

মিয়োসিস কোষ বিভাজন প্রক্রিয়া

সংজ্ঞা: সাধারণত জীবের জনন মাতৃকোষ যে প্রক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস দুইবার কিন্তু ক্রোমোজমের একবার বিভাজনের মাধ্যমে মাতৃকোষের অর্ধেক সংখ্যক ক্রোমোজোম বিশিষ্ট চারটি অপত্য কোষে পরিণত হয় সেই প্রক্রিয়াকে মিয়োসিস কোষ বিভাজন বলে।

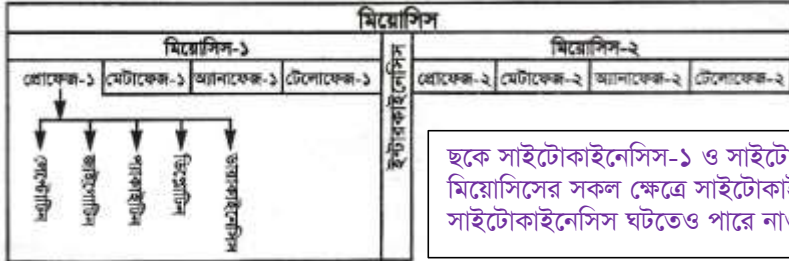
মিয়োসিস প্রক্রিয়া: মিয়োসিস একটি জটিল ধারাবাহিক প্রক্রিয়া। পদ্ধতিগত দিক থেকে সম্পূর্ণ মিয়োসিস প্রক্রিয়া দুটি প্রধান পর্বে সম্পন্ন হয়। যথা-

১। প্রথম মিয়োটিক বিভাজন বা মিয়োসিস-১

২। দ্বিতীয় মিয়োটিক বিভাজন বা মিয়োসিস-২

প্রথম মিয়োটিক বিভাজন বা মিয়োসিস-১ এ অপত্য কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেক পরিণত হয় বলে একে হ্রাসমূলক বিভাজন বলে। মিয়োসিস-২ মাইটোসিসের অনুরূপ। মিয়োসিস-১ এবং মিয়োসিস-২ এর মধ্যবর্তী সময়কে **ইন্টারকাইনেসিস** বলে। মিয়োসিস-১ এবং মিয়োসিস-২ প্রত্যেক পর্বকে আবার চারটি পর্যায়ে ভাগ করা যায়। যথা-প্রোফেজ, মেটাফেজ, অ্যানাফেজ এবং টেলোফেজ।

নিম্নে একটি ছকের সাহায্যে মিয়োসিস কোষ বিভাজনের ধাপসমূহকে দেখানো হলো-



ছকে সাইটোকাইনেসিস-১ ও সাইটোকাইনেসিস-২ উল্লেখ নাই।
মিয়োসিসের সকল ক্ষেত্রে সাইটোকাইনেসিস সংঘটিত হয় না অর্থাৎ সাইটোকাইনেসিস ঘটতেও পারে নাও পারে।

মিয়োসিস-১ এর ধাপসমূহের বর্ণনা :

ক) মিয়োসিসের প্রোফেজ-১ দশা: এ পর্যায়টি জটিল ও দীর্ঘস্থায়ী। মানুষের শুক্রাশয়ে মায়োটিক প্রোফেজ-১ এ সময় লাগে প্রায় এক সপ্তাহ। দীর্ঘস্থায়ী হওয়ায় একে ৫টি উপপর্যায়ে বিভক্ত করা হয়েছে। যথা-

১। লেপ্টোটিন (Leptotene) ২। জাইগোটিন (Zygotene) ৩। প্যাকাইটিন (Pachytene) ৪। ডিপ্লোটিন (Diplotene)

৫। ডায়াকাইনেসিস (Diakinesis)

১। লেপ্টোটিন (Leptotene; Leptos = সূক্ষ্ম, tene = সুতা) :

- নিউক্লিয়াসের আকার বৃদ্ধি পায়
- নিউক্লিয়াসের জলীয় অংশ কমে যায়।
- নিউক্লিয়ার রেটিকুলাম দৃশ্যমান সরু, লম্বা এবং সুতার ন্যায় ক্রোমোজোমে পরিণত হয় তবে এদের প্রকৃত সংখ্যা নির্ণয় করা যায় না।
- ক্রোমোজমের গায়ে ক্রোমমিয়ারের আবির্ভাব ঘটে।
- নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস সুস্পষ্ট থাকে।
- এ দশার শেষদিকে ক্রোমোজোম গুলি মোটা ও খাটো দেখায়
- ক্রোমোজোম গুলি বিক্ষিপ্তভাবে অবস্থান কওে অর্থাৎ হোমোলোকাস ক্রোমোজোম গুলি জোড়া বাঁধে না।



২। জাইগোটিন (Zygotene; Zygos = জোড়া, tene সুতা):

- হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের মধ্য সিন্যাপসিস ঘটে।
- হোমোলোগাস ক্রোমোজোম গুলি বাইভ্যালেন্ট সৃষ্টি করে,
- ক্রোমমিয়ার অবিকৃত থাকে।
- ক্রোমোজোম গুলি লেপ্টোটিনের তুলনায় আরও মোটা ও খাটো দেখায়।
- নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস অবিকৃত থাকে।



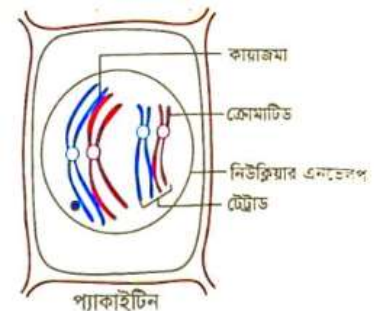
নোট: (হোমোলোগাস ক্রোমোজোম) ডিপ্লয়েড জীবে আকার, আকৃতি, জিনের অবস্থান ও সংখ্যা অনুসারে যে দুটি ক্রোমোজোম একই রকম তাকে হোমোলোগাস ক্রোমোজোম বলে। এক্ষেত্রে একটি বাবা থেকে ও অপরটি মা থেকে আসে।

নোট: (সিন্যাপসিস) সিন্যাপসিস হলো হোমোলোগাস ক্রোমোজোমদ্বয়ের পরস্পরের দিকে অগ্রসর হয়ে জোড়া বাঁধার প্রক্রিয়া।

নোট: (বাইভ্যালেন্ট) জোড়া অবস্থায় হোমোলোগাস ক্রোমোজোমদ্বয়কে বাইভ্যালেন্ট (bivalent) বলা হয়।

৩। প্যাকাইটিন (Pachytene; Pachys= পুরু বা মোটা, tene = সুতা):

- ক্রোমোজোম গুলি আরও মোটা ও খাটো হয়।
- প্রতিটি ক্রোমোজোম সেন্ট্রোমিয়ার ছাড়া লম্বালম্বি দ্বিখন্ডিত হয়ে দুটি করে ক্রোমাটিড বিশিষ্ট ক্রোমোজোম গঠন করে।
- প্রতি জোড়া ক্রোমোজোম ৪টি করে ক্রোমাটিড সৃষ্টি করে এ অবস্থাকে টেট্রাড বলে অর্থাৎ বাইভ্যালেন্ট টেট্রাডে পরিণত হয়।
- টেট্রাডের দুটি ননসিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্য কায়াজমা সৃষ্টি হয়।
- কায়াজমা অঞ্চলে ক্রসিংওভার সংঘটিত হয়।
- নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিয়াস বিলুপ্ত হতে শুরু করে।
- স্পিন্ডল ফাইবার তৈরি হওয়া শুরু হয়।



নোট: (সিস্টার ও নন-সিস্টার ক্রোমাটিড) একই ক্রোমোজোমের দুটি ক্রোমাটিডকে সিস্টার ক্রোমাটিড বলে। দুটি ভিন্ন ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডকে নন-সিস্টার ক্রোমাটিড বলে।

নোট: (কায়াজমা) প্রতিটি টেট্রাড-এর যে কোন দুটি নন-সিস্টার ক্রোমাটিড সম্ভবত একই স্থানে ভেঙে যায়। এবং পুনরায় একটির সাথে আর একটির জোড়া লাগে। ফলে ঐ জোড়ার স্থানে ইংরেজি 'X' অক্ষরের ন্যায় অবস্থা তৈরি হয়। একে কায়াজমা (chiasma) বলা হয়।

নোট: (ক্রসিং ওভার) কায়াজমা সৃষ্টির সময় হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের নন-সিস্টার ক্রোমাটিডের ভেঙে যাওয়া এবং পুনরায় জোড়া লাগার সময় ক্রোমাটিডের মধ্যে যে অংশ (জিন) বিনিময় হয় তাকে ক্রসিং ওভার (crossing over) বলা হয়।

৪। ডিপ্লোটিন (Diplotene; Diplos - দ্বিগুণ, tene সূতা):

- ক্রোমজোম গুলি আরও মোটা ও খাটো হয়।
- সেন্ট্রোমিয়ারের মধ্য বিকর্ষণ শুরু হয়।
- সেন্ট্রোমিয়ারের মধ্য বিকর্ষণের ফলে কয়াজমার উপর চাপ সৃষ্টি হয়।
- কয়াজমার প্রান্তীয়করণ ঘটতে থাকে।
- কয়াজমার প্রান্তীয়করণের ফলে দুটি ক্রোমোজোমের মধ্য লুপ সৃষ্টি হয়।

নোট: (প্রান্তীয়করণ) সেন্ট্রোমিয়ারের মধ্য বিকর্ষণের ফলে কয়াজমার উপর চাপ সৃষ্টি হয় যার জন্য কয়াজমাটাগুলো প্রান্তের দিকে সরে যেতে থাকে। কয়াজমার এরূপ প্রান্তের দিকে সরে যাওয়াকে প্রান্তীয়করণ বা টার্মিনালাইজেশন (terminalization) বলে।

৫। ডায়াকাইনেসিস (Diakinesis; Dia - অপরপাশে, kinesis চলন বা সমাবেশ)

i) প্রান্তীয়করণ অব্যাহত থাকে। ii) এ ধাপের শেষের দিকে নিউক্লিয়ার মেমব্রেন ও নিউক্লিওলাস বিলুপ্ত হয়।

iii) স্পিন্ডল যন্ত্র সৃষ্টি হয়। iv) ক্রোমজোম আরও মোটা ও খাটো হয়।

খ) মেটাফেজ-১ (Metaphase-১): টেট্রাডগুলি বিষুবীয় তলে চলে আসে এবং প্রতিটির সেন্ট্রোমিয়ার নিজস্ব মেরুর দিকে অবস্থান করে। নিউক্লিওলাস এবং নিউক্লিয়ার মেমব্রেন সম্পূর্ণরূপে বিলুপ্ত হয়ে যায়। কোষের দুই মেরু হতে মাকুতন্তর আবির্ভাব ঘটে। প্রতিটি বাইভালেণ্টের সেন্ট্রোমিয়ারের সাথে মাকুতন্তর সংযুক্ত হয়। এ ধরনের মাকুতন্তরকে আকর্ষণ তন্তু বলা হয়। টেট্রাডগুলো বিষুবীয় তলে সজ্জিত হওয়াকে মেটাকাইনেসিস বলে। এ পর্যায়ে মাইটোসিসের মতো সেন্ট্রোমিয়ার বিভাজিত হয় না। ক্রোমোজোমগুলো আরও খাটো ও মোটা হয়।

গ) অ্যানাফেজ-১ (Anaphase-১): ক্রোমোজোমের মেরুমুখী চলন ঘটে। এরূপ চলনে সেন্ট্রোমিয়ার অগ্রগামী থাকায় ক্রোমোজোমগুলো V (মেটাসেন্ট্রিক), L (সাবমেটাসেন্ট্রিক), J (এক্রোসেন্ট্রিক), I (টেলোসেন্ট্রিক) ইত্যাদি আকৃতির দেখায়। এক্ষেত্রে ক্রোমোজোমের সেন্ট্রোমিয়ার অবিভক্ত থাকে এবং প্রতিটি ক্রোমোজোমেই দুটি করে ক্রোমাটিড থাকে। অর্থাৎ মাইটোসিসের ন্যায় ক্রোমাটিড পৃথক হয়ে যায় না। ফলে প্রতিটি

মেরুতে ক্রোমোজোম সংখ্যা $2n$ -এর পরিবর্তে n হয়। ক্রোমোজোমের চলন শুরু থেকে মেরুতে পৌঁছা পর্যন্ত এনাফেজ-১ পর্যায়।

ঘ) টেলোফেজ-১ (Telophase-1): এটি মিয়োসিস-১ এর শেষ ধাপ। ক্রোমোজোমসমূহ মেরুতে পৌঁছার সাথে সাথেই এ পর্যায়ের শুরু। প্রতিটি মেরুতে নিউক্লিয়ার মেমব্রেন পুনর্গঠিত হয় এবং ক্রোমোজোমসমূহকে ঘিরে ফেলে। নিউক্লিওলাসের আবির্ভাব ঘটে। এ পর্যায়ের শেষে প্রতি কোষমেরুতে ক্রোমোজোম সংখ্যা দাঁড়ায় মাতৃ নিউক্লিয়াসের অর্ধেক বা হ্যাপ্লয়েড (n)। এ পর্যায়ের শেষে সাইটোকাইনেসিস ঘটতে পারে, আবার নাও ঘটতে পারে।

(ঙ) সাইটোকাইনেসিস-১ : i) এটি মিয়োসিস-১ এর শেষে ঘটে এবং দুটি অপত্য কোষের সৃষ্টি করে। ii) এই পর্যায়ে ক্রোমোজোম বিভাজিত না হয়ে বরং একটি ক্রোমোজোমের দুটি ক্রোমাটিড ধারণকারী দুটি অপত্য কোষের মধ্যে ক্রোমোজোমগুলো ভাগ হয়ে যায়। iii) মিয়োসিস-১ এর শেষে, ক্রোমোজোম সংখ্যা মূল কোষের অর্ধেক হয়ে যায়।

ইন্টারকাইনেসিস (Interkinesis): সাধারণত মিয়োসিস-১-এর সমাপ্তির পর অর্থাৎ টেলোফেজ-১ শেষ হলে সাইটোকাইনেসিস (সাইটোপ্লাজম বিভাজন) হয়ে দুটি অপত্য হ্যাপ্লয়েড কোষ সৃষ্টি হয়, যা দ্বিতীয় বিভাজনে অংশগ্রহণ করে। অনেক সময় সাইটোকাইনেসিস না হয়েই দুটি অপত্য হ্যাপ্লয়েড নিউক্লিয়াস দ্বিতীয় বিভাজনে অংশ নেয়। যাহোক, টেলোফেজ-১ শেষ হওয়া থেকে দ্বিতীয় বিভাজন শুরুর এই স্বল্পকালীন সময়কে ইন্টারকাইনেসিস বলা হয়। একে অনেকে স্বল্প বিরাম দশাও বলেছেন। এ সময় দ্বিতীয় বিভাজনের প্রস্তুতি সম্পন্ন হয়।

মিয়োসিস-২ বা দ্বিতীয় মিয়োটিক বিভাজনের ধাপ সমূহ: চারটি ধাপে এ প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়

(ক) প্রোফেজ-২ (Prophase-2): এটা প্রোফেজ-১-এর তুলনায় অনেক স্বল্পস্থায়ী পর্যায়। পানি বিয়োজনের ফলে ক্রোমাটিন জালিকা ক্রোমোজোমে রূপ নেয় এবং ক্রোমোজোমগুলো দৃষ্টিগোচর হয়। ক্রোমোজোমগুলো ক্রোমাটিডসহ মোটা ও খাটো দেখায়। এ দশার শেষে নিউক্লিওলাস এবং নিউক্লিয়ার মেমব্রেন অদৃশ্য হয়ে যায়।

(খ) মেটাফেজ-২ (Metaphase-2): খুবই অল্প সময়ের মধ্যে এ দশা শেষ হয়। নিউক্লিওলাস এবং নিউক্লিয়ার মেমব্রেন সম্পূর্ণ অনুপস্থিত থাকে। ক্রোমোজোমগুলো মাকুতন্তর সাথে সংযুক্ত হয়ে বিষুবীয় তল বরাবর বিন্যস্ত হয়। প্রতিটি ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডদ্বয় সুস্পষ্ট দেখায়। তবে সেন্ট্রোমিয়ার বিষুবীয় তলে সজ্জিত হয় এবং মাকুতন্তর সৃষ্টি হয়। সেন্ট্রোমিয়ারের সাথে ট্রাকশন তন্তু যুক্ত হয়। এ পর্যায়ের শেষে সেন্ট্রোমিয়ার বিভক্ত হয়ে পড়ে।

(গ) অ্যানাফেজ-২ (Anaphase-2): এটিও স্বল্পস্থায়ী দশা। মাকুতন্তর মেরু বরাবর দৈর্ঘ্যে সংকোচন ও প্রাঙ্কে প্রসারণ ঘটতে থাকে। উভয় প্রান্ত থেকে সেন্ট্রোমিয়ারে টান পড়ে, ফলে বিভাজিত সেন্ট্রোমিয়ারসহ ক্রোমাটিড (অপত্য ক্রোমোজোম) বিপরীত মেরুর দিকে চলন শুরু করে। এ চলনে সেন্ট্রোমিয়ার অগ্রগামী এবং বাহুদ্বয় অনুগামী হয়। অপত্য ক্রোমোজোমগুলো V (মেটাসেন্ট্রিক), L (সাবমেটাসেন্ট্রিক), J (এক্রোসেন্ট্রিক), I (টেলোসেন্ট্রিক) ইত্যাদি আকৃতির দেখায়। ক্রোমোজোমগুলো মেরুতে পৌঁছলে এ দশার সমাপ্তি ঘটে।

(ঘ) টেলোফেজ-২ (Telophase-2): এটা মিয়োসিসের শেষ দশা। অপত্য ক্রোমোজোমের দুটি দল দুই মেরুতে পৌঁছার সাথে সাথে এ পর্যায় শুরু হয়। নিউক্লিওলাস এবং নিউক্লিয়ার মেমব্রেন-এর আবির্ভাব ঘটে। নিউক্লিয়াসে পানি যোজনের ফলে ক্রোমোজোমগুলো সরু ও লম্বা হয়ে ধীরে ধীরে সূক্ষ্ম ক্রোমাটিন জালিকায় পরিণত হয়। মিওসিসে এভাবে একটি ডিপ্লয়েড মাতৃকোষ থেকে চারটি হ্যাপ্লয়েড অপত্য কোষের সৃষ্টি হয়।

(ঙ) সাইটোকাইনেসিস-২ : i) এটি মিয়োসিস-২ এর শেষে ঘটে। ii) এই পর্যায়ে দুটি অপত্য কোষ থেকে মোট চারটি অপত্য কোষ তৈরি হয়, যাদের প্রত্যেকের ক্রোমোজোম সংখ্যা মূল কোষের অর্ধেক থাকে। iii) সাইটোকাইনেসিস-২ এর পর, প্রতিটি অপত্য কোষের চারপাশে নতুন কোষঝিলি- ও কোষপ্রাচীর (উদ্ভিদ কোষে) গঠিত হয় এবং সাইটোপ্লাজম বিভক্ত হয়ে একটি সম্পূর্ণ কোষে পরিণত হয়। iv) এই পর্যায়ে, প্রতিটি কোষের মধ্যে ক্রোমোজোম সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে।

নোট: মিয়োসিস-২ পর্যায়টি মাইটোসিসের অনুরূপ। এক্ষেত্রে দুটি হ্যাপ্লয়েড (n) কোষ বা (নিউক্লিয়াস) থেকে চারটি হ্যাপ্লয়েড (n) কোষের সৃষ্টি হয়।

