

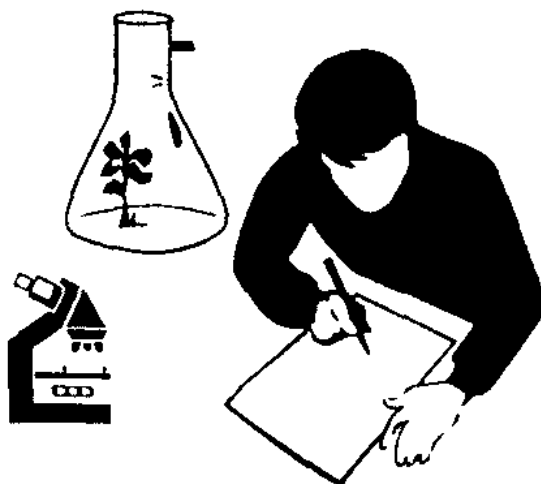
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**

**Кафедра генетики, селекції рослин та біотехнології**

**Л. О. Рябовол, Я. С. Рябовол,  
А. І. Любченко, І. О. Полянецька**

## **ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ**

**Методичні рекомендації для проведення  
лабораторних занять з дисципліни «Генетика»**



Умань – 2016

УДК 631:147:378.022

**Рецензенти:** доктор с.-г. наук, професор Балабак А.Ф.  
(Уманський національний університет садівництва)

доктор с.-г. наук, професор Улянич О.І.  
(Уманський національний університет садівництва)

Л. О. Рябовол, Я. С. Рябовол,

## **ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ**

Методичні рекомендації для проведення лабораторних занять з дисципліни «Генетика» для студентів стаціонарної та заочної форми навчання зі спеціальностей 201 „Агрономія”, 202 „Захист і карантин рослин”, 203 „Садівництво та виноградарство” вищих аграрних закладів освіти III–IV рівнів акредитації. – Умань: УНУС, 2016. – 16 с.

**Рекомендовано до видання:** кафедрою генетики, селекції рослин та біотехнології (протокол засідання кафедри № 1 від 1 вересня 2016 року) та методичною комісією факультету агрономії Уманського НУС (протокол засідання №1 від 6 вересня 2016 року)

## Зміст

стор.

### ДІЛЕННЯ КЛІТИНИ. МІТОЗ

- |   |   |
|---|---|
| 1. Життєвий цикл клітини .....                                | 4 |
| 2. Мітоз .....  | 6 |
| 3. Відхилення від мітозу (амітоз, ендомітоз, політенія) ..... | 8 |

### ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТАТЕВОГО РОЗМНОЖЕННЯ. МЕЙОЗ

- |  |    |
|--|----|
| 1. Мейоз — його суть, типи і фази .....                          | 10 |
| 2. Особливості редукційного та екваційного поділів клітини ..... | 13 |
| 3. Значення мейозу .....   | 14 |

Рекомендована література

## Завдання

*До теми: ДІЛЕННЯ КЛІТИНИ. МІТОЗ.*

1. Ознайомитись з життєвим циклом клітини.
2. Навчитись відрізняти на мікропрепаратах та мікрофотографіях фази мітозу.

*До теми: ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТАТЕВОГО РОЗМНОЖЕННЯ.  
МЕЙОЗ.*

1. Розглянути й виділити основні особливості редукційного і екваційного мейотичних поділів клітини.
2. Навчитись відрізняти на мікропрепаратах та мікрофотографіях періоди та фази мейозу.

## Матеріали, обладнання:

мікроскопи, мікропрепарати, мікрофотографії, таблиці, муляжі.

## Тема: ДІЛЕННЯ КЛІТИНИ. МІТОЗ

### 1. ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ КЛІТИНИ.

Існування клітини від початку поділу до наступного поділу або смерті називається *клітинним циклом*. Клітинний цикл складається із двох етапів: інтерфази та мітозу.

*Інтерфаза* (лат. *inter* — між та грецьк. *phasis* — поява) — це частина клітинного циклу між двома мітозами. Вона займає 90 % часу в клітинному циклі.

Відмінною ознакою інтерфазних клітин є деспіралізований стан хроматину. Тривалий час інтерфазу помилково вважали фазою спокою ядра. Лише в 50-х роках ХХ ст. було з'ясовано, що таке найважливіше явище, як реплікація ДНК відбувається в певний період інтерфази. Крім цього, всі інші метаболічні процеси здійснюються найактивніше в інтерфазі.

За сучасними уявленнями інтерфазу поділяють на три періоди: передсинтетичний ( $G_1$ ), синтетичний ( $S$ ) та постсинтетичний ( $G_2$ ) (рис. 1).

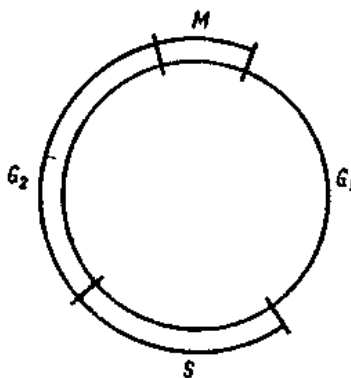


Рис. 1. *Схема клітинного циклу рослин:*

$G_1$  — передсинтетичний період;  $S$  — синтетичний період;  $G_2$  — післясинтетичний період;  $M$  — мітоз.

*Передсинтетичний період* –  $G_1$  (від англ. *gap* – перерва, проміжок, інтервал) характеризується інтенсивним метаболізмом, що контролюється ферментами. При цьому відбувається активний процес біосинтезу структурних і функціональних білків, значно збільшується кількість різних РНК. Помножуються органели клітини: мітохондрії, пластиди, ендоплазматичний ретикулум, рибосоми, лізосоми, комплекс Гольджі, вакуолі тощо. В результаті спостерігається значний кількісний приріст цитоплазми. Одночасно утворюються речовини, що регулюють (пригнічують чи стимулюють) початок наступного періоду. У період  $G_1$  синтез ДНК у клітині ще не починається.

*Синтетичний період* –  $S$  (від англ. *synthesis* — синтез) відзначається переважним ростом ядра, де відбувається реплікація ДНК та синтез усіх фракцій білків гістонів, що забезпечують нуклеосомну упаковку реплікованої ДНК. Кожна хромосома внаслідок цього перетворюється на дві хроматиди. Отже, в синтетичний період інтерфази відбувається найважливіша генетична подія — реплікація ДНК, коли її вміст у ядрі подвоюється.

*Постсинтетичний період* ( $G_2$ ) характеризується гармонічним зростанням об'єму ядра та цитоплазми — клітини готуються до поділу. У цей період синтезуються клітинні РНК і білки, починається процес упакування і спіралізації хромосом, нагромаджується енергія і формуються структури, які є початковим механізмом мітозу та компонентами ниток ахроматинового веретена. В цей період синтез ДНК закінчився, і клітина знаходиться в стані очікування імпульсу або поштовху до поділу. Цим періодом закінчується підготовка клітини до поділу і за ним настає мітоз.

## 2. Мітоз

Функція відтворення або розмноження поділом властива всім живим клітинам. Універсальним способом поділу соматичних клітин є мітоз. Мітотичне ділення клітини у рослин було відкрите І. Чистяковим (1874 р.) і Е. Стресбургером (1875 р.).

*Суть мітозу* полягає в послідовних перетвореннях ядра, пов'язаних з появою ниткоподібних структур, їх поздовжнім розщепленням, укороченням і потовщенням, тобто утворенням метафазних хромосом, поділом ядра і цитоплазми.

*МІТОЗ* (грецьк. *mitos* — нитка) — непрямий поділ клітини, основний спосіб поділу клітин еукаріот. *Біологічне значення мітозу* полягає у чітко рівномірному розподілі хроматид, що виникли внаслідок реплікації хромосом, між двома дочірніми клітинами. Мітоз забезпечує утворення двох генетично рівноцінних клітин (Рис. 2). Це — безперервний процес поділу клітини, що включає каріокінез (поділ ядра) і цитокінез (поділ цитоплазми).

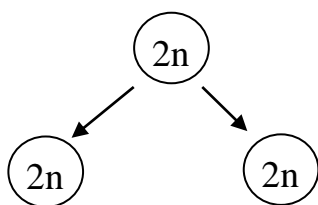


Рис. 2. *Формула мітозу*

Мітоз включає наступні фази: профаза, метафаза, анафаза і телофаза (рис. 3).

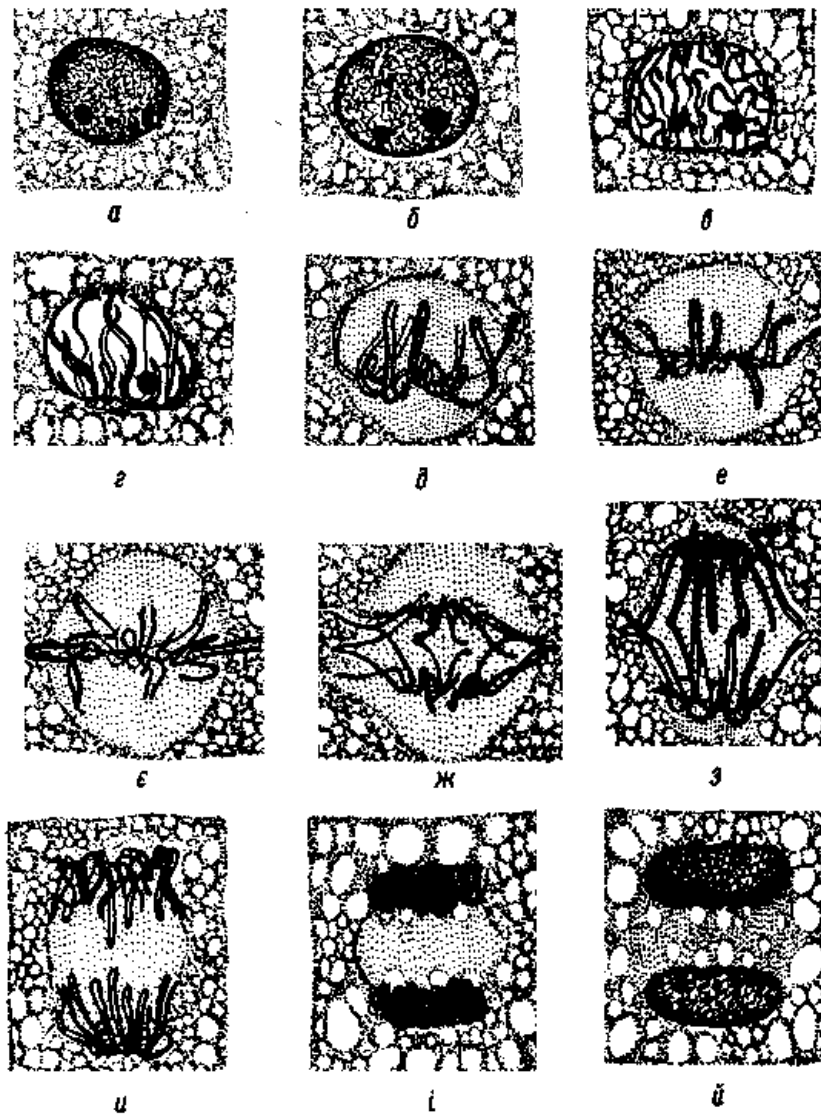


Рис. 3. *Мітоз у клітинах корінця алое:*

*a* – інтерфазне ядро; *б, в, з* – профаза; *д, е, е* – метафаза; *ж, з, й* – анафаза; *і* – телофаза; *й* – цитокінез (за Каусманом)

У *профазі* найважливішим процесом є спіралізація хромосом, внаслідок чого вони стають помітними в мікроскоп у вигляді двох сестринських хроматид, які центромерою утримуються разом. Поступово зникають ядерця, їх матеріал переходить у хроматини. Наприкінці профазі ядерні мембрани розчиняються. Каріоплазма зливається з цитоплазмою; утворюється міксоплазма. Формується ахроматинове веретено поділу, яке складається з білкових ниток двох типів: опорних, хромосомних. Нитки ахроматинового веретена

прикріплюються до кожної центромери.

У *метафазі* закінчується формування веретена поділу. Хромосоми рухаються до центру клітини та розміщуються в екваторіальній площині, утворюючи екваторіальну пластинку. Хроматиди поки що утримуються разом, але плечі їх уже роз'єднані.

В *анафазі*, за рахунок скорочення ниток веретена, відбувається повздовжній поділ хромосом, внаслідок чого сестринські хроматиди стають самостійними хромосомами. Вони рухаються до протилежних полюсів клітини центромерою вперед. Це найкоротша фаза мітозу.

*Телофаза* починається з того моменту, коли хромосоми перестають рухатися. Потім відбувається їх деспіралізація, активізація, утворюються ядерні оболонки та ядерця, руйнується веретено поділу. Закінчується телофаза цитокінезом — поділом цитоплазми, внаслідок чого утворюється дві клітини, які переходять у наступну інтерфазу.

Таким чином, *генетичний зміст мітозу* полягає в ідентичному відтворенні клітини, підтриманні постійності числа хромосом у ряді клітинних поколінь, тобто копіюванні генетичної інформації. Мітоз лежить в основі росту, регенерації, вегетативного та безстатевого розмноження.

### **3. Відхилення від мітозу (амітоз, ендомітоз, політенія)**

Крім мітозу, є й інші типи поділу. Вони відбуваються, як правило, тільки в диференційованих тканинах. Розглянемо деякі з них: амітоз, ендомітоз, політенію.



*Амітоз.* Прямий поділ ядра без утворення ахромативного веретена називають амітозом. Поділ відбувається в результаті перешнуровування ядра на дві частини. Іноді з одного ядра утворюється зразу кілька ядер (фрагментація). Амітоз завжди трапляється в клітинах ряду спеціалізованих і патологічних тканин, наприклад: у крохмалетворних клітинах картоплі, в клітинах м'язів під час регенерації, в ракових клітинах, у найпростіших та ін.

*Ендомітоз.* Ендомітозом називають такий процес, при якому репродукція хромосом у клітині не супроводиться поділом ядра. Через це в клітині кількість хромосом множитья, іноді в десятки разів порівняно з вихідною. Ендомітоз трапляється в клітинах різних тканин як рослин, так і тварин, що інтенсивно функціонують.

*Політенія.* Іноді хромосоми відтворюються без збільшення їх кількості в клітині. Кожна хромосома багаторазово подвоюється, але дочірні хромосоми лишаються зв'язаними між собою. Це явище називається політенією. Це окремий випадок ендомітозу. В результаті політенії діаметр хромосом помітно збільшується. Кількість ниток у політенній хромосомі може досягати 1000-2000. Тоді утворюються так звані гігантські хромосоми. Явище політенії спостерігається в клітинах деяких диференційованих тканин і зв'язане з особливими функціями ядра клітини. Тому політенія характерна для тканин певних органів, наприклад для слинних залоз двокрилих і для клітин деяких рослин. Щоб оцінити значення процесів, що відбуваються під час поділу клітини, треба докладніше розглянути будову та відтворення, тобто репродукцію хромосом.

# Тема: ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТАТЕВОГО РОЗМНОЖЕННЯ. МЕЙОЗ

## 1. Мейоз — його суть, типи і фази.

Суть статевого розмноження полягає у злитті двох гамет (жіночої і чоловічої) з утворенням зиготи. Збереження постійного числа хромосом, характерного для кожного виду рослин зумовлюється особливим типом поділу клітини — мейозом.

Мейоз (від грецьк. *meiosis* – зменшення), або редуційний поділ — це сукупність двох послідовних поділів клітини, при яких ядро ділиться двічі, а хромосоми один раз, в результаті чого проходить редукція (зменшення) їх числа. Редукція кількості хромосом удвічі і перехід клітини із диплоїдного стану в гаплоїдний є наслідком мейозу. Із однієї материнської клітини з диплоїдним набором хромосом ( $2n$ ) виникають чотири гаплоїдні ( $n$ ) – *гамети* або *спори*.

Розрізняють *три типи мейозу*: початковий або *зиготний*; проміжний або *споровий* і кінцевий або *гаметний*.

Початковий або *зиготний*, мейоз настає зразу ж після запліднення і проходить в зиготі. Він характерний для організмів, в життєвому циклі яких переважає гаплоїдна фаза (деякі гриби – аскоміцети, базидіоміцети, окремі водорості – хламідомонада, найпростіші – споровики).

Проміжний або *споровий* мейоз здійснюється в організмів, одна половина життєвого циклу яких представлена гаплоїдною фазою, а друга – диплоїдною. Він притаманний вищим споровим і насінним рослинам – мохам, плаунам, хвощам, папоротеподібним, голонасінним, покритонасінним, а з морських найпростіших – форамініферам. Він



відбувається у материнській клітині спор у процесі мікро- і макроспорогенезу.

Кінцевий або *гаметний* мейоз характерний для організмів, більша частина життєвого циклу яких представлена диплоїдною фазою і лише статеві клітини гаплоїдні (багатоклітинні тварини, морська водорість фукус, з найпростіших – інфузорії).

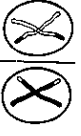
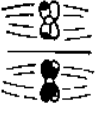
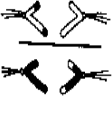

Хід мейозу однаковий у всіх трьох типів.

Нормальний мейотичний цикл складається з двох послідовних поділів: перший – *редукційний*, що зменшує число вихідних хромосом вдвічі (клітини з диплоїдних стають гаплоїдними); другий – *екваційний* або вирівнюючий проходить по типу мітозу. У кожному з цих поділів розрізняють *чотири фази: профазу, метафазу, анафазу, телофазу*. Фази, що належать до першого поділу, звичайно позначають римською цифрою I, а до другого — II. Інтерфаза, яка передує мейозу, аналогічна інтерфазі мітозу; подвоєння кількості ДНК і дуплікація хромосом відбувається один раз у *S-періоді* інтерфази.

### Фази мейозу:

Профаза I	лептонена 	<i>Лептонена</i> характеризується початком спіралізації й ущільнення хромосом. Вони набувають ниткоподібної форми і на початку профазу мітозу схожі на хромосоми.
	зиготена 	На стадії <i>зиготени</i> гомологічні хромосоми кон'югують, тобто з'єднуються попарно. Процес з'єднання гомологічних хромосом називається синапсисом. Дві гомологічні хромосоми, що кон'югують, утворюють бівалент. Кожна хромосома, яка вступає в профазу-I, подвоєна; отже, бівалент складається з чотирьох хроматид.

Профаза I	↓ пахітена 	Стадія <i>пахітени</i> характеризується наступним укороченням і потовщенням бівалентів. Також відбувається обмін генетичною інформацією між двома гомологічними хромосомами.
	↓ диплотена 	На стадії <i>диплотени</i> гомологічні хромосоми розходяться, але сестринські хроматиди залишаються з'єднаними спільною центромерою. Кожна хроматида може утворювати хіази (місця контактів) з будь-якою з хроматид гомологічної хромосоми. У місцях хіазм хроматиди можуть розриватися і обмінюватися ділянками, тобто, відбувається кросинговер. Хроматиди отримують інший набір генів.
	↓ діакінез 	<i>Діакінез</i> характеризується максимальною спіралізацією і потовщенням хромосом. Гомологічні хромосоми своїми центромерами віддаляються одна від одної. Тетради хроматид поділяються на діади, кожна з яких орієнтована центромерою до протилежного полюса.
↓ метафаза I 	<i>Метафаза-I</i> . Закінчення профазы-I і перехід до метафазы-I характеризуються зниканням ядерця, ядерної мембрани і формуванням ахроматинового веретена. Хромосоми розміщуються в екваторіальній площині клітини, а біваленти своїми центромерами прикріплюються до ниток веретена.	
↓ анафаза I 	<i>Анафаза-I</i> . Гомологічні хромосоми розходяться до протилежних полюсів; кожна з них складається з двох сестринських хроматид, які щільно прилягають одна до одної.	
↓ телофаза I 	<i>Телофаза-I</i> . Гомологічні дихроматидні хромосоми досягають протилежних полюсів клітини й утворюють два ядра, кожне з яких має гаплоїдний (половинний) набір хромосом, в порівнянні з ядром материнської клітини. Так завершується перший редуційний (зменшувальний) поділ мейозу.	
↓ інтеркінез 	Після редуційного поділу настає короткий період підготовки ядер до другого поділу — інтеркінез. На відміну від інтерфазы, в інтеркінезі не деспіралізуються хромосоми, не спостерігається їх дуплікація і реплікація ДНК, адже кожна хромосома вже подвоєна.	

<p>↓</p> <p>профаза II</p>  <p>↓</p>	<p><i>Профаза–II</i> часто проходить досить швидко. На препаратах вона майже не помітна. Сестринські хроматиди розходяться, залишаючись з'єднаними спільною центромерою.</p>
<p>метафаза II</p>  <p>↓</p>	<p>У <i>метафазі–II</i> подвоєні хромосоми розміщуються в екваторіальній площині, як у мітозі.</p>
<p>анафаза II</p> 	<p><i>Анафаза–II</i> починається поділом центромер і розходженням сестринських хроматид до протилежних полюсів, тому цей поділ називають екваційним, або урівняльним.</p>
<p>↓</p> <p>телофаза II</p> 	<p>У <i>телофазі–II</i> з гаплоїдних наборів монохроматидних хромосом формуються ядра. Кожне ядро одержує гаплоїдний набір генетично неідентичних хромосом.</p>

## 2. Особливості редукційного та екваційного поділів

В результаті першого мейотичного поділу утворюються два ядра з гаплоїдною кількістю хромосом, а тому перший поділ мейозу називають *редукційним*. У другому поділі кожне дочірнє ядро знову ділиться, але в цьому разі розходяться хромосоми, які утворились з сестринських хроматид. А тому другий поділ, що відбувається за типом мітозу, називають *вирівнюючим* або *екваційним*. Отже, з кожної клітини, що вступила в мейоз, після двох послідовних поділів утворюються чотири клітини з половинною кількістю хромосом. Органоїди, очевидно, так само як і в мітозі, в мейозі розподіляються між клітинами випадково.

Через незвичайну поведінку хромосом у профазі мейозу і їх редукцію можуть бути різні комбінації батьківських і материнських хромосом у гаплоїдних ядрах статевих клітин. Якщо в клітині число хромосом  $2n = 6$ , як, наприклад, у рослини *Crepis capillaris*, то число можливих комбінацій при розходженні хромосом дорівнюватиме  $2^3 = 8$ ; у людини при  $2n = 46$  число можливих комбінацій дорівнює  $2^{23}$ . Це має пряме відношення до закономірностей успадкування властивостей і ознак при статевому розмноженні.

### **3. Біологічне значення мейозу**

- а) Мейоз забезпечує підтримання сталої кількості хромосом в усіх поколіннях організмів, які розмножуються статевим шляхом. Дозрілі статеві клітини одержують гаплоїдний набір хромосом, а при заплідненні відновлюється диплоїдний набір, притаманний даному виду організмів. Так зберігається постійний для кожного виду набір хромосом (*каріотип*) та кількість ядерної ДНК.
- б) Під час послідовних поділів мейозу відбувається перекомбінація генетичного матеріалу між утворюваними гаметами – перехрест хромосом, обмін ділянками між гомологічними хромосомами і незалежне розходження кожної пари гомологічних хромосом до різних дочірних клітин. Це спричиняє комбінативну мінливість і визначає закономірності спадкової передачі ознаки від батьків до нащадків.

## Рекомендована література

1. Макрушин М.М., Созінов О.О., Макрушина Є.М., Созінов О.І. Генетика сільськогосподарських рослин. – К.: Урожай, 1996. – 318 с.
2. Гершензон С.М. Основы современной генетики. – К.: Наукова думка, 1983. – 508 с.
3. Гуляев Г.В. Генетика. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 351 с.
4. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. – М. Высш. шк., 1989. – 581 с.
5. Лобашов М.Ю., Ватті К.В., Тихомирова М.М. Генетика з основами селекції. –К.: Вища школа, 1974. – 366 с.
6. Молоцький М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І. Генетика. – Біла церква: Аграрний університет, 1998. – 280 с.
7. Робертис Е., Новинский В., Саэс Ф. Биология клетки. – М.: Мир, 1967. – 473 с.

Навчальне видання

Рябовол Людмила Олегівна  
Рябовол Ярослав Сергійович

## **ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ**

Методичні рекомендації для проведення лабораторних занять з дисципліни «Генетика» для студентів стаціонарної та заочної форми навчання зі спеціальностей 201 „Агрономія”, 202 „Захист і карантин рослин”, 203 „Садівництво та виноградарство” вищих аграрних закладів освіти III–IV рівнів акредитації.

Відповідальний за випуск Я. С. Рябовол

Підписано до друку 06.09.2016 р. формат 60x90/20  
Обсяг 1,4 умов. друк. арк. Наклад 100 прим.  
Замовлення № 174.

---

Редакційно–видавничий центр Уманський НУС.  
Свідоцтво КВ № 17791-6641 ПР від 17.03.2011р.  
20305, м. Умань, вул. Інституцька ,1  
тел. 8(04744) 4–69–7