

1.3. Поділ ядра і клітини

1.3.1. Поділ ядра і клітини як основа процесів розмноження і розвитку рослин

1.3.2. Поняття про мітотичний цикл. Інтерфаза

1.3.3. Мітоз. Цитокінез

1.3.4. Амітоз

1.3.5. Мейоз

1.3.6. Порушення процесу мейозу. Поліплоїдія

1.3.1. Поділ ядра і клітини як основа процесів розмноження і розвитку рослин

Ріст і розвиток рослин тісно пов'язаний з новоутворенням клітин, завдяки чому утворюються різні тканини, вегетативні та генеративні органи рослин. Появі нових клітин передують поділ ядра. Найпоширеніші три способи поділу ядра і клітини: амітоз; мітоз, або каріокінез; мейоз, або редукційний поділ. Завдяки поділу ядра і клітини відбувається ріст і розмноження клітин. Багаторазовий поділ клітин сприяє наростанню органічної маси за рахунок галуження коренів і пагонів, утворення великої кількості однойменних органів. Таким чином збільшується всисна поверхня коренів і листків, наростають бульби картоплі, коренеплоди буряку, кореневища пирію, яблука, зернівки пшениці тощо. Однак досі ще повністю не з'ясовано причини багаторазового поділу клітин окремих рослин або органів. Поки що неможливо пояснити, чому, наприклад, внаслідок багаторазового поділу клітин виникає невеличка рослинка **ряски** в кілька міліметрів завбільшки, або ж гігантський **евкаліпт** висотою понад 150 м. Безумовно, ріст і поділ клітин регулюють ДНК, але поки що процес саморегуляції активності ДНК ще не цілком зрозумілий. Питання регулювання ДНК цікавить багатьох вчених і його розв'язання дозволить вирішувати теоретичні і практичні проблеми сільськогосподарського виробництва.

1.3.2. Поняття про мітотичний цикл. Інтерфаза

Мітотичний цикл – це період існування клітини, який починається з моменту її утворення шляхом поділу материнської клітини, і закінчується власним поділом. Мітотичний цикл включає два періоди: інтерфазу і мітоз (рис. 1.3.2.1).

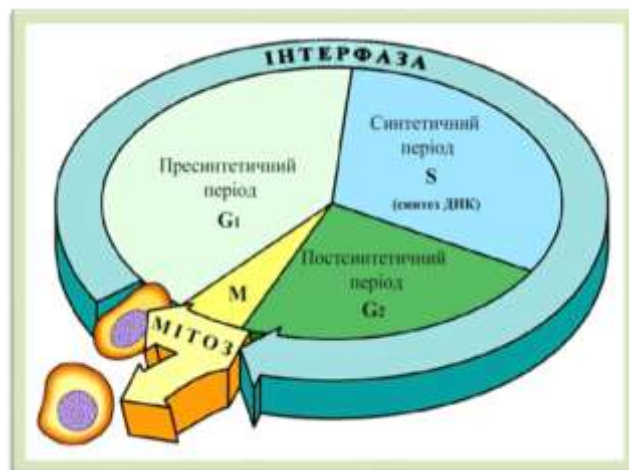


Рис. 1.3.2.1. Періоди мітотичного циклу

Інтерфаза — це період між двома послідовними поділами клітини або від завершення останнього поділу до загибелі клітини. В інтерфазі клітина росте, синтезує органічні сполуки, запасає енергію у вигляді макроергічних сполук та готується до поділу. Тривалість інтерфази становить 90% часу всього клітинного циклу. В інтерфазі розрізняють три послідовні періоди: пресинтетичний (G1), синтетичний (S), постсинтетичний (G2). **Пресинтетичний період (G1)** настає зразу після закінчення поділу. Тут відбувається **біосинтез білка** та всіх видів РНК, відтворюються мембранні структури та органели. Клітина інтенсивно росте і може виконувати свою функцію. У синтетичному періоді (S) відбувається синтез **ДНК (реплікація)** (рис.1.3.2.2). На кожному з ланцюгів деспіралізованої молекули ДНК добудовується комплементарний ланцюг. На кінець періоду кількість молекул ДНК подвоюється. Кожна **хромосома** складається з двох **хроматид**, які містять по молекулі ДНК з подібним набором спадкової інформації. Продовжується синтез РНК і білків. **Постсинтетичний період (G2)** відзначається інтенсивним синтезом білків, РНК і накопиченням енергії.

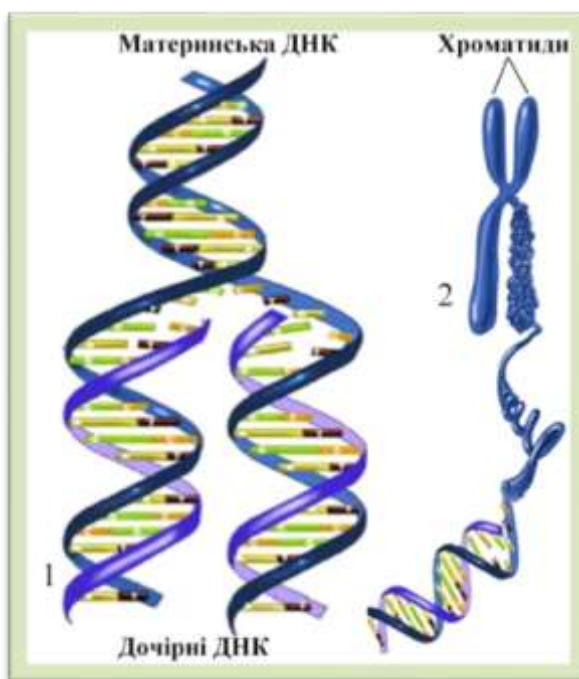


Рис. 1.3.2.2. Реплікація ДНК (1); двохроматидна хромосома (2)

1.3.3. Мітоз. Цитокінез Кожному типу клітин властиве певне стале співвідношення між об'ємами ядра та цитоплазми (ядерно-цитоплазматичне співвідношення). Внаслідок росту клітини порушується ядерно-цитоплазматичне співвідношення, що призводить до поділу клітини.

Мітоз (від грец. mitos — нитка), або каріокінез, або непрямий поділ – це основний спосіб поділу еукаріотичних соматичних клітин. Процес мітозу супроводжується спіралізацією **хромосом** та утворенням особливого апарату, який забезпечує рівномірний розподіл спадкового матеріалу материнської клітини між двома дочірніми. Мітоз включає чотири послідовні фази (рис. 1.3.3.1): профазу, метафазу, анафазу, телофазу.

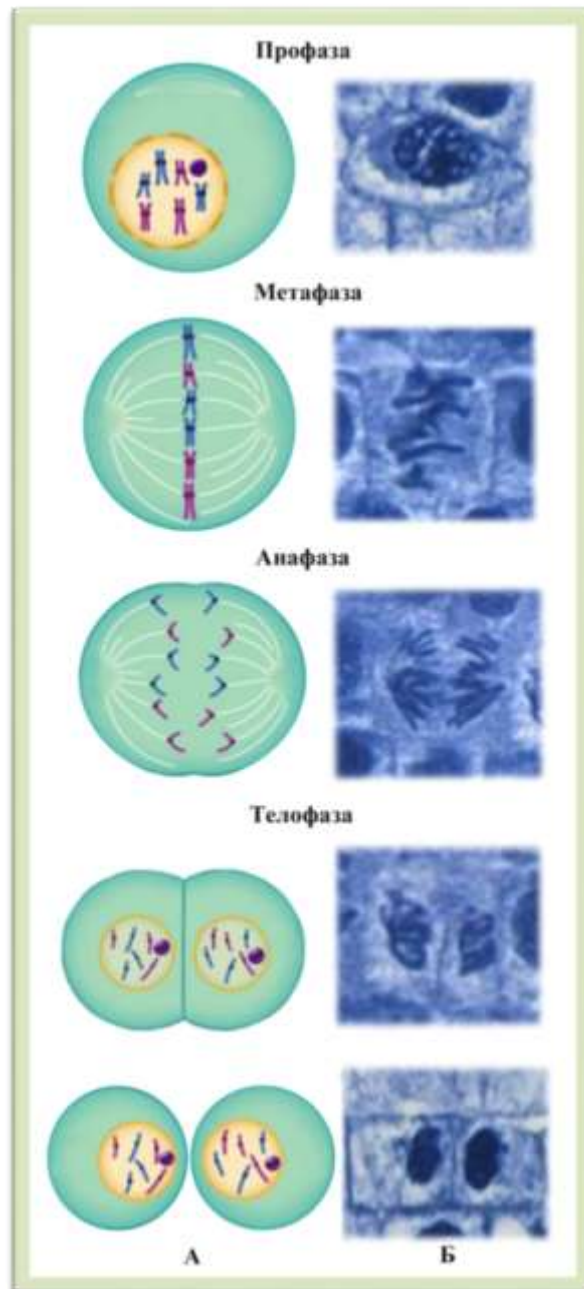


Рис. 1.3.3.1. Фази мітозу в рослинній клітині:
А – схематичне зображення;
Б – вигляд під світловим мікроскопом

Профаза починається з ущільнення ниток хроматину: **хроматиди** вкорочуються і потовщуються (спаралізуються). Поступово руйнуються ядерця, ядерна оболонка розпадається, внаслідок чого хромосоми потрапляють до цитоплазми. Починає формуватись веретено поділу. **Метафаза** характеризується завершенням спіралізації хромосом і формуванням веретена поділу. Хромосоми розташовуються в площині екватора, утворюючи метафазну пластинку. Кожна хромосома поділяється на дві хроматиди, які з'єднані в ділянці центромери, якою хромосома прикріплюється до однієї з ниток **веретена поділу**. **Анафаза** – це найкоротша із фаз, під час якої нитки веретена скорочуються, внаслідок чого зв'язок між хроматидами руйнується і вони в якості самостійних хромосом рухаються до протилежних полюсів клітини,

руйнується веретено поділу. Після завершення руху, на полюсах утворюються два рівноцінні набори хромосом. **Телофаза** триває від завершення розходження хроматид до утворення дочірніх клітин. На початку телофази хромосоми деспіралізуються. На кожному полюсі навколо хромосом утворюється ядерна оболонка, формуються ядерця і клітина стає двоядерною. Потім цитоплазма поділяється на дві рівні частини (цитокінез), утворюючи дві однакові дочірні клітини. Цитокінез починається в кінці телофази з потовщення ахроматинових ниток, що призводить до утворення серединної пластинки, яка від центру до периферії розростається і поділяє протопласт материнської клітини на дві дочірні. Кожна з них має сформовану клітинну оболонку, цитоплазму, ядро, пластиди та інші органели. **Біологічне значення мітозу** (рис. 1.3.3.2) полягає в тому, що мітоз забезпечує точну передачу спадкової інформації від материнської клітини дочірнім. Кожна дочірня клітина одержує по одній **хроматиді** від кожної материнської хромосоми, внаслідок чого в усіх дочірніх клітинах зберігається стала кількість хромосом протягом послідовних клітинних циклів.

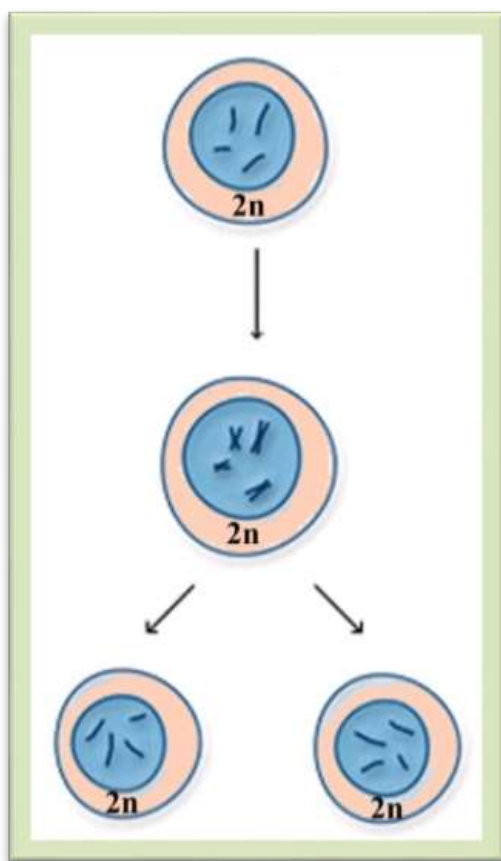


Рис. 1.3.3.2. Схема, що ілюструє значення мітозу

1.3.4. Амітоз

Амітоз, або прямий поділ, мало поширений в природі, але добре відомий в деяких **нижчих** і **вищих рослин**, в клітинах конуса наростання стебла і кореня, в **паренхімі** черешків листків, нуцелусі, **ендоспермі**, клітинах **стінок зав'язі**, а також в дуже старих і хворих клітинах з яких дуже часто розвиваються ракові пухлини у рослин (рис. 1.3.4.1).

Суть амітозу полягає в тому, що ядро без попередньої підготовки

подовжується, перетягується і ділиться на два дочірні. При цьому ядерна оболонка не зникає і не виникають нові хромосоми і хромосомний апарат. Кожне з ядер одержує різну кількість ДНК, а значить вони різні не тільки за вмістом **нуклеїнової кислоти**, а й за формою, розмірами, життєвістю.



Рис. 1.3.4.1. Рак у рослин:
1 – на бульбах картоплі; 2 – звичайний рак троянд; 3 – чорний рак яблуні

У результаті поділу ядер окремих рослин виникають не дві, а 4-8 або й більше різновеликих або рівних ядер. Такий спосіб утворення ядер називають фрагментарним. Амітоз відбувається природним шляхом або може бути викликаний штучно: під впливом випромінювання, а також факторів, які порушують хід мітотичного поділу.

1.3.5. Мейоз

Мейоз — спосіб поділу клітин, у результаті якого кількість хромосом зменшується вдвічі й клітини переходять з диплоїдного стану в гаплоїдний. Мейоз властивий рослинам, які розмножуються безстатевим і статевим способами. Мейоз відбувається перед утворенням пилку та зародкового мішка у **квіткових**, перед утворенням спор у **мохів**, **хвощів**, **голонасінних**.

У процесі мейозу виділяються два послідовні поділи: редукційний і екваційний. Кожний з цих поділів, як і мітоз, складається з чотирьох послідовних фаз (рис.1.3.5.1).

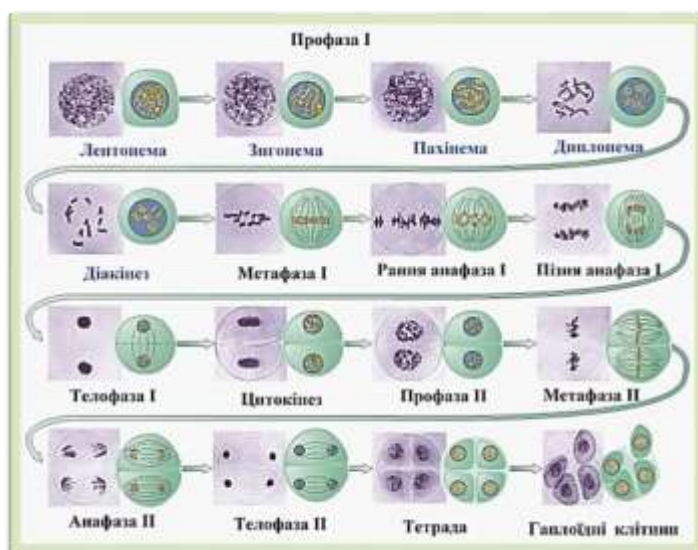


Рис. 1.3.5.1. Схема мейозу

До початку мейозу в інтерфазі відбувається подвоєння кількості ДНК і кожна хромосома стає двохроматидною. І редуційний поділ мейозу. Профаза I більш тривала і складніша, ніж інші. В ній виділяються п'ять стадій: лептонему, зигонему, пахінему, диплонему, діакінез. Для лептонемати властива поява двох довгих і тонких хроматинових ниток з хромомерами — хромосоми. Поодинокі хромосоми, які називаються моновалентами, досягають високої деспіралізації. Зигонема відзначається попарним зближенням і кон'югацією двох гомологічних хромосом, моновалентів, тобто утворенням бівалентів, які відображають процес кон'югації хромосом (рис.1.3.5.2). Пахінема характеризується вкороченням і потовщенням хромосом внаслідок їх подальшої спіралізації. Гомологічні хромосоми редуплікують (подвоюються). На місці бівалентів виникають чотири хроматиди. Згодом гомологічні хромосоми в результаті кросинговеру обмінюються гомологічними ділянками (рис. 1.3.5.2).

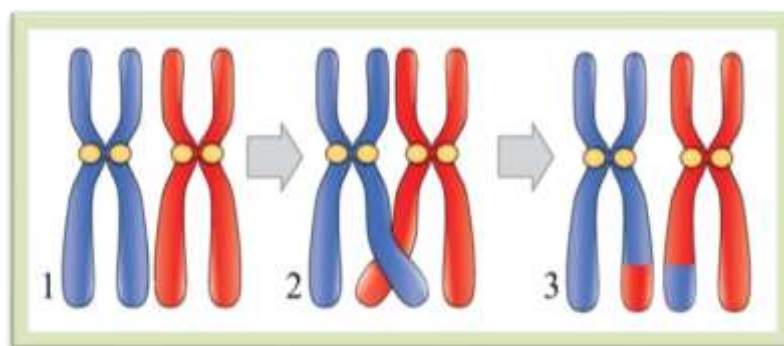


Рис. 1.3.5.2. Схема кросинговеру:
1 – гомологічні хромосоми утворюють біваленти; 2 – обмін ділянками між гомологічними хромосомами (кросинговер);
3 – гомологічні хромосоми після кросинговеру.

Диплонема в зв'язку з подальшою спіралізацією призводить до ще більшого потовщення хромосом. Гомологічні хромосоми в окремих місцях розходяться і залишаються з'єднаними в місцях перехрещення. Так виникають хіازми. Діакінез - це подальша спіралізація, вкорочення і потовщення хромосом. Ядерце зменшується в розмірах. У метафазі I розчиняються ядерна оболонка і ядерце, виникають ахроматинові нитки. Новоутворені біваленти розміщуються в центрі, створюючи своєрідну пухку екваторіальну площину. В анафазі I гомологічні хромосоми розходяться до протилежних полюсів, відбувається редукція хромосом. Телофаза I відзначається утворенням двох ядер, але без поділу хромосом. Виниклі з диплоїдної клітини ядра мають гаплоїдний ($1n$) набір хромосом.

Інтерфаза між першим та другим мейотичними поділами вкорочена або відсутня у більшості рослин. Молекули ДНК у цей період не подвоюються.

II екваційний поділ мейозу. Екваційний поділ починається фактично з метафази, оскільки в телофазі попереднього поділу виниклі ядра та їх хромосоми далі не діляться, а перебувають в стані спокою. Екваційний поділ відбувається подібно до того, як при мітозі. В метафазі II моноваленти, що складаються з двох хроматид, розміщуються в екваторіальній площині і прикріплюються кінетохорами до нових ахроматинових ниток. В анафазі II хроматиди розходяться до

протилежних полюсів і набувають розмірів материнських хромосом. Для телофази II характерні утворення дочірніх ядер з оболонкою і ядерцем, деспіралізація хромосом, а також формування поперечної перетинки.

Отже, внаслідок першого мейотичного поділу виникають клітини або лише ядра з гаплоїдним набором хромосом. У результаті другого мейотичного поділу число хромосом залишається таким, як і після першого, але двохроматидні хромосоми розділяються на однохроматидні і кількість ДНК, унаслідок розходження хроматид до дочірніх клітин, зменшується вдвічі. Біологічне значення мейозу. В результаті мейозу з однієї диплоїдної материнської клітини утворюються чотири (тетрада) гаплоїдні дочірні клітини (рис. 1.3.5.3). Значення мейозу не лише в забезпеченні кількості хромосом у організмі з покоління в покоління, тобто збереження сталості виду. Завдяки випадковому розподілу гомологічних хромосом і обміну їх окремих ділянок в мейозі гаплоїдні статеві клітини, що утворилися внаслідок цього поділу, містять найрізноманітніший збіг хромосом від статевих клітин попереднього покоління. Це забезпечує різноманітність хромосомних наборів і відповідно ознак у наступних поколінь і, таким чином, дає матеріал для еволюції організмів.

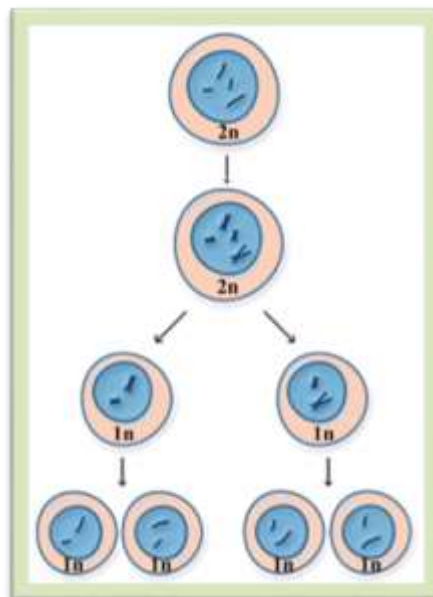


Рис. 1.3.5.3. Схема, що ілюструє значення мейозу

1.3.6. Порушення процесу мейозу. Поліплоїдія У деяких випадках утворенню статевих клітин не передуює зменшення кількості їхніх хромосом, і вони залишаються диплоїдними. В результаті цього всі клітини рослини, що сформувалися після запліднення, будуть мати три (якщо редукція відбулася тільки у одного партнера), чотири, а іноді і більше наборів хромосом. Такі клітини і рослини, що мають ці клітини, називають поліплоїдними. Виникнення поліплоїдності може бути і наслідком порушень у мейозі, які зумовлені штучно (опроміненням, обробкою хімічними речовинами та ін.) Поліплоїди мають дещо інший вигляд, ніж диплоїди (рис.1.3.6.1). Вони більші за розміром, більш облистнені, мають великі квітки, більш врожайні (рис.1.3.6.2).



Рис. 1.3.6.1. Зовнішній вигляд троянд:
1 – диплоїдної; 2 – поліплоїдної



Рис. 1.3.6.2. Квіти поліплоїдних рослин:
1 – лілійника; 2 – шафрана; 3 – іриса

Багато високопродуктивних сортів культурних рослин (помідорів, кукурудзи, пшениці, буряків та ін.) є поліпоїдами (рис.1.3.6.3).



Рис. 1.3.6.3. Поліплоїдні рослини:
1 – триплоїдний кавун; 2 – тетраплоїдна малина; 3 – тетраплоїдні кормові буряки

В результаті порушень з тих або інших причин мітозу поліплоїдними можуть стати окремі клітини або тканини тієї самої рослини.

Запитання і завдання для самоконтролю

1. Що таке мітотичний цикл? З яких періодів він складається?
2. Що таке інтерфаза? Яке її значення для існування клітини?
3. Які існують типи поділу клітин?
4. Що таке мітоз? У чому полягає біологічне значення мітозу?
5. Охарактеризуйте кожну фазу мітозу.
6. Що таке мейоз? Яке значення мейозу? З яких поділів він складається?
7. Що таке кон'югація і кросинговер гомологічних хромосом? Яке значення кросинговеру?
8. Що спільного та відмінного між процесами мітозу та мейозу?

