

8-7

Meiosis, a diagrammatic representation with two pairs of chromosomes. Not all stages are shown.

Prophase I: The chromosomes become visible as elongated threads, homologous chromosomes come together in pairs, the pairs coil round one another, and the paired chromosomes become very short.

Metaphase I: The paired chromosomes move into position on the metaphase plate with their centromeres evenly distributed on either side of the equatorial plane of the spindle.

Anaphase I: The paired chromosomes separate and move to opposite poles.

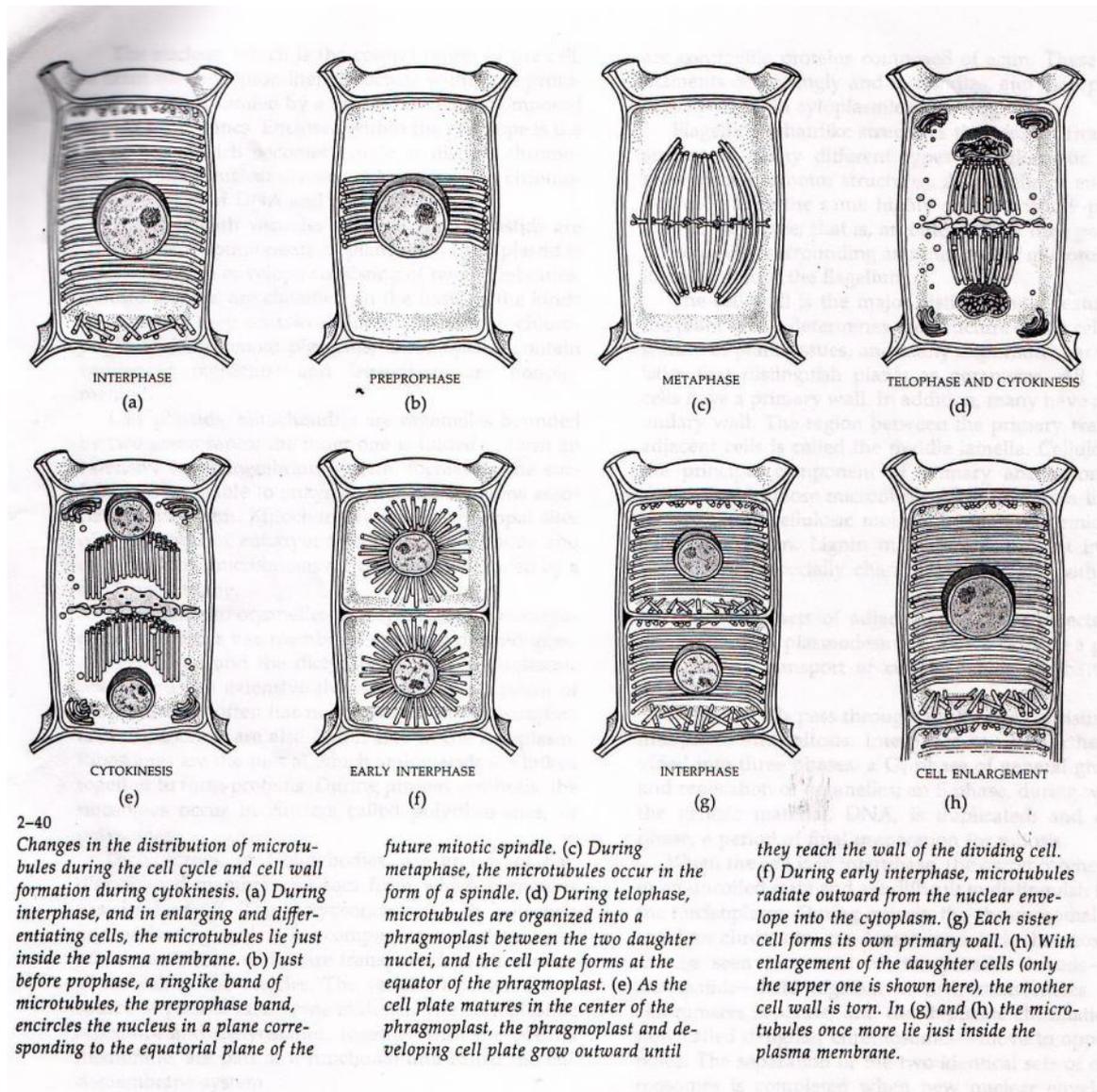
The second meiotic division is essentially the same as ordinary mitosis.

Metaphase II: The chromosomes are lined up at the equatorial plane with their centromeres lying on the plane.

Anaphase II: The centromeres separate, and the chromatids separate and move toward opposite poles of the spindle.

Telophase II: The chromosomes have completed their migration. Four new nuclei, each with the haploid number of chromosomes, are formed.

Meiosis in crested wheat grass (*Agropyron cristatum*), $n = 7$, is shown opposite.



2-40

Changes in the distribution of microtubules during the cell cycle and cell wall formation during cytokinesis. (a) During interphase, and in enlarging and differentiating cells, the microtubules lie just inside the plasma membrane. (b) Just before prophase, a ringlike band of microtubules, the preprophase band, encircles the nucleus in a plane corresponding to the equatorial plane of the

future mitotic spindle. (c) During metaphase, the microtubules occur in the form of a spindle. (d) During telophase, microtubules are organized into a phragmoplast between the two daughter nuclei, and the cell plate forms at the equator of the phragmoplast. (e) As the cell plate matures in the center of the phragmoplast, the phragmoplast and developing cell plate grow outward until

they reach the wall of the dividing cell. (f) During early interphase, microtubules radiate outward from the nuclear envelope into the cytoplasm. (g) Each sister cell forms its own primary wall. (h) With enlargement of the daughter cells (only the upper one is shown here), the mother cell wall is torn. In (g) and (h) the microtubules once more lie just inside the plasma membrane.

PERBEDAAN MITOSIS DAN MEIOSIS

Sel yang aktif membelah melewati suatu siklus yang berlangsung secara teratur dikenal sebagai siklus sel. Siklus sel dibedakan atas dua stadia, yaitu stadium istirahat (interfase) dan stadium mitosis. Mitosis merupakan pembelahan sel yang meliputi pembelahan dan pembagian nukleus beserta kromosom-kromosom di dalamnya. Proses pembelahan nukleus dinamakan *karyokinesis*. Setelah karyokinesis akan segera diikuti oleh pembelahan sel, sehingga sebuah sel akan menjadi dua anakan sel yang sama. Proses membelahnya sel dinamakan *sitokinesis*. Adanya karyokinesis dan sitokinesis yang berlangsung secara berkesinambungan menyebabkan informasi genetik di dalam semua sel somatis suatu individu tetap.

Mitosis terdiri atas 4 fase yang terjadi secara berurutan yaitu:

1. Profase

Memasuki profase, kromatin mengalami kondensasi membentuk kromosom. Kromosom cepat memendek dan menjadi lebih tebal. Tiap kromosom terdiri atas 2 kromatid yang dihubungkan oleh sebuah sentromer. Selama profase, nukleolus dan membran inti menghilang. Mendekati akhir profase terbentuklah spindel. Pada akhir profase, kromosom-kromosom mulai menempatkan diri di bidang ekuator dari sel.

2. Metafase

Kedua kromatid dalam satu kromosom, sering disebut kromatid kakak beradik (*sister chromatids*) masih dihubungkan oleh satu sentromer dan terletak di bidang ekuator sel.

3. Anafase

Kedua kromatid kakak beradik memisahkan diri dan masing-masing bergerak sebagai kromosom anakan menuju ke kutub dari spindel yang berlawanan letaknya. Proses ini didahului oleh membelahnya sentromer menjadi dua bagian. Fase ini menyelesaikan pembagian jumlah kromosom secara kuantitatif sama ke dalam sel anakan.

4. Telofase

Datangnya kromosom anakan di kutub spindel merupakan tanda dimulainya telofase. Terbentuknya membran inti baru, anak inti baru dan menghilangnya spindel terjadi selama fase ini. Benang-benang spindel mengumpul membentuk dinding pemisah sehingga terbentuklah dua sel anakan.

Setelah tahap telofase, inti sel memasuki tahap interfase (istirahat). Pada fase ini, butir-butir kromatin tampak halus dan anak inti (nukleolus) tampak jelas.

MITOSIS

Sel yang aktif membelah melewati suatu siklus yang dikenal sebagai siklus sel. Siklus ini berlangsung secara teratur dan dibedakan atas dua stadia, yaitu stadium istirahat (interfase) dan stadium mitosis. Mitosis merupakan pembelahan sel yang meliputi pembelahan dan pembagian nukleus beserta kromosom-kromosom di dalamnya. Proses

pembelahan nukleus dinamakan *karyokinesis*. Setelah karyokinesis akan segera diikuti oleh pembelahan sel, sehingga sebuah sel akan menjadi dua anakan sel yang sama. Proses membelahnya sel dinamakan *sitokinesis*. Adanya karyokinesis dan sitokinesis yang berlangsung secara berkesinambungan menyebabkan informasi genetik di dalam semua sel somatis suatu individu tetap.

Mitosis terdiri atas 4 fase yang terjadi secara berurutan yaitu:

1. Profase

Memasuki profase kromatin mengalami kondensasi membentuk kromosom. Kromosom cepat memendek dan menjadi lebih tebal. Tiap kromosom terdiri atas 2 kromatid yang dihubungkan oleh sebuah sentromer. Selama profase, nukleolus dan membran inti menghilang. Mendekati akhir profase terbentuklah spindel. Pada akhir profase, kromosom-kromosom menempatkan diri di bidang ekuator dari sel.

2. Metafase

Kedua kromatid dalam satu kromosom (sering disebut kromatid kakak beradik) masih dihubungkan oleh satu sentromer dan terletak di bidang ekuator sel.

3. Anafase

Kedua kromatid kakak beradik memisahkan diri dan masing-masing bergerak sebagai kromosom anakan menuju ke kutub dari spindel yang berlawanan letaknya. Proses ini didahului oleh membelahnya sentromer menjadi dua bagian. Fase ini menyelesaikan pembagian jumlah kromosom secara kuantitatif sama ke dalam sel anakan. Kecuali itu juga berlangsung pembagian bahan genetik secara kualitatif sama.

4. Telifase

Datangnya kromosom anakan di kutub spindel merupakan tanda dimulainya telifase. Terbentuknya membran inti baru, anak inti baru dan menghilangnya spindel terjadi selama fase ini. Dengan terbentuknya dua buah inti baru, maka di tengah sel terbentuk dinding yang baru. Berlangsunglah sitokinesis (pembelahan sel).

MEIOSIS

Meiosis merupakan pembelahan sel yang spesifik karena berlangsung di waktu pembentukan gamet-gamet saja. Pada pembelahan ini kromosom diparoh dari keadaan diploid ($2n$) menjadi haploid (n). Pada proses fertilisasi terjadilah persatuan gamet-gamet haploid, sehingga terciptalah zigot yang diploid. Keterangan genetik memisah secara teratur ke dalam gamet-gamet. Dalam keturunan akan tercampur keterangan genetik yang berasal dari masing-masing induk.

1. Profase I

Perbedaan penting antara mitosis dan meiosis terutama pada profase. Profase I dibedakan menjadi beberapa stadia yaitu:

a. Leptonema

Kromatin dari inti sel induk nampak seperti benang-benang panjang yang halus dan melingkar-lingkar.

b. Zygonema

Benang-benang kromatin berubah bentuknya dan menjadi batang-batang kromosom. Masing-masing kromosom mencari pasangannya sendiri yang sama dan sebangun atau yang serupa (kromosom homolog). Proses berpasangan ini disebut sinapsis.

c. Pachynema

Benang-benang kromosom menjadi lebih tebal dan jelas. Tiap benang tampak doble. Masing-masing kromosom dari sepasang kromosom homolog terdiri dari dua kromatid. Pada profase mitosis, kromosom-kromosom terpisah dan tidak saling berhubungan. Dalam profase I meiosis, kromosom-kromosom homolog berpasangan sebagai bivalen, dan inilah yang dijumpai sebagai haploid. Pachynema merupakan stadia yang sangat penting yaitu pindah silang (*crossing over*). Proses ini akan nampak jelas pada fase berikutnya.

d. Diplonema

Fase ini ditandai dengan mulai memisahkannya kromatid-kromatid yang semula berpasangan membentuk bivalen. Memisahkannya kromatid-kromatid paling kuat terjadi pada bagian sentromer. Akan tetapi bagian-bagian tertentu dari kromosom homolog tetap berdekatan dan bagian ini disebut *kiasma*, karena pada tiap kiasma kromatid-kromatid yang menjauhi diri itu tampak bersilang. Di tempat persilangan (kiasma) itu kromatid-kromatid tak serupa (*nonsister chromatids*) putus. Ujung-ujung dari kromatid yang putus tadi bersambungan secara resiprok. Proses penukaran segmen-segmen kromatid tak serupa dari pasangan kromosom homolog beserta gen-gen yang berangkai secara resiprok dinamakan pindah silang.

e. Diakinesis

Kromosom-kromosom menjadi lebih pendek. Stadium ini diakhiri dengan menghilangnya membran inti, nukleolus, dan terbentuknya spindel.

2. Metafase I

Pasangan-pasangan kromosom homolog berada di bidang ekuator.

3. Anafase I

Kromosom homolog yang mengadakan sinapsis mulai bergerak untuk berpisah. Tiap kromosom masih tersusun atas dua kromatid yang masih berhubungan pada daerah sentromer.

4. Telofase I.

Kromosom-kromosom tiba di kutub spindel. Membran inti dan nukleolus terbentuk lagi.

Meiosis II terdiri dari beberapa stadia seperti pada mitosis.

MITOSIS	MEIOSIS
1. Terjadi pada hampir semua sel somatis	1. Hanya terjadi dalam alat pembiakan generatif
2. 1x selama 1 daur	2. Berlangsung dalam 2 tingkat selama satu daur, yaitu meiosis I dan meiosis II
3. Pembelahan yang memisahkan kromatid serupa (sister chromatid)	3. Pada meiosis I terjadi pembelahan reduksi yang memisahkan kromosom homolog dalam anafase 1, pemisahan kromatid serupa berlangsung selama meiosis II
4. Kromosom tidak berpasangan. Biasanya tidak terbentuk kiasmata, sehingga tidak terjadi pertukaran sifat-sifat genetik.	4. Kromosom-kromosom homolog berpasangan, dan biasanya terbentuk kiasmata sehingga ada pertukaran sifat-sifat genetik
5. 1 sel diploid (2n) → 2 sel anakan (2n) Σ kromosom sel anak = Σ kromosom sel induk	5. 1 sel induk diploid (2n) → 4 sel anakan haploid Σ kromosom sel anak = $\frac{1}{2} \Sigma$ kromosom sel induk
6. Hsl mitosis dapat mengalami mitosis lagi	6. Hasil dari meiosis tidak dapat mengalami meiosis lagi, tetapi dapat mengalami mitosis
7. Mitosis dapat berlangsung sejak zigot dst selama makhluk masih hidup	7. Pada makhluk tingkat tinggi berlangsung setelah makhluk itu mencapai umur hendak membentuk gamet-gamet

Sumber : Suryo. 1995. *Sitogenetika*.