

ইউনিট- ৯

কোষ বিভাজন

একটিমাত্র কোষ দিয়ে প্রতিটি জীবন শুরু হয়। প্রকৃতপক্ষে কোন কোষের উৎপত্তি তার পূর্ববর্তী কোন কোষ থেকেই। এককোষী জীবসমূহ যেমন- ব্যাকটেরিয়া, ঈষ্ট, এককোষী শৈবাল ইত্যাদি বিভাজনের মাধ্যমে একটি থেকে অসংখ্য এককোষী জীবে পরিণত হয়। বহুকোষী জীবের ক্ষেত্রেও একটিমাত্র কোষ (জাইগোট বা নিষিক্ত ডিম্বক) হতে জীবন শুরু করে। এক্ষেত্রে এককোষী নিষিক্ত ডিম্বক বার বার কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে বহুকোষী জীবের সৃষ্টি হয়। কাজেই কোষ বিভাজন একটি মৌলিক ও অত্যাাবশ্যকীয় প্রক্রিয়া, কেননা কোষ বিভাজন না হলে এককোষী জীব চিরকাল এককোষীই থেকে যেত, কোনদিনও বহুকোষী জীবে পরিণত হতো না।

উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ প্রধানত দুপ্রকার কোষ দিয়ে গঠিত। উদ্ভিদ বা প্রাণীর দেহ গঠনকারী কোষগুলোকে দেহ কোষ (body cell) বা অঙ্গকোষ (vegetative cell) বলা হয়। অন্যদিকে উদ্ভিদ বা প্রাণীর জননঅঙ্গ গঠনকারী কোষগুলোকে জননকোষ (reproductive cell) বা জার্ম কোষ (germ cell) বলা হয়।

সাধারণত কোষের প্রধান অংশ দুটি-

- নিউক্লিয়াস ও
- সাইটোপ্লাজম

কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস ও সাইটোপ্লাজম উভয়েরই বিভাজন প্রয়োজন। কোষ বিভাজনে কোষের নিউক্লিয়াসের বিভাজনকে, নিউক্লিয়াসের বিভাজন বা ক্যারিওকাইনেসিস (karyokinesis) এবং সাইটোপ্লাজমের বিভাজনকে সাইটোকাইনেসিস (cytokinesis) বলে।

সংজ্ঞা : যে প্রক্রিয়ায় কোন একটি কোষ বিভক্ত হয়ে নতুন কোষ সৃষ্টি করে অর্থাৎ কোষের সংখ্যা বৃদ্ধি করে, তাকে কোষ বিভাজন (cell division) বলে। যে কোষটি বিভাজিত হয় তাকে মাতৃ কোষ (mother cell) এবং বিভাজনের ফলে যে নতুন কোষ উৎপন্ন হয়, তাকে অপত্য কোষ (daughter cell) বলে।

কোষ বিভাজনের প্রকারভেদ

কোষ বিভাজন প্রধানত তিন প্রকার। যথা-

- অ্যামাইটোসিস বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন (amitosis)
- মাইটোসিস (mitosis)
- মায়োসিস (meiosis)

পাঠ- ১ : কোষ বিভাজন - অ্যামাইটোসিস ও মাইটোসিস

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ অ্যামাইটোসিস কোষ বিভাজন কি তা উল্লেখ করতে পারবেন।
- ◆ মাইটোসিস কোষ বিভাজনের সংজ্ঞা, কোথায় হয় এবং এর পরিণতি লিখতে পারবেন।
- ◆ মাইটোসিস কোষ বিভাজনের পর্যায়সমূহ বর্ণনা করতে পারবেন।
- ◆ মাইটোসিস কোষ বিভাজনের বৈশিষ্ট্য সনাক্ত করতে পারবেন।
- ◆ মাইটোসিস এর গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

অ্যামাইটোসিস বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন (Amitosis or direct cell division)

যে প্রক্রিয়ায় কোন কোষের নিউক্লিয়াস এবং সাইটোপ্লাজম সরাসরি বিভক্ত হয়ে দুই বা ততোধিক অপত্য কোষ সৃষ্টি করে, তাকে অ্যামাইটোসিস বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন বলে।

এ প্রকার কোষ বিভাজন ব্যাকটেরিয়া, প্রোটোজোয়া (যেমন- অ্যামিবা), ঈষ্ট প্রভৃতি এককোষী জীবদেহে ঘটে।

অ্যামাইটোসিস পদ্ধতি

এ পদ্ধতিতে কোষ বিভাজনের শুরুতে নিউক্লিয়াসটি ধীরে ধীরে লম্বা হতে থাকে এবং পরে দুপ্রান্ত মোটা ও মাঝের অংশটি সরু হয়ে ডাম্বলের আকার ধারণ করে। ডাম্বল আকৃতি বিশিষ্ট নিউক্লিয়াসের সরু মধ্যভাগটি আরও সরু হতে থাকে এবং একসময় পরস্পর হতে বিচ্ছিন্ন হয়ে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। নিউক্লিয়াস বিভাজনের সাথে সাথে কোষের কোষ প্রাচীরসহ

সাইটোপ্লাজম মাঝ বরাবর সঙ্কুচিত হয়ে বিচ্ছিন্ন হয়। ফলে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়। পরে অপত্য কোষ দুটি বৃদ্ধি পেয়ে মাতৃকোষের সমান হয়। এ প্রকার বিভাজনে নিউক্লিয়াস বিভাজনের কোন পর্যায় পরিলক্ষিত হয় না।

চিত্র ৯.১ : অ্যামাইটোসিস বা প্রত্যক্ষ কোষ বিভাজন

মাইটোসিস (Mitosis)

দেহকোষ বিভাজন, প্রক্রিয়াটি দুটি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়। প্রথম পর্যায়ে নিউক্লিয়াসটি বিভাজিত হয়, অর্থাৎ একটি প্রকৃত কোষের প্রতিটি ক্রোমোজোমের একটি করে ক্রোমাটিড দুদিকে দুমেরুতে সরে গিয়ে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। নিউক্লিয়াসের এ বিভাজনকে বলে ক্যারিওকাইনেসিস (Karyokinesis)। নিউক্লিয়াস বিভাজনের সাথে সাথে কোষের কোষপ্রাচীরসহ সাইটোপ্লাজম বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি করে। সাইটোপ্লাজমের এ বিভাজনকে সাইটোকাইনেসিস (Cytokinesis) বলে।

এ প্রক্রিয়ায় বিভক্ত কোষের ক্রোমোজোমের সংখ্যাগত, আকৃতিগত ও গুণগত কোন পরিবর্তন ঘটে না অর্থাৎ নতুন সৃষ্ট দুটি কোষের প্রতিটিতে ক্রোমোজোমের সংখ্যা, গুণাগুণ ও গঠনাকৃতি মাতৃকোষের ক্রোমোজোমের সংখ্যা, গুণাগুণ ও গঠনাকৃতি একইরূপ থাকে। এ বিভাজন প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোজোম একবার মাত্র বিভাজিত হয়। নতুন দুটি অপত্য কোষে ক্রোমোজোম সমসংখ্যায় বিতরিত হয় বা বিভক্ত হয়। মাইটোসিস বিভাজনকে সমীকরণিক বিভাজন (equational division) ও বলা হয়।

সংজ্ঞা : যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় নানাবিধ পরিবর্তনের মাধ্যমে একটি প্রকৃত কোষের নিউক্লিয়াস ও ক্রোমোজোম উভয়ই মাত্র একবার করে বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি করে তাকে মাইটোসিস (mitosis) বলে।

শ্লাইখার (Schleicher, ১৮৭৯) লক্ষ্য করেন, একটি দেহকোষীয় নিউক্লিয়াস বিভক্ত হয়ে দুটি অনুরূপ নিউক্লিয়াসে পরিণত হয় এবং তিনি এর নাম দেন ক্যারিওকাইনেসিস। পরবর্তীতে ফ্লেমিং (Fleming, ১৮৮২) এ প্রকার বিভাজনকে সম্পূর্ণভাবে মাইটোসিস নামে অভিহিত করেন।

মাইটোসিস কোথায় হয়?

প্রকৃত নিউক্লিয়াসযুক্ত উদ্ভিদ ও প্রাণীদের দৈহিক কোষে মাইটোসিস ঘটে থাকে। উদ্ভিদের বর্ধনশীল অংশ, যথা- উদ্ভিদের কাণ্ড বা শাখা প্রশাখার শীর্ষ, মূলের অগ্রভাগ, জ্রণমুকুল, জ্রণমূল, পুষ্পমুকুল, অগ্রমুকুল, বর্ধনশীল পত্র, ক্যান্থিয়াম ইত্যাদি ভাজক টিস্যুর কোষ এ প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়। জীবদেহের সকল অঙ্গ-প্রত্যঙ্গ মাইটোসিস প্রক্রিয়ারই ফল। জননাস্রের গঠন ও বৃদ্ধিও মাইটোসিস প্রক্রিয়ার মাধ্যমেই হয়ে থাকে।

মাইটোসিসের মুখ্য পরিণতি

কোষের সংখ্যা বৃদ্ধির জন্য প্রাণী ও উদ্ভিদের দৈহিক বৃদ্ধি ঘটে থাকে। আর এ সংখ্যাবৃদ্ধি ঘটে থাকে মাইটোসিস প্রক্রিয়ায়। সুতরাং মাইটোসিস না ঘটলে জ্রণ জ্রণই থেকে যেত কখনও বহুকোষী উদ্ভিদ বা প্রাণীতে পরিণত হত না। কাজেই উদ্ভিদ ও প্রাণীর দৈহিক সংখ্যাবৃদ্ধির জন্য মাইটোসিস প্রধান ভূমিকা পালন করে।

মাইটোসিস পদ্ধতি (Process of mitosis)

মাইটোসিস বলতে সমগ্র কোষের বিভাজনকে বুঝালেও প্রকৃতপক্ষে মাইটোসিস বলতে নিউক্লিয়াসের বিভাজন বা ক্যারিওকাইনেসিসকে বুঝায়।

মাইটোসিস একটি পর্যায়ক্রমিক ধারাবাহিক প্রক্রিয়া। প্রক্রিয়াটি শুরু করার আগেই নিউক্লিয়াসকে কিছু প্রস্তুতিমূলক কাজ সম্পন্ন করতে হয়। এ অবস্থাকে ইন্টারফেজ (interphase) বলে।

ইন্টারফেজ বা বিভাজন প্রস্তুতি

একটি কোষ একবার বিভক্ত হবার পর পুনরায় বিভক্ত হবার পূর্বে কোষের অবস্থাকে ইন্টারফেজ বা পর্যায়মধ্যক দশা বলে। ইন্টারফেজ পর্যায়ের পরবর্তী বিভাজনের সকল প্রস্তুতি চলে থাকে। কোষের বিভাজন রত অবস্থা ও পর্যায়মধ্যক অবস্থাকে একসাথে করে অর্থাৎ কোষ বিভাজনের এক পর্যায়মধ্যক অবস্থা হতে পরবর্তী পর্যায়মধ্যক অবস্থা পর্যন্ত সময়টিকে কোষ চক্র (cell cycle) বলে।

হাওয়ার্ড ও পেঙ্ক (Howard and Pelc) ১৯৫৩ খৃষ্টাব্দে বিপাকীয় কার্যের ভিত্তিতে ইন্টারফেজ দশাকে তিনটি উপদশায় বিভক্ত করেন। যথা-

ক) বিরাম- ১ (Gap I or G1)

খ) DNA অনুলিপন (Synthesis or S)

গ) বিরাম- ২ (Gap 2 or G2)

চিত্র ৯.২ : হাওয়ার্ড-পেঙ্ক কোষ চক্র

এতে দেখা যায়, সমস্ত কোষচক্রের শতকরা ৯০-৯৫ ভাগ সময় ইন্টারফেজ এবং মাত্র শতকরা ৫-১০ ভাগ সময় বিভাজনে ব্যয় হয়। ইন্টারফেজ দশার বিরাম- ১ এ শতকরা ৩০-৪০ ভাগ সময়, অনুলিপনে শতকরা ৩০-৫০ ভাগ সময় এবং বিরাম- ২ এ শতকরা ১০-২০ ভাগ সময় ব্যয় হয়। অনুলিপন উপদশাতে DNA অনুলিপন সংঘটিত হয়। এক্ষেত্রে DNA পলিমারেজ এনজাইম DNA অনুলিপনে সহায়তা করে। কোন কোন ক্ষেত্রে DNA অনুলিপন কোষ বিভাজনের প্রোফেজ পর্যায় পর্যন্ত চলতে পারে। এ সময় বিভিন্ন প্রকার প্রোটিন ও RNA অণুও সৃষ্টি হয়ে থাকে। তাছাড়া এ দশায় বিভিন্ন প্রকার পদার্থ সংশ্লেষিত হয় বলে একে সংশ্লেষ দশা বলে। এসময় DNA-র পরিমাণ দ্বিগুণ বৃদ্ধি পায় এবং সেসঙ্গে ক্রোমোজোমের দেহও দ্বিগুণ বৃদ্ধি পায়। উল্লেখ্য যে, DNA-এর সংশ্লেষ না ঘটলে মাইটোসিস বিভাজন শুরু হয় না। মাইটোসিসের শুরুতেই ATP সরবরাহ, RNA ও প্রোটিন সংশ্লেষণ খুবই জরুরী এবং পর্যায়মধ্যক বা ইন্টারফেজ নিউক্লিয়াসে এগুলি সংশ্লেষিত হয়ে থাকে।

মাইটোসিসের বিভিন্ন পর্যায়সমূহ

কোষবিভাজন একটি অবিচ্ছিন্ন বা ধারাবাহিক প্রক্রিয়া। বর্ণনার সুবিধার্থে মাইটোসিস প্রক্রিয়াকে পাঁচটি পর্যায়ে বিভক্ত করা হয়। যথা—

১. প্রোফেজ বা আদ্যপর্যায়
২. প্রোমেটাফেজ বা প্রাক-মধ্যপর্যায়
৩. মেটাফেজ বা মধ্যপর্যায়
৪. অ্যানাফেজ বা গতিপর্যায় এবং
৫. টেলোফেজ বা শেষ পর্যায়

(১) প্রোফেজ (Prophase) বা আদ্যপর্যায়

এ পর্যায়ের শুরুতে নিউক্লিয়াসটি আয়তনে বৃদ্ধি পায় এবং নিউক্লিওজালিকা ধীরে ধীরে খুলে গিয়ে নির্দিষ্ট সংখ্যক ক্রোমোজোমে পরিণত হয়। নিউক্লিয়াসে, বিশেষ করে ক্রোমোজোমগুলিতে পানি বিয়োজন বৃদ্ধি পাওয়ায় ক্রোমোজোমগুলি দৃশ্যমান হয়। এমতাবস্থায় ক্রোমোজোমগুলিতে রঞ্জন ধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় এবং সঠিকভাবে রঞ্জন করলে এদেরকে যৌগিক আলোক অণুবীক্ষণেই দেখা যায়। এ পর্যায়ে পানি বিয়োজন বৃদ্ধির সাথে সাথে ক্রোমোজোমগুলি সংকুচিত হতে থাকে, ফলে ক্রমান্বয়ে এরা খাট ও মোটা হয় এবং স্পষ্ট হতে স্পষ্টতর হতে থাকে। এ পর্যায়ে প্রতিটি ক্রোমোজোম সেন্ট্রোমিয়ার ব্যতীত লম্বালম্বিভাবে দুটি অর্ধাংশে

বিভক্ত হয়। ক্রোমোজোমের

এরূপ প্রতিটি অর্ধাংশকে

ক্রোমাটিড (chromatid)

বলে। প্রতিটি

ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিড

দুটি সেন্ট্রোমিয়ার অঞ্চলে

যুক্ত থাকে।

এ পর্যায়ের শেষের দিকে

নিউক্লিয়লাস এবং

নিউক্লিয়ার মেমব্রেনের

বিলুপ্তি ঘটে।

চিত্র ৯.৩ : মাইটোসিস-এর ইন্টারফেজ ও প্রোফেজ পর্যায়।

(২) প্রো-মেটাফেজ (Prometaphase) বা প্রাক-মধ্যপর্যায়

প্রোফেজ পর্যায়ের শেষদিকে উদ্ভিদকোষে কতকগুলি তন্তুময় প্রোটিন গঠিত দুমেরুযুক্ত স্পিন্ডল যন্ত্র (spindle apparatus)-এর সৃষ্টি হয়। স্পিন্ডল যন্ত্রের দুমেরুর মধ্যবর্তী অঞ্চলকে বিষুবীয় (equatorial region) অঞ্চল বলে। স্পিন্ডল যন্ত্রের তন্তুগুলি একপ্রান্ত থেকে অপর প্রান্ত পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। এ তন্তুগুলিকে স্পিন্ডল তন্তু (spindle fibre) বলা হয়। এ পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলি সেন্ট্রোমিয়ারের সাহায্যে স্পিন্ডল যন্ত্রের নির্দিষ্ট তন্তুর সাথে যুক্ত হয়। ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার সংযুক্তকারী তন্তুকে আকর্ষণ তন্তু (attraction fibre) বলা হয়। অনেকসময় এ তন্তুকে ক্রোমোজোমাল তন্তু (chromosomal fibre) বলা হয়।

চিত্র ৯.৪ : মাইটোসিস-এর প্রোমেটাফেজ এবং মেটাফেজ পর্যায়

৩। মেটাফেজ (Metaphase) বা মধ্যপর্যায়

এ পর্যায়ের ক্রোমোজোমগুলি স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চলে একত্রিত হয়। বিষুবীয় অঞ্চলে ক্রোমোজোমের অবস্থানকে মেটাকাইনেসিস (metakinesis) বলে। দেখা গেছে, ক্রোমোজোমের আকার ও স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চলে অবস্থানের মধ্যে একটি সম্পর্ক আছে। যে সকল কোষে বড় ও ছোট উভয় ধরণের ক্রোমোজোম আছে, সেক্ষেত্রে ছোট ক্রোমোজোমগুলি সাধারণত স্পিন্ডল যন্ত্রের অভ্যন্তরে এবং বড় ক্রোমোজোমগুলি এর পরিধির দিকে অবস্থান করে। এ পর্যায়ের শেষভাগে প্রতিটি সেন্ট্রোমিয়ার সম্পূর্ণ বিভক্ত হয়ে দুটি অপত্য সেন্ট্রোমিয়ার সৃষ্টি করে এবং বিভক্তকৃত সেন্ট্রোমিয়ার স্ব স্ব মেরুমুখী হয়ে অবস্থান করে।

৪। অ্যানাফেজ (Anaphase) বা গতি পর্যায়

সেন্ট্রোমিয়ারের পূর্ণ বিভক্তির ফলে প্রতিটি ক্রোমাটিড একটি অপত্য ক্রোমোজোমে পরিণত হয় এবং প্রতিটি অপত্য ক্রোমোজোম এদের নিকটস্থ মেরুর দিকে ধাবিত হতে থাকে। এনাফেজ পর্যায়ের মেরুর দিকে ক্রোমোজোমের চলনকে ক্রোমোজোমীয় চলন (movement of chromosome) বলে। প্রত্যেকটি ক্রোমোজোমের মেরুর দিকে চলনের সময় সেন্ট্রোমিয়ার অগ্রগামী এবং বাহু অনুগামী হয়। সাধারণত ক্রোমোজোমাল তন্তু ক্রমাগত স্কুদ্র হওয়ায় ক্রোমোজোম মেরুর দিকে ধাবিত হতে থাকে। এছাড়া দুমেরুর দিকে চলনশীল দুদল ক্রোমোজোমের মধ্যবর্তী স্থানে ইন্টারজোনাল তন্তু (interzonal fibre) বা কাণ্ড দেহ (stem body) সৃষ্টি হয়ে উভয় মেরুর দিকে লম্বা হতে থাকে, যা ক্রোমোজোমের মেরুর দিকে চলনে সহায়তা করে। সেন্ট্রোমিয়ারের অবস্থান অনুযায়ী ক্রোমোজোমগুলি V (মেটাসেন্ট্রিক), L (সাবমেটাসেন্ট্রিক), I (টেলোসেন্ট্রিক) ইত্যাদির মত আকার ধারণ করে। অপত্য ক্রোমোজোমগুলি মেরুর কাছাকাছি পৌঁছলেই এনাফেজ বা গতিপর্যায় শেষ হয়।

৫। টেলোফেজ (Telophase) বা শেষপর্যায়

প্রোফেজ পর্যায়ের সংঘটিত ঘটনা সমূহের ঠিক বিপরীত অবস্থা পরিলক্ষিত হয় টেলোফেজ পর্যায়ের। এ পর্যায়ের ক্রোমোজোমগুলিতে পুনরায় পানিযোজন (hydration) শুরু হয়। ফলে ক্রোমোজোমগুলি প্রসারিত হতে থাকে অর্থাৎ ক্রোমোজোমগুলি সরু ও লম্বা হতে থাকে এবং ক্রমাগত অদৃশ্য হতে থাকে। পরে কোষের দুমেরুরে ক্রোমোজোমের চারপাশে নতুন নিউক্লিয়-পর্দা সৃষ্টি হয় এবং নিউক্লিয়ার অরগানাইজার থেকে নিউক্লিয়াসের মধ্যে নিউক্লিওলাস সৃষ্টি হয়। এরফলে দুমেরুরে দুটি অপত্য নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি হয়।

চিত্র ৯.৫ : মাইটোসিস-এর অ্যানাফেজ ও টেলোফেজ পর্যায়

সাইটোকাইনেসিস

টেলোফেজ পর্যায়েই সাইটোপ্লাজমের বিভাজন তথা সাইটোকাইনেসিস (cytokinesis) শুরু হয়। উদ্ভিদ কোষে স্পিন্ডল যন্ত্রের বিষুবীয় অঞ্চল ক্রমশ প্রশস্ত হয়ে কোষপ্রাচীরকে স্পর্শ করে। প্রকৃত পক্ষে বিষুবীয় অঞ্চলে কোষ প্লেট (cell plate) সৃষ্টির মাধ্যমে সাইটোপ্লাজমের বিভাজন ঘটে। বিষুবীয় অঞ্চলে ক্রোমোজোম জমা হয় এবং পরে এরা মিলিত হয়ে প্লাজমালেমা (plasmalema) ঝিল্লীর সৃষ্টি করে। প্লাজমালেমার উপর অন্যান্য দ্রব্য জমা হয়ে কোষপ্লেটে পরিণত হয়। কোষপ্লেটে ক্রমান্বয়ে সেলুলোজ, পেকটিন প্রভৃতি সঞ্চিত হওয়ায় উহা ক্রমশ পুরু হতে থাকে এবং মাতৃকোষের প্রাচীরের সাথে যুক্ত হয়ে সাইটোপ্লাজমের বিভাজন সম্পূর্ণ করে। এভাবে সাইটোকাইনেসিসের ফলে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়।

প্রাণীর ক্ষেত্রে প্লাজমা পর্দা বিষুবীয় অঞ্চল বরাবর উভয়দিক হতে তিতরের দিকে প্রবেশ করে একটি খাঁজের সৃষ্টি করে। এ সময় সাইটোপ্লাজম পরিধি হতে আড়াআড়িভাবে মধ্যরেখা বরাবর সংকুচিত হতে থাকে এবং পরস্পর মিলিত হয়ে সাইটোপ্লাজমকে দুভাবে ভাগ করে। এভাবে দুটি কোষের সৃষ্টি হয়।

চিত্র ৯.৬ : উদ্ভিদ কোষে সাইটোকাইনেসিস প্রক্রিয়া

মাইটোসিসের বৈশিষ্ট্য

১. এ প্রক্রিয়ায় প্রতিটি ক্রোমোজোম লম্বালম্বিভাবে দুটি ক্রোমাটিডে বিভক্ত হয়। প্রতিটি ক্রোমাটিড এক একটি অপত্য ক্রোমোজোমের সৃষ্টি করে।
২. অপত্য ক্রোমোজোমগুলির সমান সংখ্যক দুমেরুতে গমন করে এবং দুটি অপত্য নিউক্লিয়াস ও পরে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি করে।
৩. অপত্য কোষগুলি মাতৃকোষের সম গুণমস্পন্ন হয়, কেননা জীবের বৈশিষ্ট্য নিয়ন্ত্রনকারী জীনসমূহ বহনকারী ক্রোমোজোম সমান সংখ্যায় অপত্য কোষ দুটিতে বিতরিত হয়।
৪. অপত্য কোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার সমান থাকে।
৫. অপত্য কোষ পরবর্তিতে বৃদ্ধি পেয়ে মাতৃকোষের সমান হয়।

মাইটোসিসের গুরুত্ব বা তাৎপর্য

জীবদেহে মাইটোসিস কোষ বিভাজনের গুরুত্ব অনেক। নিচে এ সম্পর্কে আলোচনা করা হলো—

১. দৈহিক বৃদ্ধি : বহুকোষী জীব শুরু হয় এককোষী জাইগোট থেকে। মাইটোসিস বিভাজনের ফলে এককোষী জাইগোট প্রথমে বহুকোষী ভ্রূণে পরিণত হয়। পরে ভ্রূণ থেকে একই প্রক্রিয়ায় পূর্ণাঙ্গ জীবের সৃষ্টি হয়।
২. বংশবৃদ্ধি : এককোষী (প্রকৃত কোষী, eukaryotic) জীব এ প্রক্রিয়ায় বংশবৃদ্ধি করে। (যেমন- *Chlamydomonas*)।
৩. ক্রোমোজোমের সমতা : এ প্রকার বিভাজনের ফলে মাতৃকোষের ডিপ্লয়েড (2n) ক্রোমোজোম সংখ্যা অপত্য কোষেও বর্তমান থাকে।
৪. ক্ষতপূরণ : বহুকোষী জীবে সৃষ্ট কোন ক্ষতস্থান মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় দ্রুত পূরণ হয়।
৫. জননাঙ্গ সৃষ্টি : এ প্রক্রিয়ায় বহুকোষী জীবের জননাঙ্গ সৃষ্টি হয়, যা বংশবৃদ্ধির ধারা বজায় রাখে।
৬. ক্রমাগত ক্ষয়পূরণ : মানবদেহের লোহিত কোষ ও কণিকার বাইরের কোষগুলি ক্রমাগত ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট নতুন কোষ দ্বারা ক্ষয়পূরণ নিশ্চিত হয়।
৭. গুণগত স্থিতিশীলতা : এ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন নতুন কোষের বৈশিষ্ট্য মাতৃকোষের হুবহু থাকে।
৮. নির্দিষ্ট আয়তন : এ বিভাজন প্রক্রিয়ার ফলে কোষের স্বাভাবিক আকার, আকৃতি ও আয়তন বজায় থাকে।

সারসংক্ষেপ

- ◆ মাইটোসিস প্রধানত দেহকোষের কোষ বিভাজন।
- ◆ ইন্টারফেজ বা পর্যায়মধ্যক পর্যায় হলো টেলোফেজ ও প্রোফেজ পর্যায়ের অন্তর্বর্তী পর্যায়।
- ◆ এ পদ্ধতি পাঁচটি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়। যথা- প্রোফেজ, প্রোমেটাফেজ, মেটাফেজ, অ্যানাফেজ ও টেলোফেজ।
- ◆ মাইটোসিসের ফলে এককোষী জাইগোট থেকে বহুকোষী জীবের সৃষ্টি হয়।
- ◆ এ পদ্ধতিতে মাতৃকোষের বৈশিষ্ট্য অক্ষুণ্ণ থাকে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ১

সঠিক উত্তরটির পার্শ্বে টিক চিহ্ন (√) দিন।

- ১। মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট নতুন কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা কি পরিবর্তন হয়?

ক. বৃদ্ধি পায়	খ. হ্রাস পায়
গ. সমান থাকে	ঘ. দ্বিগুন হয়
- ২। মাইটোসিস সাধারণত কোথায় ঘটে?

ক. দেহকোষে	খ. শুক্রানুতে
গ. ডিম্বানুতে	ঘ. হৃদপিণ্ডে
- ৩। মাইটোসিস বিভাজন প্রক্রিয়া কয়টি পর্যায়ে ঘটে?

ক. ৪ টি	খ. ৫ টি
গ. ৬ টি	ঘ. ৭ টি
- ৪। মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় নিচের কোন শৈবালটি বংশবৃদ্ধি করে।

ক. <i>Volvox</i>	খ. <i>Chara</i>
গ. <i>Ulothrix</i>	ঘ. <i>Chlamydomonas</i>

পাঠ- ২ : কোষ বিভাজন : মায়োসিস : মায়োসিস- ১

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ মায়োসিস কোষ বিভাজন কি, কোথায় হয়, কেন হয় উল্লেখ করতে পারবেন।
- ◆ এ বিভাজন প্রক্রিয়ার পর্যায়সমূহ বর্ণনা করতে পারবেন।

মায়োসিস বা হ্রাসমূলক বিভাজন

Meiosis or Reductional Division

মায়োসিস একটি বিশেষ ধরণের কোষ বিভাজন, যার মাধ্যমে জনন-মাতৃকোষ হতে জননকোষ উৎপন্ন হয়। গ্রীক শব্দ "meioun" (হাস করা) হতে "meiosis" শব্দটির উৎপত্তি হয়েছে। স্ট্রাসবুর্গার (Strashburger) ১৮৮৩ সালে সর্বপ্রথম মায়োসিস প্রক্রিয়া আবিষ্কার করেন। ইহা আবিষ্কৃত হবার বহু বছর পর ফার্মার (J. B. Farmer) ও মুর (J. E. Moore) ১৯০৫ সালে একে মায়োসিস নাম দেন।

এ ধরনের কোষ বিভাজন ডিপ্লয়েড জীবের জনন মাতৃকোষে অথবা হ্যাপ্লয়েড জীবের নিষিক্ত জাইগোটে হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে কোষের নিউক্লিয়াস একটি জটিল পরিবর্তনের মাধ্যমে বিভক্ত হয় এবং বিভক্তির ফলে সৃষ্ট চারটি কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেক হয়ে যায়। ক্রোমোজোম সংখ্যা হ্রাস পাওয়ায় এ প্রকার বিভাজনকে মায়োসিস বা হ্রাসমূলক বিভাজন বলে। এক্ষেত্রে নিউক্লিয়াস দুবার ও ক্রোমোজোম একবার বিভাজিত হয়।

সংজ্ঞা

যে কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ায় ক্রোমোজোমসমূহ একবার এবং নিউক্লিয়াস দুবার বিভক্ত হয়, ফলে সৃষ্ট চারটি কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা (n) মাতৃকোষের ক্রোমোজোম (2n) সংখ্যার অর্ধেক হয়ে যায়, তাকে মায়োসিস বলে।

মায়োসিস কোথায় হয়?

মায়োসিস সর্বদা যৌন জননকারী জীবের জনন মাতৃকোষে তথা মায়োসাইটে (meiocyte) সম্পন্ন হয়। দৈহিক কোষে কখনও মায়োসিস ঘটে না, সর্বদাই ডিপ্লয়েড (2n) সংখ্যক ক্রোমোজোম বিশিষ্ট কোষে হয়।

নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদে [হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদে, (n)] মায়োসিস ঘটে নিষেকের পর জাইগোটে। উচ্চ শ্রেণীর উদ্ভিদে [ডিপ্লয়েড উদ্ভিদে (2n)] মায়োসিস ঘটে নিষেক প্রক্রিয়ার পূর্বে অর্থাৎ গ্যামেট সৃষ্টির সময়।

মায়োসিস কেন ঘটে?

উচ্চ শ্রেণীর উদ্ভিদে মায়োসিসের ফলে একটি জনন মাতৃকোষ হতে চারটি জনন কোষের সৃষ্টি হয়, ফলে সৃষ্ট চারটি কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেক হয়ে যায়। দুটি জননকোষ, তথা পুংজননকোষ ও স্ত্রী জননকোষ একত্রে মিলিত হয়ে একটি জাইগোট সৃষ্টি করে। পরে জাইগোটটি মাইটোটিক বিভাজনের ফলে একটি ভ্রূণ সৃষ্টি করে, ভ্রূণটি বারবার বিভাজনের মাধ্যমে বাহুকোষী জীবের সৃষ্টি করে। কাজেই মায়োসিস বিভাজনের মাধ্যমে উচ্চ শ্রেণীর উদ্ভিদের জননকোষগুলিতে ক্রোমোজোম সংখ্যা কমে জনন মাতৃকোষের অর্ধেক না হলে, জননকোষ দুটির মিলনে সৃষ্ট জীবে ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হবে। অন্যদিকে নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদে (যেমন- হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদ, শৈবাল) দুটি গ্যামেটের মিলনে সৃষ্ট জাইগোটে ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হবে। যেহেতু ক্রোমোজোমই জীবের লক্ষণ নিয়ন্ত্রণকারী জিন (gene) বহন করে, সেহেতু ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হলে; পরবর্তী বংশধর তথা সন্তান সন্ততির বৈশিষ্ট্য পিতা-মাতা থেকে ভিন্নতর হবে, তাছাড়া জীবের টিকে থাকা হুমকির সম্মুখীন হবে।

ডিপ্লয়েড জীবে গ্যামেট সৃষ্টিকালে জনন মাতৃকোষে এবং হ্যাপ্লয়েড জীবের জাইগোটে মায়োসিস হয় বলেই প্রজাতির বৈশিষ্ট্য বংশ পরম্পরায় টিকে থাকে।

মায়োসিসের বিভিন্ন পর্যায়সমূহ

মাইটোসিসের ন্যায় মায়োসিসও একটি অবিচ্ছিন্ন ধারাবাহিক প্রক্রিয়া। বর্ণনার সুবিধার্থে এ প্রকার বিভাজনকে দুটি পর্বে ভাগ করা হয়। যথা—

- ◆ মায়োসিস- ১
- ◆ মায়োসিস- ২

মায়োসিস- ১

মায়োসিস- ১ এ ক্রোমোজোম সংখ্যা অর্ধেক হয়ে যায় বলে একে হ্রাসমূলক (reductional) বিভাজনও বলা হয়। মায়োসিস কোষ বিভাজনে মায়োসিস- ১ সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ। কেননা এ পর্যায়ে ডিপ্লয়েড (2n) কোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা হ্রাস পেয়ে অর্ধেক হয় এবং সমসংস্থ (homologous) ক্রোমোজোমের মধ্যে পারস্পরিক অংশের বিনিময় (crossing over) হয়। মায়োসিস- ১ কে পুনরায় প্রোফেজ- ১, প্রোমেটাফেজ- ১, মেটাফেজ- ১, অ্যানাফেজ- ১ ও টেলোফেজ- ১ এ ভাগ করা হয়।

(১) প্রোফেজ- ১ বা আদ্যপর্যায়- ১

প্রোফেজ- ১-এ পর্যায়টি দীর্ঘস্থায়ী। এ পর্যায়ে নিউক্লিয়াসটি আকারে বৃদ্ধি পায় এবং ক্রোমোজোমের DNA এর পরিমাণ প্রায় দ্বিগুণ হয়।

এ পর্যায়টিকে পাঁচটি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়েছে। যথা—

- (ক) লেপ্টোটিন
- (খ) জাইগোটিন
- (গ) প্যাকাইটিন
- (ঘ) ডিপ্লোটিন এবং
- (ঙ) ডায়াকাইনেসিস

(ক) লেপ্টোটিন (Leptotene, গ্রীক Leptos = চিকন, পাতলা; Tene=সুতা)

প্রোফেজ- ১ এর লেপ্টোটিন উপপর্যায়ে নিউক্লিয়াসের পানি বিয়োজন শুরু হয়। ক্রমাগত পানি বিয়োজনের ফলে ক্রোমোজোমও ক্রমান্বয়ে সংকুচিত ও পুরু হতে থাকে। যৌগিক অণুবীক্ষণযন্ত্রে ক্রোমোজোমগুলিকে সুতার মত দেখায়। ক্রোমোজোমগুলি অবিভক্ত, দীর্ঘ ও জট পাকানো অবস্থায় থাকে বলে এদের প্রকৃত সংখ্যা নির্ণয় করা যায় না। প্রতিটি ক্রোমোজোমে বহু ক্রোমোমিয়ার দেখা যায়।

চিত্র ৯.৭ : মায়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ- ১ এর লেপ্টোটিন ও জাইগোটিন উপ-পর্যায়

(খ) জাইগোটিন (Zygotene : গ্রীক Zygos=জোড়া; Tene=সুতা)

এ উপ-পর্যায়ে সমসংস্থ বা হোমোলোগাস (homologous) ক্রোমোজোমগুলির পরস্পরের মধ্যে আকর্ষণ ঘটে। হোমোলোগাস ক্রোমোজোমদ্বয়ের মধ্যে পরস্পর আকর্ষণের ফলে একটি জোড়ার সৃষ্টি হয়। হোমোলোগাস ক্রোমোজোমদ্বয়ের একটি 'মাতা' থেকে এবং অন্যটি 'পিতা' থেকে আসে।

হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের এ জোড়া সৃষ্টি ক্রোমোজোমদ্বয়ের এক প্রান্ত হতে আরম্ভ হয়ে অন্য প্রান্তে শেষ হতে পারে, বা সেন্ট্রোমিয়ারদ্বয়ের মধ্যে আরম্ভ হয়ে দুদিকে ক্রমান্বয়ে বিস্তার লাভ করতে পারে, অথবা ক্রোমোজোমের স্থানে স্থানে আরম্ভ হতে পারে। হোমোলোগাস ক্রোমোজোমদ্বয়ের পরস্পরের সাথে জোড়া সৃষ্টি করাকে সিন্যাপসিস (synapsis) বলে। হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের প্রত্যেকটি জোড়াকে এক একটি বাইভেলেন্ট (bivalent) বলে। কাজেই কোষে যতগুলি ক্রোমোজোম থাকবে তার অর্ধেক সংখ্যক বাইভেলেন্ট সৃষ্টি হবে। নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস এ উপ-পর্যায় দেখা যায়।

গঠনের দিক থেকে একই প্রকার অর্থাৎ আকার, আকৃতি, ক্রোমোমিয়ারের অবস্থান ও সংখ্যা প্রভৃতি দিক থেকে একই প্রকার ক্রোমোজোম জোড়াকে সমসংস্থ বা হোমোলোগাস (homologous) ক্রোমোজোম বলে এবং এদের একটিকে অপরটির হোমোলগ (homologe) বলে।

(গ) প্যাকাইটিন (Pachytene : গ্রীক- Pachys = মোটা, পুরু; Tene=সূতা)

এ উপ-পর্যায় ক্রোমোজোমগুলি আরও খাট ও মোটা হয়। বাইভেলেন্টের প্রতিটি ক্রোমোজোম, সেন্ট্রোমিয়ার অংশ ব্যতীত দৈর্ঘ্য বরাবর বিভক্ত হয়। ফলে প্রতি বাইভেলেন্টে দুটি সেন্ট্রোমিয়ার ও চারটি ক্রোমোটিড থাকে। প্যাকাইটিনের পূর্বে প্রতিটি ক্রোমোজোমের দুটি করে ক্রোমাটিড দেখা যায় না। এখানে উল্লেখ্য যে, একই মাতৃ-ক্রোমোসোমের দুটি ক্রোমাটিডকে সিস্টার ক্রোমাটিড (sister chromatid) এবং একই বাইভেলেন্ট বা জোড়ার প্রতিটি ক্রোমোজোম থেকে একটি করে ক্রোমাটিড নিয়ে গঠিত দুটি ক্রোমাটিডকে নন-সিস্টার (non-sister chromatid) বলা হয়।

এ উপ পর্যায় ক্রোমোজোমগুলি আরও খাট ও মোটা হয়, তবে এ উপ-পর্যায়ের শেষের দিকে বাইভেলেন্ট ক্রোমোজোমগুলির মধ্যে আকর্ষণ শক্তির পরিবর্তে বিকর্ষণ শক্তি পরিলক্ষিত হয়। এজন্য বাইভেলেন্টের ক্রোমোজোম দুটি পরস্পর হতে পৃথক হতে থাকে। এ সময় বাইভেলেন্টের দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড বিভিন্নস্থানে 'X' চিহ্নের ন্যায় যুক্ত থাকে। দু'টি নন সিস্টার ক্রোমাটিডের 'X' চিহ্নিত জোড়াগুলিকে একবচনে *কায়েজমাটা 'X'* এবং বহুবচনে *কায়েজমা 'X'* বলে। নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের এরূপ পরস্পর অংশ বিনিময়ের প্রক্রিয়াকে *ক্রসিং ওভার* বলে। খাট ক্রোমোজোম দ্বারা তৈরি বাইভেলেন্টে *কায়েজমাটা* নাও থাকতে পারে, অন্যদিকে লম্বা ক্রোমোজোম দ্বারা তৈরি বাইভেলেন্টে একাধিক *কায়েজমাটা* সৃষ্টি হতে পারে। *কায়েজমাটা* একাধিক হলে, প্রত্যেক *কায়েজমাটা* একই নন-সিস্টার ক্রোমাটিড জোড়ার মধ্যে হতে হবে এমন কোন বাধ্যবাধকতা নেই, এরা একাধিক নন-সিস্টার ক্রোমাটিড জোড়ার মধ্যেই হতে পারে। *ক্রসিং ওভার*ের ফলে ক্রোমোজোমের যে অংশের বিনিময় হয়, তাতে ক্রোমোজোমের গুণগতমানের মানের পরিবর্তন সাধিত হয়। এ উপ-পর্যায়ও নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস দেখা যায়।

চিত্র ৯.৮ : মায়োসিস বিভাজনের প্রফেজ- ১ এর প্যাকাইটিন ও ডিপ্লোটিন উপ-পর্যায়।

(ঘ) ডিপ্লোটিন (Diplotene : গ্রীক- Diplos= ডবল, Tene=সূতা)

এ উপ-পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলি আরও খাট ও মোটা হয়। বাইভেলেন্টের দুটি ক্রোমোজোম একে অপরের স্থান হতে আরও দূরে সরে যেতে থাকে কিন্তু কায়েজমাটা স্থানে বাধা পায়। ক্রোমোজোমদ্বয়ের পরস্পরের প্রতি এ বিকর্ষণ একসঙ্গে কয়েকস্থানে শুরু হতে পারে। তবে সাধারণত প্রথমে সেন্ট্রোমিয়ার দ্বয়ের মধ্যে শুরু হয়। ক্রোমোজোম দুটির বিকর্ষণ বৃদ্ধির সাথে সাথে কায়েজমাটা ক্রোমোজোমের প্রান্তের দিকে সরে যেতে থাকে। ক্রোমোজোমের প্রান্তের দিকে কায়েজমাটার এ গমনকে প্রান্তীয়করণ বা টারমিন্যালাইজেশন (terminalization) বলে। বিকর্ষণের ফলে দুটি কায়েজমাটার মধ্যবর্তী স্থানে ফাঁস বা লুপের (loop) সৃষ্টি হয়।

অতঃপর ক্রোমোজোমের বাহুসমূহের তথা লুপ সমূহের পারস্পরিক আবর্তন দেখা যায়। যেক্ষেত্রে বাহুদ্বয়ের মধ্যে একটিমাত্র কায়েজমাটা থাকে, সেখানে বাহুদ্বয় 180° কোন উৎপন্ন করে অবস্থান করে। অন্যদিকে একাধিক কায়েজমাটার উপস্থিতির ক্ষেত্রে লুপ বা লুপসমূহ 90° কোন তৈরি করে।

(ঙ) ডায়াকাইনেসিস (Diakinesis : গ্রীক- Dia=অপর পাশে; Kinesis= সমাবেশ)

এ উপ-পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলি আরও খাট ও মোটা হয়। প্রান্তীয়করণ তখনও চলতে থাকে এবং শেষে কায়েজমাটাগুলি বাইভেলেন্টের প্রান্তে পৌঁছে। বাইভেলেন্টগুলি নিউক্লিয়াসের কেন্দ্রস্থল হতে পরিধির দিকে চলে আসে। নিউক্লিয়াস অদৃশ্য হয়ে যায় এবং নিউক্লিয়ার মেমব্রেনের অবলুপ্তি ঘটতে থাকে। এ উপ-পর্যায়ের শেষ ভাগে নিউক্লিয়ার মেমব্রেনের অবলুপ্তি ঘটে।

(২) প্রো-মেটাফেজ- ১ বা প্রাক মধ্যপর্যায়- ১

নিউক্লিয়ার মেমব্রেন বিলুপ্তির সাথে সাথে প্রো-মেটাফেজ- ১ শুরু হয়। এ পর্যায় মাইটোসিসের প্রো-মেটাফেজের ন্যায়। উদ্ভিদকোষে এ পর্যায়ে দুমেরুযুক্ত স্পিন্ডল যন্ত্রের সৃষ্টি হয়। (প্রাণিকোষে এ পর্যায়ে অ্যাস্টার তন্ত্র সৃষ্টি হয়)। বাইভেলেন্টগুলি ক্রোমোজোমীয় নৃত্যের সাহায্যে বিষুবীয় অঞ্চলে চলে আসে।

চিত্র ৯.৯ : মায়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ- ১ এর ডায়াকাইনেসিস ও মেটাফেজ- ১ পর্যায়।

(৩) মেটাফেজ- ১ বা মধ্যপর্যায়- ১

এটি মাইটোসিসের মেটাফেজের অনুরূপ, তবে বিষুবীয় অঞ্চলে বিভক্ত ক্রোমোজোমের পরিবর্তে বাইভেলেন্টগুলি বিন্যস্ত থাকে। বাইভেলেন্টের দুটি সেন্ট্রোমিয়ারের একটি এক মেরুর দিকে (যেমন- উপরের মেরুর দিকে) এবং অন্যটি অপর মেরুর দিকে (যেমন- নিচের মেরুর দিকে) মুখ করে অবস্থান করে এবং সেন্ট্রোমিয়ার দুটি বিষুবীয় রেখা হতে সমদূরে থাকে। কতিপয় আকর্ষণ তন্ত্রের সাথে (একে ক্রোমোজোমাল তন্ত্রও বলা হয়) ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার যুক্ত থাকে।

(৪) অ্যানাফেজ- ১ বা গতিপর্যায়- ১

এ পর্যায়ে বাইভেলেন্টের দুটি ক্রোমোজোম (ক্রোমাটিড নয়) দুই বিপরীত মেরুর দিকে অগ্রসর হতে থাকে। ক্রোমোজোম সূত্রের সংকোচন, কাঙ্ক্ষিতের প্রসারণ ও অন্যান্য কারণে ক্রোমোজোম মেরুর দিকে অগ্রসর হতে থাকে। ক্রোমোজোমের এ ধরণের চলনের সময় সেন্ট্রোমিয়ার অগ্রগামী হয় এবং ক্রোমোজোমের বাহু অনুগামী হয়। ফলে ক্রোমোজোমগুলি V (মেটাসেন্ট্রিক), L (সাবমেটাসেন্ট্রিক), J (এক্সোসেন্ট্রিক) ও I (টেলোসেন্ট্রিক) প্রভৃতি আকার ধারণ করে। এ পর্যায়ে প্রতিটি কোষমেরু অভিমুখে দেহকোষীর ক্রোমোজোমের অর্ধেক সংখ্যক ক্রোমোজোম গমন করে। অর্থাৎ প্রতিটি মেরুতে ক্রোমোজোম সংখ্যা হয় n ।

(৫) টেলোফেজ- ১ বা অন্তঃপর্যায়- ১

এ পর্যায়ে প্রতিটি কোষ মেরুতে অবস্থিত ক্রোমোসোমে (n) মাইটোসিসের টেলোফেজের অনুরূপ পরিবর্তন দেখা যায়, অর্থাৎ ক্রোমোজোমের চারিদিকে আবার নিউক্লিয়ার মেমব্রেন এবং ভিতরে নিউক্লিওলাসের আবির্ভাব ঘটে। নিউক্লিয়াসে পানিযোজন শুরু হয়, ফলে ক্রোমোজোমগুলি ক্রমান্বয়ে সরু হতে থাকে। মাইটোসিসে উল্লিখিত প্রক্রিয়া সাইটোকাইনেসিস ও কোষপ্রাচীর গঠনের মাধ্যমে নিউক্লিয়াস দুটি পৃথক হয়ে দুটি অপত্য কোষ গঠন করতে পারে। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে নিউক্লিও পর্দা গঠন ছাড়াও মায়োসিস- ২ আরম্ভ হতে পারে।

চিত্র ৯.১০ : মায়োসিস বিভাজনের অ্যানাফেজ- ১ ও টেলোফেজ- ১ পর্যায়।

সারসংক্ষেপ

- ◆ মায়োসিস একটি বিশেষ ধরণের কোষ বিভাজন যার মাধ্যমে জনন মাতৃকোষ হতে জননকোষ উৎপন্ন হয়।
- ◆ ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের জনন মাতৃকোষে এবং হ্যাপ্লয়েড উদ্ভিদে নিষেকের পর জাইগোটে মায়োসিস ঘটে।
- ◆ মায়োসিসের ফলে সৃষ্ট কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের অর্ধেক হয়ে যায়।
- ◆ মায়োসিসকে পাঁচটি পর্যায়ে ভাগ করা হয়। যথা- প্রোফেজ, প্রোমেটাফেজ, মেটাফেজ, অ্যানাফেজ ও টেলোফেজ।
- ◆ মায়োসিসকে দুটি পর্বে ভাগ করা হয়। যথা- মায়োসিস- ১ ও মায়োসিস- ২।
- ◆ মায়োসিস- ১ এর প্রোফেজ- ১ কে পাঁচটি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়। যেমন- লেপ্টোটিন, জাইগোটিন, প্যাকাইটিন, ডিপ্লোটিন ও ডায়াকাইনেসিস।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ২

সঠিক উত্তরটির পার্শ্বে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। মায়োসিস-এর ফলে সৃষ্ট কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যায় কি ঘটে ?
ক. বৃদ্ধি পায়
খ. অর্ধেক হয়
গ. সমান থাকে
ঘ. এক চতুর্থাংশ হ্রাস পায়
- ২। ডিপ্লয়েড উদ্ভিদে কোথায় মায়োসিস ঘটে ?
ক. দেহ কোষে
খ. গ্যামেটে
গ. জনন মাতৃকোষে
ঘ. জাইগোটে
- ৩। মায়োসিস বিভাজনের প্রোফেজ- ১ কে কতটি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়?
ক. ৫টি
খ. ৬টি
গ. ৪টি
ঘ. ৩টি

পাঠ- ৩ : কোষ বিভাজন : মায়োসিস- ২

এই পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ মায়োসিস- ২ এর বিভিন্ন উপ-পর্যায়গুলি বলতে পারবেন।
- ◆ মায়োসিসের বৈশিষ্ট্য ও গুরুত্ব বর্ণনা করতে পারবেন।
- ◆ মায়োসিস ও মাইটোসিসের পার্থক্যগুলি উল্লেখ করতে পারবেন।

মায়োসিস- ২

মায়োসিস- ১ দ্বারা সৃষ্ট প্রতিটি নিউক্লিয়াস মায়োসিস- ২ দ্বারা বিভক্ত হয় এবং এ বিভাজনটি ঘটে মূলত মাইটোসিস প্রক্রিয়ায়। মায়োসিস- ২ সংঘটিত হয় হ্যাপ্লয়েড (n) নিউক্লিয়াসে। এরূপ প্রতিটি নিউক্লিয়াস থেকে পরিণামে দুটি করে হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হয়। কাজেই সম্পূর্ণ মায়োসিসে চারটি হ্যাপ্লয়েড (n) নিউক্লিয়াস তথা চারটি হ্যাপ্লয়েড (n) কোষ উৎপন্ন হয়। মায়োসিস- ২ কে পাঁচটি পর্যায়ে ভাগ করা হয়। যথা-

- | | |
|---------------------|------------------|
| (১) প্রোফেজ- ২ | (৪) অ্যানাফেজ- ২ |
| (২) প্রো-মেটাফেজ- ২ | (৫) টেলোফেজ- ২ |
| (৩) মেটাফেজ- ২ | |

(১) প্রোফেজ- ২ বা আদ্যপর্যায়- ২

এ পর্যায়ে নিউক্লিয়াস আকারে বড় হয় এবং পানি বিয়োজনের ফলে ক্রোমোজোমগুলি পুনরায় সংকুচিত হয়। ফলে ক্রোমোজোম খাট ও মোটা হয় এবং রঞ্জক ধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। ক্রোমোজোমগুলি ক্রোমাটিডে বিভক্ত অবস্থায় থাকে। এ পর্যায়ের শেষে নিউক্লিওলাস ও নিউক্লিওপর্দা অদৃশ্য হয়।

(২) প্রো-মেটাফেজ- ২ বা প্রাক-মধ্যপর্যায়- ২

এ পর্যায়ে স্পিন্ডল যন্ত্রের সৃষ্টি হয়। ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার আকর্ষণ তন্ত্রের সাথে সংযুক্ত থাকে এবং বিশেষ নৃত্যের (ক্রোমোজোমীয় নৃত্য) মাধ্যমে বিষুবীয় অঞ্চলে চলে আসতে থাকে।

চিত্র ৯.১১ : মায়োসিস- ২ এর প্রোফেজ- ২ ও মেটাফেজ- ২ পর্যায়।

(৩) মেটাফেজ- ২ বা মধ্যপর্যায়- ২

এ পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলি বিষুবীয় অঞ্চলে বিন্যস্ত থাকে এবং আরও মোটা ও খাট হয়। শেষ পর্যায়ে সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হয়, ফলে প্রতিটি ক্রোমাটিড তার নিজস্ব সেন্ট্রোমিয়ার লাভ করে।

(৪) অ্যানাফেজ- ২ বা গতিপর্যায়- ২

ক্রোমাটিড থেকে উৎপন্ন অপত্য-ক্রোমোজোমগুলি আকর্ষণ তন্ত্রের (ক্রোমোজোমাল তন্ত্র) সংকোচনের ফলে দূমেরগতে সমভাবে বন্টিত হয়। আকর্ষণ তন্ত্রের সংকোচন ও কাণ্ডদেহের সংকোচনের ফলে ক্রোমোজোমগুলি মেরুর দিকে অগ্রসর হয় এবং শেষে মেরুতে পৌঁছে।

চিত্র ৯.১২ : মায়োসিস- ২ এর অ্যানাফেজ- ২ ও টেলোফেজ- ২ পর্যায়।

(৫) টেলোফেজ- ২ বা অন্তঃপর্যায়- ২

এ পর্যায়ে ক্রোমোজোমগুলিতে পানিযোজন ঘটে, ফলে ক্রোমোজোমগুলি সরু ও লম্বা হতে থাকে এবং রঞ্জক ধারণ ক্ষমতা হ্রাস পায়, ফলে আর দেখা যায় না। উভয় মেরুতে ক্রোমোজোমের চারপাশে নিউক্লিয়ার মেমব্রেন সৃষ্টি হয় ও ভিতরে নিউক্লিওলাস আবির্ভূত হয়।

সাইটোকাইনেসিস

সাইটোকাইনেসিসের মাধ্যমে সাইটোপ্লাজম বিভক্তি ও কোষপ্রাচীর গঠিত হয় অর্থাৎ দুমেরুর প্রত্যেকটি নিউক্লিয়াস তার চারপাশে সাইটোপ্লাজম ও কোষ প্রাচীর সহযোগে এক একটি সতন্ত্র কোষে পরিণত হয়। এভাবে মায়োসিসের মাধ্যমে একটি ডিপ্লয়েড (2n) কোষ হতে হ্যাপ্লয়েড (n) ক্রোমোজোম সংখ্যা বিশিষ্ট চারটি কোষের সৃষ্টি হয়।

মায়োসিসের বৈশিষ্ট্য

১. মায়োসিস সাধারণত ডিপ্লয়েড জীবের জনন মাতৃকোষে এবং হ্যাপ্লয়েড জীবে নিষেকের পর জাইগোটে ঘটে থাকে।
২. এ বিভাজনে ক্রোমোজোম মাত্র একবার কিন্তু নিউক্লিয়াস দুবার বিভক্ত হয়।
৩. মায়োসিস বিভাজনকে মায়োসিস- ১ ও মায়োসিস- ২ দুটি পর্বে ভাগ করা হয়।
৪. মায়োসিস- ১ এর প্রফেজ- ১ দীর্ঘস্থায়ী বিধায়, একে পাঁচটি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়।
৫. এক্ষেত্রে হোমোলোগাস ক্রোমোজোম জোড়া বেঁধে বাইভেলেন্ট সৃষ্টি করে।
৬. দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে ক্রসিং ওভারের ফলে ক্রসিংওভার সৃষ্টি হয়। ফলে হোমোলোগাস ক্রোমোসোমের মধ্যে 'জিন' বিনিময় ঘটে।
৭. একটি ডিপ্লয়েড (2n) কোষ থেকে চারটি হ্যাপ্লয়েড (n) কোষ উৎপন্ন হয়।
৮. কোষের দুমেরুতে ক্রোমোজোমের সম বিন্যাস ঘটে।
৯. ক্রসিং ওভার ও ক্রোমোজোমের স্বতন্ত্র বিন্যাসের জন্য উৎপন্ন কোষগুলিতে মাতৃকোষের একই বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয় না। জেনেটিক্সে নতুন সদস্য বা প্রকরণ উৎপত্তিতে এটি তাৎপর্যপূর্ণ।

মায়োসিসের গুরুত্ব বা তাৎপর্য

জীবজগতে মায়োসিসের গুরুত্ব অপরিসীম। নিচে এসম্পর্কে আলোচনা করা হলো-

- ১। ক্রোমোজোম সংখ্যা হ্রাস : যৌন জননকারী জীবে মায়োসিস বিভাজন গুরুত্বপূর্ণ। এ বিভাজনের ফলে জননকোষ তথা গ্যামেটে ক্রোমোজোম হ্রাস পেয়ে n সংখ্যক হয়। মায়োসিস না ঘটলে জীবের ক্রোমোজোম সংখ্যা দিগুণ ($2n$), চারগুণ ($4n$), আটগুণ ($8n$) ইত্যাদি গুণিতকে বৃদ্ধি পেত। ফলে জীব জগতে একটি বড় ধরনের পরিবর্তন ঘটে যেত।
- ২। প্রজাতির স্বকীয়তা বজায় : ক্রোমোজোম সংখ্যা সঠিক রাখার ফলে বংশানুক্রমে প্রতিটি প্রজাতির স্বকীয়তা রক্ষিত হচ্ছে।
- ৩। বৈচিত্র্যের সৃষ্টি : যৌন জনন সম্পন্ন দুটি জীব কখনও হুবহু একই রকম হয় না। মায়োসিস প্রক্রিয়ায় গ্যামেট সৃষ্টিকালে ক্রোমোজোমের ক্রসিং ওভার ও স্বাধীনভাবে বিন্যস্ত হবার ফলে পৃথিবীতে এ বৈচিত্র্যের সৃষ্টি হয়েছে।
- ৪। বংশবৃদ্ধি : ডিপ্লয়েড জীবে মায়োসিস প্রক্রিয়ায় গ্যামেট সৃষ্টি হয়। পরে গ্যামেটের মিলনে যৌন জনন প্রক্রিয়ায় জীবের বংশবৃদ্ধি ঘটে।
- ৫। অভিব্যক্তি ধরা : মায়োসিসের মাধ্যমে জীবে বৈচিত্র্যের সৃষ্টি হয়। আর এ বৈচিত্র্য থেকে অভিব্যক্তির ধারা বজায় থাকে।
- ৬। মায়োসিস প্রক্রিয়ার কারণে পৃথিবীতে একটি মানুষ অন্য মানুষ থেকে আলাদা।
- ৭। মায়োসিসের মাধ্যমে পিতা ও মাতার গুণাবলী মিশ্রনের সুযোগ থাকে।

মাইটোসিস ও মায়োসিসের মধ্যে পার্থক্য

মাইটোসিস	মায়োসিস
১. মাইটোসিস প্রধাণত দেহকোষে হয়।	১. মায়োসিস সাধারণত জনন মাতৃকোষে হয়।
২. হ্যাপ্লয়েড, ডিপ্লয়েড ও বহুপ্লয়েড কোষে হতে পারে।	২. কখনও হ্যাপ্লয়েড কোষে ঘটে না।
৩. এতে দেহের বৃদ্ধি ঘটে।	৩. এতে দেহের বৃদ্ধি ঘটে না।
৪. নিউক্লিয়াসের পর্যায়মধ্যক বা ইন্টারফেজ পর্যায় দীর্ঘস্থায়ী।	৪. নিউক্লিয়াসের পর্যায়মধ্যক বা ইন্টারফেজ পর্যায় ক্ষণস্থায়ী।
৫. ক্রোমোজোমের দ্বিত্বন ঘটে ইন্টারফেজের অনুলিখন অংশে এবং এটি কখনও প্রোফেজ পর্যায় পর্যন্ত পৌঁছায় না।	৫. ক্রোমোজোমের দ্বিত্বন আরম্ভ হয় মাইটোসিসের ন্যায় কিন্তু এটি প্রোফেজ- ১ এর প্যাকাইটিন উপ-পর্যায় পর্যন্ত চলতে পারে।
৬. প্রোফেজ পর্যায় স্বল্পস্থায়ী ও তুলনামূলকভাবে সরল।	৬. প্রোফেজ- ১ অত্যন্ত জটিল ও দীর্ঘস্থায়ী, তাই একে পাঁচটি উপ-পর্যায়ে ভাগ করা হয়।
প্রোফেজ	প্রোফেজ- ১ (লেপ্টোটিন)

<p>৭. সাধারণত হোমোলোগাস ক্রোমোজোম কখনও জোড়ার সৃষ্টি করে না।</p>	<p>৭. হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের পরস্পরের প্রতি আকর্ষণের ফলে জাইগোটিন উপ-পর্যায় হোমোলোগাস ক্রোমোজোম জোড়ার সৃষ্টি করে।</p>
<p>প্রোফেজ</p> <p>৮. ক্রসিং ওভার ঘটে না, ফলে কয়েজমাটা সৃষ্টি হয় না এবং ক্রোমোসোমে জিন বিনিময় ঘটে না।</p>	<p>প্রফেজ- ১ (জাইগোটিন)</p> <p>৮. ক্রসিং ওভার ঘটে ও কয়েজমা সৃষ্টি হয়। ফলে হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের মধ্যে 'জিন' বিনিময় ঘটে।</p>
<p>প্রোফেজ</p> <p>৯. নিউক্লিয়াস একবার বিভাজিত হয়।</p> <p>১০. মেটাফেজ-এ সেন্টোমিয়ারসহ ক্রোমোজোম লম্বালম্বি বিভক্ত হয় অর্থাৎ ক্রোমোজোম ক্রোমাটিডে বিভক্ত হয়।</p> <p>১১. অ্যানাফেজ-এ প্রতিটি ক্রোমোজোম দুটি ক্রোমাটিডে বিভক্ত হয়ে দুমেরুতে যায়, তাই প্রতি মেরুতে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোমের সমান হয়।</p>	<p>প্রোফেজ- ১ (প্যাকাইটিন)</p> <p>৯. জনন মাতৃকোষের নিউক্লিয়াস দুবার বিভাজিত হয়।</p> <p>১০. মেটাফেজ- ১ এ সেন্টোসিয়ার অবিভক্ত থাকে।</p> <p>১১. অ্যানাফেজ- ১ এ অবিভক্ত পূর্ণ ক্রোমোজোম পৌছায়, তাই মেরুতে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেক হয়।</p>
<p>মেটাফেজ</p> <p>১২. অ্যানাফেজ-এ ক্রোমোজোমগুলো লম্বা ও সরু।</p> <p>১৩. ক্রোমোজোমগুলি বাইভেলেন্ট; প্রতিটিতে দুটি ক্রোমাটিড থাকে। এদের একটি পিতা থেকে এবং অন্যটি মাতা হতে আসে।</p>	<p>মেটাফেজ- ১</p> <p>১২. অ্যানাফেজ-এ ক্রোমোজোমগুলি খাট ও মোটা।</p> <p>১৩. ক্রোমাটিডগুলো বাইভেলেন্ট অর্থাৎ মাতার দিক থেকে অথবা পিতার দিক থেকে আসে।</p>
<p>১৪. এ বিভাজনে দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়।</p>	<p>১৪. এ বিভাজনে চারটি অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়।</p>

১৫. অপত্য কোষের ক্রোমোজোমের গুণাগুণ মাতৃকোষের ক্রোমোজোমের একই রূপ হয়।	১৫. অপত্য কোষের ক্রোমোজোম মাতৃকোষের ক্রোমোজোম হতে ভিন্নতর গুণসম্পন্ন হয়।
অ্যানাফেজ	অ্যানাফেজ- ১

সারসংক্ষেপ

- মায়োসিস- ২ কে পাঁচটি পর্যায়ে ভাগ করা হয়। যথা, প্রোফেজ- ২, প্রো-মেটাফেজ- ২, মেটাফেজ- ২, অ্যানাফেজ- ২ ও টেলোফেজ- ২।
- মায়োসিস- ২ বিভাজনটি সমবিভাজন অথবা মাইটোসিসের অনুরূপ।
- মায়োসিস- ২-এর মাধ্যমে মায়োসিস বিভাজন পরিপূর্ণতা পায়।
- মায়োসিস- ২ এর ফলে যৌন জনন সম্পন্ন জীবের দৈহিক বৃদ্ধি ঘটে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৩

সঠিক উত্তরটির পক্ষে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

১। মায়োসিস- ২ কে কয়টি পর্যায়ে ভাগ করা হয়?

ক. পাঁচটি

খ. ছয়টি

গ. চারটি

ঘ. তিনটি

২। মায়োসিস- ২ এর কোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার কি পরিবর্তন হয় ?

ক. দ্বিগুন হয়

খ. কোনটাই না

গ. অর্ধেক হয়

ঘ. অপরিবর্তিত থাকে

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সংক্ষিপ্ত ও রচনামূলক প্রশ্নাবলী

১. কোষ বিভাজন কাকে বলে? ক্যারিওকাইনেসিস ও সাইটোকাইনেসিস বলতে কি বুঝেন?
২. অ্যামাইটোসিস কি? চিত্রসহ অ্যামাইটোসিস প্রক্রিয়ার বর্ণনা দিন।
৩. ইন্টারফেজ বলতে কি বুঝেন? হাওয়ার্ড ও পেঞ্চ এর কোষ চক্রটি অংকন করে ব্যাখ্যা করুন।
৪. মাইটোসিস কোষ বিভাজন কাকে বলে? মাইটোসিসের বৈশিষ্ট্যসমূহ উল্লেখ করুন।
৫. চিহ্নিত চিত্রসহ মাইটোসিস বিভাজনের বিভিন্ন পর্যায়ের বর্ণনা দিন।
৬. মায়োসিস কোষ বিভাজন কাকে বলে? মায়োসিসের বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ করুন।
৭. চিহ্নিত চিত্রসহ মায়োসিস প্রক্রিয়ার প্রোফেজ- ১ এর বিভিন্ন উপ-পর্যায়গুলি আলোচনা করুন।
৮. মাইটোসিস ও মায়োসিসের গুরুত্ব উল্লেখ করুন।
৯. মাইটোসিস ও মায়োসিসের মধ্যে পার্থক্যগুলি আলোচনা করুন।

উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ১ : ১। গ ২। ক ৩। খ ৪। ঘ

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ২ : ১। খ ২। গ ৩। ক

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৩ : ১। ক ২। ঘ