

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**для лабораторних робіт студентів  
денної та заочної форми навчання  
по вивченню дисципліни**

**ГЕНЕТИКА РИБ**

**Одеса – 2015**

Методичні вказівки для лабораторних робіт студентів денної та заочної форми навчання з вивчення дисципліни «Генетика риб». Методичні вказівки використовується для студентів денної та заочної форми навчання і входить до дисциплін підготовки студентів бакалаврського рівня. Дисципліна «Генетика риб» відноситься до циклу професійно-практичної підготовки напряму «Водні біоресурси та аквакультура», / старший викладач Бургаз М.І., асистент Матвієнко Т.І./ – Одеса, ОДЕКУ, 2015. – 44 с.

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**для лабораторних робіт студентів  
денної та заочної форми навчання  
по вивченню дисципліни**

## **ГЕНЕТИКА РИБ**

Укладачі: Бургаз М.І.  
Матвієнко Т.І.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

---

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**для лабораторних робіт студентів  
денної та заочної форми навчання  
по вивченню дисципліни**

**ГЕНЕТИКА РИБ**

Напрями підготовки *„Водні біоресурси та аквакультура”*

**“Затверджено”**  
на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2015 р.

**Одеса -2015**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**для лабораторних робіт студентів  
денної та заочної форми навчання  
по вивченню дисципліни**

**ГЕНЕТИКА РИБ**

Напрями підготовки *„Водні біоресурси та аквакультура”*

**“Затверджено”**

на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2015 р.  
Голова \_\_\_\_\_ Чугай А.В.

**“Затверджено”**

на засіданні кафедри  
водних біоресурсів та аквакультури  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2015 р.  
Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ Шекк П.В.

**Одеса -2015**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**для лабораторних робіт студентів  
денної та заочної форми навчання  
по вивченню дисципліни**

**ГІДРОБОТАНІКА**

Напрями підготовки *„Водні біоресурси та аквакультура”*

**“Затверджено”**

на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2015 р.  
Голова \_\_\_\_\_ Чугай А.В.

**“Затверджено”**

на засіданні кафедри  
водних біоресурсів та аквакультури  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2015 р.  
Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ Шекк П.В.

**Одеса -2015**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**для лабораторних робіт студентів  
денної та заочної форми навчання  
по вивченню дисципліни**

**ІХТІОПАТОЛОГІЯ**

Напрями підготовки *„Водні біоресурси та аквакультура”*

**“Затверджено”**

на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2015 р.  
Голова \_\_\_\_\_ Чугай А.В.

**“Затверджено”**

на засіданні кафедри  
водних біоресурсів та аквакультури  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2015 р.  
Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ Шекк П.В.

**Одеса -2015**

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	5
ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ .....	6
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1</b>	
ТЕМА: ГЕНЕТИЧНА СИМВОЛІКА .....	7
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2</b>	
ТЕМА: ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ГАМЕТ .....	9
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3</b>	
ТЕМА: ЗАКОНИ СПАДКОВОСТІ Г.МЕНДЕЛЯ .....	12
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4</b>	
ТЕМА: УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ НЕПОВНОМУ ДОМІНУВАННІ .....	17
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5</b>	
ТЕМА: ЗЧЕПЛЕННЯ ГЕНІВ. КРОСИНГОВЕР .....	19
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6</b>	
ТЕМА: СТАТЬ І ЗЧЕПЛЕНЕ ЗІ СТАТТЮ УСПАДКУВАННЯ .....	23
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7</b>	
ТЕМА: ГЕНЕТИЧНІ ЗАСАДИ МІНЛИВОСТІ .....	27
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8</b>	
ТЕМА: ХРОМОСОМНА ТЕОРІЯ СПАДКОВОСТІ .....	33
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9</b>	
ТЕМА: МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ .....	36
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	43



## ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни „Генетика риб” включає розділи, які передбачені робочою програмою курсу.

Головною метою лабораторних занять є: закріплення та поглиблення знань, які студенти отримали на лекціях; самостійне узагальнення експериментальних даних, зрівняння їх з теоретичними розрахунками; здобуття навичок користування приладами; пробудження інтересу до практичного використання теоретичних знань.

Після виконання всіх лабораторних робіт з дисципліни „Генетика риб” студенти повинні **знати:** матеріальні основи спадковості та мінливості, етапи розвитку генетики та місце її в системі біологічних наук, сучасні досягнення і завдання генетики у вирішенні проблем народного господарства, цитологічні основи спадковості, молекулярні основи спадковості, хромосомну теорію спадковості, мати уяву про модифікаційну та мутаційну мінливість, генетику і екологію, генетику популяцій, біометричні методи досліджень.

Після виконання всіх лабораторних робіт студенти повинні **вміти:** виконувати мікроскопічні та макроскопічні дослідження, визначати і відрізняти стадії поділу клітин, складати ідеограми, проводити підрахунок числа хромосом, розв'язувати задачі на різні види схрещування, взаємодію генів, успадкування ознак зчеплення зі статтю.

Ця методична розробка є допоміжним матеріалом для виконання студентами лабораторних робіт і складається з 9 тем. Кожна робота містить конкретні теоретичні пояснення суттєвих положень даної теми та практичну частину, в якій детально описаний порядок роботи і наведено завдання. Наприкінці кожної теми написані запитання для самоконтролю. На останній сторінці методичних вказівок є перелік основної та допоміжної літератури.

Контроль поточних знань виконується на базі кредитно – модульної системи організації навчання.

Теми лабораторних робіт входять до складу двох змістовних модулів і оцінюються за 50 бальною шкалою. Перед початком роботи студент вивчає теоретичну частину лабораторної роботи. Під час занять студенти проводять необхідні розрахунки за варіантами, які вказані в методичних вказівках.

Оцінювання лабораторної роботи включає правильно виконані розрахунки та усне опитування.

## ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Перебуваючи в лабораторії, необхідно виконувати такі загальні вимоги і запобіжні заходи:

- 1) забороняється входити в лабораторію у верхньому одязі;
- 2) працювати в лабораторії - тільки в спеціальному халаті;
- 3) на кожному лабораторному занятті призначається черговий, який відповідає за санітарний стан лабораторії на час заняття;
- 4) відкривати вікна можна тільки з дозволу викладача;
- 5) забороняється приносити і вживати в їжу напої та продукти;
- 6) вмикати і вимикати тумблери в електричному щитку можна тільки з дозволу викладача;
- 7) при роботі з обладнанням та оптичними приладами в разі виявлення несправності приладів, електропроводки або розеток потрібно повідомити про це викладача. Забороняється самому проводити ремонт;
- 8) при виготовленні тимчасових препаратів обережно поводитися з ріжучими інструментами і склом. У разі нанесення порізів необхідно поставити до відома про це викладача (для надання медичної допомоги);
- 9) забороняється викидати зламані предметні і покривні стекла в сміттєзбірник, оскільки необхідно складати їх в спеціальний контейнер;
- 10) для роботи з фіксованими в спирті об'єктами необхідно використовувати пінцет;
- 11) після закінчення роботи слід здати інструменти та відпрацьовані препарати викладачеві;
- 12) мікроскопи відімкнути від мережі і накрити чохлами; навести порядок на робочому місці, здати черговому.

При роботі з реактивами необхідно дотримуватися таких правил:

- ✓ роботу з концентрованими кислотами, лугами та отруйними речовинами можна проводити тільки у витяжній шафі;
- ✓ наливати або насипати реактиви слід тільки над столом;
- ✓ не слід залишати відкритими банки з реактивами;
- ✓ пролиті або розсипані реактиви потрібно негайно видалити зі столу за допомогою ганчірки і промити поверхню водою.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### ТЕМА: ГЕНЕТИЧНА СИМВОЛІКА

#### *Теоретична частина*

Роком народження генетики вважають 1900 р., коли одночасно і незалежно один від одного Г. Де Фріз (Нідерланди), К. Корренс (Німеччина) і Е. Чермак (Австрія) повторно відкрили основні закони успадковування, зміст яких опублікував Г. Мендель ще у 1865 році, але він залишився поза увагою наукової громадськості. Назву «Генетика» в 1906 р. запропонував англійський вчений В. Бетсон.

**Генетика** – це наука про дві найбільш універсальні властивості живих організмів – спадковість і мінливість.

Символи для позначення генів у генетиці неоднозначні. В більшості випадків ген позначають буквами латинського або іншого алфавіту і курсивом. Домінантний ген позначається великою буквою, але може позначатися знаком «+», рецесивний ген – малою буквою.

В генетиці мікроорганізмів скорочення назви гена набирається малими буквами і курсивом (*lac*); позначення фенотипу – в такий же спосіб, але перша буква завжди велика, а шрифт – прямий (**Lac**). У верхній частині символу фенотипу (праворуч від цього скорочення) ставиться індекс, що вказує на статус відповідної ознаки, де знак « + » означає наявність відповідної ознаки, « - » - її відсутність.

Отже, розглянемо основну генетичну символіку.

♀ - жіноча стать

♂ - чоловіча стать

*P* – батьківська форма

*X* – символ схрещування

*F*<sub>1</sub>, *F*<sub>2</sub>, *F*<sub>3</sub> – гібридні покоління

*j*<sub>0</sub> - вихідний організм при інбридингу (інцухті)

*j*<sub>1</sub>, *j*<sub>2</sub> – перше та друге гібридні покоління

*M*<sub>1</sub>, *M*<sub>2</sub>, *M*<sub>3</sub> – покоління в експериментальному мутагенезі

*F*<sub>8</sub> – покоління в зворотному схрещуванні (беккросі)

*G* – гамети

*A*, *B*, *C* – доміантна алель

*a*, *b*, *c* - рецесивна алель

*AA* – гомозиготна особина (за доміантністю)

*aa* – гомозиготна особина (за рецесивністю)

*AABBCC* – гомозиготна форма за трьома доміантними алелями

*aabvcc* – гомозиготна форма за трьома рецесивними алелями

*Aa* – гетерозиготна форма

$AaBbCc$  – тригетерозиготна форма (тригібрид)

$AaBb$  – дигетерозиготна форма (дигібрид)

$Aa$  - диплоїд

$AAAA$  - тетраплоїд

$AAAA$  – автотетраплоїд (квадриплекс)

$AAaa$  – автотетраплоїд (триплекс)

$Aaaa$  – автотетраплоїд (дуплекс)

$Aaaa$  – автотетраплоїд (симплекс)

$aaaa$  – автотетраплоїд (нуліплекс)

$A_1A_1A_2A_2$  – дві алельні пари домінантних полімерних генів в гомозиготному стані

$a_1a_1a_2a_2$  – дві алельні пари рецесивних полімерних генів в гомозиготному стані

$A_1A_1$  та  $A_2A_2$  – гени дуплікатні, дві пари генів з однаковим фенотипічним ефектом, локалізовані в різних хромосомах і відрізняються специфічною взаємодією

$n$  – символ, що позначає одинарний набір хромосом в зрілих статевих клітинах (гаплоїдний набір) даного виду

$2n$  – символ, що позначає зиготичне (соматичне) число (диплоїдний набір) хромосом

$x$  – символ, що позначає основне число хромосом, тобто число хромосом у вихідному їх наборі, внаслідок множення якого утворився даний поліплоїдний ряд. У диплоїдних видів основне число хромосом дорівнює гаплоїдному (гаметичному) їх числу (2 – диплоїд, 3-диплоїд, 4-тетраплоїд і т.д.)

$2n + 1$  чи  $2n + 1 + 1$  – трисомік, анеуплоїд, в диплоїдному наборі хромосом якого одна (простий трисомік,  $2n + 1$ ) або дві (подвійний трисомік,  $2n + 1 + 1$ ) хромосоми представлені тричі

$2n + 3$  – пентасомік, анеуплоїд, у якого до основного набору хромосом додані три додаткові хромосоми

### **Завдання**

Вивчити основну генетичну символіку та відповісти на питання для самоперевірки,

### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке генетика?
2. Ким була запропонована назва науки «Генетика»?
3. Як позначаються батьківські форми?
4. Що означає символ « $x$ » в генетиці?
5. Як позначаються дуплікатні гени?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### ТЕМА: ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ГАМЕТ

#### *Теоретична частина*

**Гамета** (грец. *γαμέτης gametes* – чоловік та *γαμέτή gamete* — дружина) — спеціалізована статеві клітина, що має гаплоїдний (половинний — порівняно з соматичними клітинами) набір хромосом та є засобом статевого розмноження.

**Алель** – це структурна різновидність даного гена. В багатьох випадках одна із таких різновидностей являє собою **домінантний** алель. За його наявності інші алелі гена не виявляються і тому називаються **рецесивними**. Деякі алелі гена є рівнозначними щодо можливості їх вияву у фенотипі; такі гени називають **кодомінантними**.

Генотип диплоїдної клітини по кожному конкретному локусу двох гомологічних хромосом зазначають двома буквами, залежно від наявних двох алелів гена у цьому локусі.

Якщо диплоїдна клітина в певному локусі містить дві однакові копії гена (обидві або домінантні, або рецесивні), то це називають гомозиготою або гомозиготним станом відповідного гена (генотип AA або aa). Якщо ж гомологічні хромосоми містять різні алелі даного гена, то мова йде про гетерозиготу (генотип Aa).

Дуже часто в популяції певний ген розповсюджується у вигляді численних структурних різновидностей. Це так звані множинні алелі даного гена, а наявність їх у природі відома як множинний алелізм. Клітини диплоїдного організму можуть утримувати лише два алелі із серії множинних алелів.

Слід зазначити, що з кожної пари алельних генів в гамету потрапляє один.

#### *Приклад розв'язання задач*

##### **1. Гомозиготи дають один тип гамет:**

□ - домінантна алель

■ - рецесивна алель

а) Р AA

G A (□);

б) Р aabb

G ab (■■);

в) Р AAbbCC

G AbC (□■□).

## 2. Гетерозиготи:

### 2.1. за однією ознакою (моногібрид) дають два типи гамет ( $2^1$ ):

а) Р Аа

Г А (□); а (■).

б) Р АаВВ

Г АВ (□□); аВ (■□).

в) Р АаbbCC

Г AbC (□■□); abC (■■□).

### 2.2. За двома ознаками (дигібрид) дають чотири типи гамет ( $2^2$ ):

а) Р АаВв

Г АВ (□□); Ab (□■); aВ (■□); ab (■■);

б) Р АаВвCc

Г ABC (□□□); AbC (□■□); aBC (■□□); abC (■■□).

### 2.3. За трьома ознаками (тригібрид) дають вісім типів гамет ( $2^3$ ).

При виписуванні гамет тригібрида необхідно дотримуватись такого порядку: спочатку виписують 4 типи гамет, як у дигібрида, умовно вважаючи організм гомозиготним за третьою парою алелей:

Р АаВвCc

Г\* ABC (□□□) AbC (□■□) aBC (■□□) abC (■■□).

Потім змінюємо ген С (домінантний) на с (рецесивний) і отримуємо ще чотири типи гамет:

Г\*\* ABc (□□■) Abc (□■■) aBc (■□■) abc (■■■)

Далі необхідно об'єднати ці дві групи гамет, отримавши вісім типів гамет: ABC, ABc, Abc, aBC, aBc, abC, abc.

## Завдання

Розв'язати задачі, наведені нижче, та дати відповіді на запитання для самоперевірки.

### Задача 1.

Які типи гамет формують наступні генотипи:

а) АаВв, б) Ааbb, в) АаВвCc.

### Задача 2.

Які типи гамет формують наступні генотипи:

а) aaBb, б) Aabb, в) aaBBcc, г) AABbCc.

**Задача 3.**

Які типи гамет формують генотипи  $F_1$ , визначені в кожному з наступних схрещувань:

а)  $AA \times aa$ ; б)  $AA \times Aa$ ; в)  $Aa \times aa$ ; г)  $Aa \times Aa$ .

**Задача 4.**

Які типи гамет формує гомозиготний за трьома ознаками організм?

**Задача 5.**

Які типи гамет формує гетерозиготний за однією ознакою організм?

**Задача 6.**

Які типи гамет формує гетерозиготний за двома ознаками організм?

**Задача 7.**

Які типи гамет формує гетерозиготний за трьома ознаками організм?

***Питання для самоперевірки***

1. Що таке алель?
2. Які гени називають кодомінантними?
3. Що таке гомозигота?
4. Що таке множинні алелі?
5. Що таке гетерозигота?
6. Будова й функції клітини.
7. Структурні компоненти еукаріотичної клітини.
8. Будова й функції ядра.
9. Як відбувається розмноження у прокаріотичних клітин?
10. Які Ви знаєте органели, їх функції?
11. Функція та склад рибосом.
12. Функція та склад комплексу Гольджі.
13. Функція та склад мітохондрій.
14. Які бувають включення, їх функції.
15. Відмінність в будові прокаріотичної та еукаріотичної клітини.
16. Що таке мітоз?
17. Амітоз.
18. Що таке клітинний цикл? Життєвий цикл?
19. Що таке інтерфаза та які періоди входять до її складу?
20. Яке значення мітозу?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

### ТЕМА: ЗАКОНИ СПАДКОВОСТІ Г.МЕНДЕЛЯ

#### *Теоретична частина*

**Закони Менделя** — закони, що становлять основу класичної генетики. У своїх працях Грегор Мендель ґрунтувався на дослідженнях, проведених на горосі посівному. Цей об'єкт виявився вдалим, тому що для нього характерне самозапилення, яке уможливило одержання **чистих ліній**, тобто особин **гомозиготних** за більшістю генів.

*Перший закон Менделя* або **закон одноманітності гібридів першого покоління** формується так:

у першому поколінні від схрещування гомозигот із домінантною та рецесивною ознаками виявляється тільки домінантна ознака.

Таким чином, Г. Мендель запропонував факторіальну гіпотезу спадковості, яка і лягла в основу теорії гена. Так, центральним моментом концепції Г. Менделя була ідея, що алелі в процесах дозрівання статевих клітин розходяться і знову сходяться в момент запліднення. Кожна гамета, утворена генотипом Аа, утримує лише один алель – А або а у чистому стані. Те, що алельні фактори у гетерозиготи не змішуються і в чистому стані розходяться по гаметах, відомо як правило чистоти гамет, сформульоване У. Бетсоном на початку ХХ ст..

*Другий закон Менделя* або **закон розщеплення** формується так:

при схрещуванні гібридів першого покоління у нащадків спостерігається розщеплення фенотипових класів у співвідношенні **3:1**.

*Третій закон Менделя* або **закон незалежного успадкування ознак**: кожна пара альтернативних варіантів ознак успадковується незалежно від інших пар і дає розщеплення **3:1** за кожною з пар (як і при моногібридному схрещуванні). При дигібридному схрещуванні (коли спостереження ведеться за двома ознаками) серед гібридів другого покоління спостерігають розщеплення **9:3:3:1**. Цей закон справедливий лише для ознак, у яких гени, що їх кодують, належать до різних груп зчеплення, тобто знаходяться в різних хромосомах. Закон може виконуватись і для ознак, гени яких знаходяться в одній хромосомі на значній відстані один від одного (не менше 50 морганід). В іншому випадку гени спадкуватимуться зчеплено. Цей закон підтверджується не тільки результатами дигібридного схрещування, але й тригібридного і полігібридного схрещувань. За тригібридного схрещування матимемо накладання трьох моногібридних розщеплень:

А) за фенотипом:  $(3A\_ + 1aa)(3B\_ + 1bb)(3C\_ + 1cc)$ ;



Б) за генотипом:  $(1AA + 2Aa + 1aa)(1BB + 2Bb + 1bb)(1CC + 2Cc + 1cc)$ .

На початку ХХ сторіччя англійський генетик Пеннет запропонував зручну форму для зображення сполучуваності різних класів гамет і отримання на цій основі різних генотипічних класів (зигот) нащадків, використовуючи комбінаційний квадрат (решітку).

При складанні решітки Пеннета до горизонтальних граф записують гамети батька, а до вертикальних – гамети матері. На перетині з'єднання перпендикулярних клітин, розташовуються зиготи нащадків.

Для дигібрида ( $AaBb$ ) **решітка Пеннета** має такий вигляд:

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	Ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AABb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBb	aaBb
Ab	AaBb	Aabb	aaBb	Aabb

**Спадковість** – це властивість батьків передавати свої ознаки і особливості розвитку наступному поколінню. Вона забезпечує певну консервативність живої матерії завдяки наявності матеріальних носіїв спадковості – генів. Успадковування – це процес передачі генів (і відповідно ознак) нащадкам.

**Ген** – одиниця спадковості, що визначає окрему найбільш елементарну ознаку, наприклад, структуру однієї молекули РНК або поліпептиду.

**Мінливість** – це властивість протилежна спадковості. Її суть полягає в змінах структури та комбінацій спадкових задатків – генів і в змінах їх прояву в онтогенезі.

**Генотип** – це сукупність генетичної інформації, яка властива соматичній клітині даного організму.

**Фенотип** – сукупність ознак і властивостей, характерних для даної клітини, або організму.

### *Приклади розв'язання задач*

#### *Задача 1*

*Дано:*

Ген чорної масті у великої рогатої худоби домінує над геном червоної масті. Яке потомство F1 вийде від схрещування чистопородного чорного

бика з червоними коровами? Яке потомство F2 вийде від схрещування між собою гібридів?

*Розв'язання:*

A - ген чорної масті,  
a - ген червоної масті.

Червоні корови несуть рецесивну ознаку, отже, вони гомозиготні за рецесивним геном і їх генотип - aa.

Бик несе домінують ознаку чорної масті і є чистопородним, тобто гомозиготним. Отже, його генотип - AA.

Гомозиготні особини утворюють один тип гамет, тому чорний бик може продукувати лише гамети, що несуть домінують ген A, а червоні корови несуть тільки рецесивний ген a.

Вони можуть поєднуватися тільки одним способом, в результаті чого утворюється однакове покоління F1 з генотипом Aa.

Гетерозиготи з рівною ймовірністю формують гамети, що містять гени A і a. Їх злиття носить випадковий характер, тому в F2 будуть зустрічатися тварини з генотипами AA (25%), Aa (50%) і aa (25%), тобто особини з домінують ознакою становитимуть приблизно 75%.

*Схема схрещування:*

P	♀ aa червоні	×	♂ AA чорні
Гамети	○ a		○ A
F <sub>1</sub>	Aa 100% чорні		
F <sub>1</sub>	♀ Aa чорні	×	♂ Aa чорні
гамети	○ A   ○ a		○ A   ○ a
F <sub>2</sub>	AA   Aa		Aa   aa
	75% чорні		25% червоні

*Відповідь:*

При схрещуванні чистопородного чорного бика з червоними коровами все потомство буде чорного кольору. При схрещуванні між собою гібридів F1 в їх потомстві (F2) буде спостерігатися розщеплення: 3/4 особин буде чорного кольору, 1/4 - червоного.

## Задача 2

При схрещуванні морських свинок ген кучерявості вовни домінує над геном гладкої, ген короткої - над довгою, а чорне забарвлення над білим. Яке буде F1, якщо обидва батьки гетерозиготні за всіма трьома аллелями?

Дано: P: AaBbCc x AaBbCc

1 ознака: А - кучерява вовна, а - гладка вовна,

2 ознака: В - короткої шерсті, в - довгої шерсті,

3 ознака: С - чорне забарвлення, с - біле забарвлення.

F1 - ?

Розв'язання:

Складаємо решітку Пеннета.

♂	ABC	AbC	ABc	aBC	abC	aBc	Abc	abc
ABC	<b>AABBCC</b>	AABbCC	AABBCc	AaBBCC	AaBbCC	AaBBCc	AABbCc	<b>AaBbCc</b>
AbC	<b>AABbCC</b>	AAbbCC	AABbCc	AaBbCC	AabbCC	AaBbCc	AAbbCc	<b>AabbCc</b>
ABc	<b>AABBCc</b>	AABbCc	AABBcc	AaBBCc	AaBbCc	AaBBcc	AABbcc	<b>AaBbcc</b>
aBC	<b>AaBBCC</b>	AaBbCC	AaBBCc	aaBBCC	aaBbCC	aaBBCc	AaBbCc	<b>aaBbCc</b>
abC	<b>AaBBCC</b>	AabbCC	AaBbCc	aaBbCC	aabbCC	aaBbCc	AabbCc	<b>aabbCc</b>
aBc	<b>AaBBCc</b>	AaBbCc	AaBBcc	aaBBCc	aaBbCc	aaBBcc	AaBbcc	<b>aaBbcc</b>
Abc	<b>AABbCc</b>	AAbbCc	AABbcc	AaBbCc	AabbCc	AaBbcc	AAbbcc	<b>Aabbcc</b>
abc	<b>AaBbCc</b>	AabbCc	AaBbcc	aaBbCc	aabbCc	aaBbcc	Aabbcc	<b>aabbcc</b>

Відповідь:

F1: 27 A\_V\_C\_ - чорних з короткою кучерявою шерстю;

9 A\_V\_cc - білих з короткою кучерявою шерстю;

9 A\_bbC\_ - чорних з довгою кучерявою шерстю;

9 aaV\_C\_ - чорних з гладкою короткою шерстю;

3 A\_bbcc - білих з довгою кучерявою шерстю;

3 aaV\_cc - білих з гладкою короткою шерстю;

3 aabbC\_ - чорних з гладкою довгою шерстю;

1 aabbcc - біла з довгою гладкою шерстю.

## **Завдання**

Розв'язати задачі, наведені нижче, та дати відповіді на запитання для самоперевірки.

### **Задача 1**

У золотої рибки розвиток телескопічних очей контролюється рецесивним алелем одного гена. Від схрещування гетерозиготної самки з нормальними очима з самцем, який має телескопічні очі, в першому поколінні, отримали 59 мальків. У якої частини цих мальків мають бути телескопічні очі? Що отримаємо, якщо схрестимо особин з нормальними очима з першого покоління з вихідною самкою?

### **Задача 2**

В реципрокних схрещуваннях світлих коропів з малюнком на шкірі з темними коропами без малюнка в першому поколінні отримали 96 світлих з малюнком і 89 темних з малюнком. Від схрещування риб першого покоління з різним фенотипом в другому поколінні отримали 58 світлих з малюнком, 50 темних з малюнком, 18 темних без малюнків, 15 світлих без малюнка. Від схрещування світлих риб з малюнком з першого покоління між собою отримали: 379 світлих х малюнком, 124 світлих без малюнка, 194 темних з малюнком, 80 темних без малюнка. Загалом 777 риб.

Як успадковуються ознаки? Визначте генотипи риб, яких використали для схрещування. Що отримаємо, якщо схрестити темних з малюнком риб з темними без малюнка з третього покоління?

### **Задача 3**

Незабарвлені печерні риби були схрещені з пофарбованими рибами того ж виду з відкритих водойм. Аналіз другого покоління від цього схрещування показав, що 787 риб були пофарбовані і 278 не пофарбовані. Поясніть генотипи вихідних форм, фенотип і генотип гібридів першого покоління.

## ***Питання для самоперевірки***

1. Що таке генотип?
2. Що таке фенотип?
3. У чому полягає перший закон Менделя?
4. Що таке спадковість?
5. Дайте визначення третього закону Менделя.

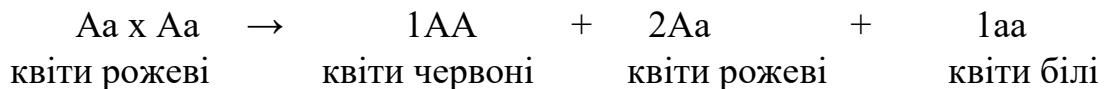
## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

### ТЕМА: УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ НЕПОВНОМУ ДОМІНУВАННІ

#### *Теоретична частина*

При неповному домінуванні гібрид першого покоління має свій власний фенотип, відмінний від фенотипів батьків. Вияв ознак у гетерозигот Аа є проміжним, з більшим або меншим відхиленням від домінантного та рецесивного стану. За проміжного успадкування всі особини першого покоління (Аа) фенотипово одноманітні, як і передбачає перший закон Г. Менделя, а в другому поколінні розщеплення за фенотипом співпадає з розщепленням за генотипом.

Деякі протилежні ознаки знаходяться не у відношенні повного домінування (коли один завжди пригнічує інший у гетерозиготних особин), а щодо **неповного домінування**. Прикладом неповного домінування слугує проміжне рожеве забарвлення пелюсток у гібридів нічної красуні, отриманих схрещуванням червоноквіткових і білокріткових форм. У зв'язку з тим, що гетерозигота Аа за неповного домінування гена А має власний фенотиповий вияв, формули розщеплення за фенотипом і генотипом в другому поколінні співпадають (1:2:1):



Аналогічний тип розщеплення в другому поколінні виявляється у випадку кодомінування генів (наприклад, за успадкування груп крові системи АВО та ін.).

Кодомінування генів призводить до їх одночасного прояву у гетерозигот, завдяки чому останні відрізняються за фенотипом від гомозиготних форм і складають окремий фенотиповий клас.

#### *Завдання*

Розв'язати задачі наведені нижче та дати відповіді на запитання для самоперевірки.

### **Задача 1.**

Забарвлення ягід у полуниці успадковується за правилом неповного домінування. Яке потомство буде від схрещування рослин полуниці з червоними та рожевими ягодами?

### **Задача 2.**

В результаті схрещування двох рослин з рожевими ягодами отримали потомство, в якому 593 рослини мали червоні ягоди. Яка кількість була подібна до батьківських форм?

### **Задача 3.**

У нічної красавки червоне забарвлення квітів (А) неповністю домінує над білим (а). Взаємодія генів Аа дає рожеве забарвлення. Визначте фенотипи та генотипи потомства від схрещування двох рослин з рожевими квітками.

### **Задача 4.**

При схрещуванні двох рослин нічної красавки в потомстві отримані рослини з червоними та рожевими квітками у відношенні 1:1. визначте генотипи та фенотипи вихідних форм.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Що таке неповне домінування?
2. До чого призводить кодомінування генів?
3. Наведіть приклади неповного домінування.
4. Яке розщеплення за генотипом і фенотипом буде спостерігатися при неповному домінуванні?
5. Як пов'язано неповне домінування з першим законом Г. Менделя?
6. Дайте визначення нуклеїновим кислотам?
7. Які існують типи нуклеїнових кислот та яка їх функція?
8. Що є одиницею генетичного коду?
9. Що являє собою дезоксирибонуклеїнова кислота?
10. У чому суть правил Чаргафа?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

### ТЕМА: ЗЧЕПЛЕННЯ ГЕНІВ. КРОСИНГОВЕР

#### *Теоретична частина*

Закон зчепленого успадкування Томас Морган, який відкрив це явище, сформулював таким чином.

Якщо гени знаходяться в одній хромосомі, вони успадковуються разом, утворюючи групу зчеплення;

Сумісне успадкування генів, розташованих в одній хромосомі, називається зчепленим успадкуванням.

Кількість груп зчеплення відповідає гаплоїдному набору хромосом.

Зчеплення генів може порушуватися внаслідок кросинговеру.

Частота кросинговеру між двома генами прямо пропорційна відстані між ними, яка вимірюється в умовних одиницях — морганідах (відстань між генами, за якої кросинговер відбувається з частотою 1%). Кількісно частота кросинговеру між даними генами дорівнює відсотку кросоверних особин, отриманих при аналізуючому схрещуванні, або відсотку кросоверних гамет, які утворює гетерозиготна батьківська особина.

Зчеплення – спільна передача нащадкам генів в тих самих комбінаціях, в яких вони були в батьківських формах. Зчеплення пов'язане з локалізацією генів в одній хромосомі (група зчеплення). Сила зчеплення вимірюється процентом кросоверних гамет в другому поколінні аналізуючого схрещування.

Важливо підкреслити, що повне зчеплення генів у природі явище рідкісне. Переважній більшості генів властиве неповне зчеплення. Пояснюється це тим, що гени батьківської хромосоми можуть переміщуватись у материнську і навпаки. Реципрокний обмін генетичним матеріалом між двома гомологічними хромосомами називають генетичною рекомбінацією. Процес обміну генами або гомологічними ділянками гомологічних хромосом називають ще кросинговером або перехрестям хромосом. Якщо перехрестя хромосом здійснюється в профазі I мейозу, то його називають мейотичним кросинговером. А якщо це відбулося під час мітозу в соматичних клітинах, - це так званий мітотичний або соматичний кросинговер. Хроматиди і хромосоми, які утворюються в процесі кросинговеру внаслідок реципрокних обмінів генетичним матеріалом, називаються кросоверними або рекомбінантними. Зміну частоти перехрестя хромосом під впливом факторів зовнішнього середовища називають індукованим кросинговером.

Морганида являється одиницею відстані між двома генами в одній групі зчеплення, що характеризується частотою кросинговера в 1%. Чим більша відстань між генами, тим менша сила зчеплення, і навпаки.

### Приклади розв'язання задач

#### Задача

У томата довге стебло домінує над коротким, а округла форма плодів - над сливовидною. Обидва гени, що контролюють ці ознаки, розташовані на відстані 20 морганід. Яке потомство можна очікувати при схрещуванні дигетерозиготної рослини і карликової рослини зі сливовидними плодами.

Дано: А – висока рослина, В – округлі плоди.

а – карликова рослина, b – сливовидні плоди.

F<sub>1</sub> - ?

Розв'язання:

За умовою задачі гени зчеплені, тому вони успадковуються разом. Але зчеплення неповне, тобто між ними виникає кросинговер з частотою 20 %, що відповідає відстані 20 морганід (1 морганіда = 1 % кросинговера). Відповідно, некросоверні гамети складають 80 %, а кросинговерні – 20 %.

Дигетерозиготна рослина має фенотип: висока рослина та округлі плоди; генотип: АаВв. Якщо в умові не уточнюється, від якого з батьків отримані відповідні гени, тоді можливі два випадки:

А) АВ//ab – домінантні гени отримані від одного з батьків (кросинговер втсутній).

Б) Ab//aB – домінантні гени отримані від різних організмів (має місце кросинговер).

Розглянемо обидва випадки:

А) P ♀ АВ//ab x ♂ ab// ab (карликова рослина з сливовидними плодами є гомозиготною за двома рецесивними генами).

♂	F <sub>1</sub>	ab 100 %
♀	40 % АВ	АаВв – висока рослина, округлі плоди
	40 % ab	аabb – карликова рослина, сливовидні плоди
	10% Ab	Аabb – висока рослина, сливовидні плоди
	10% aB	aaBb – карликова рослина, округлі плоди

Гамети АВ і ab є некросоверними та складають 80 % (по 40 % кожна), Ab і aB є результатом кросинговера і складають 20 % (по 10 % кожна).



*Відповідь:* в потомстві даного схрещування будуть отримані рослини в наступному співвідношенні: 40 % - високі, з округлими плодами, 40% - карликові, з сливовидними плодами, 10 % - високі, з сливовидними плодами, 10 % - карликові, з округлими плодами.

Б)  $P \text{ } \text{♀} \text{ } Ab//aB \times \text{♂} \text{ } ab//ab$  (карликова рослина зі сливовидними плодами є гомозиготною за двома рецесивними генами).

$F_1$ ♀ \text{ } ♂	<b>ab 100 %</b>
40 % Ab	<b>Aabb – висока рослина, сливовидні плоди</b>
40 % aB	<b>aaBb – карликова рослина, округлі плоди</b>
10% AB	<b>AaBb – висока рослина, округлі плоди</b>
<b>10% ab</b>	<b>aabb – карликова рослина, сливовидні плоди</b>

В даному випадку гамети Ab і aB є некросинговерними, AB і ab – кросинговерними.

*Відповідь:* в потомстві будуть отримані рослини в наступному співвідношенні: 40 % - високі рослини, сливовидні плоди, 40 % - карликові рослини, округлі плоди, 10 % - високі рослини, округлі плоди, 10 % - карликові рослини, сливовидні плоди.

### **Завдання**

Розв'язати задачі наведені нижче та дати відповіді на запитання для самоперевірки.

#### **Задача 1.**

У томатів високий зріст домінує над карликовим, куляста форма плодів - над грушоподібною. Гени, відповідальні за ці ознаки, знаходяться в зчепленому стані на відстані 5,8 морганід. Схрестили дигетерозиготну рослину і карликову з грушоподібними плодами. Яким буде потомство?

#### **Задача 2.**

Ген росту у людини і ген, що визначає кількість пальців на кінцівках, знаходяться в одній групі зчеплення на відстані 8 морганід.

Нормальний ріст і п'ять пальців на кистях рук є рецесивними ознаками. Високий зріст і полідактилія (шестипалість) проявляються за аутосомно-домінантним типом.

Дружина має нормальний ріст і по п'ять пальців на руці. Чоловік гетерозиготен за двома парами алелей, причому ген високого зросту він успадкував від батька, а ген шестипалості від матері.

Визначити в потомстві процентне співвідношення ймовірних фенотипів.

### **Задача 3.**

Дигетерозиготна рослина гороху зі гладким насінням і вусиками схрестили з рослиною з зморшкуватими насінням без вусиків. Відомо, що обидва домінантних гена (гладке насіння і наявність вусиків) локалізовані в одній хромосомі, кросинговеру не відбувається. Складіть схему рішення задачі. Визначте генотипи батьків, фенотипи і генотипи потомства, співвідношення особин з різними генотипами і фенотипами. Який закон при цьому проявляється?

### ***Питання для самоперевірки***

1. Що таке зчеплення?
2. Хто сформулював закон зчепленого успадкування?
3. Що таке генетична рекомбінація?
4. Дайте визначення терміна «кросинговер».
5. Які хромосоми і хроматиди називають кросоверними?
6. Що відноситься до реакцій матричного типу?
7. Що являє собою рибонуклеїнова кислота?
8. Які типи РНК Вам відомі?
9. Який процес у ядрі передуює біосинтезу білка?
10. Які етапи біосинтезу білка Вам відомі?
11. Роль рибосом у біосинтезі білка?
12. У чому значення і-РНК у біосинтезі білка?
13. Яка функція т-РНК у біосинтезі білка?
14. Генетичний код і його властивості.
15. Дайте визначення гена та охарактеризуйте його основні властивості?
16. Класифікація генів.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### ТЕМА: СТАТЬ І ЗЧЕПЛЕНЕ ЗІ СТАТТЮ УСПАДКУВАННЯ

#### *Теоретична частина*

**Генетика статі** – це наука про генетичні закономірності визначення первинних і вторинних статевих ознак в онтогенезі, про регулювання чисельного співвідношення особин різної статі та шляхи раннього прогнозування статі.

У залежності від статі онтогенезу, на якій визначається стать, розрізняють програмний, сингамний та епігамний типи визначення статі.

Стать особин визначає хромосомний набір. У самця і самки всі пари хромосом, крім однієї, однакові. Хромосоми, за якими відрізняють самця від самки, називають статевими, решту хромосом — аутосомами. У дрозофіли 4 пари хромосом — 3 пари аутосом і 1 пара статевих хромосом, у людини 23 пари — 22 пари аутосом і 1 пара статевих хромосом.

Статеві хромосоми бувають двох типів: X і Y. Стать визначається їхнім сполученням: XX або XY. Стать, що визначається наявністю одного типу хромосом, називається гомогаметною. Гомогаметні особини утворюють один тип гамет, що несуть тільки X-хромосоми. Стать, що визначається наявністю двох типів хромосом, називається гетерогаметною. Гетерогаметні особини утворюють два типи гамет, які несуть X- і Y-хромосоми. Y-хромосома являє собою X-хромосому, яка втратила одне плече, і тому гени, локалізовані в тому плечі X-хромосоми, яке відповідає втраченому плечу Y-хромосоми, можуть проявлятися у рецесивному стані, оскільки алельних генів у Y-хромосомі немає.

У більшості організмів (людини, ссавців, рептилій, амфібій, мух та ін.) жіноча стать гомогаметна (XX), чоловіча — гетерогаметна (XY). У птахів, деяких риб, метеликів самці гомогаметні (XX), а самки гетерогаметні (XY). У деяких випадках стать визначається відсутністю однієї хромосоми (Y) у парі. У прямокрилих, павуків, жуків самки мають набір XX, а самці — XY набір хромосом.

Розщеплення за ознакою статі у популяціях будь-якого виду однакове і відбувається у співвідношенні 1 : 1.

Успадкування, зчеплене зі статтю, пов'язане з тим, що ряд ознак визначається генами, які лежать у статевих хромосомах. Наприклад, черепахове забарвлення шерсті в котів виникає внаслідок взаємодії домінантного й рецесивного генів, локалізованих в X-хромосомі, домінантний ген визначає чорне, а рецесивний — руде забарвлення шерсті.

Черепашове забарвлення шерсті зустрічається лише в кішок. Коти ж бувають лише чорними або рудими, оскільки в їх геномі може бути присутній лише один з даної пари алельних генів, який локалізується в Х-хромосомі. Зчеплено зі статтю успадковуються такі хвороби людини, як гемофілія та дальтонізм. Наприклад, у людини ген дальтонізму знаходиться в Х-хромосомі і є рецесивним. Носієм його може бути жінка, а прояв ознаки спостерігається у чоловіків.

Позахромосомним успадкуванням називають процес передачі нащадкам спадкових детермінантів нехромосомними структурами клітин.

Цитоплазматична спадковість — спосіб передавання генетичної інформації структурними елементами цитоплазми. Явище цитоплазматичної спадковості відкрив К. Корренс у 1908 р. В клітинах еукаріотів є органели, які містять ДНК, — мітохондрії і хлоропласти. Ця ДНК зумовлює формування ознак організму. При цьому успадковуються тільки гени, які містяться у цитоплазмі яйцеклітини.

Сукупність генів, що знаходяться в цитоплазмі еукаріотної клітини, називають плазмоном або плазмотипом.

Роль цитоплазми в спадковості не обмежується наявністю в ній власних генів, - цитоплазма істотно впливає на реалізацію генетичної інформації хромосом. Ще одна роль цитоплазми в явищі спадковості – так званий материнський ефект. Його суть в тому, що властивості цитоплазми яйцеклітини формуються під контролем материнського генотипу.

Характерними рисами і критеріями позахромосомного успадкування є:

1. відсутність менделівського розщеплення на рівні тетрад, а також аналізуючих та інших схрещувань;
2. невідповідність результатів реципрокних схрещувань;
3. наявність материнського типу успадкування;
4. незалежність успадкування ознак від наявності тих чи інших хромосом ядра; зміна в зиготі всіх батьківських хромосом материнськими чи навпаки не впливає на фенотип нащадків, в той час як заміна цитоплазми має вирішальне значення;
5. наявність постзиготичних розщеплень, генетичної рекомбінації і вищеплення гаплоїдних сегрегантів за мітотичних поділів клітин, гетерозиготних по генах органел цитоплазми.

### *Приклад розв'язання задач*

Гемофілія у людини успадковується як рецесивна ознака зчеплена зі статтю. Чоловік, що страждає на гемофілію, одружується з нормальною

жінкою, батько якої страждав на гемофілію. Визначити вірогідність народження в цій родині здорових дітей.

Дано: Н – відсутність гемофілії;

h – гемофілія;

F<sub>1</sub> - ?

Розв'язання:

За умовою задачі чоловік страждає на гемофілію і має генотип  $X^hY$ . Стосовно жінки, яка здорова, теоретично вона може бути гетерозиготною чи гомозиготною за домінантною ознакою. Враховуючи, що її батько страждав на гемофілію і вона отримала від нього рецесивний ген гемофілії, вона є гетерозиготною носійкою та має генотип  $X^H X^h$ .

Запишемо схему схрещування:

P ♀  $X^H X^h$  x ♂  $X^h Y$

F<sub>1</sub>

	$X^h$	$Y$
$X^H$	$X^H X^h$	$X^H Y$
$X^h$	$X^h X^h$	$X^h Y$

Відповідь: вірогідність народження здорових дітей складає 50 % (25 % гетерозиготних дівчаток і 25 % хлопчиків).

### Завдання

Розв'язати задачі наведені нижче та дати відповіді на запитання для самоперевірки.

#### Задача 1.

У людини ген альбінізму знаходиться в аутосомах, тому успадкування цієї ознаки не зчеплене зі статтю (А – норма, а - альбінізм), а ген гемофілії знаходиться в статевих хромосомах, ця ознака зчеплена зі статтю (Н – норма, h - гемофілія). Визначте можливі генотипи і фенотипи дітей від шлюбу зовнішньо нормальної за обома ознаками жінки, але носійкою генів альбінізму та гемофілії, та чоловіка, нормального по гену гемофілії, але альбіноса.

#### Задача 2.

У дрозофіли довгі крила визначаються геном  $vg^+$ , короткі -  $vg$ ; жовте тіло -  $y$ , сіре -  $y^+$ , жовтотілого короткокрилого самця схрещують з сіротілою довгокрилою самкою. В F<sub>1</sub> всі мухи сіротілі і довгокрилі. В F<sub>2</sub> отримано розщеплення: 58 самок сіротілих довгокрилих і 21 сіротілих короткокрилих, 29 самців сіротілих довгокрилих, 11 сіротілих

короткокрилих, 9 жовтотілих короткокрилих і 32 жовтотілих довгокрилих. Поясніть отримані результати.

### **Задача 3.**

Жіночу рослину дрімоти, що має вузьке листя, запилюють пилком чоловічої рослини з нормальними листям. В F1 жіночі рослини мають листя нормальні, а чоловічі - вузькі. Яке вийде потомство, якщо квітки жіночих рослин F1 запилюти пилком чоловічої рослини, аналогічним батьківському?

### **Задача 4.**

У кішок жовте забарвлення шерсті визначається домінантним геном В, чорне - b. Гетерозигота Вb має черепахове забарвлення шерсті. Ген В зчеплений зі статтю. Які можуть бути кошенята, якщо кіт чорний, а кішка жовта? Якщо кіт чорний, а кішка черепахова? Чи може кіт мати черепахове забарвлення?

### **Задача 5.**

У курей смугасте забарвлення оперіння визначається домінантним зчепленим зі статтю геном В, чорне - b, темне забарвлення шкіри залежить від аутосомного гена S, біле – s; розовидний гребінь – R, листовидний – r. Аутосомний ген С в гетерозиготному стані (Сс) зумовлює коротконогих, а в гомозиготному (СС) має летальний ефект, рецесивная гомозигота (сс) має нормальну довжину ніг.

а) Півень чорний темношкірий з листовидним гребенем; курка смугаста білошкіра з листовидним гребенем. Які можуть бути курчата?

б) Чорний темношкірий півень з розовидний гребенем схрещений із смугастою темношкірою куркою, яка має листовидний гребінь. Серед курчат 6 смугастих темношкірих півників, 2 смугастих білошкірих півника, 5 чорних темношкірих курочок і 2 чорні білошкірі курочки. Всі курчата з розовидним гребенем. Які генотипи батьків?

### ***Питання для самоперевірки***

1. Що вивчає генетика статі?
2. Що таке позахромосомне успадкування?
3. Дайте визначення цитоплазматичній спадковості.
4. У чому полягає суть материнського ефекту?
5. Назвіть типи визначення статі.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### ТЕМА: ГЕНЕТИЧНІ ЗАСАДИ МІНЛИВОСТІ

#### *Теоретична частина*

**Мінливість** — здатність живих організмів набувати нових ознак, відмінних від предків, та їх станів у процесі індивідуального розвитку. Розрізняють кілька типів мінливості:

1. спадкову (генотипну) і неспадкову (фенотипну);
2. індивідуальну (відмінність між окремими особинами) і групову (між групами особин, наприклад, різними популяціями даного виду). Групова мінливість є похідною від індивідуальної;
3. якісну і кількісну;
4. спрямовану і неспрямовану.

**Мінливість** є процесом, протилежним спадковості. Вона забезпечує появу нових ознак та їх станів, завдяки чому утворюються нові види і відбувається історичний розвиток біосфери в цілому.

**Спадкова мінливість** — мінливість, яка характеризується зміною генотипу внаслідок мутацій або перекомбінації генів під час злиття гамет при заплідненні тощо. Зміни, викликані спадковою мінливістю, успадковуються. Спадкова мінливість буває комбінативною та мутаційною.

**Комбінативна мінливість** — мінливість, яка характеризується рекомбінацією генів під час злиття гамет. Її основними причинами є:

- незалежне розходження хромосом під час мейозу;
- випадкове поєднання хромосом під час запліднення;
- рекомбінація генів під час кросинговеру.

Спадкові фактори при цьому не змінюються, виникають лише нові сполучення між ними, що призводить до виникнення організмів з новими фенотипами,

#### **Мутаційна мінливість**

**Мутаційна мінливість** — мінливість, зумовлена зміною генотипу та реорганізацією відтворювальних структур клітини. Властивостями мутацій є їх раптовість, неспрямованість, неодноразовість. Мутації виникають внаслідок впливу на організм мутагенів. Розрізняють фізичні (радіація), хімічні (гербіциди) та біологічні (віруси) мутагени. Класифікація мутацій:

- геномні (зміна кількості хромосом);
- поліплоїдія — зміна кількості хромосом, кратна гаплоїдній,  $3n$ ,  $4n$ ,  $5n$  тощо (у рослин у зв'язку з вегетативним розмноженням);

- гетероплоїдія — зміна кількості хромосом, некратна гаплоїдній,  $2n + 1$  тощо ( $2n + 1$  — синдром Клайнфельтера,  $2n - 1$  — синдром Дауна);
- хромосомні (зміна структури хромосом);
- делеція — випадіння ділянки хромосоми (втрата певних спадкових властивостей);
- дуплікація — подвоєння ділянки хромосоми;
- інверсія — поворот ділянки хромосоми на  $180^\circ$ ;
- транслокація 4- перенесення ділянки хромосоми на іншу хромосому;
- генні (зачіпання структури гена — мутону — ділянки, що складається з двох нуклеотидів).

### **Неспадкова (модифікаційна) мінливість**

**Модифікаційна мінливість** — мінливість, що характеризується зміною фенотипу під дією умов навколишнього середовища. Зміни мають адаптивний характер. Модифікаційна мінливість зумовлена реакцією генотипу на навколишнє середовище — нормою реакції. Внаслідок цього відбувається зміна інтенсивності ферментативних реакцій (посилюється біосинтез певних білків), що зумовлює формування певних адаптацій до навколишнього середовища (приклад: засмага). Норма реакції генетично детермінована, а отже, якщо під дією навколишнього середовища вона розширюється, зміни у межах норми реакції успадковуються. Самі зміни у фенотипі не успадковуються. Кожен вид має межі норми реакції. Наприклад, особину певного виду не можна вигодувати до маси, що набагато перевершуватиме середньостатичну масу для цього виду.

### **Основні відмінності мутацій і модифікацій**

<b>№ з/п</b>	<b>Особливості мутацій</b>	<b>Особливості модифікацій</b>
1.	Невизначеність	Визначеність
2.	Вираженість змін не залежить від сили і тривалості дії фактора, викликає мутації	Ступінь змін фенотипу прямо пропорційний силі і тривалості впливу провокуючого фактора
3.	Не мають безпосереднього адаптивного значення. Інколи можуть бути корисними, але лише випадково	У переважній більшості мають адаптивне значення в межах норми реакції генотипу. Виключенням з цього правила є переважна більшість морфозів
4.	Константні (не зникають протягом життя особини)	Не стійкі. Як правило, зникають протягом життя особини. Виняток – тривалі модифікації
5.	Успадковуються	Не успадковуються



### ***Властивості мутацій:***

1. Мутації виникають раптово, стрибкоподібно.
2. Мутації успадковуються, тобто передаються від покоління до покоління.
3. Мутації ненаправлені – зазнавати мутації може будь-який локус, викликаючи зміни як незначних, так і життєво важливих ознак.
4. Одні і ті ж мутації можуть виникати повторно.
5. За проявом мутації можуть бути корисними і шкідливими, домінантними і рецесивними.

### **Класифікація мутацій**

#### ***I. За проявами у фенотипі розрізняють:***

- морфологічні (зміни в будові);
- фізіологічні (зміни в процесі життєдіяльності);
- біохімічні (зміни в хімічному складі).

#### ***II. За місцем виникнення:***

- соматичні (у клітинах тіла);
- генеративні (у статевих клітинах).

#### ***III. За значенням для організму:***

- умовно корисні;
- нейтральні;
- шкідливі (летальні та напівлетальні).

#### ***IV. За проявом у генотипі:***

- домінантні;
- рецесивні (більшість).

#### ***V. За локалізацією в клітині:***

- ядерні;
- цитоплазматичні.

#### ***VI. За способом виникнення:***

- спонтанні (мимовільні);
- індуковані.

#### ***VII. За змінами у генотипі:***

- **генні** (випадання кодону, зайвий кодон, випадання нуклеотиду, перестановка нуклеотиду, перестановка кодону);
- **хромосомні** (делеції – нестача частини хромосоми, дуплікації – подвоєння ділянки хромосоми, інверсії – перестановка частини хромосоми, транслокації – перенесення частини хромосоми на іншу хромосому);

- **геномні** (поліплоїдія – кратне збільшення галоїдного набору хромосом, гаплоїдія – зменшення кількості хромосом удвічі, анеуплоїдія – нестача однієї хромосоми або наявність зайвої).

Однією з умов успішного проведення генетичного аналізу є наявність ефективних методів виявлення мутацій. Аналіз мутацій є способом вивчення як мінливості, так і спадковості, тому удосконалення методичних підходів щодо виявлення і дослідження мутантних форм будь – яких організмів має величезне значення для розвитку всієї генетики.

Методи виявлення мутацій повинні бути різними залежно від особливостей об'єкта - головним чином способу розмноження організмів. Характер прояву мутацій також визначає методи їх виявлення. Деякі видимі морфологічні зміни можна враховувати досить точно, наскільки більш складним є визначення фізіологічних і біохімічних змін у багатоклітинних організмів. Найлегше виявляються видимі домінантні мутації, які можуть проявлятися в гетерозиготному стані в першому ж поколінні, важче аналізувати рецесивні мутації, їх необхідно переводити в гомозиготний стан. Для виявлення останніх потрібен спеціальний генетичний аналіз в ряду поколінь. Для добре вивчених в генетичному плані об'єктів (дрозофіла, кукурудза, ряд мікроорганізмів) з встановленими групами зчеплення вивчення нової мутації проводити досить легко. Для цих об'єктів розроблені спеціальні методики обліку частот мутацій.

*В основу методів виявлення мутацій покладені наступні принципи:*

1. виявити рецесивну мутацію можна, перевіривши її в гомо- чи гемізіготній стан.
2. врахувати правильну частоту виникнення мутацій можна лише за умови відсутності кросинговеру у гетерозиготних особин.

Для ссавців (миша, кролик, собака, свиня і ін.) найбільш задовільно розроблена методика обліку частоти виникнення домінантних летальних мутацій. Про частоту мутацій судять за різницею між числом жовтих тіл в яєчнику і ембріонів, що розвиваються у розкритій вагітності самки. Облік частоти виникнення мутацій у людини дуже утруднений, проте генеалогічний аналіз, тобто аналіз родоводів, дозволяє встановлювати виникнення нових мутацій. Якщо в родоводі подружжя протягом декількох поколінь не зустрічалась якась ознака, а в одного з дітей вона з'явилась і стала стійко передаватися наступним поколінням, то можна говорити про виникнення мутації в гаметі одного з цього подружжя. Облік частоти хромосомних перебудов певного типу можна проводити використовуючи цитологічні методи.

## **Завдання**

**Провести відбір крові у риб для аналізу згідно з такою схемою:**

### **Відбір крові у риб для аналізу.**

Кров для дослідження беруть з хвостової вени (при відрізання хвостового плавника) або з серця. Луску на місці взяття крові злущують скальпелем, шкіру витирають від слизу і дезинфікують 70% -м спиртом. Кров насмоктують в пастерівську піпетку, потім переносять на часове скло і швидко відбирають кількість, необхідну для гематологічних досліджень. Або ж краплі крові збирають в стерильну пробірку з консервантом у співвідношенні 1:10.

Зразки, зафіксовані і перезалиті етанолом, можуть зберігатися при кімнатній температурі протягом 30 і більше діб. Для більш тривалого зберігання їх слід помістити в свіжий спиртовий розчин (не нижче 92%) у співвідношенні спирт / зразок 5/1.

Зразки крові, зафіксовані 0,5 М ЕДТА, зберігають у холодильнику протягом 30 діб при низьких плюсових (2-4 ° С) температурах, але зразок не повинен піддаватися заморожуванню.

Після заморожування всі зразки зберігають у холодильнику при негативних (не вище -50 ° С) температурах без розморожування. Але не довше 90 діб. Для більш тривалого зберігання придатні кельвінатори, що підтримують температуру нижче -50 ° С, а також рідкоазотні сосуди Дюара.

### **Виділення ДНК з крові.**

Зразки свіжої крові, законсервовані в 0,05 М розчині ЕДТА (рН 8.0), зберігають при температурі + 4 ° С. Виділення ядерної ДНК проводили за методом Метью (Mathew, 1984). Виділення ДНК полягає в послідовному проходженні наступних фаз: лізис клітин і ядер, депротейнізація ДНК за допомогою протеїнази К, фенол-хлороформних депротейнізація, осадження і розчинення ДНК. Для отримання більш очищених зразків ДНК проводять додаткове очищення за допомогою набору реагентів D1Atom Prep 200 (Москва), заснованого на використанні лізуючого реагенту з гуанідинтіоціанатом, в присутності якого ДНК сорбує на сорбенті і відмивається потім розчином Екстра-Гена.

### **Депротейнізація ДНК.**

У пробірку з сумішшю, що містить лізовані ядра, додають 0,3 мл 5 М ацетату натрію або 0,3 мл 5 М ацетату амонію, або 0,5 мл 3 М перхлората натрію і обережно перемішують. До суміші додають рівний об'єм фенолу, насиченого трис-НСІ (рН > 7,6), плавно перемішують 5 хвилин і доливають

5 мл водонасиченого хлороформу, знову плавно перемішують 5 хвилин і центрифугують при 4 ° С протягом 20 хвилин (2000 g). Верхню фазу з розчищеною ДНК відбирають піпеткою, намагаючись не захоплювати інтерфазу, що містить білки. Фенол – хлороформна депротейнізація повторюється 2-3 рази до повного очищення розчину ДНК від білків. На наступній стадії до відібраного супернатанту додають 10 мл водонасиченого хлороформу, плавно перемішують 5 хвилин і центрифугують протягом 10 хвилин (2000 g) і відбирають верхню фазу з розчищеною у ній ДНК.

Осадження ДНК.

До 1 мл розчищеної ДНК доливають 20 мкл 5 М ацетату натрію і обережно перемішують. Потім додають потрібний обсяг 96 ° етанолу і плавно перемішують до випадання ДНК у вигляді тонких білих ниток або білого осаду. ДНК одноразово промивають в 70 ° етанолі для видалення надлишку солі, потім - в 90 ° етанолі. На наступному етапі спирт зливають, ДНК висушують на повітрі до повного випаровування спирту. Висушену ДНК розчиняють в 100 мкл дистильованої води.

Проби віддають до генетичної лабораторії.

### *Питання для самоперевірки*

1. Що таке мінливість?
2. Назвіть типи мінливості.
3. Дайте класифікацію мінливості.
4. Що таке модифікація?
5. Які основні відмінності мутацій і модифікацій?
6. Що таке комплементарна дія генів?
7. Які гени називаються зчепленими?
8. Що називають групами зчеплення?
9. Що таке кросинговер?
10. Що називають генетичною картою хромосом?
11. Який вчений є автором хромосомної теорії спадковості?
12. Які особини називаються нерекомбінантними, а які – рекомбінантними?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

### ТЕМА: ХРОМОСОМНА ТЕОРІЯ СПАДКОВОСТІ

#### *Теоретична частина*

Хромосомну теорію спадковості сформулював Т. Х. Морган за результатами своїх досліджень. За її допомогою було з'ясовано, чому в певних випадках успадкування тих чи інших ознак відхиляється від законів спадковості, встановлених Г. Менделем.

Доказ хромосомної теорії спадковості було отримано в 1913 американським генетиком Д. Бріджесом, що відкрив нерозходження хромосом в процесі мейозу у самок дрозофіли і відзначив, що порушення в розподілі статевих хромосом супроводиться змінами в успадкуванні ознак, зчеплених зі статтю.

Хромосомна теорія спадковості пояснює закономірності успадкування ознак у тварин і рослинних організмів, грає важливу роль в сільськогосподарській науці і практиці. Вона озброює селекціонерів методами виведення порід тварин і сортів рослин із заданими властивостями. Деякі положення хромосомну теорії спадковості дозволяють раціональніше вести сільськогосподарське виробництво. Так, явище зчепленого зі статтю успадкування ряду ознак в сільськогосподарських тварин дозволило виявити методи штучного регулювання статі в тутового шовкопряда, вибракувувати кокони менш продуктивної статі, способи розділення курчат за ознакою статі відповідно до досліджень клоаки — відбракувати півники і т.п. Найважливіше значення для підвищення врожайності багатьох сільськогосподарських культур має використання поліплоїдії. На знанні закономірностей хромосомних перебудов ґрунтується вивчення спадкових захворювань людини.

Хромосомна теорія спадковості – основна теорія генетики, за якою матеріальними носіями спадковості є хромосоми, в яких лінійно розташовані гени. Її положення, вперше встановлені на дрозофілі, виявилися прийнятними і для людини. За розробку хромосомної теорії спадковості Т.Морган одержав Нобелівську премію (1933).

*Основні положення хромосомної теорії спадковості:*

- гени розташовані в хромосомах у лінійному порядку;
- різні хромосоми мають неоднакові набори генів, тобто кожна з негомологічних хромосом має свій унікальний набір генів;
- кожен ген займає у хромосомі певну ділянку; алельні гени займають у гомологічних хромосомах однакові ділянки;

- усі гени однієї хромосоми утворюють групу зчеплення, завдяки чому деякі ознаки успадковуються зчеплено; сила зчеплення між двома генами, розташованими в одній хромосомі, обернено пропорційна відстані між ними;
- зчеплення між генами однієї групи порушується внаслідок обміну ділянками гомологічних хромосом у профазі першого мейотичного поділу (процес кросинговеру);
- кожен біологічний вид характеризується певним набором хромосом (каріотипом) — кількістю та особливостями будови окремих хромосом.

В 20-30 р.р. ХХ ст., ген уявлявся як одиниця функції, мутації і рекомбінації (тріада Моргана), тобто як неподільна структура.

Спадкові фактори, які Мендель вперше позначив буквами А і а, визначають пару альтернативних ознак. В. Бетсон в 1902 р. запропонував назвати цю пару ознак алелеморфною парою, а саме явище наявності альтернативних ознак – алелеморфізмом. В. Йогансен пізніше змінив цей термін на «алелізм», а окремий фактор цієї пари ознак назвав «алелем».

Критерії алелізму:

- рекомбінаційний критерій алелізму базується на тому принципі, що якщо мутації не рекомбінують (не призводять до появи у нащадків  $F_2$  дикого фенотипу сумісного знаходження цих мутацій у генотипі гібриду  $F_1$ ), то вони алельні, тобто це мутації одного і того ж гена.
- функціональний критерій або тест на комплементарність мутантних генів ґрунтувався на тому, що поєднання в гетерозиготі двох різних мутантних генів супроводжується появою в  $F_1$  дикого фенотипу, в той час як наявність у батьківських форм мутацій в одному і тому ж гені призводить, як правило, до збереження мутантного фенотипу у гібридів  $F_1$ .

### *Приклад розрахунку*

#### **Задача.**

Які фенотипи і в якому співвідношенні можуть виникнути при реципрокних схрещуваннях двох трисомік Ааа і ААа за умови повного домінування; слід враховувати, що у батьківських рослин життєздатні лише гаплоїдні гамети.

*Розв'язання:*

Пряме схрещування: ♀ Ааа x ♂ ААа

Материнська рослина може утворювати чотири, а батьківська – два типи гамет в наступному співвідношенні:

	2Аа	2а	А	аа
2А	4ААа	4Аа	2АА	2Ааа
а	2Ааа	2аа	Аа	ааа

Співвідношення фенотипів у потомстві: 17А : 1а.

Зворотнє схрещування: ♀ ААа х ♂ Ааа.

Материнська рослина може утворювати чотири, а батьківська – два типи гамет в наступному співвідношенні:

	2Аа	2а	АА	а
2аа	4Аааа	4Ааа	2ААаа	2ааа
А	2ААа	2АА	ААА	Аа

Співвідношення фенотипів у потомстві: 8А : 1а.

### **Завдання**

Розв'язати задачі наведені нижче та дати відповіді на запитання для самоперевірки.

#### **Задача 1.**

Яке співвідношення фенотипів ви можете одержати в потомстві, вирощеному в результаті самозапилення автотатраплоїда АаааВВbb, якщо має місце незалежне успадковування, повне домінування за обома генами та випадкове хромосомне розщеплення?

#### **Задача 2.**

Які фенотипи і в якому співвідношенні можуть виникнути при реципрокних схрещуваннях трисомиків з генотипом ААа за умови повного домінування; слід враховувати, що у батьківських рослин життєздатні лише гаплоїдні гамети.

#### **Задача 3.**

Схрещуються два автотетраплоїдні рослини з генотипами АААА і аааа. Визначте колір квітки в F<sub>1</sub> і розщеплення за фенотипом в F<sub>2</sub>, якщо має місце кумулятивна дія алелей і випадкове хромосомне розщеплення. АААА – темно – червоний колір квітки, АААа – червоний, Аааа – світло - червоний, Аааа – рожевий і аааа – білий.

### **Питання для самоперевірки**

1. Дайте визначення хромосомної теорії спадковості.
2. Що таке алелізм?
3. Хто сформулював хромосомну теорію спадковості?
4. Назвіть критерії алелізму.
5. Назвіть тріаду Моргана.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

### ТЕМА: МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ

#### *Теоретична частина*

Молекулярні основи спадковості становлять нуклеїнові кислоти - ДНК (у всіх мікробів, одноклітинних, рослинних організмів, комах, тварин) та РНК (у деяких вірусів, зокрема онкогенних). Саме в цих великих біополімерах за допомогою єдиної мови, алфавіт якої складають 4 літери - нуклеозиди, записана генетична інформація живих істот. У ДНК інформація викладена чергуванням аденіну (А), тиміну (Т), гуаніну (Г) та цитозину (Ц), які утворюють певні послідовності, зв'язуючись залишками дезоксирибози та фосфором в одноланцюгову молекулу. Потім два комплементарні один одному ланцюги утворюють водневі зв'язки: аденін-тимін (АТ) та гуанін-цитозин (ГЦ), які закручуються й утворюють подвійну спіраль, переважно правогвинтову, одночасно біологічну та інформаційну, «змійні сходи»). Молекула РНК має односпіральну структуру. До її складу замість тиміну входить урацил (У), а замість залишку дезоксирибози - рибоза (хімічно дещо інша пентоза).

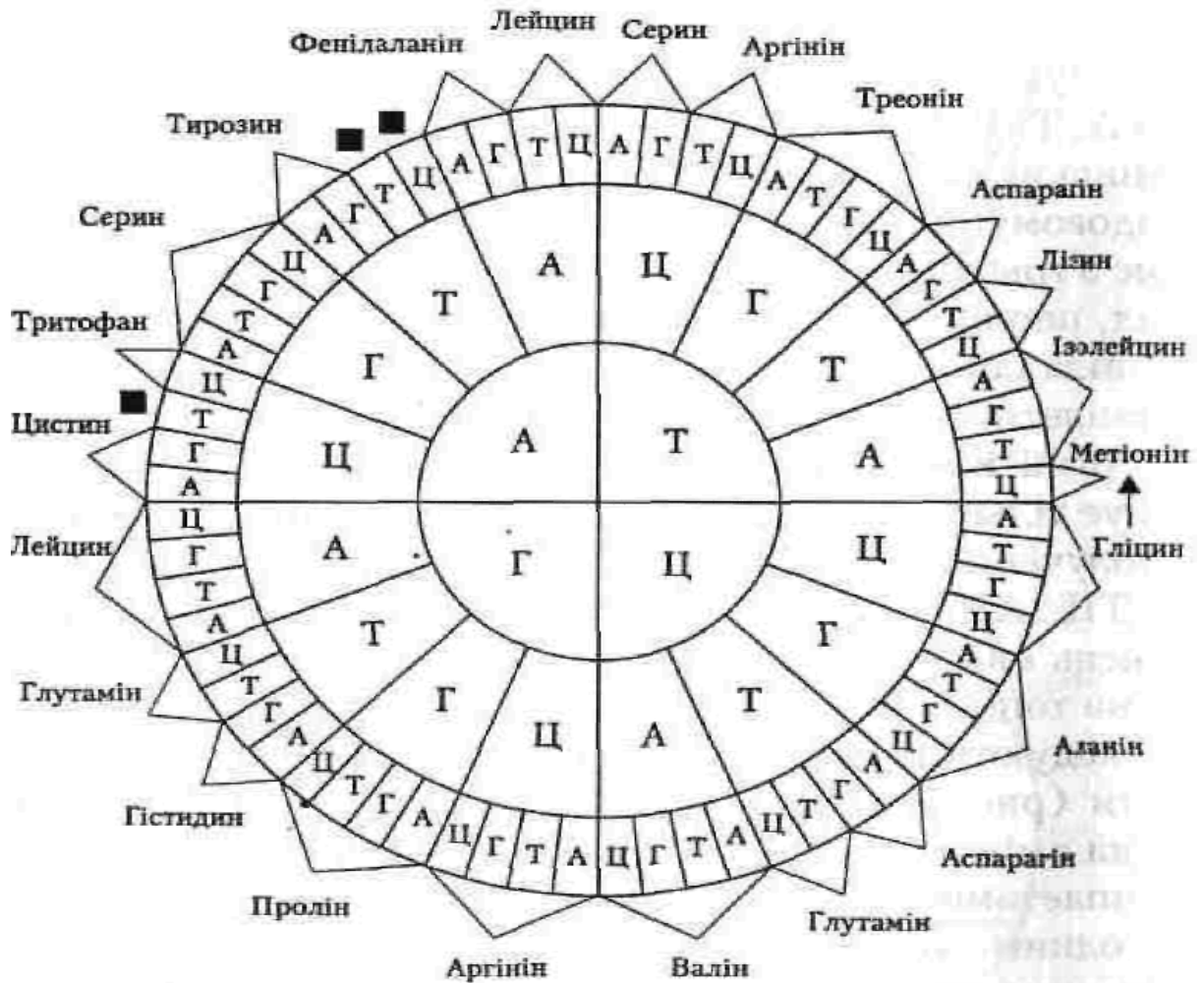
Молекула нуклеїнової кислоти (НК) має здатність до розмноження, подвоєння або реплікації. Розмножуються, тиражуються не білки, а нуклеїнові кислоти. За наявності необхідних компонентів та відповідних ферментів на матриці кожної нитки двоспиральної ДНК (після їх роз'єднання) синтезується комплементарний ланцюг нової ДНК. Реплікація має напівконсервативний, матричний характер. У кожній двоспиральній молекулі міститься і материнський (старий), і дочірній (новий) ланцюг нуклеотидів.

На рівні одноклітинних організмів немає смерті від старості. Цей механізм забезпечує стабільність генетичної інформації, її збереження при процесі передачі нащадкам.

Під час реалізації генетичної інформації відбувається декодування: мова нуклеїнових кислот (чотири літери А, Т, Г, Ц) має бути перекладена на мову білків (20 амінокислот, умовно 20 літер). Це можливо завдяки кодовому принципу: одній амінокислоті відповідає запис з трьох нуклеотидів у нуклеїновій кислоті. Наприклад, послідовність аденін, аденін, аденін (ААА) кодує фенілаланін, а АТТ - лізин. Тому генетичний код - триплетний. Але з 4 літер (А, Т, Г, Ц) можна одержати 64 різні комбінації по 3 літери ( $4^3 = 64$ ), а у природі існує тільки 20 амінокислот.



Інші триплети (кодони) - сполучення трьох нуклеотидів - не зайві. Три з них (АТЦ, АЦТ, АТТ) - термінуючі, вони свідчать про кінець синтезу, розділові знаки (як у мові - крапка, кома тощо). Інші забезпечують запас міцності геному, бо кодують ті ж самі амінокислоти, що й основні триплети.



#### Принципи кодування генетичної інформації – 3 з 4.

Код – триплетний, уніфікований, вироджений, не перекривається;

■ – термінуючі кодони,

↑ – ініціюючі кодон.

Тому генетичний код - вироджений: одна амінокислота може бути закодована в ДНК 2-4 триплетами. В одному гені кодони розташовані один за одним, як слова у реченні, не перекриваються, що спрощує запис та робить його стабільним. Генетичний код не перекривається. У всіх живих організмів на Землі в генетичній програмі ті ж самі триплети кодують ті ж

самі амінокислоти. Генетичний код ще й універсальний. Маємо запам'ятати ознаки генетичного коду: триплетний, вироджений, не перекривається, універсальний. Але у кожному правилі існують винятки. В останні 30 років дослідники вивчали і збирали такі винятки, їх виявилось багато, виникли нові гіпотези та теорії, що і призвело до виникнення сучасної мобільної генетики, яка прийшла на зміну генетиці класичній. Зараз знаємо, що:

1. генетична програма не є зовсім стабільною: існують мобільні дисперговані гени, або елементи, що змінюють своє положення, стрибають з місця на місце;
2. усередині гена існують ділянки зі змістом (екзони) та без нього (інтрони);
3. велика кількість інформації має регуляторні функції;
4. ген - подільний;
5. у геномі мають місце не тільки унікальні кодуєчі послідовності, але й величезна кількість повторів інформації;
6. запис генетичної інформації може відрізнятися від універсального.

Інформаційні молекули містяться в клітинах еукаріотів не тільки у ядрі (основна, найбільша програма), але й у деяких органелах цитоплазми: мітохондріях, плазмідах, інших ДНК- чи РНК-носіях. Так в мітохондріях код відрізняється від універсального.

Реалізація генетичної інформації, а саме синтез білка, здійснюється в цитоплазматичних структурах - рибосомах. Для того щоб план будови білка донести від ДНК до рибосом, клітина має спеціальні механізми та рухомі молекули. З того, що знаємо нині, механізм називається транскрипцією, а молекули - це різні види РНК. Транскрипція означає переписування інформації з ДНК на РНК. Головним же в синтезі білка є трансляція - переклад інформації з однієї мови на іншу.

Кодовий запис про структуру білкової молекули переноситься з ДНК на інформаційну (матричну) РНК (вона ж РНК-переносник, лат. «месенджер», синоніми: іРНК, мРНК, т-РНК) шляхом комплементарного, матричного синтезу РНК на ДНК, який можна порівняти з реплікацією (синтез ДНК на ДНК). Молекула РНК копіює весь ген еукаріотів разом з незначущими інтронами. Такі тимчасові молекули називаються пре-іРНК.

**Генетичний код** — набір правил розташування нуклеотидів в молекулах нуклеїнових кислот (ДНК і РНК), що надає всім живим організмам можливість кодування амінокислотної послідовності білків за допомогою послідовності нуклеотидів.

*Властивості генетичного коду:*

- **Триплетности** - значущою одиницею коду є поєднання трьох нуклеотидів (триплет, або кодон).

- **Безперервність** - між триплетами немає розділових знаків, тобто інформація зчитується безперервно.
- **Неперекриваемість** - один і той же нуклеотид не може входити одночасно до складу двох або більше триплетів (не дотримується для деяких перекриваються генів вірусів, мітохондрій і бактерій, які кодуєть кілька білків, зчитують зі зсувом рамки).
- **Однозначність (специфічність)** - певний кодон відповідає тільки однієї амінокислоті (проте, кодон UGA у *Euplotes crassus* кодує дві амінокислоти - цистеїн і селеноцистеїну) <sup>[1]</sup>
- **Виродженість (надмірність)** - одній і тій же амінокислоті може відповідати декілька кодонів.
- **Універсальність** - генетичний код працює однаково в організмах різного рівня складності - від вірусів до людини (на цьому засновані методи генної інженерії; є ряд винятків, показаний у таблиці розділу "Варіації стандартного генетичного коду" нижче).
- **Завадостійкість** - мутації заміни нуклеотидів, не призводять до зміни класу кодованої амінокислоти, називають **консервативними**; мутації заміни нуклеотидів, що призводять до зміни класу кодованої амінокислоти, називають **радикальними**.

Гіпотеза про існування коду, який містить три нуклеотиди в кожному кодоні, була запропонована А.Гамовим (1954) і експериментально доведена Ф.Кріком (1961).

У таблиці наведено закодовані назви амінокислот: аланіну (АЛА), аргініну (АРГ), аспарагіну (АСН), аспарагінової кислоти (АСП), валіну (ВАЛ), гістидину (ГІС), гліцину (ГЛІ), глутаміну (ГЛН), глутамінової кислоти (ГЛУ), ізолейцину (ІЛЕ), лейцину (ЛЕЙ), лізину (ЛІЗ), метіоніну (МЕТ), проліну (ПРО), серину (СЕР), тирозину (ТИР), треоніну (ТРЕ), триптофану (ТРИ), фенілаланіну (ФЕН) та цистеїну (ЦИС).

За допомогою цієї таблиці можна визначити, яку амінокислоту кодує певний триплет. Перший нуклеотид у триплеті беруть із лівого вертикального стовпчика, другий - з верхнього горизонтального і третій - із правого вертикального. В місці перетину ліній знаходиться інформація про амінокислоту, яку слід визначити. Зазначаємо, що в таблиці наведено триплети іРНК, а не ДНК.

### Таблиця генетичного коду

Перша основа	Друга основа				Третя основа
	У	Ц	А	Г	
У	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	У
	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	Ц
Ц	ЛЕЙ	СЕР	--	--	А
	ЛЕЙ	СЕР	--	ТРИ	г
	ЛЕЙ	ПРО	ГІС	АРГ	У
	ЛЕЙ	ПРО	ГІС	АРГ	ц
А	ЛЕЙ	ПРО	ГЛН	АРГ	А
	ЛЕЙ	ПРО	ГЛН	АРГ	г
	ІЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	У
	ІЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	Ц
Г	ІЛЕ	ТРЕ	ЛІЗ	АРГ	А
	МЕТ	ТРЕ	ЛІЗ	АРГ	г
	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛІ	У
	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛІ	Ц
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛІ	А
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛІ	г

### Приклад розв'язання задач

#### Задача.

Один з ланцюгів молекули ДНК має наступний порядок нуклеотидів: ЦЦГТАЦЦТАГТЦ...

1. Визначити послідовність амінокислот у відповідному поліпептиді, якщо відомо, що і-РНК синтезується на комплементарному ланцюгу ДНК.

2. Як зміниться первинна структура поліпептида, якщо випаде четвертий нуклеотид?

*Розв'язання:*

1. відомо, що молекула і-РНК за принципом комплементарності на одному з ланцюгів молекули ДНК. Відомий порядок нуклеотидів в одному ланцюгу ДНК і сказано, що і-РНК синтезується на комплементарному ланцюгу. Отже, необхідно побудувати комплементарний ланцюг ДНК, пам'ятаючи, що аденін відповідає тиміну, а гуанін – цитозину. Подвійний ланцюг ДНК буде мати такий вигляд:

ЦЦГТАЦЦТАГТЦ...

ГГЦАТГГАТЦАГ...

Будуємо молекулу і-РНК,

пам'ятаючи, що в молекулі РНК тимін замінюється урацилом:

ДНК → ГГЦ АТГ ГАТ ЦАГ

і-РНК → ЦЦГ УАЦ ЦУА ГУЦ

Три поряд розташованих нуклеотида

(триплет, кодон) і-РНК визначає приєднання однієї амінокислоти. Відповідні триплети амінокислоти знаходимо в таблиці кодів. Кодон ЦЦГ відповідає проліну, УАЦ – тирозину, ЦУА – лейцину, ГУЦ – валіну. Отже, порядок амінокислот ділянки поліпептидного ланцюга буде:

ПРО – ТИР – ЛЕЙ – ВАЛ...

2. якщо в ланцюгу ДНК випаде четвертий нуклеотид, то він виглядатиме наступним чином:

ЦЦГТАЦЦТАГТЦ...

Комплементарний ланцюг буде мати вигляд:

ГГЦАТГГАТЦАГ...

Відповідно, і-РНК виглядатиме так:

ЦЦГАЦЦУАГУЦ

Починаючи з другого відбудеться зсув кодонів. Перший кодон (ЦЦГ) відповідає амінокислоті пролін, другий (АЦЦ) – амінокислоті треонін, третій (УАГ) – не кодує амінокислоту, четвертий – неповний. Таким чином, ділянка поліпептиду виглядатиме так: ПРО – ТРЕ – ..., тобто виникне значна зміна порядку і кількості амінокислот в поліпептиді.

*Відповідь:*

1. послідовність амінокислот в

поліпептиді буде: ПРО – ТИР – ЛЕЙ – ВАЛ...

2. після випадіння четвертого нуклеотида послідовність амінокислот в поліпептиді буде: ПРО – ТРЕ – ... .

Задача 1.

Білок вазопресин (гормон гіпофізу, підвищує кров'яний тиск) складається з дев'яти амінокислот, кодується такими нуклеотидами:

ТГТ — ТАТ — ТТГ — ГАА — ГАТ — ТГТ — ЦЦЦ — ЦГТ — ГГТ.

Скільки нуклеотидів і триплетів у цій ділянці ДНК?

Яка довжина гена, що кодує вазопресин?

Який амінокислотний склад вазопресину?

### **Завдання**

Розв'язати задачі наведені нижче та дати відповіді на запитання для самоперевірки.

**Задача 1.**

Правий ланцюг фрагмента гена має таку структуру:

ТАТ — ТЦТ — ТТГ — ТГТ — ГТА — ЦГА...

Укажіть структуру відповідної частини молекули білка, що синтезується за участю лівого ланцюга ДНК. Визначте, як зміниться

структура білка, якщо у правому ланцюзі ДНК під впливом хімічних факторів випадає одинадцятий нуклеотид.

### **Задача 2.**

Ділянка ДНК містить 640 гуанілових і цитоділових нуклеотидів, що складає 38 % від загальної кількості нуклеотидів. Визначте скільки аденілових нуклеотидів представлено в данному фрагменті, а також довжину і масу данної ділянки ДНК. Якщо відомо, що один нуклеотид має довжину біля 0,34 нм і молекулярну масу 345 дальтон.

### **Задача 3.**

Ділянка ДНК містить 720 аденілових і тимідилових нуклеотидів, що складає 48 % від загальної кількості нуклеотидів. Визначте кількість гуанілових нуклеотидів в данному фрагменті ДНК, а також довжину і масу.

### **Задача 4.**

Один фрагмент і-РНК містить 29 аденілових, 32 гуанілових, 49 цитидилових і 42 уридилових нуклеотидів. Скільки тимідилових нуклеотидів містить фрагмент ДНК, з якого транскрибувалася і-РНК.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Де здійснюється синтез білка?
2. Назвіть властивості генетичного коду.
3. Дайте визначення кодону.
4. Яку здатність має молекула нуклеїнової кислоти?
5. Назвіть ознаки генетичного коду.
6. Хромосоми їх будова та класифікація.
7. Дайте визначення поняттю каріотип?
8. Мінливість каріотипів та їх еволюція.
9. Які форми поліплоїдії Вам відомі, надайте їх характеристику?
10. Хромосомні перебудови (аберації).
11. Хромосомна теорія спадковості.
12. Основні положення хромосомної теорії спадковості.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. О.В. Найдіч, М.А. Залогіна-Киркелан Генетика риб з основами біометрії. Конспект лекцій – Одеса: Екологія, 2012. – 158 с.
2. Тоцький В. М. Генетика: Підручник / 3-тє вид., випр.. та доп. – Одеса: Астропринт. 2008. – 712 с.
3. Базалій В. В., Шерман І. М., Пилипенко Ю. В. Основи рибогосподарської генетики: Навч. посібник. – Херсон: Олди-плюс, 2007. – 279 с.
4. Кирпичников В. С. Генетика и селекция рыб. – М.: «Знание», 1974. – 64 с.
5. Катасонов В. Я. Гомельский Б. И. Селекция рыб с основами генетики. – М.: Агропромиздат, 1991. – 206 с.
6. Генетика сільськогосподарських тварин / В. С. Коновалов,
7. В. П. Коваленко, М. М. Недвига та інш. – К.: Урожай, 1996. – 432 с.
8. Генетика / Е.К. Меркурьєва, З. В. Абрамова, А.В. Бакай и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 446 с.
9. Гуляев Г.В. Генетика. – 3-є изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984, – 351 с.