

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ  
Східноєвропейський національний університет  
імені Лесі Українки  
Кафедра ботаніки**

Лісовська Т. П., Войтюк В. П., Коцун Л. О., Кузьмішина І. І,  
Кичилюк О. В.

**Методичні рекомендації до лабораторних занять з курсу  
“Генетика”**

Для студентів біологічного факультету заочної форми навчання.

Луцьк – 2012

**УДК 575 (072)**

**ББК 28.04 я73-9**

**М 54**

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки (протокол № 3 від 15 листопада 2012 р.)

Рецензент:

Сухомлін К. Б., доцент кафедри зоології, к.б.н.

Лісовська Т. П., Войтюк В. П., Коцун Л. О., Кузьмішина І. І., Кичиліюк О. В.

М 54 Методичні рекомендації до лабораторних занять з курсу “Генетика” для студентів біологічного факультету заочної форми навчання . – Луцьк: Друк ПП Іванюк В. П., 2012.– 36 с.

*Наведені методичні рекомендації до лабораторних занять з курсу “Генетика” для студентів II- III курсів заочної форми навчання біологічного факультету, які охоплюють основні розділи навчальної програми. Рекомендовано для студентів, викладачів, спеціалістів та магістрів.*

## Пояснювальна записка

Генетика вивчається студентами біологічного факультету (напрямок підготовки б. 040102 “Біологія”) заочної форми навчання на базі середньої школи у 4-5 семестрі, на базі ОКР «молодший спеціаліст» у 3-4-му семестрі. Навчальна програма передбачає 144 години на засвоєння курсу, із них для студентів заочної форми навчання передбачено 10 годин лекційного курсу, 6 годин лабораторних занять, 66 годин відведено для самостійної роботи студентів і 62 години для індивідуальної роботи.

Мета курсу – засвоєння студентами знань молекулярних і цитологічних основ спадковості, основних закономірностей успадкування, зумовленого хромосомними генами і генами позахромосомних структур клітини. Студенти вивчають типи мінливості живих організмів, вплив умов навколишнього середовища на генетичну мінливість організмів. Також в курсі „Генетика” викладаються основи популяційної генетики, генетики індивідуального розвитку, генетики людини і генетичні основи селекції рослин і тварин.

Методичні рекомендації до лабораторних занять надають студентам допомогу у засвоєнні практичної частини курсу. У рекомендаціях наведені типові задачі із основних закономірностей моно- і полігенного успадкування; успадкування, зчепленого зі статтю, кросинговеру та алгоритми їх розв’язку.

## Лабораторна робота №1

**Тема:** Моногібридне схрещування. Взаємодія алельних генів

**Мета:** Закріпити знання про основні закономірності успадкування. Навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

**Матеріали і обладнання:** таблиці, зошит, калькулятор.

### Завдання

1. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

#### Теоретична частина.

**Генотип** – сукупність усієї генетичної інформації організму. Сукупність усіх ознак і властивостей організму, які є наслідком взаємодії генотипу і навколишнього середовища, називають **фенотипом**.

Схрещування, при якому батьківські особини аналізуються за альтернативною парою виявів однієї ознаки, називають **моногібридним**.

При вивченні закономірностей успадкування з використанням гібридологічного аналізу звичайно схрещують організми, які відрізняються один від одного **альтернативними** (взаємовиключними) виявами ознак. Наприклад, можна взяти горох із жовтим і зеленим насінням, зморшкуватим і гладеньким насінням, пурпуровим і білим забарвленням квіток та ін.

Гени, які визначають розвиток альтернативних виявів ознаки, прийнято називати алельними або алеломорфними парами, вони розташовуються в одних і тих самих локусах гомологічних хромосом.

Якщо в обох гомологічних хромосомах знаходяться однакові алелі гена, такий організм називається **гомозиготним** і дає тільки один тип гамет.

Якщо ж алелі гена різні, то такий організм носить назву **гетерозиготного** за даною ознакою, він утворює два типи гамет.

Вияв ознаки в першому поколінні отримав назву **домінантного**, а той вияв, що був пригнічений – **рецесивного**.

Гени розташовані в хромосомах. Отже, в результаті мейозу гомологічні хромосоми (а з ними алелі генів) розходяться в різні гамети. Оскільки гомозиготна особина в своєму наборі хромосом

містить тільки один алель, то така особина утворює тільки один тип гамет (за даним геном). При схрещуванні двох гомозиготних особин в першому поколінні утворюються гетерозиготні гібриди.

Під час запису схеми схрещування дотримуються загальноприйнятих позначень. Великими (прописними) літерами, наприклад “А” позначається доміантний алель, рядковою “а” – рецесивний. Особина, гомозиготна за доміантним алелем, записується як АА, гомозиготна за рецесивним – аа, а гетерозиготна як Аа. Рецесивний вияв ознаки проявляється тільки в гомозиготному стані, а доміантний – як в гомозиготному, так і в гетерозиготному. Батьківські форми позначають буквою Р (від. лат. “*perenta*” - батьки), жіночу стать знаком ♀ (дзеркалом Венери), чоловічу стать - ♂ (щит і спис Марса), гібридне покоління позначають буквою F (від лат. “*fili*” - діти) з цифровим індексом, відповідно порядковому номеру гібридного покоління. Наприклад F<sub>1</sub> – перше покоління, F<sub>2</sub> - друге покоління. Схрещування позначають знаком множення (x). Першою прийнято записувати материнську форму, другою - батьківську. Гамети материнської і батьківської особин записують під їхніми генотипами.

Схема схрещування:

P <sub>1</sub> (батьківські форми)	♀ АА	x	♂ аа
G (гамети)	А		а
F <sub>1</sub>	Аа		

Гетерозиготні особини Аа містять різні алелі цього гена в гомологічних хромосомах, тому утворюють два типи гамет – половина гамет містить доміантний алель “А”, і половина – рецесивний алель “а”. Якщо схрестити одержані гетерозиготні особини, то у другому поколінні спостерігається розщеплення:

Схема схрещування:

P <sub>2</sub>	♀ Аа	x	♂ Аа
G	А, а		А, а

При довільному сполученні цих гамет (яке можна записати у вигляді решітки Пеннета) одержимо гомозиготні і гетерозиготні особини в певному співвідношенні.

♀	♂	A	a
A		AA	Aa
a		Aa	aa

F<sub>2</sub>            1 AA : 2 Aa : 1 aa  
                   1     : 2     : 1 за генотипом  
                   3     : 1     за фенотипом

Розщеплення за фенотипом відрізняється від розщеплення за генотипом, тому що домінантні гомозиготи і гетерозиготи будуть мати однаковий домінантний фенотип за досліджуваною ознакою. Таке розщеплення спостерігається за **повного домінування**. Крім повного домінування розрізняють інші типи взаємодії алельних генів. **Домінування неповне** – це такий тип взаємодії алельних генів, за якого гетерозиготи мають проміжний вияв ознаки. **Кодомінування** – такий тип взаємодії алельних генів, за якого у гетерозиготних особинах однаковою мірою виявляються обидва алеля. **Наддомінування** – такий тип взаємодії алельних генів, при якому гетерозигота має більш виражений вияв ознаки ніж обидві батьківські гомозиготи.

Гомозиготна за домінантним алелем і гетерозиготна особини не відрізняються між собою за фенотипом (у випадку повного домінування). Для визначення генотипу в організмів із домінантним фенотипом проводять аналізуюче схрещування і визначають генотип особини, яка аналізується, за її потомством. **Аналізуючим** називається схрещування особини з домінантним фенотипом, але невідомим генотипом із рецесивною гомозиготною формою (аналізатором).

**Зворотним** називають схрещування гібридів F<sub>1</sub> із однією із батьківських форм. **Реципрокними** називають схрещування, в яких батьківські форми міняються місцями. Наприклад, для схрещування Р

♀ Aa (жовтий горох) x ♂ aa (зелений горох) реципрокним буде Р ♀ aa (зелений горох) x ♂ Aa (жовтий горох).

Деякі гени представлені в популяції більше ніж двома алельними станами. Таке явище отримало назву **множинного алелізму**.

### Хід роботи:

**Завдання 1.** Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

### Приклади розв'язку задач

**Задача 1.** При схрещуванні коричневої норки з сірою – все потомство коричневе. У F<sub>2</sub> отримано 47 коричневих та 15 сірих норок. Яка ознака домінує? Скільки буде гомозигот серед 47 коричневих і 15 сірих? Як це визначити?

В задачі розглядається одна ознака – колір шерсті норок. Той факт, що всі норки в першому поколінні є одноманітно коричневими, свідчить про те, що батьківські особини були гомозиготні і про те, що коричневий колір шерсті домінує над сірим. Ми можемо записати умову задачі.

Дано:

A – коричневий колір шерсті,

a – сірий.

F<sub>2</sub> – 47 коричневих та 15 сірих норок

Визначити:

Кількість гомозигот у F<sub>2</sub>?

**Розв'язок.** Запишемо схему схрещування:

P<sub>1</sub> ♀ AA (коричневі) x ♂ aa (сірі)

G A a

F<sub>1</sub> Aa (коричневі)

Далі коричневі норки схрестили між собою:

P<sub>2</sub> ♀ Aa (коричневі) x ♂ Aa (коричневі)

G A, a A, a

F<sub>2</sub> 1 AA (коричневі) : 2 Aa (коричневі) : 1 aa (сірі)

Фактична чисельність: 47 коричневих та 15 сірих норок

Із схеми схрещування видно, що всі сірі норки – гомозиготні за рецесивним алелем “а”. Серед коричневих 1/3 частина коричневих норок – гомозиготи за домінантним алелем “А” і 2/3 – гетерозиготи.

Відповідь: 1/3 від 47 становить приблизно 15 гомозиготних норок.

**Задача 2.** У хлопчика I група крові, а його сестри — IV. Що можна сказати про групи крові їх батьків?

Успадкування однієї з груп крові людини пов’язане із серією множинних алелей. Групи крові системи АВО визначаються трьома алелями -  $I^A$ ,  $I^B$ ,  $I^0$ . Вона має чотири фенотипи: група I (O), II (A), III (B), IV (AB). Кожний із цих фенотипів відрізняється специфічними білками – антигенами А і В, які містяться в еритроцитах і антитілами  $\alpha$  і  $\beta$ , які зосереджуються в сироватці крові. Фенотип I (O) зумовлений відсутністю в еритроцитах антигенів А і В і наявністю в сироватці крові антитіл  $\alpha$  і  $\beta$ . Друга група крові А (II) - зумовлена відсутністю в еритроцитах антигена В і наявністю в сироватці крові антитіл  $\beta$ . Третя група крові В (III) - зумовлена відсутністю в еритроцитах антигена А і наявністю в сироватці крові антитіл  $\alpha$ .

### Таблиця

#### Генотипи і фенотипи системи групи крові людини АВО

Група крові	Генотип	Антигени	Антитіла
O (I)	$I^0 I^0$	–	$\alpha$ і $\beta$
A (II)	$I^A I^A$ , $I^A I^0$	A	$\beta$
B (III)	$I^B I^B$ , $I^B I^0$	B	$\alpha$
AB (IV)	$I^A I^B$	A і B	–

Четверта група крові АВ (IV) - зумовлена наявністю в еритроцитах антигенів А і В і відсутністю в сироватці крові антитіл  $\alpha$  і  $\beta$  (табл.). Встановлено, що чотири групи крові людини зумовлені успадкуванням трьох алелів одного гена. Четверта група крові людини системи АВО – гетерозиготи  $I^A I^B$  виявляє взаємодію генів за типом кодомінування.

Дано: Генотипи дітей  $F_1$ :  $I^0 I^0$  (перша група),  $I^A I^B$  (четверта група)

Визначити: Генотипи і групи крові батьків?

**Розв’язок.** Дана задача є прикладом задач, в яких наведені фенотипи або генотипи дітей, і необхідно за генотипами дітей



встановити генотипи батьків. У такому випадку записують схему схрещування у напрямку знизу доверху, не вказуючи (або вказуючи неповно) генотипи батьківських особин, записують генотипи дітей, потім встановлюють гамети батьків, які потрібні для народження дітей саме з цими генотипами, і за гаметами відновлюють генотипи батьків. Запишемо схему схрещування:

$$\begin{array}{l}
 P_1 \quad \text{♀ } I^A I^0 \text{ (друга група)} \quad \times \quad \text{♂ } I^B I^0 \text{ (третя група)} \\
 G \quad \quad I^A, I^0 \quad \quad \quad \quad I^0, I^B \\
 F_1 \quad \quad I^0 I^0 \text{ (перша група)}, \quad I^A I^B \text{ (четверта група)}
 \end{array}$$

Відповідь: У батьків була друга і третя групи крові.

### Задачі для самостійного розв'язування

1. Схрестили сорти гарбуза з жовтими і білими плодами. В першому поколінні одержали 104 рослини, на яких утворилися білі плоди. При схрещуванні гібридних рослин між собою одержали 229 рослин, з яких 171 мали білі плоди, а 58 – жовті. Як успадковується забарвлення плодів у гарбуза?

2. При схрещуванні між собою жовтих мишей частина потомства виявляється чорною, а частина – жовтою. При схрещуванні між собою чорних мишей завжди отримують чорне потомство. Яка ознака домінує?

3. У обох батьків був визначений позитивний резус (Rh) - фактор, але в них народився син із негативним фактором. Як успадковується Rh-фактор?

4. У людини ген карих очей домінує над геном блакитних. Кароока дівчина, у батька якої очі були блакитні, а в матері карі, вийшла заміж за блакитноокого юнака, батьки якого мали карі очі. Якого кольору очі можливі у їх дітей? Напишіть генотипи всіх осіб, які згадуються в задачі.

5. Жінка з синдактилією (зрощення пальців) вийшла заміж за нормального чоловіка. У них народилися нормальні син і дочка і син з синдактилією. Всі родичі чоловіка були з нормальними пальцями. Визначте генотипи жінки і чоловіків.

6. Альбінізм успадковується людиною як рецесивна ознака. У сім'ї, де один з батьків альбінос, а інший нормальний, народилися

близнюки, один з яких був альбіносом. Яка імовірність народження наступної дитини альбіносом?

7. У їздця *Mormoniella* самки розвиваються із запліднених яєць ( $2n$ ), а самці – із незапліднених ( $n$ ) із наступною диплоїдизацією соматичних клітин. Гетерозиготна самка ( $Aa$ ) схрещується з самцем, який має рецесивний вияв ознаки. Яке розщеплення очікується у нащадків  $F_2$  і  $F_3$  від цього схрещування, якщо алель  $A$  неповністю домінує над алелем  $a$ ?

8. Після схрещування між собою чистопородних білих курей потомство виявляється білим, а чорних курей – чорним. Потомство від схрещування білих і чорних курей виявляється строкатим. Яке забарвлення матимуть потомки білого півня і строкатої курки? Потомки двох строкатих особин?

9. У рослин нічної красуні червоне забарвлення квіток не повністю домінує над білим. Гетерозиготні рослини  $\bar{A}a$  мають рожеве забарвлення. Визначте генотипи і фенотипи гібридів від схрещування рожевоквіткової рослини з червоноквітковою.

10. Кохінурові норки мають світле забарвлення з чорним хрестом на спині. При схрещуванні кохінурової норки з білою половина потомства виявляється білим, а половина – кохінуровим. Схрещування кохінурових норок з чорними дає половину кохінурових і половину чорних потомків. Визначте генотипи усіх форм норок.

11. У котів є серія множинних алелей за геном  $B$ , який визначає забарвлення шерсті: Алель  $B$  зумовлює сірий колір шерсті,  $bc$  - сіамські коти (кремові з чорними вушками та чорними лапками) і  $b$  – білі коти з червоними очима (альбіноси). Кожен з алелей повністю домінує над наступним ( $B > bc > b$ ). Від схрещування сірої кішки з сіамським котом народилося двоє кошенят: сіамський та альбінос. Які кошенята могли би народитися ще при цьому схрещуванні? Яке розщеплення слід очікувати в потомстві від схрещування цього сіамського кота з червоноокою білою самочкою?

12. При багаторазовому внутрішньопородному схрещуванні коротконогих особин великої рогатої худоби 25% народжених телят виявляються мертвонародженими, а 25% - довгоногими. Які генотипи

коротконогих особин? Який ген домінує? Які генотипи загиблих особин?

13. На фермі при розведенні чубатих качок внутрішньопородного близько 25% ембріонів гине, а з тих, що вилупилися, каченят виростають чубаті і нормальні качки. Як слід розводити чубатих качок, щоб уникнути загибелі потомства?

14. При схрещуванні уражених сажкою рослин вівса з стійкими в  $F_1$  всі рослини були стійкі до сажки, а в  $F_2$  отримано 634 уражених і 2002 стійких до сажки рослин. Визначте характер успадкування ознак і генотипи батьків.

15. У трьох дітей в сім'ї групи крові А, В, 0. Які групи крові можуть бути у батьків?

16. Які групи крові можуть бути у дітей від шлюбу чоловіка, у якого друга група крові з жінкою, у якої третя група крові, якщо вони обоє гетерозиготи?

17. Перед судово-медичним експертом поставлене завдання з'ясувати, рідний чи не рідний син в родині. Дослідження крові всіх трьох членів родини дало такі результати: у жінки резус-позитивна кров ІV групи, а у її чоловіка - резус-негативна І група, в дитини - резус-позитивна кров І групи. Яке заключення повинен дати експерт і на чому воно ґрунтується?

### **Контрольні питання:**

1. Сформулюйте основні закони, відкриті Г. Менделем.
2. У чому сутність гібридологічного методу, розробленого Г. Менделем.
3. Опишіть явище множинного алелізму.
4. Надайте визначення аналізуючого, реципрочного, зворотного схрещування.
5. Надайте характеристику типам взаємодії алельних генів.

## Лабораторна робота № 2

**Тема:** Дигібридне схрещування. Взаємодія неалельних генів

**Мета:** Закріпити знання про основні закономірності успадкування за дигібридного схрещування. Навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

**Матеріали і обладнання:** таблиці, зошит, калькулятор.

**Завдання:**

1. Розглянути закон незалежного успадкування і комбінування ознак.
2. Розглянути типи взаємодії неалельних генів.
3. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

**Теоретична частина.**

Схрещування, в якому батьківські форми відрізняються алельним станом декількох генів, носить назву полігібридного; алельним станом двох генів – дигібридного. Гібриди, гетерозиготні за двома локусами (генами), називаються **дигетерозиготами**.

Класичний приклад дигібридного схрещування наведений в роботі Г. Менделя, який схрещував рослини гороху з круглим (гладеньким) жовтим насінням (домінантні ознаки) з рослинами, які мали зелене зморшкувате насіння (рецесивні ознаки).

Позначивши літерою А – ген, який відповідає за колір насіння гороху: А – жовтий (домінантний), а – зелений (рецесивний), а літерою В – ген, який відповідає за форму горошин: В – гладеньке, в – зморшкувате, можна записати схему схрещування:

P ♀ ААВВ × ♂ аавв

G АВ ав

F<sub>1</sub> АаВв

G АВ, Ав, аВ, ав

Під час мейозу, коли у гамети розходяться по одній гомологічній хромосомі від кожної пари, будуть утворюватися у рівній кількості гамети із усіма можливими комбінаціями хромосом і алелів генів, які вони містять.

Для аналізу всіх можливих генотипів потомства F<sub>2</sub> скористаємося решіткою Пеннета:

♀ \ ♂	<b>AB</b>	<b>Ab</b>	<b>aB</b>	<b>ab</b>
<b>AB</b>	AABB	AABb	AaBB	AaBb
<b>Ab</b>	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
<b>aB</b>	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
<b>ab</b>	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

З урахуванням того, що домінантні гомозиготи і гетерозиготи не відрізняються за фенотиповим виявом, розщеплення за фенотипом буде таким: 9/16 жовтих гладеньких, 3/16 жовтих зморшкуватих, 3/16 зелених гладеньких і 1/16 зелених зморшкуватих. Якщо позначити другий алель гена в генотипі рисою, за якою може ховатися домінантний або рецесивний алель гена, розщеплення в F<sub>2</sub> можна записати як:

$$9A\_B\_ : 3A\_bb : 3aaB\_ : 1aabb$$

Розвиток будь-яких ознак організмів є наслідком складної взаємодії генів, точніше, поліпептидів, які вони кодують. Розрізняють наступні типи взаємодії неалельних генів – комплементарна дія, епістаз і полімерію.

**Комплементарними**, або взаємодоповнюючими, називають такі домінантні гени, які при сумісному перебуванні в організмі (генотипі) зумовлюють вияв нової ознаки.

Під **епістазом** розуміють пригнічення неалельним геном (епістатичним або супресором) дії іншого гена, який називають гіпостатичним. Залежно від того, в якому стані (домінантному або рецесивному) епістатичний ген пригнічує дію іншого гена, розрізняють домінантний або рецесивний епістаз.

**Полімерія** – такий тип взаємодії генів, при якому два або більше неалельних генів однаковою мірою впливають на розвиток однієї ознаки. Такі гени називають однозначними або полімерними, а ознаки, які ними визначаються – полігенними. Полімерні гени прийнято позначати однаковими латинськими літерами з нижнім індексом – A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> і т.д.

Тип полімерії, за якої вплив домінантних алелей накопичується, називають **кумулятивною полімерією**. **Некумулятивна полімерія** – це випадок, коли для формування певного фенотипу достатньо

наявності одного домінантного алеля, і кількість таких алелей не впливає на фенотиповий вияв ознаки.

**Хід роботи:**

**Завдання 1.** Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

**Приклади розв'язку задач**

**Задача 1.** Червоний колір колосся пшениці домінує над білим, вилягаюче стебло над невилягаючим. Один з сортів пшениці, що має червоне колосся і невилягаюче стебло, схрещується з другим сортом, що має альтернативні ознаки. Яка частка рослин з червоним колоссям і вилягаючим стеблом буде спостерігатися у другому поколінні?

Дано:

A – червоне колосся,

a – біле колосся,

B – вилягаюче стебло,

b – невилягаюче стебло.

Визначити:

Частка фенотипів A\_B\_ у поколінні F<sub>2</sub>?

**Розв'язок.** Вказівка, що схрещуються сорти пшениці, свідчить про те, що вихідні форми були гомозиготні. Запишемо схему схрещування:

P<sub>1</sub> ♀ AAВВ (чер.невил.) × ♂ aaВВ (біл.вил.)

G Ав аВ

F<sub>1</sub> АaВв (чер.вил.)

P<sub>2</sub> ♀ AaВв (чер.вил.) × ♂ AaВв (чер.вил.)

G АВ, Ав, аВ, ав АВ, Ав, аВ, ав

F<sub>2</sub> 9 A\_B\_ : 3 A\_вв : 3 aaB\_ : 1 aавв

9 (чер.вил.) : 3 (чер.невил.) : 3 (біл.вил.) : 1 (біл.невил.)

Відповідь: Частка рослин з червоним колоссям і вилягаючим стеблом у другому поколінні буде становити 9/16.

**Задача 2.** У курей породи білий леггорн забарвлення оперення контролюється двома неалельними генів: I (біле забарвлення) домінує над і (кольорове забарвлення), B (чорне забарвлення) домінує над b (коричневе забарвлення). Гетерозиготне потомство F<sub>1</sub> має генотип IiBb і біле оперення. Поясніть дану взаємодію генів і вкажіть кількісне співвідношення фенотипів у поколінні F<sub>2</sub>.

Дано:

I – біле забарвлення оперення,

i – кольорове забарвлення,

B – чорне забарвлення оперення,

b – коричневе забарвлення.

Визначити:

Співвідношення фенотипів у F<sub>2</sub>?

**Розв'язок.** За умовою задачі дигетерозиготні кури мають біле оперення, що свідчить про те, що домінантний алель гена I пригнічує вияв любого алеля гена B, тобто є епістатуючим. Запишемо схему схрещування:

P                      ♀ IiBb (білі) × ♂ IiBb (білі)  
G                      IB, Ib, iB, ib                      IB, Ib, iB, ib

Запишемо розщеплення у другому поколінні за допомогою фенотипових радикалів без врахування взаємодії генів і визначимо фенотипи із врахуванням взаємодії за типом епістазу.

F<sub>2</sub>                      9 I\_B\_ : 3 I\_bb : 3 iiB\_ : 1 iibb  
                          9 (білі) : 3 (білі) : 3 (чорні) : 1 (коричневі)

Відповідь: Спостерігається взаємодія генів за типом епістазу. У другому поколінні спостерігається розщеплення за кольором оперення на білих, чорних і коричневих курей у співвідношенні 12 : 3 : 1, відповідно.

### Задачі для самостійного розв'язування

18. Які типи гамет утворюють рослини наступних генотипів:

а) AABb, б) AaBB, в) aaBB г) AABb, д) AaBb?

19. Як визначити, чи різняться за генотипом дві рослини гороху, що вирощені з жовтого гладенького насіння?

20. Після схрещування двох рослин гороху, які вирости з жовтого гладенького насіння, було одержано потомство з жовтим гладеньким насінням. Чи можна визначити генотип вихідних рослин?

21. У помідорів нормальна висота домінує над карликовістю, а червоний колір плодів – над жовтоплідністю. Усі вихідні форми гомозиготні, гени обох ознак містяться в різних хромосомах. Визначте: а) які ознаки будуть мати гібриди, які отримали в

результаті запилення гомозиготних червоноплідних рослин нормальної висоти пилком жовтоплідних карликових; б) яким буде потомство від схрещування цих гібридів; в) яке потомство отримають від схрещування гібридів  $F_1$  із карликовими жовтоплідними рослинами?

22. У людини здатність краще володіти правою рукою домінує над здатністю володіти лівою рукою, а кароокість над блакитним забарвленням очей. Гени, що зумовлюють ці ознаки, знаходяться в різних хромосомах. Кароока праворука дівчина вийшла заміж за блакитноокого хлопця - шульгу. Які діти можуть народитися в цьому шлюбі, якщо дівчина була дигетерозиготою?

23. Чорний безрогий чистопородний бугай схрещується з червоними рогатими чистопородними коровами. Безрогість домінує над рогатістю, чорний колір — над червоним. Яка частка рекомбінантних особин з'явиться у другому поколінні?

24. Обидва батьки резус-позитивні, батько блакитноокий, мати кароока, у них народився блакитноокий, резус-негативний син. Запишіть генотипи всіх членів родини і визначте імовірність народження у цих батьків резус-негативної доньки (позитивний резус-фактор і кароокість — домінантні ознаки).

25. У курей смугасте забарвлення опірнення домінує над чорним, коротконогість — над нормою, причому гомозиготні по гену коротконогості курчата гинуть ще в яйці. Від курок і півнів, генотип яких залишився невідомим, отримали курчат, причому  $1/3$  частина з них була смугастими та коротконогими,  $1/6$  — смугастими з нормальними ногами,  $1/3$  — чорними коротконогими, і  $1/6$  — чорними з нормальними ногами. Визначити генотипи всіх курчат і визначте фенотипи їх батьків.

26. Ген чорного забарвлення шерсті у кроликів домінує над геном, що зумовлює біле забарвлення шерсті. Короткошерстість обумовлена домінантним алелем гена, а довгошерстість — його рецесивним алеллем. Яке потомство слід чекати від схрещування чорного кролика з довгою шерстю з білим кроликом, що має коротку шерсть, якщо вони гетерозиготні по одному з генів?



27. У собак породи спаніель чорна шерсть домінує над червоною, суцільне забарвлення над строкатим. Червоний батько і чорна строката мати мають 3-х цуценят суцільно зафарбованого чорного кольору і 2-х червоно-строкатих. Визначте генотипи батьків.

28. При схрещуванні двох ліній норок з бежевим і сірим кольором хутра отримали гібриди  $F_1$  з коричневим кольором шерсті. Від схрещування гібридів  $F_1$  між собою в  $F_2$  спостерігали наступне розщеплення: 14 сірих, 46 коричневих, 16 бежевих і 5 кремових норок. Як успадковується забарвлення шерсті у норок? Яке потомство отримають від схрещування гібридних коричневих норок з кремовими?

29. Від схрещування сорту жита із зеленими зернами з сортом, що має білі зерна в  $F_1$  всі гібриди мають зелене насіння, а в  $F_2$  спостерігається розщеплення: 89 насінин зеленого кольору, 28 жовтих і 39 білих. Як успадковується колір насіння? Яким буде фенотип особин від схрещування гібридів  $F_1$  із гомозиготними жовто-білозерними рослинами?

30. При схрещуванні двох сортів гарбуза, що мають білі і зелені (алель  $a$ ) плоди отримали рослини  $F_1$  також білоплідні, а в  $F_2$  одержали наступне розщеплення: 12/16 білоплідних, 3/16 жовтоплідних (алель  $A$ ) та 1/16 із зеленими плодами. Визначити тип успадкування даної ознаки і генотипи всіх форм.

31. При схрещуванні двох порід курей, з яких одна мала біле опірнення і чубчик, а інша теж біла, але без чубчика, в  $F_1$  всі курчата виявились білими чубатими. В  $F_2$  отримано наступне розщеплення: 39 білих чубатих, 4 рудих без чубчика, 12 білих без чубчика і 9 рудих чубатих. Поясніть, як успадковуються дані ознаки.

32. У людини вроджена глухота може визначатися генами  $d$  та  $e$ . Для нормального слуху необхідна наявність в генотипі двох домінантних алелей ( $D$  та  $E$ ). Визначити генотип батьків у таких сім'ях: а) обоє батьків глухі, а їх 5 дітей мають нормальний слух; б) у глухих батьків 4 глухих дітей. Чому дорівнює ймовірність народження глухих дітей від дигетерозиготних здорових батьків?

33. Довжина вух у кролів успадковується за типом кумулятивної полімерії. Вуха кролів породи баран мають довжину 30

см, в інших порід - 10см. Генотипи кролів-баранів  $E_1E_1E_2E_2$ , звичайних кролів  $e_1e_1e_2e_2$ . Визначить довжину вух кролів  $F_1$ , які народжуються від схрещування кролів породи баран із породою з довжиною вух 10 см, і довжину вух у популяції  $F_2$ . Яку кількість особин із різною довжиною вух буде отримано у  $F_2$ , якщо загальна кількість нащадків, отриманих від схрещування гібридів  $F_1$  між собою – 96 кролів?

34. У курей опереність ніг успадковується за типом некулятивної полімерії і визначається двома парами полімерних генів, причому, ознака опереності ніг домінує над ознакою неопереності. Схрещуються особини з генотипами:  $A_1A_1A_2A_2$  х  $a_1a_1a_2a_2$ . Визначити фенотипи нащадків  $F_1$  і  $F_2$  від такого схрещування. У яких особин ноги будуть опереними:  $A_1A_1A_2A_2$ ;  $A_1A_1a_2a_2$ ,  $A_1a_1a_2a_2$ ?

35. Колір шкіри у людини визначається взаємодією декількох пар генів за типом кумулятивної полімерії, тобто колір шкіри тим більш темний, чим більше домінантних алелей в генотипі. Коли африканка з генотипом  $A_1A_1A_2A_2$  і білий чоловік ( $a_1a_1a_2a_2$ ) мають дітей, то в якому співвідношенні можна очікувати появу дітей з кольором шкіри як у матері, мулатів, білих?

36. Чи можуть народитися у батьків-мулатів ( $A_1a_1A_2a_2$ ) діти із більш темним кольором шкіри, ніж у батьків, із білим кольором, мулати? Яку частку будуть складати діти кожного типу?

37. При схрещуванні двох рослин ячменю із світло-пурпурними зернами отримано рослини  $F_1$  з темно-пурпурними зернами. В  $F_2$  спостерігається розщеплення за кольором зерен у співвідношенні: 9/16 рослин із темно-пурпурними зернами, 6/16 із світло-пурпурними, 1/16 із білими. Визначити генотипи батьків і нащадків. Який тип взаємодії генів ілюструє цей приклад?

38. При схрещуванні блакитних і світло-сірих гупі в першому поколінні отримали сірих рибок, а в другому розщеплення на 55 сірих, 17 блакитних, 19 світлих, 6 білих. При схрещуванні гібридів  $F_1$  з білими рибами із другого покоління отримали нащадків: 17 сірих, 20 блакитних, 15 світло-сірих, 19 білих. Визначте характер успадкування ознаки і генотипи всіх риб в схрещуваннях. Яке

потомство отримають від схрещування гомозиготних сірих і білих риб?

39. Перед судово-медичним експертом поставлене завдання з'ясувати, рідний чи не рідний син в родині. Дослідження крові всіх трьох членів родини дало такі результати: у жінки резус-позитивна кров ІУ групи, а у її чоловіка - резус-негативна І групи, в дитини - резус-позитивна кров І групи. Який висновок повинен дати експерт і на чому він ґрунтується?

40. Високі надої молока та підвищена його жирність визначаються двома різними генами з неповним домінуванням, що знаходяться в різних аутосомах. Корови однієї породи гомозиготні по домінантному гену високих надоїв, дають молока на 30% більше, ніж корови іншої породи, у яких даний ген є рецесивним. Але друга порода корів гомозиготна по домінантному гену жирномолочності і дає молоко на 10% жирніше, ніж перша порода корів. Складіть план виведення корів, що мають обидві цінні якості.

41. У грициків може бути трикутний і округлий стручок. При схрещуванні кожної гомозиготної форми з трикутним стручком із рослиною, що має круглий стручок, в  $F_1$  рослини завжди мають трикутні стручки. Визначити генотипи рослин в схрещуваннях, що дають таке розщеплення в  $F_2$ : а) 15 рослин з трикутними стручками, 18 – з округлими; б) 3 рослини з трикутними стручками, 1 – з округлими.

### **Контрольні питання:**

1. Наведіть визначення полігібридного схрещування.
2. Наведіть визначення третього закону Менделя.
3. Опишіть закономірності розщеплення за полігібридного схрещування.
4. Надайте визначення і приклади комплементарної дії.
5. Надайте визначення і приклади епістазу.
6. Надайте визначення і приклади полімерії.

### Лабораторна робота № 3

**Тема:** Генетика статі. Успадкування, зчеплене зі статтю

**Мета:** Закріпити знання про хромосомний механізм визначення статі і успадкування, зчеплене зі статтю. Навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

Матеріали і обладнання: таблиці, зошит, калькулятор.

#### **Завдання:**

1. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

#### **Теоретична частина.**

**Стать** – це сукупність контрастуючих генеративних і пов'язаних з ними анатомічних, фізіологічних і біохімічних ознак особин одного виду. Стать, як і будь-яка ознака організму, формується в процесі онтогенезу на основі генотипу організму і взаємодій внутрішніх і зовнішніх факторів.

У переважної більшості різностатевих організмів стать визначається набором статевих хромосом. **Статевими** називають **хромосоми**, які відрізняються у особин різної статі.

Стать, у каріотипі якої містяться різні статеві хромосоми і яка утворює гамети двох типів, називають **гетерогаметною**. Стать, у каріотипі якої містяться дві однакові статеві хромосоми і утворюються гамети одного типу називають **гомогаметною**.

Хромосому, яка знаходиться у особин жіночої статі у подвійній кількості, прийнято називати X-хромосомою, іншу – Y-хромосомою. У клопа *Lygeus*, дрозофіли, двокрилих комах, риб, ссавців і людини особини жіночої статі гомогаметні, тобто містять дві X - хромосоми, а чоловічої – гетерогаметні, тобто містять X і Y хромосому.

У птахів, метеликів, рептилій гетерогаметною є жіноча стать (XY або XO), а гомогаметною – чоловіча (XX). У таких випадках хромосому X позначають літерою Z, а хромосому Y – літерою W. Таке позначення хромосом вказує на вид із гетерогаметною жіночої статі.

Залежно від того, в якій період онтогенезу визначається стать, розрізняють наступні типи встановлення статі:

1. **Прогамний** тип (до запліднення) характерний для видів, у яких гетерогаметною є жіноча стать. У них вже в незаплідненій

яйцеклітині закладена генетична інформація щодо статі майбутнього нащадка.

2. **Сингамний** тип характерний для видів, у яких жіноча стать гомогаметна і стать нащадків визначається під час запліднення хромосомним набором чоловічої гаметети.

3. **Епігамний** тип визначення статі характеризується тим, що формування статевих ознак в онтогенезі відбувається під впливом зовнішніх факторів.

4. Особливий, так званий **гапло-диплоїдний** тип визначення статі характерний для бджіл, ос, мурашок. У них відсутні статеві хромосоми. Самки бджіл – диплоїдні особини, вони розвиваються із запліднених яєць, самці – гаплоїдні, розвиваються із незапліднених яєць. Протягом онтогенезу у соматичних клітинах самців відновлюється диплоїдна кількість хромосом, гаплоїдними лишаються лише клітини зародкового шляху. В процесі сперматогенезу у трутнів не відбувається редукція числа хромосом

На Y-хромосомі людини на сьогодні виявлено 18 унікальних і 9 багатокопійних генів. Приблизно 50% генів Y – хромосоми мають гомологи на X – хромосомі. такі гени називають **умовно зчепленими зі статтю**. Це переважно гени так званого “домашнього господарства”, які забезпечують нормальну життєдіяльність клітини. Інші гени Y – хромосоми не мають гомологів на X – хромосомі. Такі гени називають **голандричними**, вони повністю зчеплені зі статтю і успадковуються суворо по чоловічій лінії. Серед них гени, які визначають один тип іхтіозу, чоловічу безплідність та інші.

На X - хромосомі людини локалізовано більше 100 генів, переважна більшість яких не має гомологів на Y – хромосомі. Ці гени знаходяться у чоловіків у **гемізіготному** стані, вони виявляються фенотипово незалежно від того, домінантний чи рецесивний алель гена несе єдина X – хромосома. Ці гени називають **повністю зчепленими зі статтю**. До них належать гени, що визначають такі спадкові хвороби як гемофілію, дальтонізм, цукровий діабет.

Успадкування ознак, які визначають гени, розміщені в статевих хромосомах, одержало назву успадкування, **зчепленого зі статтю**. Для успадкування, зчепленого зі статтю, характерним є відхилення

від менделівського розщеплення, відмінність результатів реципрокних схрещувань, відмінність розщеплення серед особин різних статей. Типовим є так зване **кріс-крос** (хрест – навхрест) успадкування: сини успадковують ознаку матері, а дочки – ознаку батька.

### Хід роботи:

**Завдання 1.** Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

### Приклади розв'язку задач

**Задача 1.** Яким буде потомство від схрещування гомозиготної сірої самки дрозофіли з жовтим самцем, якщо гени забарвлення тіла знаходяться в X – хромосомі і домінує сіре забарвлення тіла?

Дано:

$X^A$  – сірий колір тіла,

$X^a$  – жовтий,

Визначити:

Генотипи і фенотипи покоління  $F_1$ ?

**Розв'язок.** У дрозофіли гомогаметною є жіноча стать (самки).

Запишемо схему схрещування:

$$\begin{array}{l}
 P_1 \quad \text{♀ } X^A X^A \text{ (сіра)} \times \text{♂ } X^a Y \text{ (жовтий)} \\
 G \quad \quad X^A \quad \quad \quad X^a, Y \\
 F_1 \quad X^A X^a \text{ (сіра самка)} \quad X^A Y \text{ (сірий самець)}
 \end{array}$$

Відповідь: Всі нащадки будуть мати сірий колір тіла, половина з них будуть самками, половина – самцями.

**Задача 2.** У канарейок зчеплений зі статтю ген В визначає зелене забарвлення оперення, в – коричневе. Наявність чубчика залежить від аутосомного гена С, його відсутність – с. Зеленого гомозиготного чубатого самця схрещено з коричневою самкою без чубчика. Які будуть фенотипи і генотипи пташенят  $F_1$ ?

Дано:

$Z^B$  – зелене оперення,

$Z^b$  – коричневе оперення,

С – наявність чубчика,

с – відсутність чубчика.

Визначити:

Генотипи і фенотипи покоління  $F_1$ ?

**Розв'язок.** У канарейок як і всіх птахів, гетерогаметною є жіноча стать, а гомогаметною – чоловіча. У таких випадках хромосому X позначають літерою Z, а хромосому Y – літерою W. Запишемо схему схрещування:

$P_1$  ♀  $Z^B W$  cc (кор., без чубч.) × ♂  $Z^B Z^B$  CC (зел., чуб.)

G  $Z^B c$ , Wc  $Z^B C$

$F_1$   $Z^B Z^B$  Cc (зел. самець з чуб.)  $Z^B W$  Cc (кор. самка з чубч.)

Відповідь: Половина з них будуть коричневими чубатими самками, половина – зеленими чубатими самцями.

### Задачі для самостійного розв'язування

42. Смугасте забарвлення оперення курей (плімутроків) визначається домінантним геном, що знаходиться в X – хромосомі. Рецесивний ген визначає суцільне забарвлення оперення (чорне, червоне). Схрещується смугаста курка з півнем, що має чорне суцільне забарвлення оперення. Визначити фенотипи і генотипи першого покоління.

43. Відсутність потових залоз у людей передається по спадковості як рецесивна ознака, зчеплена зі статтю. Юнак, який не страждає відсутністю потових залоз, одружився з дівчиною, батько якої не має потових залоз, а мати і її батьки здорові. Яка ймовірність того, що сини і дочки від цього шлюбу будуть страждати відсутністю потових залоз? Будуть внуки тієї чи іншої статі страждати цим захворюванням, коли припустити, що дружини синів і чоловіки дочок будуть здоровими людьми?

44. Дальтонізм (нездатність розрізняти червоний і зелений кольори) – рецесивна ознака, яка визначається геном, локалізованим в X – хромосомі.

а) Визначити, які діти будуть народжуватись від шлюбу чоловіка – дальтоніка з жінкою, що має нормальний зір, в сім'ї якої це захворювання не спостерігалось.

б) Якими будуть діти сина з жінкою, яка є носієм дальтонізму?

в) Дочки від цього шлюбу із здоровим чоловіком?

45. Якою буде стать особини з хромосомним набором 2A, XXU у дрозоді, горобця і людини? Чому?

46. Самки мишей з набором статевих хромосом Х0 – фертильні, хоча їх плодючість знижена. На яке потомство можна чекати від схрещування такої самки з нормальним самцем, якщо зиготи, в яких немає Х-хромосоми, гинуть?

47. У курей породи віандот спостерігається дві форми смугастості: золотиста і срібляста. Гени, що обумовлюють цю ознаку, успадковуються зчеплено зі статтю, причому домінує ген сріблясто-смугастого забарвлення оперення. Від схрещування сріблясто-смугастої курки із золотисто-смугастим півнем було отримано 20 курчат. Скільки серед них було півників і курочок та якого забарвлення?

48. У котів жовте забарвлення шерсті визначається домінантним геном В, чорне - в. Гетерозигота Вв має черепахове забарвлення шерсті. Ген В зчеплений із статтю. Які кошенята народяться у пари котів, якщо кіт чорний, а кішка - черепахова? Чи може кіт мати черепахове забарвлення шерсті?

49. У дрозоді рецесивний ген вкороченого тіла а локалізований в Х-хромосомі, а ген А – домінантний ген нормальної довжини тіла локалізований у другій Х-хромосомі. Самка з нормальним тілом, гетерозиготна за геном вкороченого тіла, схрещена з самцем, що має вкорочене тіло. Визначити фенотипи самок і самців потомства від цього схрещування.

50. У людини один з видів гемофілії обумовлений рецесивним геном (h), локалізованим в Х-хромосомі, а нормальне згортання крові – його домінантним алелем – H. Від шлюбу людей з нормальним згортанням крові народилася дитина, хвора на гемофілію. Встановити генотипи батьків.

51. Напишіть генотип здорової жінки, якщо батько її був гемофіліком, а мати – дальтоніком.

52. У Північній Кароліні досліджували появу в деяких родинах хворих на специфічну форму рахіту, пов'язаного із нестачею фосфору в крові. В потомстві від шлюбів 14 чоловіків, хворих на цю форму рахіту, із здоровими жінками народились 21 дочка і 16 синів.



Усі дочки страждали від нестачі фосфору в крові, всі сини були здорові. Яка генетична зумовленість цієї хвороби? Чим вона відрізняється від спадкування гемофілії?

53. На засіданні «Союзу меча і орала» Остап Бендер заявив, що він є законним спадкоємцем Російського престолу, бо його матушка знаходилась в цивільному шлюбі з Государем Імператором. На підтвердження цього великий комбінатор сказав, що він, як і його зведений брат Олексій, страждає на гемофілію. Переконливі чи ні претензії громадянина О.Бендера на Російський престол?

54. Яким буде потомство від схрещування жовтої самки дрозофіли з сірим самцем, якщо ген, що визначає забарвлення тіла, знаходиться в X – хромосомі і домінує сіре забарвлення тіла?

55. У азійської щучки (*Aplocheilus*) коричневе забарвлення визначається геном В, а блакитне - b. Ген В може перебувати в X- та Y-хромосомах, а його алель ніколи не зустрічається в Y-хромосомі. Якщо схрещується блакитна самка з гомозиготним коричневим самцем, то яке потомство буде в F<sub>1</sub> і F<sub>2</sub>? Самки у цієї акваріумної рибки є гомогаметною статтю.

56. Жіночу рослину кукулиці, що має вузьке листя, запилюють пилком чоловічої рослини з нормальними листками. У F<sub>1</sub> жіночі рослини мають нормальне листя, а чоловічі - вузькі. Яке вийде потомство, якщо квітки жіночих рослин F<sub>1</sub> запилювати пилком чоловічої рослини, аналогічної батьківській?

#### **Контрольні питання:**

1. Надайте визначення статі.
2. Які хромосоми називаються статевими?
3. Наведіть типи встановлення статі залежно від стадії онтогенезу, в якій вона визначається?
4. Як визначається стать у дрозофіли?
5. Які ознаки називають зчепленими зі статтю?
6. Які ознаки є неповністю зчепленими зі статтю?
7. Наведіть характерні ознаки успадкування, зчепленого зі статтю.

## Лабораторна робота № 4

**Тема:** Хромосомна теорія спадковості. Кросинговер

**Мета:** Закріпити знання про хромосомну теорію спадковості та кросинговер. Навчитися розв'язувати задачі за темою лабораторної роботи.

**Матеріали і обладнання:** таблиці, зошит, калькулятор.

**Завдання:**

1. Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

**Теоретична частина.**

Гени, які розміщені в одній хромосомі і передаються, переважно, спільно називають **групою зчеплення**. Проаналізувавши розщеплення великої кількості мутантних (маркерних) генів, Морган виявив відповідність між кількістю груп зчеплення і гаплоїдним набором хромосом. Ця закономірність виявилась загальнобіологічною.

Неповне зчеплення генів, які розташовані в одній хромосомі, пояснюється тим, що під час профазі I мейозу хромосоми можуть обмінюватися ідентичними ділянками гомологічних хромосом, внаслідок чого спостерігається перекомбінування генів. Це явище отримало назву **кросинговеру**.

**Частота рекомбінації**  $rf$  (recombination frequency) за результатами аналізуючого схрещування обраховується як відношення кросоверних особин до загальної кількості особин, помножене на 100 %:  $rf = (n_1/n_2) 100\%$ , де  $n_1$  – кількість кросоверних особин,  $n_2$  – загальна кількість особин.

Визначення частоти кросинговеру між генами лежить в основі побудови генетичних карт великої кількості організмів. Для побудови частини генетичної карти організмів необхідно визначити частоту рекомбінації щонайменше між трьома генами, які належать до однієї групи зчеплення.

В 1919 р. Дж. Холдейн запропонував відстань між локусами, на якій кросинговер відбувається із частотою 1%, назвати одиницею Моргана, із 1980р. її замінили терміном сантиморган (сМ) на честь Т. Моргана.

На основі даних про успадкування, зчеплене зі статтю, про нерозходження хромосом, про зчеплене успадкування і кросинговер Т.Морган із співробітниками створили **хромосомну теорію спадковості**. Згідно цієї теорії матеріальною основою зчеплення генів є хромосома. Вона являє собою окрему фізичну одиницю, яка діє в мейозі. Усі гени, які знаходяться в хромосомі, зчеплені між собою і розташовані в лінійному порядку. Після перевірки всіх генів на зчеплення можна виявити групи зчеплення. Кількість груп зчеплення дорівнює гаплоїдному числу хромосом.

Існують цитологічні докази кросинговеру, які наглядно підтверджують факт, що хромосоми обмінялись своїми частинами і пояснюють молекулярний механізм кросинговеру. Такі докази отримані на лініях кукурудзи і дрозофіли із ідентифікуємими хромосомами – тими, що можна розрізнити під мікроскопом і побачити, що між хромосомами відбувся обмін ділянками.

### **Хід роботи:**

**Завдання 4.** Розв'язати задачі за темою лабораторної роботи.

#### **Приклади розв'язку задач**

**Задача 1.** В аналізуючому схрещуванні дигетерозиготних рослин томату за зчепленими ознаками карликового росту (d) і відсутністю антоціану у стеблі (aw) отримали розщеплення за генотипом: 420 рослин AwawDd; 50 рослин Awawdd; 40 рослин awawDd; 490 рослин awawdd. Чому дорівнює відстань між генами на генетичній карті?

Виходячи з того, що в потомстві від аналізуючого схрещування значно переважають рослини із двома рецесивними або двома домінантними алелями, робимо висновок, що саме вони утворилися із некросоверних гамет, тобто у вихідної материнської форми одна хромосома містила алелі Aw і D, а друга хромосома – алелі aw і d.

Дано:

P: ♀ Aw D // aw d, ♂ aw d // aw d

F<sub>1</sub>: 420 рослин AwawDd; 50 рослин Awawdd; 40 рослин awawDd; 490 рослин awawdd

Визначити: rf aw-d?

**Розв'язок.** Для того, щоб позначити зчеплені в одній хромосомі гени їх підкреслюють рисою. Запишемо схему схрещування:

$P_1 \quad \text{♀ } \underline{Aw D} // \underline{aw d}$  (високі, з ант.)  $\times$   $\text{♂ } \underline{aw d} // \underline{aw d}$  (кар., без ант.)

$G \quad \underline{Aw D}, \underline{aw d}$  - некросоверні  $\quad \underline{aw d}$

$\quad \underline{Aw d}, \underline{aw D}$  - кросоверні

$F_1 \quad \underline{Aw D} // \underline{aw d}$  (високі, з ант.),  $\underline{aw d} // \underline{aw d}$  (кар., без ант.),  $\underline{Aw d} // \underline{aw d}$  (кар., з ант.),  $\underline{aw D} // \underline{aw d}$  (високі, без ант.)

$$rf \text{ aw-d} = (50 + 40) / (50 + 40 + 420 + 490) \times 100\% = 9\%$$

Відповідь: Відстань між генами *aw* і *d* на генетичній карті дорівнює 9 сМ.

**Задача 2.** У дрозофіли гени *A* і *B* локалізовані в двох різних аутосомах, а гени *C* і *D* — в одній і тій ж аутосомі. Визначити, скільки і які типи гамет продукують особини, що мають генотипи:

$$1). \text{ самки } \frac{A \ B}{a \ b} = ? \quad 2). \text{ самці } \frac{CD}{cd} = ?$$

$$\text{Дано: } 1). \text{ самки } \frac{A \ B}{a \ b} = \quad 2). \text{ самці } \frac{CD}{cd} =$$

Визначити: Типи і кількість гамет?

**Розв'язок.** В першому випадку дві пари алельних генів *A*-*a* і *B*-*b* локалізовані в різних парах хромосом, отже, ці гени в процесі мейозу вільно комбінуються, в результаті чого утворюється чотири типи гамет — *AB*, *Ab*, *aB*, *ab* у рівному співвідношенні.

У другому випадку дві пари алельних генів *Cc* і *Dd* локалізовані в одній парі гомологічних хромосом, а оскільки у самців дрозофіли кросинговер не відбувається, утворюються гамети двох типів — *CD* і *cd*.

Відповідь: 1). Утворюються чотири типи гамет *AB*, *Ab*, *aB*, *ab* по 25 % кожного, 2). Утворюються два типи гамет *CD* і *cd* по 50 % кожного.

### Задачі для самостійного розв'язування

57. У людини гени *A* і *B* локалізовані в одній аутосомі. Скільки типів яйцеклітин продукує жінка з генотипом *AB//ab*? Скільки типів сперматозоїдів продукує чоловік з генотипом *Ab//ab*?

58. У людини ген гемофілії *h* та кольорової сліпоти *c* локалізовані в X-хромосомі на віддалі 9,8 сантиморганів (сМ).

Визначити, які типи гамет і в якій кількості утворюють особини з такими генотипами: а) жінка з генотипом  $hC/Hc$ , б) чоловік, рецесивний за обома ознаками?

59. У томатів гени, що визначають висоту рослини та форму плодів, успадковуються зчеплено і локалізовані в одній аутосомі. Схрещували гомозиготну рослину з домінантними генами високорослості (H) і шароподібної форми плодів (P) з рослинами, що мають карликовий ріст (алель h) і грушоподібну форму плодів (p). Було одержано 8 рослин  $F_1$ , від самозапилення яких отримали 24 рослини  $F_2$ .

а) Скільки високорослих рослин з кулеподібними плодами було в  $F_1$ ?

б) Скільки різних генотипів було в  $F_2$ ?

в) Скільки фенотипів було в  $F_2$ ?

г) Скільки типів гамет може утворити рослина  $F_1$ ?

д) Скільки рослин  $F_2$  мають карликовий ріст і грушоподібні плоди?

60. У кроликів забарвлення шерсті та її довжина успадковуються зчеплено (гени містяться в аутосомі). Плямисте забарвлення шерсті (A) домінує над суцільним (a), а нормальна довжина шерсті (B) над короткою (b). Схрещують плямистого нормальношерстого кроля з гомозиготною суцільно забарвленою кролицею з короткою шерстю. При схрещуванні гібридів  $F_1$  із суцільнозабарвленим короткошерстим кролем одержано 26 плямистих короткошерстих кроленят, 144 суцільнозабарвлених короткошерстих, 157 плямистих з нормальною шерстю і 23 суцільнозабарвлених з нормальною шерстю. Визначити генотипи даних форм та величину кросинговеру між генами.

61. У дрозофіли рецесивний ген білого кольору очей (v) міститься в X-хромосомі в локусі 1,5 сМ, а домінантний ген A зміненої форми черевця – в локусі 4,5 сМ. Визначити типи та кількість гамет, що утворюються в дрозофіл таких генотипів:

а) самки  $AV//av$ , б) білоокого самця з нормальним черевцем.

62. У дрозофіли гени M та P містяться в одній аутосомі, а гени A і B – в X-хромосомі. Які типи гамет утворюють організми таких

генотипів: а) самка, гетерозиготна за генами М та Р і гомозиготна за генами А і В;

б) самець, гомозиготний за генами М і Р та гемізіготний за генами А і В.

63. У томата відомі наступні пари ознак: плід округлий – О і плоский – о, опушений – р і неопушений – Р, квіти поодинокі – Е і е – зібрані в суцвіття. Усі три гени локалізовані в другій хромосомі. На основі результатів аналізуючого схрещування визначити послідовність генів і віддалі між ними, генотипи вихідних гомозиготних батьківських рослин:

ОРе – 73                      оРЕ – 110

ОРЕ – 348                      оРе - 2

ОрЕ – 2                        оре - 306

Оре – 96                        орЕ – 63

64. У дрозофіли гени М та Р містяться в одній аутосомі, а гени А і В – в Х-хромосомі. Які типи гамет утворюють організми таких генотипів:

а) самка гетерозиготна за генами М та Р і гомозиготна за генами А і В; б) самець гомозиготний за генами М та Р і гемізіготний за генами А і В.

65. Генотип самки дрозофіли ED//ED, а самця ed//ed. При їх схрещуванні в F<sub>1</sub> одержано 10% рекомбінантів. Визначити генотипи потомства і процент дрозофіл кожного генотипу.

66. Жінка має 6 синів. Двоє із них страждають дальтонізмом, але мають кров із нормальною здатністю до зсідання, троє страждають гемофілією, але мають нормальний зір, один страждає дальтонізмом і гемофілією. Визначити генотипи матері і батька, пояснити чому мати має синів трьох генотипів.

### Контрольні питання:

1. Надайте визначення і приклади зчепленого успадкування генів.
2. Неповне зчеплення. Кросинговер.
3. Групи зчеплення. Генетичні карти організмів.
4. Множинні обміни. Інтерференція обмінів.
5. Які цитологічні докази кросинговеру вам відомі?.

## Список використаної літератури

1. Абрамова З. В. Практикум по генетике / З. В. Абрамова, О. А. Карлинский / Л.: Колос, 1974. – 210 с.
2. Атраментова Л. О. Збірник задач з генетики / Л. О. Атраментова, І. Я. Карнацевич / Харків: Торсінг, 2004. – 112 с.
3. Барабанщиков И. Б. Сборник задач по генетике / И. Б. Барабанщиков, Е. А. Сапаев / Казань: Изд-во Казанського ун-та, 1988. – 191с.
4. Биологический энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – 831с.
5. Ватти К. В. Руководство к практическим занятиям по генетике / К. В. Ватти, М. М. Тихомирова / М.: Просвещение, 1979. – 190 с.
6. Голда Д. М. Задачі з генетики / Д. М. Голда, С. В. Демидов, Т. А. Решетняк / К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 116 с.
7. Захаров И. А. Генетические карты высших организмов / И. А. Захаров / Л.: Наука, 1979. – 157 с.
8. Клаг У. С. Основы генетики / У. С. Клаг, М. Р. Каммингс / М.: Техносфера, 2007. – 896с.
9. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин / М.: Высшая школа, 1990.– С. 18-36.
10. Методичні рекомендації до практичних занять по розв'язуванню задач з курсу “Генетика з основами селекції” / Є. В. Батюра, О. А. Блажко, О. П. Зінченко / Луцьк: б/в, 1995. – 76с.
11. Стрельчук С. І. Генетика з основами селекції / С. І. Стрельчук, С. В. Демидов, Г. Д. Бердишев та ін. / К.: Фітосоціоцентр, 2000. - 292с.
12. Тоцький В. М. Генетика / В. М. Тоцький / Одеса: Астропринт, 2008. – 712с.

## Словник термінів

**Алелі генів** – див. гени алельні

**Альтернативні** вияви ознак - взаємовиключні вияви ознак. Наприклад, горох з жовтим і зеленим насінням, зморшкуватим і гладеньким насінням, пурпуровим і білим забарвленням квіток.

**Гаплоїдний набір хромосом** – основний або половинний (для диплоїдних організмів) набір хромосом, морфологія та генетична інформація яких унікальна.

**Ген** – це ділянка ДНК, яка містить інформацію про послідовність амінокислот в молекулі білка (структурні гени) або послідовність нуклеотидів в РНК або регулює експресію (вияв) іншого гена (регуляторні гени).

**Гени алельні або алеломорфні пари** – гени, які визначають розвиток альтернативних виявів ознаки, вони розташовуються в одних і тих самих локусах гомологічних хромосом.

**Геном** – сукупність генетичної інформації в гаплоїдному наборі хромосом.

**Генотип** – сукупність усієї генетичної інформації організму.

**Гетерозиготний організм** – організм, у якого в обох гомологічних хромосомах знаходяться різні алелі гена, він утворює два типи гамет.

**Гомозиготний організм** – організм, у якого в обох гомологічних хромосомах знаходяться однакові алелі гена (ізоалельний), він утворює тільки один тип гамет за певною ознакою.

**Гомологічні хромосоми** – парні хромосоми у диплоїдних і поліплоїдних видів, які мають однакову морфологію і містять однакові гени в однаковому або різних алельних станах.

**Група зчеплення** – гени, які розміщені в одній хромосомі і передаються, переважно, спільно.

**Дигетерозиготи** – гібриди, гетерозиготні за двома локусами (генами).

**Домінування неповне** – це такий тип взаємодії алельних генів, коли гетерозиготи мають проміжний вияв ознаки.

**Домінування повне** – це такий тип взаємодії алельних генів, при якому гетерозигота має вияв ознаки одного із батьків ( за визначенням – домінантний ).

**Епістаз** – тип взаємодії неалельних генів за якого один неалельний ген (епістатуючий або супресор) пригнічує дію іншого гена, який називають гіпостатичним. Залежно від того, в якому стані (домінантному або рецесивному) епістатичний ген пригнічує дію іншого гена, розрізняють домінантний або рецесивний епістаз.



**Інтерференція** – явище, коли кросоверний обмін, який вже відбувся, впливає на ймовірність обміну в сусідній ділянці хромосоми.

**Інтерференція позитивна** – явище, коли обмін, який відбувся, запобігає здійсненню обміну на сусідній ділянці хромосоми.

**Кодомінування** – такий тип взаємодії алельних генів, при якому в гетерозиготних організмах однаковою мірою виявляються обидва алеля.

**Коінциденція (співпадання)** - величина виміру ступіня і характеру інтерференції, дорівнює відношенню фактичної кількості подвійних обмінів до теоретично очікуваних.

**Комплементарними**, або взаємодоповнюючими, називають такі домінантні гени, які при сумісному перебуванні в організмі (генотипі) зумовлюють вияв нової ознаки.

**Кросинговер** – обмін гомологічних хромосом своїми ідентичними ділянками, відбувається в пахітені профазі I мейозу.

**Мінливість** – явище, протилежне спадковості. Вона полягає в зміні спадкових задатків, а також у варіабельності їх проявів в процесі розвитку організмів при взаємодії з навколишнім середовищем.

**Множинний алелізм** – це явище, коли гени існують в більш, ніж двох алельних станів.

**Наддомінування** – такий тип взаємодії алельних генів, при якому гетерозигота має більш виражений вияв ознаки ніж обидві батьківських гомозиготи.

**Норма реакції генотипу** – межі, в яких змінюються фенотипові прояви генотипу.

**Полімерія** – такий тип взаємодії генів, при якому два або більше неалельних генів однаковою мірою впливають на розвиток однієї ознаки. Такі гени називають однозначними або полімерними, а ознаки, які ними визначаються – полігенними.

**Полімерія кумулятивна** - тип полімерії, за якої вплив домінантних алелей накопичується.

**Полімерія некумулятивна** – це випадок, коли для формування певного фенотипу достатньо наявності одного домінантного алеля, і кількість таких алелей не впливає на фенотиповий вияв ознаки.

**Сантиморган, cM** – відстань між локусами (генами) на генетичній карті, між якими кросинговер відбувається із частотою 1%.

**Спадковість** – властивість організмів повторювати з покоління в покоління подібні ознаки і забезпечувати специфічний характер індивідуального розвитку в певних умовах середовища.

**Стать** – це сукупність контрастуючих генеративних і пов'язаних з ними анатомічних, фізіологічних і біохімічних ознак особин одного виду.

**Стать гетерогаметна** – стать, у каріотипі якої містяться різні статеві хромосоми і яка утворює гамети двох типів.

**Стать гомогаметна** – стать, у каріотипі якої містяться дві однакові статеві хромосоми і утворюються гамети одного типу.

**Схрещування аналізуюче** – схрещування особини з невідомим генотипом із рецесивною формою.

**Схрещування дигібридне** – схрещування, в якому батьківські форми відрізняються алельним станом двох генів.

**Схрещування зворотне** – схрещування гібридної особини з одним із батьків

**Схрещування моногібридне** – схрещування, при якому батьківські особини аналізуються за альтернативною парою виявів однієї ознаки

**Схрещування полігібридне** – схрещування, в якому батьківські форми відрізняються алельним станом декількох генів.

**Схрещування реципрокне** – парні схрещування, в яких батьківські особини міняються генотипами.

**Успадкування** – спосіб передачі спадкової інформації, який може змінюватися залежно від форми розмноження.

**Успадкування Кріс-Крос (хрест – навхрест)** – характерна ознака успадкування, зчепленого зі статтю: сини успадковують ознаку матері, а дочки – ознаку батька.

**Фенотип** – сукупність усіх ознак і властивостей організму, які є наслідком взаємодії генотипу і навколишнього середовища.

**Частота рекомбінації**  $rf$  (recombination frequency) за результатами аналізуючого схрещування обчислюється як відношення кросоверних особин до загальної кількості особин, помножене на 100 %:  $rf = (n_1/n_2) 100\%$ , де  $n_1$  – кількість кросоверних особин,  $n_2$  – загальна кількість особин.

## Приклади успадкування моногенних ознак

Об'єкт	Домінантна ознака	Рецесивна ознака
горох	Жовте забарвлення насіння Гладенька поверхня насіння Червоне забарвлення віночка Високий ріст	Зелене забарвлення насіння Зморшкувата поверхня Біле забарвлення віночка Карликовий ріст
гарбуз	Біле забарвлення плода Дископодібна форма плода	Жовте забарвлення плода Кулеподібна форма плода
томат	Кулеподібна форма плода Червоне забарвлення плода Високе стебло Пурпурове забарвлення стебла	Грушоподібна форма плода Жовте забарвлення плоду Карликове стебло Зелене стебло
дрозофіла	Червоний колір очей Сіре забарвлення тіла Нормальні крила Нормальні крила	Вишневий колір очей Чорне забарвлення тіла Зачаткові крила Загнуті крила
морська свинка	Чорне забарвлення хутра Чорне забарвлення хутра Довга шерсть Волохата шерсть	Біле забарвлення хутра Коричневе забарвлення Коротка шерсть Гладка шерсть
кури	Розовидний гребінь Гороховидний гребінь Оперені ноги	Простий гребінь Простий гребінь Неоперені ноги
кролик	Сіре забарвлення хутра Чорне забарвлення хутра Волохате хутро	Чорне забарвлення хутра Біле забарвлення хутра Гладке хутро
людина	Темне волосся Нормальна пігментація Карі очі Великі очі Полідактилія Брахідактилія Синдактилія Наявність веснянок Нормальний слух Наявність потових залоз Позитивний резус-фактор Вільні мочки вух Норма Норма	Світле волосся Альбінізм Блакитні або сірі очі Маленькі очі Нормальна кількість пальців Нормальна довжина пальців Незрослі пальці Відсутність веснянок Глухота Відсутність потових залоз Негативний резус-фактор Прирослі мочки вух Фенілкетонурія Амавротична ідіотія

## Зміст

	Стор.
Пояснювальна записка.....	3
1. Моногібридне схрещування. Взаємодія алельних генів.....	4
2. Дигібридне схрещування Взаємодія неалельних генів.....	12
3. Успадкування, зчеплене зі статтю.....	20
4. Хромосомна теорія спадковості. Кросинговер.....	26
Список використаної літератури.....	31
Словник термінів.....	32
Додаток.....	35