন এবং সেখানে সংঘটিত ক্রসিং ওভার একটি অন্যান্য বৈশিষ্ট্য। একটি বাইভ্যালেন্টে এক বা একাধিক স্থানে ক্রসিং ওভার হতে পারে। আর ক্ষুদ্রাকার ক্রোমোজোমে সেটা নাও হতে পারে। মিয়োসিস কোষ বিভাজনের প্রফেজ-১ এর প্যাকাইটিন উপদশায় একজোড়া হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের অন্তর্গত দুটি নন-সিস্টার (non-sister) ক্রোমাটিডদ্বয়ের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটার প্রক্রিয়াকে ক্রসিং ওভার বলে।

ক্রসিংওভারের ফলে জিনগত পরিবর্তন ঘটে এবং লিনকড জিনসুহের মধ্যে নতুন সমন্বয় বা রিকম্বিনেশন (recombination) হয়, ফলে উৎপন্ন কোষগুলোতে নতুন জিনের বা বৈশিষ্ট্যের প্রকাশ ঘটে। এই কারণে ক্রসিং ওভার প্রক্রিয়াকে জেনিটিক পুন :সংযুক্তি (genetic recombination) বলে। ১৯০৯ বিজ্ঞানী থমাস হান্ট মর্গান (Thomas Hunt Morgan, 1866-1945) ভুট্টা উদ্ভিদে প্রথম ক্রসিং ওভার সম্পর্কে ধারনা দেন। ১৯৩৩ সালে তিনি নোবেল পুরস্কার লাভ করেন।

ক্রসিং ওভারের কৌশল (Crossing over strategy) : ব্যাপকভাবে গৃহীত হোয়াইট হাউস মডেল অনুসারে সমগ্র ক্রসিং ওভার প্রক্রিয়া চারটি ধাপে সম্পন্ন হয়।

১। সিন্যাপসিস (Synapsis) : মিয়োসিসের প্রথম প্রফেজের জাইগোটিন উপপর্যায়ে হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের পারস্পারিক আকর্ষণের ফলে পরস্পরের সান্নিধ্যে এসে জোড় বাঁধে। জোড় বাঁধার এ প্রক্রিয়াকে সিন্যাপসিস বলে। সিন্যাপসিস ক্রোমোজোমের এক প্রান্তে, দু'প্রান্তে বা সেন্ট্রোমিয়ার থেকে শুরু হতে পারে। এমন প্রতিজোড়া ক্রোমোজোম একত্রে বাইভ্যালেন্ট নামে পরিচিত।

২। ক্রোমোজোমের ডুপ্লিকেশন (Chromosome duplication) : প্যাকাইটিন উপ-পর্যায়ে বাইভ্যালেন্টের প্রত্যেক ক্রোমোজোম সেন্ট্রোমিয়ার ছাড়া লম্বালম্বি বিভক্ত হয়ে দুটি করে সিস্টার ক্রোমাটিড গঠন করে। এর ফলে প্রতিটি বাইভ্যালেন্টে চারটি করে ক্রোমাটিড সৃষ্টি হয়। এ অবস্থাকে টেট্রাড (tetrad) বলে।

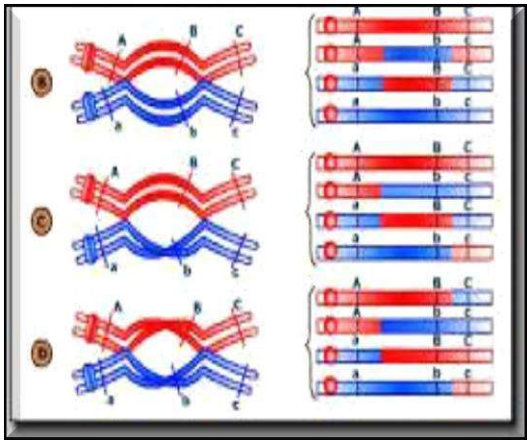


চিত্র : ক্রসিং ওভার কৌশল

৩। ক্রসিং ওভার (Crossing over) : টেট্রাড অবস্থায় এন্ডোনিউক্লিয়েজ নামক এনজাইমের কারণে দুটি ননসিস্টার ক্রোমাটিডের নির্দিষ্ট অংশ ভেঙ্গে যায়। এরপর লাইগেজ নামক এনজাইমের কারণে একটি ভাঙ্গা ক্রোমাটিড অপর ননসিস্টার ক্রোমাটিডের সাথে যুক্ত হয়। এভাবে ২টি ক্রোমোজোমের ননসিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে দেহাংশের বিনিময়ই হলো ক্রসিংওভার। বাইভ্যালেন্টের দুটি ক্রোমোজোমের মধ্যে বিকর্ষণ শক্তির কারণে পরস্পর দুরে সরে যেতে থাকে। ফলে ক্রসিংওভার অংশে বাইভ্যালেন্টের দুটি ননসিস্টার ক্রোমাটিডে X আকৃতির কায়াজমা সৃষ্টি হয়।

৪। প্রান্তীয়গমন (Terminalization) : ক্রসিং ওভার সম্পন্ন হবার পর কায়াজমাগুলো ক্রোমোজোমের মধ্যাংশ হতে ক্রমশ প্রান্তের দিকে সরে যেতে থাকে। কায়াজমার এমন চলনকে প্রান্তীয়গমন (terminalization) বলে।

ক্রসিংওভারের মাধ্যমে ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশ বিনিময় ঘটার ফলে জিনেরও বিনিময় ঘটে। জিন বিনিময়ের ফলে চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের বিনিময় হয়, ফলে জীবে চারিত্রিক পরিবর্তন ঘটে।


চিত্র : ডাবল ক্রসিং ওভার কৌশল

ক্রসিং ওভারের গুরুত্ব বা তাৎপর্য (Significance of crossing over) : ক্রসিংওভার মিয়োসিসের একটি গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা। অল্প কিছু সংখ্যক নিম্নশ্রেণির উদ্ভিদ ছাড়া সকল উদ্ভিদ দেহে ক্রসিং ওভার ঘটনাটি ব্যাপকভাবে পরিলক্ষিত হয়। যেসব কারণে ক্রসিং ওভার জীবজগতে অনেক বেশী গুরুত্বপূর্ণ সেগুলো হচ্ছে-

১। ক্রসিং ওভারের কারণে ক্রোমোজোমে জিনের পুনর্বিন্যাস ঘটে, ফলে জীবে বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটে। বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন হলে জীবজগতে জীববৈচিত্র্য সৃষ্টি হয়।

২। ক্রসিং ওভার জেনেটিক ভেরিয়েশন সৃষ্টি করে, অভিব্যক্তিতে জেনেটিক ভেরিয়েশন গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। সুতরাং ক্রসিং ওভার অভিব্যক্তির সহায়ক।

৩। ব্যাপক ক্রসিং ওভারের কারণে নতুন প্রজাতি সৃষ্টি হতে পারে। কৃত্রিমভাবে ক্রসিং ওভার ঘটিয়ে নতুন প্রকরণ সৃষ্টি সম্ভব। এভাবে কাঙ্খিত ফসলী উদ্ভিদের উন্নতি সম্ভব।

৪। ক্রসিং ওভারের কারণে জীবের দেহে যে বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটে তা জীবকে নতুন পরিবেশে টিকে থাকতে সহায়তা করে।

৫। কৃত্রিম প্রজননের মাধ্যমে উন্নত জাতের জীব তৈরির সফলতাও অর্জন করা সম্ভব হচ্ছে ক্রসিং ওভারের কারণে।

৬। প্রজননবিদ্যায় ক্রসিং ওভারের যথেষ্ট ভূমিকা রয়েছে। এর মাধ্যমে জীবের বংশগতিতে পরিবর্তন আনা সম্ভব।

৭। ক্রসিং ওভারের হার নির্ণয় করে কোনো ক্রোমোজোমে জিনের অবস্থান নির্ণয় ও ক্রোমোজোমের ম্যাপ (chromosomal map) তৈরি করা সম্ভব। ফলে ক্রোমোজোমে প্রতিটি জিনের আপেক্ষিক অবস্থান, দুরত্ব এবং এদের মধ্যে সম্পর্ক নিরূপন করা যায়।

৮। ক্রোমোজোমে জিনের সরলরৈখিক বিন্যাস (linear arrangement) ক্রসিং ওভারের সাহায্যেই স্পষ্টভাবে প্রমাণিত হয়েছে।

মাইটোসিসের প্রোফেজ ও মিয়োসিসের প্রোফেজ-১ এর মধ্যে পার্থক্য
(Differences between prophase of mitosis and prophase-1 of meiosis) :

পার্থক্যের বিষয়	মাইটোসিসের প্রোফেজ (Prophase of mitosis)	মিয়োসিসের প্রোফেজ-১ (Prophase-1 of meiosis)
১। স্থায়িত্ব	এ দশাটি স্বল্পস্থায়ী।	এ দশাটি দীর্ঘস্থায়ী।
২। বিভক্তি	কোনো উপদশা নেই।	এটি পাঁচটি উপদশায় বিভক্ত।
৩। ক্রোমোমিয়ার	ক্রোমোমিয়ার দেখা যায় না।	ক্রোমোমিয়ার দেখা যায়।
৪। সিন্যাপসিস	সিন্যাপসিস ও বাইভ্যালেন্ট তৈরি হয় না।	সিন্যাপসিস ও বাইভ্যালেন্ট তৈরি হয়।
৫। কায়াজমা	কায়াজমা সৃষ্টি হয় না।	কায়াজমা সৃষ্টি হয়।
৬। ক্রসিং ওভার	ক্রসিং ওভার ঘটে না।	ক্রসিং ওভার ঘটে।

মাইটোসিসের মেটাফেজ ও মিয়োসিসের মেটাফেজ-১ এর মধ্যে পার্থক্য
(Differences between metaphase of mitosis and metaphase-1 of meiosis) :

পার্থক্যের বিষয়	মাইটোসিসের মেটাফেজ (Metaphase of mitosis)	মিয়োসিসের মেটাফেজ-১ (Metaphase-1 of meiosis)
১। ক্রোমোজোমের সংখ্যা	ক্রোমোজোমগুলো এককভাবে থাকে।	হোমোলোগাস ক্রোমোজোম জোড়া অবস্থায় থাকে।
২। সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থান	সেন্ট্রোমিয়ার বিষুবীয় অঞ্চলে অবস্থান করে।	সেন্ট্রোমিয়ার বিষুবীয় অঞ্চল থেকে একটু মেরুর দিকে সমদূরত্বে অবস্থান করে।
৩। সেন্ট্রোমিয়ারের বিভক্তি	মাইটোসিসের মেটাফেজ পর্যায়ের শেষের দিকে সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্তি হয়।	সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হয় না।
৪। লুপ সৃষ্টি	ক্রোমোজোমে লুপ সৃষ্টি হয় না।	লুপ সৃষ্টি হয়।
৫। ক্রোমোজোমের প্রকৃতি	ক্রোমোজোমের প্রকৃতি অপরিবর্তিত থাকে।	ক্রোমোজোমের প্রকৃতি পরিবর্তিত হয়।

মাইটোসিসের অ্যানাফেজ ও মিয়োসিসের অ্যানাফেজ-১ এর মধ্যে পার্থক্য
(Differences between anaphase of mitosis and anaphase-1 of meiosis) :

পার্থক্যের বিষয়	মাইটোসিসের অ্যানাফেজ (Anaphase of mitosis)	মিয়োসিসের অ্যানাফেজ-১ (Anaphase-1 of meiosis)
১। ক্রোমোজোমের আকৃতি	ক্রোমোজোমগুলো অপেক্ষাকৃত সরু ও লম্বা।	ক্রোমোজোমগুলো স্থূল ও খর্ব।
২। সেন্ট্রোমিয়ারের বিভক্তি	সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হয়।	সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হয় না।
৩। ক্রোমোজোমের প্রকৃতি	ক্রোমোজোমের প্রকৃতি অপরিবর্তিত থাকে।	ক্রোমোজোমের প্রকৃতি পরিবর্তিত হয়।
৪। ক্রোমাটিডের সংখ্যা	ক্রোমোজোমগুলো শুধু একটি ক্রোমাটিড দ্বারা গঠিত।	ক্রোমোজোমগুলো দুটি ক্রোমাটিড দ্বারা গঠিত।
৫। ক্রোমাটিডের চলন	প্রতিটি অপাত্য ক্রোমোজোম তথা ক্রোমাটিড নিকটস্থ মেরুর দিকে ধাবিত হয়।	প্রতিটি পূর্ণাঙ্গ ক্রোমোজোম নিকটস্থ মেরুর দিকে ধাবিত হয়।

মাইটোসিসের টেলোফেজ ও মিয়োসিসের টেলোফেজ-১ এর মধ্যে পার্থক্য
(Differences between the telophase of mitosis and the telophase-1 of meiosis) :

পার্থক্যের বিষয়	মাইটোসিসের টেলোফেজ (Telophase of mitosis)	মিয়োসিসের টেলোফেজ-১ (Telophase-1 of meiosis)
১। টেলোফেজের বিভক্তি	মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় টেলোফেজ একবার ঘটে।	পর্যায়টি দু'বার ঘটে, টেলোফেজ-১ ও টেলোফেজ-২।
২। অপাত্য নিউক্লিয়াসের সংখ্যা	দুটি অপাত্য নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয়।	চারটি অপাত্য নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয়।
৩। ক্রোমোজোম সংখ্যা	অপাত্য নিউক্লিয়াসে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের সমান থাকে।	অপাত্য নিউক্লিয়াসে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের অর্ধেক থাকে।

মূলতত্ত্ব (Principles) : যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় একটি মাতৃকোষ বিভাজিত হয়ে সমআকৃতি, সমগুণসম্পন্ন ও সমানসংখ্যেক ক্রোমোজোমবিশিষ্ট দুটি অপাত্যকোষের সৃষ্টি করে তাকে মাইটোসিস বলে। প্রোফেজ, প্রো-মেটাফেজ, মেটাফেজ, অ্যানাফেজ ও টেলোফেজ এই পাঁচটি পর্যায় মাইটোসিস বিভাজনে দেখা যায়।

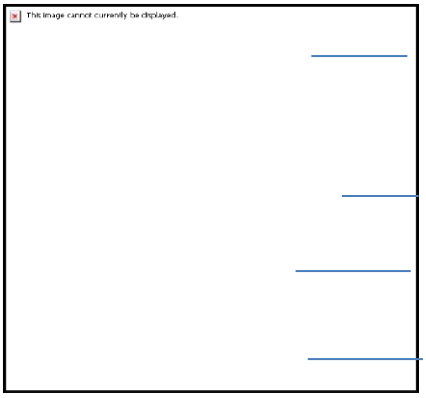
প্রয়োজনীয় উপকরণ (Required materials) : অণুবীক্ষণযন্ত্র, বিভাজনের ধাপগুলো পর্যবেক্ষণের জন্য মডেল বা স্থায়ী স্লাইড।

কার্যপদ্ধতি (Procedure) : স্লাইডটি অণুবীক্ষণযন্ত্রের নিচে স্থাপন করে ভালভাবে পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

(ক) প্রফেজ ধাপ পর্যবেক্ষণ (Observation of prophase stage) :

প্রদত্ত নমুনাটি মাইটোসিসের প্রোফেজ পর্যায়, কারণ-

১। সরু সুতার ন্যায় ক্রোমোজোমগুলো নিউক্লিয়াসের মধ্যে বিক্ষিপ্তভাবে অবস্থিত।
২। নিউক্লিয়াস সুস্পষ্ট এবং আকারে বড়।
৩। প্রতিটি ক্রোমোজোম দুটি ক্রমাটিডে বিভক্ত এবং সেন্ট্রোমিয়ার নামক বিন্দুতে যুক্ত।
৪। নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস বিদ্যমান।

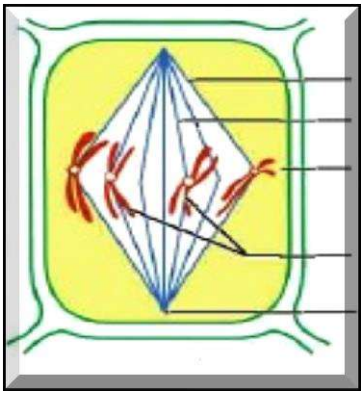


চিত্র : প্রফেজ

(খ) মেটাফেজ ধাপ পর্যবেক্ষণ (Observation of metaphase stage) :

প্রদত্ত নমুনাটি মাইটোসিসের মেটাফেজ পর্যায়, কারণ-

১। খাটো, মোটা ও দ্বিক্রমাটিড বিশিষ্ট ক্রোমোজোম বিদ্যমান।
২। আকর্ষণ তন্তু বিদ্যমান।
৩। বিষুবীয় অঞ্চলে অবস্থিত বিভক্ত সেন্ট্রোমিয়ার বিদ্যমান।
৪। নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস অনুপস্থিত।
৫। ক্রোমোজোমে লুপ সৃষ্টি হয় না।

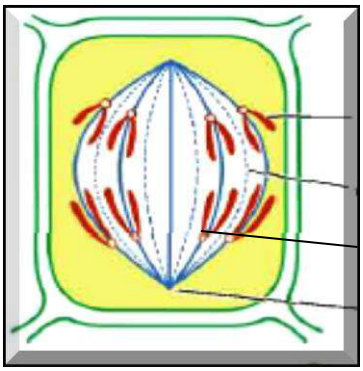


চিত্র : মেটাফেজ

(গ) অ্যানাফেজ ধাপ পর্যবেক্ষণ (Observation of anaphase stage) :

প্রদত্ত নমুনাটি মাইটোসিসের অ্যানাফেজ পর্যায়, কারণ-

১। ক্রেমোজোম লম্বা, সরু ও এক ক্রমাটিড বিশিষ্ট।
২। সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হয়ে প্রতিটি ক্রমাটিড একটি অপাত্য ক্রোমোজোমে পরিণত হয়।
৩। ক্রোমোজোমগুলো V বা L আকৃতির দেখায়।
৪। নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস অনুপস্থিত।

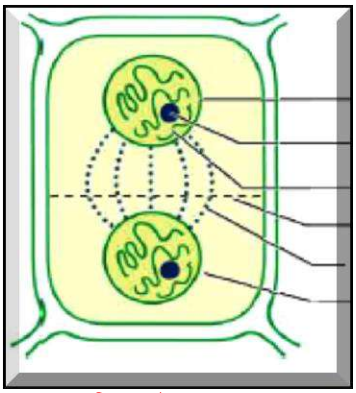


চিত্র : অ্যানাফেজ

(ঘ) টেলোফেজ ধাপ পর্যবেক্ষণ (Observation of telophase stage) :

প্রদত্ত নমুনাটি মাইটোসিসের টেলোফেজ পর্যায়, কারণ-

১। অপাত্য ক্রোমোজোমগুলো বিপরিত মেরুপ্রান্তে পৌছেছে এবং সরু, লম্বা ও অস্পষ্ট হয়ে ক্রোমাটিন তন্তু সৃষ্টি করেছে।
২। অপাত্য ক্রোমোজোমকে ঘিরে নতুন নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাসের আবির্ভাব ঘটেছে।
৩। কোষের দুই মেরুতে দুটি অপাত্য নিউক্লিওলাস দেখা যায় এবং অপাত্য নিউক্লিয়াসদ্বয়ের মাঝে কোষপ্লেট দেখা যায়।
৪। স্পিন্ডল যন্ত্র প্রায় লুপ্ত।



চিত্র : টেলোফেজ

❖ **কোষ বিভাজন (Cell division) :** যে প্রক্রিয়ায় জীবদেহের বৃদ্ধি ও জননের উদ্দেশ্যে কোষের সংখ্যাবৃদ্ধি ঘটে তাকে কোষ বিভাজন বলে।

❖ **সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis) :** কোষ বিভাজনের সময় সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে সাইটোকাইনেসিস বলে।

❖ **ক্যারিওকাইনেসিস (Karyokinesis) :** বিভাজনরত কোষের নিউক্লিয়াসের বিভাজনকে ক্যারিওকাইনেসিস বলে।

❖ **মাইটোজেন (Mitogen) :** যেসব পদার্থ কোষ বিভাজনে উদ্দীপনায় প্রেরণা যোগায় তাদের মাইটোজেন বলে। যেমন- সাইটোকাইনিন।

❖ **অ্যামাইটোসিস (Amitosis) :** যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় একটি মাতৃকোষের নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজম কোনো জটিল পর্যায় ছাড়া সরাসরি বিভক্ত হয়ে দুটি অপাত্য কোষের সৃষ্টি করে তাকে অ্যামাইটোসিস বলে।

❖ **মাইটোসিস (Mitosis) :** যে জটিল ও ধারাবাহিক প্রক্রিয়ায় জীবের মাতৃকোষ প্রথমে নিউক্লিয়াস ও পরে সাইটোপ্লাজমের বিভাজনের মাধ্যমে সমআকৃতি ও সমগুণসম্পন্ন ২টি অপাত্য কোষ সৃষ্টি করে, তাকে মাইটোসিস বা সমীকরণিক বিভাজন বলে।

❖ **মেটাফেজ প্লেট (Metaphase plate) :** মাইটোসিস কোষ বিভাজনের মেটাফেজ দশায় কোষের বিষুবীয় তলে ক্রোমোজোমগুলোর অবস্থান একটি পাত বা প্লেটের মতো দেখায়। একে বিষুবীয় প্লেট বা মেটাফেজ প্লেট বলে।

❖ **ইন্টারফেজ (Interphase) :** দুটি কোষ বিভাজনের মধ্যবর্তী যে সময়ে কোষ বিভাজিত হয় না, কিন্তু কোষ বিভাজনের জন্য প্রস্তুতি গ্রহণ করে তাকে ইন্টারফেজ বা বিরাম দশা বলে। ইন্টারফেজ পর্যায় বিরাম-১ (G_1 দশা), S-পর্যায় (DNA প্রতিলিপন) ও বিরাম-২ (G_2 দশা) তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত।

❖ **কোষচক্র (Cell cycle) :** যে চক্রের মাধ্যমে একটি কোষ সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি এবং পরবর্তী বিভাজন–এ তিনটি কাজ সম্পন্ন হয়, তাকে কোষচক্র বলে।

❖ **চেক পয়েন্ট (Checkpoint) :** নির্দিষ্ট শর্ত পূরণ না হলে কোষচক্রের যে সুনির্দিষ্ট স্থানে এসে কোষ বিভাজনের অগ্রগতি বন্ধ হয়ে যায় সেই স্থান বা বিন্দুকে চেক পয়েন্ট বলে।

❖ **সাইক্লিন (Cycline) :** সাইক্লিন কোষ বিভাজনের সক্রিয়ক পদার্থ, যা প্রোটিন জাতীয়। ইন্টারফেজ পর্যায়ে এটি সৃষ্টি হয়।

❖ **মিয়োসিস (Meiosis) :** যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় মাতৃকোষের নিউক্লিয়াসটি দু'বার এবং ক্রোমোজোম একবার বিভাজিত হয়ে একটি মাতৃকোষ হতে চারটি অপাত্য কোষ সৃষ্টি হয় এবং অপাত্য কোষে ক্রোমোজোমের সংখ্যা মাতৃকোষের অর্ধেক হয়, তাকে মিয়োসিস বা হ্রাসমূলক কোষ বিভাজন বলে।

❖ **সমসংস্থ ক্রোমোজোম (Homologous chromosome) :** একই আকৃতি ও একই জিনের সজ্জারীতি সম্পন্ন দুটি ক্রোমোজোম যাদের একটি পিতা ও অন্যটি মাতা হতে আগত তাদের সমসংস্থ বা হোমোলোগাস ক্রোমোজোম বলে।

❖ **সাইন্যাপসিস (Synapsis) :** সমসংস্থ ক্রোমোজোমের জোট বাঁধার প্রক্রিয়াকে সাইন্যাপসিস বলে।

❖ **বাইভ্যালেন্ট (Bivalant) :** সাইন্যাপসিস পদ্ধতিতে জোটবদ্ধ সমসংস্থ ক্রোমোজোম দুটিকে বাইভ্যালেন্ট বা ডায়াড বলে।

❖ **ইন্টারকাইনেসিস (Interkinesis) :** মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের প্রথম ও দ্বিতীয় বিভক্তির মধ্যবর্তী সময়কে ইন্টারকাইনেসিস বলে। এ পর্যায়ে আরএনএ, প্রোটিন ইত্যাদি সংশ্লেষ হয়।

❖ **সিস্টার ও নন-সিস্টার ক্রমাটিড (Sister and non-sister chromatid) :** একই ক্রোমোজোমের ক্রমাটিড দুটি হলো এক অন্যের সিস্টার ক্রমাটিড। আবার বাইভ্যালেন্টের দুটি ভিন্ন ক্রোমোজোমের ক্রমাটিডকে বলা হয় পরস্পর নন-সিস্টার ক্রমাটিড।

❖ **আকর্ষণ তন্তু (Attraction fiber) :** কোষ বিভাজনের সময় সৃষ্ট স্পিন্ডল যন্ত্রের যে তন্তুগুলো ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ারের সাথে যুক্ত থাকে তাকে আকর্ষণ তন্তু বা ট্রাকশন ফাইবার বা ক্রোমোজোমাল তন্তু বলে।

❖ **স্পিন্ডল তন্তু (Spindle fiber) :** কোষ বিভাজনের সময় সৃষ্ট স্পিন্ডল যন্ত্রের যে তন্তুগুলো এক মেরু থেকে অপর মেরু পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে তাকে স্পিন্ডল তন্তু বলে।

❖ **মেটাকাইনেসিস (Metakinesis) :** মাইটোসিসের মেটাফেজ পর্যায়ে স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চলে ক্রোমোজোমের বিন্যস্ত হওয়াকে মেটাকাইনেসিস বলে।

❖ **অ্যানাফেজ চলন (Anaphase movement) :** কোষ বিভাজনের অ্যানাফেজ দশায় অপাত্য ক্রোমোজোমগুলোর মধ্যে বিকর্ষণের ফলে অর্ধেক অপাত্য ক্রোমোজোম মেরুর একদিকে এবং বাকি অর্ধেক মেরুর অন্য দিকে সরে যেতে থাকে। এ ধরনের চলনকে অ্যানাফেজ চলন বলে।

❖ **টেট্রাড (Tetrad) :** প্রতিটি বাইভ্যালেন্টের ক্রোমোজোম লম্বালম্বি বিভক্ত হয়ে চারটি ক্রোমাটিড বিশিষ্ট যে অবস্থার সৃষ্টি করে, তাকে টেট্রাড বলে।

❖ **রিকম্বিনেশন (Recombination) :** ক্রসিং ওভারের ফলে ক্রোমাটিডে জিনের পুনর্বিন্যাস ঘটে, এ পদ্ধতিকে রিকম্বিনেশন বলে।

❖ **হাইড্রেশন (Hydration) :** কোনো কিছুর সাথে পানি যুক্ত হওয়াকে হাইড্রেশন বা পানি যোজন বলে।

❖ **টার্মিনালাইজেশন (Terminalization) :** ডিপ্লোটিন ও ডায়াকাইনেসিস উপদশায় যে পদ্ধতিতে কায়জমাগুলি প্রান্তের দিকে সরে যায়, তাকে টার্মিনালাইজেশন বা প্রান্তীয়করণ বলে।

❖ **কায়াজমাটা (Kayjamata) :** মিয়োসিস কোষ বিভাজনের প্রোফেজ-১ দশার বাইভ্যালেন্ট ক্রোমোজোমের দুটি নন-সিস্টার ক্রমাটিড বিভিন্ন স্থানে ইংরেজি X অক্ষরের মতো যুক্ত থাকে । নন-সিস্টার ক্রমাটিডের নির্দিষ্ট সংযোগ স্থলগুলোকে কায়াজমা বলে।

❖ **ক্রসিং ওভার (Crossing over) :** মিয়োসি-১ এর প্রোফেজ-১ এর প্যাকাইটিন উপপর্যায়ে যে পদ্ধতির মাধ্যমে দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোমের নন-সিস্টার ক্রমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে, তাকে ক্রসিং ওভার বলে। ক্রসিং ওভারের ফলে সমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে জিনগত বৈশিষ্ট্যের আদান-প্রদান অর্থাৎ পুনসংযুক্তি ঘটে।

জ্ঞানমূলক প্রশ্ন (Knowledge Based Questions)

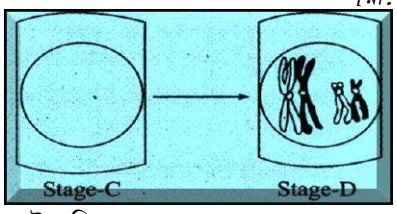
১। কোষ বিভাজন কী?
২। ক্যারিওকাইনেসিস কী?
৩। সাইটোকাইনেসিস কী?
৪। অ্যামাইটোসিস কাকে বলে?
৫। কায়াজমা কী?
৬। সিন্যাপসিস কী?
৭। কোষ চক্র কী?
৮। ইন্টারফেজ কাকে বলে?
৯। বাইভেলেন্ট কী?
১০। মেটাফেজ প্লেট কী?
১১। ক্রসিংওভার কী?
১২। মেটাকাইনেসিস কী?
১৩। অপাত্য কোষ কী?
১৪। সিস্টার ও নন-সিস্টার ক্রমাটিড কী?
১৫। প্রান্তীয়করণ কী?
১৬। চেক পয়েন্ট কী?
১৭। মাইটোসিস কাকে বলে?
১৮। ইকোয়েশনাল বিভাজন কী?
১৯। কোন জীবে মাইটোসিস ঘটে?
২০। মাইটোসিস কেন ঘটে?
২১। বিপাকীয় নিউক্লিয়াস কী?
২২। G_1 দশায় কি ঘটে?
২৩। G_2 দশায় কি ঘটে?
২৪। S দশা কী?
২৫। মাইটোটিক দশা কী?
২৬। সাইক্লিন কী?
২৭। স্পিন্ডল যন্ত্র কী?
২৮। ক্রোমোজোমাল নৃত্য কী?
২৯। অ্যাস্টার তন্তু কী?
৩০। মিয়োসিস কাকে বলে?
৩১। হ্রাসমূলক বিভাজন কী?
৩২। গ্যামেটোজেনিক মিয়োসিস কী?
৩৩। স্পোরোজেনিক মিয়োসিস কী?
৩৪। জাইগোজেনিক মিয়োসিস কী?
৩৫। সমসংস্থ ক্রোমোজোম কী?
৩৬। টেট্রাড কী?
৩৭। কখন ক্রোমোজোম বিভাজিত হয়?
৩৮। ক্রোমোজোমের প্রান্তীয় গমন কী?
৩৯। সর্বপ্রথম কে কোষ বিভাজন প্রত্যক্ষ করেন?
৪০। মাইটোসিসের দীর্ঘস্থায়ী পর্যায় কোনটি?
৪১। ইন্টারকাইনেসিস কী?
৪২। কায়জমার প্রান্তীয়করণ কী?
৪৩। স্পিন্ডল তন্তু কী?
৪৪। ট্রাকশন ফাইবার বা আকর্ষন তন্তু কী?
৪৫। মিউটেশন কী?

অনুধাবনমূলক প্রশ্ন (Comprehension Based Questions)

১। অ্যামাইটোসিসকে প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন বলা হয় কেন?
২। ক্রসিং ওভার বলতে কি বুঝ?
৩। মেটাকাইনেসিস বলতে কি বুঝ?
৪। কোষচক্র মিয়োসিসে কেন ঘটে না?
৫। মিয়োসিসকে হ্রাসমূলক বিভাজন বলা হয় কেন?
৬। সাইটোকাইনেসিস কী ব্যাখ্যা কর?
৭। মিয়োসিস কিভাবে জীবের ক্রোমোজোম সংখ্যা ধ্রুব রাখে?
৮। ক্রসিং ওভার কিভাবে জীবে নতুন বৈশিষ্ট্যের সৃষ্টি করে?
৯। মাইটোসিস কোষ বিভাজনের জৈবিক গুরুত্ব কী?
১০। কোষচক্র বলতে কী বুঝ?
১১। মাইটোসিস ও মিয়োসিস কোথায় ঘটে?
১২। কায়াজমা বলতে কী বুঝ?
১৩। কোষচক্রে S-দশা সৃষ্টি হয় কেন?
১৪। প্রান্তীয়করণ ঘটে কেন?
১৫। মাইটোটিক প্রোফেজ ও টেলোফেজ বিপরিতধর্মী কেন?
১৬। অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস ক্ষতিকর কেন?
১৭। ক্রসিং ওভার না ঘটলে কি হতো?
১৮। জীবের জন্য কোষ বিভাজন প্রয়োজন কেন?
১৯। ক্যারিওকাইনেসিস বলতে কি বুঝ?
২০। ইন্টারফেজ বলতে কি বুঝ?
২১। সমীকরণিক বিভাজন বলতে কি বুঝ?
২২। জীবের দেহ কোষে মিয়োসিস না ঘটার কারণ কী?
২৩। কোষচক্রে মিয়োসিস কেন ঘটে না?
২৪। জীবজগতে কোষচক্র গুরুত্বপূর্ণ কেন?
২৫। সমসংস্থ ক্রোমোজোম বলতে কী বুঝ?
২৬। ক্রসিং ওভার মিউটেশনে কিভাবে ভূমিকা রাখে?
২৭। অ্যানাফেজ ও অ্যানাফেজ-১ ধাপের চিহ্নিত চিত্র অংকন কর?
২৮। ইন্টারকাইনেসিস বলতে কী বুঝ?
২৯। নিউক্লিওলাসের বিলুপ্তি কোন পর্যায়ে ঘটে?
৩০। টেলোফেজ পর্যায়ের কখন সমাপ্তি ঘটে?
৩১। জীবের দেহ গঠনে কোন কোষ বিভাজন ভূমিকা রাখে?
৩২। বাইভ্যালেন্ট বলতে কী বুঝ?
৩৩। টেলোফেজ দশার কখন সমাপ্তি ঘটে?
৩৪। মিয়োসিস ছাড়া মেন্ডেলের সূত্রের ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব নয় কেন?
৩৫। মাইটোসিসে সেন্ট্রোমিয়ার কোন অঞ্চলে অবস্থান করে?
৩৬। কোন কোষ বিভাজনে ক্রোমোজোমের প্রকৃতি পরিবর্তিত হয়?
৩৭। কোন বিভাজনে কোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা সমান থাকে?
৩৮। বাইভ্যালেন্টের ক্রসিং ওভার স্থানে কী তৈরি হয়?
৩৯। ক্রোমোজোমের কাই স্ট্রাকচার, বলতে কী বুঝ?
৪০। উদ্ভিদ ও প্রাণির মধ্যে জেনেটিক ভেরিয়েশন কেন হয়?
৪১। অ্যানাফেজিক চলন বলতে কী বুঝায়?
৪২। কোন কোষ বিভাজনে গুনগত বৈশিষ্ট্যের স্থিতিশীলতা থাকে?
৪৩। মাইটোসিসের কোন পর্যায়ে নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিও পর্দার বিলুপ্তি ঘটে?
৪৪। মাইটোসিস কোষ বিভাজন ঘটার ২টি কারণ লিখ?
৪৫। টারমিনালাইজেশন বা প্রান্তীয়গমন বলতে কী বুঝ?

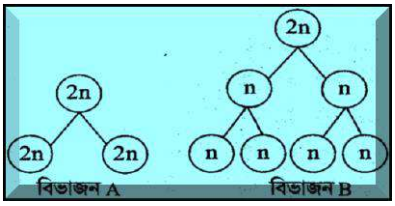
১। নিচের চিত্র দুটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

[রা. বো. ২০১৯]



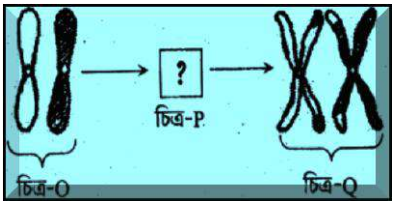
(ক) নিউক্লিওসাইড কি? ১
(খ) ক্রোমাটিড বলতে কী বুঝ? ২
(গ) উদ্দীপকের Stage-C চিহ্নিত চিত্রসহ বর্ণনা কর। ৩
(ঘ) উদ্দীপকের Stage-D তে সংঘটিত প্রক্রিয়ার গুরুত্ব বর্ণনা কর। ৪

২। নিচের চিত্র দুটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



(ক) অ্যানাফেজীয় চলন কী? ১
(খ) জীবের জীবনে ইন্টারফেজের গুরুত্ব ব্যাখ্যা কর? ২
(গ) উদ্দীপকের কোন বিভাজন বৈচিত্র্য সৃষ্টি করে? ব্যাখ্যা কর। ৩
(ঘ) *Pteris*-এর জনুক্রমে উদ্দীপকের উভয় কোষ বিভাজনই গুরুত্বপূর্ণ-বিশ্লেষণ কর। ৪

৩। নিচের চিত্র দুটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



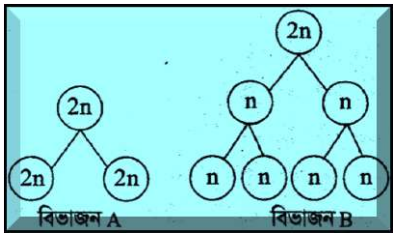
(ক) হোমোলোগাস ক্রোমোসোম কী? ১
(খ) ক্যারিওকাইনেসিস ও সাইটোকাইনেসিসের মধ্যে ২টি পার্থক্য লিখ? ২
(গ) উদ্দীপকে নির্দেশিত কোষ বিভাজনের গুরুত্ব লিখ। ৩
(ঘ) চিত্র "O" ও চিত্র "Q" এর মধ্যবর্তী চিত্র "P" এর জন্য যথার্থ চিত্র নির্বাচন করে- ব্যাখ্যা কর। ৪

৪। কোষের এক প্রকার বিভাজনে সৃষ্ট কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা সমান থাকে এবং অন্য প্রকার বিভাজনে সৃষ্ট কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা অর্ধেক হয়। উভয়ের মধ্যে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য রয়েছে।

[ঢা. বো. ২০১৭]

(ক) হেটারোমরফিক জনুঃক্রম কী? ১
(খ) ক্রসিং ওভার বলতে কী বোঝ? ২
(গ) উদ্দীপকের ১ম প্রকার বিভাজনের শেষ তিনটি ধাপের চিহ্নিত চিত্র আঁক। ৩
(ঘ) উদ্দীপকের উল্লিখিত কোষ বিভাজন দুটি উদ্ভিদের জীবনে অপরিহার্য - বিশ্লেষণ কর। ৪

৫। নিচের চিত্র দুটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

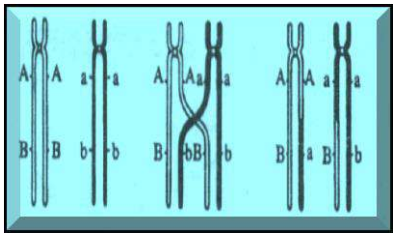


(ক) ক্যাপসিড কী? ১
(খ) কোরালয়েড মূল বলতে কী বুঝ? ২
(গ) উদ্দীপকের কোন বিভাজন বৈচিত্র্য সৃষ্টি করে? ব্যাখ্যা কর। ৩
(ঘ) *Algae*-এর জনুক্রমে উদ্দীপকের উভয় কোষ বিভাজনই গুরুত্বপূর্ণ - বিশ্লেষণ কর। ৪

৬। উচ্চ শ্রেণির জীবদেহে দুই ধরনের কোষ বিভাজন সম্পন্ন হয়। এক ধরণের কোষ বিভাজনে দেহের সকল কোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা সমান থাকে। অপর ধরনের বিভাজনে বংশপরম্পরায় ক্রোমোজোম সংখ্যা ধ্রুব থাকে। উভয় বিভাজনের মাধ্যমে একটি পুর্ণাঙ্গ জীবের গঠন হয়। *[য. বো. ২০১৬]*

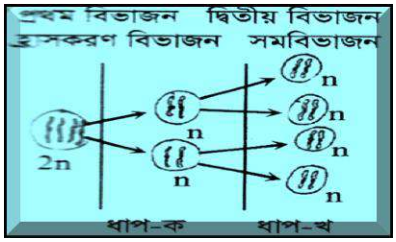
(ক) আদি কোষ কী? ১
(খ) নিউক্লিওয়েড বলতে কি বুঝ? ২
(গ) উদ্দীপকের প্রথম কোষ বিভাজনের শেষ দুটি ধাপ চিত্র সহ বর্ণনা কর। ৩
(ঘ) উদ্দীপকের শেষোক্ত বাক্যটি বিশ্লেষণ কর। ৪

৭। নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



(ক) সিস্টার ক্রোমোটিড কী? ১
(খ) কোষের প্রস্তুতি পর্যায়ে কী ঘটে? ২
(গ) চিত্রে যে প্রক্রিয়াটি দেখানো হয়েছে তার ব্যাখ্যা দাও। ৩
(ঘ) চিত্রের প্রক্রিয়াটি না ঘটলে জীবের কী ক্ষতি হতো। ৪

৮। *[ঢা. বো. ২০১৯]*



(ক) সিন্যাপসিস কাকে বলে? ১
(খ) অনিয়মিত মাইটোসিস ক্ষতিকর কেন? ২
(গ) উদ্দীপকের ধাপ 'খ' এর যেকোনো তিনটি দশার চিহ্নিত চিত্র অঙ্কন কর। ৩
(ঘ) উদ্দীপকের বিভাজন প্রক্রিয়ার গুরুত্ব বিশ্লেষণ কর। ৪

৯। A কোষটি চারটি ক্রোমোজোমধারী যা বিভাজিত হয়ে দুটি কোষ তৈরি করে, প্রতি কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা A এর সমান। B কোষটি A কোষের মতো ক্রোমোজোমধারী কিন্তু বিভাজিত হয়ে চারটি কোষ তৈরি করে যার ক্রোমোসোম সংখ্যা B এর অর্ধেক।

(ক) বাইভেলেন্ট কী? ১

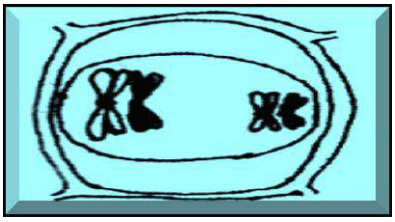
(খ) কোষ বিভাজনে সাইটোকাইনেসিসের প্রয়োজন কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের A ও B কোষ দুটির বিভাজনের মধ্যে পার্থক্য লিখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের B কোষটি বিভাজনের ফলে অপাত্য কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা অর্ধেক হলো কেন? ব্যাখ্যা কর। ৪

১০। নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

[চ. বো. ২০১৭]



(ক) সিন্যাপসিস কী? ১

(খ) মিয়োসিসকে হ্রাসমূলক বিভাজন বলা হয় কেন? ২

(গ) চিত্রে প্রদর্শিত ধাপটির বর্ণনা দাও। ৩

(ঘ) উদ্দীপকে প্রদর্শিত কোষ বিভাজন প্রক্রিয়াটির তাৎপর্য বিশ্লেষণ কর। ৪

১১। জীবজগতে হ্যাপ্লয়েড ও ডিপ্লয়েড জীব বিদ্যমান। হ্যাপ্লয়েড জীবের জাইগোটে এবং ডিপ্লয়েড জীবের জনন মাতৃকোষে যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া সংঘটিত হয় তাতে ক্রোমোজোমের সংখ্যা অর্ধেক হয়ে যায়। এ ধরনের কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া জীবজগতে নুতুন বৈশিষ্ট্য সৃষ্টিতে এবং অভিযোজনে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে।

(ক) প্রান্তীয়করণ কী? ১

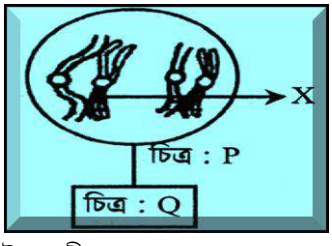
(খ) ইন্টারকাইনেসিস বলতে কী বুঝ? ২

(গ) উদ্দীপকে বর্ণিত বিভাজন প্রক্রিয়ার গুরুত্ব বর্ণনা কর। ৩

(ঘ) উক্ত বিভাজন প্রক্রিয়ায় কেন ক্রোমোজোম সংখ্যা হ্রাস পায়- তা চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪

১২। নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

[সি. বো. ২০১৬]



(ক) ট্রাকশন ফাইবার কী? ১

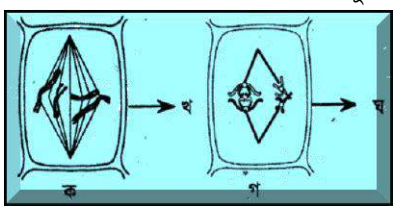
(খ) অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস ক্ষতিকর কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের পরবর্তী ধাপ Q অঙ্কন কর এবং বৈশিষ্ট্য লিখ। ৩

(ঘ) জিনগত বৈচিত্র্য সৃষ্টিতে X এর ভূমিকা বিশ্লেষণ কর। ৪

১৩। নিচের চিত্রগুলো লক্ষ্য করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

[কু. বো. ২০১৬]



(ক) অবস্থান ও কার্যভেদে কোষ কত প্রকার? ১

(খ) অণুজীব বলতে কী বুঝায়? ২

(গ) উদ্দীপকে প্রদর্শিত চিত্র 'ক' এর পরবর্তী ধাপ 'খ' এবং চিত্র 'গ' এর পরবর্তী ধাপ 'ঘ'-এর চিহ্নিত চিত্র অংকেন কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রক্রিয়া দুটির মধ্যে কোনটিতে ক্রোমোজোম সংখ্যা হ্রাস পায় - বিশ্লেষণ কর। ৪

১৪। উদ্ভিদবিজ্ঞানের শিক্ষক অধ্যাপক ড. মু. শাহ আলম উদ্ভিদের জনন প্রক্রিয়া বর্ণনা করার সময় বললেন, শুক্রাণু ও ডিম্বাণু উভয়েই একটি কোষ। কিন্তু এদের গঠন উদ্ভিদের অন্যান্য সাধারণ কোষের মতো নয়। একটি বিশেষ প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজনের মাধ্যমে এদের সৃষ্টি হয়।

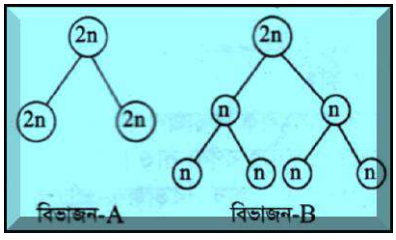
(ক) ট্রেটাড কী? ১

(খ) ক্রসিং ওভারের ৩টি বৈশিষ্ট্য লিখ? ২

(গ) উদ্দীপকে উল্লেখিত প্রক্রিয়াটির প্রথম দশা বর্ণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকে উল্লেখিত প্রক্রিয়াটির গুরুত্ব ব্যাখ্যা কর। ৪

১৫। নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



(ক) সমসংস্থ ক্রোমোজোম কী? ১

(খ) টারমিনালাইজেশন বা প্রান্তীয়গমন বলতে কী বুঝ? ২

(গ) উদ্দীপকের B বিভাজন বৈচিত্র্য সৃষ্টি করে-ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) আবৃতবীজী উদ্ভিদেও জনুক্রমে উদ্দীপকের উভয় কোষ বিভাজনই গুরুত্বপূর্ণ-বিশ্লেষণ কর। ৪

১৬। কোষের এক প্রকার বিভাজনে সৃষ্ট কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা সমান থাকে এবং অন্য প্রকার কোষ বিভাজনে সৃষ্ট কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা অর্ধেক হয়। উভয়ের মধ্যে যেমন সাদৃশ্য রয়েছে তেমনি আবার অনেক বৈশাদৃশ্যও রয়েছে।

[ঢা. বো. ২০১৭]

(ক) মেটাফেজ প্লেট কী? ১

(খ) সিস্টার ও নন-সিস্টার ক্রোমাটিড বলতে কী বুঝ? ২

(গ) উদ্দীপকের প্রথম প্রকার বিভাজনের শেষ তিনটি ধাপের চিহ্নিত চিত্র আঁক। ৩

(ঘ) উদ্দীপকে উল্লেখিত কোষ বিভাজন দুটি উদ্ভিদের জীবনে অপরিহার্য-বিশ্লেষণ কর। ৪

১। কোনটিতে মিয়োসিস ঘটে? *[ঢা. বো. '১৯]*
(ক) জননকোষে (খ) দেহকোষ
(গ) পরাগরেণুতে (ঘ) জনন মাতৃকোষে

২। ক্রোমোসোমীয় নৃত্য দেখা যায় কোন দশায়? *[দি. বো. '১৭]*
(ক) প্রোফেজ (খ) প্রোমেটাফেজ
(গ) মেটাফেজ (ঘ) এনাফেজ

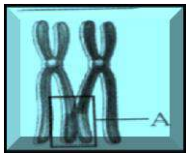
৩। মিয়োসিস কোষ বিভাজন প্রথম কে প্রত্যক্ষ করেন? *[চ.বো. '১৬]*
(ক) ওয়াল্টার ফ্লেমিং (খ) স্ট্রাসবুর্গার
(গ) বোভেরী (ঘ) শ্লাইখার

৪। হ্যাপ্লয়েড জীবের কোথায় মিয়োসিস সংঘটিত হয়? *[দি. বো. '১৫]*
(ক) জাইগোট (খ) জনন মাতৃকোষ
(গ) দেহ কোষ (ঘ) জনন কোষ

৫। এমন একটি প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে জীবজগতে বৈচিত্র্য সৃষ্টি হয়, প্রক্রিয়াটি দেখা যায়-
(ক) মাইটোসিস বিভাজনে
(খ) মিয়োসিস বিভাজনে
(গ) অ্যামাইটোসিস বিভাজনে
(ঘ) বীজের অঙ্কুরোদগমকালে

৬। কোন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসে বিভাজন ঘটে?
(ক) ইন্টারফেজ (খ) সাইটোকাইনোসিস
(গ) ক্যারিওকাইনেসিস (ঘ) ইন্টারকাইনেসিস

📖 চিত্রটি পড়ে ৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৭। চিত্রটি মিয়োসিস কোষ বিভাজনে কোন দশার?
(ক) জাইগোটিন (খ) ডায়াকাইনেসিস
(গ) লেপ্টোটিন (ঘ) প্যাকাইটি

৮। ক্রোমোজোমীয় নৃত্য দেখা যায় কোন দশায়? *[ঢা. বো. '১৭]*
(ক) প্রোফেজ (খ) প্রোমেটাফেজ
(গ) মেটাফেজ (ঘ) এনাফেজ

৯। সর্বপ্রথম কোন বিজ্ঞানী কোষ বিভাজন প্রত্যক্ষ করেন?
(ক) Robert Hooke (খ) Walter Flemming
গ. Robert Brown (ঘ) Adlof Mayer

১০। কোষ বিভাজনের সময় অ্যাস্টার রশ্মি সৃষ্টি করে- *[চ. বো. '১৫]*
(ক) সেন্ট্রিওল (খ) রাইবোজোম
(গ) লাইসোজোম (ঘ) মাইটোকন্ড্রিয়া

১১। মাইটোসিসের ফলে নিচের কোনটি ঘটে?
(ক) দেহকোষ সমগুণ বিশিষ্ট হয়
(খ) ডিপ্লয়েড মাতৃকোষ থেকে হ্যাপ্লয়েড অপাত্য কোষ উৎপন্ন হয়
(গ) বংশানুমে ক্রোমোসোম সংখ্যা নির্দিষ্ট থাকে
(ঘ) জীবে নুতুন বৈশিষ্ট্যের সংযোজন ঘটে

১২। নিচের কোনটিতে ক্রোমোজোম গতিপ্রাপ্ত হয়? *[কু. বো. '১৭]*
(ক) প্রোফেজ (খ) মেটাফেজ
(গ) অ্যানাফেজ (ঘ) টেলোফেজ

১৩। কোষ বিভাজনের কোন পর্যায়ে ক্রোমোসোমগুলো ক্রমশ সরু, লম্বা ও অদৃশ্য হয়?
(ক) প্রোফেজ (খ) মেটাফেজ
(গ) অ্যানাফেজ (ঘ) টেলোফেজ

১৪। যৌন জননশীল জীবের ভিন্ন গ্যামেটদ্বয় মিলিত হয়ে কী ধরনের জাইগোট গঠন করে?
(ক) হ্যাপ্লয়েড (খ) ডিপ্লয়েড
(গ) ট্রিপ্লয়েড (ঘ) টেট্রাপ্লয়েড

১৫। বাইভ্যালেন্ট সৃষ্টি হয় কোন উপদশায়? *[ঢা. বো. '১৫]*
(ক) লেপ্টোটিন (খ) জাইগোটিন
(গ) প্যাকাইটিন (ঘ) ডিপ্লোটিন

১৬। নিচের কোন পর্যায়ে ক্রসিং ওভার শুরু হয়? *[দি. বো. '১৫]*
(ক) প্যাকাইটিনে (খ) জাইগোটিনে
(গ) লেপ্টোটিনে (ঘ) ডায়াকাইনেসিসে

১৭। হোমোলোগাস ক্রোমোসোমগুলো বাইভ্যালেন্টের মাঝে কত ডিগ্রি করে থাকে?
(ক) ৩০ (খ) ৫০
(গ) ৭০ (ঘ) ৯০

১৮। মাইটোসিস কোষ বিভাজনের প্রোফেজে-
i. নিউক্লিয়াস আকারে বড় হয়
ii. ক্রোমোজোমের জলবিয়োজন ঘটে
iii. ক্রোমোজোমগুলো সংকুচিত, ক্রমাগত খাটো ও মোটা হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) *i* ও *ii* (খ) *i* ও *iii*
(গ) *ii* ও *iii* (ঘ) *i*, *ii* ও *iii*

১৯। জীবজগতে মিয়োসিস সাহায্য করে-
i. প্রজাতির স্বাকীয়তা রক্ষায়
ii. বৈচিত্র্য সৃষ্টিতে
iii. বিবর্তনে
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) *i* ও *ii* (খ) *i* ও *iii*
(গ) *ii* ও *iii* (ঘ) *i*, *ii* ও *iii*

২০। মিয়োসিসের প্রফেজ-১ এর প্যাকাইটিন উপদশায় দৃশ্যমান 'X' আকৃতির অংশকে কী বলে? *[সকল বোর্ড, ২০১৮]*
(ক) ক্রসিং ওভার (খ) সিন্যাপসিস
(গ) টেট্রাড (ঘ) কায়াজমা

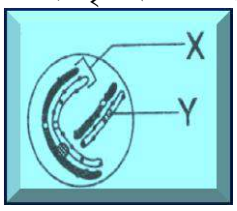
২১। নিচের কোনটিতে ক্রোমোজোম গতিপ্রাপ্ত হয়? *[কু. বো. '১৭]*
(ক) প্রোফেজ (খ) মেটাফেজ
(গ) অ্যানাফেজ (ঘ) টেলোফেজ

২২। প্রোফেজ-১ এর কোন উপপর্যায়ে নিউক্লিয়াস মেমব্রেনের অবলুপ্তি ঘটে? *[দি. বো. '১৯]*
(ক) জাইগোটিন (খ) প্যাকাইটিন
(গ) ডিপ্লোটিন (ঘ) ডায়াকাইনেসিস

২৩। মাইটোসিসের কোন পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলো কোষের বিষুবতলে অবস্থান করে? *[য. বো. '১৬]*
(ক) প্রোফেজ (খ) প্রোমেটাফেজ
(গ) মেটাফেজ (ঘ) অ্যানাফেজ

২৪। কোষ চক্রের কোন দশায় DNA প্রতিলিপন ঘটে?
(ক) M- দশায় (খ) G_1- দশায়
(গ) G_2- দশায় (ঘ) S- দশায়

২৫। উদ্দিপকের 'X' অংশ সৃষ্টি হয় কোন প্রক্রিয়ায়?



(ক) বাইভ্যালেন্ট (খ) সিন্যাপসিস
(গ) মিলকরণ (ঘ) প্রান্তীয়করণ

২৬। উদ্দিপকের 'Y' অংশের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য-
i. এটি গোলাকার বর্ণহীন
ii. এর ওপর ভিত্তি করে ক্রোমোজোমকে ভাগ করা হয়
iii. এটি প্রোটিন সংশ্লেষে সহায়তা করে
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) *i* ও *ii* (খ) *i* ও *iii*
(গ) *ii* ও *iii* (ঘ) *i*, *ii* ও *iii*

২৭। কোন উপধাপে ক্রসিং ওভার ঘটে? *[রা. বো. '১৯]*
(ক) লেপ্টোটিনে (খ) জাইগোটিন
(গ) প্যাকাইটিনে (ঘ) ডিপ্লোটিনে

২৮। মাইটোসিস কোষ ভিজনের কোন ধাপে নিউক্লিওলাসের বিলুপ্তি ঘটে? *[সি. বো. '১৬]*
(ক) প্রোফেজ (খ) ইন্টারফেজ
(গ) অ্যানাফেজ (ঘ) টেলোফেজ

২৯। কোষ বিভাজনের কোন ধাপে ক্রোমোজোম মেরুর দিকে গমন করে? *[কু. বো. '১৫]*
(ক) প্রোফেজ (খ) মেটাফেজ
(গ) অ্যানাফেজ (ঘ) টোলোফেজ

৩০। হ্যাপ্লয়েড জীবের কোথায় মিয়োসিস সংঘটিত হয়? *[দি. বো. '১৫]*
(ক) জাইগোট (খ) জনন মাতৃকোষ
(গ) দেহকোষ (ঘ) জননকোষ

৩১। কোষ ভিভাজনের কোন পর্যায়ে ক্রোমোসোমগুলো বিষুবীয় অঞ্চলে অবস্থান করে?
(ক) প্রোফেজ (খ) মেটাফেজ
(গ) টেলোফেজ (ঘ) অ্যানাফেজ

📖 উদ্দীপকটি পড়ে ৩৬ ও ৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
উন্নতজাতের ফসলি উদ্ভিদ 'ইরি' উৎপাদনে কোষ বিভাজনের ভূমিকা রয়েছে।

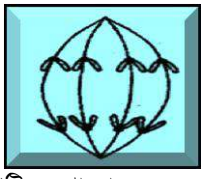
৩২। উদ্দীপকের উদ্ভিদটি উন্নত কেন?
(ক) ক্রসিং ওভারের জন্য (খ) সিন্যাপসিসের জন্য
(গ) প্রান্তীকরণের জন্য (ঘ) মেটাকাইনেসিসের জন্য

৩৩। উদ্দীপকের উদ্ভিদটি উৎপাদনে কোষ বিভাজনের কোন পর্যায়ের ভূমিকা রয়েছে?
(ক) লেপ্টোটিন (খ) জাইগোটিন
(গ) ডিপ্লোটিন (ঘ) প্যাকাইটিন

📖 উদ্দীপকে আলোকে ৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
উচ্চ শ্রেণির উদ্ভিদে বিশেষ এক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে জননকোষ সৃষ্টি হয়। এই প্রক্রিয়ার কোনো এক ধাপে ক্রোমোজোমর মধ্যে ক্রস চিহ্ন সৃষ্ট হয়ে থাকে।

৩৪। উদ্দীপকে বর্ণিত প্রক্রিয়াটি হলো-
(ক) অ্যামাইটোসিস (খ) দ্বিবিভাজন
(গ) মিয়োসিস (ঘ) মাইটোসিস

📖 নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং ৩৫ ও ৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:



৩৫। উদ্দীপকে যে ধাপটি দেখানো হয়েছে তার পূর্ববর্তী ধাপের বৈশিষ্ট্য কোনটি? *[য. বো. '১৫]*
(ক) ক্রোমোজোম সেন্ট্রোমিয়ার ব্যতীত অনুদৈর্ঘ্যভাবে বিভক্ত করা
(খ) দুই মেরুযুক্ত স্পিন্ডল যন্ত্রের সৃষ্টি হয়
(গ) সেন্ট্রোমিয়ারের পূর্ণ বিভক্তি ঘটে
(ঘ) ক্রোমোজোমগুলো ক্রমশঃ সরু হতে থাকে

৩৬। উপরোক্ত কোষ বিভাজনটি যে প্রকৃতির তার জন্য নিচের কোনটি সঠিক? *[য. বো. '১৫]*
(ক) ক্রসিংওভার ঘটে
(খ) সিন্যাপসিস দেখা যায়
(গ) নিউক্লিয়াস দুইবার ও ক্রোমোজোম একবার বিভাজিত হয়
(ঘ) অপত্য কোষের ক্রোমোজোমের সংখ্যা মাতৃকোষের সমান থাকে

৩৭। মাইটোসিস কোষের ভিতরে নিউক্লিয়াসের বিভাজনকে বলা হয়-
(ক) অ্যামাইটোসিস (খ) ক্যারিওকাইনেসিস
(গ) মিয়োসিস (ঘ) সাইটোকাইনেসিস

📖 সঠিক উত্তর : অনুশীলনী-২ 📖

১	২	৩	৪	৫	৬	৭	৮	৯	১০	১১	১২	১৩	১৪	১৫	১৬	১৭	১৮	১৯	২০
ঘ	ঘ	খ	ক	খ	গ	ঘ	খ	খ	ক	গ	গ	ঘ	খ	খ	ক	ঘ	ঘ	ঘ	ঘ
২১	২২	২৩	২৪	২৫	২৬	২৭	২৮	২৯	৩০	৩১	৩২	৩৩	৩৪	৩৫	৩৬	৩৭	*	*	*
গ	ঘ	গ	ঘ	খ	ক	গ	ক	গ	খ	খ	ক	ঘ	গ	গ	ঘ	খ	*	*	*