

Навчальна дисципліна: Біологія і екологія

## Навчальне заняття № 5, 7

**Тема:** *Закономірності успадкування.*

### **План:**

1. Закономірності успадкування, встановлені Г. Менделем.
2. Закон чистоти гамет. Їх цитологічні основи.
3. Множинний алелізм.
4. Взаємодія алельних генів.
5. Плейотропія.

### **Література:**

Основна: Задорожний К.М., Утєвська О.М. «Біологія і екологія». Харків. «Ранок», 2018., с . 126-129.

Додаткова: Балан П.Г., Вєрвєс Ю.Г., Біологія: 11 кл. К.: Генеза, 2011., с. 23-26, 33-41.

## 1.2. Створення гібридологічного методу досліджень

Основи сучасного гібридологічного методу створив Грегор Мендель (мал. 60.1). Він досліджував наслідування різних ознак гороху. Провівши математичні підрахунки розподілу різних варіантів ознак у нащадків, Г. Мендель зміг установити закономірності успадкування ознак і сформулював свої закони. Саме Г. Мендель запропонував «здатки» ознак (гени) позначити літерами латинського алфавіту.

### Закон чистоти гамет та цитологічна основа законів Г. Менделя

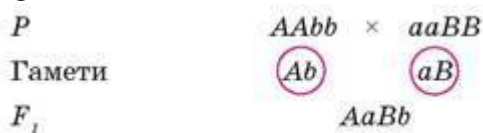
У своїх дослідках Г. Мендель упевнився, що і батьківський, і материнський організми мають два варіанти (алеля) спадкового «здатку» (гена). І кожному зі своїх нащадків вони передають тільки один з них. Це правило отримало назву закону чистоти гамет.

Коли пізніше вивчили будову ядра клітин живих організмів, то виявили в них парні хромосоми. Ці структури розходилися поодиноці в дочірні клітини під час кожного поділу. Тому вони чудово підходили під роль носія генів. І дійсно, саме хромосоми містять ДНК, у якій і розміщено гени клітин.

### Схеми схрещування

Досліди зі схрещування в генетиці записують у вигляді схем схрещування, використовуючи генетичну символіку. У першому рядку записують генотипові формули батьків, у другому — типи їхніх гамет, у третьому — генотипи першого покоління і т. д. Якщо генів кілька, то вони у запису розташовуються в алфавітному порядку. Домінантний алель завжди пишеться перед рецесивним алелем того ж гена.

Приклад



Нащадки, які утворюються в результаті схрещування, можуть відрізнятися між собою як за фенотипом, так і за генотипом. У такому випадку кажуть, що відбулося розщеплення ознаки у нащадків за генотипом і фенотипом. Записують це, розділяючи групи нащадків за допомогою двокрапки. Наприклад, розщеплення за генотипом 1 (AA) : 2 (Aa) : 1 (aa) означає, що всіх нащадків можна поділити на 4 частини. З них одна частина буде мати генотип AA, дві — генотип Aa і ще одна — генотип aa.



Мал. 60.1. Грегор Мендель (1822—1884), чеський священик, захоплювався ботанікою і проводив багато біологічних досліджень



Мал. 60.2. Прояв закону однотипності гібридів під час схрещування собак

### Закон одностигності гібридів першого покоління

Нашадки першого покоління від схрещування стійких форм, які відрізняються за однією ознакою, мають однаковий генотип та фенотип за цією ознакою (мал. 60.2).

### Закон розщеплення спадкових ознак у нащадків гібрида

Під час схрещування гібридів першого покоління між собою серед гібридів другого покоління у певних співвідношеннях з'являться особини з фенотипами вихідних батьківських форм та гібридів першого покоління (мал. 60.3).

У цьому випадку ми спостерігаємо у другому поколінні розщеплення за генотипом  $1(AA) : 2(Aa) : 1(aa)$ , а за фенотипом: 3 (фіолетові) : 1 (білі).

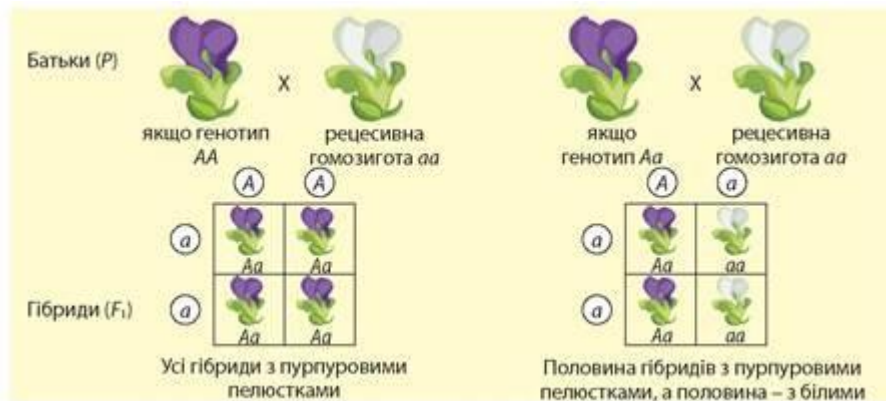
### Закон незалежного комбінування спадкових ознак

Гени, які визначають різні ознаки й перебувають у різних групах хромосом, спадкуються незалежно один від одного, унаслідок чого серед нащадків другого покоління у певних співвідношеннях з'являються особини з новими (відносно батьківських) комбінаціями ознак (мал. 60.4).

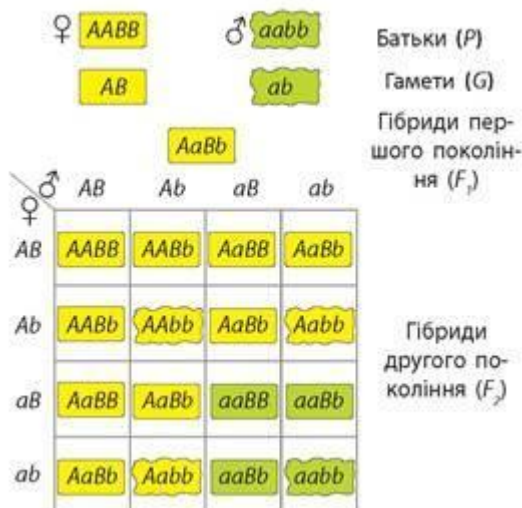
У цьому випадку ми спостерігаємо у другому поколінні розщеплення за генотипом:  $1(AABB) : 4(AaBb) : 2(AABb) : 2(AaBB) : 1(aaBB) : 2(aaBb) : 1(Aabb) : 2(Aabb) : 1(aabb)$ , а за фенотипом: 9 (жовті гладенькі) : 3 (зелені гладенькі) : 3 (жовті зморшкуваті) : 1 (зелені зморшкуваті).

Генотипи  $AABB$ ,  $AaBb$ ,  $AABb$  і  $AaBB$  визначають однаковий фенотип, тому що в них міститься хоча б по одному домінантному алелю обох генів. Який алель буде в іншій хромосомі в цьому випадку, не має значення. Тому часто всі ці варіанти генотипів позначають як  $A-B-$ . Тире на місці другого алеля позначає те, що там може бути будь-який алель (домінантний чи рецесивний). У такому випадку запис розщеплення за генотипом буде мати вигляд:

$9(A-B-) : 3(aaBB) : 3(Aabb) : 1(aabb)$ .



Мал. 60.3. Прояв закону розщеплення спадкових ознак під час схрещування рослин



Мал. 60.4. Прояв закону розщеплення спадкових ознак під час схрещування гороху з насінням різного кольору і форми

Грегор Мендель сформулював кілька важливих законів, які встановлюють закономірності успадкування моногенних ознак. Ці закони стали основою класичної генетики.

### 3,4,5. Взаємодія алелів одного гена

Як ви вже знаєте, домінантний алель у гетерозиготних особин пригнічує дію рецесивного алеля. Але ступінь домінування може бути різним. Розрізняють повне домінування, неповне домінування і кодомінування.

#### Множинний алелізм

Як ви вже знаєте, в організмі диплоїдних еукаріотів кожний ген, розташований в аутосомі, представлений у двох екземплярах. Також вам відомо, що можуть існувати різні варіанти генів, які називаються алелями. Зрозуміло, що в організмі одночасно може бути тільки два різні алелі. Але якщо ми розглянемо не одну особину, а цілу популяцію, то виявиться, що кількість варіантів одного гена може бути набагато більшою. Наявність двох і більше алелів у популяції має назву множинного алелізму.

Це явище виникає через те, що в організмах постійно відбуваються мутації. І мутації, які сталися на різних ділянках гена, можуть створювати різні його варіанти. Між собою алелі можуть взаємодіяти по-різному. Наприклад, як у випадку груп крові в людини, два алелі можуть бути кодомінантними між собою і домінантними по відношенню до третього алеля. Або алелі можуть утворювати ряд за здатністю домінувати.

Так, ген С у кроликів відповідає за інтенсивність забарвлення шерсті (мал. 61.1). Один з його алелів (алель повного забарвлення) є домінантним для всіх інших алелів і забезпечує рівномірне густе забарвлення всього тіла. Другий алель (шиншилового забарвлення) є рецесивним до першого алеля і домінантним для інших алелів. Він забезпечує менш інтенсивне забарвлення шерсті по всьому тілу.

Третій алель (гімалайського забарвлення) забезпечує світле забарвлення всього тіла з темними плямами на деяких ділянках (лапи, вуха тощо). Він є рецесивним до двох перших алелів і домінантним для наступного. Останній алель цього гена (алель альбінізму) визначає відсутність забарвлення по всій шерсті. Він є рецесивним по відношенню до всіх інших.

### Варіанти взаємодії алелів одного гена

| Особливості типу домінування                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Схема взаємодії алелів                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Повне домінування</b><br>У гетерозиготи проявляється тільки дія домінантного алеля, й ознака виглядає так, як і в домінантній гомозиготі                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <br>$AA$ (зелений) + $aa$ (жовтий) = $Aa$ (зелений)                                                                                             |
| <b>Неповне домінування</b><br>Гетерозигота має проміжний прояв ознаки порівняно з проявом цієї ознаки у домінантній та рецесивній гомозигот                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <br>$AA$ (червоний) + $aa$ (білий) = $Aa$ (рожевий)                                                                                             |
| <b>Кодомінування</b><br>Обидва варіанти ознаки проявляються одночасно. Наприклад, гетерозигота за групою крові АВ містить на мембранах еритроцитів і антиген А, і антиген В одночасно (алелі А і В є кодомінантними). Алель 0 цього гена є рецесивним по відношенню до інших алелів, і гетерозиготи, які містять цей алель, мають на мембранах або антиген А, або антиген В. Різниця між кодомінуванням і неповним домінуванням у тому, що під час кодомінування обидві ознаки проявляються повністю | <br>антиген А      антиген В<br>група крові А      група крові В<br>антигени А і В      антигени відсутні<br>група крові АВ      група крові 0 |

## Плейотропія

Плейотропія, або модифікуюча дія гена, — це здатність одного гена до визначення різних ознак. Для еукаріотів така властивість їхніх генів є нормою, бо завдяки процесу альтернативного сплайсингу кожний з генів може утворювати кілька різних продуктів. У людини, наприклад, у середньому з одного гена може утворюватися шість різних білків. А кожний з цих білків уже є окремою ознакою. Приклади плейотропії можна побачити як у людини, так і в інших живих організмів.

| Генотип                                                                           |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| CC                                                                                | c <sup>ch</sup> c <sup>ch</sup>                                                   | c <sup>ch</sup> h                                                                 | cc                                                                                  |
| Фенотип                                                                           |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |
| Чорне                                                                             | Шиншилове                                                                         | Гімалайське                                                                       | Альбінос                                                                            |
|  |  |  |  |

Мал. 61.1. Генетичне визначення інтенсивності забарвлення шерсті у кролів

## Приклади плейотропії

| Організм | Приклади плейотропії                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Овес     | Забарвлення лусочки і довжина ості насінин визначається одним геном                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Кішка    | Білі кішки з голубими очима мають схильність до глухоти                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Людина   | Алель рудого забарвлення волосся також визначає більш світлий колір шкіри і розвиток ластовиння.<br>Синдром Марфана виникає як результат порушення в гені, який відповідає за синтез одного з глікопротеїнів. Наслідком цього захворювання є розвиток довгих пальців (арахнодактилія), порушення зору (дефект кришталика), вади серця та деякі інші ознаки |

Алелі одного гена можуть взаємодіяти між собою. Наслідком такої взаємодії є явища домінування і кодомінування. Кількість алелів одного гена може бути різною, але в нормі в одному організмі можуть бути присутні не більше двох алелів одного гена. Один ген може визначати формування кількох ознак (явище плейотропії).