

লাল - সরুজে
দাগানো
TEXT BOOK



উত্তিদি বিজ্ঞান

New Edition



উমেষ

মেডিকেল এন্ড ডেন্টাল এডমিশন কেয়ার

দ্বিতীয় অধ্যায়

কোষ বিভাজন

CELL DIVISION

প্রধান শব্দসমূহ : সাইটোকাইনেসিস,
কোষ চক্র, ক্রসিংওভার, সিন্যাপসিস

মাধ্যমিক শ্রেণির জীববিজ্ঞান বিষয়ে তোমরা কোষ বিভাজন সম্বন্ধে জেনেছ। এ অধ্যায়ে কোষ বিভাজন, বিশেষ করে কোষ চক্র ও মায়োসিস সম্বন্ধে বিস্তারিত জানতে পারবে।

এ অধ্যায়ের পাঠগুলো পড়ে শিক্ষার্থীরা যা যা শিখবে—		পাঠ পরিকল্পনা
❖ মাইটোসিসের ব্যাখ্যা।	পাঠ ১	কোষ বিভাজনের প্রকারভেদ
❖ মাইটোসিসের গুরুত্ব।	পাঠ ২	মাইটোসিস কোষ বিভাজন
❖ মিওসিসের (মায়োসিস) পর্যায়সমূহ।	পাঠ ৩	মাইটোসিস কোষ বিভাজনের ধাপসমূহ
❖ জীবদেহে মিওসিসের (মায়োসিস) গুরুত্ব।	পাঠ ৪	মায়োসিস কোষ বিভাজন
❖ জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষায় মিওসিস (মায়োসিস) কোষ বিভাজনের অবদান।	পাঠ ৫	মায়োসিস কোষ বিভাজনের ধাপসমূহ : মায়োসিস-১
ব্যবহারিক : মাইটোসিস বিভাজন পর্যবেক্ষণ করে চিত্র অঙ্কন।	পাঠ ৬	মায়োসিস কোষ বিভাজনের ধাপসমূহ : মায়োসিস-২
	পাঠ ৭	মায়োসিস কোষ বিভাজনের গুরুত্ব
	পাঠ ৮	ব্যবহারিক : মাইটোসিস কোষ বিভাজনের বিভিন্ন পর্যায় (স্থায়ী স্টেইড) পর্যবেক্ষণ

বিভাজনের মাধ্যমে সংখ্যাবৃদ্ধি কোষের একটি আভাবিক ও অতি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য। এককোষী জীবসমূহ, যেমন- ব্যাকটেরিয়া, স্টেট প্রভৃতি বার বার বিভাজনের মাধ্যমেই একটি থেকে অসংখ্য এককোষী জীবে পরিপন্থ হয়। বিশালদেহী একটি বটগাছের সূচনাও ঘটে একটি মাত্র কোষ (জাইগোট = নিষিক্ত ডিম্বক) হতে। গাছ থেকে গাছের সৃষ্টি হয়, প্রাণী থেকে সৃষ্টি হয় প্রাণী, আর তেমনি কোষ থেকেই কেবল কোষ সৃষ্টি হতে পারে। এককোষী নিষিক্ত ডিম্বক হতে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া এক সময় কোটি কোটি কোষের সময়ে একটি পরিণত মানুষের সৃষ্টি হয়। জীবদেহে কোষ বিভাজন একটি মৌলিক ও অত্যাবশ্যকীয় প্রক্রিয়া, এর মাধ্যমেই জীবের দৈহিক বৃদ্ধি ও বংশবৃদ্ধি ঘটে। যে প্রক্রিয়ায় জীবকোষ বিভক্তির মাধ্যমে একটি থেকে দুটি বা চারটি কোষের সৃষ্টি হয় তাকে কোষ বিভাজন বলা হয়। কোষ বিভাজনের ফলে সৃষ্টি নতুন কোষকে বলে অপত্য কোষ (daughter cell) এবং যে কোষটি থেকে অপত্য কোষ সৃষ্টি হয় সে কোষটি হলো মাতৃকোষ (mother cell)।

Walter Flemming ১৮৮২ খ্রিস্টাব্দে সামুদ্রিক স্যালামারার (*Triturus maculosa*) কোষে প্রথম কোষ বিভাজন লক্ষ্য করেন। “কোষ থেকেই কেবল কোষ সৃষ্টি হতে পারে” — এটি বলেন রংডলফ ডিরশাও।

হ্যাপ্লয়েড বনাম ডিপ্লয়েড

প্রতিটি জীবে একটি নির্দিষ্ট সংখ্যক unique ক্রোমোসোম থাকে, যেমন— মানুষের ২৩টি। ফলের মাছির ৪টি। সবগুলো unique (অনন্য, অদ্বিতীয়) ক্রোমোসোম মিলে একটি ক্রোমোসোম সেট হয়। মানুষের দুই সেট ক্রোমোসোম থাকে অর্থাৎ প্রতিটি ক্রোমোসোম দুই কপি করে আছে। যে কোষে ২ সেট ক্রোমোসোম আছে তাকে বলা হয় ডিপ্লয়েড কোষ বা ‘ $2n$ ’। মানুষ ডিপ্লয়েড জীব। যে কোষে এক সেট ক্রোমোসোম থাকে তাকে বলা হয় হ্যাপ্লয়েড কোষ বা ‘ n ’। n stand for the number of unique chromosome. মানুষের দেহ কোষ ‘ $2n$ ’ কিন্তু উক্তাগুলি বা ডিপ্লাগুলি ‘ n ’।

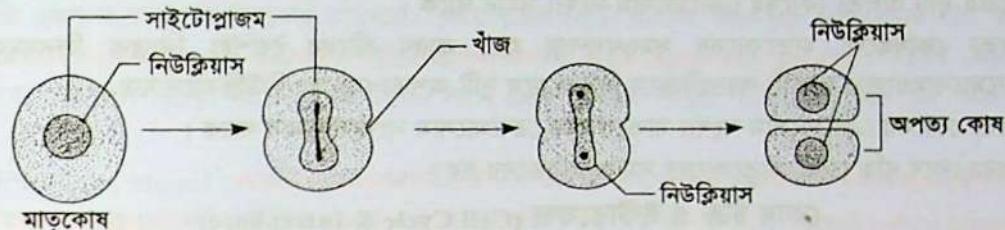
কোষ বিভাজনের প্রকার : জীব জগতে তিন প্রকার কোষ বিভাজন দেখা যায়। যথা :

- ১। অ্যামাইটোসিস (Amitosis) বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন, (Without mitosis)
- ২। মাইটোসিস (Mitosis) বা সমীকরণিক কোষ বিভাজন (Gr. mitos = thread)।
- ৩। মায়োসিস (Meiosis) বা হ্যাসম্বলক কোষ বিভাজন। (Gr. Diminution)।

১। অ্যামাইটোসিস বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন (Amitosis or Direct Cell Division)

যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় একটি মাতৃকোষের নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজম কেন্দ্রে **জটিল মাধ্যমিক পর্যায় ছাড়াই** সরাসরি বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য (শিশু) কোষের সৃষ্টি করে তাকে **অ্যামাইটোসিস বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন** বলে।

প্রক্রিয়া : অ্যামাইটোসিস প্রক্রিয়ায় কোনো ধরনের জটিলতা ছাড়াই সরাসরি মাতৃকোষের বিভাজন ঘটে থাকে। এক্ষেত্রে নিউক্লিয়াসটি প্রত্যক্ষভাবে সরাসরি দু'অংশে ভাগ হয়। নিউক্লিয়াসটি প্রথমে লম্বা হয় ও মাঝখানে ভাগ হয়ে দুটি নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়। পরে কোষটির মধ্যভাগে একটি চক্রাকার গর্ত ভেতরের দিকে চুকে গিয়ে পরিশেষে দু'ভাগে ভাগ



চিত্র ২.১ : একটি মাতৃকোষ থেকে দুটি অপত্যকোষ সৃষ্টি (অ্যামাইটোসিস)।

করে ফেলে। ফলে একটি কোষ দুটি অপত্য কোষে (daughter cell) পরিণত হয়। প্রতিটি অপত্য কোষ ক্রমে বৃদ্ধি পেয়ে মাতৃকোষের অনুরূপ আকার ও আকৃতি লাভ করে। কতক ইস্ট, অ্যামিবা প্রভৃতি এককোষী জীবে এ প্রকার কোষ বিভাজন দেখা যায়। ব্যাকটেরিয়ার দ্বি-ভাজন প্রক্রিয়াও কতকটা অ্যামাইটোসিস এর মতোই। উভয় প্রক্রিয়া প্রায় সমার্থক।

অ্যামাইটোসিস প্রক্রিয়ার তাৎপর্য

- (i) বিজানী স্ট্রাসবার্জার (১৮৯২) এর মতে, অ্যামাইটোসিস প্রক্রিয়া থেকেই জটিল ও উন্নত কোষ বিভাজন পদ্ধতির উৎপত্তি হয়েছে।
- (ii) কোনো কোনো এককোষী জীবের সংখ্যাবৃদ্ধির ক্ষেত্রে এ প্রক্রিয়াটি অত্যন্ত ফলপ্রসূ এবং একমাত্র প্রক্রিয়া।

২। মাইটোসিস বা সমীকরণিক কোষ বিভাজন

[Mitosis = My toe sis or Equational Cell Division]

প্রকৃতকোষী জীবদেহ গঠনের কোষ বিভাজন হলো মাইটোসিস। মাইটোসিস কোষ বিভাজনে একটি প্রকৃত কোষের প্রতিটি ক্রোমোসোমের একটি করে ক্রোমাটিড দু'দিকে দু'মেরুতে সরে গিয়ে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। পরে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী স্থানে উভিদকোষে কোষপ্রাচীর সৃষ্টির মাধ্যমে এবং প্রাণিকোষে প্রাজমামেমব্রেন ভেতরের দিকে চুকে গিয়ে সাইটোপ্লাজম দু'ভাগে ভাগ হয়ে যায় এবং দুটি অপত্য কোষে পরিণত হয়। **নিউক্লিয়াসের বিভাজনকে বলা হয় ক্যারিওকাইনেসিস** (karyokinesis) এবং সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে বলা হয় সাইটোকাইনেসিস (cytokinesis)। এ প্রক্রিয়ায় বিভক্ত কোষে ক্রোমোসোমের সংখ্যা, গুণাগুণ ও গঠনাকৃতি মাতৃকোষের ক্রোমোসোমের সংখ্যা, গুণাগুণ ও গঠনাকৃতির অনুরূপ থাকে। এ বিভাজন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোসোম উভয়ই একবার বিভাজিত হয়। যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া একটি প্রকৃত কোষের নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোসোম উভয়ই একবার করে বিভক্ত হয় তা-ই মাইটোসিস কোষ বিভাজন। অন্যভাবে, যে কোষ বিভাজনে একটি দেহ কোষের নিউক্লিয়াস বিভাজিত হয়ে সমআকৃতি ও সমগুণসম্পন্ন দুটি অপত্য নিউক্লিয়াস সৃষ্টির মাধ্যমে দুটি অপত্য কোষে পরিণত হয় সেই কোষ বিভাজনই মাইটোসিস। নিউক্লিয়াসের একপ বিভাজন প্রথম দেখতে পাওয়া শ্লেইচার (Schleicher-1879) এবং নাম দেন ক্যারিওকাইনেসিস। পরে ওয়াল্টার ফ্লেমিং (Walter Flemming, 1882) এ প্রকার পূর্ণ বিভাজনকে মাইটোসিস নামে অভিহিত করেন।

মাইটোসিস বিভাজনে মাতৃকোষের প্রতিটি ক্রোমোসোম সেন্ট্রোমিয়ারসহ লম্বালম্বিভাবে সমান দু'অংশে ভাগ হয় এবং প্রতিটি অংশ এর নিকটবর্তী মেরুতে গমন করে। ফলে সৃষ্টি নতুন কোষ দুটিতে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার সমান থাকে। তাই মাইটোসিসকে ইকোয়েশনাল বা সমীকরণিক বিভাজনও বলা হয়।

মাইটোসিস কোথায় ঘটে? : মাইটোসিস প্রাণী ও উভিদের বিভাজন ক্ষমতাসম্পন্ন দৈহিক কোষে ঘটে থাকে, যেমন— উভিদের কাণ বা তার শাখা-প্রশাখার শীর্ষ, মূলের বর্ধিষ্ঠ শীর্ষ, ক্যান্সিল প্রভৃতি অঞ্চলে মাইটোসিস হয়ে থাকে। জীবদেহের সকল অঙ্গ-প্রত্যঙ্গ মাইটোসিস প্রক্রিয়ারই ফল। জননাদের গঠন এবং বৃদ্ধিও মাইটোসিস প্রক্রিয়ার মাধ্যমেই হয়ে থাকে।

মাইটোসিসের বৈশিষ্ট্য

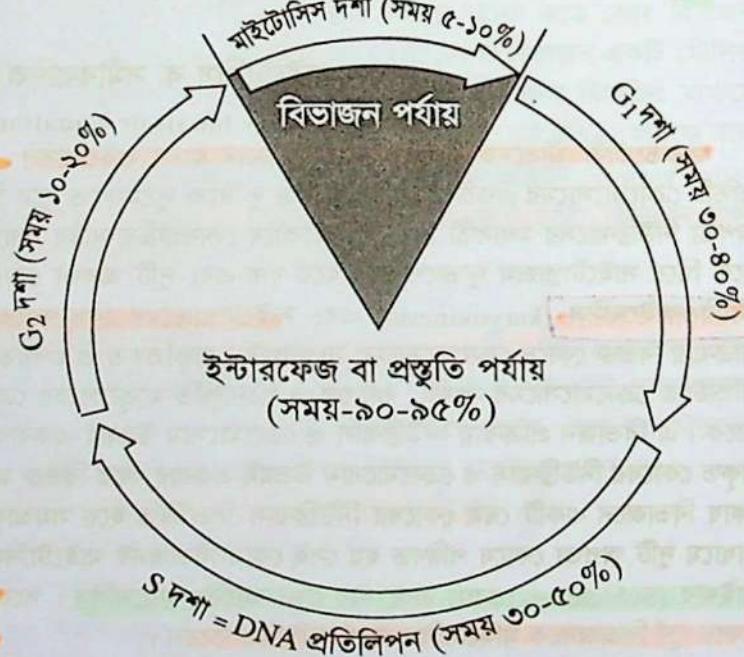
- ১। এ প্রক্রিয়ায় প্রতিটি ক্রোমোসোম লম্বালম্বিভাবে তথা অনুদৈর্ঘ্যে দুটি ক্রোমাটিডে বিভক্ত হয়।
- ২। প্রতিটি ক্রোমাটিড তথা অপ্ত্য ক্রোমোসোম তার নিকটস্থ মেরতে পৌছে দুটি অপ্ত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। কাজেই দুটি অপ্ত্য কোষেই ক্রোমোসোম সংখ্যা সমান থাকে।
- ৩। অপ্ত্য কোষগুলো মাত্রকোষের সমগ্রসম্পন্ন হয়, কারণ জীবের বৈশিষ্ট্য নিয়ন্ত্রক জিনসমূহ বহনকারী ক্রোমোসমগুলোর প্রতিটি লম্বালম্বিভাবে বিভক্ত হয়ে দুটি অপ্ত্য কোষের নিউক্লিয়াসে যায়।
- ৪। অপ্ত্য কোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা মাত্রকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার সমান থাকে।
- ৫। অপ্ত্য কোষ বৃদ্ধি পেয়ে মাত্রকোষের সমান আয়তনের হয়।

কোষ চক্র ও ইন্টারফেজ (Cell Cycle & Interphase)

একটি সুস্থ বর্ধিষ্ঠ কোষের জীবন শুরু হয় তার মাত্রকোষের বিভাজনের মাধ্যমে এবং শেষ হয় নিজে বিভাজিত হয়ে অপ্ত্য কোষ সৃষ্টির মধ্য দিয়ে। একটি কোষ সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি এবং পরবর্তীতে বিভাজন—এ তিনটি কাজ যে চক্রের মাধ্যমে সম্পন্ন হয় তাকে বলা হয় কোষ চক্র (Cell Cycle)। হাওয়ার্ড ও পেল (Howard & Pelc, 1953) এই কোষ চক্রের প্রত্যাব করেন। এই চক্রটি বার বার চলতেই থাকে। একজন প্রাণী বয়স্ক ব্যক্তির দেহে ১০০ (10^{10}) ট্রিলিয়ন (trillion) কোষ থাকে। দেহকে সুস্থ রাখতে হলে এর মধ্যে সঠিক সময়ে সঠিক কোষটিকে বিভক্ত হতে হবে। এ বিভাজনের জন্য প্রয়োজন অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক প্রয়োজনীয় সিগনাল বা সংকেত। কিছু কোষ আছে যারা দ্রুত বিভাজনের জন্য বিশেষায়িত (যেমন জ্বণ কোষ, মূল ও কাণ্ডের শীর্ষ মেরিস্টেম কোষ); কিছু কোষ আছে প্রয়োজনীয় উদ্দীপনা পেলে বিভাজিত হতে পারে; আবার অনেক কোষ আছে কখনো বিভক্ত হয় না, যেমন আমাদের পূর্ণাঙ্গ লাল রক্ত কোষ, পেশিকোষ, স্নায়ুকোষ, উড়িদের ছায়ী কোষসমূহ।

কোষ চক্র দুটি প্রধান ধাপে বিভক্ত, যথা-
কোষের বিভাজনের অবস্থাকে বলা হয় এম. ফেজ
(Mitotic Phase) বা মাইটোসিস এবং দুটি এম.
ফেজ-এর মধ্যবর্তী অবভাজন অবস্থাকে বলা হয়
ইন্টারফেজ (Interphase)। অন্যভাবে, একটি
কোষ পরপর দু'বার বিভক্ত হওয়ার মধ্যবর্তী সময়
বা পর্যায়ই হলো ইন্টারফেজ। এম. ফেজ এবং
ইন্টারফেজ পর্যায়ক্রমিকভাবে পরপর এসে কোষ
চক্র সম্পন্ন করে। কোষ চক্রের মোট সময়ের মাত্র
৫-১০ ভাগ ব্যয় হয় এম. ফেজ-এ, আর বাকি
৯০-৯৫ ভাগ সময় ব্যয় হয় ইন্টারফেজ অবস্থায়।
এখানে উল্লেখযোগ্য যে, কোনো নির্দিষ্ট সময়ে মাত্র
অলসংখ্যক কোষ মাইটোসিস পর্যায়ে থাকে এবং
অধিকাংশ সময় অধিকাংশ কোষই ইন্টারফেজ
পর্যায়ে থাকে। একটি জেনেটিক প্রোগ্রাম দ্বারা
কোষ চক্র নিয়ন্ত্রিত হয়। অভ্যন্তরীণ উদ্দীপনা
প্রদান করে সাইক্লিন-Cdk যোগ। বিভিন্ন হরমোন
ও গ্রোথ ফ্যাক্টর (gf) বাহ্যিক উদ্দীপনা দান করে।

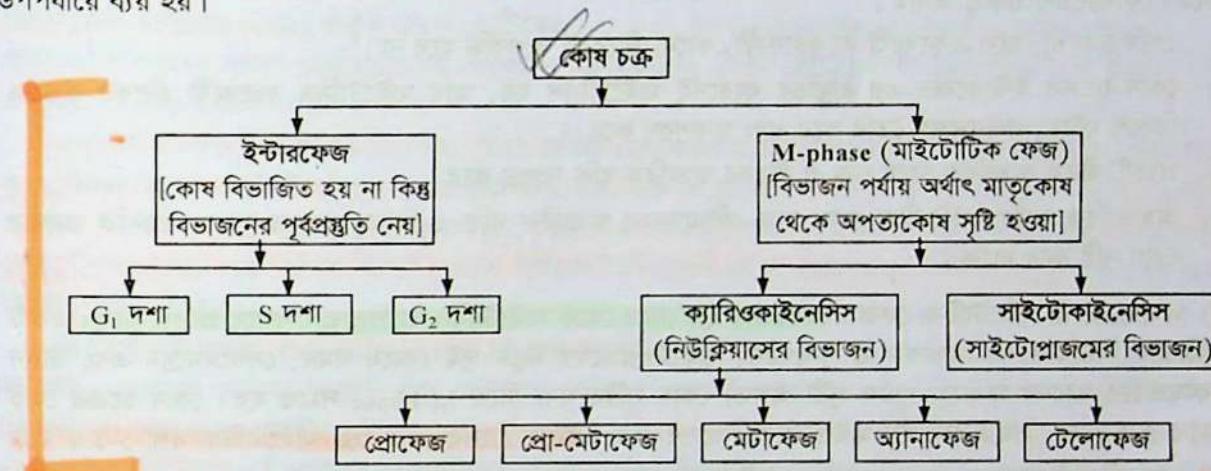
আমাদের দেহের কোনো স্থান কেটে গেলে রক্তের অণুচরিকা একটি গ্রোথ ফ্যাক্টর তৈরি করে যার উদ্দীপনায় চারপাশের
কোষ বিভাজিত হয়ে ক্ষতস্থান জোড়া লাগিয়ে দেয়। দেহের ইমিউন সিস্টেমের জন্য দরকারি কোষসমূহ বিভাজিত হওয়ার
জন্য শ্বেত রক্তকণিকা একটি গ্রোথ ফ্যাক্টর তৈরি করে দেয়। Bone marrow-তে লোহিত রক্তকণিকা কোষের সংখ্যা বৃদ্ধির
জন্য 'কিডনি' erythropoietin তৈরি করে।



চিত্র ২.২ : হাওয়ার্ড ও পেল কোষ চক্র।

(ক) ইন্টারফেজ (Interphase) : ইন্টারফেজ অবস্থাটি বেশ দীর্ঘ। পরবর্তী বিভাজন পর্যায়টিকে সুন্দরভাবে সম্পূর্ণ করার জন্য ইন্টারফেজ অবস্থায় নিউক্লিয়াসে বহু গুরুত্বপূর্ণ ক্রিয়া-বিক্রিয়া ঘটে থাকে। তাই **ইন্টারফেজ অবস্থায় কোষের নিউক্লিয়াসকে বলা হয় বিপাকীয় নিউক্লিয়াস**। এক কথায় বলা যায় M. Phase (মাইটোটিক ফেজ)-কে সুসম্পূর্ণ করতে সব ধরনের প্রস্তুতি এহণ করা হয় ইন্টারফেজ অবস্থায়। কোষচক্রের মোট সময়ের ৯০-৯৫ ভাগ সময় ব্যয় হয় ইন্টারফেজ অবস্থায়। ইন্টারফেজ-কে সাধারণত তিটি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়; যথা- G₁, S এবং G₂ দশা। টার্ণেট কোষের (যে কোষ বিভাজিত হবে) সার্ফেসে বিশেষ রিসেপ্টর প্রোটিনের সাথে গ্রোথ ফ্যাক্টর সংযুক্ত হয়ে কোষ চক্র শুরু করার নির্দেশ দান করে।

i. G₁ দশা (Gap₁ phase) : একটি কোষ পরবর্তীতে বিভাজন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে কিনা, তার সিদ্ধান্ত নেয়া হয় G₁ উপপর্যায়ে। G₁-এর প্রথমেই সাইক্লিন নামক এক প্রকার 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 রেপ্লিকেশনের সকল উপাদান তৈরি হয়। যে কোষটি আর বিভাজিত হবে না তা এক সঙ্গে বা এক বছর অর্থাৎ আমৃত্যু G₁ উপপর্যায়েই আবদ্ধ হয়ে যায়। মোট কোষ চক্রের ৩০-৪০% সময় এই উপপর্যায়ে ব্যয় হয়।



ii. S দশা (S = Synthesis) : এই উপপর্যায়ের প্রধান কাজ হলো নিউক্লিয়াসে ক্রোমোসোমসমূহ DNA সূত্রের রেপ্লিকেশন। পরবর্তী উপ-পর্যায়ে প্রবেশের আগেই DNA রেপ্লিকেশন সম্পন্ন হয়। এই উপপর্যায়ে সময় ব্যয় হয় মোট সময়ের ৩০-৫০ ভাগ।

iii. G₂ দশা (Gap₂ phase) : এটি হলো M. Phase-এ (মাইটোসিস দশা) প্রবেশ করার প্রস্তুতি পর্যায়। এই উপপর্যায়ের প্রধান কাজ হলো মাইক্রোটিউবিউল গঠনকারী পদার্থ সংশ্রেণ যা দিয়ে মাইটোসিস পর্যায়ে স্পিন্ডল তত্ত্ব তৈরি হবে। একটি সেন্ট্রোসোম থেকে দুটি সেন্ট্রোসোম-এ পরিণত হয়। সেন্ট্রোসোম মাইক্রোটিউবিউল তৈরি সূচনা করে। বিভাজন প্রক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি (ATP) তৈরি হয়। G₂ থেকে মাইটোসিস-এ প্রবেশ করতে হলে ম্যাচুরেশন প্রোমোটিং ফ্যাক্টর (MPF) নামক প্রোটিনের প্রয়োজন পড়ে। কিছু সংখ্যক কোষ G₂ উপপর্যায়ে এসেও আটকা পড়ে যায়, আর কখনো বিভাজন পর্যায়ে প্রবেশ করে না। মোট সময়ের ১০-২০ ভাগ সময় এ উপপর্যায়ে ব্যয় হয়।

কোষচক্রের নিয়ন্ত্রক

কোষচক্রের নিয়ন্ত্রক হলো সাইক্লিন প্রোটিন এবং Cdk। মানুষের কোষে চার প্রকার সাইক্লিন থাকে।

সাইক্লিন-D : কোষকে G₁ থেকে S এবং S পর্যায় থেকে G₂ পর্যায়ে নিয়ে যায়।

সাইক্লিন-E : S-পর্যায়ে DNA রেপ্লিকেশনের জন্য কোষকে প্রস্তুত করে।

সাইক্লিন-A : S-পর্যায়ে DNA রেপ্লিকেশন সক্রিয় ও ত্বরান্বিত করে।

সাইক্লিন-B : মাইটোটিক স্পিন্ডল তৈরিসহ মাইটোসিসের জন্য প্রয়োজনীয় সবকিছু সম্পন্ন করে।

Sea Urchin-এর ডিমের প্রোটিন সংশ্লেষণ নিয়ে কাজ করতে গিয়ে Tim Hunt দৈবক্রমে বা অপ্রত্যাশিতভাবে সাইক্লিন প্রোটিন (তিনিই এই নাম দেন) আবিষ্কার করেন। এজন্য তিনি ২০০১ সালে নোবেল প্রাইজ পান।

জীব জীবনে ইন্টারফেজ-এর শুরুত্ব : জীব জীবনে কোষের ইন্টারফেজ পর্যায় অতীব গুরুত্বপূর্ণ।

- কোষটি পরবর্তী কোষ বিভাজনে অংশগ্রহণ করবে কিনা তা ইন্টারফেজ-এর প্রথম দিকেই ঠিক হয়।
- পরবর্তী কোষ বিভাজনের জন্য প্রোটিন, RNA ও DNA রেপ্লিকেশনের সকল উপাদান তৈরি হয়।
- DNA রেপ্লিকেটেড হয়।
- কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় স্পিন্ডল তন্ত্র তৈরির জন্য মাইক্রোটিউবিউলস সৃষ্টি হয়।
- কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় শক্তি (ATP) তৈরি হয়।
- 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 শুরুত্ব/তাৎপর্য : ইন্টারফেজ ও মাইটোটিক কোষ বিভাজন পর্যায়ক্রমিকভাবে এসে কোষ চক্র সম্পন্ন করে। কোষচক্রের শুরুত্ব অসীম।

- কোষ চক্র না হলে এককোষী বা বহুকোষী কোনো জীবেরই বংশবৃদ্ধি হবে না।
- কোষ চক্রের ইন্টারফেজ-এর প্রস্তুতির কারণেই মাইটোসিস হয়, আর মাইটোসিস বহুকোষী জীবের বৃদ্ধি ও বিকাশ ঘটায়, প্রজননাঙ্গ তৈরি করে এবং ক্ষয়পূরণ করে।
- প্রতিটি জীবে স্বাভাবিক কোষ চক্র এ জীবের স্বাভাবিক বৃদ্ধি সম্পন্ন করে।
- অস্বাভাবিক অর্থাৎ অনিয়ন্ত্রিত কোষ চক্র জীবদেহের স্বাভাবিক বৃদ্ধি ও বিকাশ ব্যাহত করে। এমনকি ক্যাসার রোগ সৃষ্টি করে থাকে।

(খ) **M-Phase** বা মাইটোটিক ফেজ : কোষ চক্র G₂ ফেজ থেকে মাইটোসিস বা বিভাজন পর্যায়ে প্রবেশ করে। একটি জটিল প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের বিভাজন ও পুনঃগঠন, সাইটোপ্লাজমের নতুন দুই কোষে গমন, সেলমেমব্রেন এবং উভিদ কোষে কোষপ্রাচীর গঠনের মাধ্যমে পূর্ণাঙ্গ দুটি অপ্ত্য কোষ সৃষ্টির মধ্য দিয়ে M-Phase সমাপ্ত হয়। কোষ চক্রের মোট সময়ের মাত্র ৫-১০ ভাগ সময় ব্যয় হয় মাইটোটিক ফেজের জন্য। স্তন্যপায়ীদের কোষ চক্র মাইটোটিক দশা ১-১.৫ ঘণ্টা হ্যায়ী 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 বংশগতীয় বন্ধ ক্রোমাটিন হিসেবে থাকে।	৪। এ দশায় বংশগতীয় বন্ধ ক্রোমোসোম হিসেবে থাকে।

মাইটোসিস (Mitosis)

সম্পূর্ণ মাইটোসিস কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া দুটি প্রধান ভাগে বিভক্ত; যথা-(i) ক্যারিওকাইনেসিস (Karyokinesis)—মাইটোসিস প্রক্রিয়া চলাকালে নিউক্লিয়াসের বিভাজন ও (ii) সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis)—মাইটোসিসের শেষ দিকে সাইটোপ্লাজমের বিভাজন।

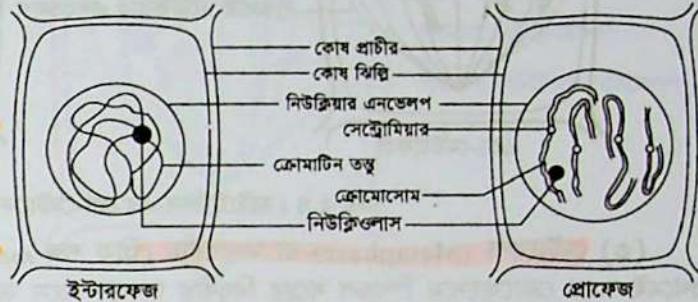
(i) **ক্যারিওকাইনেসিস (Karyokinesis)** : মাইটোসিস বলতে মূলত ক্যারিওকাইনেসিসকেই বোঝানো হয়ে থাকে। মাইটোসিস কোষ বিভাজনে মাত্রকোষের নিউক্লিয়াস থেকে দুটি অপ্ত্য নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হওয়াকে **ক্যারিওকাইনেসিস** বলে।

DAT : 20-21

মাইটোসিস-এর পর্যায়সমূহ

কোষ বিভাজন একটি অবিচ্ছিন্ন বা ধারাবাহিক প্রক্রিয়া তাই একে বিভিন্ন পর্যায়ে ভাগ করা সঠিক নয়। তবুও বর্ণনা ও ধারাবাহিকতার জন্য মাইটোসিসকে প্রধানত পাঁচটি দশা বা পর্যায়ে ভাগ করা হয়ে থাকে। পর্যায়গুলো নিম্নরূপ :

(১) **প্রোফেজ (Prophase)** বা আদ্যপর্যায় (যিক শব্দ *pro* = প্রাক + *phase* = পর্যায় বা দশা) : মাইটোসিস-এর প্রথম পর্যায়কে প্রোফেজ বলে। এটি মাইটোসিসের সবচেয়ে দীর্ঘস্থায়ী পর্যায়। এ পর্যায়ে কোষের নিউক্লিয়াস আকারে বড় হয়। নিউক্লিয়াস, বিশেষ করে ক্রোমোসোমগুলোতে জল-বিয়োজন (dehydration) আরম্ভ হয়। ক্রমাগত জল-বিয়োজনের ফলে ক্রোমোসোমগুলো সংকুচিত হতে থাকে, ফলে ক্রোমোসোমগুলো ক্রমাগত খাটো ও মোটা হয়, রং ধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় এবং স্পষ্ট হতে স্পষ্টতরভাবে দৃষ্টিগোচর হয়। এ পর্যায়ের শেষের দিকে নিউক্লিওস এবং নিউক্লিয়ার এনভেলপের বিলুপ্তি ঘটতে থাকে। সাইক্লিন ডিপেনডেন্ট কাইনেজ (Cdk) কর্তৃক কতক প্রোটিনের



চিত্র ২.৩ : মাইটোসিস-এর ইন্টারফেজ ও প্রোফেজ পর্যায়।

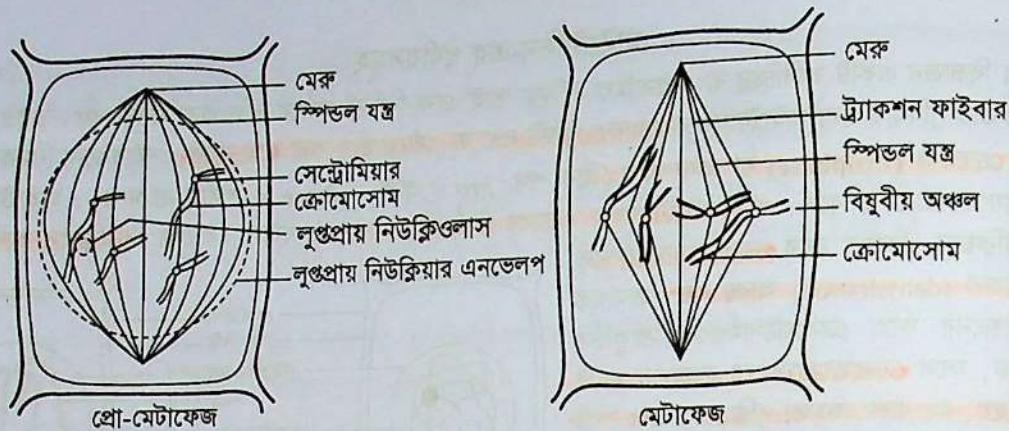
ফসফোরাইলেশনের কারণে ক্রোমোসোমের সংকোচন শুরু হয় এবং কতক প্রোটিনের ফসফোরাইলেশনের কারণে নিউক্লিয়ার এনভেলপের বিলুপ্তি ঘটতে থাকে।

মাইটোসিস কোষ বিভাজনের প্রোফেজ পর্যায়ে প্রতিটি ক্রোমোসোম সেন্ট্রোমিয়ার ব্যতীত লম্বালভিভাবে (অনুদৈর্ঘ্যে) দুটি সূত্রে বিভক্ত থাকে। প্রতিটি সূত্রকে ক্রোমাটিড বলা হয়। ক্রোমোসোমগুলো প্রোফেজ পর্যায়ে ক্রোমাটিডে বিভক্ত হলেও আলোক অণুবীক্ষণ যত্রে সাধারণত অবিভক্তই মনে হয়। এ পর্যায়ে স্পিন্ডল তন্ত্র সৃষ্টির সূচনা ঘটে। (প্রাণিকোষে সেন্ট্রিওল থেকে স্পিন্ডল তন্ত্রের সৃষ্টি হলেও উভিদ কোষে মাইক্রোটিউবিউলস থেকে (সাধারণত উভিদ কোষে সেন্ট্রিওল থাকে না) স্পিন্ডল তন্ত্রের সৃষ্টি হয়।)

(২) **প্রো-মেটাফেজ (Pro-metaphase)** বা প্রাক-মধ্যপর্যায় (যিক শব্দ *pro* = প্রাক + *meta* = মধ্য + *phase* = পর্যায় বা দশা) : প্রোফেজ পর্যায়ের পরবর্তী এবং মেটাফেজ পর্যায়ের অন্তর্বর্তী পর্যায়কে প্রো-মেটাফেজ বলে। এটি দুল্পস্থায়ী পর্যায়। প্রোফেজের একেবারে শেষদিকে উভিদকোষে কতগুলো তন্ত্রময় প্রোটিনের সমন্বয়ে দু’মেরুক্যুল স্পিন্ডল যত্রের (spindle apparatus) সৃষ্টি হয়। এই পর্যায়ের প্রথম দিকেই স্পিন্ডল যত্রের তন্ত্রগুলোর আঘাতে নিউক্লিয়ার এনভেলপ বিলুপ্ত হতে থাকে এবং এক সময় বিলুপ্ত হয়ে যায়। এই পর্যায়ে নিউক্লিওলাসেরও বিলুপ্তি ঘটে। প্রো-মেটাফেজ পর্যায়ে উভিদ কোষে তন্ত্রময় প্রোটিন সমন্বয়ে গঠিত স্পিন্ডল যত্রের সৃষ্টি হয়। স্পিন্ডল যত্রের দু’মেরুর মধ্যবর্তী অঞ্চলকে ইকুয়েটর বা বিষুবীয় অঞ্চল বলা হয়। স্পিন্ডল যত্রের তন্ত্রগুলো এক মেরু হতে অপর মেরু পর্যন্ত বিস্তৃত। এদেরকে স্পিন্ডল ফাইবার (spindle fibre) বলা হয়। প্রো-মেটাফেজ পর্যায়ে ক্রোমোসোমের সেন্ট্রোমিয়ার স্পিন্ডল যত্রের নির্দিষ্ট তন্ত্রের সাথে সংযুক্ত হয়। এসময় ক্রোমোসোম একটু আন্দোলিত হয় যাকে ক্রোমোসোমীয় নৃত্য বলা হয়ে থাকে। আসলে ক্রোমোসোমগুলো বিষুবীয় অঞ্চলের দিকে যেতে থাকে। ক্রোমোসোমের সেন্ট্রোমিয়ার সংযুক্তকারী তন্ত্রকে ট্র্যাকশন ফাইবার (traction fibre) বলা হয়। ক্রোমোসোমগুলো এ সময় বিষুবীয় অঞ্চলে বিন্যস্ত হতে থাকে। (প্রাণিকোষে স্পিন্ডল যত্র সৃষ্টি হাড়াও পূর্বে বিভক্ত সেন্ট্রিওল দু’মেরুতে অবস্থান করে এবং দু’মেরু হতে অ্যাস্টার তন্ত্র বিচ্ছুরিত হয়।)

(**Mitotic centre** : কোষের এ অঞ্চল মাইটোসিসের জন্য মাইক্রোটিউবিউলস ব্যবস্থা করে। প্রাণিকোষে সেন্ট্রোসোম mitotic centre হিসেবে কাজ করে।)

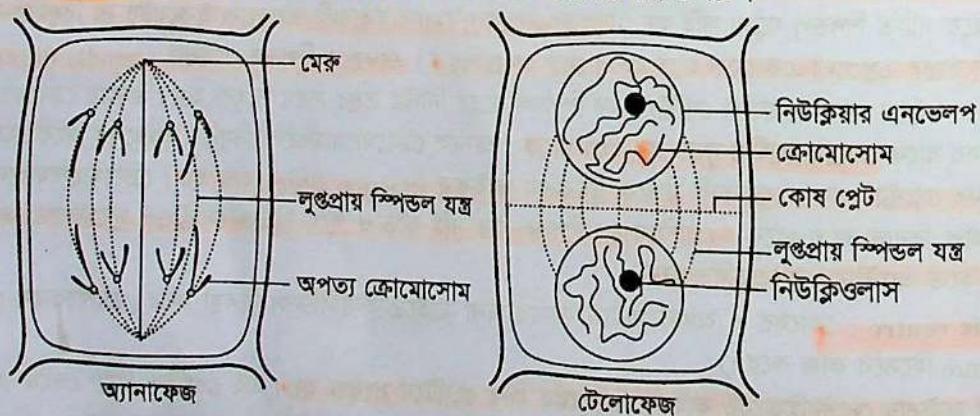
স্পিন্ডল ফাইবার সেন্ট্রোমিয়ারের কাইনেটোকোরের মটর প্রোটিনে সংযুক্ত হয়। এই প্রোটিন ATP ভেঙ্গে ADP ও Pi সৃষ্টি করে এবং শক্তি নির্গত করে। এই শক্তি খরচ করে ক্রোমোসোম মাইক্রোটিউবিউলস ধরে চলতে থাকে।



চিত্র ২.৪ : মাইটোসিস-এর প্রো-মেটাফেজ এবং মেটাফেজ পর্যায়।

(৩) **মেটাফেজ (Metaphase)** বা **মধ্যপর্যায়** (ঐক শব্দ *meta* = মধ্য + *phase* = পর্যায় বা দশা) : এ পর্যায়েই সমস্ত ক্রোমোসোম স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চলে এসে অবস্থান করে। স্পিন্ডল যন্ত্রের দু'মেরুর মধ্যবর্তী স্থানকে বিষুবীয় বা নিরক্ষীয় অঞ্চল বলা হয়। কোষ বিভাজনের মেটাফেজ দশায় স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চলে ক্রোমোসোমের বিন্যস্ত হওয়াকে **মেটাকাইনেসিস** \rightarrow DAT^{১৮-১৯} বলে। এ পর্যায়ে ক্রোমাটিডগুলো সবচেয়ে বেশি মোটা, খাটো ও স্পষ্ট দেখা যায়। ক্রোমোসোমের খাটো ও মোটা হওয়াকে বলা হয় কড়েনসেশন (Condensation)। একটি অতিমাত্রায় কয়েলিং (coiling) প্রক্রিয়ায় এটি হয়ে থাকে তাই একে বলা হয় সুপার কয়েলিং। এ পর্যায়ে কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা, আকার ও আকৃতি নির্ণয় করা যায়। নিউক্লিয়ার এনভেলপ ও নিউক্লিওলাস সম্পূর্ণ বিলুণ থাকে। মেটাফেজ পর্যায়ের শেষ ভাগে প্রতিটি সেন্ট্রোমিয়ার সম্পূর্ণ বিভঙ্গ হয়ে দুটি অপ্ত্য সেন্ট্রোমিয়ার সৃষ্টি করে। MAT^{১৮-১৯}

(৪) **অ্যানাফেজ (Anaphase)** বা **গতিপর্যায়** (ঐক শব্দ *ana* = গতি + *phase* = পর্যায় বা দশা) : সেন্ট্রোমিয়ার পৃথক হওয়ার সাথে সাথে অ্যানাফেজ পর্যায় শুরু হয়। এ পর্যায়ে অপ্ত্য ক্রোমোসোমসমূহ বিষুবীয় অঞ্চল থেকে মেরুমুখী চলতে শুরু করে। সেন্ট্রোমিয়ারের পূর্ণ বিভক্তির ফলে প্রতিটি ক্রোমাটিড একটি অপ্ত্য ক্রোমোসোমে পরিণত হয় এবং প্রতিটি অপ্ত্য ক্রোমোসোম এদের নিকটস্থ মেরুর দিকে ধাবিত হয়। অপ্ত্য ক্রোমোসোমের মেরু অভিমুখী চলনে সেন্ট্রোমিয়ার অংগামী থাকে এবং বাহ্যিক অনুগামী হয়, ফলে সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থান অনুযায়ী ক্রোমোসোমগুলো ইংরেজি V (মেটাসেন্ট্রিক), L (সাবমেটাসেন্ট্রিক), J (অ্যাক্রেসেন্ট্রিক) ও I (টেলোসেন্ট্রিক) অক্ষরের মতো দেখায়। অপ্ত্য ক্রোমোসোমগুলো মেরুর কাছাকাছি পৌছালেই অ্যানাফেজ তথা গতিপর্যায়ের সমাপ্তি ঘটে।



চিত্র ২.৫ : মাইটোসিস-এর অ্যানাফেজ ও টেলোফেজ পর্যায়।

(৫) **টেলোফেজ (Telophase)** বা **অস্তপর্যায়** (ঐক শব্দ *telo* = শেষ + *phase* = পর্যায় বা দশা) : কোষ বিভাজনের এ পর্যায়ে অপ্ত্য ক্রোমোসোমসমূহ দুই বিপরীত মেরুতে স্থির অবস্থান নেয় এবং ক্রোমোসোমগুলোতে আবার জলযোজন

(hydration) ঘটে। ফলে এরা ক্রমান্বয়ে প্রসারিত হয়। ক্রোমোসোমগুলো ক্রমশ সরু ও লম্বা হতে থাকে এবং অস্পষ্ট হতে থাকে। এ পর্যায়ের শেষের দিকে দুই মেরুতে ক্রোমোসোমগুলোর চারদিকে নিউক্লিয়ার এনডেলপ এবং স্যাট ক্রোমোসোমের গোগ কুঞ্চনে নিউক্লিওলাসের পুঁচাবিভাগ ঘটে। ফলে দুইমেরুতে দুটি অপ্ত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়। স্পিন্ডল ফাইবারগুলো ধীরে ধীরে বিলুপ্ত হয়ে যায়।

মাইটোসিসের প্রধান পর্যায়গুলো মনে রাখার একটি সহজ উপায় : IPMAT

Interphase I is for Interlude (দুটো ঘটনার মাঝখানে অবকাশ)

Prophase P is for Prepare (বিভাজনের জন্য তৈরি হওয়া)

Metaphase M is for Middle (ক্রোমোসোমের মধ্যবর্তী স্থানে অবস্থান)

Anaphase A is for Apart (ক্রোমাটিড পৃথক হয়ে সরে যাওয়া)

Telophase T is for Two (দুটি কোষের জন্য)

(ii) সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis) : টেলোফেজ পর্যায়ের শেষের দিকে সাইটোকাইনেসিস আরম্ভ হয়। বিভাজনরত কোষের সাইটোপ্লাজম দুভাগে বিভক্ত হওয়াই সাইটোকাইনেসিস। উভিদ কোষে সাইটোকাইনেসিস ঘটে কোষপ্লেট ও কোষ প্রাচীর সৃষ্টির মাধ্যমে। উভিদ কোষে স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চল ক্রমশ প্রস্তুত হয়ে কোষ প্রাচীরকে স্পর্শ করে। সূত্রগুলো অদ্ধ্য হয়ে যায়। এভেগ্যাজিমিক রেটিকুলাম থেকে আসা ফ্র্যাগমোপ্লেট এবং সূন্দর ভেসিকল মিলিত হয়ে কোষপ্লেট তৈরি করে। বিষুবীয় অঞ্চলেই লাইসোসোমের ন্যায় ফ্র্যাগমোসোম জমা হয় এবং পরে এরা মিলিত হয়ে প্লাজমালেমা (plasmalemma) নামক বিন্দুর সৃষ্টি করে। এরা কোষপ্লেট সৃষ্টিতে সাহায্য করে। কোষপ্লেটের ওপর হেমিসেলুলোজ ও অন্যান্য দ্রব্য জমা হয়ে কোষ প্রাচীর গঠন করে। কোষ প্রাচীর গঠনের ফলে মাত্কোষটি প্রবর্বতীতে দুভাগে ভাগ হয়ে দুটি অপ্ত্য কোষের জন্ম হয়।

[প্রাণীর ক্ষেত্রে স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চল বরাবর কোষবিন্দুটি গর্তের ন্যায় ভেতরের দিকে চুকে যায় এবং এ গর্ত সব দিক হতে ক্রমান্বয়ে গভীরতর হয়ে মাঝখানে একত্রে মিলিত হয়, ফলে কোষটি দুভাগে ভাগ হয়ে পড়ে। প্রোটিন actin এবং myosin, কোষবিন্দুর এই খাঁজ সৃষ্টিতে সহায়তা করে।]

সাইটোকাইনেসিস না হলে (এবং ক্যারিওকাইনেসিস চলতে থাকলে) একই কোষে বহু নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়। একে বলা হয় মুক্ত নিউক্লিয়ার বিভাজন (free nuclear division)। ডাবের পানি মুক্ত নিউক্লিয়ার বিভাজনের ফসল। কোনো কোনো শৈবাল, ছত্রাক ও প্রাণিকোষে ক্যারিওকাইনেসিস ঘটে কিন্তু সাইটোকাইনেসিস ঘটে না। এর ফলে একটি কোষে বহু নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হয়। এ ধরনের উভিদ কোষকে সিনেসাইটিক (coenocytic) এবং প্রাণিকোষকে প্লাজমোডিয়াম (plasmodium) বলে।

ক্যারিওকাইনেসিস ও সাইটোকাইনেসিস এর 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 প্রতিয়াতি পাঁচটি দশা, যথা-প্রোফেজ, প্রো-মেটাফেজ, মেটাফেজ, অ্যানাফেজ এবং টেলোফেজ-এ বিভক্ত।	৩। একে কোনো পর্যায়ে বিভক্ত করা হয় না।
৪। নিউক্লিয়াস বিভাজিত হয়ে দুটি অপ্ত্য 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।



চিত্র ২.৬ : সাইটোকাইনেসিস প্রক্রিয়া।

মাইটোসিসের গুরুত্ব বা তাৎপর্য বা প্রয়োজনীয়তা (Significance of Mitosis)

- জীবদেহে মাইটোসিস প্রক্রিয়ার গুরুত্ব অপরিসীম। নিচে মাইটোসিস প্রক্রিয়ার গুরুত্ব উপস্থাপন করা হলো।
- ১। দেহ গঠন ও দৈহিক বৃদ্ধি : বহুকোষী জীবে জাইগোট নামক একটি মাত্র কোষের মাইটোসিস বিভাজনের মাধ্যমে বহুকোষী দেহ গঠিত হয় এবং এর দৈহিক বৃদ্ধি ঘটে।
 - ২। বংশবৃদ্ধি : কতক এককোষী সুকেন্দ্রিক (eukaryotic) জীবে মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বংশবৃদ্ধি ঘটে (যেমন- *Chlamydomonas*)।
 - ৩। জননাঙ্গ সৃষ্টি ও জনন কোষের সংখ্যা বৃদ্ধি : মাইটোসিস বিভাজনের ফলেই বহুকোষী জীবের জননাঙ্গ সৃষ্টি হয়, ফলে বংশবৃদ্ধির ক্রমধারা বজায় রাখতে পারে। জনন কোষের সংখ্যা বৃদ্ধি করতে হলে এই প্রক্রিয়া আবশ্যিক।
 - ৪। নির্দিষ্ট আকার-আয়তন রক্ষা : এ বিভাজন প্রক্রিয়ার ফলে কোষের স্থাবিক আকার, আকৃতি, আয়তন ইত্যাদি গুণাগুণ বজায় থাকে।
 - ৫। নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমের ভারসাম্য রক্ষা : সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত বিভিন্ন ক্ষুদ্রাঙ্গ (অঙ্গাণ) ও রাসায়নিক উপাদানের সাহায্যে নিউক্লিয়াস কোষের বিপাক ক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করে। মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজনের কারণে প্রতিটি কোষের নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমের মধ্যকার পরিমাণগত ও নিয়ন্ত্রণগত ভারসাম্য রাখিত হয়।
 - ৬। ক্রোমোসোমের সমতা রক্ষা : মাইটোসিস কোষ বিভাজনের কারণে দেহের সব দেহকোষে সমসংখ্যক ও সমগুণ সম্পন্ন ক্রোমোসোম থাকে।
 - ৭। ক্ষতত্ত্বান পূরণ : বহুকোষী জীবদেহে সৃষ্টি যেকোনো ক্ষতত্ত্বান মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজনের মাধ্যমে পূরণ হয়।
 - ৮। ক্রমাগত ক্ষয়পূরণ : জীবকোষে কিছু কিছু কোষ আছে যাদের আয়ুকাল নির্দিষ্ট। এসব কোষ বিনষ্ট হলে মাইটোসিস প্রক্রিয়ার মাধ্যমে এদের পূরণ ঘটে।
 - ৯। পুনরুৎপাদন : কিছু কিছু অতিপ্রয়োজনীয় কোষের জীবনকাল অতি সীমিত (যেমন- মানুষের লোহিত রক্তকোষ, কর্ণিয়ার বাইরের কোষ)। এগুলো ক্রমাগত ক্ষয়প্রাণ হয়। মাইটোসিস বিভাজনের মাধ্যমে এ কোষগুলোর পুনরুৎপাদন ঘটে।
 - ১০। গুণগত বৈশিষ্ট্যের স্থিতিশীলতা রক্ষা : এ প্রকার বিভাজনের ফলে জীবজগতের গুণগত বৈশিষ্ট্যের স্থিতিশীলতা বজায় থাকে।
 - ১১। অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস-এর ক্রফল : অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস-এর ফলে টিউমার, ক্যাসার সৃষ্টি ইত্যাদি হয়।

অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস

কোষের অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক বিভিন্ন ফ্যাক্টর দ্বারা মাইটোসিস নিয়ন্ত্রিত হয়। কোনো কারণে এই নিয়ন্ত্রণ অকার্যকর হলে অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস ঘটে থাকে, ফলে টিউমার ও ক্যাসার সৃষ্টি হয়। ক্যাসার অর্থ হলো 'crab' অর্থাৎ কাঁকড়া। ক্যাসার কোষ আশপাশে ছড়িয়ে গেলে কাঁকড়ার সাঁড়াসি পায়ের মতোই দেখায়। ক্যাসার কোষে সাইক্লিন-Cdk এর নিয়ন্ত্রণ বিনষ্ট হয়ে যায়। P⁵³ নামক প্রোটিন সাধারণত কোষকে বিভাজন হতে বিরত রাখায় ভূমিকা রাখে। এটি defective হলে (মানুষের প্রায় অর্ধেক সংখ্যক কোষেই defective P⁵³ আছে) কোষ চক্র নিয়ন্ত্রণ হারিয়ে ফেলে। এর ফলে ক্যাসার সৃষ্টি হয়। মানুষের অধিক হারে ক্যাসার সৃষ্টি হওয়ার সম্ভবত এটি একটি কারণ। কোষ বিভাজনের জন্য কিছু গ্রোথ ফ্যাক্টর কাজ করে। ক্যাসার কোষ তাদের গ্রোথ ফ্যাক্টর নিজেরাই তৈরি করে নেয়, অথবা বিভাজনের জন্য এদের কোনো গ্রোথ ফ্যাক্টর লাগে না। কোষ চক্র নিয়ন্ত্রণকারী দুধরনের প্রোটিন হচ্ছে—প্রোটিন কাইনেজ ও সাইক্লিন। টিউমার সৃষ্টি হওয়াকে বলা হয় Oncogenesis। কোষ চক্র বিনষ্টকারী জিন হলো Oncogene. যে সব রাসায়নিক পদার্থ ক্যাসার সৃষ্টিতে উৎসাহিত করে তা হলো Mutagens। মিউটাজিনিক পদার্থই Carcinogenic (ক্যাসার সৃষ্টিকারক) হয়। দেহের বিভিন্ন অংশে টিউমার ছড়িয়ে পড়া হলো Metastasis।

কোষের মৃত্যু : বহুকোষী জীবদেহে প্রতিদিন অনেক কোষের মৃত্যু ঘটে। কোষ বিভাজনের মাধ্যমে তা পূরণ করতে হয়। মানবদেহে প্রতিদিন লক্ষ লক্ষ কোষের মৃত্যু ঘটে। দুটি উপায়ে কোষে মৃত্যু ঘটে। একটি হলো Necrosis, অপরটি হলো Apoptosis.

i. Necrosis : পুষ্টির অভাব হলে অথবা বিষাক্ত দ্রব্যের কারণে ক্ষতিগ্রস্ত হলে কোষ মরে যায়।

→ MAT: 17-18, DAT: 19-20

ii. **Apoptosis**: এটি হলো কোষের জেনেটিক্যালি নিয়ন্ত্রিত মৃত্যু। কোনো কোষ জীবদেহ বা অঙ্গের জন্য এখন প্রয়োজন নেই তাই এদের ধ্রংস হতে হয়। যেমন মানুষের ক্রণাবঢ়ায় পাতলা টিস্যু দিয়ে হাতের সকল আঙুল লাগানো থাকে। পরে মাঝখানের টিস্যু ধ্রংসের মাধ্যমে বিলুপ্ত হয়ে পাঁচটি আঙুল পৃথক হয়। একটি কোষ যত বেশি দিন বাঁচবে ততই তা ক্ষতিগ্রস্ত (damage) হওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয় যা থেকে সহজেই ক্যান্সার হতে পারে। তাই এদের ধ্রংস বা মৃত্যু হওয়া দরকার। এটি সাধারণত আমাদের রক্ত এবং অঙ্গের এপিথেলিয়াল কোষের ব্যাপারে প্রযোজ্য, কারণ এরা প্রতিনিয়ত উচ্চমাত্রার বিষাক্ত পদার্থে উন্মুক্ত হয়। আমাদের দেহে প্রতিদিন যে লক্ষ লক্ষ কোষের মৃত্যু হয়, তার অধিকাংশই রক্ত কোষ ও অঙ্গের এপিথেলিয়াম লাইনিং-এর কোষ।

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।

অ্যামাইটোসিস ও মাইটোসিসের মধ্যে পার্থক্য

পার্থক্যের বিষয়	অ্যামাইটোসিস	মাইটোসিস
১। দশা বা পর্যায়	এটি সরল প্রকৃতির। কোষ বিভাজনে-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 প্রায় একত্রে বিভাজিত হয়।	এক্ষেত্রে প্রথমে নিউক্লিয়াসের (ক্যারিও-কাইনেসিস) এবং পরে সাইটোপ্লাজমের (সাইটোকাইনেসিস) বিভাজন ঘটে।
৪। ফলাফল	এর মাধ্যমে এককোষী জীবেরা বংশবিস্তার ঘটায়, দৈহিক বৃদ্ধিতে এর কোনো ভূমিকা নেই।	এর মাধ্যমে এককোষী জীবদের বংশবিস্তার এবং বহুকোষী জীবদেহে বৃদ্ধি, ক্ষয়পূরণ প্রভৃতি ঘটে।
৫। বিভাজনের প্রকৃতি	এ বিভাজনকে প্রত্যক্ষ বিভাজন বলে।	এ বিভাজনকে পরোক্ষ বিভাজন বলে।
৬। উদাহরণ	ইস্ট, ব্যাকটেরিয়া, প্রোটোজোয়া প্রভৃতি এককোষী জীবদেহে অ্যামাইটোসিস দেখা যায়।	উন্নত উত্তিদ ও প্রাণিকোষে মাইটোসিস দেখা যায়।

৩। মায়োসিস বা হ্রাসমূলক কোষ বিভাজন

(Meiosis or Reductive Cell Division)

মায়োসিস কোষ বিভাজন ডিপ্রয়েড জীবের জন্ম মাতৃকোষে (অথবা হ্যাপ্রয়েড উত্তিদে জাইগোটে) ঘটে থাকে। এ বিভাজন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস একটি জটিল পরিবর্তনের মাধ্যমে দু'বার বিভক্ত হয় এবং বিভক্তির ফলে সৃষ্টি চারটি কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয়ে যায়। তাই এ প্রকার কোষ বিভাজনকে মায়োসিস বা হ্রাসমূলক কোষ বিভাজন বলে। এ প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস দু'বার এবং ক্রোমোসোম একবার বিভক্ত হয়ে মাতৃকোষের ক্রোমোসোমের অর্ধেক সংখ্যক ক্রোমোসোমযুক্ত চারটি অপত্যকোষ সৃষ্টি করে তাকে মায়োসিস কোষ বিভাজন বলে। ছিক Meiosis (to lessen-hass করা) হতে Meiosis শব্দের উভের ঘটে।

সহজভাবে বলা যায়, যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় মাতৃকোষ থেকে চারটি অপত্যকোষ সৃষ্টি হয় এবং নতুন সৃষ্টি কোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয়ে যায় তা-ই মায়োসিস।

আবিক্ষার ও নামকরণ: বেনেডিন (E. V. Beneden) এবং হাউসার (Houser) *Ascaris* কৃমির গ্যামিটে হ্যাপ্রয়েড সংখ্যক ক্রোমোসোম আবিক্ষার করেন ১৮৮৩ সনে। স্ট্রাসবুর্গার (Strasburger) ১৮৮৮ সনে পুলক উত্তিদের জন্ম মাতৃকোষের ক্রোমোসোমে হ্রাসমূলক বিভাজন লক্ষ্য করেন। ১৯০৫ সনে ফার্মার (J. B. Farmer) ও মুর (J. E. Moore)

সর্বপ্রথম হাসমূলক বিভাজনকে Miosis (মিয়োসিস বা মিওসিস) বলেন। Boveri (বোভেরী) সর্বপ্রথম গোলকৃমির (Round worm) জননাপে মায়োসিস কোষ বিভাজন প্রত্যক্ষ করেন। পরবর্তীতে ট্রিক মূল শব্দের (meioum= to lessen) ওপর ভিত্তি করে এর বানান করা হয় Meiosis অর্থাৎ মায়োসিস। এখন এটি মায়োসিস হিসেবেই উচ্চারিত।

কোথায় হয়? মায়োসিস সর্বদা জনন মাতৃকোষে (meiocyte) সম্পন্ন হয়। কখনো দৈহিক কোষে হয় না এবং সর্বদাই $2n$ সংখ্যক ক্রোমোসোমবিশিষ্ট কোষে হয়। নিম্ন শ্রেণির হ্যাপ্লয়েড জীবে মায়োসিস হয় নিষেকের পর জাইগোটে ($2n$), আর উচ্চ শ্রেণির ডিপ্লয়েড জীবে মায়োসিস হয় নিষেকের পূর্বে জনন মাতৃকোষ হতে গ্যামিট সৃষ্টিকালে। জীব অনুযায়ী মায়োসিসের সময়কাল ভিন্ন হয়। যেমন—

১। ডিপ্লয়েড জীবে মায়োসিস ঘটে গ্যামিট গঠনের ঠিক পূর্বে অর্থাৎ যখন শুক্রাণু— মাতৃকোষ থেকে শুক্রাণু উৎপন্ন হয় বা ডিষ্বাণু— মাতৃকোষ থেকে ডিষ্বাণু উৎপন্ন হয়। এ ধরনের মায়োসিসকে টার্মিনাল (terminal) মায়োসিস বলে।

২। সপৃষ্ঠক উত্তিদের ক্ষেত্রে মায়োসিস পরাগধানীর মধ্যে মাইক্রোস্পোর (microspore) বা পুঁরেণু গঠনের সময় এবং ডিষ্বাণ্যের মধ্যে মেগাস্পোর (megaspore) বা স্ত্রীরেণু গঠনের সময় ঘটে। এ ধরনের মায়োসিসকে স্পোরিক (sporic) মায়োসিস বলে।

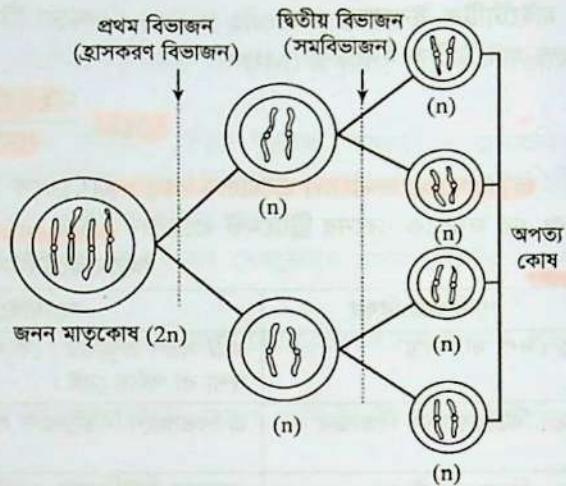
৩। কয়েক প্রকার ছত্রাক ও শৈবালের দেহে মায়োসিস নিষেকের ফলে সৃষ্টি জাইগোট গঠনের পরে ঘটে। এ প্রকার মায়োসিসকে জাইগোটিক (zygotic) মায়োসিস বলে।

জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষায় মায়োসিসের অবদান

উচ্চ শ্রেণির জীবে মায়োসিসের ফলে একটি জনন মাতৃকোষ হতে চারটি জনন কোষের সৃষ্টি হয় এবং প্রত্যেক কোষে মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক সংখ্যক ক্রোমোসোম থাকে। আমরা জানি, দুটি জনন কোষ (পুঁ জননকোষ এবং স্ত্রী জননকোষ) একসাথে মিলিত হয়ে জাইগোট সৃষ্টি করে। জাইগোট পরে বার বার মাইটোটিক বিভাজনের মাধ্যমে একটি জ্ঞ এবং জ্ঞপের কোষগুলো আরও বিভাজিত হয়ে একটি পূর্ণাঙ্গ জীবের সৃষ্টি করে। কাজেই জননকোষগুলোতে ক্রোমোসোম সংখ্যা হ্রাস পেয়ে জনন মাতৃকোষের অর্ধেক না হলে তাদের যৌন মিলনের ফলে সৃষ্টি জীবে ক্রোমোসোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যাবে। হ্যাপ্লয়েড জীবে (যেমন—শৈবাল) দুটি গ্যামিটের যৌন মিলনের ফলে সৃষ্টি জাইগোটেও ক্রোমোসোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়। যেহেতু ক্রোমোসোমই জীবের লক্ষণ নিয়ন্ত্রণকারী জিন (gene) বহন করে, সেহেতু ক্রোমোসোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে গেলে সন্তান-সন্তুতি আর তার পিতা-মাতার গুণসম্পন্ন হবে না এবং প্রত্যেকটি প্রজাতিতে একটি আয়ুর পরিবর্তন ঘটে যাবে। পরিণামে জীবজগৎ ধ্বংস হয়ে যাবে। ডিপ্লয়েড জীবে গ্যামিট সৃষ্টিকালে জনন মাতৃকোষে এবং হ্যাপ্লয়েড জীবের জাইগোটে মায়োসিস হয় বলেই প্রজাতির ক্রোমোসোম সংখ্যা ও বৈশিষ্ট্য বংশ পরম্পরায় টিকে থাকে এবং জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষা পায়।

মায়োসিসের বৈশিষ্ট্য : মায়োসিসের বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপ :

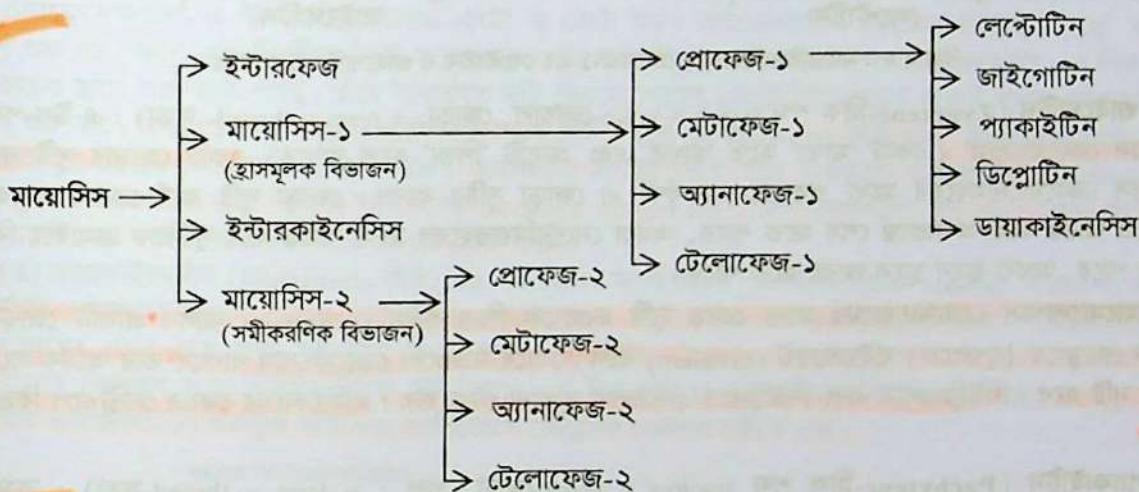
- ১। ডিপ্লয়েড জীবে মায়োসিস সাধারণত জনন মাতৃকোষে হয়ে থাকে।
- ২। এ ধরনের কোষবিভাজনে নিউক্লিয়াস দুবার বিভক্ত হয় কিন্তু ক্রোমোসোম মাত্র একবার বিভক্ত হয়। ফলে নতুন সৃষ্টি কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের অর্ধেক সংখ্যক হয়।
- ৩। প্রোফেজ-১ দীর্ঘায়ী বিধায় একে ৫টি উপ-পর্যায়ে বিভক্ত করা চলে।
- ৪। হোমোলোগাস ক্রোমোসোম জোড়া বেঁধে বাইভেলেন্ট সৃষ্টি করে।



চিত্র ২.৭ : মায়োসিসের প্রথম বিভাজনে ক্রোমোসোম সংখ্যা হ্রাস ও বিত্তীয় সমবিভাজনে চারটি অপত্ত কোষ সৃষ্টির চিত্রণ

- ৫। কায়াজমা সৃষ্টি ও ক্রসিংওভার হয় বলে হেমোলোগাস ক্রোমোসোমের মধ্যে 'জিন' বিনিময় ঘটে।
- ৬। একটি মাতৃকোষ ($2n$) হতে চারটি হ্যাপ্লয়েড (n) অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়।
- ৭। ক্রোমোসোমের স্বতন্ত্র বিন্যাস ঘটে।
- ৮। ক্রসিংওভার ও ক্রোমোসোমের স্বতন্ত্র বিন্যাস ঘটে বলে এ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন কোষগুলো কখনো মাতৃকোষের সম্পন্ন সম্পন্ন হয় না।
- ৯। মায়োসিস শেষে সৃষ্টি নতুন কোষে নতুন চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের আবির্ভাব ঘটে। বংশগতিতে বিশেষত প্রকরণ সৃষ্টিতে এটি খুবই তাৎপর্যপূর্ণ। মায়োসিস হলো জীবসমূহের মধ্যে বৈচিত্র্য সৃষ্টির একটি প্রধান উপায়।

মায়োসিস প্রক্রিয়া (Process of Meiosis) : মায়োসিস একটি অবিচ্ছিন্ন ধারাবাহিক প্রক্রিয়া। মায়োসিস প্রক্রিয়ায় একটি কোষ পর পর দু'বার বিভক্ত হয়। কোষ, নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোসোমের বিভক্তির ওপর ভিত্তি করে মায়োসিস প্রক্রিয়াকে দুটি প্রধান পর্যায়ে ভাগ করা হয়; যথা- (ক) মায়োসিস-১ এবং (খ) মায়োসিস-২। মায়োসিস-১-এ ক্রোমোসোম সংখ্যা অর্ধেকে আনীত হয়, এ জন্য একে রিডাকশনাল বা হ্যাসমূলক বিভাজনও বলা হয়। মায়োসিস-২-এ ক্রোমোসোম সংখ্যা সমান থাকে। কেননা এ বিভাজন মূলত একটি মাইটোটিক বিভাজন প্রক্রিয়া। এজন্য একে ইকোয়েশনাল বা সমীকরণিক বিভাজনও বলা হয়। প্রত্যেক পর্বকে প্রোফেজ, মেটাফেজ, অ্যানাফেজ এবং টেলোফেজ—এ চারটি পর্যায়ে ভাগ করা হয়। মায়োসিস প্রক্রিয়ায় DNA-এর দ্বিতীয় হয় প্রোফেজ-১ এর পূর্বে। পলিপ্লয়েড উদ্ভিদে মায়োসিস অত্যন্ত জটিল বলে এখানে ডিপ্লয়েড ($2n=2x$) উদ্ভিদের মায়োসিস প্রক্রিয়া বর্ণনা করা হলো :



(ক) মায়োসিস-১ (Meiosis-1) বা প্রথম মায়োটিক বিভাজন (First Meiotic Division)

মায়োসিস কোষ বিভাজনে মায়োসিস-১ই সবচেয়ে তাৎপর্যপূর্ণ। কারণ এ পর্যায়েই ক্রোমোসোম সংখ্যা অর্ধেকে হ্যাস পায় এবং সমসংস্কৃত ক্রোমোসোমের মধ্যে অংশের পারস্পরিক বিনিময় (ক্রসিং ওভার) ঘটে। মায়োসিস-১কে চারটি পর্যায়ে ভাগ করা হয়, যথা— প্রোফেজ-১, মেটাফেজ-১, অ্যানাফেজ-১ ও টেলোফেজ-১। পর্যায়গুলো নিচে আলোচনা করা হলো :

(১) **প্রোফেজ-১ (Prophase-1) :** মায়োসিস-১ এর প্রথম পর্যায় হলো প্রোফেজ-১। প্রোফেজ-১ পর্যায়টি অনেক দীর্ঘ হয়। মানুষের শুক্রাশয়-এ মায়োটিক প্রোফেজ-এ সময় লাগে এক সপ্তাহ, বিভাজনটি সম্পন্ন হতে সময় লাগে প্রায় এক মাস। প্রোফেজ শুরু হওয়ার আগেই DNA প্রতিলিপিত হয়, তবে দৃষ্টিগোচর হয় না। এ পর্যায়টি অত্যন্ত জটিল ও তুলনামূলকভাবে দীর্ঘস্থায়ী বিধায় একে পাঁচটি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়েছে। প্রোফেজ-১ এর উপ-পর্যায়গুলো নিম্নরূপ :

(ক) লেপ্টোটিন (Leptotene-ছিক শব্দ *leptos* = fine, thin- চিকন, পাতলা; + *tene* = thread- সূতা বা তন্ত) : নিউক্লিয়াসের জলবিয়োজনের মাধ্যমেই শুরু হয় লেপ্টোটিন উপ-পর্যায়। ক্রমাগত জলবিয়োজনের ফলে চিকন সূতার ন্যায় ক্রোমোসোমগুলোও ক্রমান্বয়ে সংকুচিত ও পুরু হতে থাকে এবং অধিকতর রঞ্জক ধারণ ক্ষমতাপ্রাপ্ত হয়। ফলে ক্রোমোসোমগুলো আলোক অণুবীক্ষণে দৃষ্টিগোচর হয় এবং ক্রোমোসোমে বহু ক্রোমোমিয়ার (ছানীয়ভাবে DNA কয়েলিং এর জন্য মোটা ব্যান্ড হিসেবে লক্ষণীয়) দেখা যায়। ক্রোমোসোমগুলো অবিভক্ত ও দীর্ঘ থাকে। জলবিয়োজন ও ক্রোমোসোম সংকোচন চলতে থাকে। প্রাণিকোষে এ উপ-পর্যায়ে সেন্ট্রোমিয়ারগুলো সাধারণত নিউক্লিয়ার এনডেলপের সন্নিকটে এক ছানে এসে জড়ে হওয়ায় ক্রোমোসোমগুলোকে একটি ফুলের তোড়ার মতো দেখায়। তাই অনেক সময় একে বুকে (bouquet) বলা হয়। প্রাণিকোষে ক্রোমোসোমের পোলারাইজড বিন্যাস ঘটে।



চিত্র ২.৮ : মায়োসিস বিভাজনে প্রোফেজ-১ এর লেপ্টোটিন ও জাইগোটিন উপ-পর্যায়।

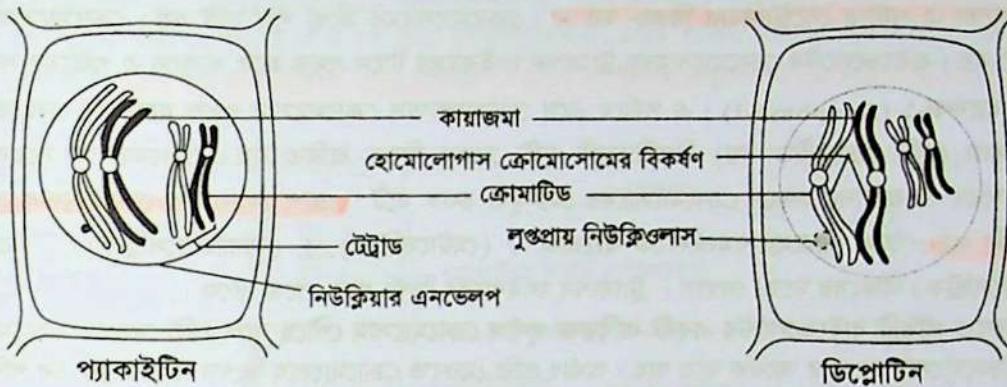
(খ) জাইগোটিন (Zygotene-ছিক শব্দ *zygos* = yoke-জোড়া, জোড়া; + *tene* = thread- সূতা) : এ উপ-পর্যায়ে হেমোলোগাস ক্রোমোসোম (একটি 'মাতা' হতে আগত এবং অন্যটি 'পিতা' হতে আগত) একটি জোড়ার সৃষ্টি করে। হেমোলোগাস ক্রোমোসোমদ্বয়ের মধ্যে পরস্পর আকর্ষণই এ জোড়া সৃষ্টির কারণ। জোড়া সৃষ্টি কার্য ক্রোমোসোমদ্বয়ের একপ্রাত হতে আরম্ভ হয়ে অন্যপ্রাতে শেষ হতে পারে, অথবা সেন্ট্রোমিয়ারদ্বয়ের মধ্যে আরম্ভ হয়ে দুদিকে ক্রমান্বয়ে বিভাগ লাভ করতে পারে, অথবা ছানে ছানে আরম্ভ হতে পারে।

দুটি হেমোলোগাস ক্রোমোসোমের মধ্যে জোড় সৃষ্টি হওয়াকে সিন্যাপসিস (synapsis) বলে। প্রতিটি জোড়বাধা ক্রোমোসোম জোড়কে (যুগলকে) বাইভেলেন্ট (bivalent) বলে। কোষে যতগুলো ক্রোমোসোম থাকবে তার অর্ধেক সংখ্যক বাইভেলেন্ট সৃষ্টি হবে। নিউক্লিওলাস এবং নিউক্লিয়ার এনডেলপ তখনো দেখা যায়। প্রাণিকোষের ক্ষেত্রে সেন্ট্রিওলে বিভক্তির সূচনা ঘটে।

(গ) প্যাকাইটিন (Pachytene-ছিক শব্দ *pachys* = thick-মোটা, পুরু ; + *tene* = thread-সূতা) : ক্রমাগত সংকোচনের ফলে এ উপ-পর্যায়ে ক্রোমোসোমগুলোকে আরও খাটো ও মোটা দেখা যায়। এ পর্যায়ে সর্বপ্রথম বাইভেলেন্টের প্রতিটি ক্রোমোসোমকে সেন্ট্রোমিয়ার ব্যতীত অনুদৈর্ঘ্যে দুটি ক্রোমাটিডে বিভক্ত দেখা যায়, অর্থাৎ প্রতি বাইভেলেন্টে দুটি সেন্ট্রোমিয়ার এবং চারটি ক্রোমাটিড থাকে। এ অবস্থাকে টেট্রাড বলে। প্যাকাইটিনের পূর্বে প্রতিটি ক্রোমোসোমের দুটি ক্রোমাটিড দৃষ্টিগোচর হয় না। একই ক্রোমোসোমের দুটি ক্রোমাটিডকে সিস্টার ক্রোমাটিড বলে এবং একই জোড়ার দুটি ভিন্ন ক্রোমোসোমের ক্রোমাটিডকে নন-সিস্টার ক্রোমাটিড বলে। এ উপ-পর্যায়ের শেষের দিকে বাইভেলেন্টের যে কোনো দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড সম্ভবত একই ছানে ভেঙে গিয়ে পুনরায় একটির সাথে অন্যটির জোড়া লাগে। ফলে এই জোড়ার ছানে একটি ইংরেজি 'X' আকৃতির বা ক্রস চিহ্নের মতো অবস্থা সৃষ্টি হয়। দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের 'X' আকৃতির বা

*ডিপ্রয়েড জীবে আকার, আকৃতি, ক্রোমোমিয়ারের অবস্থান ও সংখ্যা প্রভৃতি দিক হতে দুটি ক্রোমোসোম এক রকম থাকে। এদের একটিকে অপরটির হেমোলোগ (সমসংষ্ঠ) বলা হয় এবং একটে দুটিকে হেমোলোগাস ক্রোমোসোম বলা হয়। দুটি হেমোলোগের যে কোনো নির্দিষ্ট অবস্থানে অবস্থিত জিন দুটি (এলিল) একই চারিত্বিক বৈশিষ্ট্য নির্ণয় করে। সমস্ত ক্রোমোমিয়ারের মধ্যে আকর্ষণ ঘটে।

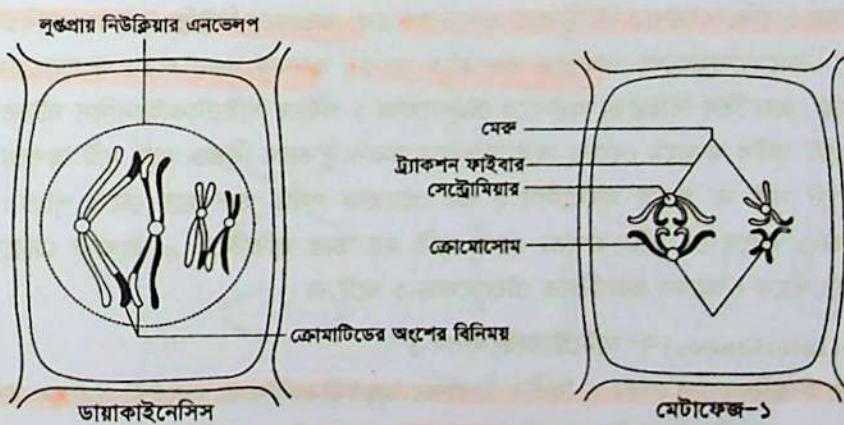
এস চিহ্নের মতো জোড়াছলকে একবচনে কায়জমা (Gk. Chiasma = cross) এবং বহুচনে কায়জমাটা বলে। নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে পরস্পর অংশের বিনিময়কে ক্রসিং ওভার বা এস ওভার বলে। কোনো কোনো বাইভেলেন্টে (বিশেষ করে যদি খাটো হয়) কায়জমা একবারেই উৎপন্ন না হতে পারে; আবার কোনো কোনো বাইভেলেন্টে (বিশেষ করে যদি দীর্ঘ হয়) একাধিক ও হতে পারে। কায়জমাটা সৃষ্টির ফলে যে ক্রসিং ওভার হয় তাতে ক্রোমোসোমে গুণগত পরিবর্তন সাধিত হয়। এ পর্যায়ে নিউক্লিওস এবং নিউক্লিয়ার এনডেলপ দেখা যায়।



চিত্র ২.৯ : মায়োসিস বিভাজনে প্রোফেজ-১ এর প্যাকাইটিন ও ডিপ্লোটিন উপ-পর্যায়।

(ঘ) ডিপ্লোটিন (Diplotene- ত্রি-ক্রস diplos = double-ডাবল; + tene = thread- সূতা) : ক্রমাগত সংকোচনের ফলে ক্রোমোসোমগুলো এ উপ-পর্যায়ে আরও খাটো ও মোটা হয়। বাইভেলেন্টের ক্রোমোসোমগুলোর মধ্যে পারস্পরিক বিকর্ষণ শুরু হয়। ফলে এরা বিপরীত দিকে সরে যেতে চেষ্টা করে কিন্তু কায়জমাটার ছানে বাধাপ্রাপ্ত হয়। এ বিকর্ষণ একই সঙ্গে কয়েক ছানে শুরু হতে পারে। তবে সাধারণত দুটি ক্রোমোসোমের সেট্রোমিয়ার মধ্যেই প্রথম এবং ব্যাপকভাবে বিকর্ষণ শুরু হয়। বিকর্ষণের ফলে দুটি কায়জমাটার মধ্যবর্তী অংশে লুপের (loop) সৃষ্টি হয়। কায়জমাটাগুলো স্পষ্ট হয় এবং ক্রমান্বয়ে প্রান্তের দিকে সরে যাওয়াকে প্রান্তীয়করণ (terminalization) বলে। দুই বা ততোধিক বাহু পরস্পর আবর্তনে (rotatory movement) ফলে পাশাপাশি লুপ 90° কোণ করে অবস্থান করে। একটি মাত্র কায়জমা থাকলে এটি 180° হতে পারে।

(ঙ) ডায়াকাইনেসিস (Diakinesis- ত্রি-ক্রস Dia = across- অপর পাশে, বিপরীত দিকে; kinesis- স্মাবেশ, চলন) : এ উপ-পর্যায়ে ক্রোমোসোমগুলো আরও র্ধবৃক্তি ও মোটা হয়। প্রান্তীয়করণ তখনও চলতে থাকে। বাইভেলেন্টের প্রতি ক্রোমোসোমের ওপর ধাত্র জমা হয় বলে তখন আর ক্রোমাটিডে বিভক্ত দেখা যায় না। এক সময় বাইভেলেন্টগুলো নিউক্লিয়াসের কেন্দ্রস্থল হতে পরিধির দিকে চলে আসে। এ উপ-পর্যায়ের শেষ দিকে নিউক্লিওস অদৃশ্য হয়ে যায় এবং নিউক্লিয়ার এনডেলপ-এর অবলুপ্তি ঘটে এবং প্রাণিকোষে সেন্ট্রিওল মেরুতে পৌছে যায়।



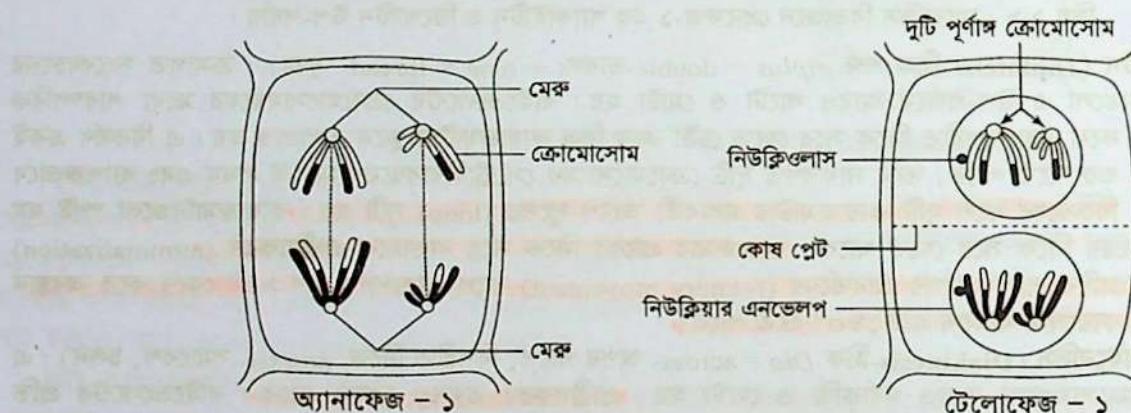
চিত্র ২.১০ : মায়োসিস বিভাজনে প্রোফেজ-১ এর ডায়াকাইনেসিস ও মেটাফেজ-১ পর্যায়।

কাজ : শিক্ষার্থীদেরকে পাঁচটি দলে ভাগ করে দিতে হবে। প্রত্যেক দলকে প্রোফেজ-১ এর পাঁচটি উপ-পর্যায়ের যে কোনো একটি নির্দিষ্ট করে দিতে হবে। পরদিন ক্লাসে প্রত্যেক দল তাদের জন্য নির্দিষ্ট উপ-পর্যায় উপস্থাপন করবে। পোস্টার পেপারে একটি চার্টও করা যেতে পারে।

(২) **মেটাফেজ-১ (Metaphase-1)** : বাইভেলন্টের প্রতিটি সেন্ট্রোমিয়ার ব্র-ব্র মেরুর দিকে এবং বিষুবীয় রেখা হতে সমন্বয়ে অবস্থান করে। কতিপয় ট্র্যাকশন ফাইবারের সাথে ক্রোমোসোমের সেন্ট্রোমিয়ার সংযুক্ত হয়। **মাইটোটিক মেটাফেজের মতো এ পর্যায়ে সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হয় না**। ক্রোমোসোমের মধ্যে লুপ সৃষ্টি হয়। ক্রোমোসোমগুলো আরও খাটো ও মোটা হয়। বাইভেলন্টের ক্রোমোসোমসহ ট্র্যাকশন ফাইবারের টানে পৃথক হতে থাকলে এ পর্যায়ের সমাপ্তি ঘটে।

(৩) **অ্যানাফেজ-১ (Anaphase-1)** : এ পর্যায়ে এসে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম পৃথক হয়ে যায় এবং বাইভেলন্টের দুটি ক্রোমোসোম (দুটি ক্রেমাটিড নয়) বিপরীতমুখী দুটি মেরুর দিকে ধাবিত হয়। ক্রোমোসোম সূত্রের সংকোচন, কাণ্ডেহের প্রসারণ ও অন্যান্য কারণে ক্রোমোসোমের মেরুমুখী চলন ঘটে। **এরপ চলনকালে সেন্ট্রোমিয়ার অগ্রগামী** এবং **বাহুবয় অনুগামী** হয়। ফলে ক্রোমোসোমগুলোকে ইংরেজি V (মেটাসেন্ট্রিক), L (সাবমেটাসেন্ট্রিক), J (এক্রোসেন্ট্রিক) এবং I (টেলোসেন্ট্রিক) অক্ষরের মতো দেখায়। ট্র্যাকশন ফাইবারের দৈর্ঘ্য হ্রাস পেতে থাকে।

উভয় মেরুতে প্রতিটি বাইভেলন্টের একটি অবিভক্ত পূর্ণাঙ্গ ক্রোমোসোম পৌছে বলে প্রতি মেরুতে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাত্রকোম্বের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয়ে যায়। অর্থাৎ প্রতি মেরুতে ক্রোমোসোম সংখ্যা দাঁড়ায় $2n$ এর পরিবর্তে n ।



চিত্র ২.১১ : মায়োসিস-এর অ্যানাফেজ-১ এবং টেলোফেজ-১ পর্যায়।

(৪) **টেলোফেজ-১ (Telophase-1)** : টেলোফেজ-১ হলো মায়োসিস-১ এর শেষ পর্যায়। এ পর্যায়ে মেরুতে অবস্থিত n সংখ্যক ক্রোমোসোমের চারদিকে আবার নিউক্লিয়ার এনডেলপ এবং অভ্যন্তরে নিউক্লিওলাসের আবির্ভাব ঘটে। নিউক্লিয়াসে জলযোজন ঘটে, ফলে ক্রোমোসোমগুলো ক্রমাগতে সরু হতে থাকে। কাজেই রঞ্জন ধারণ ক্ষমতা হ্রাস পায় বলে ক্রমাগতে দৃষ্টির আড়ালে চলে যায়। প্রজাতির বিভিন্নতা অনুসারে টেলোফেজ-১ পর্যায়ে সাইটোকাইনেসিস ঘটতে পারে অর্থাৎ কোষের বিষুবীয় অঞ্চলে কোষপ্রেট সৃষ্টির মাধ্যমে কোষস্থ সাইটোপ্লাজম সমান দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য কোষে পরিণত হতে পারে। অথবা, কোষপ্রেট সৃষ্টি না হয়েই মায়োসিস-২ এর প্রোফেজ পর্যায় শুরু হয়ে যেতে পারে। এখানে উল্লেখ্য যে, মায়োসিসের টেলোফেজ-১ শেষে যে দুটি অপত্য কোষ সৃষ্টি হয় তার প্রতিটিতে, n সংখ্যক ক্রোমোসোম ($2n$ সংখ্যক ক্রোমেসোমের পরিবর্তে) থাকে। অনেক প্রজাতিতে টেলোফেজ-১ ঘটে না।

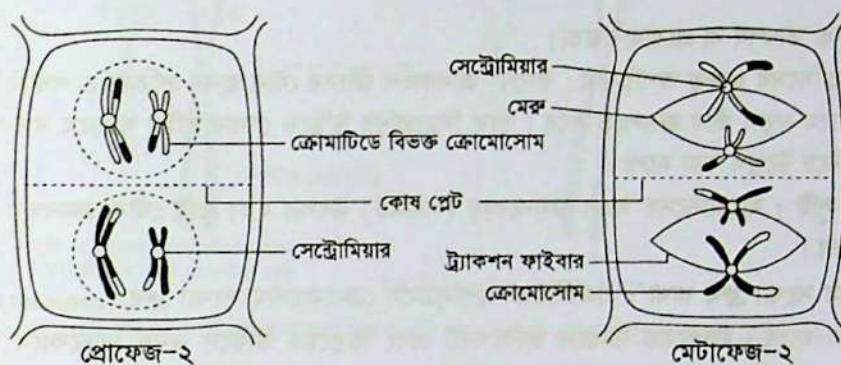
ইন্টারকাইনেসিস (Interkinesis) বা সাইটোকাইনেসিস-১

মায়োসিস প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের প্রথম ও দ্বিতীয় বিভক্তির অর্তবর্তীকালীন বা মধ্যবর্তী সময়কে ইন্টারকাইনেসিস বলে। এ সময়ে প্রয়োজনীয় RNA, প্রোটিন ইত্যাদি সংশ্লেষিত হয়। DNA-র প্রতিরূপ সৃষ্টি হয় না।

(খ) মায়োসিস-২ (Meiosis-2) বা দ্বিতীয় মায়োসিস বিভাজন

মায়োসিস-২ এর প্রধান তাৎপর্য হলো দুটি কোষ হতে চারটি কোষের উৎপত্তি। এটি মূলত মাইটোসিস বিভাজন। মাইটোসিসের সময় DNA অণুর যে প্রতিরূপ সৃষ্টি হয় তা এখানে প্রয়োজন হয় না, কারণ প্রক্রিয়াটি প্রোফেজ-১ ধাপের আগেই সম্পন্ন হয়ে যায়। মায়োসিস-২-কে প্রোফেজ-২, মেটাফেজ-২, অ্যানাফেজ-২ এবং টেলোফেজ-২ এ চারটি পর্যায়ে ভাগ করা হয়।

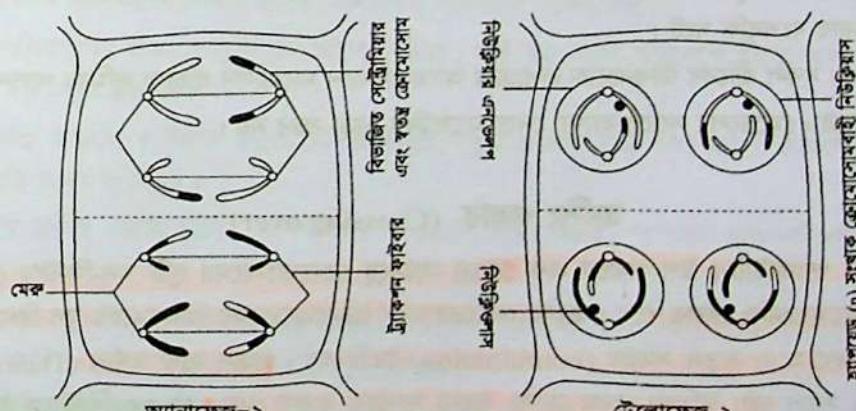
(১) প্রোফেজ-২ (Prophase-2) : জলবিয়োজনের ফলে ক্রোমোসমগুলো পুনরায় সংকুচিত হয়। ফলে খাটো ও মোটা হয়, রঙের ধারণের ক্ষমতা প্রাণ্ত হয় এবং দৃষ্টিগোচর হয়। প্রথম হতেই ক্রোমোসমগুলোকে ক্রোমাটিডে বিভক্ত দেখা যায়। এ পর্যায়ের শেষ দিকে নিউক্লিওস ও নিউক্লিয়ার এনভেলপ-এর বিলুপ্তি ঘটে বা অদৃশ্য হয়ে যায়।



চিত্র ২.১২ : মায়োসিস-২ এর প্রোফেজ-২ এবং মেটাফেজ-২ পর্যায়।

(২) মেটাফেজ-২ (Metaphase-2) : এ পর্যায়ে স্পিন্ডল যন্ত্র সৃষ্টি হয় এবং ক্রোমোসমগুলো বিষুবীয় অক্ষলে এসে অবস্থান করে এবং ট্র্যাকশন ফাইবারের সাথে যুক্ত হয়। ক্রোমোসমগুলো আরও খাটো ও মোটা হয়। **শেষ পর্যায়ে সেন্ট্রোমিয়ার একেবারে বিভক্ত হয়ে যায়।**

(৩) অ্যানাফেজ-২ (Anaphase-2) : সেন্ট্রোমিয়ারের পূর্ণ বিভক্তির ফলে প্রতি ক্রোমোসোমের দুটি ক্রোমাটিড সম্পূর্ণ পৃথক হয়ে যায় এবং ট্র্যাকশন ফাইবারের সংকোচন ও কাঞ্চনেহের (stem body) সম্প্রসারণের মাধ্যমে ক্রোমাটিডগুলো ধীরে ধীরে বিপরীত মেরুতে পৌছায়। মেরুমুখী চলনকালে সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থান অনুযায়ী ক্রোমাটিডগুলোকে V, L, J এবং I আকৃতির দেখায়।



চিত্র ২.১৩ : মায়োসিস-২ এর অ্যানাফেজ-২ এবং টেলোফেজ-২ পর্যায়।

(৮) টেলোফেজ-২ (Telophase-2) : টেলোফেজ-২ হলো মায়োসিস-২ প্রক্রিয়ার শেষ পর্যায়। মেরুতে ক্রোমাটিড তথ্য ক্রোমোসোমগুলো ছির হয় এবং এদের চারদিকে নিউক্লিয়ার এনডেলপের আবির্ভাব ঘটে এবং স্যাট ক্রোমোসোমে নিউক্লিওস সৃষ্টি হয়; ফলে দুটি পৃথক নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়। নিউক্লিয়াসে জলযোজন ঘটে, ক্রোমোসোমগুলো সম্প্রসারিত ও সরু হয় এবং রঙ্গক ধারণ ক্ষমতার বিলুপ্তি ঘটে, ফলে আর দেখা যায় না।

সাইটোকাইনেসিস-২ : দুটি নিউক্লিয়াসের মাঝখানে কোষধ্বনি এবং উভিদ কোষে কোষধ্বনি ছাড়াও কোষপ্রাচীর গঠন হয় এবং সাইটোপ্রাজম বিভক্ত হয় অর্থাৎ প্রত্যেকটি নিউক্লিয়াস তার চারপাশে সাইটোপ্রাজম, কোষধ্বনি ও কোষপ্রাচীর সহযোগে একটি ব্রত্ত কোষে পরিণত হয়। মায়োসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজন শেষে একটি মাতৃকোষ হতে চারটি কোষের সৃষ্টি হয় এবং প্রতি কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয়। সৃষ্টি চারটি কোষ সমগ্র সম্পন্ন হয় না।

মায়োসিসের গুরুত্ব (বা তাৎপর্য বা প্রয়োজনীয়তা)

জীবজগতে মায়োসিসের গুরুত্ব অপরিসীম। কারণ, অধিকাংশ জীবের যৌন জনন প্রক্রিয়া এ পদ্ধতি অনুসরণ করে। এর ফলে ভৃণ সৃষ্টির মাধ্যমে নতুন জীব জন্মান্তর করে। তবে নিম্নশ্রেণির উভিদে স্পোর সৃষ্টির মাধ্যমে নতুন উভিদের সৃষ্টি হয়। মায়োসিসের গুরুত্ব নিচে উল্লেখ করা হলো।

১। জননকোষ সৃষ্টি : মায়োসিসের ফলে জননকোষ (গ্যামিট) উৎপন্ন হয়, তাই যৌন জননক্ষম জীবে মায়োসিস না ঘটলে বংশবৃক্ষি অসম্ভব।

২। ক্রোমোসোম সংখ্যা ক্রুর রাখা : প্রজাতিতে বংশানুক্রমে ক্রোমোসোম সংখ্যা ক্রুর (constant) রাখা কেবলমাত্র এ প্রক্রিয়ার জন্যই সম্ভব হচ্ছে। হ্যাপ্লয়েড উভিদে জাইগোটে এবং ডিপ্লয়েড উভিদে জনন মাতৃকোষে মায়োসিস না ঘটলে পিতা-মাতা হতে সন্তান-সন্ততিতে ক্রমাগতভাবে পুরুষানুক্রমে ক্রোমোসোম সংখ্যা দ্বিগুণ, চারগুণ, আটগুণ, ষোলগুণ এভাবে বৃদ্ধি পেয়ে জীবজগতে একটি আমূল পরিবর্তন করেই ঘটে যেতো এবং পরিণামে জীবজগৎ ধ্বংস হয়ে যেতো।

৩। প্রজাতির স্বকীয়তা ঠিক রাখা : ক্রোমোসোম সংখ্যা সঠিক রাখার মাধ্যমে বংশানুক্রমে প্রতিটি প্রজাতির স্বকীয়তা রক্ষিত হচ্ছে।

৪। বৈচিত্র্যের সৃষ্টি : যৌন প্রজননসম্পন্ন কোনো দুটি জীবই হ্বল এক রকম হয় না। পৃথিবীর প্রায় সাতশ কোটি মানুষ একই প্রজাতিভুক্ত হয়েও একজন অন্যজন থেকে ভিন্নতর। মায়োসিস প্রক্রিয়ায় গ্যামিটে ক্রোমোসোমের স্বাধীন বিন্যাস এবং ক্রসিং ওভারের ফলে পৃথিবীতে এ বৈচিত্র্যের সৃষ্টি হয়েছে।

৫। অভিব্যক্তি : মায়োসিস আনে বৈচিত্র্য, আর বৈচিত্র্য আনে অভিব্যক্তির ধারা ও প্রবাহ।

৬। গ্যামিট সৃষ্টি ও বংশবৃক্ষি : ডিপ্লয়েড জীবে মায়োসিস প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সৃষ্টি হয় গ্যামিট। আর গ্যামিটের মিলনের মাধ্যমেই যৌন প্রক্রিয়ায় বংশবৃক্ষি ঘটে।

৭। জনুংক্রম : যে সকল জীবের জীবনচক্রে জনুংক্রম আছে সেখানে মায়োসিস প্রত্যক্ষ ভূমিকা পালন করে।

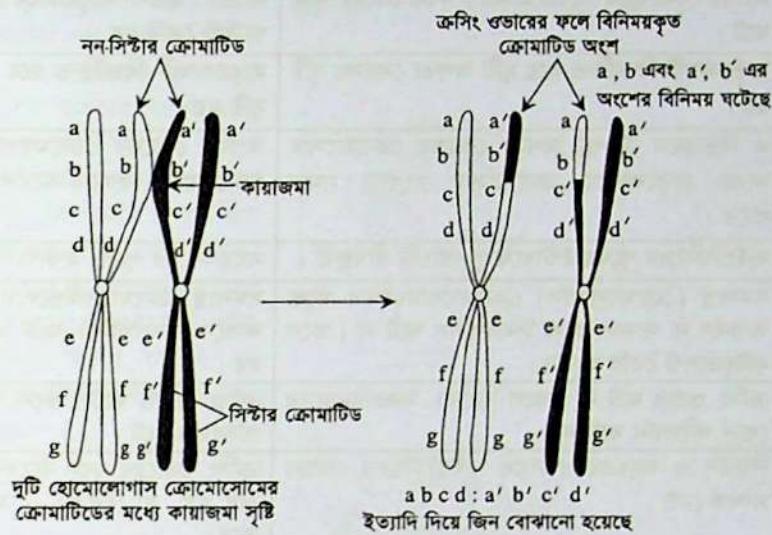
৮। মেডেলের সূত্র : মেডেলের সূত্রের ব্যাখ্যা দেয়া মায়োসিস ছাড়া সম্ভব নয়।

ক্রসিং ওভার (Crossing over)

মায়োসিস-১ এর প্যাকাইটিন উপ-পর্যায়ে এক জোড়া সমসংস্থ ক্রোমোসোমের দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড-এর মধ্যে অংশের বিনিময় হওয়াকে ক্রসিং ওভার বলে। ক্রসিং ওভারের ফলে ক্রোমোসোমের জিনসমূহের মূল বিন্যাসের পরিবর্তন ঘটে এবং লিঙ্কড জিনসমূহের মধ্যে নতুন সমন্বয় (combination) তৈরি হয়। থমাস হন্ট মর্গান (Thomas Hunt Morgan, 1866-1945) ১৯০৯ সালে ভৃট্টা উভিদে প্রথম ক্রসিং ওভার সম্পর্কে ধারণা দেন। ১৯৩৩ খ্রিস্টাব্দে তিনি নোবেল পুরস্কার পান।

ক্রসিং ওভারের কৌশল

(i) প্রথমে দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড একই ছান বরাবর ভেঙে যায় (Endonuclease এনজাইম এর কারণে)।



চিত্র ২.১৪ : এক জোড়া সমসংহৃত ক্রোমোসোমের দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে ক্রসিং ওভার।

(ii) পরে একটির অংশের সাথে অপরটির অন্য অংশ পুনরায় জোড়া লাগে ligase-এনজাইমের প্রভাবে। ফলে কায়াজমা (X আকৃতি) সৃষ্টি হয়।

(iii) শেষ পর্যায়ে প্রাতীয়করণের মাধ্যমে ক্রোমাটিডের বিনিময় শেষ হয়। ক্রসিং ওভারের ফলে ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে, সাথে সাথে জিনেরও বিনিময় ঘটে (যেহেতু জিন ক্রোমোসোমেই বিন্যস্ত থাকে)। জিন-এর বিনিময়ের ফলে চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের বিনিময় হয়, ফলে জীবে চারিত্রিক পরিবর্তন ঘটে।

ক্রসিং ওভারের গুরুত্ব বা তাৎপর্য : কিছু সংখ্যক নিম্নশেণির জীব ছাড়া সব উক্তিদ ও প্রাণীর মধ্যে ক্রসিং ওভার ব্যাপকভাবে পরিলক্ষিত হয়। ক্রসিং ওভারের গুরুত্ব নিচে উল্লেখ করা হলো :

- ১। ক্রসিং ওভারের ফলে দুটি ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে, ফলে জিনগত পরিবর্তন সাধিত হয়।
- ২। জিনগত পরিবর্তন সাধনের ফলে সৃষ্টি জীবে বৈশিষ্ট্যগত পরিবর্তন সাধিত হয়।
- ৩। বৈশিষ্ট্যগত পরিবর্তনের মাধ্যমে সৃষ্টিকূলে আসে বৈচিত্র্য, সৃষ্টি হয় নতুন পরিবেশে টিকে থাকার ক্ষমতা, আবার কখনো সৃষ্টি হয় নতুন প্রজাতি।
- ৪। ক্রসিং ওভারের মাধ্যমে কাঞ্চিত উন্নত বৈশিষ্ট্যবিশিষ্ট নতুন প্রকরণ সৃষ্টি করা যায়। এভাবেই ফসলি উক্তিদের ক্রমাগত উন্নতি সাধন করা হয়।
- ৫। কৃত্রিম উপায়ে ক্রসিং ওভার ঘটিয়ে বংশগতিতে পরিবর্তন আনা সম্ভব। কাজেই প্রজননবিদ্যায় ক্রসিং ওভারের যথেষ্ট ভূমিকা রয়েছে।
- ৬। গবেষণার ক্ষেত্রেও ক্রসিং ওভারের গুরুত্ব রয়েছে। কারণ, ক্রোমোসোমে জিনের রেখাকার বিন্যাস প্রমাণে বা ক্রোমোসোম ম্যাপিং-এ ক্রসিং ওভার বৈশিষ্ট্য ব্যবহৃত হয়।
- ৭। ক্রোমোসোমে জিনের অবস্থান নির্ণয়।
- ৮। জেনেটিক ম্যাপ তৈরি করা।

মাইটোসিস ও মায়োসিসের মধ্যে পার্থক্য

পার্থক্যের বিষয়	মাইটোসিস	মায়োসিস
১। সংঘটন স্থান	জীবের দেহকোষে সংঘটিত হয়। ফলে দেহের বৃদ্ধি ঘটে।	জীবের জনন মাতৃকোষে সংঘটিত হয়। ফলে গ্যামিট তৈরি হয়।
২। অপত্য কোষের সংখ্যা	মাতৃকোষটি বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়।	মাতৃকোষটি বিভাজিত হয়ে চারটি অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়।
৩। অপত্য কোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা	এ বিভাজনে উৎপন্ন অপত্য কোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার সমান থাকে।	অপত্য কোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয়।
৪। ইন্টারফেজ পর্যায়	মাইটোসিসের পূর্বের ইন্টারফেজ পর্যায়টি দীর্ঘস্থায়ী।	মায়োসিসের পূর্বের ইন্টারফেজ পর্যায়টি ছ্রণস্থায়ী।
৫। সিন্যাপসিস ও বাইভেলেন্ট	সমসংস্থ (হোমোলোগাস) ক্রোমোসোমগুলোর মধ্যে আকর্ষণ না থাকার ফলে সিন্যাপসিস ঘটে না। ফলে বাইভেলেন্ট তৈরি হয় না।	সমসংস্থ ক্রোমোসোমগুলোর পারস্পরিক আকর্ষণের কারণে সিন্যাপসিস ঘটে এবং বাইভেলেন্ট তৈরি হয়।
৬। ক্রসিং ওভার	ক্রসিং ওভার ঘটে না। ফলে জিনের সজ্জাবিন্যাসের কোন পরিবর্তন ঘটে না।	ক্রসিং ওভার ঘটে। ফলে জিনের সজ্জাবিন্যাসেরও পরিবর্তন ঘটে।
৭। বিবর্তন ও জনুৎক্রম	বিবর্তন ও জনুৎক্রমের সাথে মাইটোসিসের কোনো সম্পর্ক নেই।	ক্রসিং ওভারের ফলে জীবের মধ্যে নতুন বৈশিষ্ট্যের সৃষ্টি হয়, যা বিবর্তন ও জনুৎক্রমের পথকে সুগম করে।
৮। ক্রোমোমিয়ার	সাধারণত প্রোফেজ ক্রোমোসোমে ক্রোমোমিয়ার দেখা যায় না।	সাধারণত প্রোফেজ ক্রোমোসোমে ক্রোমোমিয়ার দেখা যায়।
৯। পর্যায় মধ্যক দশা	নিউক্লিয়াসের পর্যায় মধ্যক দশা দীর্ঘস্থায়ী।	নিউক্লিয়াসের পর্যায় মধ্যক দশা ছ্রণস্থায়ী।
১০। সেন্ট্রোমিয়ার	মেটাফেজে সেন্ট্রোমিয়ারসহ ক্রোমোসোম অনুদৈর্ঘ্যে বিভক্ত হয়।	মেটাফেজ-১ এ সেন্ট্রোমিয়ার অবিভক্ত থাকে।
১১। DNA রেপ্রিকেশন	DNA রেপ্রিকেশন ইন্টারফেজ দশায় সম্পন্ন হয়।	DNA রেপ্রিকেশন প্রোফেজ দশায় ঘটে।
১২। নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোসোম এর বিভাজন	নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোসোম একবার বিভক্ত হয়।	নিউক্লিয়াস দু'বার ও ক্রোমোসোম একবার বিভক্ত হয়।

ক্রোমোসোম ও জিন-এর আচরণগত মিল

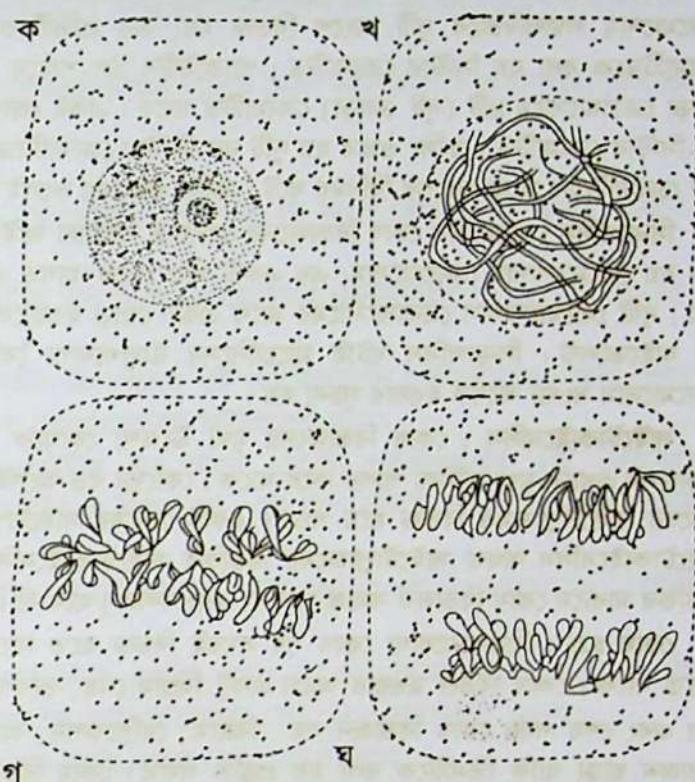
ক্রোমোসোম	জিন
১। ডিপ্রয়েড কোষে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম জোড়া হিসেবে অবস্থান করে।	১। ডিপ্রয়েড কোষে দুটি অ্যালিলিক জিন জোড়া হিসেবে অবস্থান করে।
২। গ্যামিট সৃষ্টিকালে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম জোড়া ভেঙ্গে পৃথক গ্যামিটে যায়।	২। গ্যামিট সৃষ্টিকালে অ্যালিলিক জিন জোড়া ভেঙ্গে পৃথক গ্যামিটে যায়।
৩। গ্যামিট গঠনের সময় ক্রোমোসোমসমূহ স্বাধীনভাবে সঞ্চালিত হয়।	৩। গ্যামিট গঠনের সময় জিনসমূহ একে অপরের প্রভাবহীনভাবে স্বাধীনভাবে সঞ্চালিত হয়।
৪। দুটি গ্যামিটের মিলনে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম পুনরায় জোড়ার সৃষ্টি করে।	৪। দুটি গ্যামিটের মিলনে অ্যালিলিক জিন একসাথে আসে।
৫। ক্রোমোসোম সকল অবস্থায় তাদের অস্তিত্ব বজায় রাখে।	৫। জিনসমূহ সকল অবস্থায় তাদের অস্তিত্ব বজায় রাখে।

ব্যবহারিক : সম্ভব হলে পেয়াজ মূলের অগভাগের স্লাইড করে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের উচ্চ ক্ষমতার অবজেক্টিভ-এ পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

স্লাইডে মাইটোসিস বিভাজনের বিভিন্ন ধাপ পর্যবেক্ষণ করে খাতায় সুন্দর করে আঁকতে হবে।

মাইটোসিস-এর বিভাজনের বিভিন্ন পর্যায়ের স্লাইড কিনতে পাওয়া যায়। বিভিন্ন পর্যায়ের সহজে দৃশ্যমান সুন্দর স্লাইড কিনে তা শিক্ষার্থীদেরকে দেখাতে হবে। স্লাইডগুলো পর্যবেক্ষণ শেষে শিক্ষার্থীরা মাইটোসিস-এর বিভিন্ন পর্যায় তাদের ব্যবহারিক খাতায় আঁকবে। স্লাইড না পাওয়া গেলে পোস্টার পেপারে মাইটোসিস-এর বিভিন্ন পর্যায়ের সুন্দর চিত্র একে একটি চার্ট প্রস্তুত করতে হবে।

বিশেষ বক্তব্য : বালিতে একটি পেঁয়াজ স্থাপন করে ২/১ দিন পানি দিলে মূল গজাবে। একটি ওয়াচ গ্রাসে কিছু অ্যাসিটোকারমাইন রং এবং ১-২ ড্রপ নর্মাল HCl যোগ করে তাতে পেঁয়াজ মূল রেখে কয়েকবার তাপ দিলে মূলের অগ্রভাগ কালো এবং নরম হবে। পরে কালো ও নরম অগ্রভাগ স্লাইডে নিয়ে কাভার প্লিপ উপরে দিয়ে আঙ্গে চাপ দিলে মূলের অগ্রভাগের কোষগুলো সুন্দরভাবে বিন্যস্ত হবে এবং কোষ বিভাজনের বিভিন্ন পর্যায় দেখা যাবে।
পেঁয়াজ মূলে ১৬টি ক্রোমোসোম থাকে। পাশের চিত্রে পেঁয়াজ মূলের মাইটোসিস বিভাজনের কয়েকটি পর্যায় দেখানো হলো। (উত্তিদবিজ্ঞান বিভাগ, ঢা. বি. এর সাইটোলজি ও সাইটোজেনেটিক্স ল্যাব (১৯৬৯) এ চিত্রটি করা হয়।)



চিত্র ২.১৫ : পেঁয়াজ মূলের মাইটোসিস-এর বিভিন্ন পর্যায় (ক) ইন্টারফেজ, (খ) প্রোফেজ, (গ) মেটাফেজ, (ঘ) আনাফেজ পর্যায়গুলো স্লাইড দেখে হাতে আকা।



শিক্ষার্থীগণ ১৬টি
ক্রোমোসোম তনে
দেখবে। শিক্ষকের
সহায়তায়
সেন্ট্রোমিয়ার অনুযায়ী
১৬টি ক্রোমোসোমের
আকৃতি আকতে
পারবে।

চিত্র ২.১৬ : পেঁয়াজ মূলের মাইটোসিস-এর মেটাফেজ পর্যায়ের মাইক্রো ফটোগ্রাফ। সাইটোলজি ল্যাব ; ঢা. বি. (২০১৩)

সার-সংক্ষেপ

ক্রসিং ওভার : ক্রসিং ওভার হলো দুটি ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময়। প্যাকাইটিন উপ-পর্যায়ে প্রতিটি ক্রোমোসোম লম্বালম্বিভাবে দুটি অংশে বিভক্ত হয়, এর প্রতিটিকে বলা হয় ক্রোমাটিড। একই ক্রোমোসোমের দুটি ক্রোমাটিডকে বলা হয় সিস্টার ক্রোমাটিড। প্যাকাইটিন উপ-পর্যায়ে একজোড়া ক্রোমোসোম এক সাথে থাকে, তাই এক জোড়া ক্রোমোসোমে ৪টি (দুই জোড়া) ক্রোমাটিড থাকে। একই জোড়ার দুটি ভিন্ন ক্রোমোসোমের ক্রোমাটিডকে বলা হয় নন-সিস্টার ক্রোমাটিড। ক্রসিং ওভার হয় দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে। ক্রসিং ওভারের মাধ্যমে দুটি ক্রোমোসোমের দুটি ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে। ক্রসিং ওভারের ফলেই মাতা-পিতার মিশ্র বৈশিষ্ট্য সন্তানে প্রকাশ পায়।

সিন্যাপসিস : মায়োসিস কোষ বিভাজনের প্রোফেজ পর্যায়ের জাইগোটিন উপ-পর্যায়ে দুটি করে ক্রোমোসোম (এদেরকে বলা হয় হোমোলোগাস ক্রোমোসোম; এর একটি মাতা হতে আগত এবং অপরটি পিতা হতে আগত) জোড়া করে অবস্থান নেয়। দুটি হোমোলোগাস ক্রোমোসোমের মাঝে একুপ জোড় হওয়াকে বলা হয় সিন্যাপসিস। হোমোলোগাস জোড়কে বলা হয় বাইভেলেন্ট। সিন্যাপসিস ঘটাই মায়োসিসের উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য এবং এখান থেকেই হ্যাসমূলক বিভাজন তথা ক্রোমোসোম সংখ্যা অর্ধেক হওয়ার সূচনা হয়।

সাইটোকাইনেসিস : কোষ বিভাজনের মুখ্য উদ্দেশ্য কোষকে বিভক্তকরণ ও সংখ্যা বৃদ্ধিকরণ। কিন্তু নিউক্লিয়াসের বিভাজনই এখানে মুখ্য ভূমিকা পালন করে থাকে। কোষের বড় অংশই সাইটোপ্লাজম, কাজেই কোষ বিভাজনের শেষ পর্যায়ে কোষের সাইটোপ্লাজমও বিভক্ত হয়ে পড়ে। একটি কোষের সাইটোপ্লাজম বিভক্ত হয়ে দুটি অপ্ত্য কোষে অবস্থান করাই সাইটোকাইনেসিস অথবা সাইটোপ্লাজমের বিভক্তিই সাইটোকাইনেসিস। সাইটোপ্লাজম ভাগ না হলে কেবল নিউক্লিয়াসের বিভক্তির মাধ্যমে কোষ বিভাজন সমাপ্ত হবে না এবং ফলপ্রস্তু হবে না।

কোষ চক্র : বিভাজনযোগ্য কোষ সব সময়ই বিভক্ত হতে থাকে। এই বিভক্তির কর্মকাণ্ডের বিভিন্ন পর্যায় চক্রকারে চলতে থাকে। কোষ বিভক্ত হওয়ার আগে একটু বিশ্রাম নেয়, তারপর কোষস্থ DNA রেপ্লিকেট হয়, এরপর আবার বিশ্রাম নেয় এবং শেষ পর্যন্ত কোষ বিভাজন হয়। বিশ্রাম, রেপ্লিকেশন, আবার বিশ্রাম—এই কাজগুলো চক্রকারে চলতে থাকে। বিভাজন ছাড়া বাকি তিনটিকে বলা হয় প্রক্রিয়া। কোষ বিভাজন পর্যায় এবং বিভাজনের প্রক্রিয়া পর্যায় পর্যায়ক্রমে চক্রকারে চলতে থাকে এবং এ চক্রকেই বলা হয় কোষ চক্র।

এই অধ্যায়ে দক্ষতা অর্জন

- ১। বিভাজনের মাধ্যমে মাতৃকোষ থেকে অপ্ত্যকোষ (বিভাজনের ফলে সৃষ্টি নতুন কোষ) সৃষ্টি হয়।
- ২। Walter Flemming ১৮৮২ খ্রিষ্টাব্দে সামুদ্রিক স্যালামান্ডার কোষে প্রথম কোষ বিভাজন লক্ষ্য করেন।
- ৩। কোষ বিভাজন তিনি প্রকার; যথা— অ্যামাইটোসিস, মাইটোসিস, মায়োসিস।
- ৪। মাইটোসিসকে সমীকরণিক বিভাজনও বলা হয়।
- ৫। একটি কোষের সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি ও বিভাজন—এই তিনটি পর্যায় যে চক্রের মাধ্যমে সম্পন্ন হয় তাকে বলা হয় কোষ চক্র।
- ৬। একটি জেনেটিক প্রোগ্রাম দ্বারা কোষচক্র নিয়ন্ত্রিত হয়।
- ৭। সাইক্লিন এবং সাইক্লিন ডিপেন্ডেন্ট কাইনেজ (cdk) যৌগ কোষচক্রের জন্য অভ্যন্তরীণ উদ্দীপনা প্রদান করে।
- ৮। কোষের একটি বিভাজনসম্পন্ন 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।
- ৯। স্পিন্ডল যন্ত্রের বিশুবীয় অঞ্চলে ক্রোমোসোমের বিন্যস্ত হওয়াকে বলা হয় মেটাকাইনেসিস।
- ১০। নিউক্লিয়াসের বিভাজনকে বলা হয় ক্যারিওকাইনেসিস এবং সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে বলা হয় সাইটোকাইনেসিস।
- ১১। ক্রোমোসোমের খাটো ও মোটা হওয়ার প্রক্রিয়াকে বলা হয় কনডেনসেশন এবং DNA-অণুর যে জটিল কয়েলিং প্রক্রিয়ায় কনডেনসেশন ঘটে থাকে তাকে বলা হয় সুপারকয়েলিং।

- ১২। কোনো টিস্যুর মোট কোষ সংখ্যা এবং মাইটোসিস বিভাজনের কোষ সংখ্যার অনুপাতকে বলা হয় মাইটোটিক ইনডেক্স।
- ১৩। কোষচক্রে সাইক্লিন Cdk-এর নিয়ন্ত্রণ বিনষ্ট হয়ে গেলে অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস হয়, এর ফলে টিউমার ও ক্যাস্টার সৃষ্টি হয়।
- ১৪। কোষে p53 নামক প্রোটিন defective হলে কোষচক্র নিয়ন্ত্রণ হারিয়ে ফেলে এবং টিউমার ও ক্যাস্টার সৃষ্টির সম্ভাবনা দেখা দেয়।
- ১৫। কোষচক্র বিনষ্টকারী জিন হলো Oncogene।
- ১৬। মায়োসিস কোষ বিভাজনে $2n$ কোষ হতে n (হ্যাপ্লয়েড) কোষ সৃষ্টি হয় অর্থাৎ ক্রোমোসোম সংখ্যা অর্ধেকে হ্রাস পায়।
- ১৭। মায়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ-১ এর লেন্টোটিন উপপর্যায়ে ক্রোমোমিয়ার (ছানীয়ভাবে DNA কয়েলিং-এর ফলে সৃষ্টি মোটা ব্যান্ড) দৃষ্টিগোচর হয়।
- ১৮। মায়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ-১ এর জাইগোটিন উপ-পর্যায়ে দুটি হেমোলোগাস ক্রোমোসোমের মধ্যে জোড় সৃষ্টি হয়, যাকে সিন্যাপসিস বলে। প্রতিটি জোড়বাংধা ক্রোমোসোমকে বাইভেলেন্ট বলে।
- ১৯। মায়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ-১ এর প্যাকাইটিন উপ-পর্যায়ে প্রতিটি বাইভেলেন্টের ২টি ক্রোমোসোমই সেন্ট্রোমিয়ার ব্যতীত দৈর্ঘ্য বরাবর দুটি ক্রোমাইটিড-এ বিভক্ত হয়। এর ফলে প্রতিটি বাইভেলেন্টে ৪টি ক্রোমাইটিড থাকে (এবং ২টি সেন্ট্রোমিয়ার থাকে।)
- ২০। একই ক্রোমোসোমের ২টি ক্রোমাইটিডকে সিস্টার ক্রোমাটিক বলে। একই জোড়ার দুটি ক্রোমোসোমের ক্রোমাইটিডকে নন-সিস্টার ক্রোমাটিড বলে।
- ২১। দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড একই ছানে ভেঙ্গে গিয়ে একটির সাথে অপরটি পুনরায় সংযুক্ত হয়। নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের এই সংযুক্তি ছান ক্রস চিহ্নের মতো হয় যাকে কায়াজামা (বহু বচনে কায়াজমাটা) বলে।
- ২২। নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময়কে ক্রসিং ওভার (ক্রস ওভার) বলে।
- ২৩। ক্রসিংওভারের ফলে মাতৃ ও পিতৃ ক্রোমোসোমের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে এবং জিন বিন্যাসের পরিবর্তন হয়।
- ২৪। মায়োসিস বিভাজনের মেটাফেজ-এ ক্রোমোসোমের সেন্ট্রোমিয়ার অবিভক্ত থাকে (মাইটোসিস বিভাজনের মেটাফেজ-এ সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত থাকে)।
- ২৫। মায়োসিস বিভাজনের অ্যানাফেজ-১ এ প্রতি মেরুতে এক একটি পূর্ণাঙ্গ ক্রোমোসোম পৌছে। ফলে প্রতি মেরুতে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয় অর্থাৎ $2n$ এর পরিবর্তে n সংখ্যক হয়।
- ২৬। ডিপ্রয়েড জীবে মায়োসিসের মাধ্যমে জননকোষ (গ্যামিট) সৃষ্টি হয়।
- ২৭। মাইটোসিস-এর প্রোফেজ পর্যায়ে নিউক্লিয়াস আকারে বড় হয় এবং ক্রোমোসোমগুলোতে জল বিয়োজন শুরু হয়।
- ২৮। প্রো-মেটাফেজ পর্যায়ের শেষের দিকে নিউক্লিওস ও নিউক্লিয়ার এন্ডেলপ-এর বিলুপ্তি ঘটে।
- ২৯। স্পিন্ডল যন্ত্রের দুই মেরুর মধ্যবর্তী ছানকে ইকুয়েটর বা বিষুবীয় অঞ্চল বলা হয়।

অনুশীলনী

বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ) :

- ১। কোষ বিভাজনের কোন পর্যায়ে ক্রোমোসোমগুলো বিষুবীয় অঞ্চলে অবস্থান করে?
 - (ক) প্রোফেজ,
 - (খ) মেটাফেজ,
 - (গ) টেলোফেজ,
 - (ঘ) অ্যানাফেজ
- ২। মাইটোসিস অ্যানাফেজ-এর বৈশিষ্ট্য হলো—
 - (i) অপত্য ক্রোমোসোম সৃষ্টি।
 - (ii) অপত্য ক্রোমোসোমগুলো মেরুমুখী চলতে শুরু করা।
 - (iii) নিউক্লিওস ও নিউক্লিয়ার এন্ডেলপ উপস্থিতি।