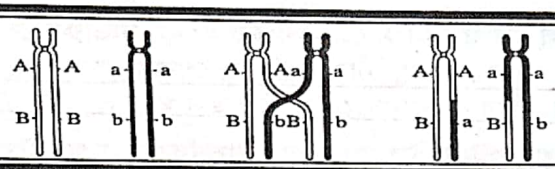
অধ্যায় ২



কোষ বিভাজন
Cell Division

জীবের বৃদ্ধি ও পরিস্ফুটন নির্ভর করে কোষের বিভাজন এবং আয়তনে বৃদ্ধি হওয়ার উপর। বহুকোষী জীবের ক্ষেত্রে এককোষী জাইগোট বিভাজিত হয়ে বিভিন্ন টিস্যুতে পরিণত হয়ে পূর্ণাঙ্গ জীবদেহ গঠন করে। জীবের অযৌন ও যৌন জননও কোষ বিভাজনের উপর নির্ভরশীল। এ অধ্যায়ে মাইটোসিস ও মিয়োসিস কোষ বিভাজনের বিভিন্ন ধাপের সচিত্র বর্ণনা এবং জীবদেহে এদের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করা হয়েছে।

প্রধান শব্দাবলি (Key words)

□ কোষচক্র □ সাইটোকাইনেসিস
□ সিন্যাপসিস □ ক্রসিংওভার

এ অধ্যায়ের পাঠগুলো পড়ে যা যা শিখব

- ❖ মাইটোসিসের ব্যাখ্যা
- ❖ মাইটোসিসের গুরুত্ব
- ❖ মিয়োসিসের পর্যায়সমূহ
- ❖ জীবদেহে মিয়োসিসের গুরুত্ব
- ❖ জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষায় মিয়োসিস কোষ বিভাজনের অবদান
- ❖ **ব্যবহারিক :** মাইটোসিস বিভাজন পর্যবেক্ষণ করে চিত্র অঙ্কন

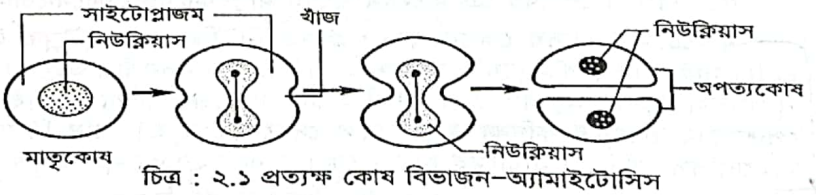
পাঠ পরিকল্পনা

পাঠ ১	কোষ বিভাজনের প্রকারভেদ
পাঠ ২	মাইটোসিস কোষ বিভাজন
পাঠ ৩	মাইটোসিস বিভাজনের ধাপসমূহ
পাঠ ৪	মিয়োসিস কোষ বিভাজন
পাঠ ৫	মিয়োসিস বিভাজনের ধাপসমূহ : মিয়োসিস-১
পাঠ ৬	মিয়োসিস বিভাজনের ধাপসমূহ: মিয়োসিস-২
পাঠ ৭	মিয়োসিস কোষ বিভাজনের গুরুত্ব
পাঠ ৮	**ব্যবহারিক:** মাইটোসিস বিভাজনের বিভিন্ন পর্যায় (স্থায়ী স্লাইড) পর্যবেক্ষণ

প্রতিটি জীবের জীবন শুরু হয় একটিমাত্র কোষ দিয়ে। প্রকৃতপক্ষে এ কোষটিরও উৎপত্তি হয় আগের কোন কোষ থেকেই। **রুডলফ ভিরশাও** (Rodolf Virchow, 1858) যথার্থই বলেছেন যে **"গাছ থেকে যেমন গাছের সৃষ্টি হয়, প্রাণী থেকে সৃষ্টি হয় প্রাণী, ঠিক তেমনি কোষ থেকেই কেবল কোষের সৃষ্টি হতে পারে"**। **ওয়াল্টার ফ্লেমিং** (Walter Flemming, 1882) সর্বপ্রথম *Triturus maculosa* (সামুদ্রিক স্যালামান্ডার)-এর কোষে **কোষ বিভাজন** পর্যবেক্ষণ করেন। জীবদেহে কোষ বিভাজন একটি মৌলিক ও অত্যাবশ্যকীয় প্রক্রিয়া, এর মাধ্যমেই জীবের দৈহিক বৃদ্ধি ও বংশবৃদ্ধি ঘটে। **যে প্রক্রিয়ায় জীবকোষে বিভক্তির মাধ্যমে একটি থেকে দুটি বা চারটি কোষের সৃষ্টি হয় তাকে কোষ বিভাজন বলা হয়।** কোষ বিভাজনের ফলে সৃষ্ট নতুন কোষকে বলে **অপত্য কোষ** (daughter cell) এবং যে কোষটি থেকে অপত্য কোষ সৃষ্টি হয় সে কোষটি হলো **মাতৃকোষ** (mother cell)। উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে তিনধরনের কোষ বিভাজন দেখা যায়, যেমন–১. **অ্যামাইটোসিস,** ২. **মাইটোসিস** ও ৩. **মিয়োসিস**। নিচে এদের বর্ণনা দেয়া হলো।

অ্যামাইটোসিস বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন (Amitosis or Direct Cell division)

যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় একটি মাতৃকোষের নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজম কোনো জটিল মাধ্যমিক পর্যায়ে ছাড়াই সরাসরি বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য (শিশু) কোষের সৃষ্টি করে, তাকে অ্যামাইটোসিস বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন বলে। কোষ বিভাজনের শুরুতে নিউক্লিয়াসটি ধীরে ধীরে লম্বা হতে থাকে এবং পরে দু'প্রান্ত মোটা ও মাঝের অংশটি সরু হয়ে ডাম্বেলের আকৃতি ধারণ করে। মাঝের সরু অংশটি ক্রমশ আরও সরু হয়ে দুটি খন্ডে বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। নিউক্লিয়াসের বিভাজনের সাথে সাথে কোষের কোষপ্রাচীরটি মধ্যভাগে ভিতরের দিকে প্রবেশ করে সাইটোপ্লাজমকেও দুভাগে বিভক্ত করে ফেলে এবং দুটি অপত্য কোষের



চিত্র : ২.১ প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন–অ্যামাইটোসিস

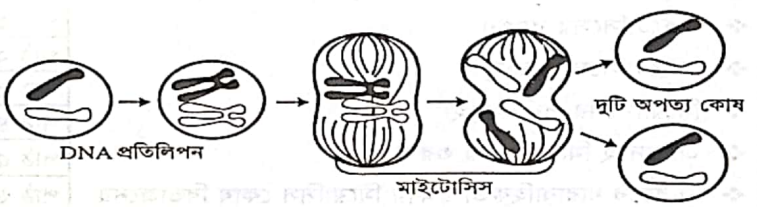
সৃষ্টি করে। এধরনের কোষ বিভাজনে স্পিন্ডল যন্ত্র ও ক্রোমোজোম গঠিত হয়না, নিউক্লিয়াসের বিভাজনে কোন দশা ঘটেনা তাই একে **প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন** বলে। ব্যাকটেরিয়া, নীলাভ সবুজ শৈবাল, অ্যামিবা, কতক ছত্রাকে (ঈস্ট) অর্থাৎ এককোষী জীবে, বিশেষ করে আদিকোষীয় জীবে এধরনের কোষ বিভাজন ঘটে।

তাৎপর্য : (i) অ্যামাইটোসিস প্রক্রিয়া থেকেই জটিল ও উন্নত কোষ বিভাজন পদ্ধতির উৎপত্তি হয়েছে।
(ii) কোনো কোনো এককোষী জীবের সংখ্যা বৃদ্ধির ক্ষেত্রে অ্যামাইটোসিস প্রক্রিয়াটি অত্যন্ত ফলপ্রসু।

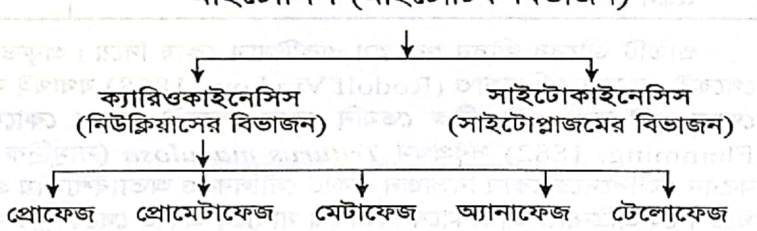
মাইটোসিস বা সমীকরণিক কোষ বিভাজন (Mitosis = My toe sis or Equational Cell Division)

যে জটিল ও ধারাবাহিক প্রক্রিয়ায় জীবের মাতৃকোষ পর্যায়ক্রমে এর নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমের মাত্র একবার বিভাজনের মাধ্যমে সমান সংখ্যক ক্রোমোজোম ও সমগুণসম্পন্ন দুটি সম আকৃতির নতুন অপত্য কোষের সৃষ্টি করে তাকে মাইটোসিস বা মাইটোটিক 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** (Mitotic Cell Division) নামে অভিহিত করেন। কোষের নিউক্লিয়াসের বিভাজনকে **ক্যারিওকাইনেসিস** (Karyokinsis) এবং সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে **সাইটোকাইনেসিস** (cytokinesis) বলা হয়। নিউক্লিয়াসের এমন বিভাজন প্রথম দেখতে পান **শ্লাইখার** (Schleicher, 1879) এবং এর নাম দেন Karyokinesis। **ওয়াল্টার ফ্লেমিং** (Walter Flemming, 1882) এ বিভাজনকে Mitosis নামে আখ্যায়িত করেন।



চিত্র ২.২ : মাইটোটিক বিভাজনের সরল চিত্ররূপ



মাইটোসিসের বৈশিষ্ট্য

১. মাইটোসিসের ফলে একটি নিউক্লিয়াস থেকে দুটি নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়।

২. মাইটোসিস বিভাজনে মাতৃকোষের প্রতিটি ক্রোমোজোম সেন্ট্রোমিয়ারসহ লম্বালম্বিভাবে সমান দুই অংশে ভাগ হয় এবং প্রতিটি অংশ এর নিকটবর্তী মেরুতে গমন করে। ফলে সৃষ্ট নতুন কোষদুটিতে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার সমান থাকে। তাই **মাইটোসিসকে ইকোয়েসনাল** (equational) বা **সমীকরণিক বিভাজন**-ও বলা হয়।

৩. প্রতিটি ক্রোমোজোম লম্বালম্বিভাবে বিভক্ত হয়ে যে দুটি ক্রোমাটিড তৈরি করে তা অপত্য ক্রোমোজোম হিসেবে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসে প্রবেশ করে। কাজেই অপত্য কোষদুটি সর্বতোভাবে সমগুণসম্পন্ন হয়।

৪. মাইটোটিক কোষ বিভাজনের ফলে সৃষ্ট কোষ বৃদ্ধি পেয়ে মাতৃকোষের সমান হয়।

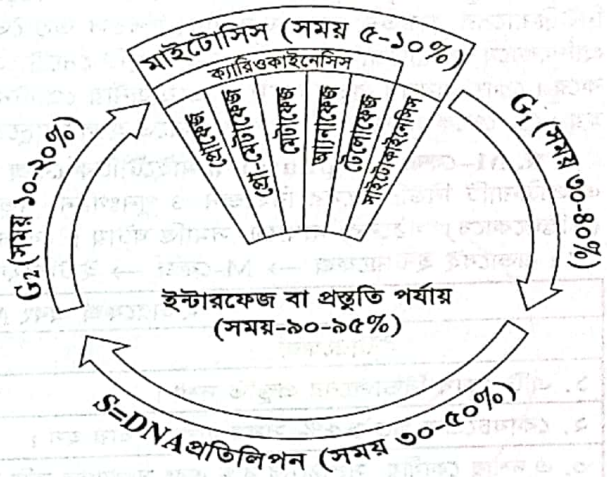
৫. অপত্য কোষের ক্রোমাজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার সমান থাকে।

মাইটোসিস যেসব কোষে ঘটে : প্রকৃত নিউক্লিয়াসযুক্ত (উন্নত উদ্ভিদকোষ ও প্রাণিকোষ) **দেহকোষ** (somatic cell) মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়। উদ্ভিদের বর্ধনশীল অংশের যথা-কাণ্ড ও মূলের অগ্রভাগ, ভ্রূণমুকুল, ভ্রূণমূল, পুষ্পমুকুল, অগ্রমুকুল, বর্ধনশীল পাতা ইত্যাদির ভাজক টিস্যুর কোষ এ প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়। প্রাণীর স্নায়ুকোষ, পেশিকোষ, লোহিত কণিকা ছাড়া সকল দেহকোষ এ প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে থাকে। জননাঙ্গের গঠন এবং বৃদ্ধিও মাইটোসিস প্রক্রিয়ার মাধ্যমেই হয়ে থাকে। জীবদেহের অঙ্গের বিকাশ ও বৃদ্ধি এই বিভাজনের ফল।

CamScanner

কোষচক্র (Cell cycle)

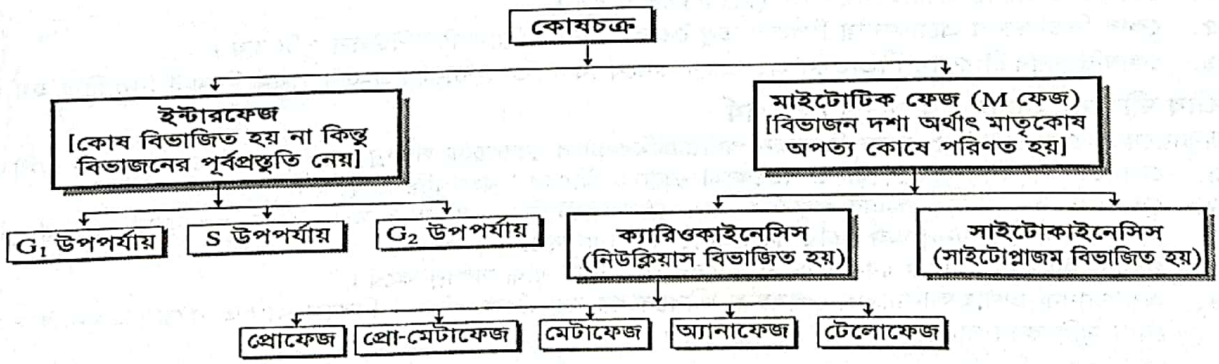
একটি বর্ধিষ্ণু কোষের জীবন শুরু হয় মাতৃকোষের বিভাজনের মাধ্যমে এবং শেষও হয় বিভাজিত হয়ে অপত্য কোষ সৃষ্টির মধ্য দিয়ে। কোষের এ বৃদ্ধির বিভিন্ন পর্যায় চক্রাকারে সম্পন্ন হয়। **কোষ সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি এবং পরবর্তীতে বিভাজন– এ তিনটি কাজ যে চক্রের মাধ্যমে সম্পন্ন হয় তাকে কোষচক্র বলে। হাওয়ার্ড** ও **পেল্ক** (Howard & Pelc, 1953) এ কোষচক্রের প্রস্তাব করেন। চক্রটিকে তাই **হাওয়ার্ড-পেল্ক কোষচক্র**ও বলা হয়। এ চক্রটি বারবার চলতেই থাকে। মানবদেহে কোষচক্রের সময়কাল প্রায় ২৪ ঘণ্টা, ঈস্টকোষে এ সময়কাল ৯০ মিনিট। বিভাজনের জন্য অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক সংকেত (signal)-এর প্রয়োজন হয়। সব কোষই বিভাজনক্ষম এমন নয়। যেমন-পেশিকোষ, স্নায়ুকোষ, লোহিত রক্ত কণিকা, উদ্ভিদের স্থায়ী কোষসমূহ ইত্যাদি বিভাজিত হতে পারে না। আবার কিছু কোষ দ্রুত বিভাজনে সক্ষম, যেমন- ভ্রূণকোষ, মূল ও কান্ডের শীর্ষ মেরিস্টেম কোষ ইত্যাদি। একটি জেনেটিক প্রোগ্রাম দ্বারা কোষচক্র নিয়ন্ত্রিত হয়। কোষচক্রের প্রধান দুটি ধাপ রয়েছে– (ক) **ইন্টারফেজ** এবং (খ) **মাইটোটিক ফেজ** বা **এম.ফেজ**। নিচে এদের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দেয়া হলো।



চিত্র ২.৩ : হাওয়ার্ড ও পেল্ক-এর কোষচক্র

ক. ইন্টারফেজ (Interphase) : মাইটোসিস কোষ বিভাজন শুরু করার প্রস্তুতি পর্বকে **ইন্টারফেজ** বলে। এটি একটি কোষের পরপর দুই বিভাজনের মধ্যবর্তী সময়। এ অধ্যায়টি কোষচক্রের ৯০–৯৫ ভাগ সময় জুড়ে চলে থাকে। এ সময় কোষের ভৌত গঠনে তেমন পরিবর্তন দেখা যায় না। কিন্তু পরবর্তী মাইটোটিক ফেজ-এর প্রয়োজনীয় বিভিন্ন রাসায়নিক পরিবর্তনের এক ব্যাপক বিপাকীয় কর্মকান্ড ইন্টারফেজে ঘটে। ইন্টারফেজ দশার স্থায়িত্বকাল অন্যান্য দশার চেয়ে বেশি। যেমন–মানুষের কোষ বিভাজনের মোট সময়কাল ২৪ ঘণ্টা, সেক্ষেত্রে ইন্টারফেজে ব্যয় হয় ২৩ ঘণ্টা। ইন্টারফেজ দশার বিভিন্ন পরিবর্তনকে মোট তিনটি উপধাপ বা উপপর্যায়ে বিভক্ত করা যায়, যথা- G_1ফেজ, Sফেজ ও G_2ফেজ।

১. **G_1(Gap–1) ফেজ :** এটি ইন্টারফেজ পর্বের প্রথম উপপর্যায়। একটি কোষ পরবর্তীতে বিভাজন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে কিনা, তার সিদ্ধান্ত নেয়া হয় G_1 উপপর্যায়ে। কোষটি মাইটোটিক কোষ বিভাজনের জন্য উপযুক্ত হলে সেখানে **সাইক্লিন** নামক এক বিশেষ প্রোটিন তৈরি হয় যা Cdk (Cyclin dependent Kinase)-এর সাথে যুক্ত হয়ে সমগ্র প্রক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত ও নিয়ন্ত্রণ করে। Cdk ফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করে। এ সময় প্রয়োজনীয়



অন্যান্য প্রোটিন, RNA এবং DNA প্রতিলিপনের (রেপ্লিকেশন) সব উপাদান তৈরি হয়। কোষটি আকৃতিতে বড় হয় এবং নিউক্লিয়াসের আকার বৃদ্ধি পেতে থাকে। মোট কোষচক্রের ৩০–৪০% সময় এই উপপর্যায়ে ব্যয় হয়।

২. **S-ফেজ (S=Synthesis** অর্থাৎ সংশ্লেষণ) : S-ফেজকে DNA সংশ্লেষণ পর্যায় বলা হয়। এ পর্যায়ে DNA অণুর প্রতিলিপন ঘটে। একটি দ্বিতন্ত্রী DNA অণু দৈর্ঘ্য বরাবর দুটি দ্বিতন্ত্রী DNA অণুতে পরিণত হয়। প্রতিটি ডিপ্লয়েড কোষে DNA-এর পরিমাণ দ্বিগুণ হয়ে যায়। এসময় **হিস্টোন** প্রোটিন সংশ্লেষ হয়। মোট সময়ের ৩০–৫০% এখানে ব্যয় হয়।

৩. **G_2 (Gap–2)ফেজ :** S পর্যায়ের পর মাইটোটিক ফেজ শুরু হওয়া পর্যন্ত সময়কে G_2 ফেজ বলে। এসময় নিউক্লিয়াসের আয়তন বেড়ে যায় এবং স্পিন্ডল তন্তু তৈরির জন্য মাইক্রোটিউবিউল গঠনকারী পদার্থের সংশ্লেষণ ঘটে। প্রাণিকোষে সেন্ট্রোজোমটি বিভাজিত হয়ে দুটি সেন্ট্রোজোমে পরিণত হয়। সেন্ট্রোজোম মাইক্রোটিউবিউলস তৈরির সূচনা করে। কোষ এসময় প্রচুর ATP ও প্রয়োজনীয় প্রোটিন অণুতে পূর্ণ থাকে। মোট সময়ের ১০–২০% এ উপপর্যায়ে ব্যয় হয়। G_2 থেকে মাইটোসিসে প্রবেশ করতে হলে **ম্যাচুরেশন প্রোমোটিং ফ্যাক্টর** (MPF) নামক প্রোটিনের প্রয়োজন পড়ে।

খ. M–ফেজ (M-phase) বা মাইটোটিক ফেজ : এ অধ্যায়ে মাইটোসিসের মূল ভৌত বিষয়টি সম্পন্ন হয়। জটিল এ প্রক্রিয়াটি নিউক্লিয়াসের বিভাজন ও পুনঃগঠন, নতুন দুটি কোষে সাইটোপ্লাজমের গমন, কোষঝিল্লি ও কোষপ্রাচীর (উদ্ভিদকোষে) গঠনের মাধ্যমে সমাপ্তি ঘটায়। কোষচক্রের মোট সময়ের মাত্র ৫-১০ ভাগ সময় এ পর্যায়ে ব্যয় হয়। এভাবেই ইন্টারফেজ → M-ফেজ → ইন্টারফেজ চক্রাকারে চলতে থাকে।

ইন্টারফেজ এবং M-phase এর মধ্যে পার্থক্য

ইন্টারফেজ	M-phase
১. এটি কোষ বিভাজনের প্রস্তুতি দশা।	১. এটি কোষের প্রকৃত বিভাজন দশা।
২. কোষচক্রের ৯০-৯৫% সময় এখানে ব্যয় হয়।	২. কোষ চক্রের ৫-১০% সময় এখানে ব্যয় হয়।
৩. এ দশায় কোষীয় সংগঠনের বৃদ্ধি এবং সংখ্যাগত বৃদ্ধি ঘটে।	৩. এ দশায় কোষীয় সংগঠনের বিস্তার ও বিভাজন ঘটে।
৪. এ দশায় বংশগত বস্তু ক্রোমাটিন হিসেবে থাকে।	৪. এ দশায় বংশগত বস্তু ক্রোমোজোম হিসেবে থাকে।

ইন্টারফেজ-এর গুরুত্ব : পূর্বে ইন্টারফেজ ধাপকে **বিশ্রাম অবস্থা** হিসেবে ধারণা করা হলেও ১৯৫০ এর দিকে জানা যায় এটি একটি সক্রিয় ধাপ। নিচে জীবের জীবনে ইন্টারফেজের গুরুত্ব উল্লেখ করা হলো।

১. কোষ বিভাজনের পূর্বশর্ত হচ্ছে ইন্টারফেজ। এ পর্বটি সম্পন্ন না হলে কোষবিভাজন ঘটবে না। কোষ বিভাজন না ঘটলে কোষের সংখ্যাবৃদ্ধি হবে না ফলে জীবদেহ পূর্ণাঙ্গতা লাভ করবে না অর্থাৎ নতুন জীব সৃষ্টি হবে না।
২. কোষের স্বাভাবিক কর্মকান্ড সম্পাদনসহ কোষের বৃদ্ধি এবং বিভাজনের জন্য প্রয়োজনীয় বিভিন্ন প্রোটিন এবং নিউক্লিক এসিড উপাদান ইন্টারফেজ ধাপেই সংশ্লেষ হয়।
৩. এ ধাপেই DNA প্রতিলিপন (রেপ্লিকেশন) ঘটে।
৪. কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় শক্তি (ATP) তৈরি হয়।
৫. কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় স্পিন্ডল তন্তু তৈরির জন্য মাইক্রোটিউবিউলস সৃষ্টি হয়।
৬. কোষটি পরবর্তী কোষ বিভাজনে অংশগ্রহণ করবে কিনা তা ইন্টারফেজ-এর প্রথম দিকেই নির্ধারিত হয়।

জীব জীবনে কোষচক্রের গুরুত্ব / তাৎপর্য

ইন্টারফেজ ও মাইটোটিক কোষ বিভাজন পর্যায়ক্রমিকভাবে কোষচক্র সম্পন্ন করে। কোষচক্রের গুরুত্ব অসীম।

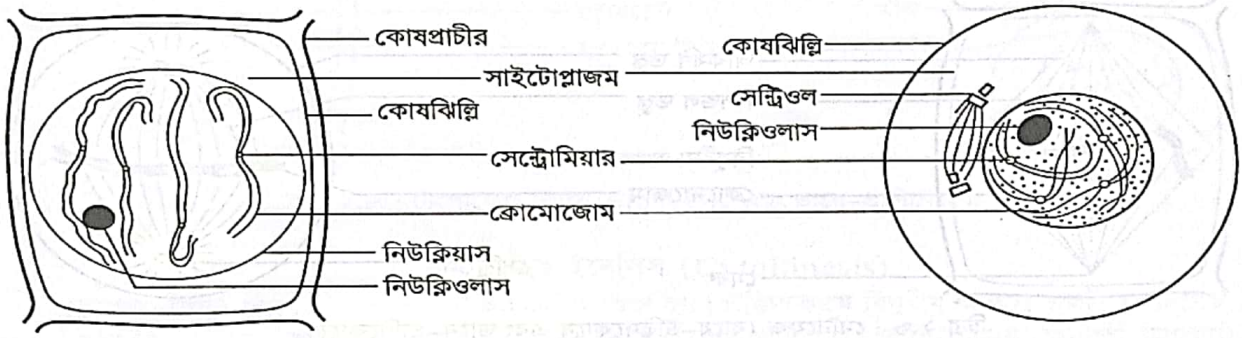
১. কোষচক্র না হলে এককোষী বা বহুকোষী কোনো জীবেরই বংশবৃদ্ধি হবে না।
২. কোষচক্রের ইন্টারফেজ-এর প্রস্তুতির কারণেই মাইটোসিস হয়, আর মাইটোসিস বহুকোষী জীবের বৃদ্ধি ও বিকাশ ঘটায়, প্রজনন অঙ্গ তৈরি করে এবং ক্ষয়পূরণ করে।
৩. প্রতিটি জীবে স্বাভাবিক কোষচক্র ঐ জীবের স্বাভাবিক বৃদ্ধি সম্পন্ন করে।
৪. অস্বাভাবিক অর্থাৎ অনিয়ন্ত্রিত কোষচক্র জীবদেহের স্বাভাবিক বৃদ্ধি ও বিকাশ ব্যাহত করে। এমনকি ক্যান্সার রোগ সৃষ্টি করে থাকে।

CamScanner

মাইটোসিস বিভাজনের বিভিন্ন দশা বা পর্যায়সমূহ

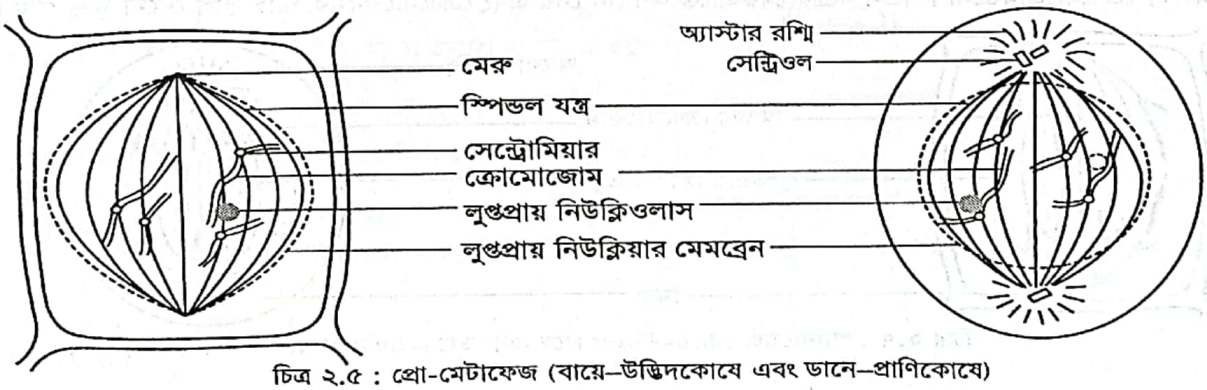
মাইটোসিস বলতে **ক্যারিওকাইনেসিস**-কেই বোঝানো হয়ে থাকে কারণ এটি নিউক্লিয়াসের বিভাজন। মাইটোসিস বিভাজন একটি নিরবচ্ছিন্ন বা ধারাবাহিক প্রক্রিয়া বলে একে বিভিন্ন পর্যায়ে ভাগ করা সঠিক নয়। তবুও বর্ণনার সুবিধার্থে এ প্রক্রিয়াটিকে নিচে বর্ণিত পাঁচটি প্রধান দশা বা পর্যায়ে ভাগ করা হয়ে থাকে।

১. প্রোফেজ (Prophase; গ্রিক. *pro* = আদ্য + *phase* = দশা) বা **আদ্য পর্যায় :** মাইটোসিসের প্রথম ও সবচেয়ে দীর্ঘস্থায়ী পর্যায়কে **প্রোফেজ** বলে। এ পর্যায়ে কোষের নিউক্লিয়াস আকারে বড় হয়। পানি বিয়োজনের ফলে জড়ানো সুতার মতো নিউক্লিয়ার রেটিকুলাম (ক্রোমাটিন তন্তু) ভেঙ্গে নির্দিষ্ট সংখ্যক সরু আঁকাবাঁকা সুতার মতো **ক্রোমোজোম** গঠন করে। প্রতিটি ক্রোমোজোম লম্বালম্বিভাবে বিভক্ত হয়ে দুটি করে **ক্রোমাটিড** সৃষ্টি করে। ক্রোমাটিড দুটি **সেন্ট্রোমিয়ার**-এ যুক্ত থেকে পরস্পর প্রায় সমান্তরালে অবস্থান করে। প্রোফেজের অগ্রগতির সাথে সাথে ক্রোমোজোমগুলো কুন্ডলী পাকিয়ে সংকুচিত হয়ে ক্রমশ মোটা ও খাটো এবং স্পষ্ট হতে স্পষ্টতরভাবে দৃষ্টিগোচর হয়। সাইক্লিন নির্ভর কাইনেজ (Cdk) কর্তৃক প্রোটিনের ফসফোরাইলেশনের কারণে ক্রোমোজোম সংকোচন শুরু হয়। প্রাণিকোষের সেন্ট্রিওল বিভক্ত হয়ে মেরুর দিকে গমন করে।



চিত্র ২.৪: প্রোফেজ (বায়ে–উদ্ভিদকোষে এবং ডানে–প্রাণিকোষে)

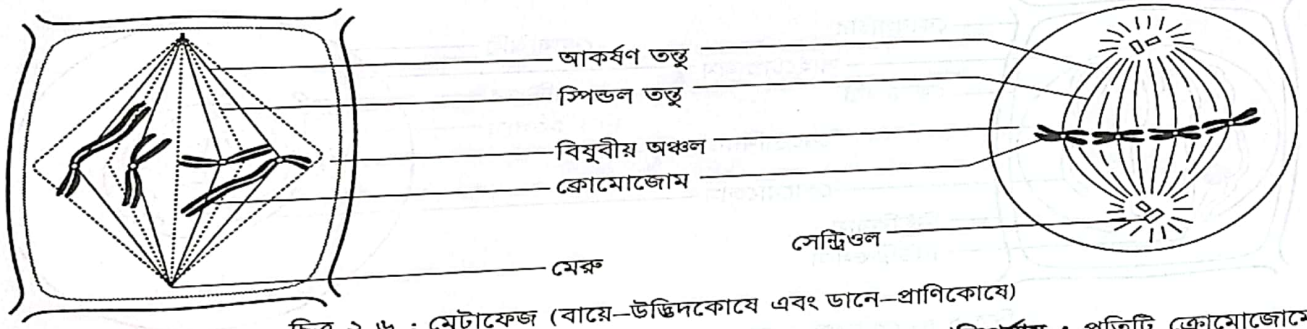
২. প্রো-মেটাফেজ (Pro-metaphase; গ্রিক. *pro* = পূর্ব + *meta* = মধ্য + *phase* = দশা) বা **প্রাক মধ্যপর্যায়:** প্রোফেজ ও মেটাফেজ দশার মধ্যবর্তী পর্যায়টি **প্রো-মেটাফেজ**। এটি মাইটোসিসের দ্বিতীয় ও স্বল্পস্থায়ী দশা। এ দশায় নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাসের বিলুপ্তি ঘটতে থাকে। প্রোটিন নির্মিত ও দু'মেরুবিশিষ্ট তন্তুযুক্ত একটি **স্পিন্ডল যন্ত্র** (spindle apparatus)-এর আবির্ভাব ঘটে। এতে দু'ধরনের তন্তু দেখা যায়, যেমন–একমেরু থেকে অপর মেরু পর্যন্ত বিস্তৃত **স্পিন্ডল তন্তু** (spindle fibre) এবং ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ারের সাথে যুক্ত



চিত্র ২.৫ : প্রো-মেটাফেজ (বায়ে–উদ্ভিদকোষে এবং ডানে–প্রাণিকোষে)

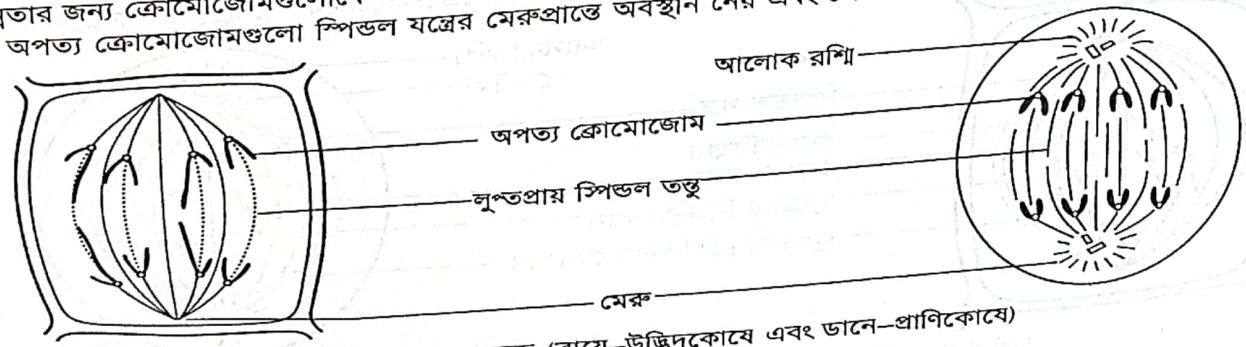
ক্রোমোজোমাল বা ট্র্যাকশন তন্তু (traction fibre)। স্পিন্ডল যন্ত্রের মধ্যভাগ হচ্ছে **বিষুবীয় অঞ্চল**। প্রোমেটাফেজ পর্যায়ে ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার স্পিন্ডল যন্ত্রের ট্র্যাকশন তন্তুর সাথে যুক্ত হয়। এ সময় ক্রোমোজোম একটু আন্দোলিত হয় যাকে **ক্রোমোজোমীয় নৃত্য** বলা হয়। আসলে ক্রোমোজোমগুলো বিষুবীয় অঞ্চলের দিকে যেতে থাকে। প্রাণিকোষে দু'মেরুতে অবস্থিত সেন্ট্রিওল থেকে **অ্যাস্টার রশ্মি** (aster ray) বিচ্ছুরিত হয়। স্পিন্ডল তন্তু সেন্ট্রোমিয়ারের কাইনেটোকোরের **মটর** প্রোটিনে সংযুক্ত হয়। এই প্রোটিন ATP ভেঙ্গে ADP ও Pi সৃষ্টি করে এবং শক্তি নির্গত করে। এই শক্তি খরচ করে ক্রোমোজোম মাইক্রোটিউবিউল অনুসরন করে চলতে থাকে।

৩. **মেটাফেজ (Metaphase;** গ্রিক. *meta* = মধ্য + *phase* = দশা) বা **মধ্যপর্যায় :** এ দশায় নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাসের বিলুপ্তি ঘটে। স্পিন্ডল যন্ত্রের গঠন সম্পূর্ণ হয় এবং ক্রোমোজোমগুলো বিষুবীয় অঞ্চলে এসে সেন্ট্রোমিয়ারের মাধ্যমে আকর্ষণ তন্তুর সাথে লেগে যায়। এসময় ক্রোমোজোমগুলোকে সবচেয়ে খাটো ও মোটা দেখায়। মাইটোসিসের মেটাফেজ দশায় ক্রোমোজোমের বিষুবীয় অঞ্চলে সজ্জিত হওয়াকে **মেটাকাইনেসিস** বলে। প্রত্যেক ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিড দুটির আকর্ষণ কমে যায় এবং বিকর্ষণ শুরু হয়, তবে সেন্ট্রোমিয়ার তখনও অবিভক্ত থাকে। এ পর্যায়ের শেষদিকে সেন্ট্রোমিয়ার বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য সেন্ট্রোমিয়ার সৃষ্টি করে।



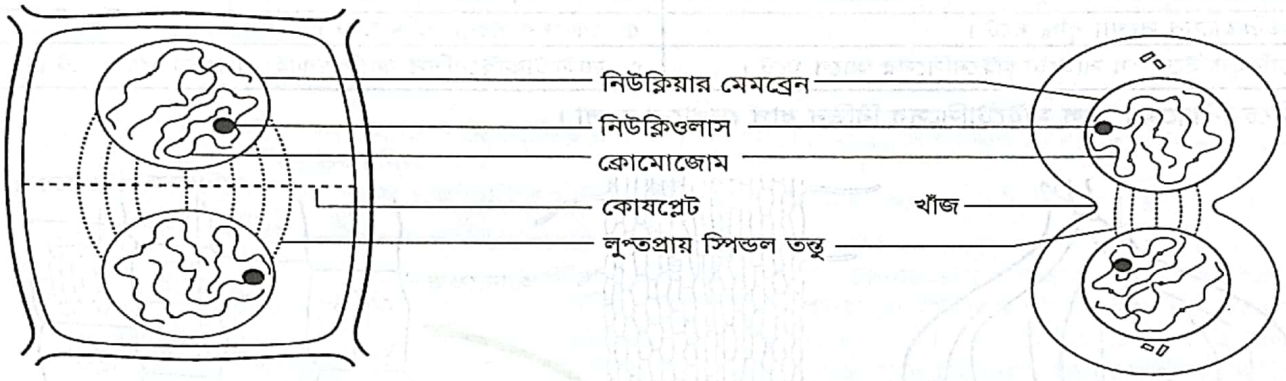
চিত্র ২.৬ : মেটাফেজ (বায়ে–উদ্ভিদকোষে এবং ডানে–প্রাণিকোষে)

৪. **অ্যানাফেজ (Anaphase;** গ্রিক. *ana* = গতি + *phase* = দশা) বা **গতিপর্যায় :** প্রতিটি ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে যায় ফলে ক্রোমাটিডদুটি আলাদা হয়ে পড়ে। এ অবস্থায় প্রতিটি ক্রোমাটিডকে **অপত্য ক্রোমোজোম** বলে এবং এতে একটি করে সেন্ট্রোমিয়ার থাকে। অপত্য ক্রোমোজোমগুলোর মধ্যে বিকর্ষণ শক্তি বেড়ে যায়, ফলে এগুলো বিষুবীয় অঞ্চল থেকে পরস্পর বিপরীত মেরুর দিকে যেতে থাকে। অর্থাৎ ক্রোমোজোমগুলোর অর্ধেক এক মেরুর দিকে এবং বাকি অর্ধেক অন্য মেরুর দিকে অগ্রসর হয়। অপত্য ক্রোমোজোমে সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থানের বিভিন্নতার জন্য ক্রোমোজোমগুলোকে তখন ইংরেজী বর্ণমালার V, L, J ও I অক্ষরের মতো দেখায়। অ্যানাফেজ দশার শেষের দিকে অপত্য ক্রোমোজোমগুলো স্পিন্ডল যন্ত্রের মেরুপ্রান্তে অবস্থান নেয় এবং ক্রোমোজোমের প্যাঁচ খুলে দৈর্ঘ্যে বৃদ্ধি পায়।



চিত্র ২.৭ : অ্যানাফেজ (বায়ে–উদ্ভিদকোষে এবং ডানে–প্রাণিকোষে)

৫. টেলোফেজ (Telophase; গ্রিক. *telo* = শেষ + *phase* = দশা) বা **অন্তপর্যায়** : এটি মাইটোসিসের শেষ পর্যায় এবং এতে যেসব পরিবর্তন দেখা যায় তা ঠিক প্রোফেজের বিপরীত। অপত্য ক্রোমোজোমগুলো বিপরীত মেরুতে এসে পৌঁছে। ক্রোমোজোমগুলোতে পানির যোজন ঘটে এবং প্যাঁচ খুলে যাওয়ায় এগুলো আগের তুলনায় বেশি সরু ও লম্বা আকার ধারণ করে, অবশেষে এগুলো জড়িয়ে গিয়ে **নিউক্লিয়ার রেটিকুলাম** গঠন করে। নিউক্লিওলাসের পুনরাবির্ভাব ঘটে। নিউক্লিয়ার রেটিকুলামকে ঘিরে পুনরায় নিউক্লিয়ার মেমব্রেনের সৃষ্টি হয়, ফলে দুই মেরুতে দুটি **অপত্য নিউক্লিয়াস** গঠিত হয়। স্পিন্ডল যন্ত্রের কাঠামো ভেঙ্গে পড়ে এবং তন্তুগুলো ধীরে ধীরে অদৃশ্য হয়ে যায়। টেলোফেজ পর্যায়ের শেষের দিকে বিষুবীয় অঞ্চল বরাবর উদ্ভিদকোষে **কোষপ্লেট** এবং প্রাণিকোষে কোষঝিল্লিতে **খাঁজ** -এর সৃষ্টি হয়।



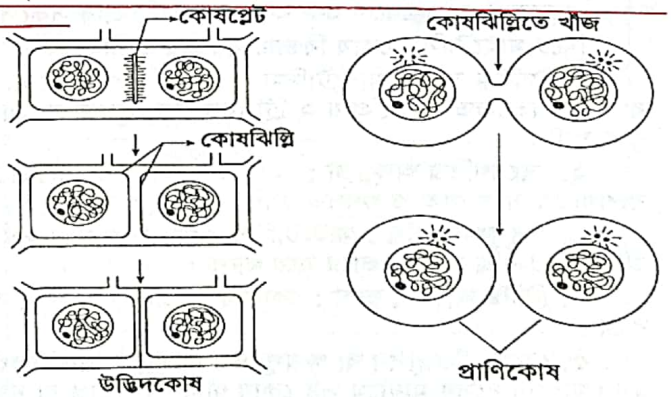
চিত্র ২.৮ : টেলোফেজ (বায়ে–উদ্ভিদকোষে এবং ডানে–প্রাণিকোষে)

সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis)

টেলোফেজ দশার শেষের দিকে সাইটোকাইনেসিস শুরু হয়। **উদ্ভিদকোষে** বিষুবীয় অঞ্চলে একটি **কোষপ্লেট** (cell plate) গঠনের মাধ্যমে সাইটোপ্লাজমের বিভাজন ঘটে। এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলামের ক্ষুদ্রাংশ **ফ্র্যাগমোপ্লাস্ট** (fragmoplast) এবং ক্ষুদ্র **ভেসিকল দানা** বিষুবীয় অঞ্চলে সঞ্চিত হয়ে কোষপ্লেট গঠন করে। এই প্লেটে ক্রমে সেলুলোজ, হেমিসেলুলোজ, পেকটিন প্রভৃতি সঞ্চিত হয়ে পুরু হয় এবং মাতৃ কোষপ্রাচীরের সাথে যুক্ত হয়ে সাইটোপ্লাজমের বিভাজন সম্পন্ন করে। এভাবে সাইটোকাইনেসিসের ফলে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়।

প্রাণিকোষের সাইটোকাইনেসিস-এর সময় কোষের প্লাজমামেমব্রেন বিষুবীয় তল বরাবর উভয়দিক থেকে ভিতরে প্রবেশ করে একটি **ক্লিভেজ খাঁজ** (cleavage furrow) সৃষ্টি করে। অ্যাকটিন ও মায়োসিন নামক প্রোটিন প্লাজমামেমব্রেনের খাঁজ সৃষ্টিতে সাহায্য করে। এসময় কোষের সাইটোপ্লাজম পরিধি থেকে আড়াআড়ি মধ্যরেখা বরাবর সংকুচিত হতে শুরু করে। এই সংকোচন ক্রমশ প্রসারিত হয়ে সাইটোপ্লাজমকে দুভাগে ভাগ করে।

সাইটোকাইনেসিস না হলে (কারিওকাইনেসিস চলতে থাকে) একই কোষে বহু নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয়। একে বলে **মুক্ত নিউক্লিয়ার বিভাজন**। ডাবের পানি মুক্ত নিউক্লিয়ার বিভাজনের ফসল। কোন কোন শৈবাল, ছত্রাক এবং প্রাণিকোষে সাইটোকাইনেসিস না ঘটে ক্যারিওকাইনেসিস ঘটে। এর ফলে একটি কোষে বহু নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয়। এ ধরনের উদ্ভিদকোষকে **সিনোসাইটিক** এবং প্রাণিকোষকে **প্লাজমোডিয়াম** বলে।

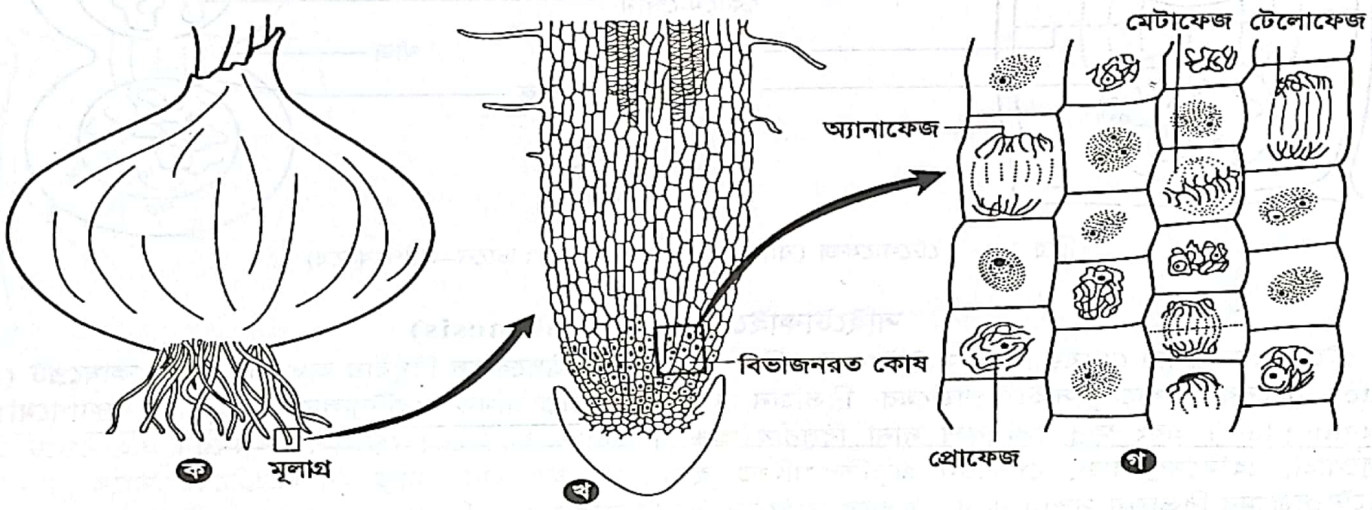


চিত্র ২.৯ : সাইটোকাইনেসিস

CamScanner

ক্যারিওকাইনেসিস এবং সাইটোকাইনেসিসের মধ্যে পার্থক্য	
ক্যারিওকাইনেসিস	**সাইটোকাইনেসিস**
১. এ পদ্ধতিতে কোষের নিউক্লিয়াসের বিভাজন ঘটে।	১. এ পদ্ধতিতে কোষের সাইটোপ্লাজমের বিভাজন ঘটে।
২. জটিল পদ্ধতি এবং দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন।	২. অপেক্ষাকৃত সরল পদ্ধতি এবং কম সময়ের প্রয়োজন।
৩. সমগ্র প্রক্রিয়াটি পাঁচটি দশা, যথা: প্রোফেজ, প্রো-মেটাফেজ, মেটাফেজ, অ্যানাফেজ এবং টেলোফেজ-এ বিভক্ত।	৩. এর কোনো দশা নেই।
৪. নিউক্লিয়াস বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়।	৪. সাইটোপ্লাজম সমান দুটি ভাগে বিভক্ত হয়।
৫. নিউক্লিয়াসের সংখ্যা বৃদ্ধি ঘটে।	৫. কোষের সংখ্যা বৃদ্ধি ঘটে।
৬. ক্যারিওকাইনেসিস সাইটোকাইনেসিসের আগে ঘটে।	৬. সাইটোকাইনেসিস ক্যারিওকাইনেসিসের পরে ঘটে।

নিচে পিঁয়াজের মূলে মাইটোসিসের বিভিন্ন ধাপ দেখানো হলো।



চিত্র ২.১০ : পিঁয়াজের মূলে মাইটোসিসের বিভিন্ন ধাপ

মাইটোসিসের গুরুত্ব বা তাৎপর্য (Significance of Mitosis)

এককোষী জীব থেকে শুরু করে বহুকোষী জীব সকলের ক্ষেত্রেই মাইটোসিস কোষ বিভাজন অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। নিচে মাইটোসিস কোষ বিভাজনের গুরুত্ব বা তাৎপর্য উল্লেখ করা হলো–

১. দৈহিক বৃদ্ধি : মাইটোসিস দ্বারা প্রাণী ও উদ্ভিদের দৈহিক বৃদ্ধি সাধিত হয়। উদাহরণস্বরূপ, একটি একক জাইগোট বারবার বিভাজিত হয়েই প্রায় ২ ট্রিলিয়ন কোষসম্পন্ন নবজাত মানব শিশু জন্মে। এমনি করেই সকল বহুকোষী জীবের দৈহিক বৃদ্ধি ঘটে।

২. বংশগতিয় অক্ষুণ্নতা : মাইটোসিসে ক্রোমোজোমের লম্বালম্বি বিভাজন ও ক্রোমাটিড উৎপাদনের ফলে জীবের বংশগতিয় সংখ্যাগত ও গুণগত বৈশিষ্ট্য অক্ষুণ্ন থাকে।

৩. সুশৃঙ্খল বৃদ্ধি : মাইটোসিস কোষ বিভাজনে সৃষ্ট অপত্য কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা ও গুণাগুণ একইরকম থাকায় জীবদেহের বৃদ্ধি সুশৃঙ্খলভাবে হয়ে থাকে।

৪. নির্দিষ্ট আয়তন রক্ষা : কোষের স্বাভাবিক আকার, আয়তন ও আকৃতি বজায় রাখতে মাইটোসিস প্রধান ভূমিকা পালন করে।

৫. কোষ প্রতিস্থাপন বা ক্ষয়পূরণ : বিভিন্ন যান্ত্রিক এবং শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় প্রতিনিয়ত জীবদেহের অসংখ্য কোষ ধ্বংস হয়। মাইটোসিসের মাধ্যমে সৃষ্ট কোষ দ্বারা ধ্বংসপ্রাপ্ত বা নষ্ট হয়ে যাওয়া কোষের স্থান পরিপূরণ হয়।

CamScanner

৬. **পুনরুৎপত্তি :** কিছু কিছু প্রাণী এর দেহের সম্পূর্ণ অঙ্গ পুনরুৎপাদন করতে সক্ষম। যেমন সমুদ্র তারার বাহু, হাইড্রার দেহের অংশ। মাইটোসিসের মাধ্যমে উৎপন্ন কোষ দ্বারাই অঙ্গের পুনরুৎপাদন সম্ভব হয়।

৭. **ভারসাম্য রক্ষা :** মাইটোসিসের ফলে কোষের নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমের মধ্যকার পরিমাণগত ও নিয়ন্ত্রণগত সূচকের ভারসাম্য রক্ষা হয়। মাইটোসিস কোষের DNA ও RNA- র শতকরা পরিমাণের মধ্যে সমতা বজায় রাখে।

৮. **প্রজনন :** জীবের অযৌন প্রজনন এবং যৌন প্রজননে জননকোষের সংখ্যাবৃদ্ধি মাইটোসিসের মাধ্যমে হয়ে থাকে।

৯. **ক্রোমাজোমের সমতা রক্ষা :** মাইটোসিস কোষ বিভাজনের কারণে দেহের সব দেহকোষে সম-সংখ্যক ও সমগুণ সম্পন্ন ক্রোমোজোম থাকে।

১০. **রাসায়নিক ভারসাম্য :** মাইটোসিসে ক্রোমোজোমের সংখ্যার পরিবর্তন হয় না বলে কোষের নিউক্লিক এসিডসহ অন্যান্য রাসায়নিক পদার্থের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে।

১১. **বংশবৃদ্ধি :** কতক এককোষী সুকেন্দ্রিক (eukaryotic) জীবে মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বংশবৃদ্ধি ঘটে (যেমন– *Chlamydomonas*)

১২. **লোহিত কণিকা উৎপাদন :** মানবদেহে লোহিত রক্ত কণিকার আয়ুষ্কাল ১২০ দিন। মাইটোসিসের মাধ্যমে অস্থিমজ্জায় ও যকৃতে প্রতিনিয়ত রক্তকণিকা উৎপাদিত হয়।

১৩. **অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিসের কুফল :** অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিসের ফলে টিউমার, ক্যান্সার সৃষ্টি ইত্যাদি হয়।

অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস

কোষচক্র নিয়ন্ত্রণকারী অণুর প্রাচুর্য ও সক্রিয়তার হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে কোষচক্রের ধারাবাহিক ঘটনাবলী অব্যাহত থাকে। প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণকারী অণু হচ্ছে দুধরনের 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 সঙ্গে 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 স্বাভাবিক কোষ বিভাজন ক্ষমতা নষ্ট হয়ে টিউমার সৃষ্টি করে পরে ক্যান্সার হতে পারে।

কোষের মৃত্যু : মানবদেহে প্রতিদিন লক্ষ লক্ষ কোষ (প্রধানত রক্তকোষ, অন্ত্রের এপিথেলিয়াল কোষ) এর মৃত্যু ঘটে। দুটি উপায়ে কোষের মৃত্যু ঘটে, যথা–**Necrosis** (পুষ্টির অভাবে বা বিষাক্ত দ্রব্যের প্রভাবে মৃত্যু) এবং **Apoptosis** (জিন নিয়ন্ত্রিত মৃত্যু)।

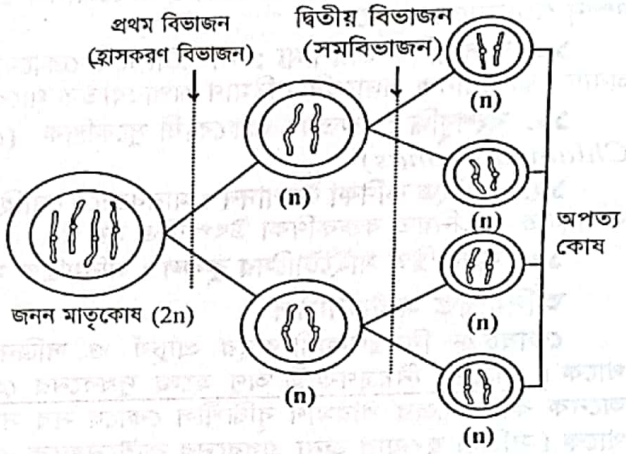
অ্যামাইটোসিস ও মাইটোসিসের মধ্যে পার্থক্য

পার্থক্যের বিষয়	অ্যামাইটোসিস	মাইটোসিস
১. দশা বা পর্যায়	এটি সরল প্রকৃতির কোষ বিভাজন, এর কোনো দশা বা পর্যায় নেই।	এটি তুলনামূলকভাবে জটিল ও ধারাবাহিক গতিশীল প্রক্রিয়া। এর বিভিন্ন দশা রয়েছে।
২. নিউক্লিয়াসের বিভাজন	এ বিভাজনে নিউক্লিয়াস সরাসরি বিভাজিত হয়।	এ বিভাজনে নিউক্লিয়াস বিভিন্ন দশার মাধ্যমে বিভাজিত হয়।
৩. বিভাজন প্রক্রিয়া	এক্ষেত্রে নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজম একত্রে বিভাজিত হয়।	এক্ষেত্রে প্রথমে নিউক্লিয়াসের (ক্যারিওকাইনেসিস) এবং পরে সাইটোপ্লাজমের (সাইটোকাইনেসিস) বিভাজন ঘটে।
৪. ফলাফল	এর মাধ্যমে এককোষী জীবেরা বংশবিস্তার ঘটায়, বৃদ্ধিতে এর কোনো ভূমিকা নেই।	এর মাধ্যমে এককোষী জীবদেহের 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 জীবদেহে অ্যামাইটোসিস দেখা যায়।	উন্নত উদ্ভিদ ও প্রাণিকোষে মাইটোসিস দেখা যায়।

CamScanner

মিয়োসিস বা হ্রাসমূলক কোষ বিভাজন (Meiosis or Reductional Cell Division)

মিয়োসিস এক বিশেষ ধরনের কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া যাতে মাতৃকোষের নিউক্লিয়াসটি উপর্যুপরি দু'বার বিভাজিত হলেও ক্রোমোজোমের বিভাজন ঘটে মাত্র একবার, ফলে অপত্য কোষে ক্রোমোজোমের সংখ্যা অর্ধেক হয়ে যায়। ১৮৮৭ খ্রিস্টাব্দে **বোভেরী** (Bovery) সর্বপ্রথম **গোলকৃমির** (Round worm) জননাঙ্গে এ ধরনের কোষ বিভাজন লক্ষ করেন। বিজ্ঞানী **স্ট্রাসবুর্গার** (Strasburger, ১৮৮৮) সপুষ্পক উদ্ভিদের জনন মাতৃকোষে এরূপ কোষ বিভাজন প্রত্যক্ষ করেন। এরপর ১৯০৫ খ্রিস্টাব্দে **ফারমার** (Farmer) ও **মুর** (Moore) এ ধরনের কোষ বিভাজনকে মিয়োসিস আখ্যা দেন। গ্রিক *Meious* (to lessen = হ্রাস করা) থেকে Meiosis শব্দের উদ্ভব ঘটে।



চিত্র ২.১১ : মিয়োসিসের প্রথম বিভাজনে ক্রোমোজোম সংখ্যা হ্রাস ও দ্বিতীয় সমবিভাজনে চারটি অপত্য কোষ সৃষ্টির চিত্ররূপ

মিয়োসিস কোথায় ও কখন হয়? (Where and when meiosis occur) : মিয়োসিস যৌন জননকারী জীবের **জনন মাতৃকোষ** (germ mother cell)-এ সম্পন্ন হয়। এটি সর্বদাই ডিপ্লয়েড (2n) সংখ্যক ক্রোমোজোম বিশিষ্ট কোষে ঘটে থাকে। উচ্চশ্রেণির উদ্ভিদের ক্ষেত্রে এ বিভাজন পরাগধানী এবং ডিম্বকের মধ্যে ঘটে। অপরদিকে প্রাণিদের ক্ষেত্রে এটি জনন অঙ্গ অর্থাৎ শুক্রাশয় ও ডিম্বাশয়ে পরিলক্ষিত হয়। নিম্নশ্রেণির জীবে (হ্যাপ্লয়েড) মিয়োসিস হয় নিষেকের পর জাইগোটে।

জীব অনুযায়ী মিয়োসিসের সময়কাল ভিন্ন হয়। যেমন–

১. ডিপ্লয়েড জীবে মিয়োসিস ঘটে গ্যামেট গঠনের ঠিক পূর্বে, অর্থাৎ যখন শুক্রাণু মাতৃকোষ থেকে শুক্রাণু উৎপন্ন হয় বা ডিম্বাণু মাতৃকোষ থেকে ডিম্বাণু উৎপন্ন হয়। এ প্রকার মিয়োসিসকে **টার্মিনাল মিয়োসিস** (terminal meiosis) বলে।

২. সপুষ্পক উদ্ভিদের ক্ষেত্রে মিয়োসিস পরাগধানীর মধ্যে মাইক্রোস্পোর (microspore) বা পুংরেণু গঠনের সময় এবং ডিম্বাশয়ের মধ্যে মেগাস্পোর (megaspore) বা স্ত্রীরেণু গঠনের সময় ঘটে। এ প্রকার মিয়োসিসকে বলে **স্পোরিক** (sporic) **মিয়োসিস**।

৩. কয়েক প্রকার ছত্রাক ও শৈবালের দেহে মিয়োসিস নিষেকের ফলে সৃষ্ট জাইগোট গঠনের পরে ঘটে। এ প্রকার মিয়োসিসকে **জাইগোটিক** (zygotic) **মিয়োসিস** বলে।

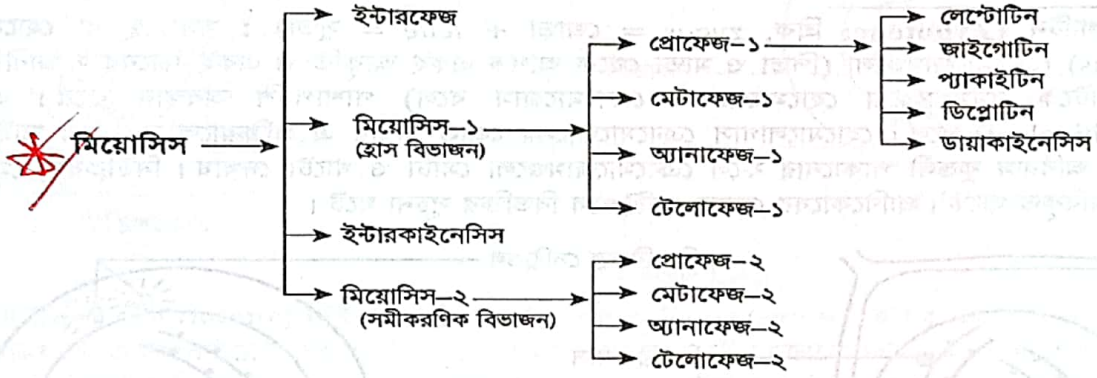
মিয়োসিস এর বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Meiosis)

১. জনন মাতৃকোষ (2n) এর নিউক্লিয়াসে মিয়োসিস ঘটে।
২. মিয়োসিসের সময় হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের মধ্যে **সিন্যাপসিস** ঘটে।
৩. কায়াজমা ও ক্রসিং ওভার দ্বারা হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের নন-সিস্টার ক্রোমোটিডের মধ্যে অংশের বিনিময়ের ফলে **নতুন চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের আবির্ভাব ঘটে**।
৪. ক্রোমোজোমের **স্বতন্ত্র বিন্যাস** ঘটে।
৫. মিয়োসিস-১ এর প্রোফেজ জটিল, দীর্ঘস্থায়ী এবং পাঁচটি উপপর্যায়ে বিভক্ত।
৬. মিয়োসিসে ক্রোমোজোম একবার এবং নিউক্লিয়াসের দু'বার বিভাজন ঘটে।
৭. মিয়োসিস-২ এর পর সাইটোকাইনেসিস ঘটে।
৮. একটি ডিপ্লয়েড (2n) কোষ থেকে চারটি হ্যাপ্লয়েড (n) কোষের সৃষ্টি হয়।

CamScanner

মিয়োসিস প্রক্রিয়া (Process of Meiosis)

মিয়োসিস বিভাজনের সময় একটি কোষ পর পর দু'বার বিভাজিত হয়। প্রথম বিভাজনকে **প্রথম মিয়োটিক বিভাজন** বা **মিয়োসিস-১** এবং দ্বিতীয় বিভাজনকে **দ্বিতীয় মিয়োটিক বিভাজন** বা **মিয়োসিস-২** বলে। প্রথম বিভাজনের সময় অপত্য কোষে ক্রোমোজোমের সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেকে পরিণত হয় তাই একে **হ্রাসমূলক বিভাজন** (reduction division) বলে। দ্বিতীয় মিয়োটিক বিভাজনটি মাইটোসিসের অনুরূপ।



প্রথম মিয়োটিক বিভাজন বা মিয়োসিস–১ (First Meiotic Division or Meiosis–I)

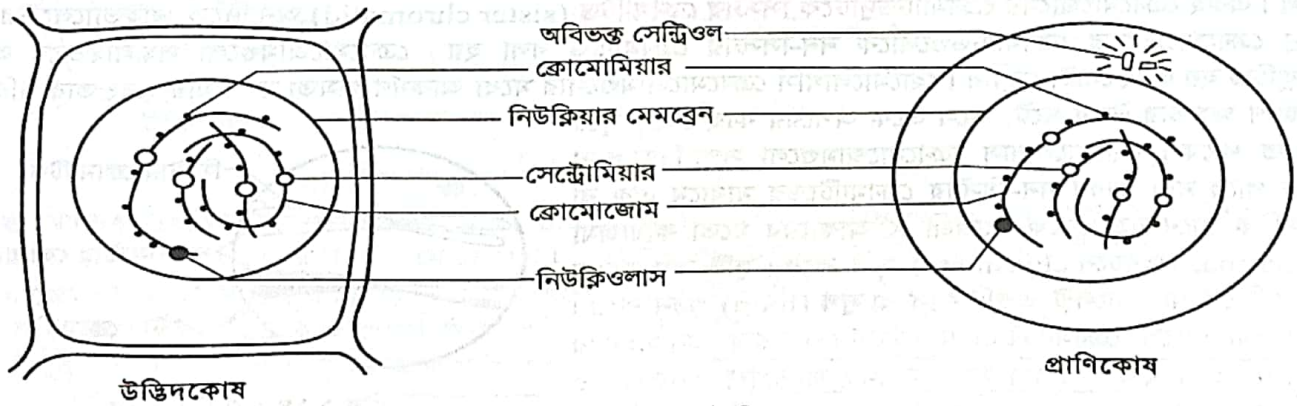
প্রথম মিয়োটিক বিভাজনকে চারটি ধাপে ভাগ করা হয়েছে, যেমন– **প্রোফেজ–১, মেটাফেজ–১, অ্যানাফেজ–১** এবং **টেলোফেজ–১**। নিচে এদের বর্ণনা দেয়া হলো।

প্রোফেজ–১ (Prophage–1)

এটি মিয়োসিস-১ এর প্রথম পর্যায়। প্রোফেজ শুরু হওয়ার আগেই DNA প্রতিলিপিত হয়, তবে দৃষ্টিগোচর হয় না।

মিয়োসিস কোষ বিভাজনে মিয়োসিস-১ (Meiosis-I) সবচেয়ে তাৎপর্যপূর্ণ। কারণ এ পর্যায়েই **ক্রোমোজোম সংখ্যা অর্ধেকে হ্রাস পায়** এবং সমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে অংশের পারস্পরিক বিনিময় বা **ক্রসিং ওভার** ঘটে। প্রথম মিয়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ ধাপটি দীর্ঘস্থায়ী ও জটিল। ঘটনা পরম্পরা অনুযায়ী প্রোফেজ-১ নিচে বর্ণিত ৫টি উপপর্যায়ে বিভক্ত।

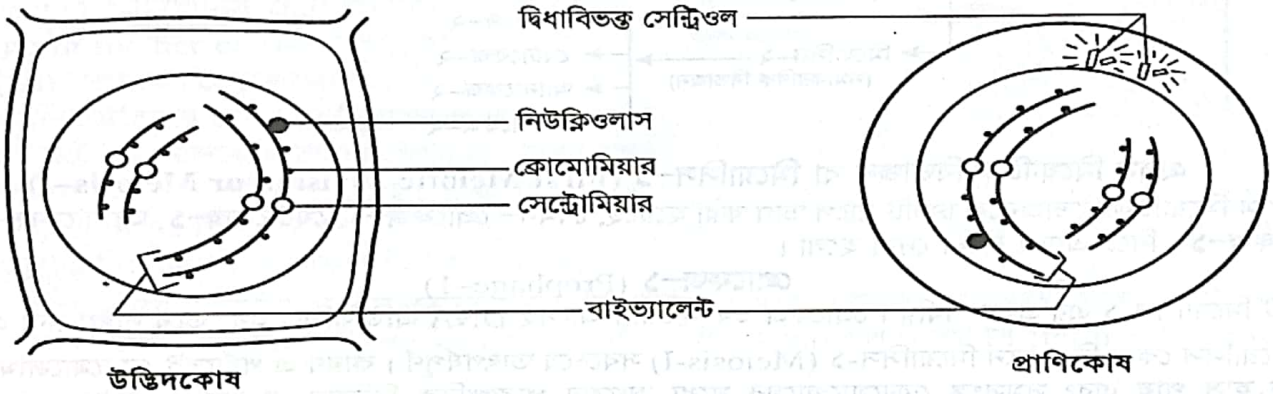
ক. লেপ্টোটিন (Leptotene; গ্রিক, *leptos* = চিকন বা সরু + *tene* = সুতা) : এ উপপর্যায়ে নিউক্লিয়াসের আকার বৃদ্ধি পায় ও DNA-র পরিমাণ দ্বিগুণ হয়। নিউক্লিয়াসের জলীয় অংশ কমে যায় এবং নিউক্লিয়ার রেটিকুলাম (বা



চিত্র ২.১২ : লেপ্টোটিন

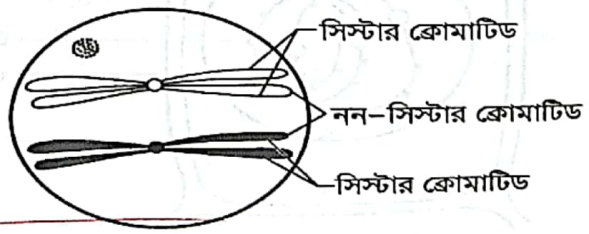
ক্রোমাটিন তন্তুটি) ভেঙ্গে লম্বা প্যাঁচহীন ও সরু **ক্রোমোজোম** আত্মপ্রকাশ করে। প্রতিটি ক্রোমোজোম একটি করে **ক্রোমাটিড** নিয়ে গঠিত এবং এর গায়ে দানাদার **ক্রোমোমিয়ার** বিন্যস্ত থাকে। নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস সুস্পষ্ট থাকে। এ উপপর্যায়ের শেষ দিকে ক্রোমোজোমগুলো কুন্ডলীকৃত ও মোটা হতে থাকে। এ উপদশার শেষ দিকে প্রাণিকোষের ক্রোমোজোমগুলো এক প্রান্তে সরে গিয়ে ফুলের তোড়ার আকার ধারণ করে। বিজ্ঞানী **ডার্লিংটন** এরূপ সজ্জা বিন্যাসকে **বুকে স্টেজ** (bouquet stage) বলেন। এ পর্যায়ে **সেন্ট্রিওল** অবিভক্ত থাকে। ক্রোমোজোমের এ বিন্যাসকে **পোলারাইজড বিন্যাস** বলে।

খ. জাইগোটিন (Zygotene; গ্রিক, *zygos* = জোড়া + *tene* = সুতা) **:** সমসংস্থ বা **হোমোলোগাস** (homologous) ক্রোমোজোমগুলো (পিতা ও মাতা থেকে আগত একই আকৃতি ও একই জিনের সজ্জারীতি সম্পন্ন ক্রোমোজোমদুটিকে সমসংস্থ বা হোমোলোগাস ক্রোমোজোম বলে) পাশাপাশি অবস্থান করে। এগুলোকে **বাইভ্যালেন্ট** (bivalent) বলে। হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের জোড় বাঁধার এ প্রক্রিয়াকে বলা হয় **সাইন্যাপসিস** (synapsis)। অবিরাম কুন্ডলী পাকানোর ফলে ক্রোমোজোমগুলো মোটা ও খাটো দেখায়। নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস অবিকৃত থাকে। প্রাণিকোষের ক্ষেত্রে সেন্ট্রিওলে বিভক্তির সূচনা ঘটে।



চিত্র ২.১৩ : জাইগোটিন

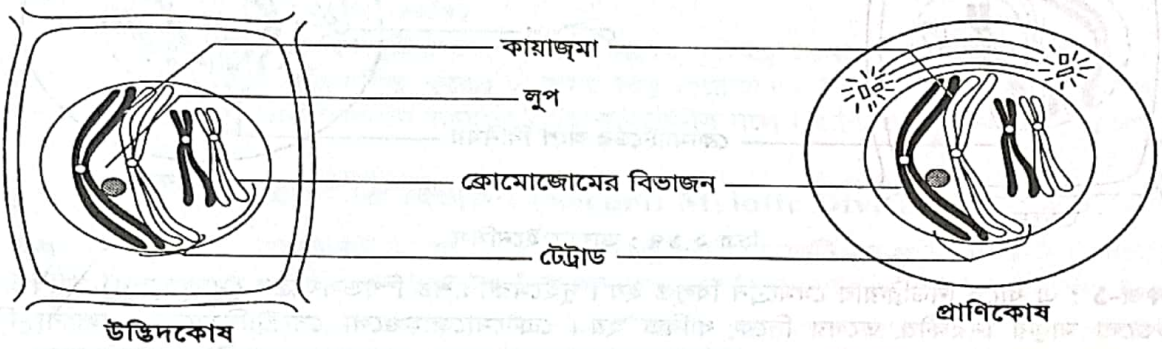
গ. প্যাকাইটিন (Pachytene; গ্রিক, *pachys* = পুরু + *tene* = সুতা) **:** এ ধাপে ক্রোমোজোমগুলো আরও খাটো ও মোটা হয়। প্রতিটি ক্রোমোজোম সেন্ট্রোমিয়ার ছাড়া লম্বালম্বিভাবে দ্বিখন্ডিত হয়ে দুটি করে **ক্রোমাটিড** গঠন করে। এর ফলে প্রতিজোড়া হোমোলোগাস ক্রোমোজোম থেকে ৪টি করে ক্রোমাটিড সৃষ্টি হয়। এ অবস্থাকে **টেট্রাড** (tetrad) বলে। একই ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডদুটিকে **সিস্টার ক্রোমাটিড** (sister chromatid) অন্যদিকে, বাইভ্যালেন্টের ভিন্ন ভিন্ন ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডগুলোকে **নন-সিস্টার ক্রোমাটিড** বলা হয়। ক্রোমোজোমগুলো লম্বালম্বিভাবে আরও সংকুচিত হয় এবং মোটা দেখায়। হোমোলোগাস ক্রোমোজোমগুলোর মধ্যে আকর্ষণ ক্ষমতা কমে যায় এবং তার পরিবর্তে বিকর্ষণ ক্ষমতার উদ্ভব ঘটে, ফলে একে অপরের কাছ থেকে দূরে সরতে থাকে। হোমোলোগাস ক্রোমোজোমগুলো সম্পূর্ণ আলাদা হতে পারে না। কারণ নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মাধ্যমে এক বা একাধিক স্থানে যুক্ত থেকে ইংরেজী X আকারের মতো **কায়াজমা** (chiasma; বহুবচনে chiasmata) সৃষ্টি করে। দুটি কায়াজমার উপস্থিতিতে বাইভ্যালেন্ট একটি **ফাঁস** বা **লুপ** (loop) গঠন করে। কায়াজমা অংশে ক্রোমাটিডগুলো **এন্ডোনিউক্লিয়েজ** এনজাইমের প্রভাবে ভেঙ্গে যায়। আবার সাথে সাথেই **লাইগেজ** এনজাইমের প্রভাবে জোড়া লেগে যায়। জোড়া লাগার সময় একটি ক্রোমাটিডের



চিত্র ২.১৪ : টেট্রাড গঠন

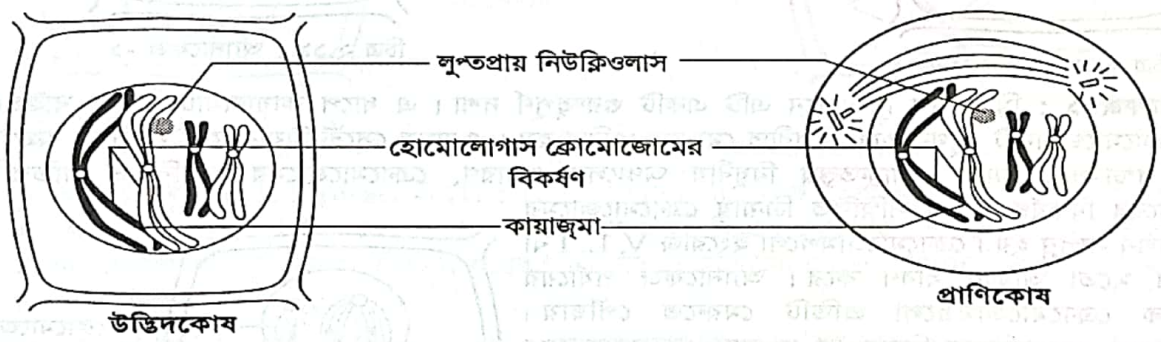
CamScanner

ভাঙ্গা অংশ অন্য ক্রোমাটিডের একই স্থানে ভাঙ্গা অংশে যুক্ত হয়। নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে এ ধরনের অংশ বিনিময়কে **ক্রসিং ওভার** (crossing over) বলে।



চিত্র ২.১৫ : প্যাকাইটিন

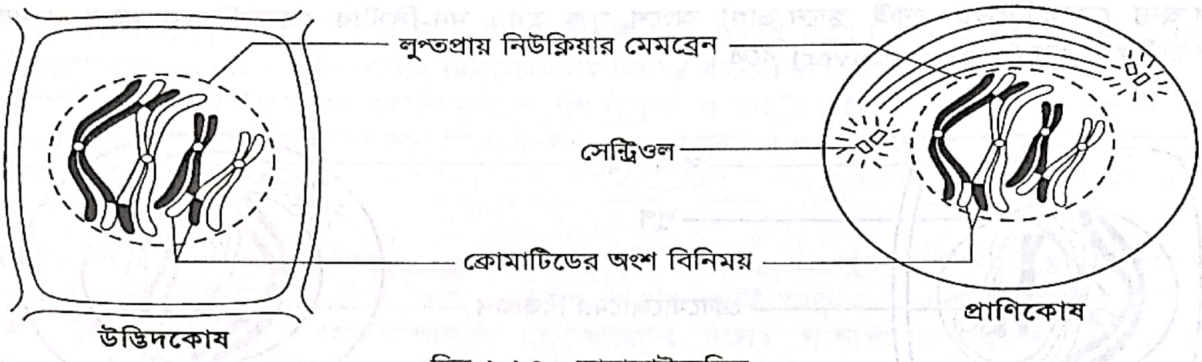
ঘ. ডিপ্লোটিন (Diplotene; গ্রিক. *diplos* = double = দ্বিগুণ+*tene* = সুতা) **:** ক্রমাগত সংকোচনের ফলে ক্রোমোজোমগুলো এ উপপর্যায়ে আরও খাটো ও মোটা হয়। বাইভ্যালেন্টের ক্রোমোজোমদুটির মধ্যে পারস্পরিক বিকর্ষণ শুরু হয়। এরা বিপরীত দিকে সরে যেতে চেষ্টা করে। কিন্তু কায়াজমাটার স্থানে স্থানে বাধাপ্রাপ্ত হয়। এই বিকর্ষণ একই সাথে কয়েক স্থানে শুরু হতে পারে। তবে সাধারনত সেন্ট্রোমিয়ারদুটির মধ্যেই প্রথম ও বেশি বিকর্ষণ শুরু হয়। বিকর্ষণের ফলে দুটি কায়াজমাটার মধ্যবর্তীস্থানে লুপের (ফাঁস) সৃষ্টি হয়। কায়াজমাটা ক্রমান্বয়ে প্রান্তের দিকে সরে যেতে থাকে। কায়াজমার এরূপ প্রান্তের দিকে সরে যাওয়াকে **প্রান্তীয়করণ** (terminalisation) বলে। দুই বা ততোধিক বাহু পরস্পর আবর্তনের ফলে পাশাপাশি লুপ ৯০° কোণে থাকে। একটি মাত্র কায়াজমা থাকলে এটি ১৮০° হতে পারে।



চিত্র ২.১৬ : ডিপ্লোটিন

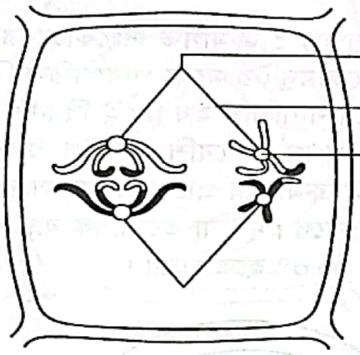
ঙ. ডায়াকাইনেসিস (Diakinesis; গ্রিক. *dia* = অপর পাশে + *kinesis* = সমাবেশ) **:** এ উপপর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলো আরও খাটো ও মোটা হয়। প্রান্তীয়করণ তখনও চলতে থাকে। বাইভ্যালেন্টের প্রতিটি ক্রোমোজোমের উপর **ধাত্র** (matrix) জমা হয় বলে তখন ক্রোমাটিডে আর বিভক্তি দেখা যায় না। এক সময় বাইভ্যালেন্টগুলো নিউক্লিয়াসের কেন্দ্রস্থল থেকে পরিধির দিকে চলে আসে। এ উপপর্যায়ের শেষ দিকে নিউক্লিওলাস অদৃশ্য হয়ে যায়, নিউক্লিয়ার মেমব্রেনের অবলুপ্তি ঘটে এবং সেন্ট্রিওল (প্রাণিকোষে) মেরুতে পৌঁছে যায়।

CamScanner

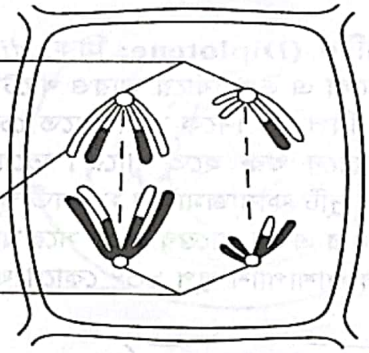


চিত্র ২.১৭ : ডায়াকাইনেসিস

মেটাফেজ-১ : এ ধাপে নিউক্লিয়ার মেমব্রেন বিলুপ্ত হয়। দুইমেরুবিশিষ্ট স্পিন্ডলযন্ত্রের (মাকুযন্ত্রের) আবির্ভাব ঘটে। বাইভ্যালেন্টগুলো মাকুর নিরক্ষীয় তলের দিকে ধাবিত হয়। ক্রোমোজোমগুলো সেন্ট্রোমিয়ারের সাহায্যে স্পিন্ডলের আকর্ষণ তন্তুর সাথে যুক্ত হয়। ক্রোমাটিডগুলো কায়াজমা প্রান্তে যুক্ত থাকে এবং আরও খাটো ও মোটা হয়।

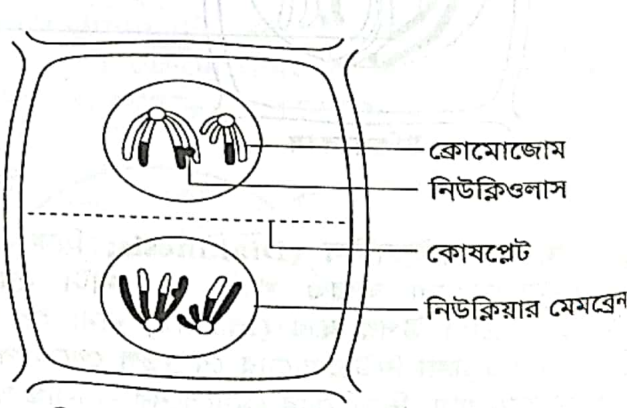


চিত্র ২.১৮ : মেটাফেজ -১



চিত্র ২.১৯ : অ্যানাফেজ -১

অ্যানাফেজ–১ : মিয়োসিস বিভাজনে এটি একটি গুরুত্বপূর্ণ দশা। এ ধাপে কায়াজমাটা ভেঙ্গে বাইভ্যালেন্টের সমসংস্থ ক্রোমোজোমদুটি পৃথক হয়ে বিপরীত মেরুতে ধাবিত হয়। এ সময় সেন্ট্রোমিয়ারগুলো সবসময় অগ্রগামী এবং বাহুগুলো পশ্চাৎগামী থাকে। মাকুতন্তুর বিষুবীয় অঞ্চলের প্রসারণ, ক্রোমোজোমের অন্তর্নিহিত গতিশক্তি এবং সেন্ট্রোমিয়ারের বিকর্ষণ শক্তির সম্মিলিত ক্রিয়ায় ক্রোমোজোমের মেরুমুখী চলন সম্পন্ন হয়। ক্রোমোজোমগুলো ইংরেজি V, L, I বা J অক্ষরের মতো আকার ধারণ করে। অ্যানাফেজ পর্যায়ের শেষ দিকে ক্রোমোজোমগুলো প্রতিটি মেরুতে পৌঁছায়। ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত না হওয়ায় ক্রোমোজোমের ডিপ্লয়েড (2n) সংখ্যা হ্যাপ্লয়েড (n) পরিণত হয় ফলে কোষের প্রতি মেরুতে যেসব ক্রোমোজোম পৌঁছায় তার সংখ্যা **মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেক হয়ে যায়।**



চিত্র ২.২০ : টেলোফেজ -১

টেলোফেজ–১ : এটি মিয়োসিস–১ এর শেষ ধাপ। এ ধাপে দুই মেরুতে পুঞ্জিভূত ক্রোমোজোমেগুলোর চারদিকে নিউক্লিয়ার মেমব্রেন সৃষ্টি হয়ে দুটি হ্যাপ্লয়েড অপত্য নিউক্লিয়াস গঠন করে

এবং নতুন নিউক্লিওলাসের আবির্ভাব ঘটে। এ সময় ক্রোমোজোমগুলো পানি গ্রহণ করে ক্রমান্বয়ে সরু ও লম্বা হয়ে অদৃশ্য হয়ে যায়। টেলোফেজের শেষ দিকে প্রজাতিভেদে মাইটোসিস প্রক্রিয়ার মতো সাইটোকাইনেসিস ঘটে অথবা ঘটে না। কোষে সাইটোকাইনেসিস ঘটুক কিংবা না ঘটুক অল্প সময়ের মধ্যে এগুলো দ্বিতীয় মিয়োটিক বিভাজনে অংশ গ্রহণ করে।

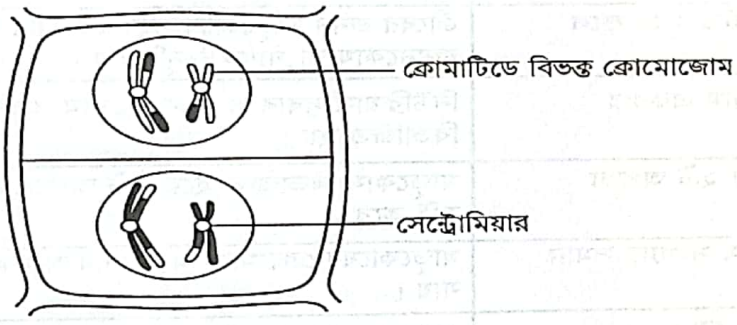
ইন্টারকাইনেসিস (Interkinesis)

মিয়োসিস-১ প্রক্রিয়া শেষে যে দুটি নিউক্লিয়াস বা কোষের সৃষ্টি হয় তা স্বল্প সময়ের মধ্যে মিয়োসিস-২ অধ্যায় সূচনা করার জন্য মধ্যবর্তী সময় অতিবাহিত করে। এ সময় কিছু প্রয়োজনীয় RNA ও প্রোটিন সংশ্লেষিত হয়, DNA-র প্রতিরূপ সৃষ্টি হয়না। এ অন্তর্বর্তীকালীন সময়কে **ইন্টারকাইনেসিস** বলে। প্রাণিকোষের ক্ষেত্রে সেন্ট্রিওল জোড়ায় পুণরায় বিভাজন ঘটে।

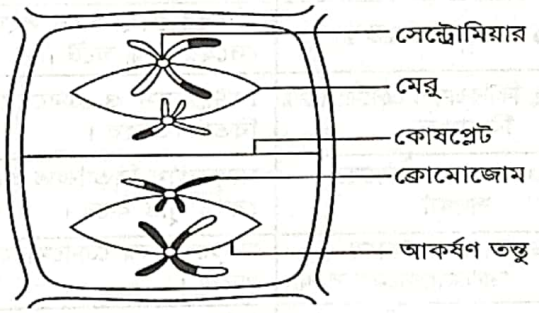
দ্বিতীয় মিয়োটিক বিভাজন (Second Meiotic Division or Meiosis–II)

প্রথম মিয়োটিক বিভাজনে সৃষ্ট হ্যাপ্লয়েড মাতৃকোষ বা নিউক্লিয়াসদুটি যে প্রক্রিয়ায় ৪টি হ্যাপ্লয়েড (n) কোষ বা নিউক্লিয়াস গঠন করে, তাকে **দ্বিতীয় মিয়োটিক বিভাজন** বলে। এ বিভাজনকে ৪টি ধাপে ভাগ করা হয়েছে।

১. প্রোফেজ-২ (Prophase—II) : দুটি ক্রোমাটিডসহ ক্রোমোজোমগুলো পাক খেয়ে খাটো ও মোটা হয়। ক্রোমাটিডগুলো পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন থাকে। প্রথম মিয়োটিক বিভাজনের সমকোণে স্পিন্ডলযন্ত্রের আবির্ভাব ঘটে। প্রোফেজ-২ এর শেষদিকে নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ার মেমব্রেন বিলুপ্ত হয়।



চিত্র ২.২১ : প্রোফেজ-২



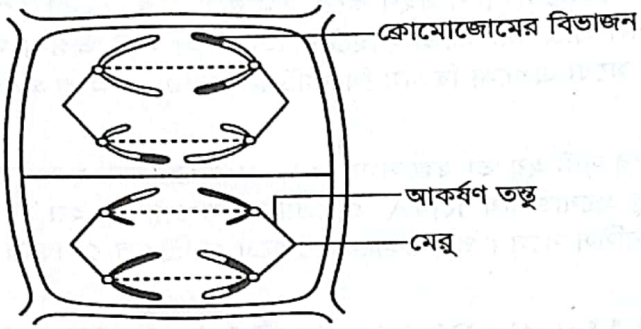
চিত্র ২.২২ : মেটাফেজ-২

২. মেটাফেজ-২ (Metaphase—II) : ক্রোমোজোমগুলো নিরক্ষ রেখা বরাবর বিন্যস্ত হয়। সেন্ট্রোমিয়ারগুলো নিরক্ষতলে এবং ক্রোমাটিডগুলো মেরুপ্রান্তে প্রসারিত হয়। প্রতিটি ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হয়ে দুটি করে অপত্য ক্রোমোজোমের সৃষ্টি করে। স্পিন্ডল যন্ত্রের আকর্ষণতন্তুর সাহায্যে সেন্ট্রোমিয়ারের মাধ্যমে ক্রোমোজোমগুলো যুক্ত থাকে।

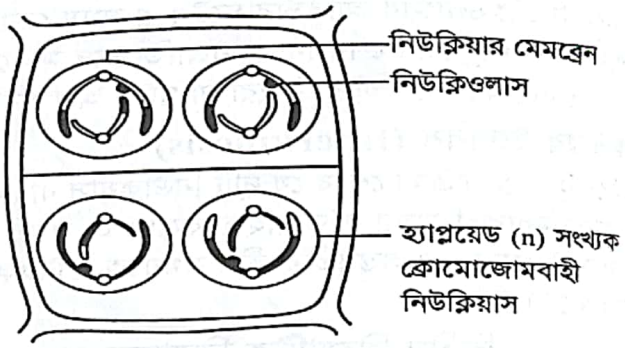
৩. অ্যানাফেজ-২ (Anaphase—II) : সেন্ট্রোমিয়ারের পূর্ণ বিভক্তির ফলে প্রত্যেক ক্রোমোজোমের দুটি ক্রোমাটিড সম্পূর্ণ পৃথক হয়ে যায় এবং আকর্ষণ তন্তুর সংকোচনে ধীরে ধীরে বিপরীত মেরুতে পৌঁছায়। মেরুমুখী চলনকালে সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থান অনুযায়ী ক্রোমাটিডগুলোকে V, L, J এবং I আকৃতির দেখায়।

৪. টেলোফেজ-২ (Telophase—II) : অপত্য ক্রোমোজোমগুলো মেরুপ্রান্তে পৌঁছায়। ক্রোমোজোমগুলোর কুন্ডলি খুলতে থাকে এবং লম্বা সরু সুতার মতো আকার ধারণ করে। পানি সম্পৃক্ত হওয়ায় এগুলো অদৃশ্য হয়। নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাসের পুনরাবির্ভাব ঘটে। এভাবে প্রতিটি মাতৃ নিউক্লিয়াস দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়ে মোট ৪টি অপত্য নিউক্লিয়াস সৃষ্টি করে।

CamScanner



চিত্র ২.২৩ : অ্যানাফেজ-২



চিত্র ২.২৪ : টেলোফেজ-২

সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis)

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, কোন কোন জীবে প্রথম মিয়োটিক বিভাজনের পর পর সাইটোপ্লাজমের বিভক্তির ফলে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি হয় অথবা সাইটোকাইনেসিস তখন না হয়ে দ্বিতীয় মিয়োটিক বিভাজনের পর সাইটোপ্লাজমের বিভাজন ঘটে, ফলে **৪টি অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়**।

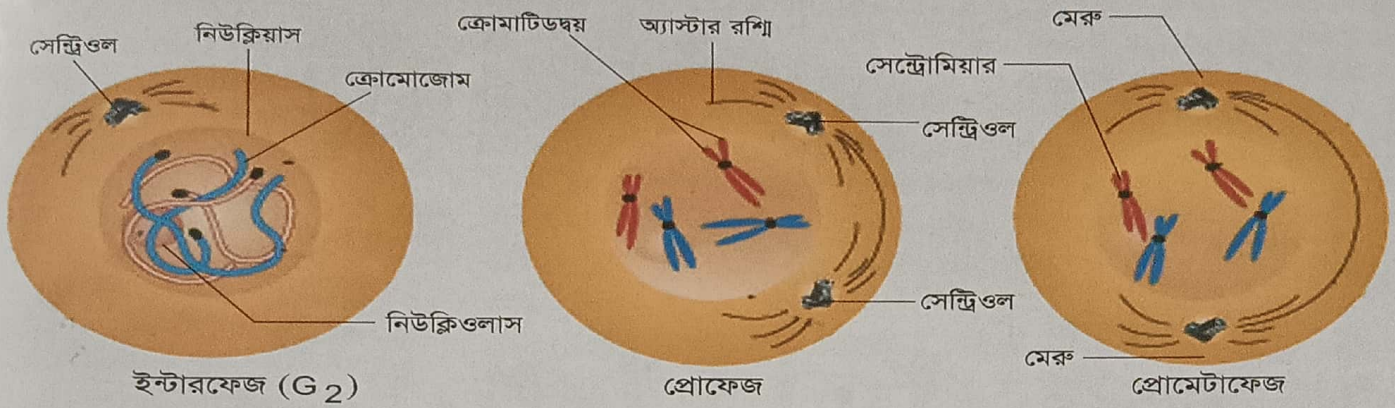
মাইটোসিস ও মিয়োসিস এর মধ্যে পার্থক্য

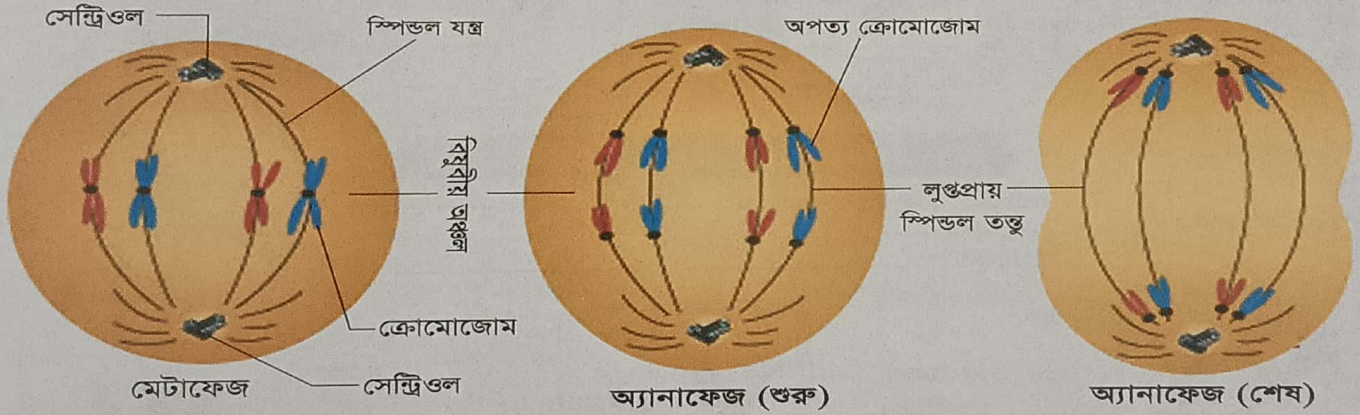
পার্থক্যের বিষয়	মাইটোসিস	মিয়োসিস
১. কোথায় ঘটে ?	জীবের দেহকোষে সংঘটিত হয়। ফলে দেহের বৃদ্ধি ঘটে।	জীবের জনন মাতৃকোষে সংঘটিত হয়। ফলে জননকোষ বা গ্যামেট সৃষ্টি হয়।
২. নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোজোমের বিভাজন	নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোজোম একবার বিভাজিত হয়।	নিউক্লিয়াস দুবার ও ক্রোমোজোম একবার বিভাজিত হয়।
৩. অপত্য কোষের সংখ্যা	মাতৃকোষ বিভাজিত হয়ে ২টি অপত্য কোষ সৃষ্টি করে।	মাতৃকোষ বিভাজিত হয়ে ৪টি অপত্য কোষ সৃষ্টি করে।
৪. অপত্য কোষে ক্রোমোজোমের সংখ্যা	মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার সমান থাকে।	মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেক হয়ে যায়।
৫. DNA রেপ্লিকেশন	ইন্টারফেজ দশায় সম্পন্ন হয়।	প্রোফেজ দশায় ঘটে।
৬. ক্রোমোমিয়ার	সাধারণত প্রোফেজ ক্রোমোজোমে দেখা যায় না।	সাধারণত প্রোফেজ ক্রোমোজোমে দেখা যায়।
৭. ইন্টারফেজ পর্যায়	মাইটোসিসের পূর্বের ইন্টারফেজ পর্যায়টি দীর্ঘস্থায়ী	মিয়োসিসের পূর্বের ইন্টারফেজ পর্যায়টি ক্ষণস্থায়ী।
৮. পর্যায় মধ্যক দশা	নিউক্লিয়াসের পর্যায় মধ্যক দশা দীর্ঘস্থায়ী।	নিউক্লিয়াসের পর্যায় মধ্যক দশা স্বল্পস্থায়ী।
৯. সেন্ট্রোমিয়ার	মেটাফেজে সেন্ট্রোমিয়ারসহ ক্রোমোজোম অনুদৈর্ঘ্যে বিভক্ত হয়।	মেটাফেজ-১ এ সেন্ট্রোমিয়ার অবিভক্ত থাকে।
১০. সিন্যাপসিস ও বাইভ্যালেন্ট	সমসংস্থ (হোমোলোগাস) ক্রোমোজোমগুলোর আকর্ষণ না থাকার ফলে সিন্যাপসিস ঘটে না। ফলে বাইভ্যালেন্ট তৈরি হয় না।	সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলোর পারস্পরিক আকর্ষণের কারণে সিন্যাপসিস ঘটে এবং বাইভ্যালেন্ট তৈরি হয়।
১১. ক্রসিং ওভার	ঘটেনা; তাই জিনের সজ্জাবিন্যাসের কোন পরিবর্তন ঘটেনা।	ঘটে; ফলে জিনের সজ্জাবিন্যাসেরও পরিবর্তন ঘটে।
১২. অপত্যকোষের গুণাগুণ	মাতৃকোষের সমগুণ সম্পন্নর।	মাতৃকোষ হতে ভিন্নগুণ সম্পন্ন হয়।
১৩. বিবর্তন ও জনুক্রম	বিবর্তন ও জনুক্রমের সাথে কোন সম্পর্ক নেই।	ক্রসিংওভারের ফলে জীবের মধ্যে নতুন বৈশিষ্ট্যের সৃষ্টি হয়, যা বিবর্তন ও জনুক্রমের পথকে সুগম করে।

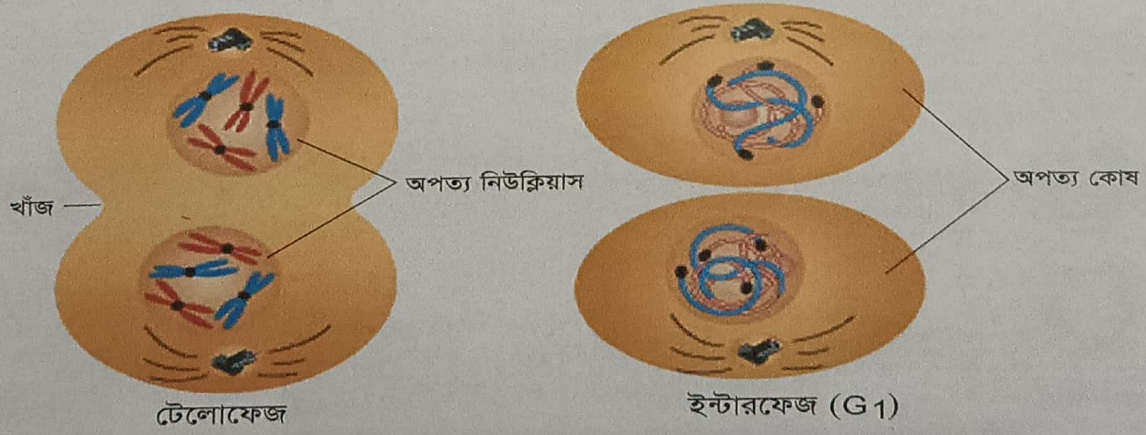
CamScanner

৫

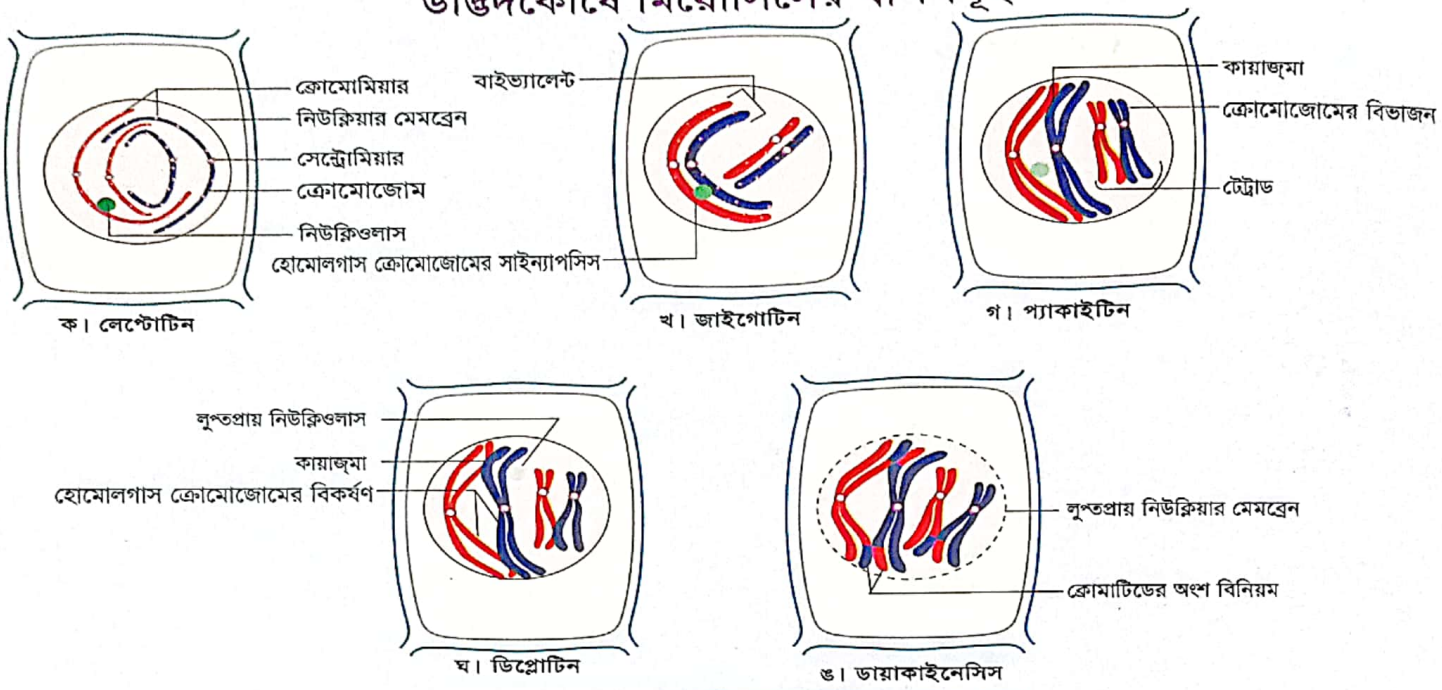
প্রাণিকোষে মাইটোসিসের ধাপসমূহ



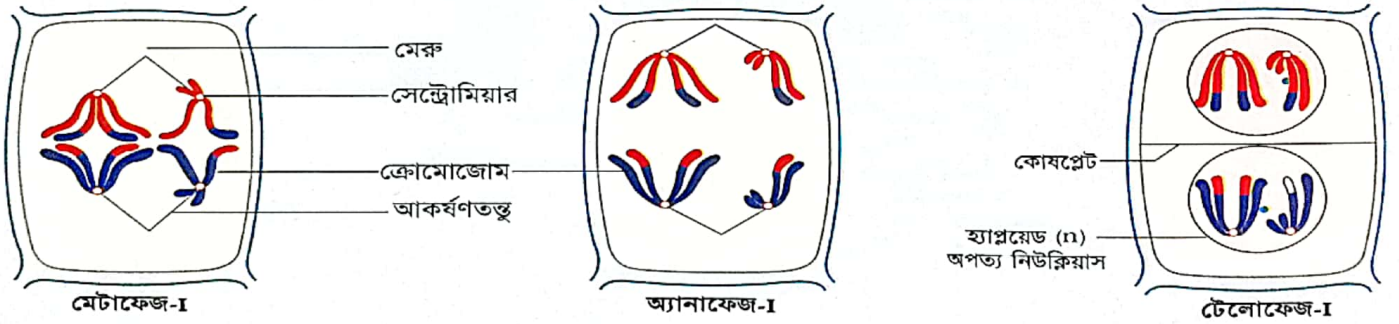


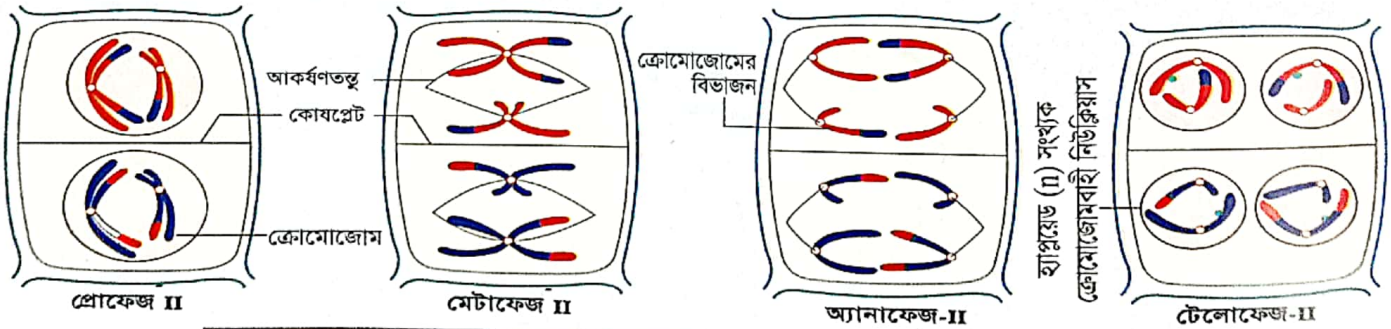


উদ্ভিদকোষে মিয়োসিসের ধাপসমূহ



চিত্র ঃ মিয়োসিসের প্রোফেজ-I এর ধাপসমূহ





চিত্র ঃ মিয়োসিসের মেটাফেজ-I থেকে টেলোফেজ-II পর্যন্ত ধাপসমূহ

CamScanner

ক্রসিং ওভার (Crossing over)

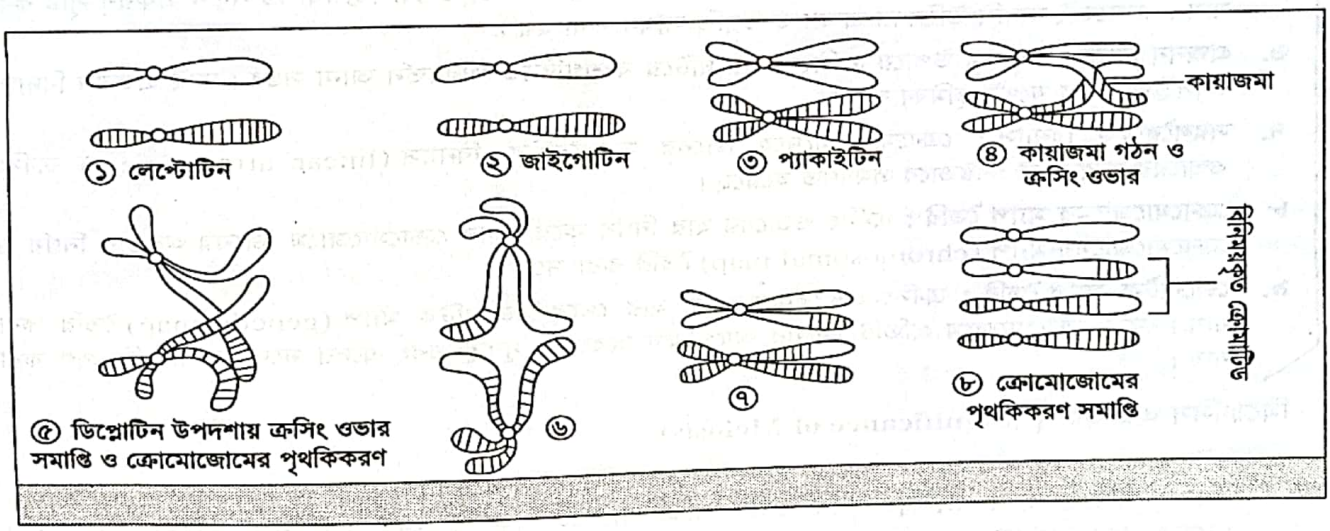
মিয়োসিস বিভাজনের প্রথম প্রোফেজে একজোড়া হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে যে অংশের বিনিময় ঘটে তার নাম ক্রসিং ওভার। ক্রসিং ওভারের ফলে ক্রোমোজোমের জিনসমূহের মূল বিন্যাসে পরিবর্তন ঘটে এবং লিঙ্কড জিনের মধ্যে নতুন **সমন্বয়** বা **রিকম্বিনেশন** (recombination) ঘটে। কোন ক্রোমোজোম জোড়ায় ক্রসিং ওভারের সংখ্যা এক বা একাধিক হতে পারে। **থমাস হান্ট মর্গান** (T.H. Morgan, 1866—1945) ১৯০৯ খ্রিস্টাব্দে ভূট্টা উদ্ভিদে প্রথম ক্রসিং ওভার সম্পর্কে বর্ণনা দেন।

ক্রসিং ওভারের কৌশল

১. মিয়োসিসের প্রথম প্রোফেজের জাইগোটিন উপপর্যায়ে হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের পারস্পরিক আকর্ষণের ফলে পরস্পরের সান্নিধ্যে এসে জোড় বাঁধে। জোড় বাঁধার এ প্রক্রিয়াকে **সাইন্যাপসিস** বলে। প্রতি জোড়ার নাম **বাইভ্যালেন্ট**।

২. প্যাকাইটিন উপপর্যায়ে 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।

৩. বাইভ্যালেন্টের হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের মধ্যে বিকর্ষণ শক্তির আবির্ভাব ঘটে এবং পরস্পর থেকে দূরে সরে যায়। হোমোলোগাস ক্রোমোজোম সম্পূর্ণ আলাদা হতে পারে না। কারণ নন-সিস্টার ক্রোমাটিড দুটি মাধ্যমে এরা এক বা একাধিক স্থানে যুক্ত থেকে ইংরেজী "X" অক্ষরের মতো **কায়াজমা** (chiasma) সৃষ্টি করে।



চিত্র ২.২৫ : ক্রসিংওভার যেভাবে সংঘটিত হয়

৪. কায়াজমা অংশে ক্রোমাটিডগুলো **এন্ডোনিউক্লিয়েজ** এনজাইমের প্রভাবে ভেঙ্গে যায় এবং সঙ্গে সঙ্গে **লাইগেজ** নামক এনজাইমের মাধ্যমে জোড়া লেগে যায়। জোড়া লাগার সময় একটি ক্রোমাটিডের ভাঙ্গা অংশ অন্য ক্রোমাটিডের একই স্থানের ভাঙ্গা অংশে যুক্ত হয়। এর নাম **ক্রসিং ওভার**।

CamScanner

৫. ক্রসিং ওভার সম্পন্ন হলে কায়াজমা ক্রমশঃ ক্রোমাটিডের প্রান্তদেশে চলে যায়। একে **প্রান্তীয়করণ** (terminalization) বলে।

৬. ক্রসিং ওভারের মাধ্যমে ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশ বিনিময় ঘটার ফলে জিনেরও বিনিময় ঘটে (যেহেতু জিন ক্রোমোজোমেই বিন্যস্ত থাকে)। জিন বিনিময়ের ফলে চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের বিনিময় হয়, ফলে জীবে চারিত্রিক পরিবর্তন ঘটে।

ক্রসিং ওভারের গুরুত্ব বা তাৎপর্য (Significance of crossing over)

কিছু সংখ্যক নিচুশ্রেণির জীব ছাড়া অন্যসব উদ্ভিদ ও প্রাণীর মধ্যে ক্রসিং ওভার নিয়মিত ঘটনা। নিচে ক্রসিং ওভারের গুরুত্বগুলো উল্লেখ করা হলো–

১. **জিনের নতুন বিন্যান :** ক্রসিং ওভারের সময় ক্রোমোজোম খণ্ডের বিনিময়ের ফলে ক্রোমোজোমে জিনের নতুন বিন্যাস ঘটে।

২. **জিনগত প্রকরণ :** ক্রোমোজোমের জিনের নতুন বিন্যাসের ফলে জিনগত প্রকরণ (genetic variation) সৃষ্টি হয়।

৩. **বৈশিষ্ট্যগত পরিবর্তন :** জিনগত প্রকরণ সাধানের ফলে সৃষ্ট জীবে বৈশিষ্ট্যগত পরিবর্তন ঘটে।

৪. **বিবর্তনে সহায়তা :** বৈশিষ্ট্যগত পরিবর্তনের মাধ্যমে সৃষ্টিকুলে বৈচিত্র্যতার উদ্ভব ঘটে, সৃষ্টি হয় নতুন পরিবেশে টিকে থাকার ক্ষমতা, আবার কখনো নতুন প্রজাতির আবির্ভাব ঘটিয়ে জৈব বিবর্তনে সহায়ক ভূমিকা পালন করে।

৫. **ফসলি উদ্ভিদের উন্নতি সাধন :** ক্রসিং ওভারের মাধ্যমে কাঙ্ক্ষিত উন্নত বৈশিষ্ট্য বিশিষ্ট নতুন প্রকরণ সৃষ্টি করা যায়। এভাজেই ফসলি উদ্ভিদের ক্রমাগত উন্নতি সাধন করা হয়।

৬. **প্রজনন বিদ্যায় :** কৃত্রিম উপায়ে ক্রসিং ওভার ঘটিয়ে বংশগতিতে পরিবর্তন আনা সম্ভব। তাই প্রজনন বিদ্যায় ক্রসিং ওভারের যথেষ্ট ভূমিকা রয়েছে।

৭. **সরলরৈখিক বিন্যাস :** ক্রোমোজোমদেহে জিনের সরলরৈখিক বিন্যাস (linear arrangement) ক্রসিং ওভারের সাহায্যেই স্পষ্টভাবে প্রমাণিত হয়েছে।

৮. **ক্রোমোজোমের ম্যাপ তৈরি :** ক্রসিং ওভারের হার নির্ণয় করে কোন ক্রোমোজোমে জিনের অবস্থান নির্ণয় ও ক্রোমোজোমের ম্যাপ (chromosomal map) তৈরি করা সম্ভব।

৯. **জেনেটিক ম্যাপ তৈরি :** ক্রসিং-ওভারের শতকরা হার থেকে জেনেটিক ম্যাপ (genetic map) তৈরি করা যায়। ফলে ক্রোমোজেমে প্রতিটি জিনের আপেক্ষিক অবস্থান, দূরত্ব এবং এদের মধ্যে সম্পর্ক নিরূপণ করা যায়।

মিয়োসিস এর গুরুত্ব (Significance of Meiosis)

১. **যৌন প্রজনন :** যৌন প্রজনন সম্পাদনকারী সকল জীবে মিয়োসিস ঘটে। মিয়োসিসের মাধ্যমে জনন কোষ তথা গ্যামেট উৎপন্ন হয়। স্ত্রী, পুরুষ নির্বিশেষে প্রতি গ্যামেটে একসেট করে হ্যাপ্লয়েড ক্রোমোজোম থাকে। নিষেককালে পুরুষ ও স্ত্রীগ্যামেট মিলিত হয়। গ্যামেটের মিলনে গঠিত জাইগোট দু'সেট ক্রোমোজোম (ডিপ্লয়েড অবস্থা, 2n) ধারণ করে। মিয়োসিস কোষ বিভাজন দ্বারা গ্যামেটের ক্রোমোজোম সংখ্যা পিতামাতার দেহ কোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেক হয়। ফলে, যৌন জননে উদ্ভূত সন্তানের ক্রোমোজোম সংখ্যা পিতামাতার অনুরূপ হয়।

CamScanner

২. **ক্রোমোজোম সংখ্যার নিয়ন্ত্রণ :** মিয়োসিসের মাধ্যমে গ্যামেটে ক্রোমোজোম সংখ্যা পিতামাতার অর্ধেক না হলে প্রতি অনুক্রমিক জননে সন্তানে ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যেত। উদাহরণস্বরূপ, মানুষের ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যা ৪৬। মিয়োসিসের মাধ্যমে শুক্রাণু এবং ডিম্বাণুতে ক্রোমোজোম সংখ্যা ২৩ না হয়ে ৪৬ থাকলে সন্তান-সন্ততিতে ক্রোমোজোম সংখ্যা হতো ৯২, পরবর্তী বংশধরে নাতি-নাতনিতে ক্রোমোজোম সংখ্যা হতো ১৮৪। মিয়োসিস এর ফলে প্রজাতিতে ক্রোমোজোম সংখ্যার ধ্রুবতা বজায় থাকে।

৩. **জিনগত প্রকরণ বা জেনেটিক ভ্যারিয়েসন :** মিয়োসিস কোষ বিভাজন গ্যামেটে নতুন জিন বিন্যাসের (ক্রসিং ওভারের মাধ্যমে) সুযোগ সৃষ্টি করে। এর ফলে গ্যামেটের মিলনে সৃষ্ট সন্তানে জেনেটিক ভ্যারিয়েসন বা নতুন বৈশিষ্ট্যের উদ্ভব ঘটে।

৪ **প্রজাতির স্বকীয়তা বজায় রাখা :** মিয়োসিস ক্রোমোজোম সংখ্যা নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে বংশ পরম্পরায় জীবের প্রতিটি প্রজাতির স্বকীয়তা বজায় রাখে।

৫. **অভিব্যক্তির সূচনা :** মিয়োসিসে ক্রসিং ওভারের ফলে যে নতুন বৈশিষ্ট্যের সূচনা হয় তা ভবিষ্যতে অভিব্যক্তির উপাদান হিসেবে গণ্য হতে পারে।

৬. **জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষা :** মিয়োসিস কোষ বিভাজন জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষা কল্পে গ্যামেট সৃষ্টির মাধ্যমে পুরুষ ও স্ত্রী গ্যামেটের মিলন ঘটিয়ে নতুন জনু সৃষ্টি করে।

৭. **জনুক্রম :** যে সব জীবের জীবনচক্রে জনুক্রম আছে সেখানে মিয়োসিস প্রত্যক্ষ ভূমিকা পালন করে।

৮. **মেন্ডেলের সূত্র :** মেন্ডেলের সূত্রের ব্যাখ্যা দেয়া মিয়োসিসের জ্ঞান ছাড়া অসম্ভব।

জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষায় মিয়োসিসের অবদান

হ্যাপ্লয়েড (n) পুংজননকোষ ও স্ত্রী জননকোষের মিলনের ফলে সৃষ্ট জাইগোটটি **ডিপ্লয়েড** (2n)। এ জাইগোট মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে প্রথমে ভ্রূণ এবং সবশেষে পূর্ণাঙ্গ জীবে পরিণত হয়। অর্থাৎ পূর্ণাঙ্গ জীবের প্রতিটি কোষেই ডিপ্লয়েড (2n) সংখ্যক ক্রোমোজোম থাকে। নিষেকের আগে যদি জননকোষগুলোতে ক্রোমোজোমের সংখ্যা অর্ধেক না হয়ে যায় তবে নতুন সৃষ্ট জাইগোটে ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যাবে। যেহেতু ক্রোমোজোমই জীবের বৈশিষ্ট্য নিয়ন্ত্রণকারী **জিন** বহন করে তাই ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হলে বংশধরদের মধ্যে আমূল পরিবর্তন ঘটে যাবে। মিয়োসিস হয় বলেই প্রজাতির বৈশিষ্ট্য বংশপরম্পরায় টিকে থাকতে পারে।

ধরা যাক, কোন জীবের প্রতি কোষে ২০টি ক্রোমোজোম আছে। মিয়োটিক বিভাজন না হয়ে মাইটোটিক পদ্ধতিতে বিভাজন হলো। মাইটোটিক পদ্ধতিতে যেহেতু ক্রোমোজোম সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে তাই গ্যামেটে ক্রোমোজোম সংখ্যা হবে ২০টি। উভয় ধরনের গ্যামেটের (পুং ও স্ত্রী) মিলনে জাইগোটের ক্রোমোজোম সংখ্যা হবে ৪০টি (২০+২০)। জাইগোটটি হবে মাতা অথবা পিতার ক্রোমোজোম সংখ্যার দ্বিগুণ ক্রোমোজোমবিশিষ্ট। কাজেই সেখানে প্রজাতির গুণাগুণ পরিবর্তিত হতে বাধ্য। মিয়োসিস না হলে প্রতি প্রজন্মে (generation) ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ (অর্থাৎ প্রথম প্রজন্মের ৪০টি, দ্বিতীয় প্রজন্মে ৮০টি, তৃতীয় প্রজন্মে ১৬০টি ইত্যাদি) হয়ে যেত। তাই প্রজন্ম থেকে প্রজন্মে প্রজাতির ক্রোমোজোম সংখ্যা অপরিবর্তিত রাখার উদ্দেশেই মিয়োসিস ঘটে।

CamScanner

ব্যবহারিক

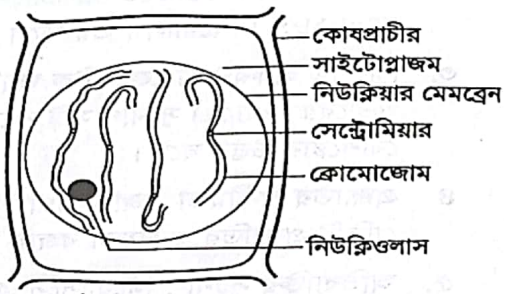
মাইটোসিস বিভাজনের বিভিন্ন পর্যায় পর্যবেক্ষণ

মাইটোসিস বিভাজনের ধাপগুলো পর্যবেক্ষণের জন্য মডেল ব্যবহার করা যেতে পারে। তা সম্ভব না হলে রঙিন চার্টের মাধ্যমেও ধাপগুলো দেখানো যায়। পর্যাপ্ত সুবিধা থাকলে শিক্ষক অবশ্যই এসব ধাপগুলো স্থায়ী স্লাইডের মাধ্যমে দেখাতে পারে না।

ক। প্রোফেজ (Prophase)

শনাক্তকারী বৈশিষ্ট্য

১. ক্রোমোজোমগুলো সরু আঁকাবাঁকা সুতার মতো ও বিক্ষিপ্তভাবে অবস্থিত।
২. প্রতিটি ক্রোমোজোম দুটি করে ক্রোমাটিড সহযোগে গঠিত এবং এরা সেন্ট্রোমিয়ার নামক বিন্দুতে যুক্ত।
৩. নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ার মেমব্রেন দেখা যায়।



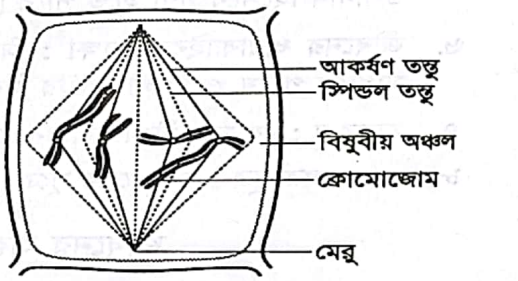
চিত্র ২.২৬ : প্রোফেজ

খ। মেটাফেজ (Metaphase)

শনাক্তকারী বৈশিষ্ট্য

১. দু'মেরুবিশিষ্ট মাকু যন্ত্র দেখা যায়।
২. ক্রোমোজোমগুলো খাটো ও মোটা ক্রোমাটিডে বিভক্ত এবং আকর্ষণ তন্তুর সাথে যুক্ত। এরা কোষের নিরক্ষীয় তলে অবস্থিত।
৩. নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ার মেমব্রেন নেই।

[প্রাণিকোষের মেটাফেজ পর্যায়ে দুই মেরুতে অবস্থিত সেন্ট্রিওল থেকে অ্যাস্টার রশ্মি দেখা যাবে]

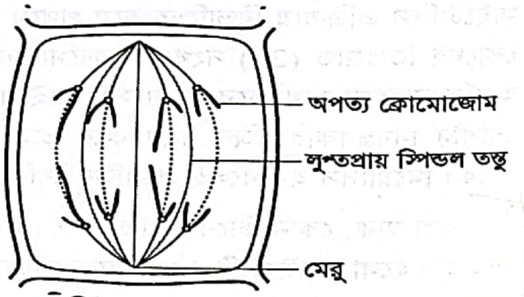


চিত্র ২.২৭ :মেটাফেজ

গ। অ্যানাফেজ (Anaphase)

শনাক্তকারী বৈশিষ্ট্য

১. সেন্ট্রোমিয়ার ভেঙে যাওয়ায় ক্রোমাটিডগুলো পরস্পর বিচ্ছিন্ন হয়ে অপত্য ক্রোমোজোম-এ পরিণত হয়েছে।
২. অপত্য ক্রোমোজোমগুলো পরস্পর বিপরীত মেরুর দিকে অবস্থান করছে।
৩. ক্রোমোজোমগুলো V, J বা L বা I এর মত দেখাচ্ছে।

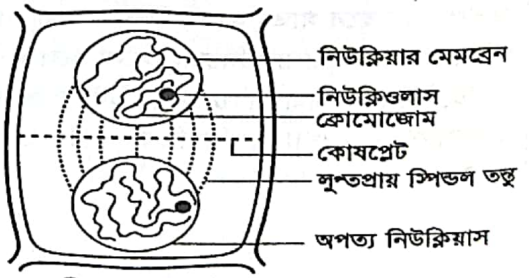


চিত্র ২.২৮ : অ্যানাফেজ

ঘ। টেলোফেজ (Telophase)

শনাক্তকারী বৈশিষ্ট্য

১. অপত্য ক্রোমোজোমগুলো মেরুতে পৌঁছেছে এবং সরু ও লম্বা হয়ে ক্রোমাটিন তন্তু সৃষ্টি করেছে।
২. অপত্য ক্রোমোজোমগুলোকে ঘিরে নতুন নিউক্লিয়ার মেমব্রেন গঠিত হয়েছে এবং কোষের মাঝখানে কোষপ্লেট সৃষ্টি হয়েছে।
৩. নতুন নিউক্লিওলাস দেখা যাচ্ছে।



চিত্র ২.২৯ : টেলোফেজ

কাজ : কচি কান্ডের অগ্রভাগ থেকে একটি অংশ নিয়ে তার সেকশন করে অণুবীক্ষণযন্ত্রে স্থাপন কর এবং মাইটোসিসের বিভিন্ন ধাপ পর্যবেক্ষণ কর।

CamScanner

প্রধান শব্দভিত্তিক সারসংক্ষেপ

কোষ বিভাজন : মাতৃকোষ থেকে অপত্য কোষ উৎপন্ন হওয়ার প্রক্রিয়াকে কোষ **বিভাজন** বলে।

সাইটোকাইনেসিস : বিভাজনরত কোষের সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে বলা হয় **সাইটোকাইনোসিস**।

ক্যারিওকাইনোসিস : বিভাজনরত কোষের নিউক্লিয়াসের বিভাজনকে **ক্যারিওকাইনেসিস** বলে।

ইন্টারফেজ : দুটি কোষ বিভাজনের মধ্যবর্তী যে সময়ে কোষ বিভাজিত হয় না; কিন্তু বিভাজনের জন্য প্রস্তুতি নেয়, তাকে **ইন্টারফেজ** বা **বিরাম দশা** বলে। ইন্টারফেজ পর্যায় বিরাম– ১, S– পর্যায় ও বিরাম– ২ এ তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত।

মাইটোটিক ইনডেক্স (Mitotic index) : 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 চিকিৎসক অনুমান করতে পারেন টিউমার কত তাড়াতাড়ি বৃদ্ধি পাবে এবং এর জন্য কি ধরনের ট্রিটমেন্ট প্রয়োজন। উচ্চ MI বলে দেয় এটি দ্রুত বর্ধনশীল টিউমার।

কোষচক্র : যে চক্রের মাধ্যমে একটি কোষ সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি এবং পরবর্তী বিভাজন–এ তিনটি কাজ সম্পন্ন হয় তাকে কোষচক্র বলে। অন্যভাবে বলা যায়– কোষের প্রস্তুতিমূলক পর্যায় ও বিভাজন পর্যায়কে একত্রে **কোষচক্র** বলে। **হাওয়ার্ড** ও **পেক**-এর কোষচক্র অনুযায়ী ৫-১০ ভাগ সময় মাইটোসিস বিভাজনে ব্যয় হয় ৯০-৯৫ ভাগ সময়ই ব্যয় হয় ইন্টারফেজ দশায়।

জাইগোজেনিক মিয়োসিস : অনেক হ্যাপ্লয়েড জীবের নিষেকের পরেও জাইগোটের অঙ্কুরোদগমের সময় মিয়োসিস ঘটে, এরূপ মিয়োসিসকে **জাইগোজেনিক মিয়োসিস** বলে। *Ulothrix, Spirogyra* ইত্যাদিসহ অধিকাংশ থ্যালোফাইটে এরূপ মিয়োসিস বলে।

স্পোরোজেনিক মিয়োসিস : মস ও ফার্নসহ সকল উন্নত উদ্ভিদে স্পোর সৃষ্টির সময় মিয়োসিস ঘটে, এরূপ মিয়োসিস **স্পোরোজেনিক মিয়োসিস** নামে পরিচিত।

হ্রাসমূলক বিভাজন : মিয়োসিস বিভাজনে মাতৃকোষের নিউক্লিয়াসটি দুবার বিভাজিত হয়। কিন্তু ক্রোমোজোম বিভাজিত হয় একবার ফলে অপত্য কোষে ক্রোমোজোমের সংখ্যা মাতৃকোষের অর্ধেক হয়। এ জন্য মিয়োসিসকে **হ্রাসমূলক** বা **বিয়োজন বিভাজন** বলে। মিয়োসিস উঁচুশ্রেণি বা ডিপ্লয়েড জীবে নিষেকের পূর্বে জনন মাতৃকোষে এবং নিম্নশ্রেণি বা হ্যাপ্লয়েড জীবে নিষেকের পর জাইগোটে ঘটে।

সমসংস্থ ক্রোমোজোম : একই আকৃতি ও একই জিনের সজ্জারীতিসম্পন্ন দুটি ক্রোমোজোম যাদের একটি পিতা ও অন্যটি মাতা হতে আগত তাদের **সমসংস্থ** বা **হোমোলোগাস ক্রোমোজোম** বলে।

সাইন্যাপসিস : সমসংস্থ ক্রোমোজোমের জোড়া বাঁধার প্রক্রিয়াকে **সাইন্যাপসিস** বলে।

বাইভ্যালেন্ট : সাইন্যাপসিস পদ্ধতিতে জোটবদ্ধ সমসংস্থ ক্রোমোজোম দুটিকে **বাইভ্যালেন্ট** বা **ডায়াড** বলে।

ইন্টারকাইনেসিস : মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের প্রথম ও দ্বিতীয় বিভক্তির মধ্যবর্তী বা অন্তর্বর্তীকালীন সময়কে **ইন্টারকাইনোসিস** বলে। এ পর্যায়ে RNA, প্রোটিন ইত্যাদি সংশ্লেষ হয়।

ক্রসিং ওভার : মিয়োসিস–১ এর প্রোফেজ–১ এর প্যাকাইটিন উপপর্যায়ে যে পদ্ধতির মাধ্যমে দুটি সমসংস্থ ক্রোমোজোমের নন-সিস্টার ক্রোমোটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে, তাকে **ক্রসিংওভার** বলে। ক্রসিংওভারের ফলে সমসংস্থ ক্রোমোজোমের মধ্যে জিনগত বৈশেষ্ট্যের আদান-প্রদান অর্থাৎ পুনঃসংযুক্তি ঘটে।

CamScanner

এ অধ্যায়ে দক্ষতা অর্জন (100%)

১. কোষ বিভাজন স্বতঃস্ফূর্ত প্রক্রিয়া, **ওয়াল্টার ফ্লেমিং** ১৮৩২ সালে সামুদ্রিক সালামান্ডার-এ সর্বপ্রথম পর্যবেক্ষণ করেন।

২. উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে তিন ধরনের কোষ বিভাজন দেখা যায় যেমন- (১) অ্যামাইটোসিস (২) মাইটোসিস ও (৩) মিয়োসিস।

৩. মাতৃকোষ বিভাজনের ফলে একাধিক কোষ সৃষ্টির প্রক্রিয়া হলো **কোষ বিভাজন**।

৪. **অ্যামাইটোসিস** এর অপর নাম প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন।

৫. **মাইটোসিস** হলো সমীকরণিক বিভাজন, **মিয়োসিস** হলো হ্রাসমূলক বিভাজন।

৬. একটি কোষের সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি ও বিভাজন-এ তিনটি পর্যায় যে চক্রের মাধ্যমে সম্পন্ন হয় তাকে বলা হয় **কোষ চক্র**।

৭. একটি জেনেটিক প্রোগ্রাম দ্বারা **কোষচক্র** নিয়ন্ত্রিত হয়।

৮. সাইক্লিন এবং সাইক্লিন ডিপেন্ডেন্ট কাইনেজ (cdk) যৌগ কোষচক্রের জন্য অভ্যন্তরীণ উদ্দীপনা প্রদান করে।

৯. কোষের একটি বিভাজন সম্পন্ন হওয়ার পর থেকে পরবর্তী বিভাজন শুরু হওয়ার আগ পর্যন্ত অবস্থাকে বলা হয় **ইন্টারফেজ**। অর্থাৎ একটি মাইটোসিস দশা থেকে পরবর্তী মাইটোসিস দশার মধ্যবর্তী সময় হলো ইন্টারফেজ অবস্থা।

১০. মেটাফেজ দশায় স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চলে ক্রোমোজোমের বিন্যস্ত হওয়াকে বলা হয় **মেটাকাইনেসিস**।

১১. নিউক্লিয়াসের বিভাজনকে বলা হয় **ক্যারিওকাইনেসিস** এবং সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে বলা হয় **সাইটোকাইনেসিস**।

১২. ক্রোমোজোমের খাটো ও মোটা হওয়ার প্রক্রিয়াকে বলে **কনডেনসেশন** এবং DNA-অণুর যে জটিল কয়েলিং প্রক্রিয়ায় কনডেনসেশন ঘটে থাকে তাকে বলে **সুপারকয়েলিং**।

১৩. ব্যাকটেরিয়া, নীলাভ সবুজ শৈবাল, অ্যামিবা ও ঈস্টে, প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন দেখা যায়।

১৪. মাইটোসিস ঘটে বর্ধনশীল অংশে, যথা– কাণ্ড ও মূলের অগ্রভাগ, ভ্রূণমূল, ভ্রূণমুকুল, পুষ্পমুকুল ইত্যাদিতে।

১৫. **ইন্টারফেজ পর্যায়** বিরাম-১(G1 দশা), S-পর্যায় (DNA প্রতিলিপন) ও বিরাম-২(G_2দশা)-এ তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত।

১৬. স্পিন্ডল যন্ত্রের দুই মেরুর মধ্যবর্তীস্থানকে **ইকুয়েটর** বা **বিষুবীয় অঞ্চল** বলে।

১৭. নির্দিষ্ট শর্ত পূরণ না হলে কোষচক্রের যে সুনির্দিষ্ট স্থানে এসে কোষ বিভাজনের অগ্রগতি বন্ধ হয়ে যায় সেই স্থান বা বিন্দুকে **চেক পয়েন্ট** বলে।

১৮. ক্রোমাটিন সূত্রের কুণ্ডলীকৃত হওয়ার প্রক্রিয়াকে **স্পাইরালাইজেশন** বলে।

১৯. কোষ বিভাজনের সময় সৃষ্ট স্পিন্ডল যন্ত্রের যে তন্তুগুলো এক মেরু থেকে অপর মেরু পর্যন্ত বিস্তৃত তাদের **স্পিন্ডল তন্তু** বলে।

২০. কোষ বিভাজনের সময় সৃষ্ট স্পিন্ডল যন্ত্রের যে তন্তুগুলো ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ারের সঙ্গে যুক্ত থাকে তাদের নাম **আকর্ষণ তন্তু** বা **ট্র্যাকশন ফাইবার** বা **ক্রোমোজোমীয় তন্তু**।

২১. কোনো কিছুর সাথে পানি যুক্ত হওয়াকে **হাইড্রেশন** বা **পানি যোজন** বলে।

২২. কোনো টিস্যুর মোট কোষ সংখ্যা এবং মাইটোসিস বিভাজনরত কোষ সংখ্যার অনুপাতকে বলা হয় **মাইটোটিক ইনডেক্স**।

CamScanner

২৩. কোষচক্রে সাইক্লিন Cdk-এর নিয়ন্ত্রণ বিনষ্ট হয়ে গেলে **অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস** হয়, এর ফলে টিউমার ও ক্যান্সার সৃষ্টি হয়।

২৪. কোষে p53 নামক প্রোটিন defective হলে কোষচক্র নিয়ন্ত্রণ হারিয়ে ফেলে এবং টিউমার ও ক্যান্সার সৃষ্টির সম্ভাবনা দেখা দেয়।

২৫. কোষ বিভাজনের অ্যানাফেজ পর্যায়ে অপত্য ক্রোমোজোমগুলোর মধ্যে বিকর্ষণের ফলে অর্ধেক অপত্য ক্রোমোজোম মেরুর একদিকে এবং বাকি অর্ধেক মেরুর অন্যদিকে সরে যেতে থাকে। এ ধরনের চলনকে **অ্যানাফেজ চলন** বলে।

২৬. কোষচক্র বিনষ্টকারী জিন হলো **Oncogene** ।

২৭. মিয়োসিস কোষ বিভাজনে 2n কোষ হতে n (হ্যাপ্লয়েড) কোষ সৃষ্টি হয় অর্থাৎ ক্রোমোজোম সংখ্যা অর্ধেকে হ্রাস পায়।

২৮. মিয়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ-১ এর লেপ্টোটিন উপপর্যায়ে **ক্রোমোমিয়ার** (স্থানীয়ভাবে DNA কয়েলিং-এর ফলে সৃষ্ট মোটা ব্যান্ড) দৃষ্টিগোচর হয়।

২৯. মিয়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ-১ এর জাইগোটিন উপ-পর্যায়ে দুটি হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের মধ্যে জোড় সৃষ্টি হয়, যাকে **সিন্যাপসিস** বলে। প্রতিটি জোড়বাঁধা ক্রোমোজোমকে বলে **বাইভ্যালেন্ট** ।

৩০. সকল উন্নত প্রাণি ও কিছু উদ্ভিদে গ্যামেট সৃষ্টির সময় ডিপ্লয়েড জনন মাতৃকোষে মিয়োসিস ঘটে, এরূপ মিয়োসিসকে **গ্যামেটোজেনিক মিয়োসিস** বলে। এরূপ মিয়োসিস নিষেকের পূর্বে হয়।

৩১. অনেক হ্যাপ্লয়েড জীবের নিষেকের পরেও জাইগোটের অঙ্কুরোদগমের সময় মিয়োসিস ঘটে, এরূপ মিয়োসিসকে **জাইগোজেনিক মিয়োসিস** বলে। *Ulothrix, Spirogyra* ইত্যাদিসহ অধিকাংশ থ্যালোফাইটে এরূপ মিয়োসিস হয়।

৩২. মস ও ফার্নসহ সকল উন্নত উদ্ভিদে স্পোর সৃষ্টির সময় মিয়োসিস ঘটে, এরূপ মিয়োসিসকে **স্পোরোজেনিক মিয়োসিস** বলে।

৩৩. একই ক্রোমোজোমের ২টি ক্রোমাটিডকে **সিস্টার ক্রোমাটিক** বলে। একই জোড়ার দুটি ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডকে বলে **নন-সিস্টার ক্রোমাটিড**।

৩৪. সমসংস্থ ক্রোমোজোমদুটিকে যে নিউক্লিয় প্রোটিনের পদার্থ লম্বালম্বিভাবে যুক্ত রাখে তাকে **সাইন্যাপটোনেমাল কমপ্লেক্স** বলে। এটি ক্রোমোজোমের ক্রসিংওভার শেষ হওয়া পর্যন্ত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ রাখে।

৩৫. নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময়কে **ক্রসিং ওভার** (ক্রস ওভার) বলে।

৩৬. মিয়োসিস বিভাজনের মেটাফেজ-এ ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার অবিভক্ত থাকে (মাইটোসিস বিভাজনের মেটাফেজ-এ সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত থাকে)।

৩৭. মিয়োসিস বিভাজনের অ্যানাফেজ-১ এ প্রতি মেরুতে এক একটি পূর্ণাঙ্গ ক্রোমোজোম পৌঁছে।

৩৮. মাইটোসিস-এর প্রোফেজ পর্যায়ে নিউক্লিয়াস আকারে বড় হয় এবং ক্রোমোজোমগুলোতে পানি বিয়োজন শুরু হয়।

৩৯. প্রো-মেটাফেজ পর্যায়ের শেষে দিকে নিউক্লিয়াস ও নিউক্লিয়ার এনভেলপ-এর বিলুপ্তি ঘটে।

৪০. **জেনেটিক ম্যাপ**-এর মাধ্যমে প্রতিটি জিনের আপেক্ষিক অবস্থান, দূরত্ব, এদের সম্পর্ক নির্ণয় করা যায়।

৪১. ক্রসিং ওভারের লিঙ্কড জিনের মধ্যে নতুন সমন্বয় বা **রিকম্বিনেশন** ঘটে।

৪২. মিয়োসিস না হলে প্রতি প্রজন্মে ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ (প্রথম প্রজন্মে ২৩টি, দ্বিতীয় প্রজন্মে ৪৬টি, তৃতীয় প্রজন্মে ৯২টি হয়ে চতুর্থে ১৮৪টি) হতো।

CamScanner

অনুশীলনী

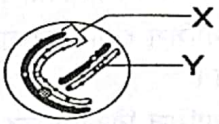
বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

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

২. মাইটোসিসের কোন ধাপে নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাসের পূর্ণ বিলুপ্তি ঘটে ?
(ক) প্রোফেজ (খ) প্রো-মেটাফেজ (গ) মেটাফেজ (ঘ) অ্যানাফেজ

৩. মাইটোসিস কোথায় ঘটে না ?
(ক) মূল ও কাণ্ডের অগ্রভাগে (খ) পাতার বর্ধনশীল অংশে (গ) প্রাণীর যকৃত কোষে (ঘ) প্রাণীর স্নায়ু কোষে

পার্শ্বে চিত্রটি দেখে ৪-৫ নম্বর প্রশ্নের উত্তর দাও



৪. উদ্দীপকের "X" অংশ সৃষ্টি হয় কোন প্রক্রিয়ায় ?
(ক) বাইভ্যালেন্ট (খ) সিন্যাপসিস (গ) মিলকরণ (ঘ) প্রান্তীয়করণ

৫. উদ্দীপকের "Y" অংশের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য–
(i) এটি গোলাকার বর্ণহীন (ii) এর উপর ভিত্তি করে ক্রোমোজোমকে ভাগ করা হয়
(iii) এটি প্রোটিন অংশ্লেষে সহায়তা করে
নিচের কোনটি সঠিক ?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৬. জীবদেহের ক্ষতস্থান ও ক্ষয়পূরণে অপরিহার্য কোনটি ?
(ক) অ্যামাইটোসিস (খ) মাইটোসিস (গ) মিয়োসিস (ঘ) সাইটোপ্লাজম

বহুনির্বাচনি প্রশ্নের উত্তরমালা

১। ঘ	২। গ	৩। ঘ	৪। খ	৫। ক	৬। খ

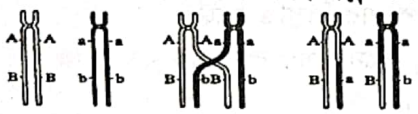
সৃজনশীল প্রশ্ন

১. উচ্চশ্রেণির জীবদেহে দুই ধরনের কোষ বিভাজন সম্পন্ন হয়। এক ধরনের কোষ বিভাজন দেহকোষে ঘটে। অপর ধরনের কোষ বিভাজন জনন মাতৃকোষে ঘটে। উভয় বিভাজনের মাধ্যমে একটি পূর্ণাঙ্গ জীবের প্রকাশ ঘটে।
ক. সেন্ট্রোমিয়ার কী ?
খ. কোষচক্র বলতে কী বুঝ ?
গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রথম বিভাজনের বৈশিষ্ট্য লিখ।
ঘ. উদ্দীপকের বিভাজনদুটির মধ্যে সাদৃশ-বৈশাদৃশ যুক্তিসহ দেখাও।

২. ডানপাশের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

ক. ইন্টারফেজ কী ?
খ. হ্রাসমূলক বিভাজন বলতে কী বুঝ ?
গ. উদ্দীপকে যে উপপর্যায় নির্দেশ করে তার বৈশিষ্ট্য লিখ।
ঘ. উদ্দীপকের উপপর্যায়টি যে বিভাজন নির্দেশন করে তার তাৎপর্য আছে কী ? তোমার মতামত উপস্থাপন কর।

৩. নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



ক. সিস্টার ক্রোমাটিড কী ?
খ. কোষের প্রস্তুতি পর্যায়ে কী ঘটে ?
গ. চিত্রে যে প্রক্রিয়াটি দেখানো হয়েছে তার ব্যাখ্যা দাও।
ঘ. চিত্রের প্রক্রিয়াটি না ঘটলে জীবের কী ক্ষতি হতো ?

CamScanner