

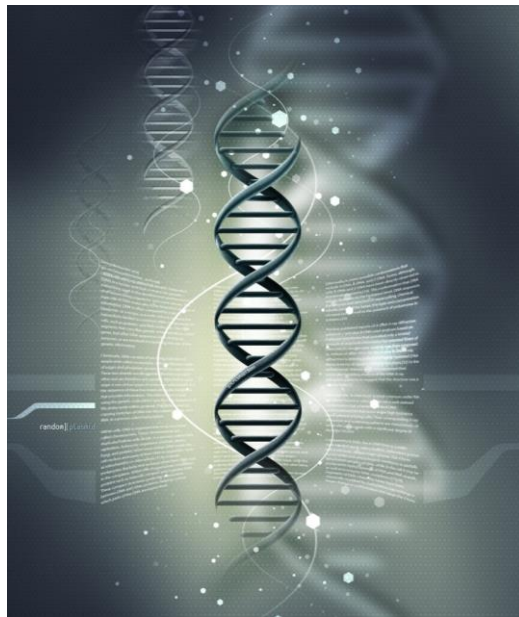
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМ. В.О. СУХОМЛИНСЬКОГО**

**БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра лабораторної діагностики**

## **ГЕНЕТИКА З ОСНОВАМИ СЕЛЕКЦІЇ**

**Методичні рекомендації до лабораторних робіт  
для студентів біологічних спеціальностей  
Галузь знань 01 Освіта  
Спеціальність: 014 Середня освіта. Біологія**



УДК 636.082

Кучер О.О. **Генетика з основами селекції**. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів біологічних спеціальностей. Галузь знань 01 Освіта. Спеціальність: 014 Середня освіта. Біологія.

Викладено методику та структуру організації лабораторних занять по розділам. / О.О. Кучер, / Миколаїв.: МНУ ім. В. О. Сухомлинського, 2016 – 110 с.

Друкується за рекомендацією Вченої Ради біологічного факультету Миколаївського національного університету ім. В.О. Сухомлинського, протокол № 5 від 16.11.2016 р.

#### **Рецензенти:**

##### **Наконечний Ігор Володимирович**

Доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології, Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського

##### **Лихач Анна Василівна**

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри генетики, годівлі тварин та біотехнології факультету ТВППТСБ, Миколаївський національний аграрний університет

Методичні рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни «Генетика з основами селекції» складені у відповідності до робочої програми нормативної навчальної дисципліни «Генетика з основами селекції». В методичних рекомендаціях на сучасному науковому рівні висвітлені основні питання з генетики, генетичної інженерії та селекції.

Значна увага в методичних рекомендаціях приділена заключному етапу засвоєння знань. Після кожної лабораторної роботи наведений перелік контрольних запитань обов'язкових для виконання. Методичні рекомендації для лабораторних робіт з дисципліни «Генетика з основами селекції» розраховані на студентів біологічних спеціальностей Галузь знань 01 Освіта. Спеціальність: 014 Середня освіта. Біологія.

## ЗМІСТ

Вступ	5
<b>Змістовий модуль 1. Загальні питання генетики. Взаємодія генів</b>	<b>6</b>
Лабораторна робота 1. <i>Закономірності успадкування якісних ознак при моногібридному схрещуванні. Типи домінування</i>	9
Лабораторна робота 2. <i>Закономірності успадкування ознак при ди-, та полігібридному схрещуванні</i>	16
Лабораторна робота 3. <i>Типи взаємодії неалельних генів. Успадкування ознак під час комплементарної взаємодії генів</i>	23
Лабораторна робота 4. <i>Типи взаємодії неалельних генів. Успадкування ознак під час епістатичної взаємодії генів</i>	28
Лабораторна робота 5. <i>Типи взаємодії неалельних генів. Успадкування ознак під час полімерної взаємодії генів. Плейотропія. Експресивність та пенетрантність генів</i>	32
Лабораторна робота 6. <i>Успадкування ознак зчеплених зі статтю. Групи крові та резус-фактор</i>	36
Лабораторна робота 7. <i>Кросинговер. Генетичний аналіз кросинговеру. Побудова генетичних карт</i>	50
Лабораторна робота 8. <i>Родинно-генетичний аналіз. Складання родоводів</i>	56
<b>Змістовий модуль 2. Молекулярні основи спадковості</b>	<b>63</b>
Лабораторна робота 9. <i>Генетика популяцій. Вирішення задач на генетику популяцій</i>	64
Лабораторна робота 10. <i>Мінливість. Мутаційна та модифікаційна мінливість. Множинний алелізм. Хромосомні перебудови</i>	69
Лабораторна робота 11. <i>Молекулярні механізми спадковості. Транскрипція і трансляція генетичної інформації. Розв'язання генетичних задач</i>	76

Лабораторна робота 12. <i>Цитологічний аналіз спадковості. Каріотипи. Мітоз. Мейоз. Розв'язування генетичних задач.</i>	82
<i>Змістовий модуль 3. Генетика людини</i>	88
Лабораторна робота 13. <i>Домінантні та рецесивні гени у тварин та людини</i>	90
<i>Змістовий модуль 4. Основи селекції</i>	93
Лабораторна робота 14. <i>Поліплоїдія та віддалена гібридизація</i>	97
<b>ДОДАТКИ</b>	104
<b>ЛІТЕРАТУРА</b>	113

## ВСТУП

Генетика – наука про спадковість та мінливість організмів, що, вивчає принципи зберігання, передачі і реалізації спадкової інформації. Як наука зародилася у 1900 році після перевідкриття голландським вченим Г. де Фрізом, німецьким вченим К. Корренсом і австрійським вченим Е. Чермаком законів успадкування ознак (законів Менделя), відкритих у 1865 році чеським природодослідником Г. Менделем.

Як провідна біологічна наука «Генетика» не тільки є важливою теоретичною дисципліною, а й наукою практичною, що суттєво впливає на сучасний розвиток продуктивних сил суспільства, пов'язаних із селекцією.

Відповідно до навчального плану і робочої навчальної програми з дисципліни «Генетика з основами селекції» для студентів біологічних спеціальностей у методичних рекомендаціях викладені завдання, що підібрані з метою забезпечення загальнобіологічної фундаментальної підготовки фахівця бакалаврського рівня, якісне розв'язання яких дає теоретичну основу для вивчення молекулярної біології, генної інженерії, біотехнології та інших біологічних дисциплін, готує студентів для вирішення завдань сучасної біології.

Виконувати лабораторно-практичні завдання доцільно після ґрунтовного ознайомлення з матеріалом, який передбачено програмою, використовуючи рекомендовані підручники і посібники, допоміжну літературу. Бажано повністю записувати хід розв'язання задач посилюючи їх таблицями та малюнками. При складанні висновків необхідно звертати увагу не тільки на мету роботи, а й визначити практичну значимість процесу або явища.

Методичні рекомендації є помічником у вивченні дисципліни; у них закладена методика освоєння курсу і систематика одержаних попередньо знань.

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

### ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ГЕНЕТИКИ. ВЗАЄМОДІЯ ГЕНІВ

#### **Методика розв'язання задач на моно - ди, та полігібридне схрещування**

При розв'язанні генетичних задач необхідно користуватися загальноновизнаною символікою для позначення алелів та генотипів:

1. Чоловічих особин позначають символом ♂ - спис Марса;
2. Жіночих особин позначають символом ♀ - дзеркало Венери;
3. Батьківські форми:  $P$  – від лат. “*parenta*” – батьки;
4. Знак схрещування -  $\times$
5. Домінантну ознаку (ген) позначають великою літерою, наприклад  $A$ ;
6. Рецесивну ознаку (ген) позначають маленькою літерою, наприклад  $a$ ;
7. Гібридне покоління  $F$  (лат. – “*fili*” – діти).

Цифра у літери  $F$  позначає порядковий номер покоління особин, одержаних від схрещування двох батьківських форм ( $F_1, F_2, F_3$  і т.д.).

Якщо генотип особин певного фенотипу є невідомим (наприклад  $AA$  чи  $Aa$ ), останній позначають, користуючись *фенотиповим радикалом*:  $A_$ .

#### **Розв'язання задачі має включати:**

1. Короткий запис умови задачі за допомогою генетичної символіки. Назви ознак можна записувати скорочено.

2. Аргументоване пропонування нульової гіпотези ( $H_0$ ) на основі відомих стандартних розщеплень. Нульова гіпотеза передбачає відповідність теоретично розрахованих і дослідних даних.

3. Визначення розщеплення у досліді на основі нульової гіпотези. Для цього величину кожного класу в досліді ділять на величину одного теоретично очікуваного (за  $H_0$ ) сполучення гамет. Наприклад, розщеплення у досліді складає : 114 : 30 : 9 ( $\Sigma$  153). Нульова гіпотеза ( $H_0$ ) припускає розщеплення за двома генами. Теоретично очікувана величина одного класу у розщепленні дорівнює  $153 : 16 = 9,6$  (де 16 - кількість можливих генотипів в потомстві від схрещування двох дигетерозигот). Розщеплення в досліді приблизно відповідає

розщепленню:  $114 : 9,6 = 11,9 (\sim 12)$ ;  $30 : 9,6 = 3,1 (\sim 3)$ ;  $9 : 9,6 = 0,9 (\sim 1)$ . Отже, одержане співвідношення 12:3:1 доводить, що фенотипове проявлення ознак контролюється двома генами у гетерозиготному стані.

4. Перевірку відповідності результатів досліду теоретично очікуваному значенню при цій нульовій гіпотезі за методом  $\chi^2$ .

5. Аргументоване встановлення позначень генів та визначення генотипів.

6. Відповідь на усі поставлені в задачі питання.

*Для розв'язання генетичних задач пропонуємо користуватися наступними правилами.*

**Правило 1.** Кількість типів гамет, що утворює гібридна особина, дорівнює  $2^n$ , де  $n$  – ступінь гетерозиготності особин. Наприклад, для дигетерозиготи кількість типів гамет складатиме  $2^2=4$ , для три гетерозиготи  $2^3=8$  і т.д.

**Правило 2.** Розщеплення в  $F_2$  за фенотипом (для фенотипів, які мають домінантні алелі у фенотиповому радикалі), дорівнюватиме  $3^n$ , де  $n$  – кількість домінантних алелів. Наприклад, для радикала  $A-bb$  коефіцієнт розщеплення дорівнюватиме  $3^1=3$ , для  $A-B$  – відповідно  $3^2=9$  і т.д. Фенотип, який у фенотиповому радикалі не має жодного домінантного алеля (наприклад,  $aabb$ ) зустрічається з частотою, яка дорівнює 1.

**Правило 3.** Розщеплення в потомстві гібрида  $F_2$  за генотипом визначають, користуючись правилом:

В  $F_2$  будь-яка гомозиготна форма має частоту зустрічальності, яка дорівнює одиниці. Гетерозигота має коефіцієнт, який дорівнює  $2^n$ , де  $n$  – ступінь гетерозиготності (*кількість генів у гетерозиготному стані*).

Користуючись цими правилами, можна легко визначити всі генотипи особин  $F_2$  в досліді за дигібридного схрещування рослин гороху, проведеного Менделем:

Фенотиповий радикал	9A-B-	3A-bb	3aaB-	1aabb
Фенотипи рослин	Жовті гладкі	Жовті зморщені	Зелені гладкі	Зелені зморщені

Генотипи рослин	1AABB 2AaBB 2AABb 4AaBb	1AAbb 2Aabb	1aaBB 2aaBb	1aabb
--------------------	----------------------------------	----------------	----------------	-------

Розв'язування задач на дигібридне і полігібридне схрещування ускладнюється тим, що генетичному аналізу підлягає дві, три або більше пар ознак. У гібридних особин за декількома парами алелів збільшується кількість можливих сполучень генів в гаметах та кількість сполучень гамет жіночих і чоловічих особин при статевому розмноженні.

В генетиці прийнято позначати алелі різних генів різними літерами. Наприклад, дигетерозиготу позначають *AaBb*, тригетерозиготу *AaBbCc* і т.д.



## Лабораторна робота 1

### ***Закономірності успадкування ознак при моногібридному схрещуванні.***

#### ***Типи домінування***

Мета заняття: Вивчити основні закономірності успадкування якісних ознак при моногібридному схрещуванні. Навчитись розв'язувати задачі з аналізуючим та реципрокним схрещуваннями. Вивчити характер розподілу ознак при різних типах домінування та моноалельного успадкування.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу з теми «Зако́ни Менделя», таблиці, схеми прикладів задач.

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Перший закон Менделя.
2. Другий закон Менделя.
3. Аналізуюче схрещування. Випадки при яких застосовують аналізуюче схрещування.
4. Що таке гомозиготні і гетерозиготні організми?
5. Які ознаки називаються домінантними, а які рецисивними?
6. Які гени називаються алельними?

#### 1) Теоретичне обґрунтування

*Схрещування* – це поєднання двох вихідних батьківських особин, при якому відбувається злиття двох спадково різних статевих клітин або процес запліднення. Потомків, які виникають від схрещування двох генетично різних особин, називають гібридами.

Розрізняють такі типи схрещувань: моногібридне, аналізуюче, зворотне

(беккрос), кріс-крос, реципрокне тощо.

*Моногібридне схрещування* – це схрещування особин, які відрізняються за однією парою альтернативних (протилежних) ознак. Два гени, які локалізовані в ідентичних ділянках (локусах) гомологічних хромосом і визначають альтернативні ознаки, називаються *алельними*.

Алельні гени взаємодіють за принципом домінування. Гомозиготні за домінантним ( $AA$ ) або рецесивним ( $aa$ ) алелем даного гена батьки в процесі мейозу утворюють гамету лише одного типу ( $A$  та  $a$  відповідно). Злиття гамет при моногібридному схрещуванні дає зиготу  $F_1$  з генотипом  $Aa$ .

Домінантні алелі проявляють свою дію як в гомозиготному ( $AA$ ), так і в гетерозиготному ( $Aa$ ) станах. Рецесивні алелі проявляються фенотипово лише в гомозиготному стані ( $aa$ ).

Явище переважання у гібрида першого покоління ознак одного з батьків називають *домінуванням*. Воно виявилось універсальним як для рослин, тварин та людини. Оскільки гібриди першого покоління однакові, одноманітні, це явище назвали *першим законом Менделя* або законом одноманітності гібридів першого покоління.

В процесі мейозу у гібридів першого покоління ( $Aa$ ) утворюються яйцеклітини та спермії двох типів –  $A$  та  $a$ , тобто вони несуть по одному алелю з кожної алельної пари (*правило чистоти гамет*).

Злиття чоловічих і жіночих гамет при самозапиленні або схрещуванні між собою особин  $F_1$  дає три типи зигот  $F_2$ :

♀	♂	$A$	$a$
$A$		$AA$	$Aa$
$a$		$Aa$	$aa$

Як видно, співвідношення генотипів зигот  $F_2$  або розщеплення за генотипом в  $F_2$  при моногібридному схрещуванні відповідатиме формулі 1:2:1 –  $\frac{1}{4}$  частина домінантних гомозигот  $AA$ ,  $\frac{1}{4}$  частина рецесивних гомозигот  $aa$  та  $\frac{1}{2}$  частина гетерозигот  $Aa$ .

Домінування буває повним ( $A > a$ ) або неповним ( $A \geq a$ ). У випадку повного домінування зиготи  $AA$  та  $Aa$  фенотипово не відрізняються, так що розщеплення за фенотипом буде у відношенні 3:1 ( $3A : 1aa$ ), II-й закон Менделя (закон розщеплення ознак).

У випадку неповного домінування ( $AA > Aa$ ) розщеплення в  $F_2$  за фенотипом відповідає розщепленню за генотипом – 1:2:1 ( $1AA : 2Aa : 1aa$ ).

Для визначення генотипу невідомої особини її схрещують з рецесивною гомозиготною батьківською формою (*аналізуюче схрещування*):

$$1) AA \times aa \rightarrow Aa;$$

Якщо при такому схрещуванні у гібридів  $F_1$  проявляється лише ознака, яка визначається алелем  $A$ , то особина, що аналізується, має генотип  $AA$ .

$$2) Aa \times aa \rightarrow 1Aa : 1aa$$

Якщо в  $F_1$  половина потомства має фенотип рецесивної батьківської форми, а половина материнської, то особина буде гетерозиготною за геном  $A$  ( $Aa$ ).

У гібридологічному аналізі може бути використано схрещування гібрида з однією з батьківських форм. Таке схрещування гібрида першого покоління з будь-якою батьківською формою (домінантною або рецесивною) у гомозиготному стані називають *зворотним схрещуванням* або *беккросом*, а потомство позначають  $F_B$ .

Ці два схрещування мають неоднакову цінність для генетичного аналізу. При зворотному схрещуванні гібрида  $F_1$  ( $Aa$ ) з вихідною формою яка є гомозиготною домінантною ( $AA$ ), всі гамети батьківської рослини будуть нести домінантну алель  $A$ , а у гібрида утворяться гамети двох типів  $A$  і  $a$ .

	♂	$A$	$a$
♀	$A$	$AA$	$Aa$
	$A$	$AA$	$Aa$

Тому в результаті поєднання цих гамет у потомстві відбудеться розщеплення за генотипом у співвідношенні  $2AA$  і  $2Aa$ , або 1:1, в той час, як

розщеплення за фенотипом не спостерігається і всі особини будуть у  $F_B$ , будуть одноманітні.

**Неповне домінування.** Дуже часто не один з алелів, що знаходяться в гетерозиготному стані, не проявляється повністю. В такому випадку гетерозиготі організми мають інший фенотип порівняно з гетерозиготами, що несуть повний домінуючий ген. Таке явище називають *неповним домінуванням* або *кодомінуванням*.

Найчастіше фенотипи виявляють проміжний фенотип від батьківських форм і співвідношення фенотипів у потомства змінюється:

- при повному (менделевському) домінуванні – це 3 : 1;
- при кодомінуванні – це 1 : 2 : 1 (за фенотипом, а не за генотипом!).

Відхилення від менделевських співвідношень можуть бути пов'язані з летальними генами – 2 : 1 за фенотипом.

### Приклади розв'язування задач:

**Задача 1.** У коней є спадкова хвороба гортані. Коли хворий кінь біжить, він видає характерний хрип. Від хворих батьків часто народжуються здорові лоша. Домінантна чи рецесивна ця хвороба? Аргументуйте відповідь.

Розв'язання.

1) Якщо прийняти припущення, що хвороба рецесивна, то у хворих батьків ніколи не з'явиться здорове потомство:

$$P: \text{♀}aa \times \text{♂}aa$$

$$F_1: aa$$

За фенотипом – 100% хворі особини. Таким чином, це припущення відкидається. Тоді визначаємо, що хвороба гортані у коней є домінуючою ознакою і батьківські особини гетерозиготні. Тоді при схрещуванні двох хворих коней з ймовірністю  $\frac{1}{4}$  або 25% може народитися здорове лоша:

Складаємо схему схрещування

$$P: \text{♀}Aa \times \text{♂}Aa$$

$F_1:$

	♂		
♀		A	a

A	AA	Aa
a	Aa	aa

Розщеплення за генотипом  $F_1$ :  $1AA : 2Aa : 1aa$

За фенотипом:  $\frac{3}{4}$  хворі :  $\frac{1}{4}$  здорові.

*Відповідь: хвороба гортані у коней домінуюча.*

**Задача 2.** Чорна кішка з білими плямами на шиї і на животі ( $S$ ) схрещується з подібним за фенотипом котом однакового з нею генотипа. Визначити ймовірність народження у цієї пари чорного кошеня без плям на тілі.

Дано:

$S$  – ген плямистого забарвлення

$s$  – ген суцільного забарвлення

P: ♀ $S$ - x ♂ $S$ -

F<sub>2</sub> - ?

Розв'язання:

1) Чорна кішка з білими плямами може мати два варіанта генотипа –  $SS$  або  $Ss$ . Якщо вона буде гомозиготною за геном  $S$  (генотип  $SS$ ), ймовірність появи у неї чорного кошеня без плям при схрещуванні з котом подібного генотипа дорівнює нулю, тому що батьки будуть продукувати тільки гамети, що несуть домінуючий алель:

P: ♀ $SS$  x ♂ $SS$

F<sub>1</sub>:  $SS$ ; за фенотипом всі з плямами.

2) В іншому випадку гетерозиготна кішка буде давати два типи гамет в рівному співвідношенні: ті, що несуть алель  $S$ , і ті, що несуть алель  $s$ , оскільки при мейозі гомологічні хромосоми попадають в різні гамети. Кіт має однаковий з кішкою генотип і теж утворює два типи гамет –  $S$  і  $s$ . У такої пари гетерозиготних особин можливе народження кошеня без білих плям на тілі.

Складаємо схему схрещування.

P ♀ $Ss$  x ♂ $Ss$  (F<sub>1</sub>).

F<sub>2</sub>:

	♂	S	s
♀		SS	Ss
		Ss	ss

Розщеплення за генотипом:  $1SS : 2Ss : 1ss$

Розщеплення за фенотипом:  $\frac{3}{4}$  плямистих :  $\frac{1}{4}$  без плям

3) %  $F_2$  (плямисте забарвлення) =  $\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$

%  $F_2$  (суцільне забарвлення)  $\frac{1}{4} \times 100\% = 25\%$

*Відповідь: ймовірність народження чорного кошеня без плям на шії складатиме  $\frac{1}{4}$  або 25%.*

## II) Практична частина

**Завдання №1.** *Дайте визначення наступним термінам:*

Генетика, ген, спадковість, мінливість, генотип, фенотип, неповне домінування, домінування, наддомінування, кодомінування, летальний ген, фенотиповий радикал.

**Завдання № 2.** *Що позначають наступні генетичні символи?*

$P$ ;  $F_1$ ;  $F_2$ ;  $\text{♀}$ ;  $\text{♂}$ ; A, B, C...; a, b, c ...

**Завдання № 3.** *Записати схеми аналізуючого, рецiproктного та зворотного схрещувань. Надати їм характеристику.*

**Завдання № 4.** *Наведіть зразки основних типів домінування. Оформити схеми схрещувань.*

**Завдання № 5.** *Назвати основні методи генетичних досліджень та охарактеризувати їх сутність. Заповнити таблицю.*

**Завдання № 6.** *Самостійна робота. Вирішення задач, тести.*

### **Контрольні питання:**

1. Яке схрещування називається моногібридним?

2. Що таке повне та неповне домінування, чим вони відрізняються?

Наведіть приклади.

3. Що таке кодомінування? Наведіть приклади.

4. В чому сутність першого та другого законів Г. Менделя?

5. Поясніть поняття гомозиготності і гетерозиготності, домінантності і рецесивності.

6. Що таке ген, генотип, фенотип?
7. Які хромосоми називаються гомологічними?
8. В чому полягає суть закону чистоти гамет?
9. Що називається множинним алелізмом?

## Лабораторна робота 2

### ***Закономірності успадкування ознак при ди,- та полігібридному схрещуванні.***

Мета заняття: Вивчити основні закономірності успадкування якісних ознак при ди,- та полігібридному схрещуванні. Навчитись розв'язувати задачі. Вивчити характер розподілу ознак при ди,- та полігібридному схрещуванні.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу з теми «Закони Менделя», таблиці, схеми прикладів задач.

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Яке схрещування називається дигібридним.
2. Дайте визначення та поясніть суть третього закону Г.Менделя.
3. Для яких генів справедливий третій закон Менделя.
4. Яке схрещування називається тригібридним?
5. Яке схрещування називається полігібридним?
6. Які хромосоми називаються гомологічними?
7. В чому полягає суть закону чистоти гамет?
8. Що називається множинним алелізмом?

#### І) Теоретичне обґрунтування

*Дигібридне схрещування* – це схрещування особин, які відрізняються за двома парами альтернативних (протилежних) ознак. Воно є частковим випадком полігібридного схрещування. Дигібридне схрещування характеризує третій закон Менделя – Закон незалежного успадкування або комбінування ознак: *При схрещуванні особин, які відрізняються парою альтернативних ознак (станів гена), у другому поколінні ( $F_2$ ) спостерігається незалежне*



успадкування або комбінування ознак, якщо гени, що їх визначають розташовані у різних гомологічних хромосомах.

Дане правило було сформульоване після проведення досліду, коли Мендель схрестив горох за двома ознаками: кольором та формою насіння. Так, при схрещуванні гороху з жовтим і гладким насінням з горохом, що був зелений і зморшкуватий у першому поколінні всі гібридні організми мали жовтий колір та гладку форму насіння.

У дигетерозиготної особини утворюються чотири комбінації генів у гаметах:  $AB$ ,  $Ab$ ,  $aB$ ,  $ab$ . Усі типи гамет будуть утворюватися з імовірністю 25%. При схрещуванні цих гетерозиготних особин будь-яка з чотирьох типів гамет одного батька може бути запліднена будь-якою з чотирьох типів гамет, що сформувалися у іншого батька, тобто можливі 16 комбінацій.

$F_1$ : ♀  $AaBb$  x ♂  $AaBb$

Гамети: :  $AB$ ,  $Ab$ ,  $aB$ ,  $ab$   $AB$ ,  $Ab$ ,  $aB$ ,  $ab$

$F_2$ :

Гамети ♂ ♀	$AB$	$Ab$	$aB$	$ab$
$AB$	$AABB$	$AABb$	$AaBB$	$AaBb$
$Ab$	$AABb$	$AAbb$	$AaBb$	$Aabb$
$aB$	$AaBB$	$AaBb$	$aaBB$	$aaBb$
$ab$	$AaBb$	$Aabb$	$aaBb$	$aabb$

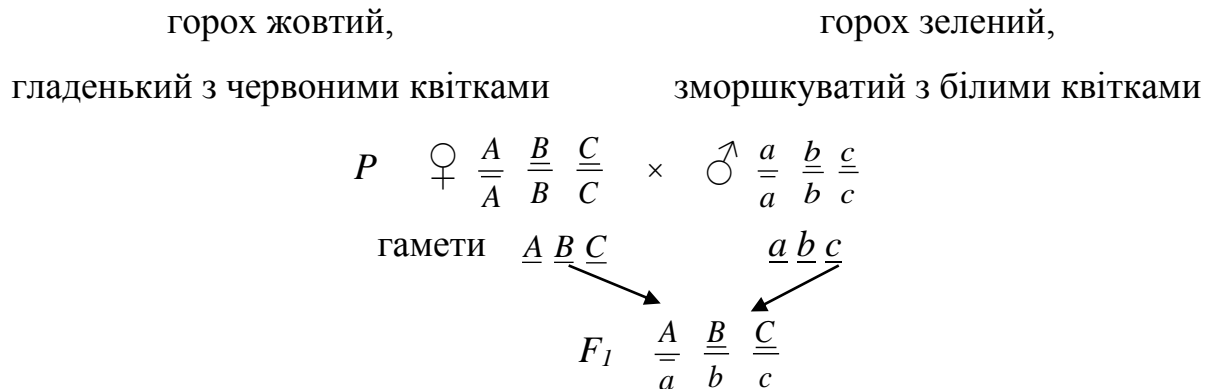
Але при схрещуванні гібридів першого покоління між собою в другому поколінні спостерігаються 16 різних комбінацій. При підрахунку фенотипів, записаних у решітці Пеннета, виявилось: у другому поколінні у 9 реалізуються домінантні прояви обох ознак ( $A\_B\_$  - жовтий і гладкий горох), у 3 – перша ознака має домінантний вияв, друга рецесивний ( $A\_bb$  – горох жовтий зморшкуватий), ще у 3 – перша ознака має рецесивний вияв, друга –

домінантний ( $aaB_$  - зелений гладкий горох), а у однієї обидві ознаки мають рецесивний вияв ( $aabb$  – зелений зморшкуватий горох). Отже, відбулося розщеплення за фенотипом у співвідношенні 9:3:3:1.

*Тригібридне і полігібридне* схрещування – це схрещування особин, які відрізняються між собою за трьома і більше парами протилежних або альтернативних ознак.

Інтерпретуючи III-ій закон Менделя (закон незалежного комбінування генів), можна сказати, що будь-яке полігібридне схрещування може розглядатися, як (моногібридне схрещування)<sup>n</sup>, де  $n$  – кількість пар ознак, що вивчаються.

*Наприклад*, якщо схрестити горох з жовтими гладенькими насінинами і червоними квітками з горохом, у якого зелене, зморшкувате насіння і білі квітки, то перше покоління буде одноманітне за фенотипом і тригетерозиготне за генотипом ( $A$  – жовті насіння;  $a$  – зелене насіння;  $B$  – гладеньке насіння;  $b$  – зморшкувате насіння;  $C$  – червоні квітки;  $c$  – білі квітки):



Всі нащадки ( $\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$ ) – жовті, гладенькі насінини і червоні квіти за фенотипом та тригетерозиготні за генотипом.

Подальше схрещування гібридів  $F_1 \times F_1$  дає складне розщеплення за фенотипом, де є поєднання трьох незалежних моногібридних розщеплень:

$$(3[A] : 1[a]) \times (3[B] : 1[b]) \times (3[C] : 1[c]) = 27[ABC] : 9[ABc] : 9[AbC] : 9[aBC] : 3[abC] : 3[aBc] : 3[Abc] : 1[abc]$$

Формула полігібридного схрещування за фенотипом має такий вигляд:  $(3 : 1)^n$ , за генотипом -  $(1 : 2 : 1)^n$ , де  $n$  – кількість пар ознак, за якими відбувається розщеплення.

В цьому легко переконатись побудувавши ґратку Пеннета:

$$P \quad \text{♀} \quad \frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c} \quad \times \quad \text{♂} \quad \frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$$

♀ \ ♂	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$
$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$
$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$
$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$
$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$
$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$
$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$
$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$
$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{A}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{B}{b} \frac{c}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{C}{c}$	$\frac{a}{a} \frac{b}{b} \frac{c}{c}$

Отже, співвідношення фенотипів у  $F_2$  буде  $27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1$ , або одержимо 8 фенотипових класів і 27 генотипових.

При розв'язанні генетичних задач складають схеми схрещування у відповідності з існуючою в генетиці методикою.

Найчастіше зустрічаються задачі наступних типів:

– за генотипом батьків або фенотипом батьківських форм визначити генотип і фенотип гібридного потомства;

– за розщепленням по фенотипу потомства визначити генотип і фенотип батьківських форм.

### Приклади розв'язування задач:

**Задача.**

За схрещування двох форм ротиків – з білими та червоними квітками – все потомство має рожеві квітки. Схрещування рослин з червоними квітками й нормальним віночком та рослин з рожевими квітками й радіальним віночком дає лише рослини з нормальним віночком, але половина з них рожеві, половина червоні. Рослини з рожевими квітками і нормальним віночком самозапилюються. Яку частину потомства складатимуть форми з рожевими квітками й нормальним віночком, а яку – білі з радіальним віночком?

Дано:  
 А – ген червоного кольору квіток  
 а – ген білого кольору квіток  
 В – ген нормальної форми  
 в – ген радіальної форми  
 АА – червоні квітки  
 аа – білі квітки  
 Аа – рожеві квітки  
 Р: ААВВ × Ааbb  
 F<sub>1</sub>: 1ААВb:1АаVb  
 F<sub>2</sub> - ?

Розв'язання:  
 На основі аналізу генотипов і фенотипов F<sub>1</sub> складаємо схему схрещування

Р: ♀ ААВВ × ♂ Ааbb  
 Г АВ Ab  
 ab

F<sub>1</sub>:

♂	Ab	ab
♀	AB	AaBb
	AABb	AaBb

розщеплення за генотипом: 1ААВb : 1АаVb

розщеплення за фенотипом: червоні нормальної форми та рожеві нормальної форми

За умовами задачі рожевоквіткові рослини з нормальним віночком самозапилюються:

Р: ♀ АаВb × ♂ АаVb

Г АВ АВ  
 Ab Ab  
 aB aB  
 ab ab

F<sub>2</sub>:

♂	AB	Ab	aB	ab
♀	AB	AABb	AaBb	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	Aabb
	aB	AaBb	AaBb	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aabb

Розщеплення за фенотипом:

F<sub>2</sub>: 3/16 ААВ- : 6/16 АаВ- : 3/16 ааВ- : 2/16 Аabb : 1/16 АAbb : 1/16 аabb

черв. норм.	рожеві норм.	білі норм.	рожеві рад.	червоні рад.	білі рад.
----------------	-----------------	---------------	----------------	-----------------	--------------

*Відповідь: 6/16 (або 3/8) рослин мають рожеві квітки з нормальним віночком (AaB<sub>-</sub>), 1/16 рослин – білі радіальні квітки (aabb).*

## II) Практична частина

**Завдання №1.** *Сутність третього закону Г. Менделя, при яких умовах і для гібридів якого покоління він виконується?*

**Завдання №2.** *Сформулюйте і поясніть правило чистоти гамет Г. Менделя*

**Завдання № 3.** *Запишіть схеми розщеплення за генотипом і фенотипом при аналізуючому дигібридному схрещуванні*

**Завдання № 4.** *Запишіть схеми розщеплення за генотипом і фенотипом при аналізуючому тригібридному схрещуванні.*

**Завдання № 5.** *Вирішення задачі.*

**Завдання № 6.** *Самостійна робота. Задачі. Тести*

### **Контрольні питання:**

1. Яке схрещування називається дигібридним.
2. Дайте визначення третього закону Г.Менделя.
3. В чому полягає суть третього закону Г.Менделя
4. Для яких генів справедливий третій закон Менделя.
5. Скільки генотипових і фенотипових класів можна отримати при дигібридному схрещуванні двох гетерозигот у випадку неповного домінування обох генів.
6. Яке схрещування називається тригібридним?
7. Яке схрещування називається полігібридним?
8. Які хромосоми називаються гомологічними?
9. В чому полягає суть закону чистоти гамет?

10. Що називається множинним алелізмом?

11. Яка кількість фено- і генотипових класів і типів гамет буде проявлятися в гібридів другого покоління при різних схрещуваннях?

## Лабораторна робота 3

### *Типи взаємодії неалельних генів.*

#### *Успадкування ознак під час комплементарної взаємодії генів.*

Мета заняття: Вивчити характер успадкування ознак при комплементарній взаємодії неалельних генів, побудувати схеми схрещування і надати аналіз наслідків розщеплення за гено- і фенотипами.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу, таблиці, схеми прикладів задач.

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Чим відрізняються алельні гени від неалельних?
2. Які типи взаємодії неалельних генів Ви знаєте?
3. Що таке комплементарність? Навести приклади
4. Що Ви розумієте під взаємодією генів? Механізм взаємодії генів?

#### I) Теоретичне обґрунтування

Аналіз дигібридного схрещування свідчить про те, що розщеплення  $9:3:3:1$  здійснюється лише за незалежного успадкування ознак. Важливою умовою цього є відсутність взаємодії між алелями різних генів.

Крім явища домінування на одну і ту ж ознаку може впливати два неалельні гени або декілька пар неалельних генів. Тоді має місце більш значне відхилення від числових фенотипових класів у розщепленні. Формування ознак в такому випадку залежить від характеру взаємодії цих генів в процесі розвитку організму.

В першому поколінні виникає нова ознака, якої не було у вихідних батьківських форм, і співвідношення фенотипів в  $F_2$  буде іншим.

Розрізняють такі основні типи взаємодії неалельних генів: новоутворення, комплементарна дія, епістаз, полімерія, модифікуюча дія генів, криптомерія.

**Новоутворення** – це такий тип взаємодії генів, коли два домінантні гени, кожний з яких виявляє незалежний специфічний вплив на розвиток певної ознаки, при взаємодії зумовлюють розвиток нової ознаки, тобто новий фенотип утворюється в першому і другому поколіннях. Розглянемо цей тип взаємодії неалельних (домінантних) генів на прикладі успадкування форм гребенів у курей. Різні породи курей мають різну форму гребня, а саме: просту або листовидну ( $rrpp$ ), трояндоподібну ( $RRpp$ ), стручкоподібну або гороховидну ( $rrPP$ ) і горіховидну ( $RRPP$ ,  $RrPp$ ). При схрещуванні курей з трояндоподібним гребнем і курей з горохоподібним гребнем потомки в  $F_1$  матимуть горіхоподібний гребінь, а в  $F_2$  відбудеться розщеплення:  $\frac{9}{16}$  ( $RP$ ) з горіхоподібним гребнем,  $\frac{3}{16}$  ( $rP$ ) – з горохоподібним,  $\frac{3}{16}$  ( $Rp$ ) – з трояндоподібним гребнем і  $\frac{1}{16}$  ( $rp$ ) – з листовидним, тобто матимемо чотири фенотипових класів і дев'ять типів різних генотипів, або відбудеться розщеплення у співвідношенні: 9 : 3 : 3 : 1 – за фенотипом і 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1 – за генотипом.

Схема схрещування матиме такий вигляд:

$P \quad \text{♀} \quad RRpp \quad \times \quad \text{♂} \quad rrPP$   
 трояндоподібна горохоподібна  
 $F_1 \quad RrPp$   
 горіхоподібна

$P \quad \text{♀} \quad RrPp \quad \times \quad \text{♂} \quad RrPp$

♂	$RP$	$Rp$	$rP$	$rp$	
♀	$RP$	$RRPP$	$RRPp$	$RrPP$	$RrPp$
$Rp$	$RRPp$	$RRpp$	$RrPp$	$Rrpp$	
$rP$	$RrPP$	$RrPp$	$rrPP$	$rrPp$	
$rp$	$RrPp$	$Rrpp$	$rrPp$	$rrpp$	

$\frac{9}{16}$  – ( $RP$ ) – горіхоподібна



$\frac{3}{16} - (Rp)$  – трояндоподібна

$\frac{3}{16} - (rP)$  – горохоподібна

$\frac{1}{16} - (rp)$  – листоподібна

**Комплементарна дія** – виникає тільки при наявності в генотипі двох домінантних неалельних генів, кожний з яких самотійно не проявляється, а разом утворюють новий фенотип у потомстві. При цьому потомство  $F_1$  фенотип батьків не повторяє, а набуває нового, що пов'язано з доповнюючою дією білків-ферментів домінантних генів.

Наприклад, при схрещуванні двох різних за генотипом ліній пахучого гороху з однаковим фенотипом (білими квітами) гібриди  $F_1$  пурпурні, тобто виникає новий фенотип у потомстві. При схрещуванні  $F_1$  між собою в  $F_2$  відбудеться розщеплення у співвідношенні 9 : 7 ( $\frac{9}{16}$  ( $AB$ ) пурпурні, усі інші -  $\frac{7}{16}$  ( $\frac{3}{16}Ab$ ;  $\frac{3}{16}aB$  і  $\frac{1}{16}ab$ ) білі).

Схема схрещування має такий вигляд:

$$\begin{array}{c}
 P \quad \text{♀} \quad AAbb \quad \times \quad \text{♂} \quad aaBB \\
 \text{білі} \quad \text{білі} \\
 \downarrow \\
 F_1 \quad AaBb \\
 \text{пурпурні} \\
 P \quad \text{♀} \quad AaBb \quad \times \quad \text{♂} \quad AaBb
 \end{array}$$

♂	$AB$	$Ab$	$aB$	$ab$
♀	$AB$	$AABB$	$AABb$	$AaBB$
$Ab$	$AABb$	$AAbb$	$AaBb$	$Aabb$
$aB$	$AaBB$	$AaBb$	$aaBB$	$aaBb$
$ab$	$AaBb$	$Aabb$	$aaBb$	$aabb$

$\frac{9}{16} A\_B\_$  – пурпурні

усі інші  $\frac{7}{16} A\_bb, aaB_, aabb$  – білі

Одним з різновидів комплементарної взаємодії генів є **криптомерія** при якій гени успадковуються самотійно, проте кожний з двох домінантних неалельних генів окремо не викликає ніякого фенотипового ефекту.

Так, при схрещуванні білих мишей з чорними в  $F_1$  потомки матимуть забарвлення агуті, а в  $F_2$  розщеплення відбуватиметься по трьом фенотиповим класам у співвідношенні:  $9/16 A\_B\_ -$  агуті,  $3/16 A\_bb -$  чорні і  $4/16 aaB\_ та aabb -$  альбіноси.

### Приклади розв'язування задач:

#### **Задача 1.**

При схрещуванні двох білоkwіткових форм запашного горошку потомство опинилося пурпурним, а в  $F_2$  відбулося розщеплення у відношенні: 9 пурпурних : 7 білоkwіткових форм.

Визначити фенотипи потомства  $F_2$ .

Дано:	Розв'язання:
A – ген білого забарвлення	1) P : $AAbb$ (білі) x $aaBB$ (білі)
a – ген безбарвності	Г: $Ab$ $aB$
B – ген прояв. забарвлення	$F_1$ : $AaBb$ (пурпурні)
b – ген відсутності	2) P: $AaBb$ (пурпурні) x $AaBb$ (пурпурні)
забарвлення	Г: $AB, Ab, aB, ab$ (однакові для обох особин)
P : $AAbb$ x $aaBB$	$F_2$ : $9A\_B\_ : 3aaB\_ : 3A\_bb : 1aabb$
$F_1$ : $AaBb$ (пурпурні)	Пурпурні (9) : білі (7).
$F_2$ - ?	

*Відповідь: в  $F_2$  утворилися 2 фенотипових класи: 9/16 пурпурних та 7/16 білоkwіткових рослин.*

### II) Практична частина

**Завдання № 1.** *Запишіть визначення таких термінів*

**Завдання № 2.** *Вирішення задачі*

**Завдання № 3.** *Скласти схему комплементарної взаємодії неалельних генів*

**Завдання № 4.** *Скласти схему взаємодії неалельних генів за типом криптомерії.*

**Завдання № 5. Самостійна робота. Задачі. Тести****Контрольні питання:**

1. Наведіть приклади ознак у рослин, які успадковуються за типом комплементарності.
1. Наведіть приклади прояву компліментарності.
2. Особливості успадкування при комплементарній взаємодії генів.
3. Складіть схему схрещування при комплементарній взаємодії генів.
4. Хто, коли і на якому рослинному об'єкті відкрив явище комплементарної дії генів
5. Чим відрізняються алельні гени від неалельних?
6. Що Ви розумієте під взаємодією генів? Механізм взаємодії генів?
7. Що таке комплементарність?
8. Яке спостерігається розщеплення при комплементарній взаємодії генів?
9. Який тип взаємодії генів називається комплементарністю? Яке співвідношення фенотипових класів у  $F_2$  при комплементарності?
10. Який тип взаємодії генів називається новоутворенням? Яке співвідношення фенотипових класів у  $F_2$  при новоутворенні?
11. Які типи взаємодії неалельних генів Ви знаєте?

## Лабораторна робота 4

### *Типи взаємодії неалельних генів.*

#### *Успадкування ознак під час епістатичної взаємодії генів.*

Мета заняття: Вивчити характер успадкування ознак при епістатичній взаємодії взаємодії неалельних генів, побудувати схеми схрещування і надати аналіз наслідків розчеплення за гено- і фенотипами.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу, таблиці, схеми прикладів задач.

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Який тип взаємодії генів називається епістазом?
2. Яка дія генів називається летальною?
3. Які гени називають епістатичними?
4. В чому полягає особливість дії гена-супресора, за якого типу взаємодії вона проявляється?

#### І) Теоретичне обґрунтування

**Епістаз** – явище домінування одного домінантного гена над іншим домінантним неалельним геном ( $A > B$  або  $A > b$ ). Ген, який пригнічує дію іншого домінантного неалельного гена, називається *епістатичним*, а пригнічений – *гіпостатичним*. Причому кожний окремо ген фенотипово проявляється по-різному.

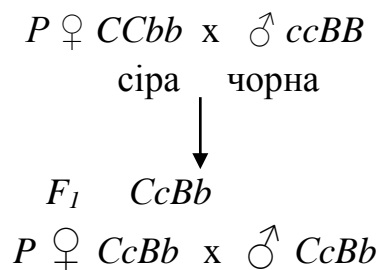
Епістаз прийнято ділити на два типи – домінантний і рецесивний. Розщеплення в  $F_2$  при домінантному епістазі становить 13:3 або 12:3:1.

Під *рецесивним епістазом* розуміють такий тип взаємодії, коли рецесивна алель одного гена, будучи в гомозиготному стані, не дає можливості

проявитися доміантній або рецесивній алелі іншого гена:  $aa > B$ ,  $aa > vv$ .

У собак породи кокер спанієль сіра масть зумовлена доміантним геном  $C$ , а чорна  $B$ , причому ген “ $b$ ” контролює руду масть. При схрещуванні сірих собак з чорними в  $F_1$  всі потомки сірі, а в  $F_2$  буде відбуватись розщеплення на три фенотипові класи у співвідношенні:  $12/16 C\_B\_$  – сірі,  $3/16 ccB\_$  – чорні,  $1/16 ccbb$  – руді.

Схема схрещування має такий вигляд:



♀ \ ♂	$CB$	$Cb$	$cB$	$cb$
$CB$	$CCBB$	$CCBb$	$CcBB$	$CcBb$
$Cb$	$CCBb$	$CCbb$	$CcBb$	$Ccbb$
$cB$	$CcBB$	$CcBb$	$ccBB$	$ccBb$
$cb$	$CcBb$	$Ccbb$	$ccBb$	$ccbb$

Розщеплення буде у відповідності  $12 : 3 : 1$

$12/16$  ( $9 C\_B\_$  і  $3 C\_bb$ ) – сіра

$3/16$  ( $ccB\_$ ) – чорна

$1/16$  ( $ccbb$ ) – руда

### Приклади розв'язування задач:

#### Задача 1.

При схрещуванні цибулі (*Allium sera L.*) з червоними й білими цибулинами в  $F_1$  всі рослини тільки з білими плодами, а в  $F_2$  спостерігається розщеплення:  $12/16$  – з білими,  $3/16$  – з червоними,  $1/16$  – з жовтими цибулинами.

Якщо ген, що визначає червоний колір плодів позначити через  $A$ , а жовтий колір –  $a$ , ген-інгібітор –  $I$ , його рецесивна алель, яка не пригнічує проявлення ознаки –  $i$ , то формула розщеплення має такий вигляд:

1) P:  $A A i i$  (червоний) x  $a a I I$  (білий)

Г:  $A i$   $a I$

F<sub>1</sub>:  $A a I i$  (білий)

2) P:  $A a I i$  (білий) x  $A a I i$  (білий)

F<sub>2</sub>:  $9 A\_I\_ : 3 I\_aa : 3 A\_ii : 1 a a i i$

Білі (12) : червоні (3) : жовті (1)

F<sub>2</sub>:

♂ ♀	$A I$	$A i$	$a I$	$a i$
$A I$	$A A I I$	$A A I i$	$A a I I$	$A a I i$
$a I$	$A a I I$	$A a I i$	$a a I I$	$a a I i$
$A i$	$A A I i$	$A A i i$	$A a I i$	$A a i i$
$a i$	$A a I i$	$A a i i$	$a a I i$	$a a i i$

При доміантному епістазі розщеплення 13:3 спостерігається, якщо рецесивний алель, який пригнічується, має той самий фенотиповий ефект, що й доміантний інгібітор ( $I = a$ ):

$A A B B$  x  $a a b b \rightarrow A a B b$ ;

$A a B b$  x  $A a B b \rightarrow 13 A-B-$  (або  $a a b b$ , або  $a a B-$ ) :  $3 A-bb$ .

### Задача 2.

У кукурудзи (*Zea mays*) забарвлення зерна може бути пурпурним ( $A$ ) і білим ( $a$ ), причому синтез пігменту може пригнічуватися доміантним інгібітором  $I$  ( $I=a$ ).

Визначити генотипи й фенотипи батьківських форм,  $F_1$  та  $F_2$ .

Розв'язання:

P:  $I I A A$  (біле) x  $i i a a$  (біле)

F<sub>1</sub>:  $I i A a$  (біле)

P:  $I i A a$  (біле) x  $I i A a$  (біле)

Г: :  $I A, I a, i A, i a$  (для обох особин)

F<sub>2</sub> :  $9 I\_A\_ : 3 I\_aa : 1 i i a a : 3 i i A\_$

білі (13) пурпурні (3)

F<sub>2</sub>:

♂	♀	$IA$	$Ia$	$iA$	$ia$
$IA$	$IA$	$IIAA$	$IIAa$	$IiAA$	$IiAa$
$Ia$	$Ia$	$IIAa$	$IIaa$	$IiAa$	$Iiaa$
$iA$	$iA$	$IiAA$	$IiAa$	$iiAA$	$iiAa$
$ia$	$ia$	$IiAa$	$Iiaa$	$iiAa$	$iiia$

При рецесивному епістазі інгібітор рецесивний. Як і в одному з випадків комплементарної взаємодії генів, відношення фенотипів в  $F_2$  при рецесивному епістазі виражається формулою  $9 : 3 : 4$  ( $aa > B$  – або  $bb$ ) :  $AAbb \times aaBB \rightarrow AaBb$ ;  $AaBb \times AaBb \rightarrow 9A - B - : 3A - bb : 4 aaB -$  та  $aabb$ .

Дійсно, в прикладі із забарвленням вінчика у льону рецесивний алель ( $a$ ) не дозволяє проявитися ані блакитному, ані рожевому забарвленню ( $a > B$  та  $a > b$ ), тобто пригнічує їх.

## II) Практична частина

**Завдання № 1.** *Запишіть визначення таких термінів*

**Завдання №2.** *Назвіть особливості, характерні для епістазу*

**Завдання № 3.** *Прокоментуйте явище епістазу на прикладі успадкування забарвлення зерна у вівса*

**Завдання № 4.** *Скласти схему епістатичної взаємодії неалельних генів*

**Завдання № 5.** *Самостійна робота. Задачі. Тести*

## **Контрольні питання:**

1. Що характерно для епістазу?
2. Які види епістазу Ви знаєте? Наведіть приклади.
3. Які можливі формули розщеплення фенотипів при епістазі? Як вони генетично обґрунтовуються?
4. Яке співвідношення фенотипових класів у  $F_2$  при епістазі?
5. Складіть схему схрещування при епістатичній дії генів.

## Лабораторна робота 5

### *Типи взаємодії неалельних генів.*

#### *Успадкування ознак під час полімерної взаємодії генів.*

#### *Плейотропія. Експресивність та пенетрантність генів*

Мета заняття: Вивчити характер успадкування ознак при полімерній взаємодії неалельних генів, побудувати схеми схрещування і надати аналіз наслідків розчеплення за гено- і фенотипами. Плейотропія. Експресивність та пенетрантність генів.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу, таблиці, схеми прикладів задач.

## ХІД РОБОТИ

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Який тип взаємодії генів називається полімерною?
2. Що таке плейотропія?
3. Які гени називають генами-модифікаторами?
4. Що таке плейотропія
5. Пояснити поняття пенетрантність та експресивність

### 1) Теоретичне обґрунтування

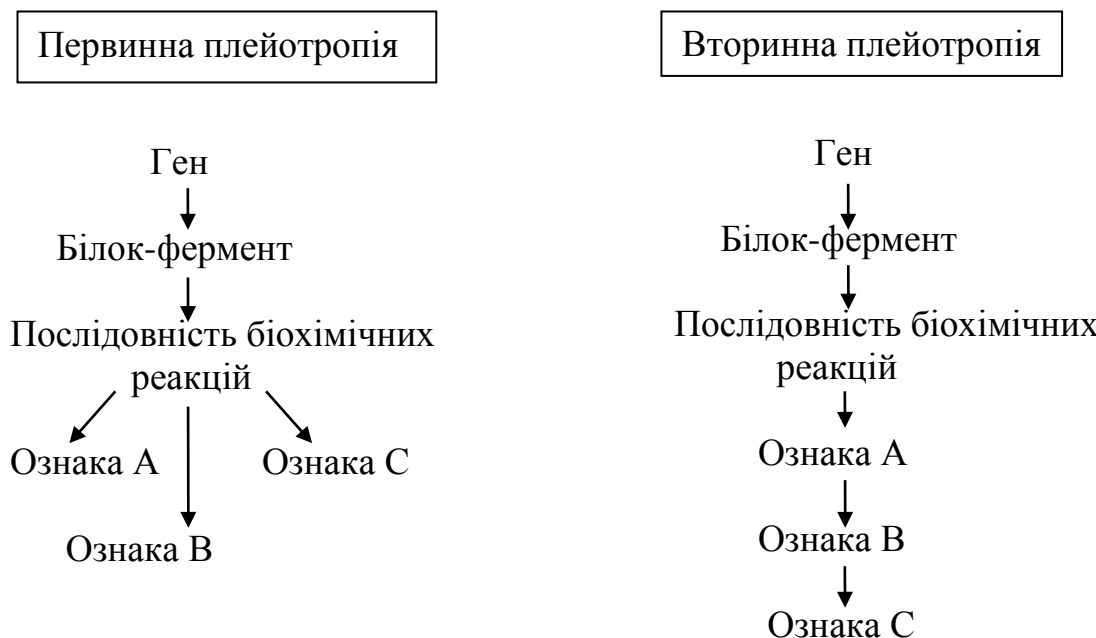
**Полімерія** – явище, коли на прояв однієї ознаки впливає багато домінуючих генів з різних неалельних локусів. Вони мають рівнозначну, адитивну, сумуючу дію. Чим більше генів впливає на розвиток якої-небудь ознаки, тим краще виражена ця ознака. Такі полімерні гени при написанні схем схрещування позначаються заголовними і строчковими (прописними) літерами з цифровими індексами ( $A_1A_1$ ,  $A_2A_2$ , чи  $a_1a_1$   $a_2a_2$  ). За полімерним типом успадковуються, головним чином, кількісні ознаки.



**Гени-модифікатори.** Частота і ступінь прояву (експресивність і пенетрантність) генів залежить не тільки від умов зовнішнього середовища і різних взаємодій, а й від так званих генів-модифікаторів, які самі не дають фенотипового ефекту, а модифікують прояв інших неалельних “основних” генів.

В низці випадків широта норми реакції пов’язана із ступенем виразності ознаки: від цілковитої відсутності до цілковитої виразності. Ступінь виразності ознаки в фенотипі називають *експресивністю*. Кількісний показник фенотипового прояв генів називають *пенетрантністю*, яка розраховується як відсоток особин, у яких певна ознака проявилася. Експресивність і пенетрантність – ознаки, які підтримуються природним добром.

**Плейотропія.** Один ген одночасно кодує низку ознак і це факт вияву множинних ефектів одного гена. Плейотропія буває первинною, коли ген одразу проявляє множинну дію або вторинною – відбувається послідовний прояв ознак.



#### Приклади розв’язування задач:

**Задача.** Забарвлення лусочок вівса визначається двома полімерними генами.  $A_1A_1A_2A_2$  - чорне забарвлення,  $a_1a_1a_2a_2$  - біле забарвлення. Забарвлення залежить від дози гена, тобто числа домінуючих алелів. При схрещуванні



*знаєте типи трансгресії*

**Завдання № 3.** *Скласти схему полімерного типу взаємодії неалельних генів*

**Завдання № 4.** *Охарактеризуйте ефект положення та модифікуючу дію генів*

**Завдання № 5.** *Самостійна робота. Задачі. Тести*

### **Контрольні питання:**

1. Охарактеризуйте полімерію як вид неалельної взаємодії генів?
2. У чому сутність не кумулятивної і кумулятивної полімерії? Яка між ними принципова різниця?
3. Поясніть, чому вивчення явища полімерії дуже важливо для розуміння успадкування кількісних ознак?
4. Що характерно для успадкування ряду кількісних ознак у людини та інших біологічних організмів?
5. Хто, коли і на якому рослинному об'єкті відкрив явище полімерної взаємодії генів?
6. Що таке трансгресивне успадкування ознак? При якому типі полімерії воно спостерігається?
7. Назвіть можливі типи трансгресій і дайте їм генетичне обґрунтування.
8. Наведіть приклади успадкування ознак за типом полімерії. Яке значення має це явище для селекційної практики?

## Лабораторна робота 6

### *Успадкування ознак зчеплених зі статтю. Групи крові та резус-фактор*

Мета заняття: Вивчення характеру успадкування ознак при зчепленні генів аутосом та гоносом. Складання схем зчепленого успадкування ознак. Складання і описання схеми кріс-крос успадкування.

Матеріал і обладнання: підручники, посібники, дидактичний матеріал, таблиці

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

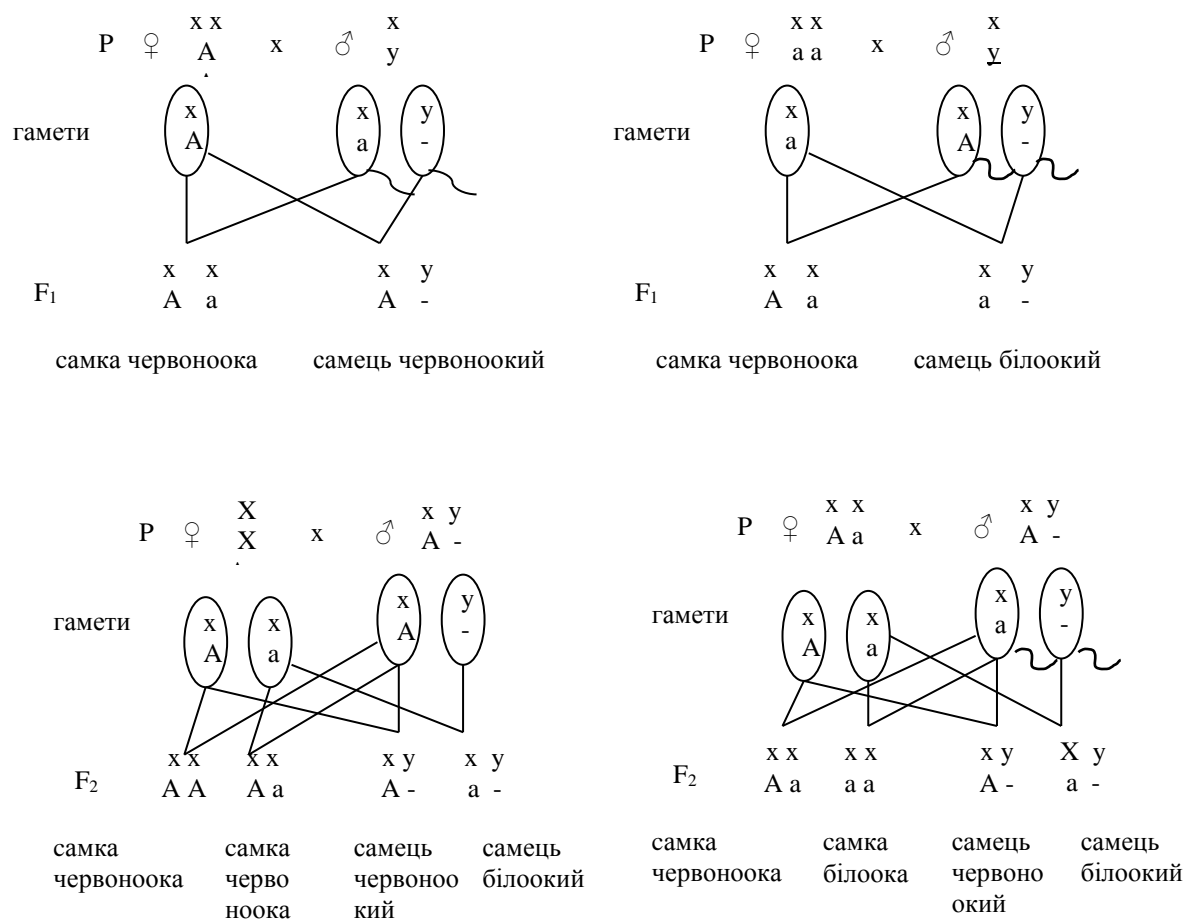
1. На чому базується балансова теорія визначення статі?
2. На чому базується хромосомна теорія визначення статі?
3. Що називається статтю?
4. Який тип визначення статі називається прогамним, сингамним, епігамним?
5. Які ви знаєте методи регулювання співвідношення статі?
6. Які існують теорії визначення статі у тварин?
7. Що таке аутосоми і статеві хромосоми?
8. Що таке група зчеплення? Число та приклади їх у деяких організмів.
9. У чому суть успадкування ознак, зчеплених зі статтю?

#### 1) Теоретичне обґрунтування

Серед усього хромосомного набору в самців і самок є деякі відмінності. У савців у самок всі хромосоми парні, у самців одну пару становлять різні за розміром і формою хромосоми. Оскільки від цієї пари залежить стать, їх назвали статевими хромосомами, а всі інші – аутосомами. Крім того, гомологічні статеві хромосоми самок савців і людини назвали ікс-хромосомами ( $xx$ ), а негомологічні хромосоми самців – ікс ( $x$ ) і ігрек ( $y$ ). У птахів, плазунів і метеликів, навпаки, самки мають  $xu$ , а самці –  $xx$  хромосоми (або  $ZW$  і  $ZZ$ ).

Крім генів, які визначають стать у статевих хромосомах, як і в аутосомах, є гени інших ознак. Такі гени й ознаки, що контролюються ними, називаються зчепленими зі статтю. Успадкування таких ознак дещо відрізняється від успадкування ознак, гени яких містяться в аутосомах. Це залежить від того, що статеві хромосоми  $x$  і  $y$  генетично нерівноцінні. Якщо  $x$ -хромосома за кількістю генів не відрізняється від аутосоми, то  $y$ -хромосома вважається генетично інертною, тобто в ній дуже мало генів і більшість з них неактивні. Це призводить до прояву рецесивного гена в чоловічій статі, коли в  $x$ -хромосомі він буде в гемізиготному стані.

Наприклад, у мухи дрозофіли червоне забарвлення очей – домінуюча ознака, а біле – рецесивна ознака. Позначимо ген, який детермінує червоне



забарвлення буквою “A”, а біле - “a”. При рецесивних схрещуваннях одержимо такі результати: Нині явище зчепленого зі статтю успадкування ознак (генів) використовується на практиці, особливо у птахівництві для раннього розпізнавання статі відразу після вилуплення курчат, а також враховуються й

інші зчеплені зі статтю гени, зокрема, які контролюють швидкість росту оперення на крилах і хвості, забарвлення пуху і розміри тіла.

*Стать* – сукупність ознак і властивостей організму, які забезпечують відновлення потомства і передачу спадкової інформації. Стать характерна для рослинного і тваринного світу.

В хромосомному наборі організму розрізняють нестатеві хромосоми, або *аутосоми*, і статеві хромосоми.

Стать, яка утворює один тип гамет, називається *гомогаметною*, а стать, яка утворює різні типи гамет – *гетерогаметною*. Для людини гомогаметною статтю є жіноча (XX), а гетерогаметною – чоловіча (XY).

Існують чотири типи хромосомного визначення статі:

- У ссавців, більшості амфібій, частини риб комах (крім метеликів), ракоподібних, червів, деяких дводомних рослин жіноча стать є гомогаметною (XX), а чоловіча – гетерогаметною (XY);

- У клопів жіноча стать - гомогаметна (XX), а чоловіча – гетерогаметна (XO);

- У птахів, плазунів, деяких риб, метеликів жіноча стать - гетерогаметна (XY), а чоловіча – гомогаметна (XX);

- У молі, живородячої ящірки жіноча стать є гетерогаметною (XO), а чоловіча – гомогаметною (XX).

У випадку зчепленого зі статтю успадкування доцільно аналізувати окремо потомство чоловічої та жіночої статі.

При успадкуванні ознак у людини у випадку, коли ген локалізований в X-хромосомі, він передається від батька лише до дочок, а від матері – до синів і дочок порівну. Якщо рецесивний алель зчеплений з X-хромосою, то у жінок він проявляється лише в гомозиготному стані, а у чоловіків (за умови локалізації в негомологічній ділянці X-хромосоми) – завжди. Такий тип успадкування ознак називають кріс –крос успадкування.

### **Успадкування груп крові і резус-фактора**

*Успадкування груп крові за системою ABO* – це явище кодомінування в

одній алельній парі генів. Ознаки обох батьків проявляються одночасно в першому поколінні дітей ( $F_1$ ).

Відкриття АВ0-системи груп крові належить К. Ландштейнеру (1901). Система груп крові АВ0 у людини успадковується за типом множинних алелей одного автосомного гена, розташованого у хромосомі 9, локус якого позначається літерою I (від слова ізогемаглютиноген). Вивченням характеру успадкування різних груп крові АВ0-системи встановлено, що вони визначаються різним поєднанням трьох алелей однієї алеломорфної групи генів, які позначають  $I^A$ ,  $I^B$  та  $I^0$  або  $ii$ . Вони визначають чотири фенотипи: з першою групою I (0) або  $ii$ , другою II (A), третьою III (B), четвертою IV (AB)

Має значення передача генів, що кодують синтез антигенів груп крові, які є кодомінантними. Протягом життя це може набути значення при необхідності переливання крові, що може призводити до аглютинації (склеювання) аглютиніну з антигеном, який міститься в еритроцитах.

З такої причини переливання крові припустиме суворо за визначеними групами крові:

- групі 0 можна переливати тільки таку ж кров;
- групам A і B можна переливати таку ж кров або групи 0;
- групі AB можна переливати кров усіх інших груп.

Людей з групою крові O називають *універсальними донорами*, таку кров можна переливати усім іншим групам, при групі крові AB можна приймати кров усіх інших груп, людей з такою групою крові називають *універсальними реципієнтами*.

Гени:  $I^A$  – синтез аглютиногена A;  
 $I^B$  – синтез аглютиногена B;  
 $I^0$  або  $i$  – не синтезує аглютиногенів.

При цьому  $I^A$ ,  $I^B$  – кодомінантні між собою і домінують над  $I^0$  ( $i$ ), який виявляється рецесивним по відношенню до обох генів.

Можливі варіанти успадкування:

- $I^A I^B$  або  $I^A i$  – містять антиген A;

- $I^{BI^B}$  або  $I^{Bi}$  – містять антиген В;
- $I^{AI^B}$  – містять обидва антигени;
- $I^0I^0$  (*ii*) – не містять ніяких антигенів.

Безпечне переливання крові можливе за умов, що вона містить той же антиген, або не містить ніяких антигенів:

Група крові	Аглютиноген и в еритроцитах	Аглютиніни в плазмі	Групи, яким можна перелити кров	Групи, від яких можна перелити кров
О	-	$\alpha, \beta$	О, А, В, АВ	О
А	А	$\beta$	А, АВ	О, А
В	В	$\alpha$	В, АВ	О, В
АВ	А, В	-	АВ	О, А, В, АВ

### ***Успадкування резус-фактора***

Резус-фактор - білок (антиген), названий так тому, що вперше (1940 р.) був виділений з еритроцитів мавпи макака-резус (*Macacus resus*), а потім у людини. Близько 85 % європейців здатні його синтезувати і становлять резус-позитивну групу ( $Rh^+$ ), 15 % - нездатні і називаються резус-негативними ( $Rh^-$ ).

Резус-фактор зумовлений трьома доміантними тісно зчепленими генами (С, D, E), розміщеними в першій хромосомі. Успадковуються вони як при моногібридному схрещуванні.

Основна роль належить антигену D, якщо він визначається, то кров належить до резус-позитивної (DD або Dd), якщо не визначається - то до резус-негативної (dd). Резус-фактор необхідно враховувати при переливанні крові і трансплантації, тому що на нього в організмі виробляються антитіла.

Резус-фактор може бути причиною резус-конфлікту між матір'ю і плодом. При шлюбі жінки, що має резус-негативну кров, з чоловіком, який є резус-позитивною гомозиготою, усі діти будуть резус-позитивними, а при його гетерозиготності - 50 % резус-позитивні і 50 % резус-негативні.

1) P dd x DD

2) P dd x Dd



Гамети	d	D	гамети	d	D, d
F,	Dd		F,	Dd,	dd
Резус-позитивні			Резус-позитивні		Резус- негативні
100%			50%		50%

Конфлікт виникає в тому випадку, коли мати має резус-негативну кров, а дитина одержала домінуючий алель D від батька і є резус-позитивною.

В нормі у Rh<sup>-</sup> людей антитіла до резус-фактора не продукуються, але можуть почати продукуватися як захисна реакція організму при переливанні Rh<sup>+</sup> крові.

Якщо жінка має Rh<sup>-</sup> - групу крові, то

- від шлюбу з чоловіком гомозиготним за Rh<sup>+</sup> фактором крові народяться діти також з Rh<sup>+</sup> фактором крові, розщеплення буде відсутнє;

- якщо чоловік гетерозигота, то в потомстві відбудеться розщеплення за цією ознакою із співвідношенням 1 : 1.

Якщо в кров'яне русло резус-негативної матері потрапляє кров плода, який успадкував Rh<sup>+</sup>-фактор, то до нього з'являться антитіла:

- тому перша вагітність найчастіше закінчується благополучно;
- але при наступних вагітностях зазначені антитіла потрапляють до організму плода і викликають гемолітичну реакцію – руйнування еритроцитів, які містять Rh<sup>+</sup>-антиген.

З кожною наступною вагітністю кількість антигену зростає і це призводить до загибелі недоношені ембріони, а врятувати новонароджену дитину можна тільки повною заміною крові при терміновому переливанні.

З причини нагромадження антитіл (імунізація) неприпустиме переливання несумісної крові дівчаткам і жінкам.

### Приклади розв'язування задач:

На відміну від аутосомних генів, які при розв'язуванні задач позначалися заглавними літерами абетки (A, B, C або a, b, c і т.д.), гени, локалізовані в статевих хромосомах, позначаються, наприклад, X<sup>A</sup> або X<sup>a</sup> (гетерозигота), X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>, X<sup>a</sup>X<sup>a</sup>

(гомозигота). Крім того, гени статевих хромосом можна позначити також у гомогаметної статі так:  $X^{AB}X^{ab}$ , у гетерогаметної:  $X^{AB}Y$  або  $X^{ab}Y$ .

Рецесивні гени гемофілії і дальтонізма містяться в  $X$ -хромосомі і їх позначають: гемофілії –  $X^h$ , дальтонізма –  $X^d$ , а домінантні алелі цих генів – відповідно  $X^H$  та  $X^D$ .

В залежності від цілей генетичного аналізу задачі з даної теми можна умовно поділити на дві групи :

- за фенотипом нащадків  $F_1$  та  $F_2$  необхідно визначити генотипи форм, що схрещуються, і локалізацію генів;
- за фенотипом батьківських форм треба визначити розщеплення в потомстві за генотипом і фенотипом.

Розглянемо приклади розв'язування генетичних задач першої групи.

### Задача 1.

При схрещуванні кішок з різним забарвленням шерсті було одержано:

P ♀ чорні x ♂ руді	♀ руді x ♂ чорні
F <sub>1</sub> ♀ черепахові, ♂ чорні	♀ черепахові, ♂ руді
F <sub>2</sub> ♀ черепахові і чорні	♀ черепахові і руді
♂ чорні і руді	♂ чорні і руді

Визначити генотипи форм, що схрещуються, і локалізацію генів.

Дано:

P: ♀ чорні x ♂ руді	♀ руді x ♂ чорні
F <sub>1</sub> : ♀ черепахові, x ♂ чорні	♀ черепахові x ♂
F <sub>2</sub> : ♀ черепахові і чорні	руді
♂ чорні і руді	♀ черепахові і
A – ген, що визначає	руді
чорний колір	♀ чорні і руді
a – ген рудого кольору	

P ♀ – ? P ♂ – ?

### Розв'язання.

1) Про те, що гени, які визначають наведені ознаки, містяться не в аутосомах, свідчать різні результати реципрокних схрещувань в  $F_1$ . Таким чином, гени локалізовані в статевих хромосомах.

2) Тепер необхідно визначити, з якою саме з трьох груп генів (див. вище) ми маємо справу. Оскільки в  $F_1$  та в  $F_2$  з'явилися самки черепахового забарвлення, робимо висновок, що в гетерозиготі проявляються ознаки обох батьків, тобто має місце кодомінування.

$$P : X^A X^A \times X^a Y$$

чорні            руді

$$F_1 : X^A X^a \times X^A Y$$

черепахові    чорні

$$F_2 : X^A X^A ; X^A X^a ; X^a Y ; X^A Y$$

чорні    черепахові    руді            чорні

$F_2$ :

♀	♂	$X^A$	$Y$
$X^A$		$X^A X^A$	$X^A Y$
$X^a$		$X^A X^a$	$X^a Y$

3) Якщо наше припущення є вірним, то в іншому напрямі реципронних схрещувань можна записати очікувані результати і порівняти їх з одержаними в досліді:

$$P : X^a X^a \times X^A Y$$

руді            чорні

$$F_1 : X^A X^a \times X^a Y$$

черепахові    руді

$$F_2 : X^A X^a ; X^a X^a ; X^A Y ; X^a Y$$

черепахові    руді            чорні            руді

$F_2$ :

♀	♂	$X^a$	$Y$
$X^A$		$X^A X^a$	$X^A Y$
$X^a$		$X^a X^a$	$X^a Y$

Спостерігаємо повне співпадання з умовами задачі. Отже, висловлена нами гіпотеза про зчеплене із статтю успадкування ознаки – забарвлення шерсті, була справедлива, а ген  $A$ -а локалізований в  $X$ -хромосомі.

Відповідь: генотипи батьківських форм : 1)  $X^A X^A ; X^a Y$ ; 2)  $X^A X^a ; X^A Y$ .

## Задача 2.

У людини класична гемофілія успадковується як зчеплена з X-хромосомою рецесивна ознака. Альбінізм (відсутність пігментації) обумовлений аутосомним рецесивним геном. У однієї подружньої пари, нормальної за цими двома ознаками, народився син з обома аномаліями. Визначити ймовірність того, що у другого сина в цій сім'ї проявляться також обидві аномалії одночасно.

Дано:	Розв'язання
A – ген норми	1) Визначаємо генотипи батьків. За умовами задачі обидва батьки нормальні, отже, у них обов'язково є по домінантному гену з кожної пари ( $X^H$ та $A$ ).
a – ген альбінізму	
$X^h$ – ген гемофілії	
$X^H$ – ген норми	
$F_2$ – ?	

Син має обидві аномалії, його генотип  $aaX^hY$ . X-хромосому з геном гемофілії він міг успадкувати тільки від матері. Один з генів альбінізму син одержав від матері, інший – від батька. Таким чином генотип матері  $AaX^HX^h$ , генотип батька  $aaX^HY$ .

2) Визначаємо можливі генотипи і фенотипи дітей.

При такому шлюбі ймовірні генотипи дітей :

P ( $F_1$ ):  $AaX^HX^h \times aaX^HY$

$F_2$ :

$\begin{matrix} \text{♀} \\ \text{♂} \end{matrix}$	$AX^H$	$aX^H$		$AY$	$aY$
$AX^H$	$AA X^H X^H$	$X^H X^H Aa$	}	$AA X^H Y$	$Aa X^H Y$
$AX^h$	$AA X^H X^h$	$Aa X^H X^h$		$AA X^h Y$	$Aa X^h Y$
$aX^H$	$Aa X^H X^H$	$aa X^H X^H$		$Aa X^H Y$	$aa X^H Y$
$aX^h$	$Aa X^H X^h$	$aa X^H X^h$		$Aa X^h Y$	$aa X^h Y$

Отже, ймовірність того, що у здорової подружньої пари народиться син гемофілін і альбінос, дорівнюватиме  $1/8$ .

3) Визначаємо ймовірність народження другого сина з цими аномаліями.

Ймовірність того, що наступна дитина буде сином, дорівнює  $1/2$ . З числа

синів лише  $1/8$  частина може мати одночасно обидві аномалії.

Для розрахунку кінцевого результату ймовірності знаходиться добуток  $1/2 \times 1/8 = 1/16$ .

*Відповідь: ймовірність того, що у другого сина в цій сім'ї проявляться обидві аномалії, дорівнює  $1/16$ .*

### **Задача 3.**

У курки внаслідок захворювання яєчник дегенерував, а з правої гонади розвинувся сім'яник. В результаті ця особина стала функціонувати як самець. Яке співвідношення за статтю слід очікувати від схрещування такої особини з нормальною куркою?

#### ***Розв'язання.***

Відомо, що у птахів, в тому числі у курей, гетерогаметною статтю є жіноча. При невизначенні статі в результаті захворювання генотип особини не змінився і, хоч курка функціонувала як півень, у неї утворювалися у рівному співвідношенні два типи сперматозоїдів: з Z-хромосою та без неї. Схрещування даної особини з нормальною самкою можна записати таким чином :

$P: ZW \times ZW$  ( невизначений самець )

$G: Z; W; Z; W$

$F_1: 1 ZZ : 2 ZW : 1 WW$

♂      ♀      гинуть

*Відповідь: В потомстві невизначеної особини з нормальною куркою очікується співвідношення за статтю: 2 частини курочок та 1 частина півників.*

### **Задача 4.**

У медицині велике значення мають відмінності між чотирма групами людської крові. Група крові – спадкова ознака, яка залежить від одного гена. Цей ген має не дві, а три алелі, які позначаються символами  $I^A$ ,  $I^B$ ,  $I^0$ . Особи з генотипом  $I^0I^0$  мають першу групу крові, з генотипом  $I^AI^0$  або  $I^AI^A$  другу, з генотипом  $I^BI^0$  або  $I^BI^B$  – третю, а з генотипом  $I^AI^B$  – четверту (тобто ми можемо

сказати, що алелі  $I^A$   $I^B$  домінують над алеллю  $I^0$ , тоді як одна одну вони не пригнічують ). а ) У матері перша група крові, а в батька четверта. Визначте, які групи крові можуть мати їхні діти. б) У пологовому будинку переплутали двох хлопчиків. Батьки одного з них мають першу і другу групи крові, другого - другу й четверту. Дослідження показало, що діти мають першу і другу групу крові. Визначте, хто чий син.

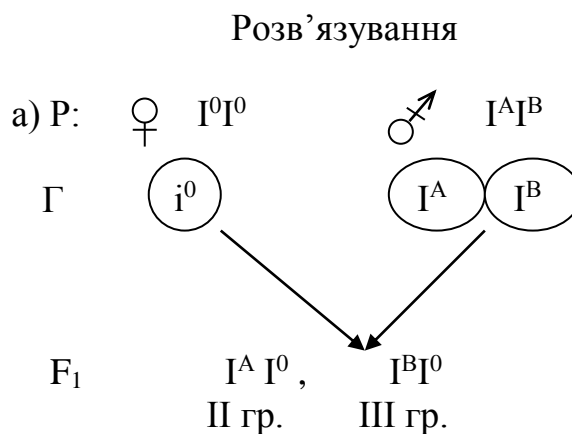
Дано:

$I^0I^0$  – перша група крові

$I^AI^0$  або  $I^AI^A$  – друга група крові

$I^BI^0$  або  $I^BI^B$  – третя група крові

$I^AI^B$  – четверта група крові



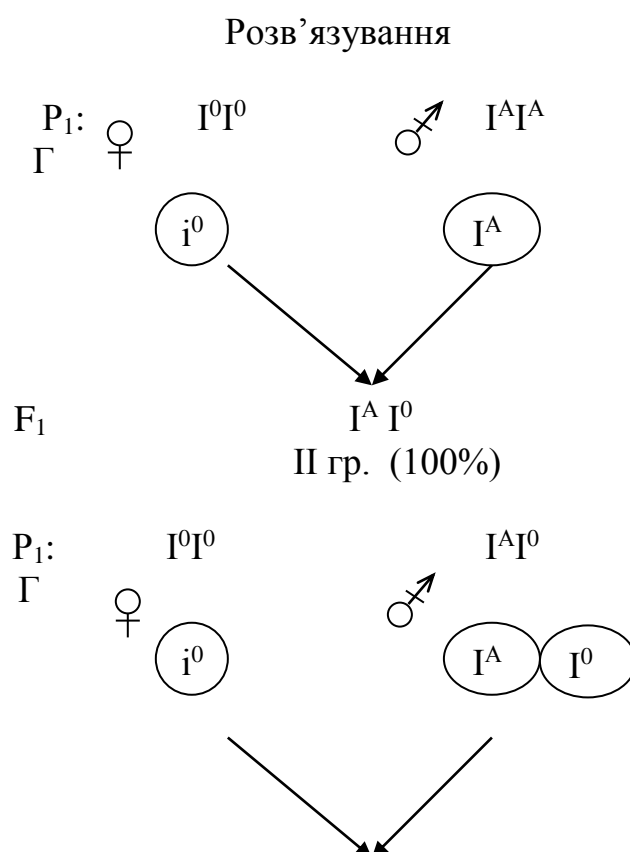
*Відповідь: У цій сім'ї можуть народжуватися діти з другою і третьою групами крові.*

б) 1. Визначаємо можливі генотипи дітей від батьків ( $P_1$ ), що мають першу і другу групи крові.

Дано:

$I^0I^0$  – перша група крові

$I^AI^0$  або  $I^AI^A$  – друга група крові



F<sub>1</sub>                      I<sup>A</sup>I<sup>0</sup>, I<sup>0</sup>I<sup>0</sup>  
 II гр. I гр.  
 50% : 50%

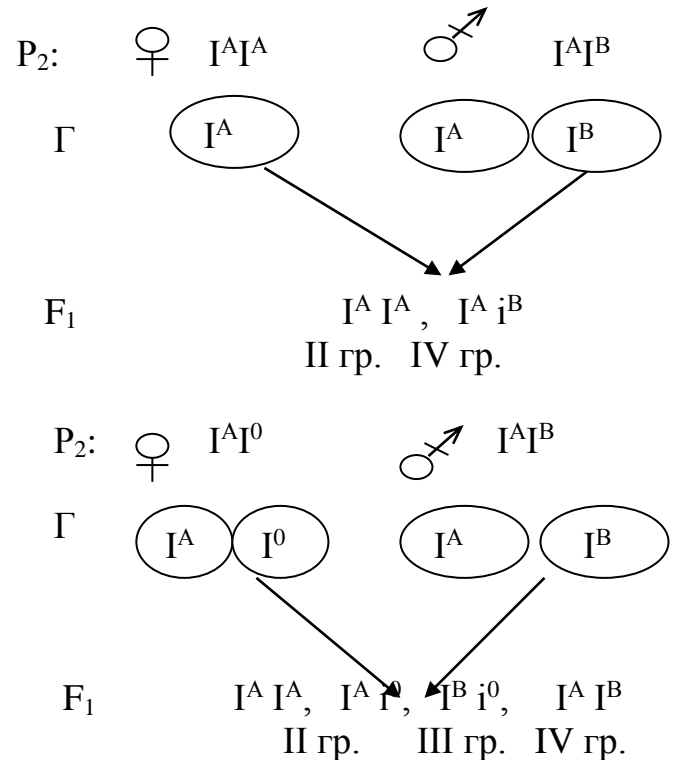
2. Визначаємо можливі генотипи дітей від батьків (P<sub>2</sub>), що мають другу і четверту групи крові.

Дано:

I<sup>A</sup>I<sup>0</sup> або I<sup>A</sup>I<sup>A</sup> – друга група крові

I<sup>A</sup>I<sup>B</sup> – четверта група крові

Розв'язування



3. У батьків з другою і четвертою групами крові не може народитися син з першою групою крові.

Відповідь: Хлопчик, який має I групу крові, – син перших батьків (P<sub>1</sub>), а той, що має II групу, – других (P<sub>2</sub>).

## II) Практична частина

Завдання № 1. Дайте визначення термінам.

Завдання № 2. Дайте відповіді на запитання

Завдання № 3. Напишіть усі типи гамети, що утворюють організми з генотипами (гени розташовані в різних парах гомологічних хромосом)

Завдання № 4. Який генотип організмів, що утворюють наступні гамети

*Завдання № 5.* Записати всі можливі статеві типи *Dr. melanogaster* згідно балансової теорії визначення статі

*Завдання № 6.* Самостійна робота. Задачі. Тести

### **Контрольні питання:**

1. Що таке стать і які ознаки її характеризують?
2. Дайте характеристику типам хромосомного визначення статі.
3. Що саме є доказом генетичного визначення статі?
4. Який стан гена називають гемізіготним? Якій статі у людини він відповідає?
5. Як можна відрізнити аутосомну ознаку від ознаки, зумовленої геном, локалізованим в Y-хромосомі?
6. Чим відрізняється успадкування ознак, зчеплених зі статевою Y-хромосомою, у курей і мухи-дрозофіли?
7. В чому суть кріс-крос успадкування? Яким чином воно проявляється?
8. Яке співвідношення статей у популяціях свійських тварин?
9. Які існують теорії визначення статі у тварин?
10. Який тип визначення статі називається прогамним, сингамним, епігамним?
11. Що таке аутосоми і статеві хромосоми?
12. В яких організмів гетерогаметною є жіноча стать?
13. В яких організмів гетерогаметною є чоловіча стать?
14. На чому базується балансова теорія визначення статі?
15. Як позначаються статеві хромосоми особин жіночої і чоловічої статі у савців?
16. Як позначаються статеві хромосоми у птиці?
17. Які ви знаєте методи регулювання співвідношення статі?
18. Які причини виникнення фрімартинізму у великої рогатої худоби? Про що свідчить явище фрімартинізму?
19. У чому полягає бісексуальність організмів?
20. Що собою являють інтерсекси?
21. Які особини називаються гермафродитами?



22. В яких випадках проявляється синдром трисомії у людей і які його наслідки?
23. В яких випадках проявляється синдром Тернера і які його наслідки для людини і тварин?
24. В яких випадках проявляється синдром Кляйнфельтера і які його наслідки для людини і тварин?
25. Що ви розумієте під таким різновидом розмноження як партеногенез, гіногенез, андрогенез?
26. Як слід розуміти успадкування ознак зчеплених зі статтю?
27. Які ознаки успадковуються зчеплено зі статтю у тварин, птиці, дрозофіли?
28. Які хвороби людей і тварин успадковуються зчеплено зі статтю?

## Лабораторна робота 7

### *Кросинговер. Генетичний аналіз кросинговеру.*

#### *Побудова генетичних карт*

Мета заняття: вміти визначати локалізацію генів у хромосомах, складати і читати генетичні карти хромосом.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу, таблиці, схеми прикладів задач.

### ХІД РОБОТИ

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Основні положення хромосомної теорії спадковості.
2. Значення генетичних і цитологічних карт хромосом у генетичних дослідженнях та селекції?

#### 1) Теоретичне обґрунтування

**Кросинговер** – це обмін ділянками між хроматидами в парі гомологічних хромосом (перехрест хромосом). Відбувається у профазі першого мейотичного поділу.

**Частота кросинговеру** пропорційна відстані між генами в групі зчеплення: чим вона більша, тим вища ймовірність перехресту і розвитку кросоверних гамет, і навпаки. Одиницею вимірювання частоти кросинговеру є умовна величина – морганіда.

**1 морганіда** – це відстань між генами, за якої кросинговер відбувається з частотою 1%.

Для розрахунку відносної відстані між генами користуються формулою:

$$X = ((a + c) / n) \cdot 100\%, \text{ де}$$

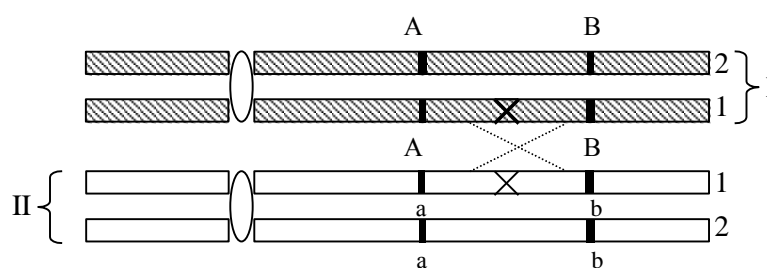
X – відсоток кросоверів від аналізуючого схрещування,

(a+c) – кількість кросоверів,

$n$  – загальна кількість потомства.

Зовнішнім проявом кросинговеру є хіазми – фігури перехрещених хромосом, що нагадують грецьку літеру  $\chi$  ( $xi$ ). Отже, після мейозу в гаметах будуть не лише хромосоми, ідентичні батьківським (які не обмінялися ділянками), але й хромосоми з новою комбінацією генетичного матеріалу двох гомологічних хромосом (мал. 2).

Хроматиди пари гомологічних хромосом (I)



Хроматиди пари гомологічних хромосом (II)

(всі хроматиди подвоєні в S – періоді інтерфази)

**Рис.2. Схема кросинговера і утворення кросоверних (1) та некросоверних (2) гамет.**

З метою полегшення розв'язку задач використовують особливий запис генотипу. Наприклад, генотип дигетерозиготи  $AaBb$  можна записати:

$$\frac{AB}{ab} \text{ або } \frac{Ab}{aB}$$

Дві паралельні лінії символізують гомологічні хромосоми, а комбінації генів над і під ними – групи зчеплення, успадковані від матері (верхня) і від батька (та, що знизу). Гамети з вихідними групами зчеплення називають *некросоверними*, а з новими комбінаціями генів – *кросоверними*. У запису гамет також використовують символічні хромосоми. Наприклад, в особини з генотипом  $\frac{AB}{ab}$  можуть утворитися як лише некросоверні гамети:

$AB$  та  $ab$  (за умови повного зчеплення), так ще й кросоверні гамети:

$Ab$  та  $aB$  (за умови неповного зчеплення).

Особини, що розвиваються з кросоверних (рекомбінантних) гамет,

називають *кросоверами* (рекомбінантами). Вони виникають з такою самою ймовірністю, як і кросоверні гамети. І навпаки, особини, що розвиваються з некросоверних гамет, називаються *некросоверами* (нерекомбінантами).

### Хромосомна теорія спадковості

Поведінка хромосом вже давно переконувала дослідників в тому, що хромосоми виконують важливу біологічну роль і мають пряме відношення до передачі спадкової інформації.

У відповідності до сучасних уявлень основні положення хромосомної теорії Т. Моргана можна сформулювати наступним чином:

- Гени знаходяться в хромосомах. Кожна хромосома являє собою групу зчеплення генів. Число груп зчеплення у кожного виду дорівнює гаплоїдному набору хромосом.

- Кожний ген в хромосомі займає визначене місце (локус). Гени в хромосомах розташовані лінійно.

- Між гомологічними хромосомами може відбуватися обмін алельними генами.

- Відстань між генами в хромосомі пропорційна відсотку кросинговеру між ними.

### Приклади розв'язування задач:

**Задача 1.** У дрозофіли рецесивний ген білоокості ( $w$ ) знаходиться в  $X$ -хромосомі в локусі 1,5, а домінуючий ген зміненої форми черевця  $A$  (*Abnormal*) в тій самій хромосомі в локусі 4,5. Визначити типи і кількість гамет, що утворюються у мух наступних генотипів:

самка  $X^{WA}X^{wa}$ ; самець білоокий з нормальним черевцем  $X^{wa}Y$ .

Відповідь:

Гамети самки:

$X^{WA}$  }  
 $X^{wa}$  } 97%

Відстань між  
генами:

Гамети самця:  
G:  $X^{wa}$  50%

$$4,5 - 1,5 = 3\%$$

$$\left. \begin{array}{l} X^{Wa} \\ X^{wA} \end{array} \right\} 3\% \quad \text{кросинговера} \quad Y: 50\%$$

**Задача 2.** Гени  $A$  і  $B$  локалізовані в одній парі гомологічних хромосом і повністю зчеплені, тобто кросинговер між ними не відбувається. Які типи гамет і в якому процентному співвідношенні утворюються у гетерозиготи за обома генами?

*Відповідь:* Якщо зчеплені гени  $A$  і  $b$ , то утворюватимуться два типи гамет в рівному співвідношенні:  $Ab - 50\%$ ,  $aB - 50\%$ . Якщо зчеплені гени  $A$  і  $B$ , то утворюються два типи гамет в рівному співвідношенні  $AB - 50\%$ ,  $ab - 50\%$ .

**Задача 3.** Гени  $A$  і  $B$  зчеплені, кросинговер між ними складає 40%. Визначити, скільки з'явиться в потомстві дигетерозиготи  $AB/ab$  при її самоzapлідненні форм  $aabb$  та  $A-bb$ ?

*Відповідь:*  $P: ABab \times ABab$

Складаємо решітку Пенета:

F1:

♂ \ ♀	30% AB	30% ab	20% aB	20% Ab
30% AB	9% ABAB	9% ABab	6% ABaB	6% ABAb
30% ab	9% ABab	9% aabb	6% aBab	6% Abab
20% Ab	6% ABAb	6% Abab	4% AbaB	4% AbAb
20% aB	6% aBAB	6% aBab	4% aBaB	4% aBAb

$$\begin{array}{l} G: AB \\ \quad ab \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} G: AB \\ \quad ab \end{array}} \right\} \text{некросовери} \quad \begin{array}{l} \text{♂: } AB \\ \quad ab \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{♂: } AB \\ \quad ab \end{array}} \right\} \text{некросовери}$$

$$\begin{array}{l} \quad aB \\ \quad Ab \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \quad aB \\ \quad Ab \end{array}} \right\} \text{кросовери} \quad \begin{array}{l} \quad Ab \\ \quad aB \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \quad Ab \\ \quad aB \end{array}} \right\} \text{кросовери}$$

Кількість кросоверних гамет відповідає відстані між генами, тобто 40%. Тоді кількість некросоверних гамет дорівнюватиме  $100\% - 40\% = 60\%$ . Кількість форм з генотипом  $A-bb$  буде:  $6\% Abab + 6\% Abab + 4\% AbAb = 16\%$ ; з

генотипом  $abab$  – 9%.

**Задача 4.** Гени  $A$  і  $B$  зчеплені і кросинговер між ними складає 10%. Ген  $C$  знаходиться в іншій групі зчеплення. Які гамети і в яких співвідношеннях буде утворювати гетерозигота:  $\frac{AB}{ab} \frac{C}{c}$  ?

*Відповідь:* Спочатку визначаємо кількість кросоверних і некросоверних гамет при зчепленні генів  $A$  і  $B$ : 90% некросоверних  $AB$  і  $ab$ ; 10% кросоверних  $Ab$  і  $aB$ . При утворенні гамет кожна з цих комбінацій алелів може з рівною ймовірністю поєднуватись або з алелем  $C$ , або з алелем  $c$ . Внаслідок цього утворюються 8 типів гамет: 4 типи некросоверних  $ABC$ ,  $ABc$ ,  $abC$ ,  $abc$  по 22,5%; та 4 типи кросоверних гамет  $AbC$ ,  $Abc$ ,  $aBC$ ,  $aBc$  з частотою по 2,5% ( $10\%:4=2,5\%$ ).

## II) Практична частина

**Завдання № 1.** Дайте визначення термінам

**Завдання № 2** Схематично зобразити різні типи кросинговеру

**Завдання № 3** Дайте відповіді на запитання

**Завдання № 4** Вибрати в  $F_2$  розщеплення, яке відбувається у випадку повного зчеплення (а) і у випадку кросинговеру (б):

**Завдання № 5.** Самостійна робота. Задачі. Тести

### **Контрольні питання:**

1. Основні положення хромосомної теорії спадковості.
2. Яке значення генетичних і цитологічних карт хромосом у генетичних дослідженнях та селекції?
3. Пояснити поняття частоти кросинговеру.
4. Які гамети називають кросоверними, а які некросоверними.



## Лабораторна робота 8

### ***Родинно-генетичний аналіз. Складання родоводів***

Мета заняття: З'ясувати типи успадкування ознак у людини та відмінності між ними. Навчитись складати родоводи людини та тварин.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу з теми «Закони Менделя», таблиці, схеми прикладів задач.






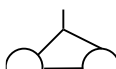

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

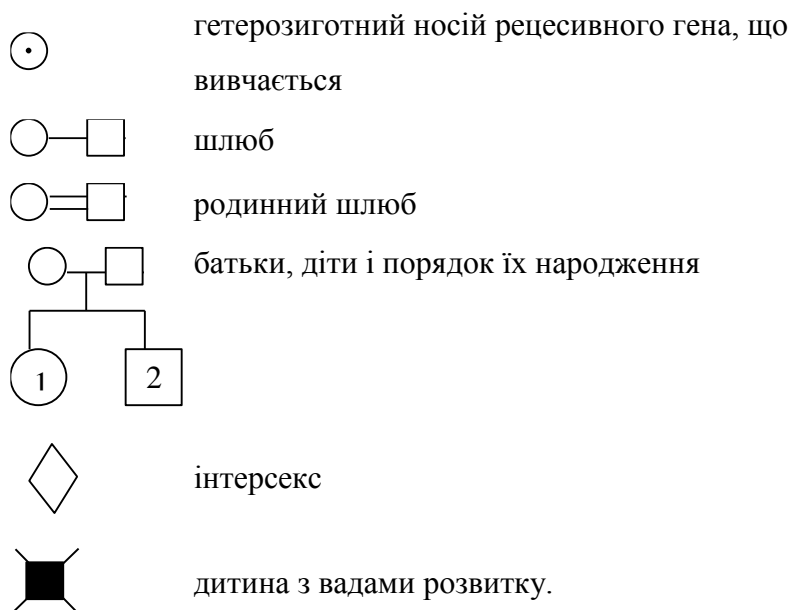
1. Типи успадкування ознак
2. Особливості передачі ознак при різних типах успадкування
3. Методи складання родоводів, символіка що застосовується

#### 1) Теоретичне обґрунтування

Основним методом вивчення характеру успадкування ознак є гібридологічний аналіз. Але в генетиці людини його не можна використовувати, оскільки проведення схрещувань для вивчення успадкування ознак для людини є неможливе. Тому в антропогенетиці застосовують специфічний метод-аналіз родоводів, або генеалогічний метод. Для складання родоводу використовуються спеціальні символи.

	чоловік
	жінка
	стать не вияснена
	власник ознаки, що вивчається
	дизиготні (різноїяцеві) близнюки
	монозиготні (однойяцеві) близнюки
	шлюб чоловіка з двома жінками





Персона, з якої починають складання родоводів, називається пробандом. Якщо родовід складається таким чином, що від пробанда спускаються до потомства, то його називають генеалогічним деревом (генеалогія); якщо від пробанда простежують успадкування до батьків та інших більш віддалених предків, такий родовід називається таблицею предків.

Генеалогії більш зручні для генетичного аналізу, тому що в цьому випадку все потомство походить від однієї подружньої пари. При аналізі родоводів можна визначити, чи успадковується певна ознака, і якщо успадковується, то як – за домінантним чи рецесивним типом. Для визначення кількісних співвідношень при розщепленні аналізують декілька подібних родоводів. Дуже часто в якості ознаки, що вивчається, у людини фігурує те чи інше захворювання.

Фігури в родоводі розташовуються за поколіннями, кожне з яких займає окремий рядок і позначається в лівій частині рядка римською цифрою. Всі індивіди цього покоління позначаються арабськими цифрами. Для позначення родинних зв'язків між членами родоводу застосовуються наступні знаки.

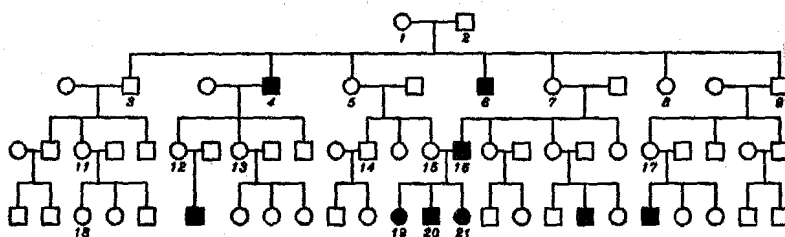
Горизонтальна лінія, що з'єднує коло з квадратом, -- лінія шлюбу. Від неї відходить графічне «коромисло», до якого прикріпленні знизу діти, які народжуються від цього шлюбу. Близнята позначаються поряд розташованими

фігурами , підвішеними до однієї спільної точки коромисла .

Одруженні діти зеднуються лініями шлюбу зі своїми подружжями . Щоб позначити, що в подружній парі було декілька дітей, ставлять ромб з цифрою всередині. Ця цифра означає число дітей . На схемі зображений родовід , що включає покоління пробанда (III) , два покоління за висхідною лінією ( II і I ) і одне покоління за нисхідною лінією (IV).

### Приклади розв'язування задач:

**Задача 1.** На малюнку представлений родовід однієї родини. Чорний колір символів означає володіння деякою ознакою, яка зустрічається досить рідко. Відомо також, що всі особи, з якими вступили у шлюб представники цієї сім'ї (за виключенням їх родоначальників), самі походили з родин, де ця ознака ніколи не виявлялася. Аналізуючи родовід, визначте характер успадкування цієї ознаки (домінантний, рецесивний, зчеплений або незчеплений із статтю і т.д.). вказати генотипи всіх осіб, помічених номерами (коли для цього не вистачить даних, назвіть можливі генотипи і висловіть міркування щодо їх порівняльної ймовірності).



### *Родовід людини, з ознакою, що рідко зустрічається*

#### *Розв'язання.*

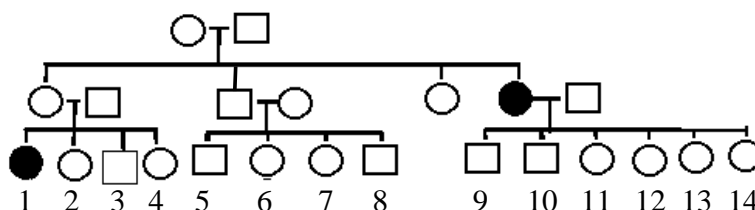
Дана ознака не може бути домінантною, інакше вона не з'являлася б у дітей, коли її не було б у батьків. На зчеплення цієї ознаки із статтю вказують наступні факти:

1) Вона виявляється переважно в чоловіків (виключення складають лише жінки 19 та 21, про яких мова йтиме нижче);

2) Вона передається тільки через жінок (від будь-якого нащадка з цією ознакою завжди є прямий шлях через жінок до предка з цією ж ознакою або до вихідної пари).

Припускаємо, що досліджувана ознака успадковується аналогічно дальтонізму, причому родоначальниця сім'ї 1 – гетерозиготний носій відповідного гена. Таке припущення підтверджується тим, що близькородинний шлюб між двоюрідними сібсами (сестрою та братом) 15 та 16 призвів до народження дівчинок 19 і 21 з данною ознакою (очевидно, їх матір 15 була гетерозиготним носієм). Після таких суджень легко можна визначити генотипи вказаних осіб:  $P : X^A X^a \times X^A Y$ ; №3 –  $X^A Y$ ; № 4,6 –  $X^a Y$ ; №5 –  $X^A X^a$  і т.д.

**Задача 2.** В сім'ї ознака руде волосся успадковується як рецесивна. Яке буде потомство, якщо наступні кузени одружаться: 1 x 5; 2 x 8; 6 x 9; 3 x 11; 1 x 12?



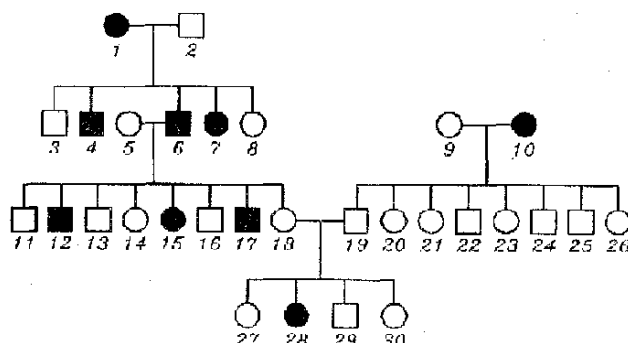
**Родовід сім'ї з урахуванням ознаки рудого забарвлення волосся**

Розв'язання.

- 1)  $P : aa \times AA \rightarrow F_1 : Aa$  – всі з темним волоссям;
- 2)  $P : Aa \times AA \rightarrow F_1 : Aa : AA$  – всі з темним волоссям;
- 3)  $P : AA \times Aa \rightarrow F_1 : AA : Aa$  – всі з темним волоссям;
- 4)  $P : Aa \times Aa \rightarrow F_1 : 1AA : 2Aa : 1aa$  –  $\frac{3}{4}$  з темним,  $\frac{1}{4}$  потомство з рудим волоссям;
- 5)  $P : aa \times Aa \rightarrow F_1 : 1Aa : 1aa$  –  $\frac{1}{2}$  осіб з темним,  $\frac{1}{2}$  - з рудим волоссям.

**Задача 3.** Розглянути родовід (мал.9) однієї родини, в якій вказаний хід успадкування ліворукості: темні кружальця і квадрати – жінки і чоловіки з цією

ознакою, світлі – символізують відсутність цієї ознаки. Визначити, домінуючий чи рецесивний ген, що визначає цю ознаку; генотипи людей вказаного родоводу.



### Родовід людини з успадкуванням ліворукості

*Розв'язання.*

Рецесивність ліворукості помітна на основі того, що від шлюбу осіб (18 і 19), вільних від цієї ознаки, народилася дитина з даною ознакою. Відсутність ліворукості в чисельному потомстві від шлюба правші 9 та лівші 10 свідчить про гомозиготність правші (інакше було б розщеплення). В потомстві лівші 1 і правші 2 приблизно половина ліворуких, отже, правша гетерозиготний. Теж саме можна сказати і про правшу 6. Таким чином, встановлюються наступні генотипи членів родини: 1, 4, 6, 7, 10, 12, 15, 17, 28 (всі лівші) –  $aa$ , 9 (правша) –  $AA$ , всі інші – гетерозиготні ( $Aa$ ), за виключенням, можливо, одного або кількох праворуких від шлюбу 18 х 19, які можуть мати генотип  $AA$  або  $Aa$ . Для уточнення цих генотипів треба знати їх нащадків.

## II) Практична частина

**Завдання №1.** Записати ознаки, за якими характеризується аутосомно-домінантний тип успадкування. Замалювати схему.

**Завдання №2.** Записати ознаки, за якими характеризується аутосомно-рецесивний тип успадкування

**Завдання №3.** Записати ознаки, за якими характеризується Х-зчеплений домінуючий тип успадкування

**Завдання №4.** *Записати ознаки, за якими характеризується Х-зчеплений рецесивний тип успадкування*

**Завдання №5.** *Записати ознаки, за якими характеризується голандричний тип успадкування*

**Завдання №6.** *Використовуючи символику родовіду складіть власний родовід.*

**Завдання № 7.** *Самостійна робота. Вирішення задач. Тести.*

### **Контрольні питання:**

1. Хто такий пробанд?
2. Які позначення застосовують при складанні родоводу?
3. Як встановити тип успадкування ознаки?
4. Які типи успадкування ознак у людини вам відомі?
5. Які особливості передачі ознаки при типі А-Д?
6. Які особливості передачі ознаки при типі А-Р?
7. Які особливості передачі ознаки при типі Х-Д?
8. Які особливості передачі ознаки при типі Х-Р?
9. Які особливості передачі ознаки при голандричному типі успадкування.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.**

### **МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ**

#### **Методика розв'язання задач з молекулярної біології**

Задачі з молекулярної біології можна поділити на два типи: перший тип потребує використання знань будови нуклеїнових кислот та їх функцій, другий – пов'язаний з біосинтезом білка і потребує знань механізму транскрипції, елонгації, трансляції. При цьому треба використовувати правила Е. Чаргаффа :

$$1. A+G = T+C$$

$$2. A = T; G = C$$

$$3. A+C = G+T$$

$$4. A+T / G+C \text{ (коефіцієнт специфічності, який є варіабельною одиницею)}$$

При виконанні розрахунків треба пам'ятати такі кількісні дані, які використовуються при розв'язанні задач:

$M_r$  (середня) нуклеотиду = 300 або 345 (за різними даними),

$M_r$  (середня) амінокислоти = 100

$\Delta L$  між двома сусідніми нуклеотидами = 0,34 нм

1 нанометр =  $10^{-9}$  м,  $\Delta R$  між АК = 0,35 нм (АК – амінокислоти).

$L$  гена =  $\Delta L_{\text{нукл.}} \cdot (N_{\text{нукл.}} - 1)$ , де  $N$  – загальна кількість нуклеотидів

Час однієї операції трансляції = 1/5 або 1/6 сек

Швидкість елонгації (ріст ланцюгу і-РНК) 50 нуклеотидів за секунду.

Довжина ДНК однієї клітини майже 1м.

**При розв'язанні задач першого типу треба пам'ятати властивості генетичного кода:**

1. Універсальність.

2. Триплетність (одну амінокислоту кодує три певних нуклеотиди).

3. Виродженість (одну амінокислоту можуть кодувати декілька триплетів).

4. Колінеарність (один генетичний кодон може шифрувати тільки одну амінокислоту).

5. Перекривання кода – нуклеотид одного триплету не може входити до складу сусіднього триплету.

6. Термінальні кодони не шифрують ніяку амінокислоту, їх функція – регулююча.

**При розв'язанні задач другого типу треба пам'ятати, що:**

1. Екзони – активні ділянки гена, інтрони – пасивні ділянки.

2. Транскрипція (переписування інформації з гена на і-РНК) завжди йде тільки на одному (матричному) ланцюзі ДНК в напрямку від 5' до 3' через пентози розміщених нуклеотидів.

3. Редуплікація (або реплікація) ДНК завжди йде в напрямку від 3' до 5' положення цукру в дезоксірибозі.

***Методика розв'язання задач з популяційної генетики***

При розв'язуванні задач даного типу необхідно визначити частоти гомозиготних ( $AA$ ,  $aa$ ) або гетерозиготних ( $Aa$ ) генотипів у першому поколінні, або, навпаки, за ймовірністю (або абсолютною кількістю) особин з даними генотипами (або генотипом) визначити у долях одиниці (або у відсотках) їхні частоти після встановлення рівноваги у популяції.

При рішенні задач цього типу використовують два рівняння:

$$1) p^2 AA + 2pq + q^2 aa = 1 \qquad 2) pA + qa = 1$$

Знаючи  $p^2 AA$  (або  $q^2 aa$ ) можливо визначити  $pA$ , а потім  $qa$

$$3) pA = \sqrt{p^2 AA} \qquad 4) qa = 1 - pA$$

Звідси частота гетерозигот у даній популяції буде визначатися таким чином:

$$5) 2pqAa$$

## Лабораторна робота 9

### ***Генетика популяцій. Вирішення задач на генетику популяцій***

Мета заняття: вивчити генетичні процеси, які проходять в популяціях; ознайомитися з структурою популяцій та методами встановлення частот генів, генотипів, фенотипів на основі закону Харді-Вайнберга; навчитися розв'язувати генетичні задачі.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу, таблиці, схеми прикладів задач.

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Дайте визначення популяції.
2. Що таке менделівська популяція?
3. Що таке генофонд популяції?
4. Дайте визначення поліморфності та гетерозиготності популяції.
5. Сформулюйте закон Харді-Вайнберга.
6. За яких умов виконується закон Харді-Вайнберга?
7. Що таке генетична рівновага?
8. Як математично записується закон Харді-Вайнберга для трьох алелів?
9. Розповсюдження генів в популяціях: універсальні і локальні гени.
10. Популяційна структура людства: ізоляти, деми.
11. Ідеальна популяція, її характеристика.

#### I) Теоретичне обґрунтування

Популяційна генетика (синтетична теорія еволюції) вивчає генетичні закономірності в популяціях. У популяціях, які вільно схрещуються, встановлюється рівновага генних часток, яка відображається законом Харді-Вайнберга (1908):



**Закон Харді-Вайнберга** (закон рівноваги генних концентрацій в панміктичній популяції): в присутності альтернативних алелів і при однаковій життєздатності різних генотипів вихідне співвідношення алелів (незалежно від їх абсолютної частоти) зберігається в усіх наступних поколіннях (тобто зберігається популяційна рівновага).

При частоті алеля  $A$ , яка дорівнює  $p$ , частота  $q$  алеля дорівнює  $1-p$ . При вільному схрещуванні частота генотипів від рівномірного сполучення різних типів гамет, що несуть ці алелі, дорівнюватиме:

$$(pA+qa)^2 = p^2AA + 2pqAa + q^2aa$$

яйцеклітини	спермії	
	$pA$	$qa$
$pA$	$p^2AA$	$pqAa$
$qa$	$pqAa$	$q^2aa$

Цей закон справедливий лише для ідеальної популяції.

Виражає ймовірні розподілення генотипів у популяції, яка вільно схрещується, у відповідності з коефіцієнтом розкладу бінома Ньютона  $(p+q)^2$ .

Сума частот генів однієї алельної пари в даній популяції є величиною постійною:

$$pA + qa = 1$$

Частоти генів можуть бути виражені у долях одиниці або у відсотках, тоді:

$$pA + qa = 100\%$$

Цей закон виконується для так званих «менделівських» популяцій, які відповідають таким умовам: вільна панміксія (схрещування), відсутність притоку генів за рахунок міграцій і мутацій, відсутність відтоку генів за рахунок добору, однакова плодючість гомозигот і гетерозигот, повна ізоляція даної популяції, велика чисельність популяції.

Таким чином, знайдена ймовірність є модельним дослідом.

Але, з умовними поправками, закон Харді-Вайнберга використовується для математичних прогнозів кількісних співвідношень особин з різними генотипами за одним алелем, або для визначення зустрічальності цього гену серед даної популяції. Такі прогнози знаходять практичне застосування в

екології, соціології (наука про охорону природи), сільськогосподарській практиці та селекції, в медичній практиці тощо.

### Приклади розв'язування задач:

#### Задача 1.

Розрахувати частоту ( $p$ ) алеля  $A$  і частоту ( $q$ ) алеля  $a$  у даній популяції:

$$AA = 36\%, \quad Aa = 48\%, \quad aa = 16\%$$

Дано:	Розв'язання
$p^2 AA = 36\%$	1) Визначаємо частоту ( $p$ ) алелю $A$ :
$2pqAa = 48\%$	$pA = \sqrt{p^2 AA}$
$q^2 aa = 16\%$	$pA = \sqrt{36/100} = 0,6 (60\%)$
<hr/>	
$pA - ?$	2) Визначаємо частоту ( $q$ ) алелю $a$ :
$qa - ?$	$qa = 1 - 0,6 = 0,4 (40\%)$

Відповідь:  $pA = 0,6$ ,  $qa = 0,4$ .

**Задача 2.** Альбінізм у кукурудзи успадковується, як аутосомна рецесивна ознака. У деяких сортів кукурудзи рослини-альбіноси зустрічаються з частотою  $25/10000$ . Визначте частоту гена альбінізму у цих сортів, а також частоту генотипів ( $RR$  і  $Rr$ ) з нормальним забарвленням.

Дано:	Розв'язання
$R$ – ген нормального забарвлення кукурудзи	1) Визначаємо частоту ( $q$ ) алеля $r$ :
$r$ – альбінізму кукурудзи	$qr = \sqrt{q^2 rr}$
$q^2 rr = 25/10000$	$qr = \sqrt{25/10000} = 5/100$
<hr/>	
$qr - ?$	2) Визначаємо частоту ( $p$ ) алелю $R$ :
$p^2 RR - ?$	$pR = 1 - qr$
$2pqRr - ?$	$pR = 1 - 0,05 = 0,95$
	3) Визначаємо частоту генотипів з нормальним забарвленням
	$p^2 RR = 0,95^2 = 0,9025 (90,25\%)$
	$2pqRr = 2 \times 0,95 \times 0,05 = 0,095 (9,5\%)$

*Відповідь: частота гену альбінізму 5%, частота гомозигот за домінантною ознакою (RR) 90,25% і гетерозигот 9,5%.*

**Задача 3.** Як зміниться кожний розподіл генотипів у популяції  $(p^2AA=0,49)+2pqAa=0,42)+(q^2aa=0,9)$  при встановленні нової концентрації алелів:  $pA=0,6$ ,  $qa=0,4$ .

Дано:

Початкове співвідношення частот генотипів:

$$0,49AA + 0,42Aa + 0,09aa = 1$$

Остаточна концентрація алелів:

$$pA = 0,6$$

$$qa = 0,4$$

Остаточне співвідношення частот

генотипів – ?

Розв'язання

1) Визначаємо частоту генотипу AA:

$$p^2AA = (pA)^2$$

$$p^2AA = 0,6^2 = 0,36$$

2) Визначаємо частоту генотипу aa:

$$q^2aa = (qa)^2$$

$$q^2aa = 0,4^2 = 0,16$$

3) Визначаємо частоту генотипу Aa:

$$2pqAa = 2 \times 0,6 \times 0,4 = 0,48$$

4) Визначаю остаточне співвідношення частот генотипів:

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1$$

$$0,36AA + 0,48Aa + 0,16aa = 1$$

*Відповідь: остаточне співвідношення частот генотипів виражається рівнянням:  $0,36AA + 0,48Aa + 0,16aa = 1$ . Звідси бачимо, що частота гомозиготних рецесивів збільшилася, а гомозиготних домінант зменшилася в порівнянні з вихідними даними.*

## II) Практична частина

**Завдання №1.** Дайте визначення термінам

**Завдання № 2** Повторити та запам'ятати формулу закону Харді-Вайнберга і дописати формули щодо визначення частоти домінантного алеля, домінантного гомозиготного генотипу, гетерозиготного генотипу

**Завдання № 3.** Записати такі визначення

**Завдання № 4.** Поясніть ефект “ пляшкової шийки ”, який представлений на наступній схемі

**Завдання № 5.** Самостійна робота. Вирішення задач. Тести

**Контрольні питання:**

1. Як звучить закон ХардіВайнберга?
2. Які умови потрібні для дотримання закону Харді-Вайнберга?
3. Напишіть та поясніть формулу закону Харді-Вайнберга.
4. Від чого залежить різноманіття генофонда популяції?
5. Дайте визначення популяції, виду.
6. При яких умовах діє закон Харді-Вайнберга для популяцій?
7. Фактори, що викликають зміну генетичної структури популяції.
8. Суть генетико-автоматичних процесів в популяціях.
9. Що таке гомеостаз популяцій?
10. Роботи вчених-генетиків, які досліджували генетичні процеси в популяціях.
11. Яке значення наступних явищ – фіксації аллеля, популяційної хвилі, ефекту “пляшкової шийки”?
12. Яким чином міграції впливають на популяцію?
13. Що таке адаптивна цінність?
14. В чому суть генетичної структури популяцій?
15. Що собою являє генетичний вантаж і якою величиною він позначається?
16. Дайте визначення динаміки популяцій, мутаційному тиску.

## Лабораторна робота 10

### ***Мінливість. Мутаційна та модифікаційна мінливість. Множинний алелізм. Хромосомні перебудови***

Мета заняття: знати класифікацію мінливості, хромосомних перебудов; знати сутність множинного алелізму та його критерії. навчитися розв'язувати генетичні задачі.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу, таблиці, схеми прикладів задач.

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Типи мінливості.
2. Класифікація мутацій.
3. Генні мутації.
4. Хромосомні аберації.
5. Анеуплоїдії та поліплоїдії.
6. Молекулярні механізми виникнення мутацій.
7. Модифікаційна мінливість. Норма реакції.

#### 1) Теоретичне обґрунтування

Розрізняють мінливість неспадкову, пов'язану із зміною фенотипу і спадкову, пов'язану із зміною генотипу.

**Фенотипова (модифікаційна) мінливість** *зміни фенотипу, які виникають під впливом навколишнього середовища.*

Розмах модифікаційної мінливості обмежений нормою реакції, але така мінливість доцільна в зв'язку з умовами перебування, носить пристосувальний характер і не змінює генотипу. Модифікаціям, як правило, піддаються ріст, маса тіла, колір тощо. Особлива група – це тривалі модифікації. Вони

виникають і можуть утримуватися в декількох поколіннях, після чого зникають. Припускають, що тривалі модифікації спричиняються цитоплазматичної спадковістю. Цитоплазма змінюється під дією зовнішнього чинника, а подальшому ауторепродукується.

### **Генотипова або спадкова мінливість**

Розрізняють мутаційну і комбінативну мінливість.

#### ***Комбінативна мінливість***

Комбінативна мінливість пов'язана з появою нових сполучень ознак в генотипі, що причинене дією трьох процесів:

- незалежного розходження хромосом в мейозі;
- випадкового сполучання хромосом при заплідненні;
- кросинговеру.

*В таких процесах гени не змінюються, а відбувається поява нових генотипів і фенотипів.* Комбінативна мінливість широко розповсюджена в природі, їй належить дуже важлива роль в еволюції, може бути чинником в процесах утворення видів. Відомі види квіткових рослин та риб, що проявляють ознаки двох існуючих видів. Однак, виникнення видів тільки як результату гібридизації є дуже рідким явищем.

#### ***Мутаційна мінливість***

*Мутацією називають зміни генетичного апарату, що приводять до реорганізації відтворюючих структур.*

Мутації виникають раптово, стрибкоподібно, що викликає різкі відмінності одного організму від іншого. Відомі мутації усіх типів організмів. За характером зміни генетичного апарату розрізняють мутації, які обумовлені:

- *геномні*, викликані зміною числа хромосом;
- *хромосомні аберації*, викликані зміною структури хромосом;
- *генні або точкові мутації*, викликані зміною молекулярної структури генів.

#### ***Хромосомні аберації***

Хромосомні мутації (аберації) спричинені зміною структури хромосом і

можуть бути внутріхромосомними (делеції, дуплікації, інверсії) або міжхромосомними (транслокації, транспозиції).

Хромосомні аберації виникають в результаті перебудови хромосом і є наслідком розриву хромосоми на фрагменти, які з'єднуються повторно, але нормальна будова хромосоми при цьому не відновлюється. Розрізняють чотири основних типи хромосомних аберацій:

- випадання;
- подвоєння;
- інверсія;
- транслокація.

*Випадання* (делеція) – це втрата хромосомою певної ділянки молекули ДНК. Якщо випадає середня частина, то це призводить до загибелі організму, при втраті невеликих ділянок відбувається зміна спадкової властивості, наприклад, не синтезується хлорофіл.

*Подвоєння* пов'язане з включенням зайвої ділянки, яка дублює аналогічну ділянку в структурі хромосоми.

*Інверсії* – після розриву хромосоми, ділянка обертається на  $180^{\circ}$  після, чого знову вбудовується в хромосому.

*Транслокації* відбуваються коли ділянка з одної пари хромосом приєднується до негомологічної хромосоми з іншої пари, що призводить до тяжких аномалій в розвитку організму.

Усі зазначені зміни геному або структури хромосом несумісні з життям і загибель організмів часто настає вже на зародкових стадіях розвитку.

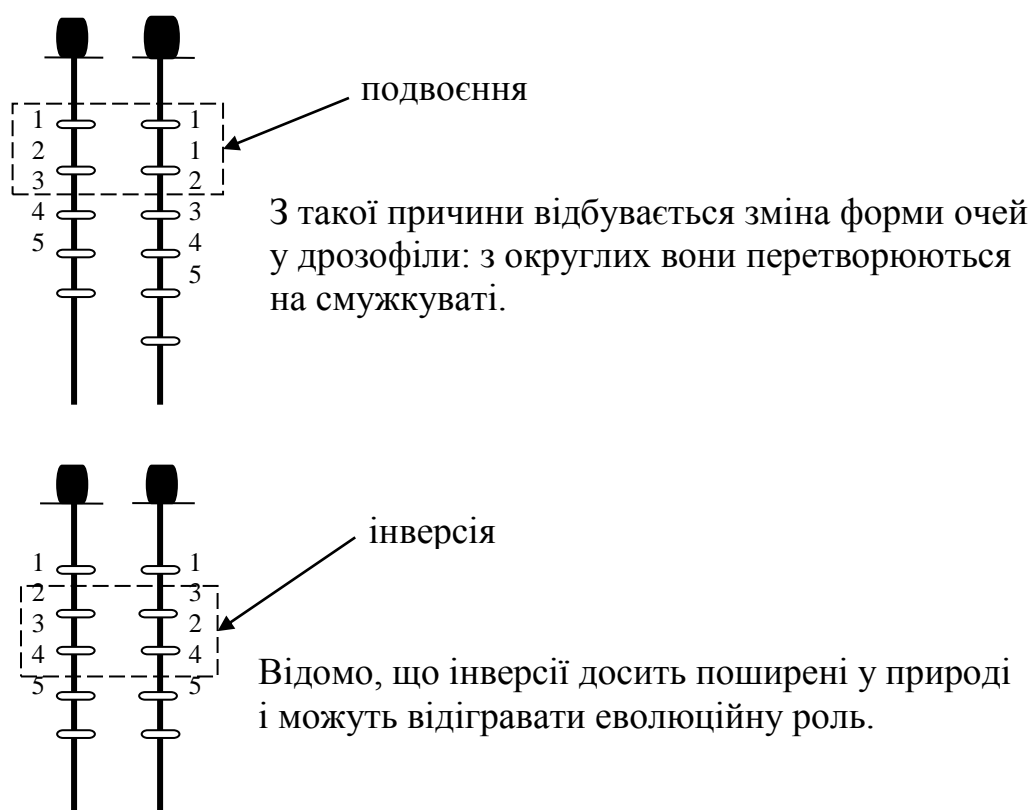
### ***Генні мутації***

*Генні мутації* або *трансгенації* зачіпають структуру гена і можуть змінювати будову різних за розміром ділянок ДНК. Найменша ділянка ДНК, зміни якої приводять до появи мутації, наз. *мутоном*. В такому випадку відбувається зміна послідовності триплетів, що викликає зміну програми синтезу поліпептидної молекули білка, за умови, що виключається можливість

репарації ДНК. Більшість мутацій в органічному світі саме трансгенації, з якими пов'язана еволюція і робота з селекції. Наприклад, явище альбінізму, відмінний колір очей у дрозофіл – це результат генних мутацій.

Для кожного локуса мутація явище відносно рідке, різні алелі мають різну частоту мутацій. Всередині ж певного алеля швидкість мутацій відносно стала:

$10^{-5} \div 10^{-7}$ . Однак число генів дуже велике, тому у кожного організму мутації зустрічаються доволі часто. Так у вищих рослин і тварин до 10% гамет мають нові спонтанні зміни різних ознак з причини мутацій, що відбулися.



Схеми хромосомних аберацій

### Приклади розв'язування задач:

**ЗАДАЧА 1.** Яка заміна фрагмента кодуючого ланцюга ДНК:

АГГ – ТГА – ЦТЦ – АЦГ - АТТ

у більшій мірі вплине на первинну структуру білка: випадіння одного першого нуклеотиду з другого триплету або випадіння усього другого триплету? Запишіть відповідні ділянки білкових молекул у нормі та після



мутаційних змін у гені.

*Розв'язання*

АГГ – **ТГА** – ЦТЦ – АЦГ – АТТ

АГГ – **-ГА** – ЦТЦ – АЦГ – АТТ

Випадіння 1-го нуклеотиду з другого триплету

АГГ – **ТГА** – ЦТЦ – АЦГ – АТТ

АГГ – **-** – ЦТЦ – АЦГ – АТТ

Випадіння усього другого триплету

*Відповідь: випадіння усього другого триплету*

**ЗАДАЧА 2.** В алелі дикого гена типу (вихідний ген) відбулася така мутація:

Алель дикого типу

ЦЦЦ – ГГТ – АЦЦ - ЦЦЦ

ГГГ ЦЦЦ ТГГ ГГГ

мутантна алель

ЦЦЦ – ЦЦА – ТГГ - ЦЦЦ

ГГГ ГГТ АЦЦ ГГГ

визначте тип мутації. Порівняйте фрагменти поліпептидів, що кодуються нормальними і мутантними генами. Позначте цифрами порядок розміщення амінокислот. Які фенотипові зміни можуть спричинитися такою мутацією?

*Розв'язання*

Алель дикого типу

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

ЦЦЦ – ГГТ – АЦЦ - ЦЦЦ

ГГГ ЦЦЦ ТГГ ГГГ

Мутантна алель

1 2 3 8 9 7 6 5 4 10 11 12

ЦЦЦ – ЦЦА – ТГГ - ЦЦЦ

ГГГ ГГТ АЦЦ ГГГ

*Відповідь: тип мутації: інверсія, може порушуватися обмін речовин*

(зміни білка).

## II) Практична частина

**Завдання №1.** Дайте визначення термінам

**Завдання № 2.** Запропонуйте і накресліть схему класифікації мінливості та поясніть її

**Завдання № 3.** Сформулюйте основні положення мутаційної теорії Г. де Фріза

**Завдання № 4.** Наведіть класифікацію мутацій:

**Завдання 5.** Складіть таблиці: 1. Мінливість. Форми мінливості організмів та їх прояв на рівні організму. 2. Фенотипова та генотипова мінливість. 3. Спадковість

**Завдання № 6.** Заповніть таблицю зміни кількості хромосом в результаті мутаційної мінливості у таких організмів

**Завдання № 7.** Які види хромосомних перебудов позначені на малюнку

**Завдання № 8.** Закінчити текст, заповнивши пропуски у реченнях

**Завдання № 9.** Самостійна робота. Вирішення задач. Тести

### **Контрольні питання:**

1. Що таке «норма реакції» генотипу на умови зовнішнього середовища?
2. Поняття про широку і вузьку норму реакції генотипу на умови зовнішнього середовища.
3. Які причини хромосомних хвороб? Наведіть приклади хромосомних хвороб у людини.
4. Які причини геномних мутацій? Які геномні мутації рослин, тварин і людини Ви знаєте?
5. Назвіть приклади використання не спадкової (модифікаційної) мінливості в с/г виробництві.
6. У чому сутність статистичного методу модифікаційної мінливості?
7. Що таке пряма мутація та соматична мутація?
8. Які є типи хромосомних мутацій?

9. Що таке Робертсонівська транслокація?
10. Як називається зміна кількості хромосом, кратна гаплоїдному набору?
11. Як називається організм з набором хромосом  $2n+1$ ?
12. Як називається мутація, що змінює значущий кодон в стоп-кодон?
13. Що таке таутомеризація азотистих основ?
14. Чим обумовлені межі модифікаційної мінливості?
15. Як називається багаторазовий повтор декількох нуклеотидів в ДНК?

## Лабораторна робота 11

### ***Молекулярні механізми спадковості. Транскрипція і трансляція генетичної інформації. Розв'язання генетичних задач.***

Мета заняття: ознайомитися з будовою нуклеїнових кислот і біологічною сутністю процесів, які лежать в основі молекулярно-генетичних процесів транскрипції, трансляції, синтезу білка; навчитися розв'язувати задачі з молекулярної генетики; ознайомитися з прикладними аспектами молекулярно-генетичних досліджень.

Матеріал і обладнання: таблиці, моделі ДНК, РНК, реплікації, синтеза білка

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Основні етапи процесу трансляції
2. Інтрони та екзони
3. Регуляція синтезу білка за Жакобо і Моно
4. Генетичний код, його основні властивості
5. Типи РНК

#### 1) Теоретичне обґрунтування

Молекулярна біологія – це розділ науки, який вивчає функціонування живих організмів скрізь призму хімічної структури їх молекул. Цей термін вперше застосував у 1938 році амер. вчений Уоррен Уівер для визначення нового розділу біології, що межує з хімією та фізикою.

В основі більшості сучасних молекулярно-біологічних досліджень знаходиться відкриття дволанцюгової моделі ДНК у 1953 році Ф.Криком та Д.Уотсоном – нім.фізиком та амер.біохіміком. Вперше цю особливість будови ДНК теоретично обґрунтував вітчизняний біолог М.К.Кольцов у 1927 році. Центральним завданням молекулярної біології є вивчення трьохмірних

структур ДНК, РНК, а також їх генезис і функції. Молекулярна біологія тісно пов'язана з клітинною біологією. Наприклад, будь-яке обговорення ролі ядра в збереженні, реплікації та експресії генетичного матеріалу зводиться до розглядання структури і властивостей ДНК, РНК та специфічних білків. Центральним поняттям молекулярної біології є уявлення про ген.

Ділянка молекули ДНК або РНК, яка містить в собі інформацію про первинну структуру білка, входить у клітинах до складу більш крупних структурних одиниць – хромосом. При поділі клітин хромосоми самокопіюються і нові клітини одержують точну копію набору батьківських генів. В основі цього процесу знаходиться здатність нуклеїнових кислот (ДНК, РНК) до редуплікації, тобто самоподвоєння. Ця властивість здійснюється за принципом комплементарності, коли кількість нуклеотидів одного виду дорівнює кількості нуклеотидів другого:  $A=T$ ,  $G=C$ , що пояснюється просторовим співвідношенням певних азотистих основ даних нуклеотидів. Сучасна молекулярна біологія лежить в основі генноінженерних досліджень, що мають велике прикладне значення у медицині, селекції, ґрунтознавстві та інших галузях науки та народного господарства.

**Правило Чаргаффа** – фундаментальне положення молекулярної генетики, за яким в будь-яких молекулах ДНК сума пуринових основ дорівнює сумі піримідинових основ:

$$\frac{A+G}{T+C} = 1$$

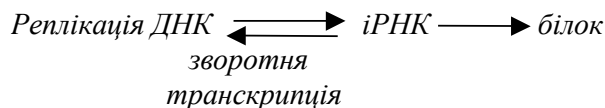
Дійсно, внаслідок комплементарності азотистих основ в молекулі ДНК молярна кількість аденіна дорівнює молярній кількості тиміна:  $A=T$  або  $A/T=1$

Так само  $C=G$ , або  $C/G=1$ . Отже,

$$\frac{A+G}{T+C} = 1$$

Наслідком цього закону є постулат, згідно з яким нуклеотидний склад ДНК різних видів може варіювати тільки по відношенню сум комплементарних основ,  $A+T = G+C$ .

**Центральна догма молекулярної біології** – встановлене в результаті фундаментальних досліджень основне положення теорії спадковості; згідно з яким потік генетичної інформації (з урахуванням зворотної транскрипції) відбувається в напрямку:



Отже, генетична інформація передається від нуклеїнових кислот до білка і ніколи не передається від білка до нуклеїнових кислот.

### Приклади розв'язування задач:

**Задача 1.** У молекулі ДНК з відносною молекулярною масою 69000 на аденілові нуклеотиди припадає 8625 а.о.м. (відносна молекулярна маса одного нуклеотида становить у середньому 345). Скільки міститься у складі цієї ДНК нуклеотидів аденілових, гуанілових, цитидилових, тимідилових кожного окремо? Яка довжина цієї ДНК?

<b>Дано:</b>	<b>Розв'язання:</b>
$M_r$ (ДНК) = 69000	1) Визначаємо загальну кількість нуклеотидів у складі ДНК: $N_{\text{загальна (нукл.)}} = M_r (\text{ДНК}) : M_r (\text{нукл.}) = 69000 : 345 = 200$
$M_r$ (А) = 8625	2) Визначаємо кількість аденілових нуклеотидів:
$M_r$ (нукл.) = 345	$n(\text{А}) = 8625 : 345 = 25$ (нукл.)
$L$ (ДНК) - ?	За правилом Чаргаффа, кількість тимідилових нуклеотидів буде такою ж: $n(\text{Т}) = n(\text{А}) = 25$ .
$n$ (нукл.) - ?	$n(\text{А}) + n(\text{Т}) = 25 + 25 = 50$ .
$n$ (А) - ?	Тоді $n(\text{Г}) + n(\text{Ц}) = 200 - 50 = 150$ ;
$n$ (Т) - ?	$n(\text{Ц}) = n(\text{Г}) = 150 : 2 = 75$ .
$n$ (Г) - ?	3) Визначаємо довжину ДНК:
$n$ (Ц) - ?	$L (\text{ДНК}) = N_{\text{заг(нукл.)}} : 2 \times 0,34 \text{ нм} = 200 : 2 \times 0,34 \text{ нм} = 34 \text{ нм}$

**Відповідь:** довжина ДНК дорівнює 34 нм,  $n(\text{Т}) = n(\text{А}) = 25$  нуклеотидів,  $n(\text{Г}) = n(\text{Ц}) = 75$  нуклеотидів.

**Задача 2.** Фрагмент молекули ДНК містить 440 гуанілових нуклеотидів, що становить 22% їх загальної кількості. Визначити масу цього фрагмента ДНК, якщо молекулярна маса одного нуклеотиду становить 345 . Визначити довжину та молекулярну масу і-РНК, яка є транскрипційною копією цього фрагмента.

<b>Дано:</b>	<b>Розв'язання:</b> 1) Визначаємо загальну кількість нуклеотидів у ДНК:
$n(\Gamma) = 440 - 22\%$	$X - 100\%$
$440 = 22\% X$	$X = 44000 : 22 = 2000$ ;
$M_r(\text{нукл.}) = 345$	Отже, загальна кількість усіх нуклеотидів молекули ДНК складає 2000.
$M_r(\text{ДНК}) - ?$	3) Визначаємо молекулярну масу ДНК: $M_r(\text{ДНК}) = 2000 \times 345 = 690000$ .
$L(\text{і-РНК}) - ?$	4) Визначаємо молекулярну масу і-РНК: $M_r(\text{і-РНК}) = 690000 : 2 = 345000$
$M_r(\text{і-РНК}) - ?$	5) Визначаємо довжину і-РНК: $L(\text{і-РНК}) = 0,34 \text{ нм} \times 1000 = 340 \text{ нм}$

**Відповідь:**  $M_r(\text{ДНК}) = 690000$ ;  $L(\text{і-РНК}) = 340 \text{ нм}$ ;  $M_r(\text{і-РНК}) = 345000$

**Задача 3.** Молекула ДНК в одному ланцюзі містить 125 аденілових і 310 гуанілових нуклеотидів, в іншому – 278 аденілових і 115 гуанілових нуклеотидів. Визначте довжину ДНК.

<b>Дано:</b>	<b>Розв'язання:</b>
1 <sup>й</sup> ланцюг ДНК:	1) Визначаємо за принципом комплементарності кількість нуклеотидів в обох ланцюгах ДНК: Перший ланцюг ДНК:
$n(A) = 125$	$n(A) = 125$ $n(\Gamma) = 310$ $n(T) = 278$ $n(C) = 115$
$n(\Gamma) = 310$	Другий ланцюг ДНК:
2 <sup>й</sup> ланцюг ДНК:	$n(T) = 125$ $n(C) = 310$ $n(A) = 278$
$n(A) = 278$	$n(\Gamma) = 115$
$n(\Gamma) = 115$	2) Довжина ДНК дорівнює добутку довжини одного її ланцюгу на відстань між двома нуклеотидами.
$L(\text{ДНК}) - ?$	
$l(\text{нукл.}) = 0,34 \text{ нм}$	

Оскільки кількість нуклеотидів в обох ланцюгах є однаковою, то  $L(\text{ДНК}) = l(\text{нм}) \times \text{нукл.} = 0,34 \text{ нм} \times (125 + 278 + 310 + 115) = 0,34 \text{ нм} \times 827 = 281,18 \text{ нм}$

**Відповідь:** довжина молекули ДНК становить 281,18 нм.

## II) Практична частина

**Завдання №1.** Дайте визначення термінам

**Завдання № 2.** 1.Вивчіть будову ядра і його функції. 2.Зробіть підписи до малюнка ядра

**Завдання № 3.** Розгляньте схеми упаковки ядерної ДНК, зробіть позначення до малюнку та висновки

**Завдання № 4.** У схемах будови ДНК та РНК позначте перші букви назв хімічних компонентів нуклеотидів

**Завдання № 5.** Надати в таблиці порівняльну характеристику нуклеїновим кислотам

**Завдання №6.** Заповніть колонку «Функція» у наступній таблиці

**Завдання №7.** Позначте компоненти, що беруть участь у процесі реплікації ДНК

**Завдання № 8.** Закінчіть текст, заповнивши пропуски у реченнях

**Завдання № 9.** Розв'яжіть задачі та поясніть їх.Тести

### **Контрольні питання:**

1. Ким і якими дослідниками було доказано, що ДНК (а не білок) є носієм генетичної інформації?
2. Яку будову має молекула ДНК?
3. Що таке реплікація ДНК? За яким типом реплікується ДНК в клітинах еукаріот?
4. Які основні етапи процесу трансляції?
5. Які типи РНК Ви знаєте? Які їх функції?
6. Що таке інтрони та екзони?
7. Регуляція синтезу білка за Жакобо і Моно.
8. Що таке генетичний код, його основні властивості, історія вивчення та розшифрування.





## Лабораторна робота 12

### ***Цитологічний аналіз спадковості. Каріотипи. Мітоз. Мейоз.***

#### ***Розв'язування генетичних задач.***

Мета заняття: ознайомлення з особливостями будови хромосом еукаріотичних організмів та методами їх дослідження; розглянути шляхи передачі спадкової інформації під час ділення клітин.

Матеріал і обладнання: таблиці, мікроскопи, мікропрепарати, мікрофотографії

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Що таке каріотип?
2. Як називаються дві половинки хромосоми після редуплікації, з'єднані центромерою?
3. В чому полягає різниця між хромосомами прокариотів і еукаріотів?
4. На якій стадії мітозу зручно вивчати форму і розмір хромосом?
5. На якій стадії мітозу добре видно веретено поділу?
6. Які дві стадії мітозу взаємно протилежні одна одній за процесами, які в них проходять?
7. В чому полягає генетичне значення мітозу?
8. Яке біологічне значення мають процеси ендомітозу та амітозу?

#### І) Теоретичне обґрунтування

*Мітоз* – це такий спосіб клітинного поділу, в результаті якого з однієї материнської клітини з диплоїдним набором хромосом утворюються дві дочірні клітини з таким же диплоїдним набором хромосом. Він відбувається як при поділі соматичних клітин, так і при поділі зачаткових статевих клітин.

Стадії процесу мітозу: профаза, метафаза, анафаза, телофаза.

Гаплоїдний набір хромосом позначається  $n$ , а диплоїдний –  $2n$ .

Соматичні клітини мають диплоїдний набір хромосом, а статеві (генеративні) – гаплоїдний.

*Гомологічними* називаються такі хромосоми, які мають однакову форму, розміри, зміст генів, але різні за походженням: одну організм дістає від матері, а другу – від батька.

Диплоїдний набір хромосом каріотипу людини становить 46, відповідно гаплоїдний – 23 хромосоми.

*Каріотипом* називається набір хромосом соматичних клітин, типовий для даної систематичної групи тварин чи рослин.

В основі нестатевого і вегетативного розмноження організмів лежить поділ клітини. Найбільш універсальним способом поділу клітини є митоз, який складається з поділу ядра – каріокінезу і поділу цитоплазми – цитокінезу. В період між поділами клітина знаходиться в стадії інтерфази. Інтерфаза і митоз складають клітинний цикл. В ході митозу клітини проходять ряд змін, які поділяються на декілька фаз: профазу, метафазу, анафазу і телофазу.

В інтерфазі, коли клітина не ділиться, відбуваються інтенсивні метаболітичні процеси. Інтерфазу поділяють на три періоди, або фази (рис. 1). Після поділу настає пресинтетична фаза  $G_1$  (джи-один); назва походить від англ. слова “*gap*” – інтервал. В цей час в клітині відбувається інтенсивне накопичення нуклеотидів, амінокислот, ферментів – джерел енергії. Ця фаза найтриваліша. Потім настає фаза синтезу ДНК – ( $S$ ), в результаті кількість ДНК в клітині подвоюється. В цей час синтезується також інші речовини – РНК і білки.

Потім настає фаза  $G_2$  – постсинтетична, яка характеризується продовженням синтезу РНК та інших речовин, клітина накопичує енергію для подальшого митоза. В залежності від типу тканин та їх функціонального стану розрізняють наступні типи митозів:

- 1) Симетричний – власно митоз.
- 2) Асиметричний, при якому сестринські клітини нерівноцінні за розміром та кількістю цитоплазми (так діляться клітини нейробласту коника,

яйцеклітини тварин при дозріванні).

3) Мітоз із затримкою цитокінезу, при якому ядро поділяється багаторазово, а потім йде поділ цитоплазми, в результаті чого утворюються багатоядерні клітини типу синтиція (так утворюються клітини ендосперму і спор).

4) Ендомітоз – подвоєння або умноження кількості хромосом без поділу ядра або клітини (цей тип мітозу спостерігається в диференційованих тканинах).

5) Політенія – багаторазове умноження кількості хромосом в межах однієї хромосоми. Так утворюється велетенська хромосома. За рахунок часткової деспіралізації хромосом довжина гігантської хромосоми збільшується в 100-200 разів в порівнянні з метафазною. Гігантські хромосоми містяться в слинних залозах, в клітинах кишечника, мальпігієвих судин у двокрилих комах (личинки мотиля родини *Chironomidae*, личинки дрозофіли родини *Drosophilidae*, у рослин (в антиподах), у деяких найпростіших.

Всі процеси, що відбуваються в клітині, знаходяться під генетичним контролем. Гени, що контролюють всі процеси клітинного циклу, називаються генами *cdc* (від англ. – *cell division cycle*). Мутації цих генів можуть зупинити клітинний цикл на різних етапах. Вивчення мутантів *cdc* дозволило виявити точку старта, яка співпадає зі стадією  $G_1$ . По досягненні цієї точки клітина може вступити в наступний цикл поділу, або перейти до диференцировки. Встановлено, що у гаплоїдних дріжджів після стадії  $G_1$  клітина в присутності партнера може вступити у парування, у диплоїдних дріжджів після стадії  $G_1$  перейти до мітозу. У багатоклітинних організмів перетворення клітини в ракову (малігнізація) також відбувається після точки старту.

Генетичне значення мітозу полягає :

- 1) в забезпеченні генетичної стабільності соматичних клітин;
- 2) в забезпеченні росту організму. В результаті мітозів кількість клітин організму збільшується – гіперплазія. Таким чином, мітоз – головний механізм росту;

3) за рахунок мітозів відбувається нестатеве розмноження, регенерація і заміщення клітин.

### **Приклади розв'язування задач:**

При розв'язанні задач з даної теми необхідно пам'ятати, що:

1) У більшості рослин і тварин у мейозі перший поділ (I) є редукційним (у результаті з однієї диплоїдної клітини ( $2n$ ) утворюються дві клітини з гаплоїдним набором хромосом – ( $n$ )), а другий поділ (II) – екваційним, який проходить за типом мітозу (в анафазі до полюсів клітини розходяться не хромосоми, а хроматиди, які виконують роль самостійних хромосом; у результаті кількість хромосом в клітинах, що утворилися, залишається гаплоїдною ( $n$ )). Таким чином, продуктом мейозу завжди є чотири статевих клітини (гамети) з гаплоїдним набором хромосом ( $n$ ).

2) У диплотені профазі редукційного поділу мейозу може відбуватися кросинговер – явище, в результаті якого після кон'югації несестринські хроматиди гомологічних хромосом обмінюються гомологічними (подібними) ділянками. Зовнішнім проявом кросинговеру є хіазми – фігури перехрещених хромосом, які нагадують грецьку літеру  $\chi$  ( $\chi$ ). Отже, після мейозу в гаметах містяться не лише ідентичні батьківським хромосоми, які не обмінялися ділянками, але й хромосоми з новою комбінацією генетичного матеріалу. Це явище разом із випадковим розподіленням материнських і батьківських хромосом в анафазі I мейозу по гаметах та їх випадковим сполученням у зиготі обумовлює комбінаційну спадкову різноманітність генотипів.

## II) Практична частина

**Завдання № 1.** Дайте визначення поняттям

**Завдання № 2.** Розгляньте на малюнку будову тваринної (A) і рослинної (B) клітин. Позначте всі структурні компоненти і порівняйте їх. Результати порівняння занесіть в таблицю.

**Завдання № 3.** Назвіть типи хромосом в залежності від розташування центромери

**Завдання № 4.** Ознайомитися із основами каріотипічного аналізу

**Завдання № 5.** 1. Позначте стадії клітинного циклу

**Завдання № 6.** Дайте визначення наступним термінам

**Завдання № 7.** 1. Вивчити та записати фази мейозу

**Завдання № 8.** Надайте порівняльну характеристику фаз мітозу та мейозу I.

Заповнити таблицю

**Завдання № 9.** Наведіть приклади каріотипів у найбільш поширених культурних рослин та запам'ятайте їх.

**Завдання № 10.** Розв'яжіть задачі та поясніть їх. Тести

### **Контрольні питання:**

1. Які періоди розрізняють в інтерфазі, яка їх сутність?
2. З яких періодів складається мітотичний цикл?
3. В який період мітотичного циклу відбувається реплікація ДНК?
4. Назвіть і охарактеризуйте фази мітозу.
5. Вкажіть особливості стану хромосоми у профазі? Скільки хроматид у хромосомі?
6. На якій фазі мітозу найкраще видно хромосоми у світловому мікроскопі і вони знаходяться в екваторіальній площині клітин?
7. Як розташовуються хромосоми в метафазі?
8. Поняття гетерохроматинової і еухроматинової зони хромосом.
9. Яку фазу мітозу використовують для вивчення каріотипу?
10. Коли і ким був відкритий мейоз?
11. Що таке кон'югація хромосом, на якій стадії мейозу вона починається?
12. Що лежить в основі класифікації хромосом?
13. Що таке пряме ділення клітин (амітоз)?
14. В яких тканинах рослин проходить мітоз, в яких амітоз?

15.Що таке каріотип?

### **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3.**

#### **ГЕНЕТИКА ЛЮДИНИ**

##### **Типи успадкування ознак у людини:**

**За аутосомно-домінантного успадкування:** 1) досліджувана ознака наявна в кожному поколінні, незалежно від статі; 2) прояв ознаки спостерігається також по горизонталі (у братів, сестер); 3) народження дітей може мати різну вірогідність залежно від зиготності батьків за алелями, які контролюють ознаку (100%, якщо хоча б один із батьків гомозиготний; 75%, якщо обоє батьків гетерозиготні; 50%, якщо один із батьків гетерозиготний, а інший – гомозиготний за рецесивними алелями).

**За аутосомно-рецесивного успадкування:** 1) досліджувана ознака наявна не в кожному поколінні; 2) дитина з ознакою може народитися у батьків, які позбавлені цієї ознаки (гетерозиготні батьки); 3) ознака зустрічається з однаковою частотою незалежно від статі; 4) ознака спостерігається по горизонталі (у братів та сестер); 5) вірогідність успадкування аутосомно-рецесивної ознаки залежно від зиготності батьків за алелями, які контролюють ознаку, може бути різною (25%, якщо обоє батьків гетерозиготні; 50%, якщо один із батьків гетерозиготний, а інший гомозиготний за цим рецесивним алелем; 100%, якщо обоє батьків гомозиготні за рецесивним алелем).

**При X-зчепленому домінантному успадкуванні:** 1) жінок з такою ознакою в два рази більше, ніж чоловіків; 2) ознака зустрічається в кожному поколінні; 3) батько-носій ознаки передає її всім своїм дочкам, а синам не передає; 4) мати-носій ознаки може передати її половині своїх дітей незалежно від статі; 5) у дітей ознака проявиться тоді, коли її нестиме хоча б один із батьків; 6) діти батьків, які позбавлені ознаки, теж не матимуть її.

**При X-зчепленому рецесивному успадкуванні:** 1) ознака наявна не в кожному поколінні; 2) дитина-носій ознаки може народитися у батьків, позбавлених цієї ознаки; 3) ознака проявляється переважно у чоловіків і, як правило, по горизонталі; 4) батько, позбавлений ознаки, не є носієм алеля цієї



ознаки і звичайно не передає її дочкам; 5) вірогідність успадкування Х-зчепленої рецесивної ознаки залежить від зиготності батьків за алелями ознаки (всі діти будуть без ознаки, якщо одружуються жінка, позбавлена ознаки, та чоловік з ознакою; у чоловіка без ознаки та жінки-носія алеля ознаки вірогідність народження хлопчика з ознакою складає 50% від усіх хлопців та 25% від усіх дітей; вірогідність народження дівчаток з ознакою дуже мала і можлива лише тоді, коли батько має ознаку, а мати гетерозиготний носій гена ознаки.

**За Y-зчепленого успадкування:** ознака наявна в усіх поколіннях і у всіх чоловіків.

**При мітохондріальному успадкуванні (виключно спадкові патології):**

1) патологія передається від хворої матері усім дітям незалежно від статі; 2) хворий батько нікому з дітей патологію не передає.

## Лабораторна робота 13

### *Домінантні та рецесивні гени у тварин та людини*

Мета заняття: навчитися визначати домінантні та рецесивні гени тварин, рослин та людини.

Матеріал і обладнання: навчальні таблиці, методичні матеріали

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Людина як об'єкт генетики.
2. Поняття про євгеніку. Геном людини.
3. Методи вивчення генетики людини
4. Типи успадкування ознак у людини

#### 1) Теоретичне обґрунтування

**Генетика людини (антропогенетика)** – вивчає явища спадковості й мінливості в популяціях людей, особливості успадкування нормальних і патологічних ознак, залежність захворювань від генетичної схильності й факторів середовища існування.

При вивченні спадкових ознак людина виступає як складний об'єкт генетичних досліджень.

Виникають певні труднощі в аналізі спадковості й мінливості, які зумовлені:

- неможливістю застосування направлених схрещувань (гібридологічного методу) для генетичного аналізу;
- неможливістю експериментального отримання мутацій;
- пізнє настання статевої зрілості;
- малою чисельністю нащадків;

- неможливістю забезпечення однакових контрольованих умов для розвитку нащадків від різних шлюбів;
- недостатньо точною реєстрацією спадкових ознак;
- великою кількістю груп зчеплення генів (у людини 24:22 автосомних та окремі групи зчеплення утворюють статеві хромосоми X і Y);
- порівняльно великим числом ( $2n = 46$ ) хромосом.

Для вивчення спадкових ознак у людини використовують різні біохімічні, морфологічні, імунологічні, електрофізіологічні методи. Лабораторно-генетичні методи діагностики завдяки прогресу генетичних технологій можуть бути виконані на малій кількості матеріалу, який можна пересилати по пошті (декілька крапель крові на фільтрувальному папері або навіть на одній клітині, взятій на ранній стадії розвитку).

## II) Практична частина

Завдання 1. Складіть таблиці домінантних та рецесивних генів у тварин та людини.

Завдання 2. Скласти схеми та надати характеристику типам успадкування ознак у людини:

**Автосомно-домінантний тип успадкування**

**Автосомно-рецесивний тип успадкування**

**X-зчеплений рецесивний тип успадкування**

**X-зчеплений домінантний тип успадкування**

**Y- зчеплений тип успадкування**

Завдання 3. Зробити таблицю та надати характеристику основним методам генетики людини.

### **Контрольні питання:**

1. Дайте визначення поняття генетична аномалія.
2. Як поділяються аномалії в залежності від причин їх виникнення?
3. Який основний метод застосовують для діагностики аномалій у тварин?

4. Як успадковуються генетичні аномалії у тварин і птиці?
5. Які існують методи профілактики поширення аномалії?
6. Наведіть приклади аномалій у тварин і птиці з аутосомно-домінантним типом успадкування.
7. Наведіть приклади аномалій у тварин і птиці з аутосомно-рецесивним типом успадкування.
8. Наведіть приклади аномалій у тварин і птиці, які успадковуються зчеплено зі статтю.
9. Чому при родинному спаровуванні у нащадків проявляється дія рецесивних генів?
10. Яка дія генів називається летальною?
11. Наведіть приклади летальних аномалій у тварин і птиці.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4.**

### **ОСНОВИ СЕЛЕКЦІЇ**

**Селекція** – наука, що досліджує виведення нових та вдосконалення існуючих сортів культурних рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів, що відповідають потребам людини і суспільства.

Сорт, порода, штам – це штучно створені людиною різновиди рослин, тварин та мікроорганізмів, які мають визначені спадкові особливості: комплекс морфологічних і фізіологічних ознак, продуктивність і норму реакції.

М. І. Вавилов зазначив, що для успішної роботи селекціонеру слід вивчати і враховувати:

1. вихідну сортову і видову різноманітність рослин і тварин;
2. спадкову мінливість (мутації);
3. роль середовища в розвитку і прояві досліджуваних ознак;
4. закономірності успадкування при гібридизації;
5. форми штучного добору, спрямовані на виділення й закріплення

бажаних ознак

#### **Основні методи селекції**



#### **Форми штучного добору**

<b>Масовий</b>	<b>Індивідуальний</b>
Виділення з вихідного матеріалу цілої групи особин, що мають бажані для селекціонера ознаки	Виділення окремих особин із цікавими для селекціонера ознаками й одержання від них нащадків

### Форми гібридизації

<b>Внутрішньовидова(у межах одного виду)</b>	
<i>Споріднене схрещування</i> (інбридинг)	<i>Неспоріднене схрещування</i> (аутбридинг)
Схрещування організмів, що мають безпосередніх спільних предків. Використовують для одержання чистих ліній. Підвищується гомозиготність	Гібридизація організмів, що не мають тісних родинних зв'язків. Часто спостерігається явище гетерозису – «гібридної сили». Підвищується гетерозиготність
<b>Міжвидова (між особинами різних видів)</b>	
Гібридизація особин, які належать до різних видів, родів, із метою поєднання в гібридів цінних спадкових ознак: Жито x пшениця = тритікале Кобила x осел = мул	

**Гетерозис.** Явище гетерозису полягає у вищій життєздатності та продуктивності гібридів першого покоління порівняно зі схрещуваними батьківськими формами. Саме відкриття гетерозису визначило нову категорію селекції – створені високопродуктивних тварин і рослин. Існують такі **гіпотези**, що пояснюють явище гетерозису:

- гіпотеза домінування припускає, що в першому поколінні число домінантних генів, отриманих від батьків, подвоюється, і це сприятливо діє на потомство;
- гіпотеза наддомінування визнає, що гетерозиготний стан (Aa) дає перевагу над гомозиготним (AA);
- гіпотеза компенсаційного комплексу генів припускає сприятливу дію мутацій у разі схрещування з нормальними гомозиготними рецесивними особинами.

**Етапи одержання гетерозисних гібридів** включають:

- багаторазове самозапилення рослин і отримання інбредних ліній, гомозиготних за переважною кількістю генів;

- оцінка отриманих видів за їхньою здатністю до гетерозису;
- отримання гібридів як основного результату і селекції на використання гетерозису.

Найчастіше міжвидові гібриди безплідні. Уперше методику подолання безплідності міжвидових гібридів у рослин розробив у 1924 р. російський учений Г. Д. Карпеченко. Схрещуючи редьку з капустою, він подвоїв число хромосом у гібрида. Ця рослина не була схожа ні на редьку, ні на капусту.

Віддалена гібридизація широко застосовується у плодівництві: І. В. Мічурін одержав у такий спосіб гібриди ожини і малини, сливи і терну та ін.

Гібриди рослин можна розмножувати вегетативно, чого не можна робити з тваринами.

Гетерозис кукурудзи за продуктивністю

а), в) – лінії батьків, б) – гібрид

Розмножують складні міжвидові гібриди і методами клітинної інженерії. Новий організм можна одержати з окремих гібридних соматичних клітин. Цей метод називається клонуванням.

### **Особливості рослин як об'єктів селекції**

1. Висока плідність (велике число нащадків)
2. Крім статевого розмноження, характерне також вегетативне
3. Притаманне явище поліплоїдії
4. Невимогливі до умов середовища
5. Не вимагають великих економічних витрат

### **Методи селекції рослин**

1. Висока плідність, численність потомства дозволяють використовувати метод масового добору

2. Наявність видів, що самозапилюються, дає можливість вивести чисту лінію шляхом застосування індивідуального добору

3. Завдяки вегетативному розмноженню можна тривалий час зберігати гетерозиготну комбінацію, соматичну мутацію

4. Впливаючи на проростання насіння хімічними речовинами, випромінюванням вдається одержувати матеріал для добору

**Поліплоїдія** – один зі шляхів поліпшення сортів культурних рослин

Значний внесок у розвиток селекції рослин зробили селекціонери-генетики: І. В. Мічурін, Г. Д. Карпеченко, М. В. Цицин, М. М. Лук'яненко, В. Н. Ремесло, В. С. Пустовойт. Вони вивели високоврожайні сорти цукрових буряків, гречки, бавовнику, високопродуктивні кубанські сорти пшениці, українські сорти Миронівська-808, Юбілейна-50, Харківська-63 та ін.

**Особливості тварин як об'єктів селекції**

1. Нечисленність потомства Значна тривалість життя Роздільностатеві (утруднює інбридинг) Тільки статеве розмноження

2. Необхідна гомозиготність чистих ліній досягається за рахунок близькородинного схрещування, що веде до інбредної депресії

3. Складні взаємини з довкіллям у зв'язку з наявністю нервової системи Кожний об'єкт являє собою значну селекційну цінність Значні економічні витрати на утримання

**Методи селекції тварин**

1. Не застосовується масовий добір, з огляду на співвідносну мінливість Визначення якості плідників за показниками нащадків; вивчення родоводу

2. Штучне запліднення, одержання цінних порід великої рогатої худоби в штучних умовах («у пробірці»). Потім ембріон пересаджують у матку самки іншої породи для подальшого розвитку. У такий спосіб можна одержати значну кількість нащадків із важливими практичними властивостями

**Особливості мікроорганізмів та їх селекції**

1. Не мають типового статевого процесу

2. Гаплоїдні, що дає можливість мутаціям виявлятися вже в першому поколінні нащадків Швидкі темпи розмноження дають можливість одержувати велику кількість клітин – нащадків.

3. основні напрямки сучасної біотехнології



## Лабораторна робота 14

### ***Поліплоїдія та віддалена гібридизація***

Мета заняття: ознайомитися з методами одержання і сучасною класифікацією поліплоїдних форм; визначити особливості морфологічних і господарсько біологічних ознак поліплоїдів порівняно з диплоїдами; знати шляхи подолання безплідності гібридів першого покоління та несхрещуваності видів; приклади виробничого використання і особливості вирощування поліплоїдів сортів різних с/г культур.

Матеріал і обладнання: методичні матеріали лекційного курсу, таблиці, схеми прикладів задач.

### **ХІД РОБОТИ**

*Питання для теоретичної підготовки:*

1. Явища автополіплоїдії
2. Методи одержання автополіплоїдів
3. Сучасна класифікація поліплоїдів
4. Класифікація автополіплоїдів
5. Синтез і ре синтез видів
6. Методи непрямого визначення та ідентифікації плоїдності рослин

#### 1) Теоретичне обґрунтування

***Геномна мінливість.*** Гаплоїдний набір хромосом і уся сукупність генів, що містяться в ньому наз. геномом.

Геномні мутації, викликані зміною числа хромосом – це *поліплоїдія* і *гетероплоїдія* (*анеуплоїдія*).

***Поліплоїдія*** пов'язана із збільшенням плоїдності за рахунок додавання нових цілих хромосомних наборів в наслідок порушень у мейозі. У

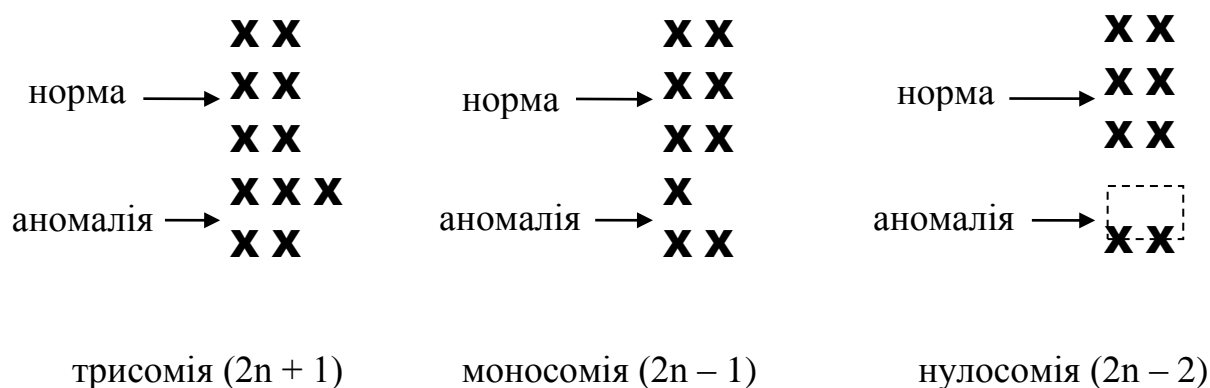
поліплоїдних форм набір хромосом кратний гаплоїдному ( $3n$ ,  $4n$ ,  $5n$  тощо). Вважається, що еволюція квіткових рослин по шляху поліплоїдизації. Форми, що виникли примноженням одного геному наз. *автоплоїдними*, а примноженням за рахунок різних геномів – *алоплоїдними*. Поліплоїдія – шлях природної еволюції інфузорій і радіолярій. У деяких багатоклітинних поліплоїдію створювали штучно, наприклад, у шовкопрядів.

**Гетероплоїдія.** У випадку гетероплоїдії порушення мейозу або мітозу призводить до зміни числа хромосом, яке некратне гаплоїдному.

Явище, коли виявляється три хромосоми наз. *трисомією* ( $2n + 1$ ). Люди з трисомією за 21 парою хромосом хворіють на синдром Дауна. Організми-трисоміки мають низку патологічних відхилень у розвитку, а тому дуже слабку життєздатність.

Явище втрати одної хромосоми із гомологічної пари наз. *моносомією* ( $2n - 1$ ).

Якщо з диплоїдного набору випадають дві гомологічні хромосоми, стан в якому знаходиться такий організм наз. *нулосомією* ( $2n - 2$ ).



#### Схеми геномних мутацій при гетероплоїдії

Отже, при анеуплоїдії відбуваються такі зміни в будові організму, які призводять до зниження життєздатності. У людини при цьому виникають такі хворобливі стани, які наз. *спадковими хворобами*.

**Соматичні і генеративні мутації.** Мутації можуть виникати в усіх типах клітин, тому їх поділяють на *соматичні* і *генеративні*. Їх біологічне значення

не рівноцінне відносно способу розмноження організму.

Мутації в соматичних клітинах передаються під час мітозу дочірнім клітинам, але такі мутації закріплюються тільки в ході вегетативного (безстатевого) розмноження.. Якщо з таких клітин розів'ються пагони, то в них з'являться нові властивості, наприклад, на кущах чорної смородини з'являється гілка з білими ягодами. Такі ознаки можна зберегти в потомстві під час селекції.

При статевому розмноженні мутації соматичних клітин потомству не передаються, тому ніякої еволюційної ролі не мають, але в онтогенезі можуть впливати на формування ознаки. Чим раніше в ході індивідуального розвитку сталася соматична мутація, тим більша ділянка тканини, що несе мутацію. Таких особин наз. *мозаїками*. До мозаїк, наприклад, належать люди з різними за кольором очами. Припускають, що такі мутації можуть бути причиною злоякісних новоутворень.

Мутації, що відбуваються в клітинах, з яких розів'ються гамети, обов'язково передадуться потомкам і в результаті може розвинути нову ознаку. Мутації, які знижують життєдіяльність наз. *напівлетальними*, а мутації, несумісні з життям – *летальними*. Однак, певна частина мутації виявиться корисною і в сполученні з природним доббором стане складовою еволюційного процесу.

**Індукований мутагенез.** *Спонтанні* мутації виникають під впливом невідомих природних чинників з частотою  $10^{-5} \div 10^{-7}$  і частіше за все як результат помилок при редуплікації ДНК.

*Індуковані* мутації викликані спеціально спрямованими діями, підсилюючими мутаційний процес. Чинники, здатні індукувати мутаційний процес наз. *мутагенними*. Будь-які зовнішні або внутрішні фактори здатні порушувати гомеостаз можуть викликати мутації. Головні мутагени: хімічні сполуки, різноманітні види випромінювань, біологічні чинники.

При *хімічному* мутагенезі речовини повинні мати такі властивості:

- високу здатність до проникнення;

- здатністю змінювати колоїдний стан хромосом;
- впливати на стан гена або хромосоми.

Серед перших хімічних мутагенів були названі: йод, формалін, етиленімін, іприт. Відомі в наш час хімічні сполуки можуть підсилювати мутагенний процес у сотні разів, їх відносять до групи *супермутагенів*. В експериментальних умовах мутації підсилюються хімічними агентами різної природи, що підтверджує гіпотезу про здатність хімічних агентів спричиняти спонтанні мутації в природних умовах.

#### Класифікація мутацій

За змінами спадкового апарату	Зміни числа хромосом Перебудова хромосом Генні мутації
За характером клітин, в яких відбулися мутації	Соматичні Генеративні
За впливом на життєздатність	Шкідливі (летальні, напівлетальні, стерильні) Корисні (матеріал для добору) Нейтральні
За причинами, що викликали зміни	Спонтанні (природні) Індуковані

**Радіаційний мутагенез.** Мутаційна дія усіх видів проникаючого випромінювання викликає трансгенації і хромосомні аберації. Під дією випромінювань процеси біохімічних реакцій набувають низку несприятливих особливостей.

Під впливом випромінювань в тканинах протікає іонізація, вибиваються електрони, тобто одні атоми окиснюються, а інші відновлюються – утворюються йони. Таки внутрішньомолекулярні перебудови призводять до розпаду молекул на фрагменти, а особливо небезпечно у випадку з ДНК.

Характер дії випромінювань може бути опосередкованим.. Змінюється склад середовища, в якому перебуває хромосома і це може викликати хімічний мутагенез в молекулах ДНК, тобто пострадіаційні зміни середовища можуть бути причиною мутацій. Дуже небезпечним наслідком дії випромінювання є радикали ОН або ОН<sub>2</sub>. Радикали, маючи високу хімічну активність, руйнують

органічні молекули, включаючи нуклеїнові кислоти.

**Інші мутагенні фактори.** Мутагенез можуть викликати фізичні умови: УФ-випромінювання, фотони денного світла, температура. Навіть просте підвищення температури збільшує число мутацій, але живі організми мають захисні механізми, що попереджають температурні порушення гомеостазу. Мутагенна дія вірусів і токсинів, які виділяють мікроорганізми, пов'язана з їх здатністю глибоко змінювати метаболізм клітин, при цьому відбуваються хімічні порушення, які можуть впливати на гени.

### Приклади розв'язування задач:

**Задача 1.** Рослина, гетерозиготна за генами А та В, дає розщеплення за фенотипом при самозапиленні 9: 3: 3: 1. При подвоєнні її хромосом колхіцинуванням утворюється автотетраплоїд ААааВВвв. Припустимо, що кросинговер між цими генами та центромером не відбувається. Якого розщеплення слід очікувати в потомстві від самозапилення такої рослини?

*Розв'язання:* Розщеплення 9: 3: 3: 1 вказує, що обидва гени знаходяться у різних групах зчеплення та успадковуються незалежно. Розщеплення у потомстві тетраплоїда є добутком розщеплення за кожною парою алельних генів. Отже, тетраплоїд ААаа утворюватиме три типи гамет у співвідношенні 1 АА: 4 Аа: 1 аа, що легко визначити, використовуючи правило алельного квадрата. 133

У потомстві від самозапилення тетраплоїда за геном А спостерігатиметься розщеплення у такому співвідношенні генотипів:

F<sub>2</sub> :

♀ ♂		1 АА	4 Аа	1 аа
1 АА	1 АААА	4 АААа	1 ААаа	
4 Аа	4 АААа	16 ААаа	4 Аааа	
1 аа	1 ААаа	4 Аааа	1 аааа	

Отже, у випадку повного домінування гена А розщеплення за фенотипом за цим геном в F2 складатиме 35 А: 1 а.

За геном В розщеплення при самозапиленні тетраплоїда спостерігатиметься у такому ж співвідношенні генотипів, як і за геном А: 35 В : 1 в.

Тоді сумарне розщеплення за фенотипом за обома ознаками у потомстві від самозапилення рослини буде визначатися як добуток двох розщеплень (за геном А та за геном В):  $(35 А : 1 а) \times (35 В : 1 в) = 1225 АВ : 35 Ав : 35 аВ : 1 ав$ .

Ось чому поліплоїдні рослини значно триваліше, ніж диплоїдні, зберігають цінні ознаки гетерозису за продуктивністю, життєздатністю, плодючістю.

*Відповідь: у потомстві від самозапилення автотетраплоїдної рослини ААа- аВВв слід очікувати розщеплення за фенотипом 1225 АВ : 35 Ав : 35 аВ : 1 ав*

**Задача 2.** Якого співвідношення генотипів і фенотипів слід очікувати від схрещування автотетраплоїдів з генотипом ААаа при повному домінуванні і незалежному розподіленні хромосом під час мейозу?

Розв'язання: При випадковому розподіленні хромосом під час мейозу автотетраплоїди з генотипом Аааа утворюватимуть три типи гамет у співвідношенні: 1 АА : 1аа : 4Аа. Отже, в потомстві від схрещування таких особин має відбутися розщеплення:

F<sub>2</sub> :

♀				
	♂	1 АА	4 Аа	1 аа
1 АА		1 АААА	4 АААа	1 ААаа
4 Аа		4 АААа	16 ААаа	4 Аааа
1 аа		1 ААаа	4 Аааа	1 аааа

Співвідношення фенотипів в F2 за умови повного домінування: 35А : 1а; спів- відношення генотипів: 1АААА : 8АААа : 18ААаа : 8Аааа : 1аааа.

*Відповідь: від схрещування автотетраплоїдів з генотипом AAaa при повному домінуванні і незалежному розподіленні хромосом під час мейозу слід очікувати співвідношення генотипів : 1AAAA : 8AAAAa : 18AAaa : 8Aaaa : 1aaaa. і фе- нотипів 35A : 1a.*

## II) Практична частина

**Завдання № 1.** Дайте визначення термінам

**Завдання № 2.** Розгляньте насіння диплоїдного та поліплоїдного жита.

Зробіть висновки щодо морфології цих видів при зміні плоїдності.

**Завдання № 3.** Проведіть поліплоїдизацію жита, дотримуючись методики. Опишіть послідовність своїх дій, заповнивши пропуски у реченнях

**Завдання № 4.** Записати основні завдання віддаленої гібридизації

**Завдання № 5.**Продовжити речення

**Завдання № 6.** Розв'язати задачі та пояснити їх

### **Контрольні питання:**

1. Який механізм лежить в основі явища автополіплоїдії?
2. Як називається тетраплоїд, один з генів котрого представлений двома рецесивними алелями і двома домінантними (наприклад: AAaa)?
3. Назвіть сучасну класифікацію поліплоїдів.
4. Що таке поліплоїдні ряди?
5. Назвіть методи одержання автополіплоїдів. Класифікація автополіплоїдів.
6. Схема одержання 42 і 56 – хромосомних тритікале.
7. Що таке анеуплоїди? Їх використання в генетиці і селекції.
8. Що таке гаплоїди, методи їх одержання і ідентифікації?
9. Які існують методи непрямого визначення та ідентифікації плоїдності рослин?
10. Що таке синтез і ре синтез видів? Яка при цьому роль поліплоїдії?

## ДОДАТОК А

## Генетичний код (послідовність іРНК), (ДНК)

1-й нуклеотид	2-й нуклеотид				3-й нуклеотид
	У(А)	Ц(Г)	А(Т)	Г(Ц)	
У(А)	Феніла-ланін	Серин	Тирозин	Цистеїн	У(А)
	Феніла-ланін	Серин	Тирозин	Цистеїн	Ц(Г)
	Лейцин	Серин	<i>Стоп-кодон</i>	<i>Стоп-кодон</i>	А(Г)
	Лейцин	Серин	<i>Стоп-кодон</i>	Триптофан	Г(Ц)
Ц(Г)	Лейцин	Пролін	Гістидин	Аргінін	У(А)
	Лейцин	Пролін	Гістидин	Аргінін	Ц(Г)
	Лейцин	Пролін	Глутамін	Аргінін	А(Г)
	Лейцин	Пролін	Глутамін	Аргінін	Г(Ц)
А(Т)	Ізолейцин	Треонін	Аспаргін	Серин	У(А)
	Ізолейцин	Треонін	Аспаргін	Серин	Ц(Г)
	Ізолейцин	Треонін	Лізін	Аргінін	А(Г)
	<i>Метіонін</i>	Треонін	Лізін	Аргінін	Г(Ц)
Г(Ц)	Валін	Аланін	Аспарагінова кислота	Гліцин	У(А)
	Валін	Аланін	Аспарагінова кислота	Гліцин	Ц(Г)
	Валін	Аланін	Глутамінова кислота	Гліцин	А(Г)
	Валін	Аланін	Глутамінова кислота	Гліцин	Г(Ц)



**ДОДАТОК Б**  
**Перелік амінокислот**

Амінокислота	Скорочення		
	<i>російське</i>	<i>англійське</i>	<i>код</i>
Гліцин	Гли	Gly	G
Аланін	Ала	Ala	A
Валін	Вал	Val	V
Лейцин	Лей	Leu	L
Изолейцин	Иле	Ile	I
Пролін	Про	Pro	P
Фенілаланін	Фен	Phe	F
Тирозин	Тир	Tyr	Y
Триптофан	Трп	Trp	W
Серин	Сер	Ser	S
Треонін	Тре	Thr	T
Аспарагінова кислота	Асп	Asp	D
Глутамінова кислота	Глу	Glu	E
Аспарагін	Асн	Asn	N
Глутамін	Глн	Gln	Q
Цистеїн	Цис	Cys	C
Метіонін	Мет	Met	M
Гистидін	Гис	His	H
Лізін	Лиз	Lys	K
Аргінін	Арг	Arg	R

## ДОДАТОК В

## Число хромосом у клітинах деяких видів тварин та рослин (2 п)

Тварини		Рослини	
Аскарида – <i>Ascaris meg'alocephala</i>	2,4	Диня – <i>Cucumis melo</i>	24
Бджола – <i>Apis mellifera</i>	16,32	Дуб звичайний – <i>Quercus robur</i>	24
Вепр – <i>Sus scrofa</i>	40	Дурман – <i>Datura stramonium</i>	24
Вівця – <i>Ovis aries</i>	54	Жито – <i>Secale cereale</i>	14+ +(0– -8)В
Воша головна – <i>Pediculus capitus</i>	12	Кавун – <i>Citrullus vulgaris</i>	22
Гідра прісноводна – <i>Hydra vulgaris</i>	32	Капуста городня – <i>Brassica oleracea</i>	18
Голуб – <i>Columba livia</i>	80	Картопля – <i>Solanum tuberosum</i>	48
Жаба – <i>Rana sp.</i>	26	Квасоля звичайна – <i>Phaseolus vulgaris</i>	22
Індик – <i>Meleagris gali pavo</i>	82	Конвалія – <i>Convallaria majalis</i>	36,38
Капустяний білан – <i>Pieris brassicae</i>	30	Коноплі посівні – <i>Cannabis sativa</i>	20
Качка, крижень – <i>Anas platyrhynchos</i>	80	Конюшина лугова – <i>Trifolium pratense</i>	14
Квакша, жабка деревна – <i>Hyla arborea</i>	24	Конюшина повзуча – <i>Trifolium repens</i>	32
Кінь – <i>Equus caballus</i>	66	Куколиця біла – <i>Melandrium album</i>	24
Кішка домашня – <i>Felis catus</i>	38	Кукурудза – <i>Zea mays</i>	20+ +(1- -7)В
Коза домашня – <i>Capra hircus</i>	60	Кульбаба – <i>Taraxacum officinale</i>	24
Комар-пискун – <i>Culex pipiens</i>	6	Латук – <i>Lactuca sativa</i>	18
Коник – <i>Stenobothrus lineatus</i>	18	Ліщина звичайна – <i>Corylus avellana</i>	22
Курка – <i>Gallus domesticus</i>	78	Лілія – <i>Lilium sp.</i>	24
Кріль – <i>Lepus cuniculus</i>	44	Липа серцелиста – <i>Tilia cordata</i>	82
Корова – <i>Bos taurus</i>	60	Лисохвіст луговий – <i>Alopecurus pratensis</i>	28
Лисиця – <i>Vulpes vulpes</i>	38	Люцерна посівна – <i>Medicago sativa</i>	16,32
Людина – <i>Homo sapiens</i>	46	Льон звичайний – <i>Linum usitatissimum</i>	30
Миша домашня – <i>Mus musculus</i>	40	Мак снотворний – <i>Papaver somniferum</i>	22
Мотиль – <i>Chironomus plumosus</i>	6	Малина звичайна – <i>Rubus idaeus</i>	14,24,28
Муха хатня – <i>Musca domestica</i>	12	Модрина – <i>Larix sp.</i>	24
Мушка плодова – <i>Drosophila melanogaster</i>	8	Морква городня – <i>Daucus carota</i>	18
Окунь – <i>Perca fluviatilis</i>	28	Нічна краса – <i>Mirabilis jalapa</i>	58
Осел – <i>Equus asinus</i>	66	Овес – <i>Avena sativa</i>	42
Пацюк сірий – <i>Rattus norvegicus</i>	42	Огірок – <i>Cucumis sativus</i>	14
Плазмодій малярійний – <i>Plasmodium malarie</i>	2	Осика – <i>Populus tremula</i>	38,57
Планарія – <i>Planaria gonosephala</i>	16	Переступень – <i>Bryonia alba, B. dioica</i>	20
Равлик садовий – <i>Helix pomatia</i>	24,48	Перець – <i>Capsicum annuum</i>	48
Ропуха – <i>Bufo sp.</i>	22	Персик – <i>Prunus persica</i>	16
Сазан – <i>Syrphius carpio</i>	104	Пирій повзучий – <i>Elytrigia repens</i>	28
Саламандра – <i>Salamandra sp.</i>	24	Просо – <i>Panicum miliaceum</i>	36
Сарана мандрівна – <i>Locusta migratoria</i>	23	Пшениця дика однозернянка – <i>Triticum monococcum</i>	14
Свинка гвінейська – <i>Cavia cavaia</i>	64	Пшениця тверда – <i>Triticum durum</i>	28
Свиня свійська – <i>Sus scrofa</i>		Пшениця м'яка – <i>Triticum aestivum</i>	42

domestica	40		
Собака домашній – <i>Canis familiaris</i>	78	Редис – <i>Raphanus sativus</i> var. <i>radicula</i>	18
Тарган – <i>Blatta orientalis</i>	48	Редька – <i>Raphanus sativus</i> var. <i>major</i>	18
Тритон – <i>Triturus vulgaris</i>	24	Рис – <i>Oryza sativa</i>	24
Хом'як золотистий – <i>Mesocricetus auratus</i>	44	Ріпак – <i>Brassica napus</i> var. <i>oleifera</i>	38
Хом'як сірий – <i>Cricetus griseus</i>	22	Свиріпа – <i>Sinapis arvensis</i>	18
Черв'як дощовий – <i>Lumbricus terrestris</i>	36	Скереда – <i>Crepis capillaris</i>	6
Шовкопряд шовковичний – <i>Bombyx mori</i>	28,56	Слива – <i>Prunus domestica</i>	48
Шимпанзе – <i>Anthropopithecus pan</i>	48	Смородина – <i>Ribes nigrum</i>	16
Ящірка прудка – <i>Lacerta agilis</i>	38	Соняшник – <i>Helianthus annuus</i>	34

## ДОДАТОК Г

## Характер успадкування деяких ознак у тварин та рослин

Домінант	Рецесив
<b>ЛЮДИНА</b>	
Волосся, шкіра, нігті, зуби	
Темне волосся	Світле волосся
Неруде волосся	Руде волосся
Кучеряве волосся	Пряме волосся
Дуже волосате тіло	Слабковолосате тіло
Раннє облісіння (домінує у чоловіків)	Нормальний термін облісіння
Біле пасмо волосся	Здноколірне волосся
Плямистість (на шкірі і волоссі білі плями)	Відсутність плямистості
Нормальна пігментація шкіри, волосся і очей	Альбінізм
Чорна шкіра (2 пари генів, домінування неповне)	Біла шкіра
Іхтіоз (луската шкіра)	Нормальна шкіра
Бульозний епідермоліз (чутливість до незначних саден)	Нормальний стан
Відсутність емалі на зубах	Нормальні зуби
Нормальна шкіра	Відсутність потових залоз
Очі	
Карі	Голубі або сірі
Світло-карі або зелені	Голубі або сірі
Наявність епікантуса	Відсутність епікантуса
Вроджена катаракта	Нормальний стан
Короткозорість	Нормальний стан
Далекозорість	Нормальний стан
Астигматизм	Нормальний зір
Глаукома	Нормальний стан
Аніридія (відсутність райдужної оболонки)	Нормальне око
Вроджене зміщення кришталика	Нормальне око
Нормальне око	Атрофія зорового нерва (ознака, зчеплена зі статтю)
Нормальне око	Мікрофтальм
<b>Риси обличчя</b>	
Обличчя кругле	Видовжене
Вільні вушні мочки	Прирослі вушні мочки
Товсті губи	Тонкі губи
Здатність скручувати язик трубочкою	Нездатність скручувати язик трубочкою
Великі очі	Маленькі очі
Довгі вії	Короткі вії
Широкі ніздрі	Вузькі ніздрі
Високе і вузьке перенісся	Вузьке і широке перенісся
Римський ніс	Прямий ніс
Наявність ластовиння	Відсутність ластовиння
<b>Скелет і м'язи</b>	
Низький зріст (зумовлений багатьма генами)	Високий зріст
Ахондроплазія (карликовість)	Нормальний стан
Ателіоз (карликовість)	Нормальний стан
Полідактилія (більше п'яти пальців на руках або ногах)	Нормальна кількість пальців
Синдактилія (зрощення 2 або більшої кількості пальців)	Нормальні пальці

<p>Брахідактилія (короткопалість) Хрящові екзостози (розростання кісток) Прогресивна м'язова атрофія <b>Системи кровообігу і дихання</b> Спадкова трофедема (хвороба Мілроя) Групи крові <i>A, B і AB</i> Гіпертонія Нормальний стан крові</p> <p>Нормальний стан крові <b>Видільна система</b> Багатокамерні нирки <b>Ендокринна система</b> Нормальний стан <b>Органи травлення</b> Розширення товстої кишки (хвороба Гіршпрунга) <b>Нервова система</b> Здатність відчувати смак фенілтіокарбаміду</p> <p>Нормальний слух Нормальний стан Хорея Гентінгтона Нормальний стан Мігрень (головні болі) Нормальний стан Дрижачий параліч <b>Злоякісні пухлини</b> Нормальний стан Хвороба Реклінгаузена (нейрофіброматоз) Нормальний стан</p>	<p>Нормальні пальці Нормальний стан Нормальний стан</p> <p>Нормальний стан Група крові <i>O</i> Нормальний тиск Гемофілія (ознака, зчеплена зі статтю) Серпоподібно-клітинна анемія</p> <p>Нормальні нирки</p> <p>Цукровий діабет</p> <p>Нормальний стан</p> <p>Нездатність відчувати смак фенілтіокарбаміду Вроджена глухота Спинномозкова атаксія Нормальний стан Амавротична ідіотія Нормальний стан Фенілкетонурія Нормальний стан</p> <p>Пігментна ксеродерма Нормальний стан Іліома сітківки</p>
<b>ТВАРИНИ</b>	
<p><b>Велика рогата худоба</b> Комолість (безрогість) Чорна, чорно-ряба масть</p> <p><b>Кури</b> Короткі ноги Оперені ноги Розоподібний гребінь Горохоподібний гребінь Біле оперення у порід леггорн, корніш, російські білі Забарвлене оперення</p> <p>Чорне оперення порід: австралорпи, мінорки, чорні леггорни, чорні віандоти</p> <p><b>Лисиця</b> «Платинове» хутро Чорна шерсть</p> <p><b>Морська свинка</b> Кошлата шерсть</p> <p><b>Миша</b> Коротка шерсть Сіра шерсть дикого типу Чорна шерсть Королівська шерсть (пряма, густа) Довгі вуха Скручений хвіст</p>	<p>Рогатість Червона масть</p> <p>Нормальні ноги Голі ноги Простий гребінь Простий гребінь Забарвлене оперення Біле оперення порід: плімутроки, віандоти, мінорки, дорксенги Червоне оперення (род-айленд нью-гемпшир)</p> <p>Сріблясте хутро Біла шерсть</p> <p>Гладенька шерсть</p> <p>Довга шерсть Альбінізм, чорна шерсть Коричнева шерсть Гладенька шерсть</p>

<p><b>Норка</b> Коричневе (стандартне) хутро</p> <p><b>Вівці</b> Сіра шерсть Жовтий жир</p> <p><b>Свиня</b> Біла щетина Зрослопала нога</p> <p><b>Шовковичний шовкопряд</b> Жовті кокони</p> <p><b>Хом'як</b> Золотистий колір шерсті Рожеве забарвлення шерсті</p>	<p>Короткі вуха Прямий хвіст «Платинове», сіро-голубе хутро</p> <p>Чорна шерсть Білий жир</p> <p>Чорна щетина Нормальна нога</p> <p>Білі кокони</p> <p>Рожевий, білий колір шерсті Біла шерсть</p>
<b>РОСЛИНИ</b>	
<p><b>Кавун</b> Темний плід з рисунком</p> <p><b>Блекота</b> Дворічна форма</p> <p><b>Горох</b> Високий Нормальні стебла Листки з вусиками Прилистки нормальні Забарвлені квітки Пурпурові квітки</p> <p>Цвітіння пізніє Прямий біб Зелене забарвлення плодів Пурпурові боби Боби сизі Кругле насіння Жовте забарвлення сім'ядоль Насіннева шкірка забарвлена рівномірно Рубчик чорний</p> <p><b>Дурман</b> Пурпурові квітки Колюче насіння Лежача форма куща</p> <p><b>Запашний горошок</b> Високий Темні пазухи листків Листок з вусиком Пізнє цвітіння Пурпурові квітки Забарвлені квітки Інтенсивне забарвлення квітки Прямий парус Пиляки фертильні Пилкові зерна видовжені Зелені боби Кругле насіння</p> <p><b>Суниця</b> Червоні ягоди (неповне домінування)</p> <p><b>Кукурудза</b> Високе стебло</p>	<p>Світлий плід без рисунка</p> <p>Однорічна</p> <p>Карликовий Зрості стебла Листки без вусиків Прилистки дуже зменшені Білі квітки Фіолетові, жовтувато-рожеві, рожево-білі квітки Цвітіння раннє Загнутий біб Жовте забарвлення плодів Зелені боби Смарагдові (не сизі) боби Зморщене насіння Зелене забарвлення сім'ядоль Насіннева шкірка плямиста Рубчик непігментований</p> <p>Білі квітки Гладеньке насіння Пряма форма куща</p> <p>Карликовий Світлі пазухи листків Листок без вусика Раннє цвітіння Червоні квітки Білі квітки Ослаблене забарвлення квіток Парус у вигляді капюшона Пиляки стерильні Пилкові зерна круглі Жовті боби Зморщене насіння</p> <p>Білі ягоди</p> <p>Низьке стебло</p>

<p>Гладеньке зерно Забарвлений ендосперм Фіолетове забарвлення рослин Зелене забарвлення рослин Фертильна волоть Червоний стрижень качана Високий процент білка <b>Левкой</b> Високий Гіллястий тип Без залозок на листках Синє забарвлення зародка Біла насіннева шкірка <b>Мак</b> Червоні квітки (неповне домінування) <b>Овес</b> Нормальна висота стебла Ранньостиглість Розлога волоть <b>Персик</b> Плід опушений М'якуш плоду білий Великі квітки (неповне домінування) Ниркоподібні залозки на листках (неповне домінування) <b>Первоцвіт китайський</b> Короткі маточки Зелена приймочка <b>Пшениця</b> Фіолетове забарвлення сходів Карликова Антоціанове забарвлення соломи Яра форма Короткий колос (неповне домінування) Чорні ості Опущений колос Червоне зерно Червоне забарвлення колоса Звичайний колос Безоста форма (неповне домінування) Зерно склоподібне <b>Жито</b> Фіолетові проростки <b>Соняшник</b> Гіллясте стебло Високе стебло Висока лузжистість Високий вміст олії Стійкість до ураження вовчком (неповне домінування) <b>Ротики</b> Червоне забарвлення квіток (неповне домінування) Нормальні квітки Високий ріст <b>Томати</b> Високе стебло Нештамбовий куц</p>	<p>Зморщене зерно (у цукрових сортів) Білий ендосперм Зелене забарвлення Білі рослини (альбіноси) Стерильна волоть (ядерна стерильність) Білий стрижень качана Низький вміст білка  Карликовий Негіллястий тип Із залозками на листках: Жовте забарвлення зародка Світло-сіре забарвлення насінкевої шкірки  Білі квітки  Гігантизм Пізнєостиглість Одногрива волоть  Плід гладенький М'якуш плоду жовтий Дрібні квітки  Без залозок  Довгі маточки Червона приймочка  Зелене забарвлення сходів Нормальна Солома без забарвлення Озима форма Довгий колос Білі ості Гладенький колос Біле зерно Білий колос Гіллястий колос Остиста форма Зерно борошнисте  Зелені проростки  Негіллясте стебло Низьке стебло Низька лузжистість Низький вміст олії Відсутність стійкості до ураження вовчком  Біле забарвлення квіток Пілоричні квітки Низький ріст</p>
--	---

Пурпурове забарвлення стебла Розсічені листки	Карликове стебло Штамбовий кущ Зелене забарвлення стебла Цілі листки
--	---

### ДОДАТОК Д

**Кількісні закономірності утворення гамет гібридами і розщеплення в їх потомстві за різних типів схрещування**

Явище, що враховується	Типи схрещування		
	моногібридне	дигібридне	полігібридне
Кількість типів гамет, що утворює гібрид F <sub>1</sub>	2	2 <sup>2</sup>	2 <sup>n</sup>
Кількість комбінацій гамет, які утворює гібрид F <sub>2</sub>	4	4 <sup>2</sup>	4 <sup>n</sup>
Кількість фенотипів F <sub>2</sub>	2	2 <sup>2</sup>	2 <sup>n</sup>
Кількість генотипів F <sub>2</sub>	3	3 <sup>2</sup>	3 <sup>n</sup>
Розщеплення за фенотипом у F <sub>2</sub>	3:1	(3:1) <sup>2</sup>	(3:1) <sup>n</sup>
Розщеплення за генотипом у F <sub>2</sub>	1:2:1	(1:2:1) <sup>2</sup>	(1:2:1) <sup>n</sup>



## ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамова З. В. Практикум по генетике / З. В. Абрамова. - М. : Агропромиздат, 1992. - 224 с.
2. Ватти К.В., Тихомирова М.М. Руководство к практическим занятиям по генетике .- М.:Просвещение, 1979 . – 304 с.
3. Генетика: Зб. задач / Литвиненко О.І., Атраментова Л.О. – К.: Вища школа, Головне видавництво, 1987. – 95с.
4. Гуляев Г.В. Задачник по генетике / Г. В. Гуляев.– 2-е изд., перабот. – М.: Колос, 1980. – 78 с.
5. Жученко А.А. Генетика / А. А. Жученко, Ю. Л. Гужов, В. А. Пухальский [и др. ]. – М.: КолосС, 2006. – 480 с.
6. Кандиба Н. М. Генетика: тестовий контроль: [навч. посіб.] / Н.М. Кандиба. - Суми, 2013. – 265 с.
7. Кандиба Н. М. Генетика. Робочий зошит для лабораторно-практичних занять / Н. М. Кандиба. - Суми, 2008. – 107 с.
8. Кандиба Н. М. Генетика: курс лекцій: [навч. посіб.] гриф МОН № 1/11-14689 від 19.09.2012р. /Н. М. Кандиба / - Суми: ВТД «Університетська книга», 2013.- 397 с.
9. Кандиба Н. М. Генетика: збірник задач: [навч. посіб.] / Н. М. Кандиба. - Суми, 2013. – 126 с.
10. Лановенко О.Г. Збірник задач з генетики: Посібник для вчителів середніх загальноосвітніх навчальних закладів. – Херсон – 2011. – 174 с.
11. Макрушин М. М. Генетика сільськогосподарських рослин / М. М. Макрушин, О. О. Созінов. - К.: Урожай, 1996. - 260 с.
12. Марценюк І.М. Генетика. Робочий зошит для лабораторно-практичних робіт студентів напряму підготовки 6.090101 «Агрономія» ОКР «Бакалавр» / І. М. Марценюк . – Миколаїв, 2012. - 53 с.
13. Стрельчук С. І. Генетика з основами селекції: [підручник] /С. І. Стрельчук, С. В. Демидов, Г. Д. Бердишев [та ін.]. - Київ, 2000. - 292 с.

14. Трохимчук І.М. Генетика з основами селекції. Навчально-методичний посібник курсу для спеціальності 6.070400 “ Біологія ”.-Рівне: РДГУ, 2007. . – 118 с.