দ্বিতীয় অধ্যায়

কোষ বিভাজন
CELL DIVISION

প্রধান শব্দসমূহ : সাইটোকাইনেসিস, কোষ চক্র, ক্রসিংওভার, সিন্যাপসিস

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

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

বিভাজনের মাধ্যমে সংখ্যাবৃদ্ধি কোষের একটি স্বাভাবিক ও অতি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য। এককোষী জীবসমূহ, যেমন- ব্যাকটেরিয়া, ঈস্ট প্রভৃতি বার বার বিভাজনের মাধ্যমেই একটি থেকে অসংখ্য এককোষী জীবে পরিণত হয়। বিশালদেহী একটি বটগাছের সূচনাও ঘটে একটিমাত্র 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 প্রক্রিয়ায় এক সময় কোটি কোটি কোষের সমন্বয়ে 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 সৃষ্ট নতুন কোষকে বলে **অপত্যকোষ** (daughter cell) এবং যে কোষটি থেকে অপত্য কোষ সৃষ্টি হয় সে কোষটি হলো **মাতৃকোষ** (mother cell)। Walter Flemming ১৮৮২ খ্রিষ্টাব্দে সামুদ্রিক স্যালামান্ডার *(Triturus maculosa)* কোষে **প্রথম কোষ বিভাজন লক্ষ্য করেন**। "কোষ থেকেই কেবল কোষ সৃষ্টি হতে পারে"— এটি বলেন রুডলফ ভিরশাও।

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 শুক্রাণু বা ডিম্বাণু 'n'।

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

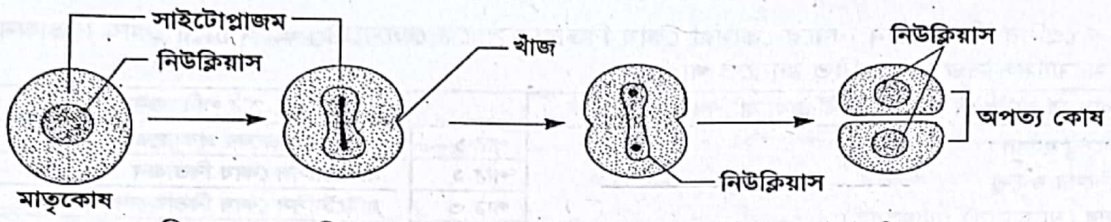
১। অ্যামাইটোসিস (Amitosis) বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন (Without mitosis)।
২। মাইটোসিস (Mitosis) বা সমীকরণিক কোষ বিভাজন (Gr. mitos = thread)।
৩। মায়োসিস (Meiosis) বা হ্রাসমূলক কোষ বিভাজন (Gr. Diminution)।

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

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

CamScanner

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 ঢুকে গিয়ে পরিশেষে কোষটিকে



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

দু'ভাগে ভাগ 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 ঈস্ট, 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) বিজ্ঞানী 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 প্রকৃতকোষের প্রতিটি ক্রোমোসোমের একটি করে ক্রোমাটিড দু'দিকে দু'মেরুতে সরে গিয়ে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। পরে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী স্থানে উদ্ভিদকোষে কোষপ্রাচীর সৃষ্টির মাধ্যমে এবং প্রাণিকোষে প্লাজমামেমব্রেন ভেতরের দিকে ঢুকে 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 সংখ্যাগত, আকৃতিগত ও গুণগত কোনো পরিবর্তন ঘটে না অর্থাৎ নতুন দুটি কোষের প্রতিটিতে 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 প্রক্রিয়ায় 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 এরূপ বিভাজন প্রথম দেখতে পান শ্লাইখার (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 সৃষ্ট নতুন কোষ দুটিতে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার সমান থাকে। তাই মাইটোসিসকে ইকোয়েশনাল বা সমীকরণিক বিভাজনও বলা হয়।

মাইটোসিস কোথায় ঘটে? : মাইটোসিস প্রাণী ও উদ্ভিদের বিভাজন ক্ষমতাসম্পন্ন দৈহিক কোষে ঘটে থাকে; যেমন– উদ্ভিদের কাণ্ড বা তার শাখা-প্রশাখার শীর্ষ, মূলের বর্ধিষ্ণু শীর্ষ, ক্যাম্বিয়াম প্রভৃতি অঞ্চলে মাইটোসিস হয়ে থাকে। জীবদেহের সকল অঙ্গ-প্রত্যঙ্গ মাইটোসিস প্রক্রিয়ারই ফল। জননাঙ্গের গঠন এবং বৃদ্ধিও মাইটোসিস প্রক্রিয়ার মাধ্যমেই হয়ে থাকে।

CamScanner

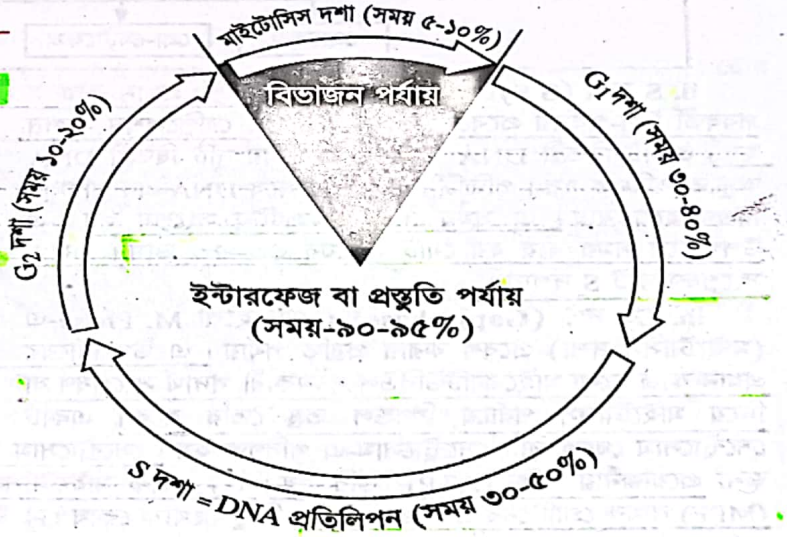
মাইটোসিসের বৈশিষ্ট্য

১। এ প্রক্রিয়ায় প্রতিটি ক্রোমোসোম লম্বালম্বিভাবে তথা অনুদৈর্ঘ্যে দুটি ক্রোমাটিডে বিভক্ত হয়।
২। প্রতিটি ক্রোমাটিড তথা অপত্য ক্রোমোসোম তার নিকটস্থ মেরুতে পৌঁছে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। কাজেই দুটি অপত্য কোষেই ক্রোমোসোম সংখ্যা সমান থাকে।
৩। অপত্য কোষগুলো মাতৃকোষের সমগুণসম্পন্ন হয়, কারণ জীবের বৈশিষ্ট্য নিয়ন্ত্রক জিনসমূহ বহনকারী ক্রোমোসোমগুলোর প্রতিটি লম্বালম্বিভাবে বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য কোষের নিউক্লিয়াসে যায়।
৪। অপত্য কোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার সমান থাকে।
৫। অপত্য কোষ বৃদ্ধি পেয়ে মাতৃকোষের সমান আয়তনের হয়।

কোষচক্র ও ইন্টারফেজ (Cell Cycle & Interphase)

একটি সুস্থ বর্ধিষ্ণু কোষের জীবন শুরু হয় তার মাতৃকোষের বিভাজনের মাধ্যমে এবং শেষ হয় নিজে বিভাজিত হয়ে অপত্যকোষ সৃষ্টির মধ্যদিয়ে। একটি কোষ সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি এবং পরবর্তীতে বিভাজন—এ তিনটি কাজ যে চক্রের মাধ্যমে সম্পন্ন হয় তাকে বলা হয় কোষচক্র (Cell Cycle)। হাওয়ার্ড ও পেক্ক (Howard & Pelc, 1953) এই কোষচক্রের প্রস্তাব করেন। এ চক্রটি বার বার চলতেই থাকে। একজন প্রাপ্ত বয়স্ক ব্যক্তির দেহে ১০০ (10^{18}) 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 ভ্রূণ 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, উদ্ভিদের স্থায়ী কোষসমূহ।

কোষচক্র দুটি প্রধান ধাপে বিভক্ত; যথা-কোষের বিভাজনরত অবস্থাকে বলা হয় এম. ফেজ (Mitotic Phase) বা মাইটোসিস এবং দুটি এম. ফেজ-এর মধ্যবর্তী অবিভাজন 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 দেহের মাত্র অল্পসংখ্যক 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 যৌগ। বিভিন্ন হরমোন ও গ্রোথ ফ্যাক্টর (gf) বাহ্যিক উদ্দীপনা দান করে। আমাদের দেহের কোনো স্থান কেটে গেলে রক্তের অণুচক্রিকা 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' erythroprotein তৈরি করে।

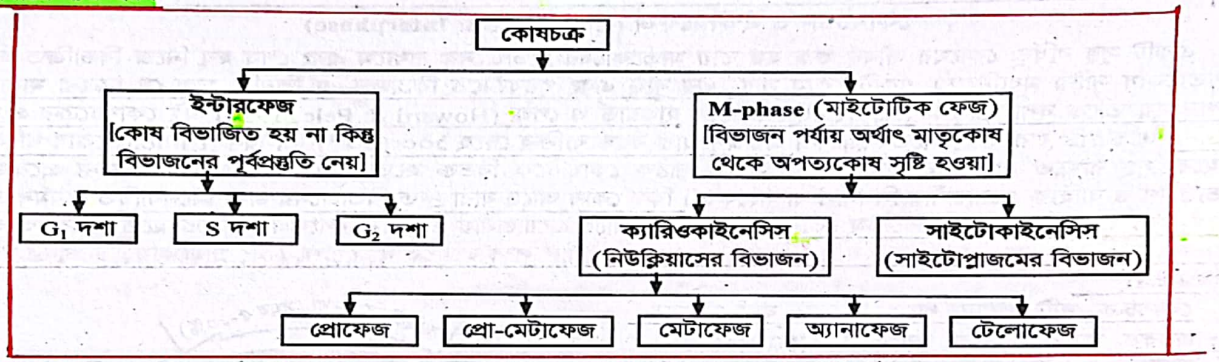


চিত্র ২.২ : হাওয়ার্ড ও পেক্ক কোষচক্র।

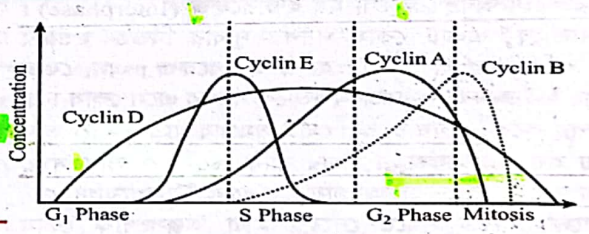
(ক) ইন্টারফেজ (Interphase) : ইন্টারফেজ অবস্থাটি বেশ দীর্ঘ। পরবর্তী বিভাজন পর্যায়টিকে সুন্দরভাবে সম্পন্ন করার জন্য ইন্টারফেজ অবস্থায় নিউক্লিয়াসে বহু গুরুত্বপূর্ণ ক্রিয়া-বিক্রিয়া ঘটে থাকে। তাই ইন্টারফেজ অবস্থায় কোষের নিউক্লিয়াসকে বলা হয় বিপাকীয় নিউক্লিয়াস। এক কথায় বলা যায়, M. Phase (মাইটোটিক ফেজ)-কে সুসম্পন্ন করতে সব

ধরনের প্রস্তুতি গ্রহণ করা হয় ইন্টারফেজ অবস্থায়। কোষ চক্রের মোট সময়ের ৯০–৯৫ ভাগ সময় ব্যয় হয় ইন্টারফেজ অবস্থায়। ইন্টারফেজ-কে সাধারণত ৩টি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়; যথা– G_1, S এবং G_2 দশা। টার্গেট কোষের (যে কোষ বিভাজিত হবে) সার্ফেসে বিশেষ রিসেপ্টর প্রোটিনের সাথে গ্রোথ ফ্যাক্টর সংযুক্ত হয়ে কোষ চক্র শুরু করার নির্দেশ দান করে।

i. G_1 দশা (Gap$_1$ phase) : একটি কোষ পরবর্তীতে বিভাজন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে কিনা, তার সিদ্ধান্ত নেয়া হয় G_1 উপপর্যায়ে। G_1-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 সপ্তাহ বা এক বছর অর্থাৎ আমৃত্যু G_1 উপপর্যায়েই আবদ্ধ হয়ে যায়। মোট কোষ চক্রের ৩০–৪০% সময় এ উপপর্যায়ে ব্যয় হয়।



ii. S দশা (S Synthesis) : এ উপপর্যায়ের প্রধান কাজ হলো নিউক্লিয়াসে ক্রোমোসোমস্থ DNA সূত্রের রেপ্লিকেশন। পরবর্তী উপ-পর্যায়ে প্রবেশের আগেই DNA রেপ্লিকেশন সম্পন্ন হয়। একটি দ্বিতন্ত্রী DNA অণু দৈর্ঘ্য বরাবর দুটি দ্বিতন্ত্রী DNA অণুতে পরিণত হয়। প্রতিটি ডিপ্লয়েড কোষে DNA-এর পরিমাণ দ্বিগুণ হয়ে যায়। এ সময় হিস্টোন-প্রোটিন সংশ্লেষ হয়। এ উপপর্যায়ে সময় ব্যয় হয় মোট সময়ের ৩০–৫০ ভাগ। DNA সংশ্লেষণ ঘটে S দশায়।



চিত্র : Cyclin graph

iii. G_2 দশা (Gap$_2$ phase) : এটি হলো M. Phase-এ (মাইটোসিস দশা) প্রবেশ করার প্রস্তুতি পর্যায়। এ উপপর্যায়ের প্রধান কাজ হলো মাইক্রোটিউবিউল গঠনকারী পদার্থ সংশ্লেষণ যা দিয়ে মাইটোসিস পর্যায়ে স্পিন্ডল তন্তু তৈরি হবে। একটি সেন্ট্রোসোম থেকে দুটি সেন্ট্রোসোম-এ পরিণত হয়। সেন্ট্রোসোম মাইক্রোটিউবিউল তৈরি সূচনা করে। বিভাজন প্রক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি (ATP) তৈরি হয়। G_2 থেকে মাইটোসিস-এ প্রবেশ করতে হলে ম্যাচুরেশন প্রোমোটিং ফ্যাক্টর (MPF) নামক প্রোটিনের প্রয়োজন পড়ে। কিছু সংখ্যক কোষ G_2 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 G_1 থেকে S এবং S পর্যায় থেকে G_2 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 Timothy Hunt (1982) দৈবক্রমে বা অপ্রত্যাশিতভাবে সাইক্লিন প্রোটিন (তিনিই এই নাম দেন) আবিষ্কার করেন। এজন্য Hunt এবং সাথে Lee Hartwell ও Paul Nurse-কে ২০০১ সালে নোবেল প্রাইজ দেয়া হয়। Hartwell ঈস্ট কোষে এমন জিনের সন্ধান পান যা কোষচক্র শুরু করে বলে ধরে নেয়া হয়। Nurse অন্য প্রজাতির ঈস্ট কোষে এমন জিনের সন্ধান পান যা মিউটেট হলে কোষচক্র বন্ধ করতে অথবা সময়ের আগে কোষ বিভাজন শুরু করতে পারে।

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

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

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

(খ) M-Phase বা মাইটোটিক ফেজ : কোষচক্র G_2 ফেজ থেকে মাইটোসিস বা বিভাজন পর্যায়ে প্রবেশ করে। একটি জটিল প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের বিভাজন ও পুনঃগঠন, সাইটোপ্লাজমের নতুন দুই কোষে গমন, সেলমেমব্রেন এবং উদ্ভিদ কোষে কোষপ্রাচীর গঠনের মাধ্যমে পূর্ণাঙ্গ দুটি অপত্য কোষ সৃষ্টির মধ্যদিয়ে 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 স্থায়ী হয়। এভাবেই ইন্টারফেজ → M-ফেজ → ইন্টারফেজ চক্রাকারে চলতে থাকে।

অধুনা কোষ চক্রকে তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত করা হয়; যথা– (ক) ইন্টারফেজ, (খ) মাইটোসিস (নিউক্লিয়াসের বিভাজন) এবং (গ) সাইটোকাইনেসিস (সাইটোপ্লাজমের বিভাজন)।

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 বস্তু ক্রোমাটিন হিসেবে থাকে।	৪। এ দশায় বংশগতীয় বস্তু ক্রোমোসোম হিসেবে থাকে।

মাইটোসিস (Mitosis)

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

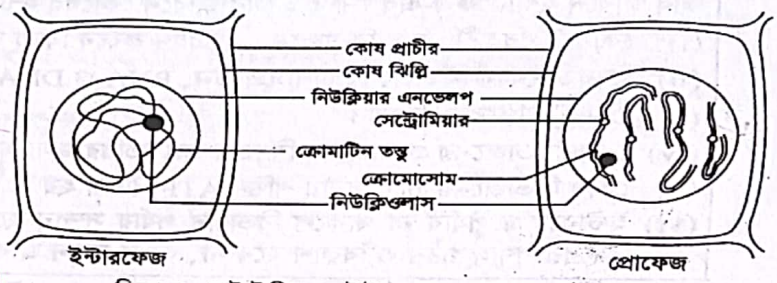
(i) ক্যারিওকাইনেসিস (Karyokinesis) : মাইটোসিস বলতে মূলত ক্যারিওকাইনেসিসকেই বোঝানো হয়ে থাকে। মাইটোসিস কোষ বিভাজনে মাতৃকোষের নিউক্লিয়াস থেকে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হওয়াকে **ক্যারিওকাইনেসিস** বলে।

CamScanner

মাইটোসিস-এর পর্যায়সমূহ

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

(১) প্রোফেজ (Prophase) বা আদ্যপর্যায় (গ্রিক শব্দ *pro* = প্রাক + phase = পর্যায় বা দশা) : মাইটোসিস-এর প্রথম পর্যায়কে প্রোফেজ বলে। এটি মাইটোসিসের সবচেয়ে দীর্ঘস্থায়ী পর্যায়। এ পর্যায়ে কোষের নিউক্লিয়াস আকারে বড়ো 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 ধারণক্ষমতা বৃদ্ধি পায় এবং স্পষ্ট হতে স্পষ্টতরভাবে দৃষ্টিগোচর হয়। এ পর্যায়ের শেষের দিকে নিউক্লিওলাস এবং নিউক্লিয়ার এনভেলপের বিলুপ্তি ঘটতে থাকে। সাইক্লিন ডিপেনডেন্ট কাইনেজ (Cdk) কর্তৃক কতক প্রোটিনের ফসফোরাইলেশনের কারণে ক্রোমোসোমের সংকোচন শুরু হয় এবং কতক প্রোটিনের ফসফোরাইলেশনের কারণে নিউক্লিয়ার এনভেলপের বিলুপ্তি ঘটতে থাকে।



চিত্র ২.৩ : মাইটোসিস-এর ইন্টারফেজ ও প্রোফেজ পর্যায়।

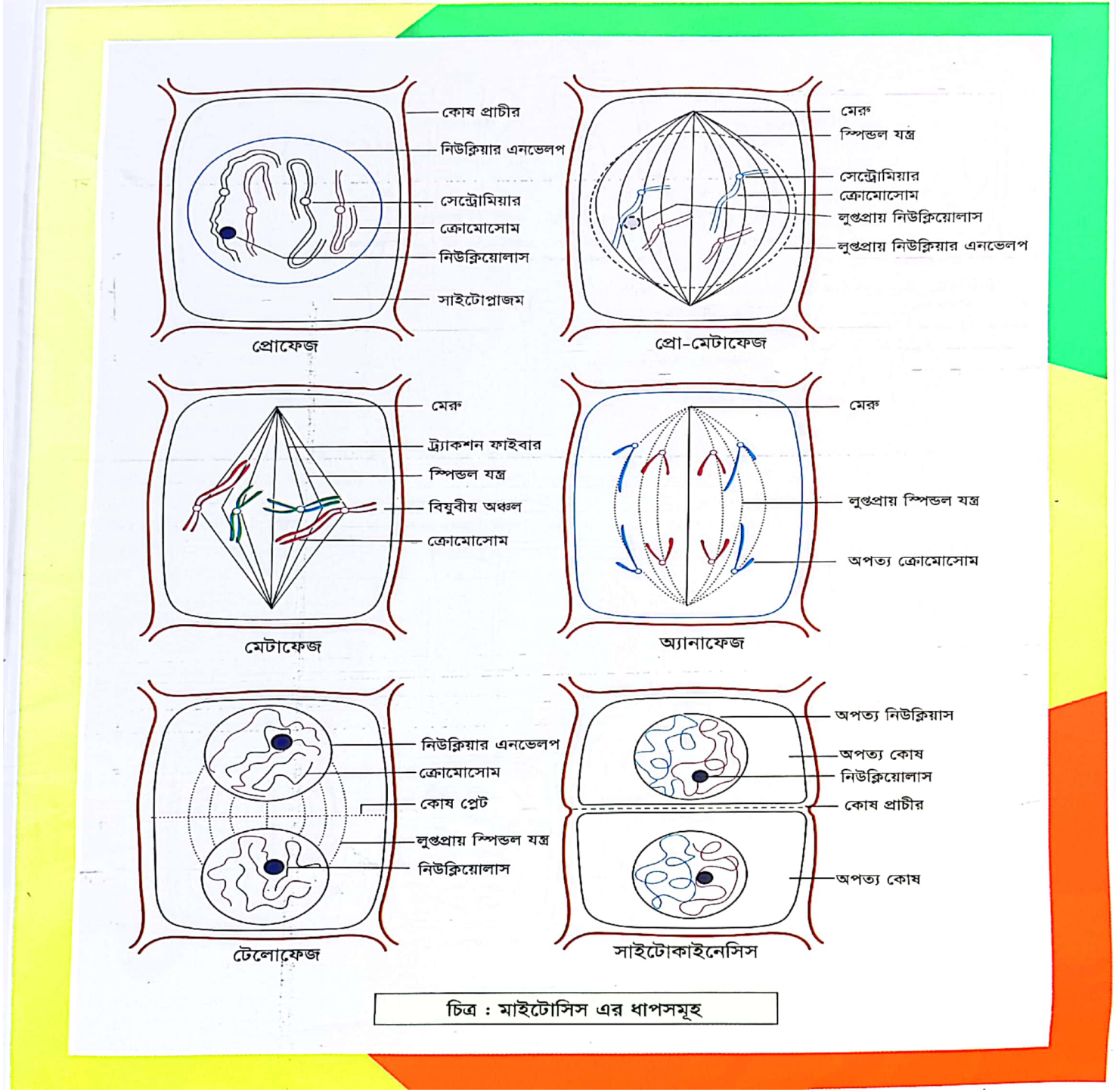
মাইটোসিস কোষ বিভাজনের প্রোফেজ পর্যায়ে **প্রতিটি ক্রোমোসোম সেন্ট্রোমিয়ার ব্যতীত লম্বালম্বিভাবে (অনুদৈর্ঘ্যে) দুটি সূত্রে বিভক্ত থাকে। প্রতিটি সূত্রকে ক্রোমাটিড বলা হয়।** ক্রোমোসোমগুলো প্রোফেজ পর্যায়ে ক্রোমাটিডে বিভক্ত হলেও আলোক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে সাধারণত অবিভক্তই মনে হয়। এ পর্যায়ে স্পিন্ডল তন্তু সৃষ্টির সূচনা ঘটে। প্রাণিকোষে সেন্ট্রিওল থেকে স্পিন্ডল তন্তুর সৃষ্টি হলেও উদ্ভিদকোষে মাইক্রোটিউবিউলস থেকে (সাধারণত উদ্ভিদকোষে সেন্ট্রিওল থাকে না) স্পিন্ডল তন্তুর সৃষ্টি হয়।

(২) প্রো-মেটাফেজ (Pro-metaphase) বা প্রাক-মধ্যপর্যায় (গ্রিক শব্দ *pro* = প্রাক + *meta* = মধ্য + phase = পর্যায় বা দশা) : প্রোফেজ পর্যায়ের পরবর্তী এবং মেটাফেজ পর্যায়ের অগ্রবর্তী পর্যায়কে প্রো-মেটাফেজ বলে। এটি স্বল্পস্থায়ী পর্যায়। প্রোফেজের একেবারে শেষদিকে উদ্ভিদকোষে কতগুলো তন্তুময় প্রোটিনের সমন্বয়ে দু'মেরুযুক্ত স্পিন্ডল যন্ত্রের (spindle apparatus) সৃষ্টি হয়। এ পর্যায়ের প্রথম দিকেই স্পিন্ডল যন্ত্রের তন্তুগুলোর আঘাতে নিউক্লিয়ার এনভেলপ বিলুপ্ত হতে থাকে এবং এক সময় বিলুপ্ত হয়ে যায়। এ পর্যায়ে নিউক্লিওলাসেরও বিলুপ্তি ঘটে। প্রো-মেটাফেজ পর্যায়ে উদ্ভিদকোষে তন্তুময় প্রোটিন সমন্বয়ে গঠিত স্পিন্ডল যন্ত্রের সৃষ্টি হয়। স্পিন্ডল যন্ত্রের দু'মেরুর মধ্যবর্তী অঞ্চলকে ইকুয়েটর বা বিষুবীয় অঞ্চল বলা হয়। স্পিন্ডল যন্ত্রের তন্তুগুলো এক মেরু হতে অপর মেরু পর্যন্ত বিস্তৃত। এদেরকে স্পিন্ডল ফাইবার (spindle fibre) বলা হয়। প্রো-মেটাফেজ পর্যায়ে ক্রোমোসোমের সেন্ট্রোমিয়ার স্পিন্ডল যন্ত্রের নির্দিষ্ট তন্তুর সাথে সংযুক্ত হয়। এসময় ক্রোমোসোম একটু আন্দোলিত হয় যাকে ক্রোমোসোমীয় নৃত্য বলা হয়ে থাকে। আসলে ক্রোমোসোমগুলো বিষুবীয় অঞ্চলের দিকে যেতে থাকে। ক্রোমোসোমের সেন্ট্রোমিয়ার সংযুক্তকারী তন্তুকে ট্র্যাকশন ফাইবার (traction fibre) বলা হয়। ক্রোমোসোমগুলো এ সময় বিষুবীয় অঞ্চলে বিন্যস্ত হতে থাকে। (প্রাণিকোষে স্পিন্ডল যন্ত্র সৃষ্টি ছাড়াও পূর্বে বিভক্ত সেন্ট্রিওল দু'মেরুতে অবস্থান করে এবং দুমেরু হতে অ্যাস্টার তন্তু বিচ্ছুরিত হয়।)

Mitotic centre : কোষের এ অঞ্চল মাইটোসিসের জন্য মাইক্রোটিউবিউল্‌স ব্যবস্থা করে। প্রাণিকোষে সেন্ট্রোসোম mitotic centre হিসেবে কাজ করে।

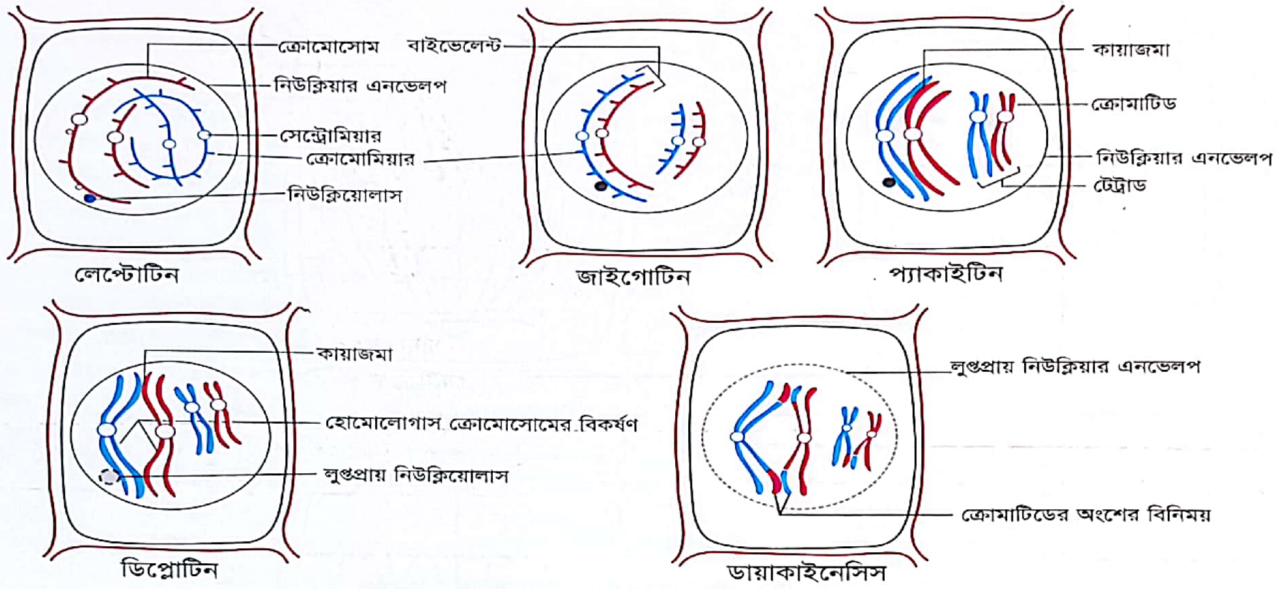
স্পিন্ডল ফাইবার সেন্ট্রোমিয়ারের কাইনেটোকোরের মটর প্রোটিনে সংযুক্ত হয়। এ প্রোটিন ATP ভেঙ্গে ADP ও Pi সৃষ্টি করে এবং শক্তি নির্গত করে। এ শক্তি খরচ করে ক্রোমোসোম মাইক্রোটিউবিউলস ধরে চলতে থাকে।

CamScanner

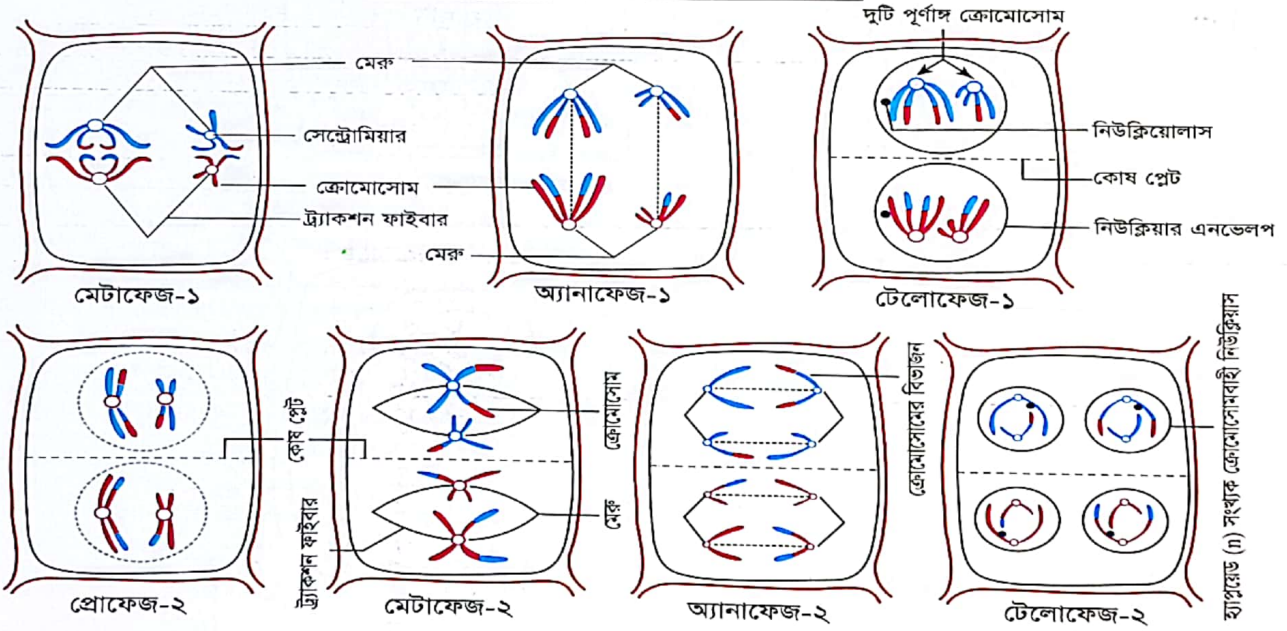


চিত্র : মাইটোসিস এর ধাপসমূহ

CamScanner

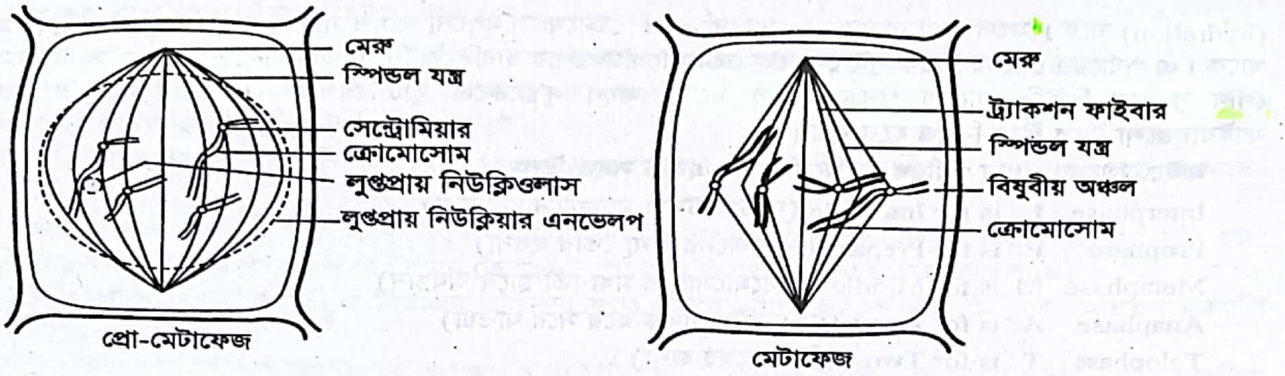


চিত্র : মায়োসিসের প্রোফেজ-১ এর ধাপসমূহ



চিত্র : মায়োসিসের মেটাফেজ-১ থেকে টেলোফেজ-২ পর্যন্ত ধাপসমূহ

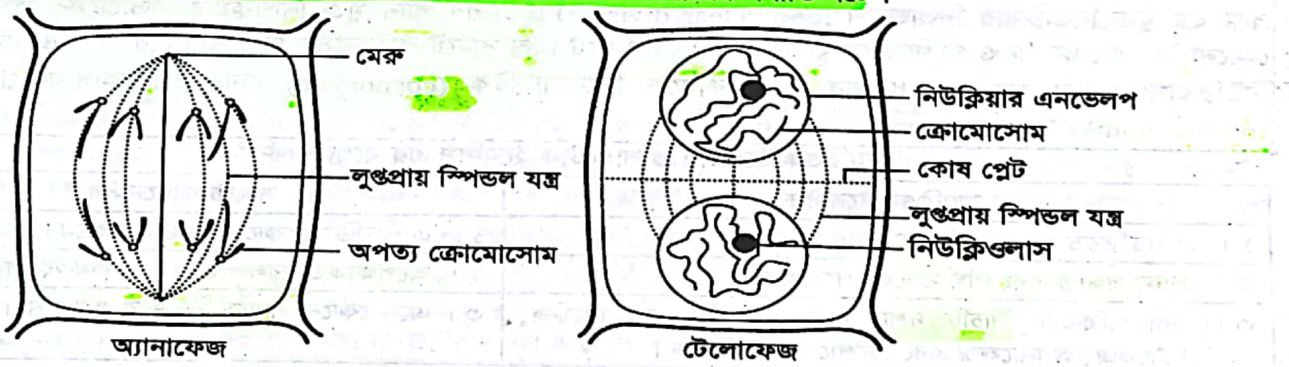
CamScanner



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

(৩) মেটাফেজ (Metaphase) বা মধ্যপর্যায় (গ্রিক শব্দ *meta* = মধ্য + phase = পর্যায় বা দশা) : এ পর্যায়ের প্রথমেই 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 বলে।** এ পর্যায়ে ক্রোমাটিডগুলো সবচেয়ে বেশি মোটা, খাটো ও স্পষ্ট দেখা যায়। ক্রোমোসোমের খাটো ও মোটা হওয়াকে বলা হয় **কন্ডেনসেশন (Condensation)**। একটি অতিমাত্রায় কয়েলিং (coiling) প্রক্রিয়ায় এটি হয়ে থাকে তাই একে বলা হয় **সুপার কয়েলিং**। সুপার কয়েলিং প্রক্রিয়ায় ক্রোমোসোম খাটো ও মোটা হয়। এ পর্যায়ে কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা, আকার ও আকৃতি নির্ণয় করা যায়। নিউক্লিয়ার এনভেলপ ও নিউক্লিওলাস সম্পূর্ণ বিলুপ্ত থাকে। মেটাফেজ পর্যায়ের শেষ ভাগে প্রতিটি সেন্ট্রোমিয়ার সম্পূর্ণ বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য সেন্ট্রোমিয়ার সৃষ্টি করে।

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



চিত্র ২.৫ : মাইটোসিস-এর অ্যানাফেজ ও টেলোফেজ পর্যায়।

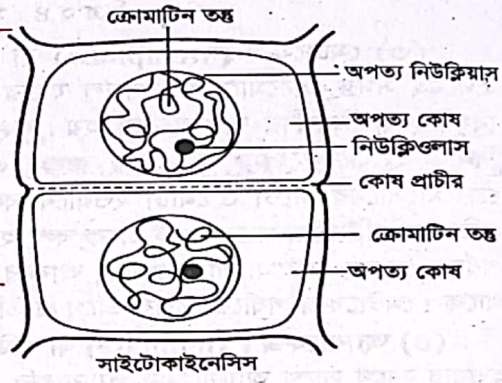
(৫) টেলোফেজ (Telophase) বা অন্তপর্যায় (গ্রিক শব্দ *telo* = শেষ + phase = পর্যায় বা দশা) : কোষ বিভাজনের এ পর্যায়ে অপত্য ক্রোমোসোমসমূহ দুই বিপরীত মেরুতে স্থির অবস্থান নেয় এবং ক্রোমোসোমগুলোতে আবার জলযোজন

(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 এনভেলপ এবং স্যাট ক্রোমোসোমের গৌণ কুঞ্চনে নিউক্লিওলাসের পুনঃআবির্ভাব ঘটে। ফলে দু'মেরুতে দুটি অপত্য 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 দু'ভাগে বিভক্ত হওয়াই **সাইটোকাইনেসিস**। উদ্ভিদকোষে সাইটোকাইনেসিস ঘটে কোষপ্লেট ও কোষ প্রাচীর সৃষ্টির মাধ্যমে। উদ্ভিদকোষে স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চল ক্রমশ প্রশস্ত হয়ে কোষ প্রাচীরকে স্পর্শ করে। সূত্রগুলো অদৃশ্য হয়ে যায়। এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলাম থেকে আসা ফ্র্যাগমোপ্লাস্ট এবং ক্ষুদ্র ভেসিকল মিলিত হয়ে কোষপ্লেট তৈরি করে। বিষুবীয় অঞ্চলেই লাইসোসোমের ন্যায় ফ্র্যাগমোসোম জমা হয় এবং পরে এরা মিলিত হয়ে **প্লাজমালেমা** (plasmalema) নামক ঝিল্লির সৃষ্টি করে। এরা কোষপ্লেট সৃষ্টিতে সাহায্য করে। কোষপ্লেটের ওপর সেলুলোজ, হেমিসেলুলোজ, পেকটিন ও অন্যান্য দ্রব্য জমা হয়ে কোষ প্রাচীর গঠন করে। কোষ প্রাচীর গঠনের ফলে মাতৃকোষটি পরবর্তীতে দু'ভাগে ভাগ হয়ে দুটি অপত্য কোষের জন্ম হয়।



চিত্র ২.৬ : সাইটোকাইনেসিস প্রক্রিয়া।

[প্রাণীর ক্ষেত্রে স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চল বরাবর কোষঝিল্লিটি গর্তের ন্যায় ভেতরের দিকে ঢুকে যায় এবং এ গর্ত সব দিক হতে ক্রমান্বয়ে গভীরতর হয়ে মাঝখানে একত্রে মিলিত হয়, ফলে কোষটি দু'ভাগে ভাগ হয়ে পড়ে। প্রোটিন actin এবং myosin কোষঝিল্লির 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 উদ্ভিদকোষকে **সিনোসাইটিক** (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 প্রক্রিয়াটি 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 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।

CamScanner

মাইটোসিসের গুরুত্ব বা তাৎপর্য বা প্রয়োজনীয়তা (Significance of Mitosis) (headlines important)

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 জীবদেহ 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 এ প্রক্রিয়া আবশ্যক।

৪। নির্দিষ্ট আকার-আয়তন রক্ষা : এ বিভাজন প্রক্রিয়ার ফলে কোষের স্বাভাবিক আকার, আকৃতি, আয়তন ইত্যাদি গুণাগুণবজায় থাকে।

৫। নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমের ভারসাম্য রক্ষা : সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত বিভিন্ন ক্ষুদ্রাঙ্গ (অঙ্গাণু) 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 রক্ষিত হয়।

৬। ক্রোমোসোমের সংখ্যার সমতা রক্ষা : মাইটোসিস কোষ বিভাজনের কারণে দেহের সব দেহকোষে সমসংখ্যক ও সমগুণ সম্পন্ন ক্রোমোসোম থাকে।

৭। ক্ষতস্থান পূরণ : বহুকোষী জীবদেহে সৃষ্ট যেকোনো ক্ষতস্থান মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজনের মাধ্যমে পূরণ হয়।

৮। ক্রমাগত ক্ষয়পূরণ : জীবকোষে কিছু কিছু কোষ আছে যাদের আয়ুষ্কাল নির্দিষ্ট। এসব কোষ বিনষ্ট হলে মাইটোসিস প্রক্রিয়ার মাধ্যমে এদের পূরণ ঘটে।

৯। পুনরুৎপাদন : কিছু কিছু অতিপ্রয়োজনীয় কোষের জীবনকাল অতি সীমিত (যেমন- মানুষের লোহিত রক্তকোষ, কর্নিয়ার বাইরের কোষ)। এগুলো ক্রমাগত ক্ষয়প্রাপ্ত 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 কুফল : অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস-এর ফলে টিউমার, ক্যান্সার সৃষ্টি ইত্যাদি হয়।

অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস

কোষের অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক বিভিন্ন ফ্যাক্টর দ্বারা মাইটোসিস নিয়ন্ত্রিত হয়। কোনো কারণে এ নিয়ন্ত্রণ অকার্যকর হলে অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস ঘটে থাকে, ফলে **টিউমার ও ক্যান্সার** সৃষ্টি হয়। ক্যান্সার অর্থ হলো 'crab' অর্থাৎ কাঁকড়া। ক্যান্সার কোষ আশপাশে ছড়িয়ে গেলে কাঁকড়ার সাঁড়াসি পায়ের মতোই দেখায়। ক্যান্সার কোষে সাইক্লিন-CDK এর নিয়ন্ত্রণ বিনষ্ট হয়ে যায়। P^{53} নামক প্রোটিন সাধারণত কোষকে বিভাজন হতে বিরত রাখায় ভূমিকা রাখে। এটি defective হলে (মানুষের প্রায় অর্ধেক সংখ্যক কোষেই defective P^{53} আছে) কোষ চক্র নিয়ন্ত্রণ হারিয়ে ফেলে। এর ফলে ক্যান্সার সৃষ্টি হয়। মানুষের অধিক হারে ক্যান্সার সৃষ্টি হওয়ার সম্ভবত এটি একটি কারণ। কোষ বিভাজনের জন্য কিছু গ্রোথ ফ্যাক্টর কাজ করে। ক্যান্সার 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. যেসব রাসায়নিক পদার্থ ক্যান্সার সৃষ্টিতে উৎসাহিত করে তা হলো Mutagens। মিউটাজিনিক পদার্থই Carcinogenic (ক্যান্সার সৃষ্টিকারক) হয়। দেহের বিভিন্ন অংশে টিউমার ছড়িয়ে পড়া হলো Metastasis। বিভিন্ন প্রকার প্যাপিলোমা ভাইরাস ক্যান্সার তৈরি করে। এ ভাইরাসের B_6 ও B_7 জিন দুটি ক্যান্সার তৈরি করে।

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.**

CamScanner

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

ii. Apoptosis : এটি হলো কোষের জেনেটিক্যালি নিয়ন্ত্রিত মৃত্যু। কোনো কোষ জীবদেহ বা অঙ্গের জন্য এখন প্রয়োজন নেই তাই এদের ধ্বংস হতে হয়। যেমন মানুষের ভ্রূণাবস্থায় পাতলা টিস্যু দিয়ে হাতের সকল আঙ্গুল লাগানো থাকে। পরে মাঝখানের টিস্যু ধ্বংসের মাধ্যমে বিলুপ্ত হয়ে পাঁচটি আঙ্গুল পৃথক হয়। একটি কোষ যত বেশি দিন বাঁচবে ততই তা ক্ষতিগ্রস্ত (damage) হওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয় যা থেকে সহজেই ক্যান্সার হতে পারে। তাই এদের ধ্বংস বা মৃত্যু হওয়া দরকার। এটি সাধারণত আমাদের রক্ত এবং অন্ত্রের 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 অন্ত্রের 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 কী 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	ঈস্ট, ব্যাকটেরিয়া, প্রোটোজোয়া প্রভৃতি এককোষী জীবদেহে অ্যামাইটোসিস দেখা যায়।	উন্নত উদ্ভিদ ও প্রাণিকোষে মাইটোসিস দেখা যায়।

৩। মায়োসিস বা হ্রাসমূলক কোষ বিভাজন
(Meiosis or Reductional Cell Division)

মায়োসিস কোষ বিভাজন ডিপ্লয়েড জীবের জনন মাতৃকোষে (অথবা হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদে জাইগোটে) ঘটে থাকে। এ বিভাজন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস একটি জটিল পরিবর্তনের মাধ্যমে দু'বার বিভক্ত হয় এবং বিভক্তির ফলে সৃষ্ট 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 হয়। যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস পর পর দু'বার এবং ক্রোমোসোম মাত্র একবার বিভাজিত হয়ে মাতৃকোষের ক্রোমোসোমের অর্ধেক সংখ্যক ক্রোমোসোমযুক্ত চারটি অপত্য কোষ সৃষ্টি করে তাকে মায়োসিস কোষ বিভাজন বলে। গ্রিক *Meious* (to lessen-হ্রাস করা) হতে Meiosis শব্দের উদ্ভব ঘটে।

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

CamScanner

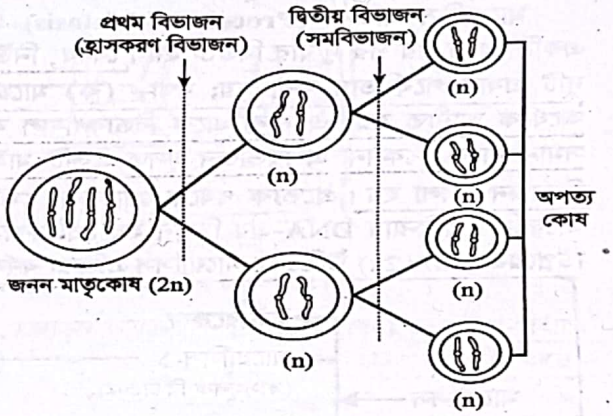
আবিষ্কার ও নামকরণ : **বেনেডিন** (E. V. Beneden) এবং **হাউসার** (Houser) *Ascaris* কৃমির গ্যামিটে হ্যাপ্লয়েড সংখ্যক ক্রোমোসোম আবিষ্কার করেন ১৮৮৩ সালে। **স্ট্রাসবুর্গার** (Strasburger) ১৮৮৮ সালে পুষ্পক উদ্ভিদের জনন মাতৃকোষের ক্রোমোসোমে হ্রাসমূলক বিভাজন লক্ষ্য করেন। ১৯০৫ সালে **ফার্মার** (J. B. Farmer) ও **মুর** (J. E. Moore) সর্বপ্রথম হ্রাসমূলক বিভাজনকে Miosis (মিয়োসিস বা মিওসিস) বলেন। **Boveri** (বোভেরী) সর্বপ্রথম গোলকৃমির (Round worm) জননাঙ্গে মায়োসিস কোষ বিভাজন প্রত্যক্ষ করেন। পরবর্তীতে গ্রিক মূল শব্দের (meioum= to lessen) ওপর ভিত্তি করে এর বানান করা হয় Meiosis অর্থাৎ **মায়োসিস**। **এখন এটি মায়োসিস হিসেবেই উচ্চারিত হয়।**

কোথায় হয় ? **মায়োসিস সর্বদা জনন মাতৃকোষে (meiocyte) সম্পন্ন হয়।** কখনো দৈহিক কোষে হয় না এবং সর্বদাই 2n সংখ্যক ক্রোমোসোমবিশিষ্ট কোষে হয়। **নিম্নশ্রেণির হ্যাপ্লয়েড জীবে মায়োসিস হয় নিষেকের পর জাইগোটে (2n), আর উচ্চশ্রেণির 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 ডিম্বাণু— মাতৃকোষ থেকে ডিম্বাণু উৎপন্ন হয়। এ ধরনের মায়োসিসকে **টার্মিনাল** (terminal) মায়োসিস বলে।

২। সপুষ্পক উদ্ভিদের ক্ষেত্রে মায়োসিস পরাগধানীর মধ্যে মাইক্রোস্পোর (microspore) বা পুংরেণু গঠনের সময় এবং ডিম্বাশয়ের 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 সৃষ্ট জাইগোট গঠনের পরে ঘটে। এ প্রকার মায়োসিসকে **জাইগোটিক** (zygotic) মায়োসিস বলে।



চিত্র ২.৭ : মায়োসিসের প্রথম বিভাজনে ক্রোমোসোম সংখ্যা হ্রাস ও দ্বিতীয় সমবিভাজনে চারটি অপত্য কোষ সৃষ্টির চিত্ররূপ

জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষায় মায়োসিসের অবদান

উচ্চশ্রেণির 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 জননকোষ (পুং জননকোষ এবং স্ত্রী জননকোষ) একসাথে মিলিত হয়ে **জাইগোট** সৃষ্টি করে। জাইগোট পরে বার বার মাইটোটিক বিভাজনের মাধ্যমে একটি ভ্রূণ এবং ভ্রূণের কোষগুলো আরও বিভাজিত হয়ে একটি পূর্ণাঙ্গ জীবের সৃষ্টি করে। কাজেই জননকোষগুলোতে ক্রোমোসোম সংখ্যা হ্রাস পেয়ে জনন মাতৃকোষের অর্ধেক না হলে তাদের যৌন মিলনের ফলে সৃষ্ট জীবে ক্রোমোসোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে যাবে। হ্যাপ্লয়েড জীবে (যেমন—শৈবাল) দুটি গ্যামিটের যৌন মিলনের ফলে সৃষ্ট জাইগোটেও ক্রোমোসোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়। যেহেতু ক্রোমোসোমই জীবের লক্ষণ নিয়ন্ত্রণকারী জিন (gene) বহন করে, সেহেতু ক্রোমোসোম সংখ্যা দ্বিগুণ হয়ে গেলে সন্তান-সন্ততি আর তার পিতা-মাতার গুণসম্পন্ন হবে না এবং প্রত্যেকটি প্রজাতিতে একটি আমূল 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 বংশপরম্পরায় টিকে থাকে এবং জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষা পায়।**

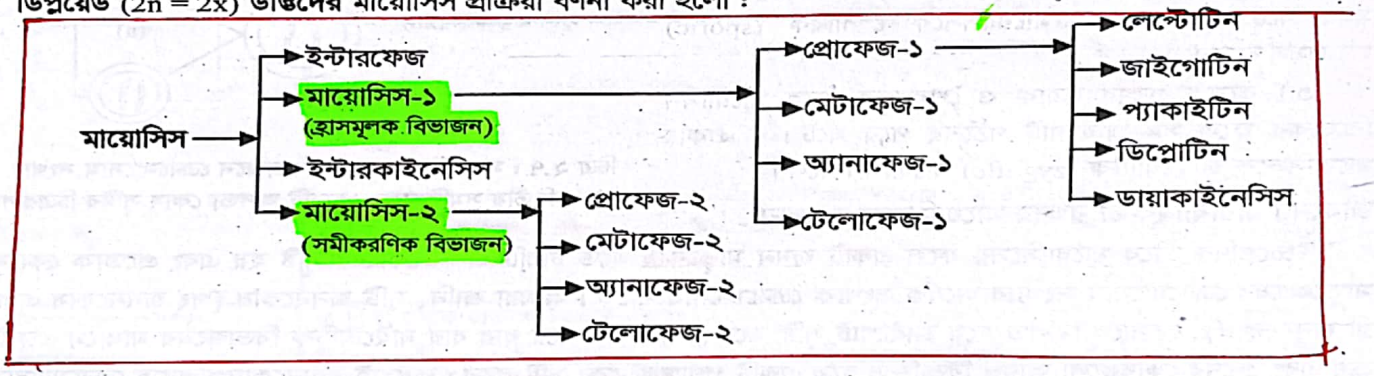
মায়োসিসের বৈশিষ্ট্য : মায়োসিসের বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপ :

১। ডিপ্লয়েড জীবে মায়োসিস সাধারণত জনন মাতৃকোষে হয়ে থাকে।

২। এ ধরনের কোষবিভাজনে নিউক্লিয়াস দু'বার বিভক্ত হয় কিন্তু ক্রোমোসোম মাত্র একবার বিভক্ত হয়। ফলে নতুন সৃষ্ট কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক সংখ্যক হয়।

৩। প্রোফেজ-১ দীর্ঘস্থায়ী বিধায় একে ৫টি উপ-পর্যায়ে বিভক্ত করা চলে।
৪। হোমোলোগাস ক্রোমোসোম জোড়া বেঁধে বাইভেলেন্ট সৃষ্টি করে।
৫। কায়াজমা সৃষ্টি ও ক্রসিংওভার হয় বলে হোমোলোগাস 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 সমগুণ সম্পন্ন হয় না।
৯। মায়োসিস শেষে সৃষ্ট 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 পর্বে ভাগ করা হয়; যথা– **(ক) মায়োসিস-১** এবং **(খ) মায়োসিস-২**। মায়োসিস-১-এ ক্রোমোসোম সংখ্যা অর্ধেকে আনীত হয়, এ জন্য একে **রিডাকশনাল বা হ্রাসমূলক** 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 দ্বিত্বন হয় প্রোফেজ-১ এর পূর্বে। পলিপ্লয়েড উদ্ভিদে মায়োসিস অত্যন্ত জটিল বলে এখানে **ডিপ্লয়েড** ($2n = 2x$) **উদ্ভিদের** মায়োসিস প্রক্রিয়া বর্ণনা করা হলো :



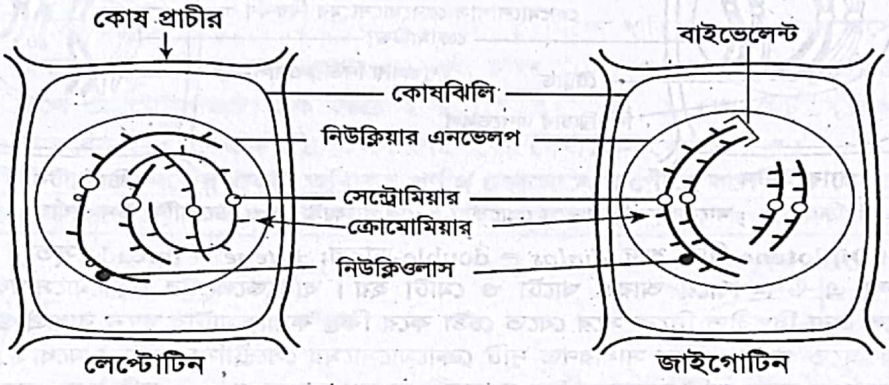
(ক) মায়োসিস-১ (Meiosis-1) বা প্রথম মায়োটিক বিভাজন (First Meiotic Division)

মায়োসিস কোষ বিভাজনে মায়োসিস-১-ই সবচেয়ে তাৎপর্যপূর্ণ। কারণ এ পর্যায়েই ক্রোমোসোম সংখ্যা অর্ধেকে হ্রাস পায় এবং সমসংস্থ ক্রোমোসোমের মধ্যে অংশের পারস্পরিক বিনিময় (ক্রসিংওভার) ঘটে। মায়োসিস-১-কে 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 লেপ্টোটিন, জাইগোটিন, প্যাকাইটিন, ডিপ্লোটিন এবং ডায়াকাইনেসিস–এই পাঁচটি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়েছে। প্রোফেজ-১ এর উপ-পর্যায়গুলো নিম্নরূপ :

(ক) লেপ্টোটিন (Leptotene-গ্রিক শব্দ *leptos* = fine, thin- চিকন, পাতলা; + *tene* = thread- সুতা বা তন্তু) : নিউক্লিয়াসের জলবিয়োজনের মাধ্যমেই শুরু হয় লেপ্টোটিন উপ-পর্যায়। ক্রমাগত জলবিয়োজনের ফলে চিকন সুতার ন্যায় ক্রোমোসোমগুলোও ক্রমান্বয়ে সংকুচিত ও পুরু হতে থাকে এবং অধিকতর রঞ্জক ধারণ ক্ষমতাপ্রাপ্ত হয়। ফলে

ক্রোমোসোমগুলো আলোক অণুবীক্ষণে দৃষ্টিগোচর হয় এবং ক্রোমোসোমে বহু ক্রোমোমিয়ার (স্থানীয়ভাবে DNA কয়েলিং এর জন্য মোটা ব্যান্ড হিসেবে লক্ষ্যণীয়) দেখা যায়। ক্রোমোসোমগুলো অবিভক্ত ও দীর্ঘ থাকে। জলবিয়োজন ও ক্রোমোসোম সংকোচন চলতে থাকে। [প্রাণিকোষে এ উপ-পর্যায়ে সেন্ট্রোমিয়ারগুলো সাধারণত নিউক্লিয়ার এনভেলপের সন্নিকটে এক স্থানে এসে জড়ো হওয়ায় ক্রোমোসোমগুলোকে একত্রে একটি ফুলের তোড়ার মতো দেখায়। তাই অনেক সময় একে বুকে (bouquet) বলা হয় (বিজ্ঞানী ডার্লিংটন)। প্রাণিকোষে ক্রোমোসোমের পোলারাইজড বিন্যাস ঘটে।]



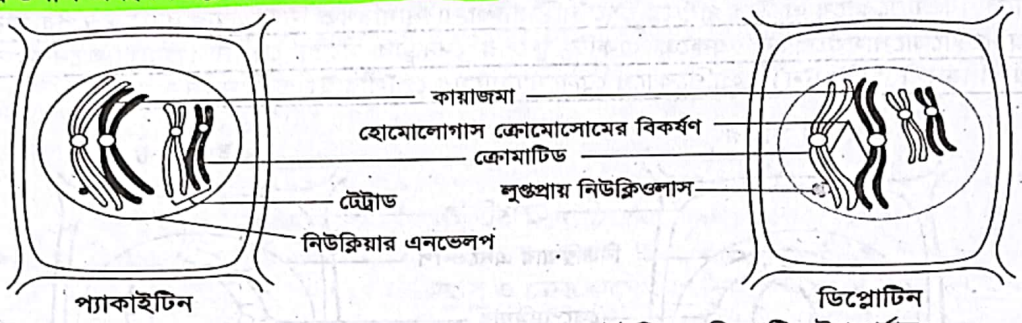
চিত্র ২.৮ : মায়োসিস বিভাজনে প্রোফেজ-১ এর লেপ্টোটিন ও জাইগোটিন উপ-পর্যায়।

(খ) জাইগোটিন (**Zygotene**-গ্রিক শব্দ *zygos* = yoke-জোয়াল, জোড়া; + *tene* = thread- সুতা) : এ উপ-পর্যায়ে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম* (একটি 'মাতা' হতে আগত এবং অন্যটি 'পিতা' হতে আগত) একটি জোড়ার সৃষ্টি করে। হোমোলোগাস ক্রোমোসোমদ্বয়ের মধ্যে পরস্পর আকর্ষণই এ জোড়া সৃষ্টির কারণ। জোড়া সৃষ্টি কার্য ক্রোমোসোমদ্বয়ের একপ্রান্ত হতে আরম্ভ হয়ে অন্যপ্রান্তে শেষ হতে পারে, অথবা সেন্ট্রোমিয়ারদ্বয়ের মধ্যে আরম্ভ হয়ে দু'দিকে ক্রমান্বয়ে বিস্তার লাভ করতে পারে, অথবা স্থানে স্থানে আরম্ভ হতে পারে। **দুটি হোমোলোগাস (সমসংস্থ) ক্রোমোসোমের মধ্যে জোড় সৃষ্টি হওয়াকে সিন্যাপসিস (synapsis) বলে।** প্রতিটি জোড়বাঁধা ক্রোমোসোম জোড়াকে (যুগলকে) **বাইভেলেন্ট** (bivalent) বলে। কোষে যতগুলো ক্রোমোসোম থাকবে তার অর্ধেক সংখ্যক বাইভেলেন্ট সৃষ্টি হবে। নিউক্লিওলাস এবং নিউক্লিয়ার এনভেলপ তখনো দেখা যায়। প্রাণিকোষের ক্ষেত্রে সেন্ট্রিওলে বিভক্তির সূচনা ঘটে।

(গ) প্যাকাইটিন (**Pachytene**-গ্রিক শব্দ *pachys* = thick-মোটা, পুরু ; + *tene* = thread-সুতা) : 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 করে 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 যেকোনো দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড সম্ভবত একই স্থানে ভেঙে গিয়ে পুনরায় একটির সাথে অন্যটির জোড়া লাগে। ফলে ঐ জোড়ার স্থানে একটি ইংরেজি 'X' আকৃতির বা ক্রস চিহ্নের মতো অবস্থা সৃষ্টি হয়। **দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের 'X' আকৃতির বা ক্রস চিহ্নের মতো জোড়াস্থলকে একবচনে কায়াজমা** (Gk. *Chiasma* = cross) এবং **বহুবচনে কায়াজমাটা বলে।** নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে পরস্পর অংশের বিনিময়কে **ক্রসিং ওভার বা ক্রস ওভার বলে।** কোনো কোনো বাইভেলেন্টে (বিশেষ করে যদি খাটো হয়) কায়াজমা একবারেই উৎপন্ন না হতে পারে; আবার কোনো কোনো বাইভেলেন্টে (বিশেষ করে যদি দীর্ঘ

*ডিপ্লয়েড জীবে আকার, আকৃতি, ক্রোমোমিয়ারের অবস্থান ও সংখ্যা প্রভৃতি দিক হতে দুটি ক্রোমোসোম একই রকম থাকে। এদের একটিকে অপরটির হোমোলোগ (সমসংস্থ) বলা হয় এবং একত্রে দু'টিকে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম বলা হয়। দুটি হোমোলোগের যেকোনো নির্দিষ্ট অবস্থানে অবস্থিত জিন দুটি (এলিল) একই চারিত্রিক বৈশিষ্ট্য নির্ণয় করে। সমরূপ ক্রোমোমিয়ারের মধ্যে আকর্ষণ ঘটে।

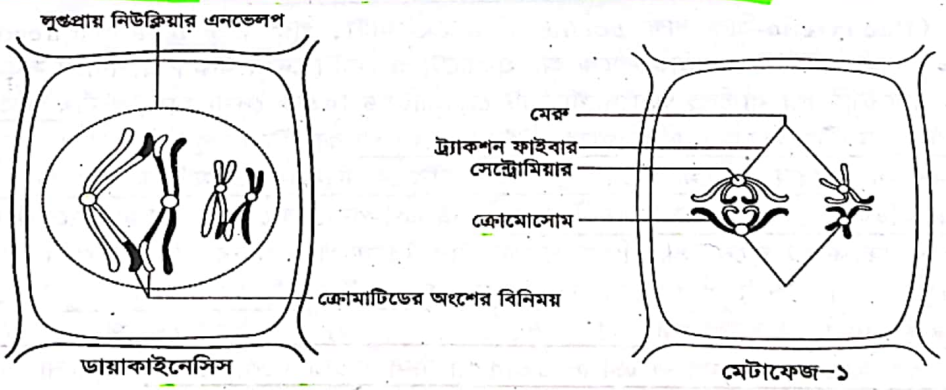
হয়) একাধিকও হতে পারে। কায়াজমাটা সৃষ্টির ফলে যে ক্রসিংওভার হয় তাতে ক্রোমোসোমে গুণগত পরিবর্তন সাধিত হয়। এ পর্যায়েও নিউক্লিওলাস এবং নিউক্লিয়ার এনভেলপ দেখা যায়।



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

(ঘ) ডিপ্লোটিন (Diplotene-গ্রিক শব্দ *diplos* = double-ডাবল; + *tene* = thread- সুতা) : ক্রমাগত সংকোচনের ফলে ক্রোমোসোমগুলো এ উপ-পর্যায়ে আরও খাটো ও মোটা হয়। বাইভেলেন্টের ক্রোমোসোমদ্বয়ের মধ্যে পারস্পরিক বিকর্ষণ শুরু হয়। ফলে এরা বিপরীত দিকে সরে যেতে চেষ্টা করে কিন্তু কায়াজমাটার স্থানে বাধাপ্রাপ্ত হয়। এ বিকর্ষণ একই সঙ্গে কয়েক স্থানে শুরু হতে পারে। তবে সাধারণত দুটি ক্রোমোসোমের সেন্ট্রোমিয়ারদ্বয়ের মধ্যেই প্রথম এবং ব্যাপকভাবে বিকর্ষণ শুরু হয়। বিকর্ষণের ফলে দুটি কায়াজমাটার মধ্যবর্তী অংশে **লুপের** (loop) সৃষ্টি হয়। কায়াজমাটাগুলো স্পষ্ট হয় এবং ক্রমান্বয়ে প্রান্তের দিকে সরে যেতে থাকে। কায়াজমার প্রান্তের দিকে সরে যাওয়াকে **প্রান্তীয়করণ** (terminalization) বলে। দুই বা ততোধিক বাহু পরস্পর আবর্তনের (rotatory movement) ফলে পাশাপাশি লুপ ৯০° কোণ করে অবস্থান করে। একটি মাত্র কায়াজমা থাকলে এটি ১৮০° হতে পারে।

(ঙ) ডায়াকাইনেসিস (Diakinesis-গ্রিক *Dia* = across- অপর পাশে, বিপরীত দিকে; *kinesis*- সমাবেশ, চলন) : এ উপ-পর্যায়ে ক্রোমোসোমগুলো আরও খর্বাকৃতি 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 নিউক্লিওলাস অদৃশ্য হয়ে যায় এবং নিউক্লিয়ার এনভেলপ-এর অবলুপ্তি ঘটে এবং প্রাণিকোষে সেন্ট্রিওল মেরুতে পৌঁছে যায়।



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

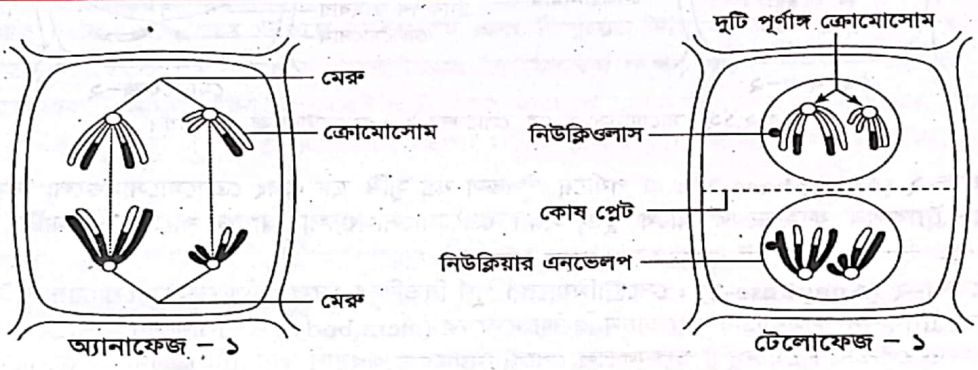
কাজ : শিক্ষার্থীদেরকে পাঁচটি দলে ভাগ করে দিতে হবে। প্রত্যেক দলকে প্রোফেজ-১ এর পাঁচটি উপ-পর্যায়ের যেকোনো একটি নির্দিষ্ট করে দিতে হবে। পরদিন ক্লাসে প্রত্যেক দল তাদের জন্য নির্দিষ্ট উপ-পর্যায় উপস্থাপন করবে। পোস্টার পেপারে একটি চার্টও করা যেতে পারে।

CamScanner

(২) মেটাফেজ-১ (Metaphase-1) : বাইভেলেন্টের প্রতিটি সেন্ট্রোমিয়ার স্ব-স্ব মেরুর দিকে এবং বিষুবীয় রেখা হতে সমদূরে 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। বাইভেলেন্টের ক্রোমোসোমদ্বয় ট্র্যাকশন ফাইবারের টানে পৃথক হতে থাকলে এ পর্যায়ের সমাপ্তি ঘটে।

(৩) অ্যানাফেজ-১ (Anaphase-1) : এ পর্যায়ে এসে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম পৃথক হয়ে যায় এবং বাইভেলেন্টের দুটি ক্রোমোসোম (দুটি ক্রোমাটিড নয়) বিপরীতমুখী দুটি মেরুর দিকে ধাবিত হয়। ক্রোমোসোম সূত্রের সংকোচন, কাণ্ডদেহের প্রসারণ ও অন্যান্য কারণে ক্রোমোসোমের মেরুমুখী চলন ঘটে। এরূপ চলনকালে সেন্ট্রোমিয়ার অগ্রগামী এবং বাহুদ্বয় 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 বাইভেলেন্টের একটি অবিভক্ত পূর্ণাঙ্গ ক্রোমোসোম পৌঁছে বলে প্রতি মেরুতে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের 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 এনভেলপ এবং অভ্যন্তরে নিউক্লিওলাসের আবির্ভাব ঘটে। নিউক্লিয়াসে জলযোজন ঘটে, ফলে ক্রোমোসোমগুলো ক্রমান্বয়ে সরু হতে থাকে। কাজেই রঞ্জন ধারণক্ষমতা হ্রাস পায় বলে ক্রমান্বয়ে দৃষ্টির আড়ালে চলে যায়। প্রজাতির বিভিন্নতা অনুসারে টেলোফেজ-১ পর্যায়ে সাইটোকাইনেসিস ঘটতে পারে অর্থাৎ কোষের বিষুবীয় অঞ্চলে কোষপ্লেট সৃষ্টির মাধ্যমে কোষস্থ সাইটোপ্লাজম সমান দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য কোষে পরিণত হতে পারে। **অথবা,** কোষপ্লেট সৃষ্টি না হয়েই মায়োসিস-২ এর প্রোফেজ পর্যায় শুরু হয়ে যেতে পারে। এখানে উল্লেখ্য যে, মায়োসিসের টেলোফেজ-১ শেষে যে দুটি অপত্যকোষ 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 অন্তর্বর্তীকালীন বা মধ্যবর্তী সময়কে ইন্টারকাইনেসিস বলে। এ সময়ে প্রয়োজনীয় RNA, প্রোটিন ইত্যাদি সংশ্লেষিত হয়। DNA-র প্রতিরূপ সৃষ্টি হয় না।

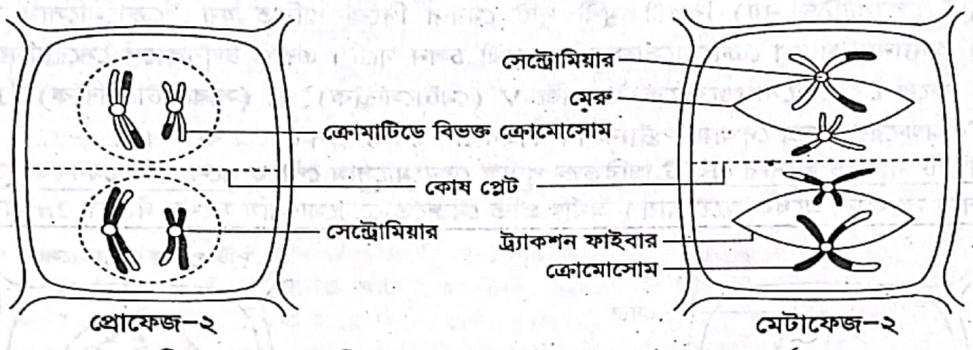
(খ) মায়োসিস-২ (Meiosis-2) বা দ্বিতীয় মায়োসিস বিভাজন

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

CamScanner

আগেই সম্পন্ন হয়ে যায়। মায়োসিস-২-কে প্রোফেজ-২, মেটাফেজ-২, অ্যানাফেজ-২ এবং টেলোফেজ-২ এ চারটি পর্যায়ে ভাগ করা হয়।

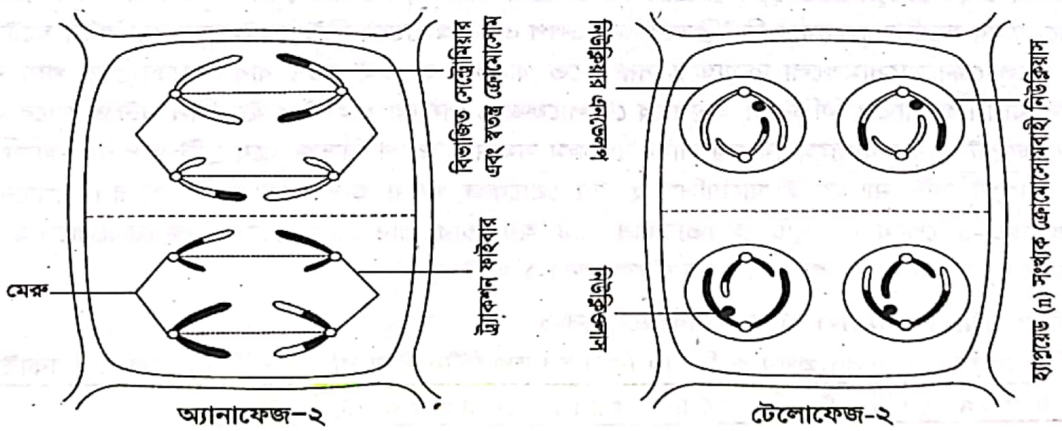
(১) প্রোফেজ-২ (Prophase-2) : জলবিয়োজনের ফলে ক্রোমোসোমগুলো পুনরায় সংকুচিত হয়। ফলে খাটো ও মোটা হয়, রঞ্জক ধারণের ক্ষমতা প্রাপ্ত হয় এবং দৃষ্টিগোচর হয়। প্রথম হতেই ক্রোমোসোমগুলোকে ক্রোমাটিডে বিভক্ত দেখা যায়। এ পর্যায়ের শেষ দিকে নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ার এনভেলপ-এর বিলুপ্তি ঘটে বা অদৃশ্য হয়ে যায়।



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

(২) মেটাফেজ-২ (Metaphase-2) : এ পর্যায়ে স্পিন্ডল যন্ত্র সৃষ্টি হয় এবং ক্রোমোসোমগুলো বিষুবীয় অঞ্চলে এসে অবস্থান করে এবং ট্র্যাকশন ফাইবারের সাথে যুক্ত হয়। ক্রোমোসোমগুলো 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 কাণ্ডদেহের (stem body) সম্প্রসারণের মাধ্যমে ক্রোমাটিডগুলো ধীরে ধীরে বিপরীত মেরুতে পৌঁছায়। 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।

(৪) টেলোফেজ-২ (Telophase-2) : টেলোফেজ-২ হলো মায়োসিস-২ প্রক্রিয়ার শেষ পর্যায়। মেরুতে ক্রোমাটিড তথা ক্রোমোসোমগুলো স্থির হয় এবং এদের চারদিকে নিউক্লিয়ার এনভেলপের আবির্ভাব ঘটে এবং স্যাট ক্রোমোসোমে

CamScanner

নিউক্লিওলাস সৃষ্টি হয়; ফলে দুটি পৃথক নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়। নিউক্লিয়াসে জলযোজন ঘটে, ক্রোমোসোমগুলো সম্প্রসারিত ও সরু হয় এবং রঞ্জক ধারণ ক্ষমতার বিলুপ্তি ঘটে, ফলে আর দেখা যায় না।

সাইটোকাইনেসিস-২ : দুটি নিউক্লিয়াসের মাঝখানে কোষঝিল্লি এবং উদ্ভিদকোষে কোষঝিল্লি ছাড়াও কোষপ্রাচীর গঠন হয় এবং সাইটোপ্লাজম বিভক্ত হয় অর্থাৎ প্রত্যেকটি নিউক্লিয়াস তার চারপাশে সাইটোপ্লাজম, কোষঝিল্লি ও কোষপ্রাচীর সহযোগে একটি স্বতন্ত্র কোষে পরিণত হয়। **মায়োসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজন শেষে একটি মাতৃকোষ হতে চারটি কোষের সৃষ্টি হয় এবং প্রতি কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয়।** সৃষ্ট চারটি কোষ সমগুণ সম্পন্ন হয় না।

মায়োসিসের গুরুত্ব (বা তাৎপর্য বা প্রয়োজনীয়তা) Headlines important

জীবজগতে মায়োসিসের গুরুত্ব অপরিসীম। কারণ, অধিকাংশ জীবের যৌন জনন প্রক্রিয়া এ পদ্ধতি অনুসরণ করে। এর ফলে ভ্রূণ সৃষ্টির মাধ্যমে নতুন জীব জন্মলাভ করে। তবে নিম্নশ্রেণির উদ্ভিদে স্পোর সৃষ্টির মাধ্যমে নতুন উদ্ভিদের সৃষ্টি হয়। মায়োসিসের গুরুত্ব নিচে উল্লেখ করা হলো।

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

২। ক্রোমোসোম সংখ্যা ধ্রুব রাখা : প্রজাতিতে বংশানুক্রমে ক্রোমোসোম সংখ্যা ধ্রুব (constant) রাখা কেবলমাত্র এ প্রক্রিয়ার জন্যই সম্ভব হচ্ছে। হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদে জাইগোটে এবং ডিপ্লয়েড উদ্ভিদে 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 কবেই ঘটে যেতো এবং পরিণামে জীবজগৎ ধ্বংস হয়ে যেতো।

৩। প্রজাতির স্বকীয়তা ঠিক রাখা : ক্রোমোসোম সংখ্যা সঠিক রাখার মাধ্যমে বংশানুক্রমে প্রতিটি প্রজাতির স্বকীয়তা রক্ষিত হচ্ছে। 100%

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

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

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

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

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

ক্রসিংওভার (Crossing over)

মায়োসিস-১ এর প্যাকাইটিন উপ-পর্যায়ে এক জোড়া সমসংস্থ ক্রোমোসোমের দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড-এর মধ্যে অংশের বিনিময় হওয়াকে ক্রসিংওভার বলে। ক্রসিংওভারের ফলে ক্রোমোসোমের জিনসমূহের মূল বিন্যাসের পরিবর্তন ঘটে এবং লিঙ্কড জিনসমূহের মধ্যে নতুন সমন্বয় (combination) তৈরি হয়। **থমাস হান্ট মর্গান** (Thomas Hunt Morgan, 1866–1945) ১৯০৯ সালে ভুট্টা উদ্ভিদে প্রথম ক্রসিংওভার সম্পর্কে ধারণা দেন। ১৯৩৩ খ্রিষ্টাব্দে তিনি নোবেল পুরস্কার পান।

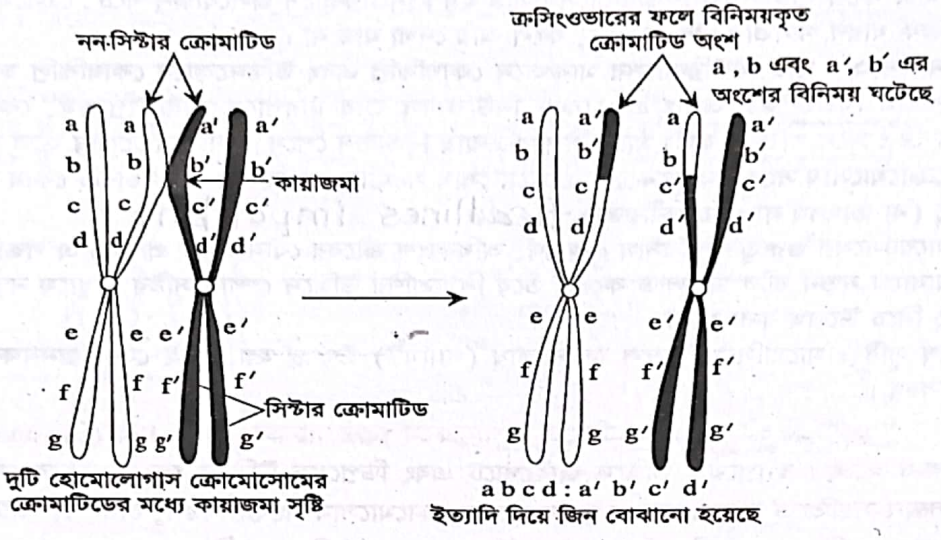
ক্রসিংওভারের কৌশল বা প্রক্রিয়া

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

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

(iii) শেষ পর্যায়ে প্রান্তীয়করণের মাধ্যমে ক্রোমাটিডের বিনিময় শেষ হয়। ক্রসিংওভারের 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।

CamScanner



চিত্র ২.১৪ : এক জোড়া সমসংস্থ ক্রোমোসোমের দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে ক্রসিংওভার।

ক্রসিংওভারের গুরুত্ব বা তাৎপর্য : কিছু সংখ্যক নিম্নশ্রেণির জীব ছাড়া সব উদ্ভিদ ও প্রাণীর মধ্যে ক্রসিংওভার ব্যাপকভাবে পরিলক্ষিত হয়। ক্রসিংওভারের গুরুত্ব নিচে উল্লেখ করা হলো :

১। ক্রসিংওভারের ফলে দুটি ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে, ফলে জিনগত পরিবর্তন সাধিত হয়।

২। জিনগত পরিবর্তন সাধনের ফলে সৃষ্ট জীবে বৈশিষ্ট্যগত পরিবর্তন সাধিত হয়।

৩। বৈশিষ্ট্যগত পরিবর্তনের মাধ্যমে সৃষ্টিকুলে আসে বৈচিত্র্য, সৃষ্টি হয় নতুন পরিবেশে টিকে থাকার ক্ষমতা, আবার কখনো সৃষ্টি হয় নতুন প্রজাতি।

৪। ক্রসিংওভারের মাধ্যমে কাঙ্ক্ষিত উন্নত বৈশিষ্ট্যসম্পন্ন নতুন প্রকরণ সৃষ্টি করা যায়। এভাবেই ফসলি উদ্ভিদের ক্রমাগত উন্নতি সাধন করা হয়।

৫। কৃত্রিম উপায়ে ক্রসিংওভার ঘটিয়ে বংশগতিতে পরিবর্তন আনা সম্ভব। কাজেই প্রজননবিদ্যায় ক্রসিংওভারের যথেষ্ট ভূমিকা রয়েছে।

৬। গবেষণার ক্ষেত্রেও ক্রসিংওভারের গুরুত্ব রয়েছে। কারণ, ক্রোমোসোম দেহে জিনের রেখাকার বিন্যাস/অবস্থান প্রমাণে বা ক্রোমোসোম ম্যাপিং-এ ক্রসিংওভার বৈশিষ্ট্য ব্যবহৃত হয়।

৭। ক্রোমোসোমে জিনের অবস্থান নির্ণয়।

৮। জেনেটিক ম্যাপ তৈরি করা।

৯। ক্রোমোসোমে জিনের নতুন বিন্যাসের ফলে জেনেটিক ভ্যারিয়েশন সৃষ্টি হয়।

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। অপত্যকোষের সংখ্যা	মাতৃকোষটি বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্যকোষের সৃষ্টি হয়।	মাতৃকোষটি বিভাজিত হয়ে চারটি অপত্যকোষের সৃষ্টি হয়।
৩। অপত্যকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা	এ বিভাজনে উৎপন্ন অপত্যকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার সমান থাকে।	অপত্যকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয়।

পার্থক্যের বিষয়	মাইটোসিস	মায়োসিস
৪। ইন্টারফেজ পর্যায়	মাইটোসিসের পূর্বের ইন্টারফেজ পর্যায়টি দীর্ঘস্থায়ী।	মায়োসিসের পূর্বের ইন্টারফেজ পর্যায়টি ক্ষণস্থায়ী।
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। ক্রসিংওভার	ক্রসিংওভার ঘটে না। ফলে জিনের সজ্জাবিন্যাসের কোনো পরিবর্তন ঘটে না।	ক্রসিংওভার ঘটে। ফলে জিনের সজ্জাবিন্যাসেরও পরিবর্তন ঘটে।
৭। বিবর্তন ও জনুঃক্রম	বিবর্তন ও জনুঃক্রমের সাথে মাইটোসিসের কোনো সম্পর্ক নেই।	ক্রসিংওভারের ফলে জীবের মধ্যে নতুন বৈশিষ্ট্যের সৃষ্টি হয়, যা বিবর্তন ও জনুঃক্রমের 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 স্বল্পস্থায়ী।
১০। সেন্ট্রোমিয়ার	মেটাফেজে সেন্ট্রোমিয়ারসহ ক্রোমোসোম অনুদৈর্ঘ্যে বিভক্ত হয়।	মেটাফেজ-১ এ সেন্ট্রোমিয়ার অবিভক্ত থাকে।
১১। DNA রেপ্লিকেশন	DNA রেপ্লিকেশন ইন্টারফেজ দশায় সম্পন্ন হয়।	DNA রেপ্লিকেশন প্রোফেজ দশায় ঘটে।
১২। নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোসোম এর বিভাজন	নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোসোম একবার বিভক্ত হয়।	নিউক্লিয়াস দু'বার ও ক্রোমেসোম একবার বিভক্ত হয়।
১৩। সংঘটিত	হ্যাপ্লয়েড, ডিপ্লয়েড এবং পলিপ্লয়েড যেকোনো কোষেই হতে পারে।	কখনো হ্যাপ্লয়েড কোষে হয় না।
১৪। মেন্ডেলের সূত্র	ব্যাখ্যা করা যায় না।	ব্যাখ্যা করা যায়।

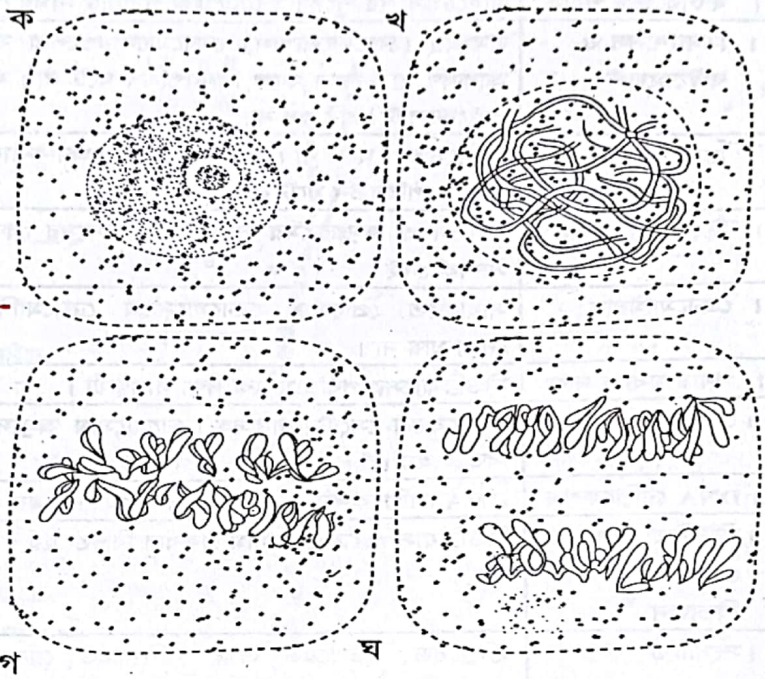
ক্রোমোসোম ও জিন-এর আচরণগত মিল

ক্রোমোসোম	জিন
১। ডিপ্লয়েড কোষে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম জোড়া হিসেবে অবস্থান করে।	১। ডিপ্লয়েড কোষে দুটি অ্যালিলিক জিন জোড়া হিসেবে অবস্থান করে।
২। গ্যামিট সৃষ্টিকালে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম জোড়া ভেঙ্গে পৃথক পৃথক গ্যামিটে যায়।	২। গ্যামিট সৃষ্টিকালে অ্যালিলিক জিন জোড়া ভেঙ্গে পৃথক গ্যামিটে যায়।
৩। গ্যামিট গঠনের সময় ক্রোমোসোমসমূহ স্বাধীনভাবে সঞ্চারিত হয়।	৩। গ্যামিট গঠনের সময় জিনসমূহ একে অপরের প্রভাবহীনভাবে স্বাধীনভাবে সঞ্চারিত 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।

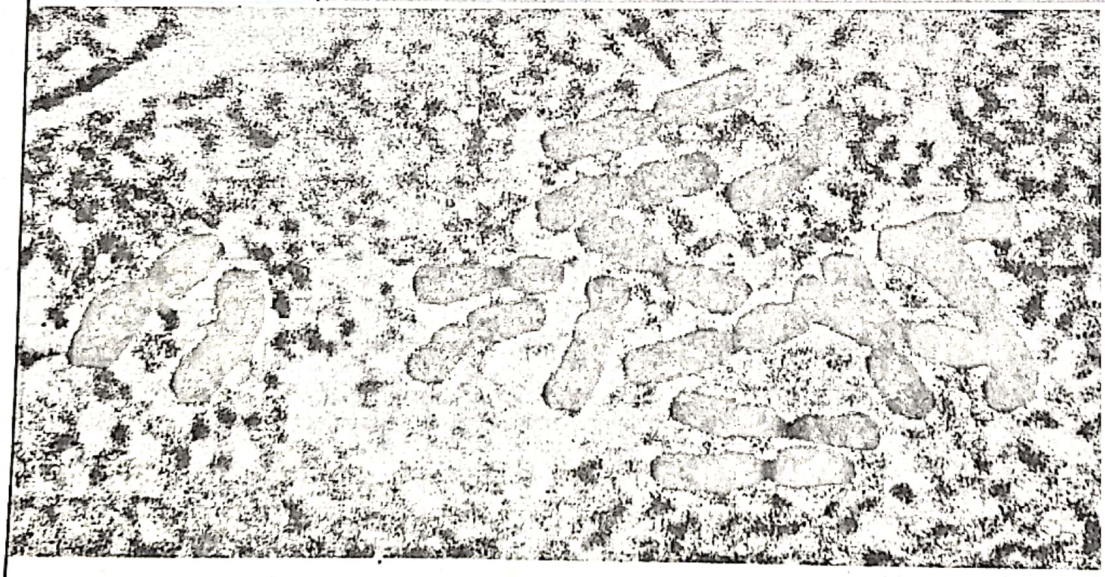
ব্যবহারিক : সম্ভব হলে পেঁয়াজ মূলের অগ্রভাগের স্লাইড করে অণুরীক্ষণযন্ত্রের উচ্চক্ষমতার অবজেক্টিভ-এ পর্যবেক্ষণ করতে হবে। স্লাইডে মাইটোসিস বিভাজনের বিভিন্ন ধাপ পর্যবেক্ষণ করে খাতায় সুন্দর করে আঁকতে হবে।
মাইটোসিস-এর বিভাজনের বিভিন্ন পর্যায়ের স্লাইড কিনতে পাওয়া যায়। বিভিন্ন পর্যায়ের সহজে দৃশ্যমান সুন্দর 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 এঁকে একটি চার্ট প্রস্তুত করতে হবে।

CamScanner

বিশেষ বক্তব্য : বালিতে একটি পেঁয়াজ স্থাপন করে ২/১ দিন পানি দিলে মূল গজাবে। একটি ওয়াচ গ্লাসে 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 স্লিপ উপরে দিয়ে আস্তে 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। (উদ্ভিদবিজ্ঞান বিভাগ, ঢা. বি. এর সাইটোলজি ও সাইটোজেনেটিক্স ল্যাবে (১৯৬৯) এ চিত্রটি করা হয়।)



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



শিক্ষার্থীগণ ১৬টি ক্রোমোসোম গুনে দেখবে। শিক্ষকের সহায়তায় সেন্ট্রোমিয়ার অনুযায়ী ১৬টি ক্রোমোসোমের আকৃতি আঁকতে পারবে।

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

CamScanner

সার-সংক্ষেপ

ক্রসিংওভার : ক্রসিংওভার 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 দু'টি ভিন্ন ক্রোমোসোমের ক্রোমাটিডকে বলা হয় নন-সিস্টার ক্রোমাটিড। ক্রসিংওভার হয় দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে। ক্রসিংওভারের মাধ্যমে দুটি ক্রোমোসোমের দুটি ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে। ক্রসিংওভারের 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 এরূপ জোড় হওয়াকে বলা হয় সিন্যাপসিস। হোমোলোগাস জোড়াকে বলা হয় বাইভেলেন্ট। সিন্যাপসিস ঘটাই মায়োসিসের উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য এবং এখান থেকেই হ্রাসমূলক 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 বড়ো অংশই সাইটোপ্লাজম, কাজেই কোষ বিভাজনের শেষ পর্যায়ে কোষের সাইটোপ্লাজমও বিভক্ত হয়ে পড়ে। একটি কোষের সাইটোপ্লাজম বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্যকোষে অবস্থান করাই সাইটোকাইনেসিস অথবা সাইটোপ্লাজমের বিভক্তিই সাইটোকাইনেসিস। সাইটোপ্লাজম ভাগ না হলে কেবল নিউক্লিয়াসের বিভক্তির মাধ্যমে কোষ বিভাজন সমাপ্ত হবে না এবং ফলপ্রসূ হবে না।

কোষচক্র : বিভাজনযোগ্য কোষ সবসময়ই বিভক্ত হতে থাকে। এ বিভক্তির কর্মকাণ্ডের বিভিন্ন পর্যায় চক্রাকারে 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—এ কাজগুলো চক্রাকারে চলতে থাকে। বিভাজন ছাড়া বাকি তিনটিকে বলা হয় প্রস্তুতি পর্যায়। কোষ বিভাজন পর্যায় এবং বিভাজনের প্রস্তুতি পর্যায় পর্যায়ক্রমে চক্রাকারে চলতে থাকে এবং এ চক্রকেই বলা হয় কোষচক্র।

এই অধ্যায়ে দক্ষতা অর্জন (100%)

১। বিভাজনের মাধ্যমে মাতৃকোষ থেকে অপত্যকোষ (বিভাজনের ফলে সৃষ্ট নতুন কোষ) সৃষ্টি হয়।

২। Walter Flemming ১৮৮২ খ্রিষ্টাব্দে সামুদ্রিক স্যালামান্ডার কোষে প্রথম কোষ বিভাজন লক্ষ্য করেন।

৩। কোষ বিভাজন তিন প্রকার; যথা— অ্যামাইটোসিস, মাইটোসিস, মায়োসিস।

৪। মাইটোসিসকে সমীকরণিক বিভাজনও বলা হয়।

৫। একটি কোষের সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি ও বিভাজন—এ 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 বিষুবীয় 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**।

CamScanner

১২। কোনো টিস্যুর মোট কোষ সংখ্যা এবং মাইটোসিস বিভাজনরত কোষ সংখ্যার অনুপাতকে বলা হয় **মাইটোটিক ইনডেক্স**।
১৩। কোষচক্রে সাইক্লিন CDK-এর নিয়ন্ত্রণ বিনষ্ট হয়ে গেলে অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিস হয়, এর ফলে টিউমার ও ক্যান্সার সৃষ্টি হয়।
১৪। কোষে p53 নামক প্রোটিন defective হলে কোষচক্র নিয়ন্ত্রণ হারিয়ে ফেলে এবং টিউমার ও ক্যান্সার 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 লেপ্টোটিন উপপর্যায়ে **ক্রোমোমিয়ার (স্থানীয়ভাবে** DNA কয়েলিং-এর ফলে সৃষ্ট মোটা ব্যান্ড) দৃষ্টিগোচর হয়।
১৮। মায়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ-১ এর জাইগোটিন উপ-পর্যায়ে দুটি হোমোলোগাস ক্রোমোসোমের মধ্যে জোড় সৃষ্টি হয়, যাকে **সিন্যাপসিস** বলে। প্রতিটি জোড়বাঁধা ক্রোমোসোমকে **বাইভেলেন্ট** বলে।
১৯। মায়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ-১ এর প্যাকাইটিন উপ-পর্যায়ে প্রতিটি বাইভেলেন্টের ২টি ক্রোমোসোমই সেন্ট্রোমিয়ার ব্যতীত দৈর্ঘ্য বরাবর দুটি ক্রোমাটিড-এ বিভক্ত হয়। এর ফলে প্রতিটি বাইভেলেন্টে ৪টি ক্রোমাটিড থাকে (এবং ২টি সেন্ট্রোমিয়ার থাকে।)
২০। একই ক্রোমোসোমের ২টি ক্রোমাটিডকে **সিস্টার ক্রোমাটিড** বলে। একই জোড়ার দুটি ক্রোমোসোমের ক্রোমাটিডকে **নন-সিস্টার ক্রোমাটিড** বলে।
২১। দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড একই স্থানে ভেঙ্গে গিয়ে একটির সাথে অপরটি পুনরায় সংযুক্ত হয়। নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের এ সংযুক্তি স্থান ক্রস চিহ্নের মতো হয় যাকে **কায়াজামা** (বহু বচনে কায়াজমাটা) বলে।
২২। নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময়কে **ক্রসিংওভার** (ক্রসওভার) 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 পৌঁছে। ফলে প্রতি মেরুতে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক সংখ্যক হয় অর্থাৎ 2n এর পরিবর্তে n সংখ্যক হয়।
২৬। ডিপ্লয়েড জীবে মায়োসিসের মাধ্যমে জননকোষ (গ্যামিট) সৃষ্টি হয়।
২৭। মাইটোসিস-এর প্রোফেজ পর্যায়ে নিউক্লিয়াস আকারে বড়ো হয় এবং ক্রোমোসোমগুলোতে জল বিয়োজন শুরু হয়।
২৮। প্রো-মেটাফেজ পর্যায়ের শেষের দিকে নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ার এনভেলপ-এর বিলুপ্তি ঘটে।
২৯। স্পিন্ডল যন্ত্রের দুই মেরুর মধ্যবর্তী স্থানকে ইকুয়েটর বা বিষুবীয় অঞ্চল বলা হয়।

অনুশীলনী (3*)

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) নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিয়ার এনভেলপ উপস্থিত

CamScanner

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

উদ্দীপকটি পড়ে ৩ ও ৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

উন্নতজাতের ফসলি উদ্ভিদ 'ইরি' উৎপাদনে কোষ বিভাজনের ভূমিকা রয়েছে।

৩। উদ্দীপকের উদ্ভিদটি উৎপাদনে কোষ বিভাজনের কোন পর্যায়ের ভূমিকা রয়েছে ?

(ক) লেপ্টোটিন (খ) জাইগোটিন (গ) ডিপ্লোটিন (ঘ) প্যাকাইটিন

৪। উদ্দীপকের উদ্ভিদটি উন্নত কেন ?

(ক) ক্রসিংওভারের জন্য (খ) সিন্যাপসিসের জন্য

(গ) প্রান্তীয়করণের জন্য (ঘ) মেটাকাইনেসিসের জন্য

বহুনির্বাচনি প্রশ্নাবলির উত্তরমালা :

১। (খ)	২। (ক)	৩। (ঘ)	৪। (ক)

সৃজনশীল প্রশ্নের (CQ) নমুনা

১। উদ্দীপকটি পড়ো এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

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

(ক) বাইভেলেন্ট কী ?

(খ) কোষ বিভাজনে সাইটোকাইনেসিসের প্রয়োজন কেন ?

(গ) উদ্দীপকের 'A' ও 'B' কোষ দুটির বিভাজনের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

(ঘ) উদ্দীপকের 'B' কোষটি বিভাজনের ফলে অপত্যকোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা অর্ধেক হলো কেন ? ব্যাখ্যা করো।

২। যৌন প্রজননের মাধ্যমে বংশবৃদ্ধি জীবের একটি স্বাভাবিক প্রক্রিয়া। কোষ বিভাজনের মাধ্যমে এটি সম্ভব হয়। কিন্তু সবধরনের কোষে এ বিভাজন হয় না। এ ধরনের বিভাজন জীবের অস্তিত্ব রক্ষায় বিশেষ ভূমিকা পালন করে এবং গুণগত পরিবর্তনের মাধ্যমে নতুন পরিবেশে অভিযোজিত হওয়ার ক্ষমতা অর্জন করে।

(ক) সিন্যাপসিস (Synapsis) কী?

(খ) প্রান্তীয়করণ (Terminalization) বলতে কী বুঝ?

(গ) উদ্দীপকে বর্ণিত বিভাজনে কীভাবে জীবে নতুন বৈশিষ্ট্যের আবির্ভাব ঘটে?

(ঘ) 'জীবকুলের অস্তিত্ব রক্ষায় এ বিভাজন বিশেষ ভূমিকা পালন করে'—উক্তিটি ব্যাখ্যা করো।

৩। প্রকৃতিতে হ্যাপ্লয়েড ও ডিপ্লয়েড জীব বিদ্যমান রয়েছে। ডিপ্লয়েড জীবের জনন মাতৃকোষে ও হ্যাপ্লয়েড জীবের জাইগোটে যে বিভাজন ঘটে তাতে ক্রোমোসোম সংখ্যা অর্ধেক হয়ে যায়। এ ধরনের বিভাজন (বংশগতিতে) নতুন বৈশিষ্ট্য সৃষ্টিতে ভূমিকা রাখে।

(ক) ইন্টারকাইনেসিস কী?

(খ) কোষচক্র বলতে কী বুঝ?

(গ) উক্ত (উদ্দীপকে বর্ণিত) বিভাজন প্রক্রিয়ার গুরুত্ব বর্ণনা করো।

(ঘ) উদ্দীপকে বর্ণিত বিভাজন প্রক্রিয়ায় কেন ক্রোমোসোম সংখ্যা হ্রাস পায়—তা চিত্রের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো।

CamScanner