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 অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

১. মাইটোসিস ব্যাখ্যা করতে পারবে।
২. মিওসিসের (মায়োসিস= প্রকৃত উচ্চারণ মায়োসিস) পর্যায়সমূহ বর্ণনা করতে পারবে।
৩. মিওসিসের (মায়োসিস) পর্যায়সমূহের চিত্র অঙ্কন করে চিহ্নিত করতে পারবে।
৪. জীবদেহে মিওসিসের (মায়োসিস) গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে পারবে।
৫. জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষায় মিওসিস (মায়োসিস) কোষ বিভাজনের অবদান উপলব্ধি করতে পারবে।
৬. ব্যবহারিক : মাইটোসিস বিভাজন পর্যবেক্ষণ করে চিত্র অঙ্কন করতে পারবে।

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 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 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 জীবকোষের বিভক্তির মাধ্যমে একটি থেকে দুটি বা চারটি কোষের সৃষ্টি হয় তাকে কোষ বিভাজন বলা হয়। কোষ বিভাজনের ফলে সৃষ্ট নতুন কোষকে বলে অপত্য কোষ (daughter cell) এবং যে কোষটি থেকে অপত্য কোষ সৃষ্টি হয় সে কোষটি হলো মাতৃকোষ (mother cell)। Walter Flemming ১৮৮২ খ্রিস্টাব্দে সামুদ্রিক স্যালামান্ডার (*Triturus maculosa*) কোষে প্রথম কোষ বিভাজন লক্ষ্য করেন।

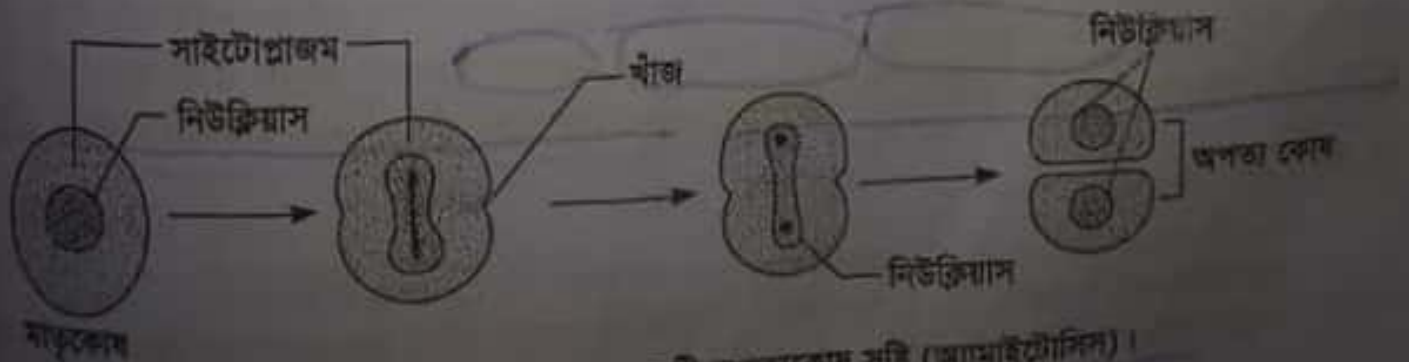
কোষ বিভাজনের প্রকার : জীব জগতে তিন প্রকার কোষ বিভাজন দেখা যায়। যথা :

১. অ্যামাইটোসিস (Amitosis) বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন,
২. মাইটোসিস (Mitosis) বা সমীকরণিক কোষ বিভাজন এবং
৩. মায়োসিস (Meiosis) বা হ্রাসমূলক কোষ বিভাজন।

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।



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

Scanned by CamScanner

প্রক্রিয়া : অ্যামাইটোসিস প্রক্রিয়ায় কোনো ধরনের জটিলতা ছাড়াই সরাসরি মাতৃকোষের বিভাজন ঘটে থাকে। এ নিউক্লিয়াসটি প্রত্যক্ষভাবে সরাসরি দু'অংশে ভাগ হয়। নিউক্লিয়াসটি প্রথমে লম্বা হয় ও মাঝখানে ভাগ হয়ে নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়। পরে কোষটির মধ্যভাগে একটি চক্রাকার গর্ত ভেতরের দিকে ঢুকে গিয়ে পরিশেষে দু'ভাগে করে ফেলে। ফলে একটি কোষ দুটি অপত্য কোষে (daughter cell) পরিণত হয়। প্রতিটি অপত্য কোষ ক্রমে বৃদ্ধি মাতৃকোষের অনুরূপ আকৃতি লাভ করে। কতক ঈস্ট, অ্যামিবা প্রভৃতি এককোষী জীবে এ প্রকার কোষ বিভাজন 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 পদ্ধতি উৎপত্তি হয়েছে।

(ii) কোনো কোনো এককোষী জীবের সংখ্যাবৃদ্ধির ক্ষেত্রে এ প্রক্রিয়াটি অত্যন্ত ফলপ্রসূ।

২। মাইটোসিস বা সমীকরণিক কোষ বিভাজন
(Mitosis or Equational Cell Division)

প্রকৃতকোষী জীবদেহ গঠনের কোষ বিভাজন হলো মাইটোসিস। মাইটোসিস কোষ বিভাজনে একটি প্রকৃত কো প্রতিটি ক্রোমোসোমের একটি করে ক্রোমাটিড দু'দিকে দু'মেরুতে সরে গিয়ে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী স্থানে উদ্ভিদকোষে কোষপ্রাচীর সৃষ্টির মাধ্যমে এবং প্রাণিকোষে প্লাজমামেমব্রেন ভেতরে দিকে ঢুকে গিয়ে সাইটোপ্লাজম দু'ভাগে ভাগ হয়ে যায় এবং দুটি অপত্য কোষে পরিণত হয়। নিউক্লিয়াসের বিভাজন বলা হয় ক্যারিওকাইনেসিস (karyokinesis) এবং সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে বলা হয় সাইটোকাইনেসিস (cytokinesis)। এ প্রক্রিয়ায় বিভক্ত কোষে ক্রোমোসোমের সংখ্যাগত, আকৃতিগত ও গুণগত কোনো পরিবর্তন ঘটে 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। কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় একটি প্রকৃত কোষের নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোসোম উভয়ই একবার করে বিভক্ত হয় তা মাইটোসিস কোষ বিভাজন। অন্যভাবে, যে কোষ বিভাজনে একটি দেহ কোষের নিউক্লিয়াস বিভাজিত হয়ে সমআকৃতি 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। 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। 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 মাধ্যমে হয়ে থাকে।

মাইটোসিসের বৈশিষ্ট্য

১। এ প্রক্রিয়ায় প্রতিটি ক্রোমোসোম লম্বালম্বিভাবে তথা অনুসেন্ট্রো দুটি ক্রোমাটিডে বিভক্ত হয়।

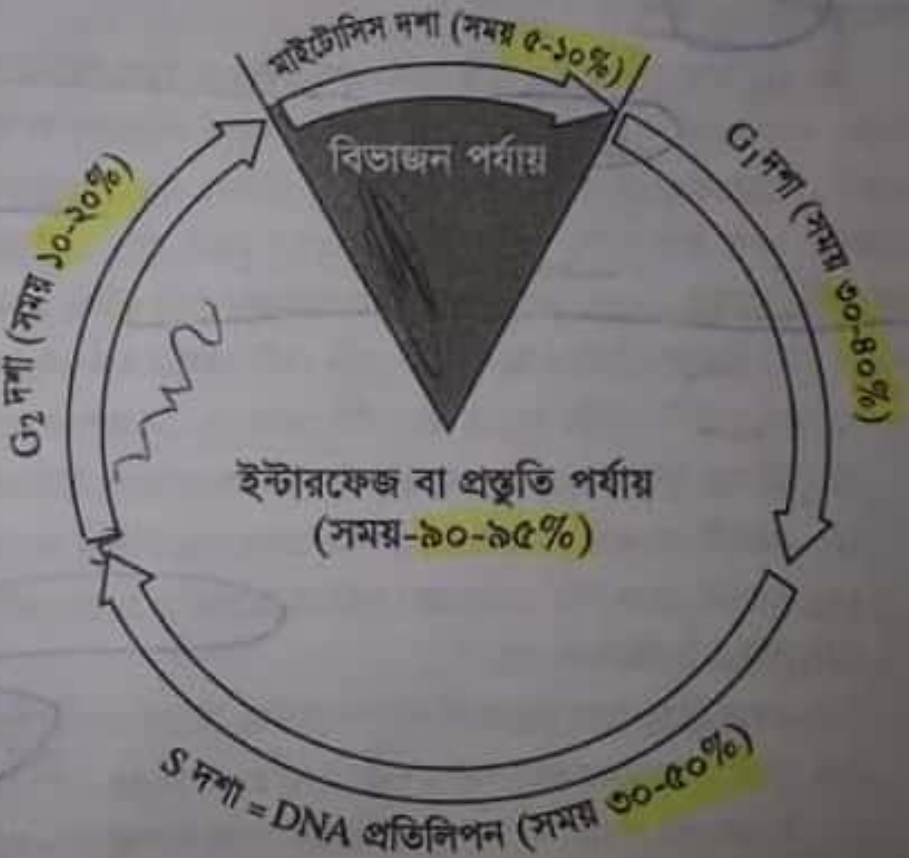
২। প্রতিটি ক্রোমাটিড তথা অপত্য ক্রোমোসোম তার নিকটস্থ মেরুতে পৌঁছে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। কাজেই দুটি অপত্য কোষেই ক্রোমোসোম সংখ্যা সমান থাকে।

Scanned by CamScanner

। অপত্য কোষগুলো মাতৃকোষের সমগুণসম্পন্ন হয়, কারণ জীবের বৈশিষ্ট্য নিয়ন্ত্রক জিনসমূহ বহনকারী ক্রোমোসোমগুলোর প্রতিটি সমানসংখ্যকভাবে বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য কোষের নিউক্লিয়াসে যায়।
। অপত্য কোষের ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার সমান থাকে।
। অপত্য কোষ বৃদ্ধি পেয়ে মাতৃকোষের সমান আয়তনের হয়।

কোষ চক্র ও ইন্টারফেজ (Cell Cycle & Interphase)

কটি সুস্থ বর্ধিষ্ণু কোষের জীবন শুরু হয় মাতৃকোষের বিভাজনের ফলে তার সৃষ্টির মাধ্যমে এবং শেষ হয় বিভাজিত পত্য কোষ সৃষ্টির মধ্য দিয়ে। একটি কোষ সৃষ্টি, এর বৃদ্ধি এবং পরবর্তীতে বিভাজন- এ তিনটি কাজ যে চক্রের সম্পন্ন হয় তাকে বলা হয় কোষ চক্র (Cell Cycle)। হাওয়ার্ড ও পেল্ক (Howard & Pelc, 1953) এই কোষ প্রস্তাব করেন। এই চক্রটি বার বার চলতেই থাকে। একজন প্রাপ্ত বয়স্ক ব্যক্তির দেহে ১০০ (10^{26}) ট্রিলিয়ন n) কোষ থাকে। দেহকে সুস্থ রাখতে হলে এর মধ্যে সঠিক সময়ে সঠিক কোষটিকে বিভক্ত হতে হবে। এ নের জন্য প্রয়োজন অভ্যন্তরীণ ও বাহ্যিক প্রয়োজনীয় সিগনাল বা সংকেত। কিছু কোষ আছে যারা দ্রুত বিভাজনের শেষায়িত (যেমন ভ্রূণ কোষ, মূল ও কাণ্ডের শীর্ষ মেরিস্টেম কোষ); কিছু কোষ আছে প্রয়োজনীয় উদ্দীপনা পেলে ত হতে পারে; আবার অনেক কোষ আছে বিভক্ত হয় না, যেমন আমাদের পূর্ণাঙ্গ ক্ত কোষ, পেশিকোষ, স্নায়ুকোষ, উদ্ভিদের ায়সমূহ।



চিত্র ২.২ : হাওয়ার্ড ও পেল্ক কোষ চক্র।

ষ চক্র দুটি প্রধান ধাপে বিভক্ত, যথা- বিভাজনরত অবস্থাকে বলা হয় এম. Mitotic Phase) বা মাইটোসিস এবং দুটি ফেজ-এর মধ্যবর্তী অবিভাজন অবস্থাকে ইন্টারফেজ (Interphase)। এম. ফেজ টারফেজ পর্যায়ক্রমিকভাবে পরপর এসে ক্র সম্পন্ন করে। কোষ চক্রের মোট মাত্র ৫-১০ ভাগ ব্যয় হয় এম. ফেজ-এ, াকি ৯০-৯৫ ভাগ সময় ব্যয় হয় জ অবস্থায়। এখানে উল্লেখযোগ্য যে, নির্দিষ্ট সময়ে মাত্র অল্পসংখ্যক কোষ াস পর্যায়ে থাকে এবং অধিকাংশ সময় কোষই ইন্টারফেজ পর্যায়ে থাকে।

জনেটিক প্রোগ্রাম দ্বারা কোষ চক্র নিয়ন্ত্রিত হয়। অভ্যন্তরীণ উদ্দীপনা প্রদান করে সাইক্লিন-Cdk যৌগ। বিভিন্ন ও গ্রোথ ফ্যাক্টর (gf) বাহ্যিক উদ্দীপনা দান করে। আমাদের দেহের কোনো স্থান কেটে গেলে রক্তের অণুচক্রিকা াথ ফ্যাক্টর তৈরি করে যার উদ্দীপনায় চারপাশের কোষ বিভাজিত হয়ে ক্ষতস্থান জোড়া লাগিয়ে দেয়। দেহের নিস্টেমের জন্য দরকারি কোষসমূহ বিভাজিত হওয়ার জন্য শ্বেত রক্তকণিকা একটি গ্রোথ ফ্যাক্টর তৈরি করে দেয়। arrow-তে লোহিত রক্তকণিকা কোষের সংখ্যা বৃদ্ধির জন্য 'কিডনি' erythroprotein তৈরি করে।

) ইন্টারফেজ (Interphase) : ইন্টারফেজ অবস্থাটি বেশ দীর্ঘ। পরবর্তী বিভাজন পর্যায়টিকে সুন্দরভাবে সম্পন্ন ন্য ইন্টারফেজ অবস্থায় নিউক্লিয়াসে বহু গুরুত্বপূর্ণ ক্রিয়া-বিক্রিয়া ঘটে থাকে। তাই ইন্টারফেজ অবস্থায় কোষের

Scanned by CamScanner

নিউক্লিয়াসকে বলা হয় দ্বিপাকীয় নিউক্লিয়াস। এক কথায় বলা যায় এম, ফেজ (মাইটোসিস)-কে সুসম্পন্ন করার ধরনের প্রস্তুতি গ্রহণ করা হয় ইন্টারফেজ অবস্থায়। ইন্টারফেজ-কে সাধারণত ৩টি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়; যথা- G_1 এবং G_2। টার্গেট কোষের (যে কোষ বিভাজিত হবে) সার্ফেসে বিশেষ রিসেপ্টর প্রোটিনের সাথে গ্রোথ ফ্যাক্টর সংযুক্ত কোষ চক্র শুরু করার নির্দেশ দান করে।

i. G_1 দশা (গ্যাপ$_1$) : একটি কোষ পরবর্তীতে বিভাজন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে কিনা, তার সিদ্ধান্ত নেয়া হয় উপপর্যায়ে। G_1-এর প্রথমেই সাইক্লিন নামক এক প্রকার প্রোটিন তৈরি হয় যা Cdk (Cyclin dependent kinase) সাথে যুক্ত হয়ে সমগ্র প্রক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত ও নিয়ন্ত্রণ করে। Cdk ফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করে। এ প্রয়োজনীয় অন্যান্য প্রোটিন, RNA এবং DNA প্রতিলিপনের সকল উপাদান তৈরি হয়। যে কোষটি আর বিভাজিত না তা এক সপ্তাহ বা এক বছর অর্থাৎ আমৃত্যু G_1 উপপর্যায়েই আবদ্ধ হয়ে যায়। মোট কোষ চক্রের ৩০-৪০% সময় উপপর্যায়ে ব্যয় হয়।

ii. S দশা (সিনথেসিস = S) : এই উপপর্যায়ের প্রধান কাজ হলো নিউক্লিয়াসে ক্রোমোসোমস্থ DNA প্রতিলিপন। পরবর্তী উপ-পর্যায়ে প্রবেশের আগেই DNA প্রতিলিপন সম্পন্ন হয়। এই উপপর্যায়ে সময় ব্যয় হয় সময়ের ৩০-৫০ ভাগ।

iii. G_2 দশা (গ্যাপ$_2$) : এটি হলো এম, ফেজ-এ (মাইটোসিস দশা) প্রবেশ করার প্রস্তুতি পর্যায়। এই উপপর্যায়ের প্রধান কাজ হলো মাইক্রোটিউবিউল গঠনকারী পদার্থ সংশ্লেষণ যা দিয়ে মাইটোসিস পর্যায়ে স্পিন্ডল তন্তু তৈরি হয়ে একটি সেন্ট্রোসোম থেকে দুটি সেন্ট্রোসোম-এ পরিণত হয়। সেন্ট্রোসোম মাইক্রোটিউবিউল তৈরি সূচনা করে। বিভাজন প্রক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি (ATP) এখানে 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।

G_1 থেকে S-উপপর্যায় এবং S-উপপর্যায় থেকে G_2-তে স্থানান্তরের জন্য Cdk প্রোটিনের অ্যাক্টিভেশন প্রয়োজন হয়।

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 প্রতিলিপনের সকল উপাদান তৈরি হয়।
(iii) DNA প্রতিলিপন 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 কোষ চক্রের গুরুত্ব/তাৎপর্য : ইন্টারফেজ ও মাইটোটিক কোষ বিভাজন পর্যায়ক্রমিকভাবে কোষ চক্র সম্পন্ন করে। কোষচক্রের গুরুত্ব অসীম।

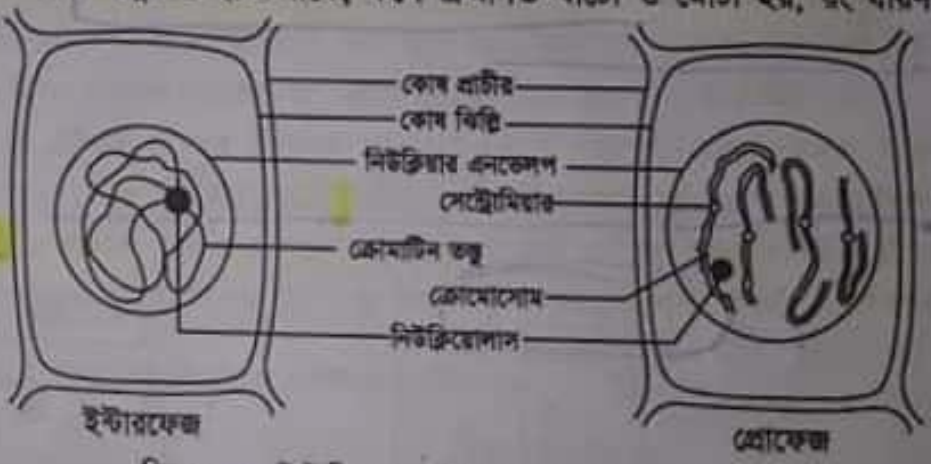
(i) কোষ চক্র না হলে এককোষী বা বহুকোষী কোনো জীবেরই বংশবৃদ্ধি হবে না।
(ii) কোষ চক্রের ইন্টারফেজ-এর প্রস্তুতির কারণেই মাইটোসিস হয়, আর মাইটোসিস বহুকোষী জীবের বৃদ্ধি ও বিকাশ ঘটায়, প্রজননাঙ্গ তৈরি করে এবং ক্ষয়পূরণ করে।
(iii) বর্ধিষ্ণু জীবে স্বাভাবিক কোষ চক্র ঐ জীবের স্বাভাবিক বৃদ্ধি সম্পন্ন করে।
(iv) অস্বাভাবিক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

Scanned by CamScanner

(খ) এম. ফেজ (মাইটোসিস) : কোষ চক্র G_2 ফেজ থেকে মাইটোসিস বা বিভাজন পর্যায়ে প্রবেশ করে। একটি জটিল প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের বিভাজন ও পুনর্গঠন, সাইটোপ্লাজমের নতুন দুই কোষে গমন, সেলমেমব্রেন এবং উদ্ভিদ কোষে কোষ প্রাচীর গঠনের মাধ্যমে পূর্ণাঙ্গ দুটি অপত্য কোষ সৃষ্টির মধ্য দিয়ে এম পর্যায় সমাপ্ত হয়। কোষ চক্রের মোট সময়ের মাত্র ৫-১০ ভাগ সময় ব্যয় হয় মাইটোটিক ফেজের জন্য। এভাবেই ইন্টারফেজ → এম ফেজ → ইন্টারফেজ চক্রাকারে চলতে থাকে। সম্পূর্ণ মাইটোসিস কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া দুটি প্রধান ভাগে বিভক্ত; যথা- (i) ক্যারিওকাইনেসিস (Karyokinesis)— নিউক্লিয়াসের বিভাজন ও (ii) সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis)— সাইটোপ্লাজমের বিভাজন।

(i) ক্যারিওকাইনেসিস (Karyokinesis) : মাইটোসিস বলতে মূলত ক্যারিওকাইনেসিসকেই বোঝানো হয়ে থাকে। মাইটোসিস কোষ বিভাজনের যে বৃহৎ এবং জটিল পর্যায়ে একটি মাতৃকোষের অভ্যন্তরে একটি নিউক্লিয়াস থেকে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হয়, তাকে ক্যারিওকাইনেসিস বলে। কোষ বিভাজন একটি অবিচ্ছিন্ন বা ধারাবাহিক প্রক্রিয়া বলে 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 : মাইটোসিস-এর প্রথম পর্যায়কে প্রোফেজ বলে। 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 ক্রমাগত খাটো ও মোটা হয়, রং ধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় এবং স্পষ্ট হতে স্পষ্টতরভাবে দৃষ্টিগোচর হয়। এ পর্যায়ের শেষের দিকে নিউক্লিয়োলাস এবং নিউক্লিয়ার এনভেলপের বিলুপ্তি ঘটতে থাকে। সাইক্লিন ডিপেনডেন্ট কাইনেজ (Cdk) কর্তৃক কতক প্রোটিনের ফসফরাইলেশনের কারণে ক্রোমোসোম সংকোচন শুরু হয় এবং কতক প্রোটিনের ফসফোরাইলেশনের কারণে নিউক্লিয়ার এনভেলপের বিলুপ্তি ঘটতে থাকে।



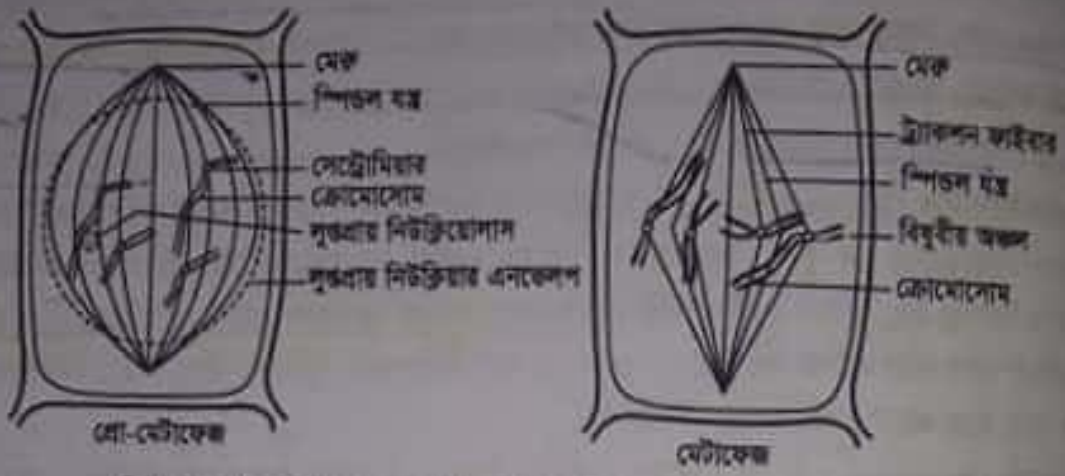
চিত্র ২.৩ : মাইটোসিস-এর ইন্টারফেজ ও প্রোফেজ পর্যায়।

এ পর্যায়ে প্রতিটি ক্রোমোসোম সেন্ট্রোমিয়ার ব্যতীত লম্বালম্বিভাবে (অনুদৈর্ঘ্যে) দুটি সূত্রে বিভক্ত থাকে। প্রতিটি সূত্রকে ক্রোমাটিড বলা হয়। ক্রোমোসোমগুলো আদ্যপর্যায়ে ক্রোমাটিডে বিভক্ত হলেও আলোক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে সাধারণত অবিভক্তই মনে হয়। এ পর্যায়ে স্পিন্ডল তন্তু সৃষ্টির সূচনা ঘটে।

(২) প্রো-মেটাফেজ (Pro-metaphase) বা প্রাক-মধ্যপর্যায় : প্রোফেজ পর্যায়ের পরবর্তী এবং মেটাফেজ পর্যায়ের অব্যবহিত পূর্ববর্তী পর্যায়কে প্রো-মেটাফেজ বলে। প্রোফেজের একেবারে শেষদিকে উদ্ভিদকোষে কতগুলো তন্তুময় প্রোটিনের সমন্বয়ে দু'মেরুযুক্ত স্পিন্ডল যন্ত্রের (spindle apparatus) সৃষ্টি হয়। এই পর্যায়ের প্রথম দিকেই স্পিন্ডল যন্ত্রের তন্তুগুলোর আঘাতে নিউক্লিয়ার এনভেলপ বিলুপ্ত হতে থাকে এবং এক সময় বিলুপ্ত হয়ে যায়। এই পর্যায়ে নিউক্লিয়োলাসেরও বিলুপ্তি ঘটে। স্পিন্ডল যন্ত্রের দু'মেরুর মধ্যবর্তী স্থানকে 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

Scanned by CamScanner

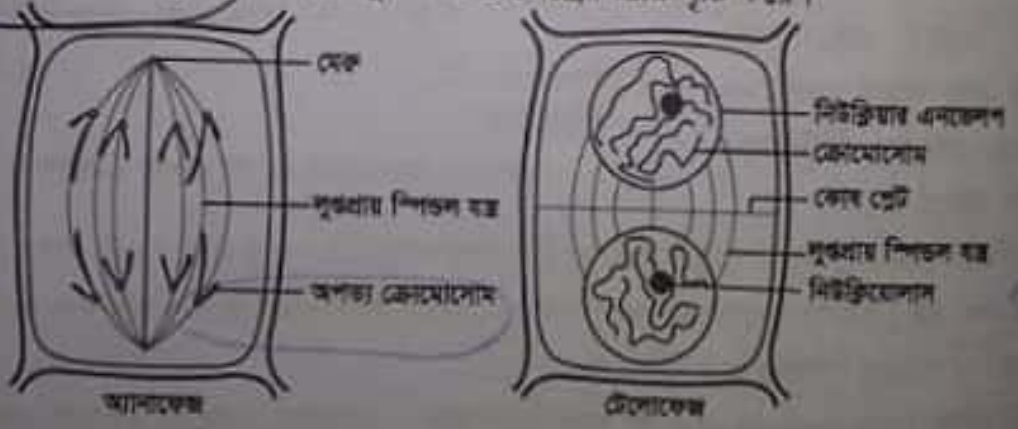
বিন্যস্ত হতে থাকে। (প্রাণিকোষে স্পিন্ডল যন্ত্র সৃষ্টি ছাড়াও পূর্বে বিভক্ত সেন্ট্রিয়োল দু'মেরুতে অবস্থান করে এবং হতে অ্যাস্টার তন্তু বিচ্ছুরিত হয়।)



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

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

(৩) মেটাফেজ (Metaphase) বা মধ্যপর্যায় : এ পর্যায়ের প্রথমেই সমস্ত ক্রোমোসোম স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চলে এসে অবস্থান করে। স্পিন্ডল যন্ত্রের দু'মেরুর মধ্যবর্তী স্থানকে বিষুবীয় বা নিরক্ষীয় অঞ্চল বলা হয়। স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চলে ক্রোমোসোমের বিন্যস্ত হওয়াকে **মেটাকাইনেসিস** বলে। এ পর্যায়ে ক্রোমাটিডগুলো সবচেয়ে বেশি মোটা ও স্পষ্ট দেখা যায়। এ পর্যায়ে কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা, আকার ও আকৃতি নির্ণয় করা যায়। মেটাফেজ পর্যায়ের শেষ ভাগে প্রতিটি সেন্ট্রোমিয়ার সম্পূর্ণ বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য সেন্ট্রোমিয়ার সৃষ্টি করে।



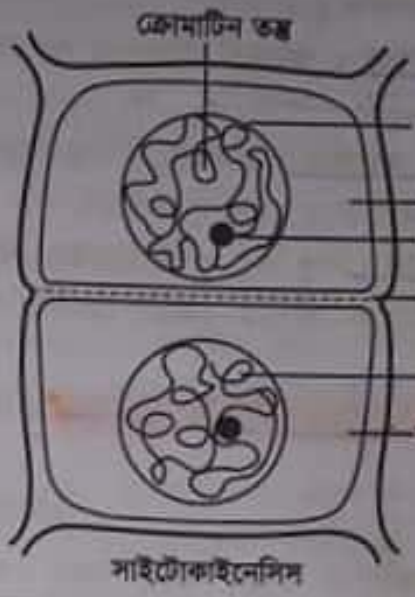
চিত্র ২.৫ : মাইটোসিস-এর অ্যানাফেজ ও টেলোফেজ পর্যায়।

(৪) অ্যানাফেজ (Anaphase) বা গতিপর্যায় : 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 নিজস্ব 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), I (অ্যাক্রোসেন্ট্রিক) ও I (টেলোসেন্ট্রিক) অক্ষরের মতো দেখায়। অপত্য ক্রোমোসোমগুলো মেরুর কাছাকাছি পৌঁছালেই অ্যানাফেজ এর গতিপর্যায়ের সমাপ্তি ঘটে।

Scanned by CamScanner

(c) টেলোফেজ (Telophase) বা অন্তপর্যায় : কোষ বিভাজনের এ পর্যায়ে অপত্য ক্রোমোসোমসমূহ দুই বিপরীত মেরুতে স্থির অবস্থান নেয়। এ পর্যায়ে ক্রোমোসোমগুলোতে আবার জলযোজন (hydration) ঘটে। ফলে এরা ক্রমান্বয়ে প্রসারিত হয়। ক্রোমোসোমগুলো ক্রমশ সরু ও লম্বা হতে থাকে এবং অদৃশ্য অপষ্ট হতে থাকে। এ পর্যায়ের শেষের দিকে দুই মেরুতে ক্রোমোসোমগুলোর চারদিকে নিউক্লিয়ার এনভেলপ এবং স্যাট ক্রোমোসোমের গৌণ কুঞ্চনে নিউক্লিওলাসের পুনরাবির্ভাব ঘটে। ফলে দু'মেরুতে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়। স্পিন্ডল ফাইবারগুলো ধীরে ধীরে বিলুপ্ত হয়ে যায়।

(ii) সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis) : টেলোফেজ পর্যায়ের শেষের দিকে সাইটোকাইনেসিস আরম্ভ হয়। বিভাজনরত কোষের সাইটোপ্লাজম দু'ভাগে বিভক্ত হওয়াই সাইটোকাইনেসিস। উদ্ভিদ কোষে সাইটোকাইনেসিস ঘটে কোষপ্লেট ও কোষ প্রাচীর সৃষ্টির মাধ্যমে। উদ্ভিদ কোষে স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চল ক্রমশ প্রশস্ত হয়ে কোষ প্রাচীরকে স্পর্শ করে। সূত্রগুলো অদৃশ্য হয়ে যায়। 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 হেমিসেলুলোজ ও অন্যান্য দ্রব্য জমা হয়ে কোষপ্রাচীর গঠন করে। কোষপ্রাচীর 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 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 উদ্ভিদ কোষকে সিনোসাইটিক (coenocytic) এবং প্রাণিকোষকে প্লাজমোডিয়াম (plasmodium) বলে।

মাইটোসিসের গুরুত্ব (তাৎপর্য বা প্রয়োজনীয়তা)

জীবদেহে মাইটোসিস কোষ বিভাজন 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 আবশ্যক।

Scanned by CamScanner

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

৫। নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমের ভারসাম্য রক্ষা : সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত বিভিন্ন ক্ষুদ্রাঙ্গ (অঙ্গাণু) ও অন্য উপাদানের সাহায্যে নিউক্লিয়াস কোষের বিপাক ক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করে। মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজনের কারণে কোষের নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজমের মধ্যকার পরিমাণগত ও নিয়ন্ত্রণগত ভারসাম্য রক্ষিত হয়।

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

৭। ক্ষতস্থান পূরণ : বহুকোষী জীবদেহে সৃষ্ট যে কোনো ক্ষতস্থান মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজনের দ্বারা 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 রক্ত কণিকা এবং কর্নিয়ার বাইরের কোষ)। এগুলো ক্রমাগত ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। মাইটোসিস বিভাজনের মাধ্যমে এ কোষের পুনরুৎপাদন ঘটে।

১০। গুণগত বৈশিষ্ট্যের স্থিতিশীলতা রক্ষা : এ প্রকার বিভাজনের ফলে জীবজগতের গুণগত বৈশিষ্ট্যের স্থিতিশীলতা বজায় থাকে।

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 ক্যান্সার সৃষ্টি হয়। ক্যান্সার কোষে সাইক্লিন-Cdk 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 হয়। মানুষের অধিক হারে ক্যান্সার সৃষ্টি হওয়ার সম্ভবত এটি একটি কারণ। কোষ বিভাজনের জন্য কিছু গ্রোথ ফ্যাক্টর করে। ক্যান্সার কোষ তাদের গ্রোথ ফ্যাক্টর নিজেরাই তৈরি করে নেয়, অথবা বিভাজনের জন্য এদের কোনো গ্রোথ ফ্যাক্টর লাগে না।

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

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

ii. Apoptosis : এটি হলো 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 অঙ্গুল লাগানো থাকে। মাঝখানের টিস্যু ধ্বংসের মাধ্যমে বিলুপ্ত হয়ে পাঁচটি আঙ্গুল পৃথক হয়। একটি কোষ যত বেশি দিন বাঁচবে তার ক্ষতিগ্রস্ত (damage) হওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয় যা থেকে সহজেই ক্যান্সার হতে পারে। তাই এদের ধ্বংস বা মৃত্যু দরকার। এটি সাধারণত আমাদের ত্বক 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 ত্বক ও অন্ত্রের এপিথেলিয়াম লাইনিং-এর কোষ।

Scanned by CamScanner

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 ভাজন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস একটি জটিল পরিবর্তনের মাধ্যমে দু'বার বিভক্ত হয় এবং বিভক্তির ফলে সৃষ্ট চারটি কোষে মোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয়ে যায়। তাই এ প্রকার কোষ বিভাজনকে মায়োসিস বা মূলক কোষ বিভাজন বলে। এ প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস দু'বার এবং ক্রোমোসোম একবার বিভক্ত হয়। যে কোষ বিভাজন ক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস পর পর দু'বার এবং ক্রোমোসোম মাত্র একবার বিভাজিত হয়ে মাতৃকোষের ক্রোমোসোমের অর্ধেক খ্যক ক্রোমোসোমযুক্ত চারটি অপত্য কোষ সৃষ্টি করে তাকে মায়োসিস কোষ বিভাজন বলে। গ্রিক *Meious* (to lessen- করা) হতে Meiosis শব্দের উদ্ভব ঘটে।

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

আবিষ্কার ও নামকরণ : বেনেডিন (E. V. Beneden) এবং হাউসার (Houser) *Ascaris* কৃমির গ্যামিটে হ্যাপ্লয়েড খ্যক ক্রোমোসোম আবিষ্কার করেন ১৮৮৩ সনে। স্ট্রাসবুর্গার (Strasburger) ১৮৮৮ সনে পুষ্পক উদ্ভিদের জনন তৃকোষের ক্রোমোসোমে হ্রাসমূলক বিভাজন লক্ষ্য করেন। ১৯০৫ সনে ফার্মার (J. B. Farmer) ও মুর (J. E. Moore) প্রথম হ্রাসমূলক বিভাজনকে Miosis (মিয়োসিস বা মিওসিস) বলেন। পরবর্তীতে গ্রিক মূল শব্দের (meioum= to sen) 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 সংখ্যক ক্রোমোসোমবিশিষ্ট কোষে হয়। নিম্ন শ্রেণির জীবে (হ্যাপ্লয়েড) মায়োসিস হয় নিষেকের পর জাইগোটে, আর চ্চ শ্রেণির জীবে (ডিপ্লয়েড) মায়োসিস হয় নিষেকের পূর্বে জনন মাতৃকোষ হতে গ্যামিট সৃষ্টিকালে।

জনের ধারাবাহিকতা রক্ষায় মায়োসিসের অবদান :

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

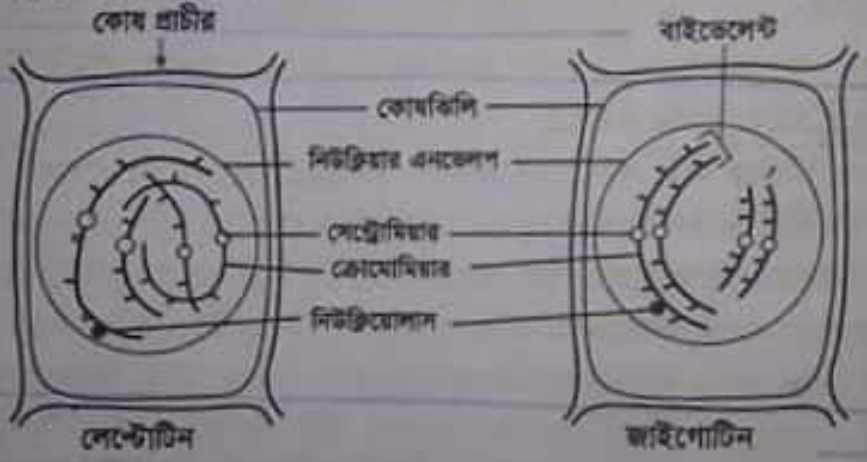
Scanned by CamScanner

৭। ক্রোমোসোমের স্বতন্ত্র বিন্যাস ঘটে।
৮। ক্রসিংওভার ও ক্রোমোসোমের স্বতন্ত্র বিন্যাস ঘটে বলে এ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন কোষগুলো কখনো মাতৃ সমগুণ সম্পন্ন হয় না।
৯। মায়োসিস শেষে সৃষ্ট নতুন কোষে নতুন চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের আবির্ভাব ঘটে। বংশগতিতে বিশেষত সৃষ্টিতে এটি খুবই তাৎপর্যপূর্ণ। মায়োসিস হলো জীবসমূহের মধ্যে বৈচিত্র্য সৃষ্টির একটি প্রধান উপায়।

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

(ক) মায়োসিস-১ (Meiosis-1) বা প্রথম মায়োসিস বিভাজন

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



চিত্র ২.৭ : মায়োসিস বিভাজনে প্রোফেজ-১ এর লেপ্টোটিন ও জাইগোটিন উপ-পর্যায়।

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

(ক) লেপ্টোটিন (Leptotene : গ্রিক *Leptos* = fine, thin- চিকন, পাতলা; *tene* = thread- সুতা বা তন্তু) নিউক্লিয়াসের জলবিয়োজনের মাধ্যমেই শুরু হয় লেপ্টোটিন উপ-পর্যায়। ক্রমাগত জলবিয়োজনের ফলে চিকন সুতার ম ক্রোমোসোমগুলোও ক্রমান্বয়ে সংকুচিত ও পুরু হতে থাকে এবং অধিকতর রঞ্জক ধারণ ক্ষমতাপ্রাপ্ত হয়। ক্রোমোসোমগুলো আলোক অণুবীক্ষণে দৃষ্টিগোচর হয় এবং ক্রোমোসোমে বহু ক্রোমোমিয়ার দেখা যায়। ক্রোমোসো অবিভক্ত ও দীর্ঘ থাকে। জলবিয়োজন ও ক্রোমোসোম সংকোচন চলতে থাকে। প্রাণিকোষে এ উপ-প সেন্ট্রোমিয়ারগুলো সাধারণত নিউক্লিয়ার এনভেলপের সন্নিকটে এক স্থানে এসে জড়ো হওয়ায় ক্রোমোসোমগুলোকে এ

Scanned by CamScanner

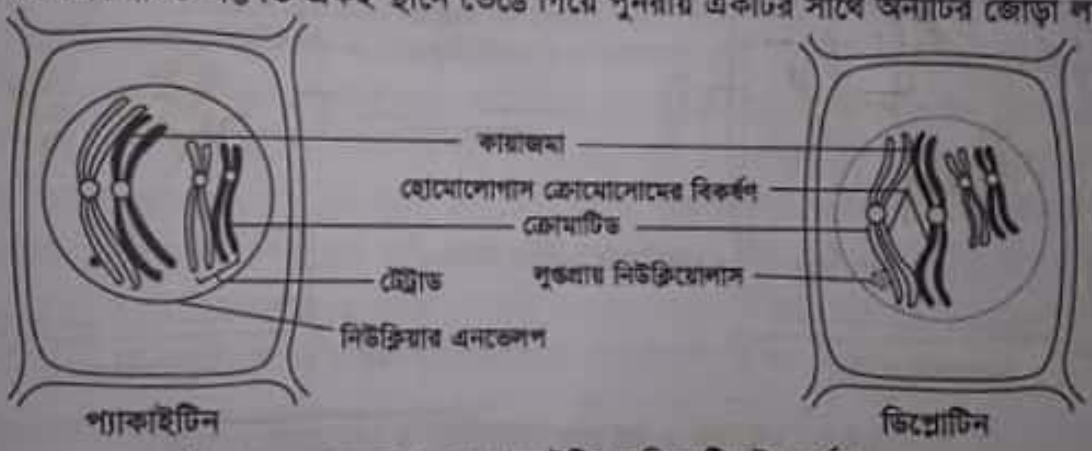
...টি ফুলের তোড়ার মতো দেখায়। তাই অনেক সময় একে বুকে (bouquet) বলা হয়। ক্রোমোসোমের এ প্রকার বিন্যাসকে পোলারাইজড বিন্যাস বলে।]

(খ) জাইগোটিন (Zygotene : গ্রিক 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 ক্রোমোসোমের মধ্যে জোড় সৃষ্টি হওয়াকে সিনাপসিস (synapsis) বলে। প্রতিটি জোড়বাঁধা ক্রোমোসোম জোড়াকে বাইভেলেন্ট (bivalent) বলে। কোষে যতগুলো ক্রোমোসোম থাকবে তার অর্ধেক সংখ্যক বাইভেলেন্ট সৃষ্টি হবে। নিউক্লিয়োলাস এবং নিউক্লিয়ার এনভেলপ তখনো দেখা যায়।

(গ) প্যাকাইটিন (Pachytene : গ্রিক *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 যে কোনো দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড সম্ভবত একই স্থানে ভেঙে গিয়ে পুনরায় একটির সাথে অন্যটির জোড়া লাগে। ফলে ঐ

চিত্র ২.৮ : প্রোফেজ-১ এর প্যাকাইটিন ও ডিপ্লোটিন উপ-পর্যায়।



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 হয়) একাধিকও হতে পারে। কায়াজমাটা সৃষ্টির ফলে যে ক্রসিং ওভার হয় তাতে ক্রোমোসোমে জিনগত পরিবর্তন সাধিত হয়। এ পর্যায়েও নিউক্লিয়োলাস এবং নিউক্লিয়ার এনভেলপ দেখা যায়।

(ঘ) ডিপ্লোটিন (Diplotene : গ্রিক *Diplos* = double-ডাবল; *tene* = thread- সুতা) : ক্রমাগত সংকোচনের ফলে ক্রোমোসোমগুলো এ উপ-পর্যায়ে আরও খাটো ও মোটা হয়। বাইভেলেন্টের ক্রোমোসোমদ্বয়ের মধ্যে পারস্পরিক বিকর্ষণ

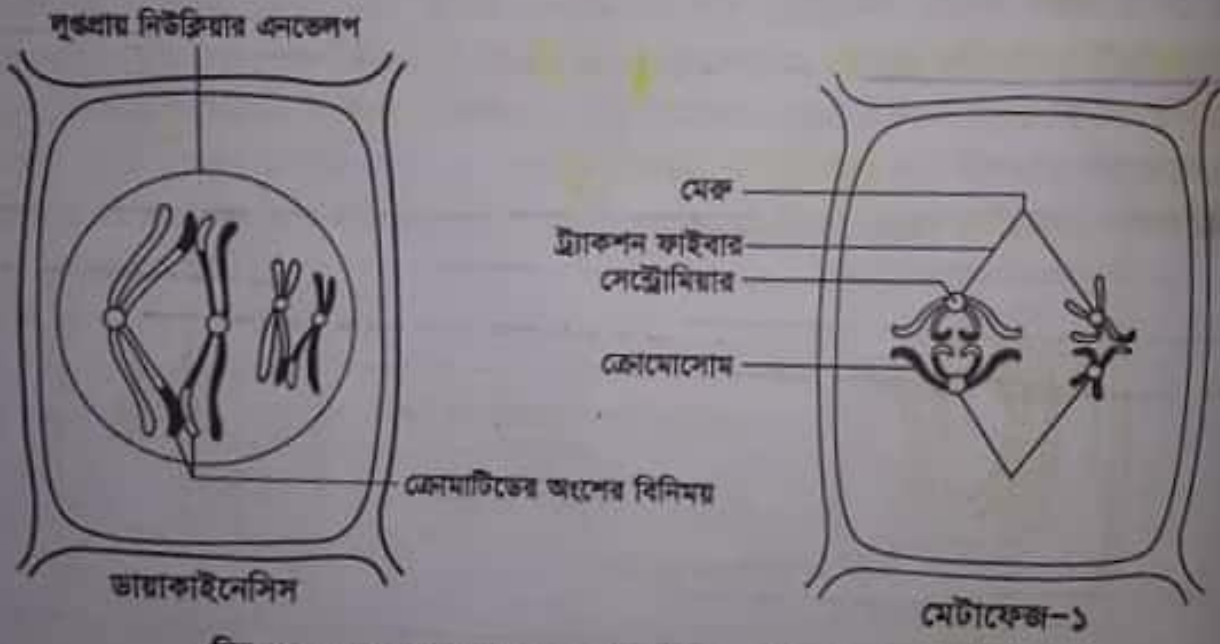
---

*...দৈর্ঘ্য, আকার, আকৃতি, সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থান ও সংখ্যা প্রভৃতি দিক হতে দুটি ক্রোমোসোম এক রকম থাকে। একের একটিকে অপরটির হোমোলোগ ... বলা হয় এবং একত্রে দু'টিকে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম বলা হয়। দুটি হোমোলোগের যে কোনো নির্দিষ্ট অবস্থানে অবস্থিত জিন দুটি (এলিল) একই ... নির্দেশ করে। সমরূপ সেন্ট্রোমিয়ারের মধ্যে আকর্ষণ ঘটে।

Scanned by CamScanner

শুরু হয়। ফলে এরা বিপরীত দিকে সরে যেতে চেষ্টা করে কিন্তু কায়াজমাটার স্থানে বাধাপ্রাপ্ত হয়। এ বিকর্ষণ কয়েক স্থানে শুরু হতে পারে। তবে সাধারণত সেন্ট্রোমিয়ারদ্বয়ের মধ্যেই প্রথম এবং ব্যাপকভাবে বিকর্ষণ বিকর্ষণের ফলে দুটি কায়াজমাটার মধ্যবর্তী অংশে লুপের (loop) সৃষ্টি হয়। কায়াজমাটাগুলো স্পষ্ট হয় এবং প্রান্তের দিকে সরে যেতে থাকে। কায়াজমার এরূপ প্রান্তের দিকে সরে যাওয়াকে প্রান্তীয়করণ (terminalization) দুই বা ততোধিক বাহু পরস্পর আবর্তনের (rotatory movement) ফলে পাশাপাশি লুপ ৯০° কোণ করে অবস্থান একটি মাত্র কায়াজমা থাকলে এটি ১৮০° হতে পারে।

(ঙ) ডায়াকাইনেসিস (Diakinesis : গ্রিক *Dia* = across- অপর পাশে, বিপরীত দিকে; *kinesis*- সমাবেশ, এ উপ-পর্যায়ে ক্রোমোসোমগুলো আরও খর্বাকৃতি ও মোটা হয়। প্রান্তীয়করণ তখনও চলতে থাকে। বাইভেলেন্টে ক্রোমোসোমের ওপর ধাত্র জমা হয় বলে তখন আর ক্রোমাটিডে বিভক্ত দেখা যায় না। এক সময় বাইভেলে নিউক্লিয়াসের কেন্দ্রস্থল হতে পরিধির দিকে চলে আসে। এ উপ-পর্যায়ের শেষ দিকে নিউক্লিয়োলাস অদৃশ্য হয়ে নিউক্লিয়ার এনভেলপ-এর অবলুপ্তি ঘটে এবং প্রাণিকোষে সেন্ট্রিয়োল মেরুতে পৌঁছে যায়।



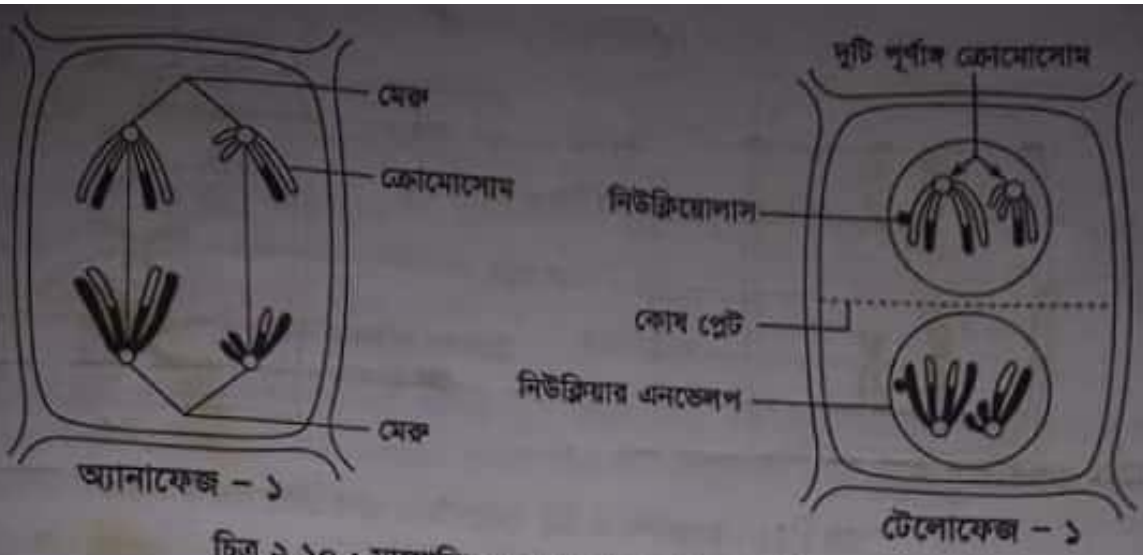
চিত্র ২.৯ : প্রোফেজ-১ এর ডায়াকাইনেসিস ও মেটাফেজ-১ পর্যায়।

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

(২) মেটাফেজ-১ (Metaphase-1) : বাইভেলেন্টের প্রতিটি সেন্ট্রোমিয়ার স্ব-স্ব মেরুর দিকে এবং বিষুবীয় হতে সমদূরে অবস্থান করে। কতিপয় ট্র্যাকশন ফাইবারের সাথে ক্রোমোসোমের সেন্ট্রোমিয়ার সংযুক্ত হয়। মাইটো মেটাফেজের মতো এ পর্যায়ে সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হয় না। ক্রোমোসোমের মধ্যে লুপ সৃষ্টি হয়। ক্রোমোসোমগুলো আ খাটো ও মোটা হয়। বাইভেলেন্টের ক্রোমোসোমদ্বয় ট্র্যাকশন ফাইবারের টানে পৃথক হতে থাকলে এ পর্যায়ের সমাপ্তি ঘ

(৩) অ্যানাফেজ-১ (Anaphase-1) : এ পর্যায়ে এসে হোমোলোগাস ক্রোমোসোম পৃথক হয়ে যায়। বাইভেলেন্টের দুটি ক্রোমোসোম (দুটি ক্রোমাটিড নয়) বিপরীতমুখী দুটি মেরুর দিকে ধাবিত হয়। ক্রোমোসোম সংকোচন, কাণ্ডদেহের প্রসারণ ও অন্যান্য কারণে ক্রোমোসোমের মেরুমুখী চলন ঘটে। এরূপ চলনকালে সেন্ট্রোমি অগ্রগামী এবং বাহুদ্বয় অনুগামী হয়। ফলে ক্রোমোসোমগুলোকে ইংরেজি V (মেটাসেন্ট্রিক), L (সাবমেটাসেন্ট্রিক) (অ্যাক্রোসেন্ট্রিক) এবং I (টেলোসেন্ট্রিক) অক্ষরের মতো দেখায়। ট্র্যাকশন ফাইবারের দৈর্ঘ্য হ্রাস পেতে থাকে।

Scanned by CamScanner



চিত্র ২.১০ : মায়োসিস-এর অ্যানাফেজ-১ এবং টেলোফেজ-১ পর্যায়।

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।

(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 নিউক্লিয়োলাসের আবির্ভাব ঘটে। নিউক্লিয়াসে জলযোজন ঘটে, ফলে ক্রোমোসোমগুলো ক্রমান্বয়ে সরু হতে থাকে। কাজেই রঞ্জন ধারণ ক্ষমতা 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 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 অন্তর্বর্তীকালীন বা মধ্যবর্তী সময়কে ইন্টারকাইনেসিস বলে। এ সময়ে প্রয়োজনীয় RNA, প্রোটিন ইত্যাদি সংশ্লেষিত হয়। DNA-র প্রতিরূপ বা অনুলিপন ঘটে না।

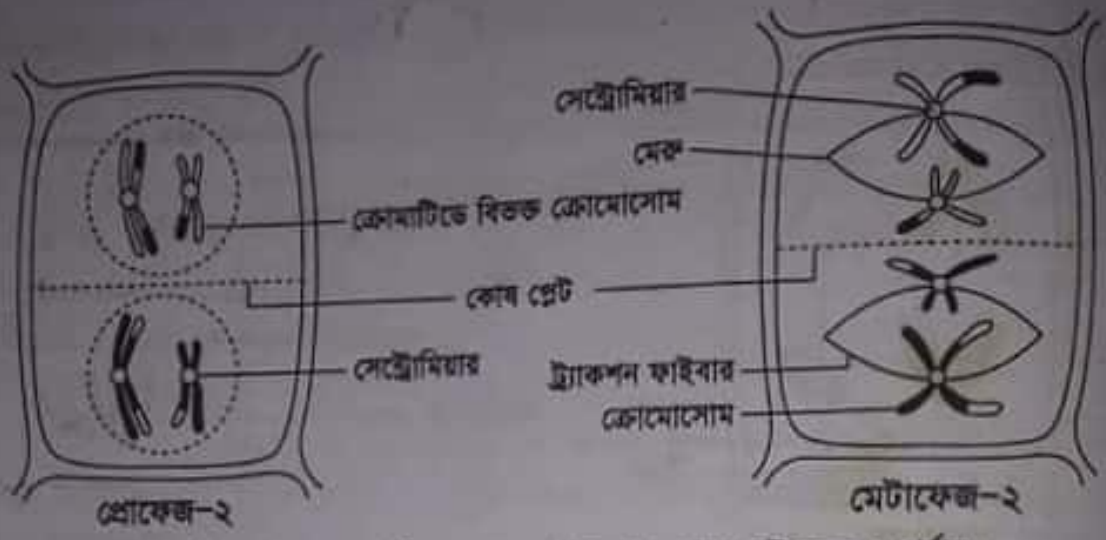
(খ) মায়োসিস-২ (Meiosis-2) বা দ্বিতীয় মায়োসিস বিভাজন

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 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 নিউক্লিয়োলাস ও নিউক্লিয়ার এনভেলপ-এর বিলুপ্তি ঘটে বা অদৃশ্য হয়ে যায়।

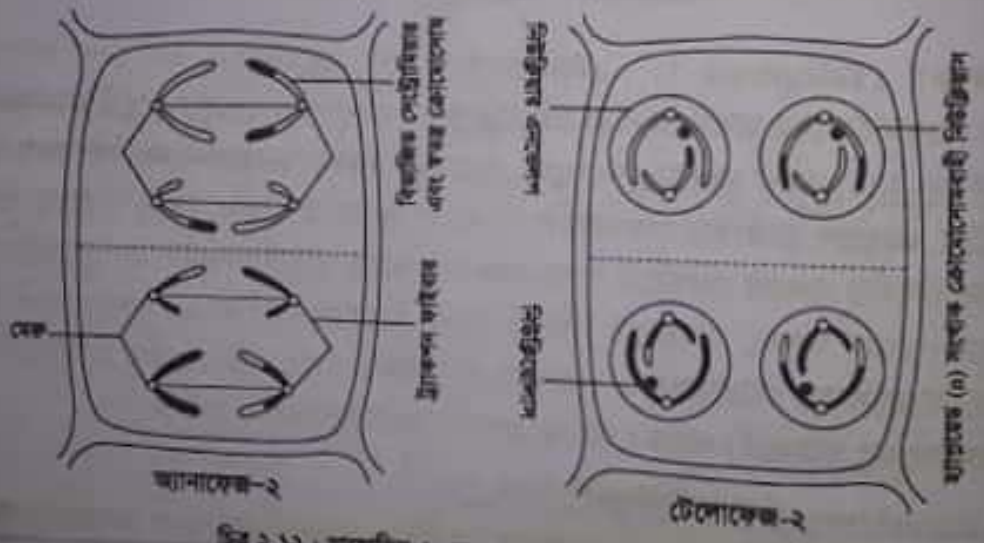
(২) মেটাফেজ-২ (Metaphase-2) : এ পর্যায়ে স্পিন্ডল যন্ত্র সৃষ্টি হয় এবং ক্রোমোসোমগুলো বিষুবীয় অঞ্চলে এসে অবস্থান করে এবং ট্র্যাকশন ফাইবারের সাথে যুক্ত হয়। ক্রোমোসোমগুলো আরও খাটো ও মোটা হয়। শেষ পর্যায়ে সেন্ট্রোমিয়ার একেবারে বিভক্ত হয়ে যায়।

Scanned by CamScanner



চিত্র ২.১১ : মায়োসিস-২ এর প্রোফেজ-২ এবং মেটাফেজ-২ পর্যায়।

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



চিত্র ২.১২ : মায়োসিস-২ এর অ্যানাফেজ-২ এবং টেলোফেজ-২ পর্যায়।

(৪) টেলোফেজ-২ (Telophase-2) : টেলোফেজ-২ হলো মায়োসিস-২ প্রক্রিয়ার শেষ পর্যায়। মেরুতে ক্রো তথা ক্রোমোসোমগুলো স্থির হয় এবং এদের চারদিকে নিউক্লিয়ার এনভেলপের আবির্ভাব ঘটে এবং স্যাট ক্রোমো নিউক্লিয়োলাস সৃষ্টি হয়; ফলে দুটি পৃথক নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়। নিউক্লিয়াসে জলযোজন ঘটে, ক্রোমোসোম সম্প্রসারিত ও সরু হয় এবং রঞ্জক ধারণ ক্ষমতার বিলুপ্তি ঘটে, ফলে আর দেখা যায় না।

সাইটোকাইনেসিস-২ : দুটি নিউক্লিয়াসের মাঝখানে কোষঝিল্লি এবং উদ্ভিদ কোষে কোষঝিল্লি ছাড়াও কোষ গঠন হয় এবং সাইটোপ্লাজম বিভক্ত হয় অর্থাৎ প্রত্যেকটি নিউক্লিয়াস তার চারপাশে সাইটোপ্লাজম, কোষঝিল্লি কোষঝাটীর সহযোগে একটি স্বতন্ত্র কোষে পরিণত হয়। মায়োসিসের মাধ্যমে বিভাজন শেষে একটি মাতৃকোষ হতে চা কোষের সৃষ্টি হয় এবং প্রতি কোষে ক্রোমোসোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোসোম সংখ্যার অর্ধেক হয়। সৃষ্ট চারটি স সমগুণ সম্পন্ন হয় না।

মায়োসিসের গুরুত্ব (বা তাৎপর্য বা প্রয়োজনীয়তা)

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

Scanned by CamScanner

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 জন্য 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 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 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 ক্রসিং ওভারের 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। **জনুক্রম :** যে সকল জীবের জীবনচক্রে জনুক্রম আছে সেখানে মায়োসিস প্রত্যক্ষ ভূমিকা পালন করে।

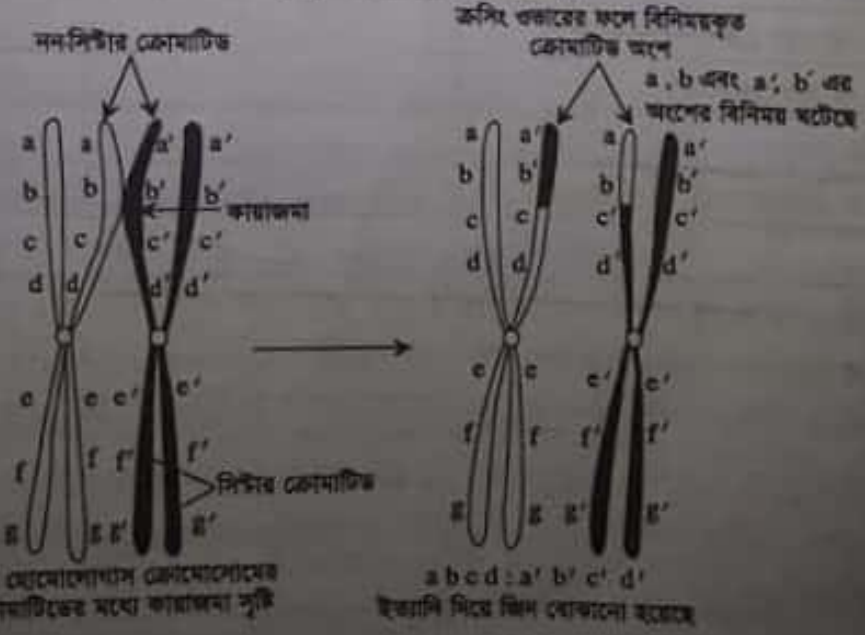
৮। **মেন্ডেলের সূত্র :** মেন্ডেলের সূত্রের ব্যাখ্যা দেয়া মায়োসিস ছাড়া সম্ভব নয়।

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 হান্ট মর্গান (Thomas Hunt Morgan, 1866-1945) ১৯০৯ সালে ড্রসফিলা উদ্ভিদে প্রথম ক্রসিং ওভার সম্পর্কে ধারণা দেন। ১৯৩৩ খ্রিস্টাব্দে তিনি নোবেল পুরস্কার পান।

ক্রসিং ওভারের কৌশল

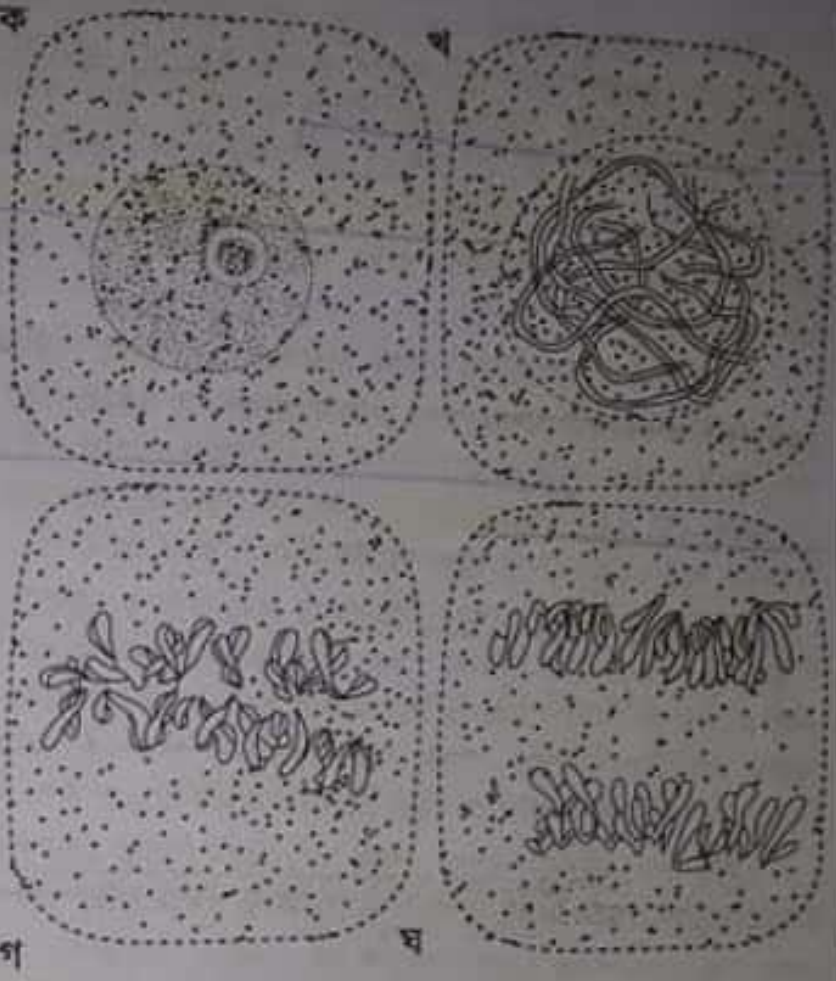
(i) প্রথমে দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড একই স্থান বরাবর ভেঙে যায়।



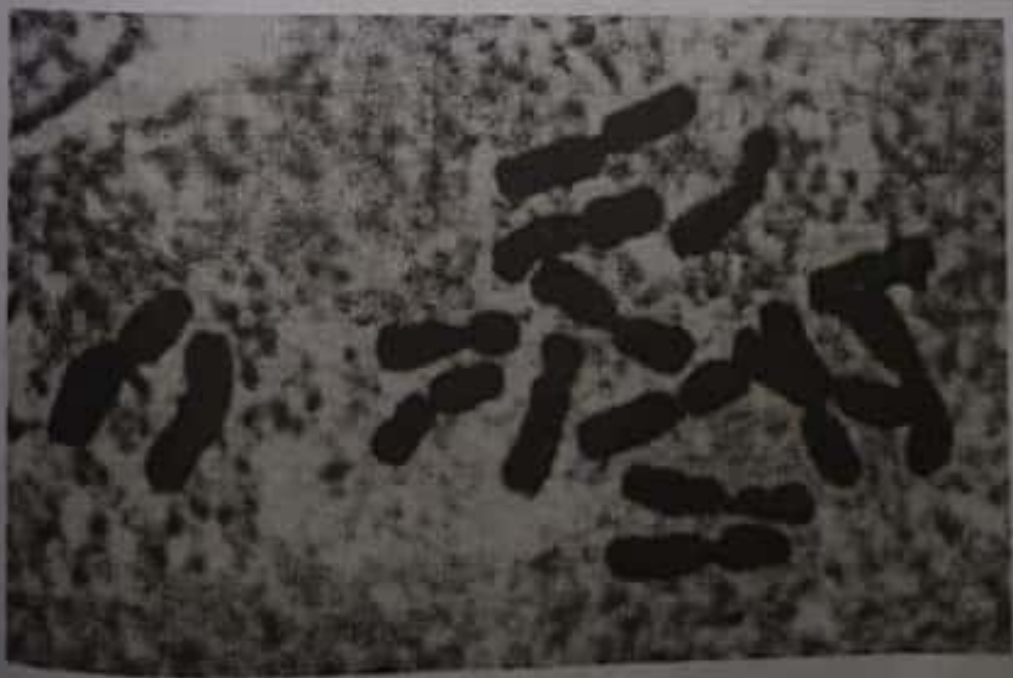
চিত্র ২.১৩ : এক জোড়া সমসংস্থ ক্রোমোসোমের দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে ক্রসিং ওভার।

Scanned by 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 কাল এবং নরম হবে। পরে কাল 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 কাজটি করা হয়।)



চিত্র ২.১৪ : পেঁয়াজ মূলের মাইটোসিস-এর বিভিন্ন পর্যায় (ক) ইন্টারফেজ, (খ) প্রোফেজ, (গ) মেটাফেজ, (ঘ) অ্যানাফেজ পর্যায়গুলো স্লাইড দেখে হাতে আঁকা।



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

চিত্র ২.১৫ : 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 দু'টি 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 এরূপ জোড় হওয়াকে বলা হয় সিন্যাপসিস। হোমোলোগাস জোড়াকে বলা হয় বাইভেলেন্ট। সিন্যাপসিস ঘটাই মায়োসিসের উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য এবং এখান থেকেই ক্রমহ্রাসমান 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 অপত্য কোষে অবস্থান করাই সাইটোকাইনেসিস অথবা সাইটোপ্লাজমের বিভক্তিই সাইটোকাইনেসিস। সাইটোপ্লাজম ভাগ না হলে কেবল নিউক্লিয়াসের বিভক্তির মাধ্যমে কোষ বিভাজন সমাপ্ত হবে না এবং ফলপ্রসূ হবে না।

কোষ চক্র : বিভাজনযোগ্য কোষ সব সময়ই বিভক্ত হতে থাকে। এই বিভক্তির কর্মকাণ্ডের বিভিন্ন পর্যায় চক্রাকারে চলতে থাকে। কোষ বিভক্ত হওয়ার আগে একটু বিশ্রাম নেয়, তারপর কোষস্থ DNA অনুলিপন হয়, এরপর আবার বিশ্রাম নেয় এবং শেষ পর্যন্ত কোষ বিভাজন হয়। বিশ্রাম, অনুলিপন, আবার বিশ্রাম—এই 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 কোষ চক্র।

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) নিউক্লিয়োলাস ও নিউক্লিয়ার এনভেলপ উপস্থিত।
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 'হরি' উৎপাদনে কোষ বিভাজনের ভূমিকা রয়েছে।

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

Scanned by CamScanner