

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА**  
**БІОТЕХНОЛОГІЙ імені С.З.ГЖИЦЬКОГО**

**Кафедра водних біоресурсів та аквакультури**

**В.В. Сенечин, П.Я.Пукало, О.В.Крушельницька**

**«ГЕНЕТИКА РИБ»**

Практикум для студентів  
за спеціальністю 207 “Водні біоресурси та аквакультура”

**Львів – 2021 рік**

**УДК 636.082:636.98 (371.388)**

Сенечин В.В. Практикум з дисципліни “Генетика риб” для студентів за спеціальністю 207 “Водні біоресурси та аквакультура” / Автори-укладачі: В.В.Сенечин, П.Я.Пукало, О.В.Крушельницька. – Львів, 2021. – 131 с.

Рецензент: **Шаловило С.Г**, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва.

Практикум розглянуто і схвалено на засіданні кафедри водних біоресурсів та аквакультури (протокол № 14 від 28 вересня 2021 р.)

Практикум розглянуто і рекомендовано до друку навчально-методичною підкомісією зі спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» навчально-методичної комісії біолого-технологічного факультету Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького (протокол № 1 від 29 вересня 2021 р.)

Практикум розглянуто і рекомендовано до друку навчально-методичною комісією біолого-технологічного факультету Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького (протокол № 2 від 11 жовтня 2021 р.)

© В.В.Сенечин 2021

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	5
<b>ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ</b>	<b>29</b>
Лабораторне заняття 1	29
Лабораторне заняття 2	32
Лабораторне заняття 3	38
Лабораторне заняття 4	42
Лабораторне заняття 5	51
Лабораторне заняття 6	58
Лабораторне заняття 7	63
Лабораторне заняття 8	73
Лабораторне заняття 9	78
Лабораторне заняття 10	80
Лабораторне заняття 11	83
Лабораторне заняття 12	94
Лабораторне заняття 13 – 14	103
Лабораторне заняття 15	122
Лабораторне заняття 16	129
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	131

## ВСТУП

Генетика риб – це наука про спадковість і мінливість риб. Генетика є теоретичною основою для племінної та селекційної справи. Її завдання в рибництві полягає в розробці методів та шляхів виведення нових порід риб та вдосконалення вже існуючих.

Основним методом сучасної генетики є генетичний аналіз, який поєднує у собі можливості гібридологічного аналізу зі штучним отриманням мутацій, цитолого-біохімічними, молекулярно-генетичними та іншими методами. Метод гібридологічного аналізу полягає в гібридизації і кількісному визначенні розщеплення ознак серед нащадків різних поколінь.

Виходячи з викладеного можна наголосити на тому, що генетика переслідує вирішення в цілому таких завдань: вивчення закономірностей спадковості і мінливості та пошук шляхів практичного використання цих закономірностей.

Практикум “Генетика риб” допоможе студентам оволодіти теоретичними основами з цієї дисципліни з метою розвитку в них наукового мислення та вивчення студентами спадковості та мінливості у різних видів риб.

Видання містить опис навчальної дисципліни, зміст лабораторних робіт, під час яких студенти зможуть розширити та узагальнити результати вивчення теоретичних питань курсу, контрольні завдання для оцінювання якості знань, які поєднують методи тестового контролю з виконанням творчих завдань описові та тестові запитання з нормативного курсу «Генетика риб» для студентів за спеціальністю 207 “Водні біоресурси та аквакультура”, першого бакалаврського рівня освіти у відповідності до чинного стандарту освіти.

## ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Всього годин	
	Денна форма здобуття освіти	Заочна форма здобуття освіти
<b>Кількість кредитів/годин</b>	4,5 / 135	4,5 / 135
<b>Усього годин аудиторної роботи</b>	64	18
в т.ч.:		
• лекційні заняття, год.	32	8
• практичні заняття, год.	-	-
• лабораторні заняття, год.	32	10
семінарські заняття, год.	-	-
<b>Усього годин самостійної роботи</b>	71	117
<b>Вид контролю</b>	Іспит	Іспит

Примітка.

Частка аудиторного навчального часу студента у відсотковому вимірі:

для денної форми навчання – 47 – 53 %

для заочної форми навчання – 15 – 85 %

## ПРЕДМЕТ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### **Предмет, мета вивчення навчальної дисципліни.**

Генетика як наука про спадковість та мінливість є найважливішим розділом сучасної біології. Основними завданнями генетики стало вивчення формування та передачі спадкових ознак у поколіннях, причин зміни ознак і способів регулювання індивідуальним розвитком організму. Генетика – одна з базових наук сучасної біології. Сутність явищ спадковості та мінливості на молекулярному, субклітинному, клітинному, організовому, популяційному рівнях. Основні види спадковості: ядерна цитоплазматична спадковість.

Справжня, помилкова і перехідна спадковість. Види мінливості: онтогенетична, модифікаційна, комбінативна та мутаційна. Значення модифікаційної мінливості для практики рибництва. Використання інших видів мінливості у селекційній роботі. Корелятивна мінливість. Творча роль людини у формуванні спадковості і мінливості організмів.

**Метою вивчення дисципліни** є ознайомити студентів із сучасним станом генетики - науки про матеріальні основи спадковості і мінливості.

**Завдання навчальної дисципліни (ЗК, ФК)** генетики є розроблення методів управління спадковістю та мінливістю з метою отримання необхідних людству форм організмів, що живуть у природних водоймах, розв'язання проблем стійкості і регуляції формування їхніх природних і штучних популяцій риби, вивчення природи генетичних хвороб. Генетика риб з основами біометрії є теоретичною основою для вивчення таких дисциплін, як селекція і розведення.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування у студентів необхідних компетентностей:

**загальні компетентності:**

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК<sub>5</sub>);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК<sub>7</sub>);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК<sub>8</sub>);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК<sub>9</sub>);
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК<sub>10</sub>);

- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК<sub>11</sub>);
- здатність проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК<sub>12</sub>).

#### **фахові компетентності:**

- здатність досліджувати біохімічні, гідробіологічні, гідрохімічні, генетичні та інші зміни об'єктів водних біоресурсів та аквакультури і середовища їх існування (ФК<sub>2</sub>);
- здатність використовувати загальне та спеціалізоване програмне забезпечення для проведення гідробіологічних, біохімічних, іхтіологічних, генетичних, селекційних, рибницьких досліджень (ФК<sub>6</sub>);
- здатність сприймати нові знання в галузі водних біоресурсів та аквакультури та інтегрувати їх з наявними (ФК<sub>9</sub>);
- здатність виконувати експерименти з об'єктами водних біоресурсів та аквакультури незалежно, а також описувати, аналізувати та критично оцінювати експериментальні дані (ФК<sub>10</sub>).

#### **Програмні результати навчання (ПРН)**

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен бути здатним продемонструвати такі результати навчання:

1. Знати та розуміти основи рибництва: в гідробіології, гідрохімії, біофізиці, іхтіології, біохімії та фізіології гідробіонтів, генетиці, розведенні та селекції риб, рибальстві, гідротехніці, іхтіопатології, аквакультурі природних та штучних водойм на відповідному рівні для основних видів професійної діяльності (ПРН<sub>5</sub>);

2. Застосовувати навички виконання експериментів для перевірки гіпотез та дослідження явищ, що відбуваються у водних біоресурсах та аквакультурі, біофізичних

закономірностей (ПРН<sub>10</sub>);

3. Знати основні історичні етапи розвитку предметної області досліджень (ПРН<sub>11</sub>);

4. Збирати та аналізувати дані, включаючи аналіз помилок та критичне оцінювання отриманих результатів спеціальності водні біоресурси та аквакультура (ПРН<sub>12</sub>);

5. Знати та розуміти елементи рибництва (гідроекології, гідротехніки з основами проектування рибницьких підприємств, генетики, розведення та селекції, годівлі риб, іхтіопатології, економіки рибницьких підприємств) (ПРН<sub>13</sub>);

6. Розуміти зв'язки водних біоресурсів та аквакультури із зоологією, хімією, біологією, фізикою, механікою, електронікою та іншими науками (ПРН<sub>15</sub>);

7. Мати передові знання та навички в одному чи декількох з таких напрямів: гідрохімії, гідробіології, біофізики, біохімії, фізіології гідробіонтів, загальної іхтіології, спеціальної іхтіології, розведення та селекції риб, генетики риб, годівлі риб, марикультури, онтогенезу риб (ПРН<sub>16</sub>).



# СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## Розподіл навчальних занять за розділами дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин							
	Денна форма здобуття освіти (ДФЗО)				Заочна форма здобуття освіти (ЗФЗО)			
	усь го	у тому числі			усь ого	у тому числі		
		л	лаб	с.р.		л	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Розділ 1. Цитологічні основи спадковості</b>								
<b>Тема 1.</b> Вступ. Предмет та етапи розвитку генетики.	6	2	2	2	9	1		8
<b>Тема 2.</b> Клітина. Будова та поділ.	8	2	2	4	10		2	8
<b>Разом за розділом 1</b>	14	4	4	6	19	1	2	16
<b>Розділ 2. Молекулярні основи спадковості</b>								
<b>Тема 1.</b> Нуклеїнові кислоти – носії спадкової інформації.	8	2	2	4	9	1		8
<b>Тема 2.</b> Будова генів.	8	2	2	4	10		2	8
<b>Разом за розділом 2</b>	16	4	4	8	19	1	2	16
<b>Розділ 3. Спадковість та мінливість. Закономірності успадкування ознак у риб</b>								
<b>Тема 1.</b> Неспадкова та спадкова мінливість. Закони спадковості.	8	2	2	4	10	2		8
<b>Тема 2.</b> Моно-, ди- і полігібридні схрещування.	6	2	2	2	6		2	4
<b>Разом за розділом 3</b>	14	4	4	6	16	2	2	12
<b>Розділ 4. Біометричні методи аналізу у рибистві</b>								
<b>Тема 1.</b> Середні величини у малих і великих вибірках.	10	2	2	6	8			8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Тема 2.</b> Генетичні параметри ознак у популяції.	10	2	2	6	6			6
<b>Разом за розділом 4</b>	20	4	4	12	14			14
<b>Розділ 5. Хромосомна теорія спадковості. Генетика статі риб.</b>								
<b>Тема 1.</b> Хромосомна теорія Томаса Моргана.	10	2	2	6	8	2		6
<b>Тема 2.</b> Стать, типи хромосомного визначення статі.	8	2	2	4	8		2	6
<b>Разом за розділом 5</b>	18	4	4	10	16	2	2	12
<b>Розділ 6. Мутаційна мінливість у риб. Генетичні основи онтогенезу</b>								
<b>Тема 1.</b> Поняття про мутації та мутагенез.	8	2	2	4	7			7
<b>Тема 2.</b> Біогенетичний закон онтогенезу.	8	2	2	4	8			8
<b>Разом за розділом 6</b>	16	4	4	8	15			15
<b>Розділ 7. Імуногенетика та поліморфізм білків у риб. Генетика популяцій риб. Генетичні основи екології риб</b>								
<b>Тема 1.</b> Генетична обумовленість природної резистентності.	8	2	2	4	7	1		6
<b>Тема 2.</b> Особливості генетики популяцій риб.	9	2	2	5	9		1	8
<b>Разом за розділом 7</b>	17	4	4	9	16	1	1	14
<b>Розділ 8. Генетичні основи інбридингу, гетерозису і гібридизації в риборівництві. Біотехнологія і генна інженерія в риборівництві</b>								
<b>Тема 1.</b> Гібридизація та її генетичні основи.	10	2	2	6	9		1	8
<b>Тема 2.</b> Трансгенез в риборівництві.	10	2	2	6	11	1		10
<b>Разом за розділом 8</b>	20	4	4	12	20	1	1	18
<b>Усього годин</b>	<b>135</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>71</b>	<b>135</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>117</b>

### Лекційні заняття (денна форма навчання)

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин
<b>Розділ– 1: Вступ. Цитологічні основи спадковості</b>		
1	<b>Тема: <i>Вступ. Цитологічні основи спадковості.</i></b> Предмет генетики. Етапи розвитку генетики.	2
2	<b>Тема: <i>Клітина. Будова та поділ.</i></b> Клітина як генетична структура. Будова хромосом. Каріотиби риб. Мітоз. Мейоз. Запліднення.	2
<b>Розділ–2: Молекулярні основи спадковості</b>		
3	<b>Тема: <i>Молекулярні основи спадковості.</i></b> Нуклеїнові кислоти – носії спадкової інформації. Транскрипція. Трансляція.	2
4	<b>Тема: <i>Сучасне уявлення про будову і функцію генів.</i></b> Генетичний код. Будова генів.	2
<b>Розділ– 3: Спадковість та мінливість. Закономірності успадкування ознак у риб</b>		
5	<b>Тема: <i>Спадковість та мінливість. Закономірності успадкування ознак у риб.</i></b> Спадковість організмів. Неспадкова та спадкова мінливість. Закони спадковості.	2
6	<b>Тема: <i>Гібридологічний метод вивчення спадковості.</i></b> Моно-, ди- і полігібридні схрещування. Прояв ознак за взаємодії алельних і неалельних генів у риб	2
<b>Розділ– 4: Біометричні методи аналізу в рибництві</b>		
7	<b>Тема: <i>Біометричні методи аналізу в рибництві.</i></b> Середні величини у малих і	2

	великих вибірках. Показники мінливості. Статистичні помилки. Напрямки зв'язків між ознаками - коефіцієнти кореляції і регресії.	
8	<b>Тема: Біометричні методи аналізу в рибництві.</b> Генетичні параметри ознак у популяції: мінливість, пластичність, стабільність, комбінаційна здатність.	2
<b>Розділ – 5: Хромосомна теорія спадковості. Генетика статі риб</b>		
9	<b>Тема: Хромосомна теорія спадковості.</b> Зчеплене успадкування. Хромосомна теорія Томаса Моргана. Кросинговер. Закон розташування генів в хромосомі.	2
10	<b>Тема: Генетика статі риб.</b> Стать, типи хромосомного визначення статі. Гомогаметна і гетерогаметна стать. Успадкування статі, теорія визначення статі. Перевизначення статі. Андрогенез і штучний гіногенез у коропа. Партеногенез, гібридогенез.	2
<b>Розділ– 6: Мутаційна мінливість у риб. Генетичні основи онтогенезу</b>		
11	<b>Тема: Мутаційна мінливість у риб.</b> Поняття про мутації та мутагенез. Природний та індукований мутагенез. Основні типи мутацій: геномні, хромосомні та генні.	2
12	<b>Тема: Генетичні основи онтогенезу.</b> Онтогенез, його основні етапи. Біогенетичний закон онтогенезу. Значення активності ферментів і рівня обміну речовин, а також факторів зовнішнього середовища в реалізації генетичної програми розвитку.	2

<b>Розділ– 7: Імуногенетика та поліморфізм білків у риб. Генетика популяцій риб. Генетичні основи екології риб</b>		
13	<b>Тема: Імуногенетика та поліморфізм білків у риб. Генетика популяцій риб. Генетичні основи екології риб.</b> Поняття про імунітет, його типи. Генетична обумовленість природної резистентності. Успадкування імунітету. Поліморфізм основних білків у риб. Особливості генетики популяцій риб. Фактори генетичної динаміки популяцій. Закон Харді-Вайнберга. Вплив факторів середовища на стійкість риб до захворювань.	2
<b>Розділ– 8: Генетичні основи інбридингу, гетерозису і гібридизації в риборівництві. Біотехнологія і генна інженерія в риборівництві</b>		
14	<b>Тема: Генетичні основи інбридингу, гетерозису і гібридизації в риборівництві.</b> Поняття про інбридинг і аутбридинг. Прояв інбредної депресії у різних видів риб. Явище гетерозису у риб, його біологічні особливості і генетичні основи. Використання гетерозису в риборівництві.	2
15	<b>Тема: Біотехнологія і генна інженерія в риборівництві.</b> Гібридизація та її генетичні основи.	2
16	<b>Тема: Поняття біотехнології і генної інженерії.</b> Основні методи біотехнології і генної інженерії на рівні молекул, хромосом, клітин, ембріонів. Трансгенез в риборівництві. Значення генної інженерії у поліпшенні рибоводно-біологічних властивостей риби.	2
<b>Усього годин</b>		<b>32</b>

### Лекційні заняття (заочна форма навчання)

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин
<b>Розділ - 1: Вступ. Цитологічні основи спадковості</b>		
1	<b>Тема: Клітина. Будова та поділ.</b> Клітина як генетична структура. Будова хромосом. Каріотиби риб. Мітоз. Мейоз. Запліднення.	1
<b>Розділ -2: Молекулярні основи спадковості</b>		
2	<b>Тема: Сучасне уявлення про будову і функцію генів. Молекулярні основи спадковості.</b> Нуклеїнові кислоти – носії спадкової інформації. Генетичний код. Будова генів.	1
<b>Розділ - 3: Спадковість та мінливість. Закономірності успадкування ознак у риб</b>		
3	<b>Тема: Спадковість та мінливість. Закономірності успадкування ознак у риб.</b> Неспадкова та спадкова мінливість.	2
<b>Розділ – 5: Хромосомна теорія спадковості. Генетика статі риб</b>		
4	<b>Тема: Хромосомна теорія спадковості. Генетика статі риб.</b> Хромосомна теорія Томаса Моргана. Закон розташування генів в хромосомі. Гомогаметна і гетерогаметна стать. Успадкування статі, теорія визначення статі.	2
<b>Розділ -7: Імуногенетика та поліморфізм білків у риб. Генетика популяцій риб. Генетичні основи екології риб</b>		

5	<b>Тема: Імуногенетика та поліморфізм білків у риб. Генетика популяцій риб.</b> Поняття про імунітет, його типи. Генетична обумовленість природної резистентності. Поліморфізм основних білків у риб. Закон Харді-Вайнберга.	1
<b>Розділ -8: Генетичні основи інбридингу, гетерозису і гібридизації в рибистві. Біотехнологія і генна інженерія в рибистві</b>		
6	<b>Тема: Поняття біотехнології і генної інженерії.</b> Трансгенез в рибистві. Значення генної інженерії у поліпшенні рибоводно-біологічних властивостей риб.	1
<b>Усього годин</b>		<b>8</b>

**Практичні (лабораторні, семінарські) заняття  
(денна форма навчання)**

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин
<b>Розділ – 1: Цитологічні основи спадковості у риби</b>		
1	<b>Тема:</b> Мітоз. Вивчення постійних препаратів і замальовування фаз поділу. Каріотиби риби.	2
2	<b>Тема:</b> Мейоз, гаметогенез у риб. Вивчення схем овогенезу і сперматогенезу у риби.	2
<b>Розділ – 2: Молекулярні основи спадковості</b>		
3	<b>Тема:</b> Молекулярні основи спадковості. Структури ДНК та РНК.	2
4	<b>Тема:</b> Будова гену. Основні механізми реалізації спадкової інформації.	2

<b>Розділ – 3: Спадковість та мінливість. Закономірності успадкування ознак у риби</b>		
5	<b>Тема:</b> Види і закони спадковості. Спадкова і неспадкова мінливість.	2
6	<b>Тема:</b> Закономірності успадкування ознак у риби: лускового покриву, забарвлення, та інших особливостей.	2
<b>Розділ – 4: Біометричні методи аналізу в рибистві</b>		
7	<b>Тема:</b> Вивчення особливостей прояву алейних і неалельних генів при успадкуванні ознак у риби	2
8	<b>Тема:</b> Обчислення середніх величин у малих і великих вибірках, визначення вірогідності різниці між двома середніми величинами.	2
<b>Розділ – 5: Хромосомна теорія спадковості. Генетика статі риби</b>		
9	<b>Тема:</b> Основні положення хромосомної теорії спадковості.	2
10	<b>Тема:</b> Кросенговер та складання генетичних карт	2
<b>Розділ - 6: Мутаційна мінливість у риби. Генетичні основи онтогенезу</b>		
11	<b>Тема:</b> Генетика визначення статі у риби. Андрогенез і штучний гіногенез у коропа.	2
12	<b>Тема:</b> Основні типи мутацій. Використання штучного мутагенезу в селекції риби.	2
<b>Розділ -7: Імуногенетика та поліморфізм білків у риби. Генетика популяцій риби. Генетичні основи екології риби</b>		



13	<b>Тема:</b> Особливості генетики популяцій риб. Популяційна структура видів риб.	2
14	<b>Тема:</b> Закон Харді - Вайнберга.	2
<b>Розділ -8: Генетичні основи інбридингу, гетерозису і гібридизації в риборівництві. Біотехнологія і генна інженерія в риборівництві</b>		
15	<b>Тема:</b> Інбридинг і гетерозис при розведенні риб. Особливості гібридизації різних видів риб.	2
16	<b>Тема:</b> Основні досягнення біотехнології у риборівництві.	2
<b>Усього годин</b>		<b>32</b>

**Практичні (лабораторні, семінарські) заняття  
(заочна форма навчання)**

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин
<b>Розділ – 1: Цитологічні основи спадковості у риби</b>		
1	<b>Тема:</b> Мітоз та мейоз. Каріотиби риби. Вивчення схем овогенезу і сперматогенезу у риби.	2
<b>Розділ – 2: Молекулярні основи спадковості</b>		
2	<b>Тема:</b> Молекулярні основи спадковості. Структури ДНК та РНК.	2
<b>Розділ – 3: Спадковість та мінливість. Закономірності успадкування ознак у риби</b>		
3	<b>Тема:</b> Закономірності успадкування ознак у риб: лускового покриву, забарвлення, та інших особливостей.	2

<b>Розділ – 5: Хромосомна теорія спадковості. Генетика статі риб</b>		
4	<b>Тема:</b> Кросенговер та складання генетичних карт	2
<b>Розділ -7: Імуногенетика та поліморфізм білків у риб. Генетика популяцій риб. Генетичні основи екології риб</b>		
5	<b>Тема:</b> Особливості генетики популяцій риб.	1
<b>Розділ -8: Генетичні основи інбридингу, гетерозису і гібридизації в рибистві. Біотехнологія і генна інженерія в рибистві</b>		
6	Особливості гібридизації різних видів риб.	1
<b>Усього годин</b>		<b>10</b>

### **Самостійна робота (денна форма навчання)**

№ з\п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин
1	<b>Тема:</b> Дисперсійний аналіз одно- і двофакторних комплексів.	4
2	<b>Тема:</b> Коефіцієнт успадкованості і повторюваності.	2
3	<b>Тема:</b> Успадкування ознак, що обмежуються і контролюються статтю.	2
4	<b>Тема:</b> Генетичні основи екології риб. Фенодевіанти у риб.	2
5	<b>Тема:</b> Генетичний моніторинг.	4
6	<b>Тема:</b> Міжвидові і міжродові гібриди.	2
7	<b>Тема:</b> Генетична основа міжпородного і внутрішньопородного схрещування коропа.	4
<b>Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів</b>		<b>51</b>
<b>Усього годин</b>		<b>71</b>

### Самостійна робота (заочна форма навчання)

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин
1	<b>Тема:</b> Вступ. Предмет та етапи розвитку генетики.	8
2	<b>Тема:</b> Клітина. Будова та поділ.	8
3	<b>Тема:</b> Гібридологічний метод вивчення спадковості. Прояв ознак за взаємодії алельних і неалельних генів у риб	8
4	<b>Тема:</b> Дисперсійний аналіз одно- і двофакторних комплексів.	8
5	<b>Тема:</b> Коефіцієнт успадковуваності і повторюваності.	8
6	<b>Тема:</b> Успадкування ознак, що обмежуються і контролюються статтю.	4
7	<b>Тема:</b> Генетичні основи екології риб. Фенодевіанти у риб.	8
8	<b>Тема:</b> Біометричні методи аналізу в риборівництві. Генетичні параметри ознак у популяції.	6
9	<b>Тема:</b> Статистичні помилки. Напрямки зв'язків між ознаками - коефіцієнти кореляції і регресії.	6
10	<b>Тема:</b> Мутаційна мінливість у риб. Поняття про мутації та мутагенез. Основні типи мутацій: геномні, хромосомні та генні.	6
11	<b>Тема:</b> Значення активності ферментів і рівня обміну речовин, факторів зовн. середовища в реалізації генетичної програми розвитку	7
12	<b>Тема:</b> Генетичні основи інбридингу, гетерозису і гібридизації в риборівництві. Поняття про інбридинг і аутбридинг.	8
13	<b>Тема:</b> Генетичний моніторинг.	6
14	<b>Тема:</b> Міжвидові і міжродові гібриди.	8
15	<b>Тема:</b> Генетична основа міжпородного і внутрішньопородного схрещування коропа.	8

16	<b>Тема:</b> Біотехнологія і генна інженерія в рибництві. Гібридизація та її генетичні основи.	10
<b>Усього годин</b>		<b>117</b>

### **Індивідуальні завдання**

Індивідуальне завдання – це одна з форм організації навчального процесу у вищих навчальних закладах, яка передбачає узагальнення, поглиблене вивчення та закріплення знань отриманих студентом на аудиторних заняттях. Дає змогу студенту вивчити теми, які виносяться на самостійне опрацювання та захисти їх в день відробок та надання консультацій викладачами кафедри, покращивши таким чином свій бал поточного контролю.

### **Методи навчання**

Вивчення навчальної дисципліни «Генетика риб» проводиться за допомогою наступних методів:

- викладання лекційного матеріалу;
- використання навчального наочного матеріалу (таблиці, схеми, слайди та ін.);
- використання мультимедійних засобів;
- розв'язування задач;
- проведення лабораторних досліджень;
- науково-дослідна робота;
- самостійна робота студентів.

Основними видами навчальних занять згідно з навчальним планом є:

- лекції;
- лабораторні заняття;
- самостійна робота студентів.

Головна мета лекційного курсу – оволодіння теоретичними основами генетики риб з основами біометрії з метою розвитку в студентів наукового мислення та

ознайомити студентів із матеріальними основами спадковості і мінливості. Поєднання етапів розвитку генетики з сучасним її станом, еволюційним вченням.

Лабораторні заняття за методикою організації є практично-орієнтованими та передбачають:

- вивчення методів генетичного аналізу дозволить студенту встановлювати походження риб із використанням груп крові та поліморфних систем;
- використанням новітніх комп'ютерних технологій у практиці селекційної роботи сприятиме ефективному аналізу експериментальних досліджень та планування завдань виробничих планів;
- вирішування модельних завдань, які базуються на застосуванні знань отриманих під час вивчення дисципліни.

На лабораторних заняттях практикується тестовий контроль, усне опитування розв'язування задач.

### **Методи контролю**

Успішність студентів оцінюється шляхом проведення поточного та підсумкового контролю.

Поточний контроль проводиться на лабораторних заняттях упродовж семестру у вигляді тестування та усного опитування.

Поточний тестовий контроль охоплює 2–3 теми лабораторних занять і 1–2 тем лекцій. Варіанти поточного тестового контролю включають 15-18 запитань залежно від об'єму теми. Тестові завдання мають 4 варіанти відповідей. Результат тестового контролю оцінюється по 1 балу за одну вірну відповідь.

Варіанти екзаменаційних робіт включають тестові та описові запитання.

## Критерії оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти

### Критерії оцінювання студентів денної форми здобуття освіти

**Максимальна кількість балів** за дисципліну «Генетика риб», яку може отримати студент протягом семестру за всі види навчальної роботи, становить **100**.

*Таблиця 1*

#### Оцінки за 100-бальною шкалою (максимальні)

Поточний контроль	Екзамен	СО
50	50	100

Результати **поточного контролю** (ПК) оцінюються за 4-бальною шкалою («2», «3», «4», «5») таблиця 2. Наприкінці семестру обчислюється **середнє арифметичне значення (САЗ)** усіх отриманих студентом оцінок із наступним переведенням його у бали за формулою:

$$\text{ПК} = \frac{50 \cdot \text{САЗ}}{5} = 10 \cdot \text{САЗ}, \text{де:}$$

**ПК** –поточний контроль; **САЗ** – середнє арифметичне значення усіх отриманих студентом оцінок (з точністю до 0,01);  $\text{maxПК}$  – максимально можлива кількість балів за поточний контроль у семестрі (50); 5 – максимально можливе САЗ.

Бал поточного контролю може бути змінений за рахунок заохочувальних або штрафних балів. Студентам, які не мають пропусків занять без поважних причин протягом семестру, додається 1 бал. За участь у студентських конференції та олімпіаді студентам додається 1 бал, а за участь у міжвузівській конференції – 2 бали. Студентам, які мають пропуски занять без поважних причин, за кожні

20 % пропусків від кількості аудиторних годин віднімається по одному балу.

**Сумарна оцінка (СО)** є сумою балів за поточний контроль та екзамен.

Переведення підсумкових рейтингових оцінок із навчальної дисципліни, виражених у балах за 100-бальною шкалою, в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS здійснюється відповідно до таблиці 3 і заноситься в додаток до диплому фахівця.

*Таблиця 2*

**Критерії оцінювання знань студентів**

Оцінка	Критерії оцінювання
5 («відмінно»)	В повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив усі завдання. Здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами і відомостями.
4 («добре»)	Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, в основному розкриває зміст теоретичних питань та лабораторних завдань, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає

	достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішив більшість розрахункових/тестових завдань. Здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, у яких можуть бути окремі несуттєві помилки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.
3 («задовільно»)	В цілому володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст під час усних виступів та письмових розрахунків, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки.
2 («незадовільно»)	Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає його під час усних виступів та письмових розрахунків, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання. Безсистемне відділення випадкових ознак вивченого; невміння робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки.

Переведення підсумкових рейтингових оцінок з дисципліни, виражених у балах за 100 – бальною шкалою, у оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS



здійснюється відповідно до табл. 3 і заноситься в додаток до диплому фахівця.

*Таблиця 3*

**Шкала оцінювання успішності студентів:  
національна та ECTS**

За 100 - бальною шкалою	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Екзамен, диференційований залік	Залік	
90 - 100	Відмінно	Зараховано	A
82 - 89	Добре		B
74 - 81			C
64 - 73	Задовільно		D
60 - 63			E
35 – 59	Незадовільно (не зараховано) з можливістю повторного складання		FX
0 - 34	Незадовільно (не зараховано) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни		F

**Критерії оцінювання студентів заочної форми здобуття  
освіти**

Успішність студента оцінюється шляхом проведення поточного та підсумкового контролю (екзаменаційного, залікового контролів та державної атестації). Максимальна кількість балів за кожний заліковий кредит з навчальної дисципліни, яку може отримати студент протягом семестру, становить 100.

Дані про успішність студента заносяться викладачами у «Журнал обліку відвідування занять та контролю успішності студентів», «Залікову відомість»,

«Екзаменаційну відомість».

У зв'язку з тим, що для студентів заочної форми навчання співвідношення обсягу годин, відведених на аудиторні заняття та самостійну роботу, має значні відмінності від денної форми (для кожної дисципліни визначається навчальною та робочою програмами), відповідно є відмінності у розподілі балів для дисциплін та критеріїв оцінювання.

Так, розподіл балів для дисциплін, які завершуються *екзаменом*, є таким:

$$50 \text{ (ПК)} + 50 \text{ (ЕК)} = 100, \text{ де}$$

**50 (ПК)** – 50 максимальних балів з поточного контролю (ПК), які може набрати студент під час настановної та лабораторно-екзаменаційної сесії.

Бал з поточного контролю може включати бали за відвідування, активність на заняттях тощо за рішенням кафедри.

**50 (ЕК)** – бали за екзамен (ЕК), які максимально можуть становити 50.

**Поточний контроль** проводиться викладачами під час аудиторних занять. Основне завдання поточного контролю – перевірка рівня підготовки студентів до виконання конкретної навчальної роботи. Основна мета поточного контролю – забезпечення зворотнього зв'язку між викладачами та студентами у процесі навчання, забезпечення управління навчальною діяльністю студентів. Інформація, отримана в процесі поточного контролю, використовується як викладачем – для коригування методів і засобів навчання, так і студентами – для самоаналізу та самооцінки своєї навчальної діяльності.

Поточний контроль може проводитись у формі усного опитування, письмового експрес-контролю (наприклад, на лекціях), комп'ютерного тестування, виступів студентів при обговоренні питань на семінарських заняттях тощо.

**Екзамен** – це форма підсумкового контролю засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу з окремої навчальної дисципліни за семестр. Екзамен проводиться з метою оцінки роботи студента за курс (семестр), набутих навичок роботи, вміння використовувати отримані теоретичні знання і застосовувати їх до вирішення практичних задач.

Екзамени складають в період екзаменаційної сесії, строки проведення яких встановлюють відповідно з календарним графіком навчального процесу. Форма проведення іспитів встановлюється робочою програмою дисципліни. Як правило, екзамени проводяться за білетами у письмовій чи усній формі.

Питання екзаменаційного білета повинні охоплювати матеріал програми навчальної дисципліни у повному обсязі за семестр. Екзаменаційні білети обов'язково повинні бути затверджені на засіданні кафедри перед початком навчального семестру, підписані лектором та завідувачем кафедри.

Максимальна оцінка відповідей на всі питання білета становить 50 балів.

### **Навчально-методичне забезпечення**

Конспект лекцій з дисципліни.

Мультимедійні презентації для проведення лекцій.

Матеріали для самостійного вивчення на електронних носіях.

Контрольні питання для поточного контролю знань.

Екзаменаційні питання.

Навчальні схеми та таблиці.

## Інформаційні ресурси

Нормативною базою вивчення дисципліни «Генетика риб» є навчальна програма, навчальний план та робоча програма дисципліни. Джерелами інформаційних ресурсів вивчення дисципліни є:

Львівська наукова бібліотека ім. В. Стефаника (вул. В. Стефаника, 2);

Львівська обласна наукова бібліотека (просп. Шевченка, 13);

Наукова бібліотека ЛНУ імені Івана Франка (вул. Драгоманова, 17);

Центральна міська бібліотека імені Л. Українки (вул. Мулярська, 2а);

Бібліотека ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького (вул. Пекарська, 50).

Основи генетики і селекції [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.biology.asvu.ru/list.php?c=obbosnovgen>, вхід вільний.

Відкритий коледж [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://college.ru/biology/index.php>, вхід вільний.

<http://www.sosh6a.narod.ru/p134aa1.html>

[http://north-caucasian.narod.ru/genetika/genetika\\_populati.html](http://north-caucasian.narod.ru/genetika/genetika_populati.html)

[http://eprints.library.odeku.edu.ua/743/1/NajdichOV\\_Genetika\\_ryb\\_KL\\_2010.pdf.pdf](http://eprints.library.odeku.edu.ua/743/1/NajdichOV_Genetika_ryb_KL_2010.pdf.pdf)

<http://po-teme.com.ua/genetika/knigi-po-genetike/lisova-genetika-navchalnij-posibnik-g-g-baranetskij-r-m-grechanik-2003-r/556-genetichni-aspekti-ontogenezu.html>

<http://north->

[caucasian.narod.ru/genetika/genetika\\_populati.html](http://north-caucasian.narod.ru/genetika/genetika_populati.html)

[http://dspace.mnau.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/1025/1/Ulevich\\_O.Biotehnologiya\\_2012.pdf](http://dspace.mnau.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/1025/1/Ulevich_O.Biotehnologiya_2012.pdf)

<http://www.nas.gov.ua/UA/Messages/news/Pages/View.aspx?MessageID=1483>

## ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

### ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 1 (2 год.)

*Тема:* **Мітоз. Вивчення постійних препаратів і замальовування фаз поділу. Каріотипи риби.**

**Мета:** оформити і вивчити схему фаз мітозу та усвідомити біологічну суть мітозу.

#### **Зміст заняття.**

Розмноження, або відтворення собі подібних, є невід'ємною властивістю всіх живих організмів від бактерій до людини. Цей процес забезпечує існування кожного виду рослин і тварин та підтримання його чисельності. Тільки шляхом розмноження (поділу) існуючих клітин можуть виникати нові. Ріст, індивідуальний розвиток і постійне самооновлення тканин вищих організмів визначаються процесами поділу клітин. Нові клітини утворюються внаслідок трьох типів поділу: амітозу, мітозу і мейозу.

**Амітоз** – це прямий поділ клітини без морфологічної перебудови їх ядер і цитоплазми. Клітина, в якій відбувся амітоз, надалі, як правило, в нормальний мітотичний цикл не вступає, тому що хромосоми розподіляються між дочірніми клітинами нерівномірно. У вищих тварин амітоз відбувається дуже рідко і найчастіше в наслідок патологічних відхилень.

Найчастіше поділ клітини відбувається за допомогою мітозу – універсального способу, що дає можливість одержати точні копії генетичного матеріалу при поділі.

**Мітоз** – складний непрямий поділ еукаріотичних клітин, який складається з каріокінезу (поділ ядра) і цитокінезу (поділ цитоплазми), при цьому відбувається суворо

однаковий розподіл хромосом між дочірніми клітинами, що забезпечує утворення генетично рівноцінних клітин.

Весь цикл поділу клітини можна розділити на мітоз і період між мітозами, який називається *інтерфазою*. Він терфазі, підготовчій до поділу фазі, відбуваються дуже важливі процеси.

Умовно період інтерфазі розділяють на 3 періоди: - передсинтетичний G1-період, - синтетичний S-період, - після синтетичний G2-період.

Протягом передсинтетичного періоду відбувається синтез білків та і-РНК.

У синтетичному періоді інтерфазі проходить синтез або реплікація ДНК=хромосом з утворенням дочірніх молекул. Період є небезпечним для спадкового матеріалу оскільки ДНК звільняються від білків-гістонів (мутації).

У після синтетичному періоді в клітині відбувається впорядкування всіх синтезованих структур, синтез ядерних білків, накопичення енергії–клітина готова до поділу.

Після інтерфазі настає власне мітоз.

Мітоз складається з 4-х фаз: ***профаза, метафаза, анафаза, телофаза.***

**У профазі**, першій фазі поділу, яка забирає найбільше часу (60%), відведеного на мітоз, відбувається швидка спіралізація хромосом, завдяки чому вони потовщуються, вкорочуються і стають помітними кожна окремо в полі зору мікроскопа, зникають ядерна оболонка і ядерця. В цей же час, клітинний центр – центросома поділяється на дві центріолі, які відходять до протилежних полюсів клітини, і утворюється веретеноподілу. Воно складається з ахроматинових ниток, до складу яких входить білок актин здатний скорочуватись. Одним кінцем ахроматинові нитки прикріплюються до центріолі, а другим – до центромер хромосом. Є нитки, які прикріплюються одним кінцем до однієї центріолі, а другим до іншої, створюючи каркас для

клітин, що діляться.

**У метафазі** хромосоми розміщуються на умовному екваторі клітини своїми центромірами, при цьому плечі хромосом можуть бути спрямовані до протилежних полюсів клітини, створюючи так звану *метафазну пластинку*. Ця фаза є нетривалою і займає всього 5% часу, відведеного на мітоз.

**В анафазі** відбувається поздовжній поділ хромосом. При цьому діє три сили. Перша сила (фізична) – поділ і відштовхування однойменно заряджених половинок центромери. Причини поділу центромер поки що невідомі. Друга сила (біохімічна) пов'язана з дією спеціального ферменту, який розриває водневі зв'язки між нуклеотидами двониткової молекули ДНК. Третя сила (механічна), коли починають скорочуватись ахроматинові нитки веретена поділу і розтягують сестринські хромосоми (хроматиди) до протилежних полюсів клітини. Ця фаза також є нетривалою і займає також 5% часу, відведеного на мітоз.

**У телофазі** відбувається цитокінез, тобто по умовному екватору клітини утворюється перегородка, яка й поділяє одну клітину на дві. Характерним при цьому є те, що розподіл цитоплазми і органодів між новими клітинами проходить не рівномірно, проте з часом, завдяки генетичній програмі, кількість їх у кожній клітині відновлюється. В кожній новій клітині утворюються ядерна оболонка, ядерця, ахромосоми частково деспіралізуються. Отже, послідовність процесів телофази *обернена* профазі.

Новоутворені клітини вступають у період свого активного функціонування.

**Завдання 1:** Замалуйте схему мітозу та дайте пояснення цьому біологічному процесу.

### **Контрольні питання.**

1. Які важливі процеси відбуваються в інтерфазі?
2. Назвіть основні фази мітозу. Розташуйте їх в порядку проходження.
3. Яка генетична суть мітозу.
4. Що таке мітоз?
5. Які процеси в клітині відбуваються у профазі мітозу?
6. Які процеси в клітині відбуваються у метафазі мітозу?
7. Які процеси в клітині відбуваються у анафазі мітозу?
8. Які процеси в клітині відбуваються у телофазі мітозу?

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## **ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 (2 год.)**

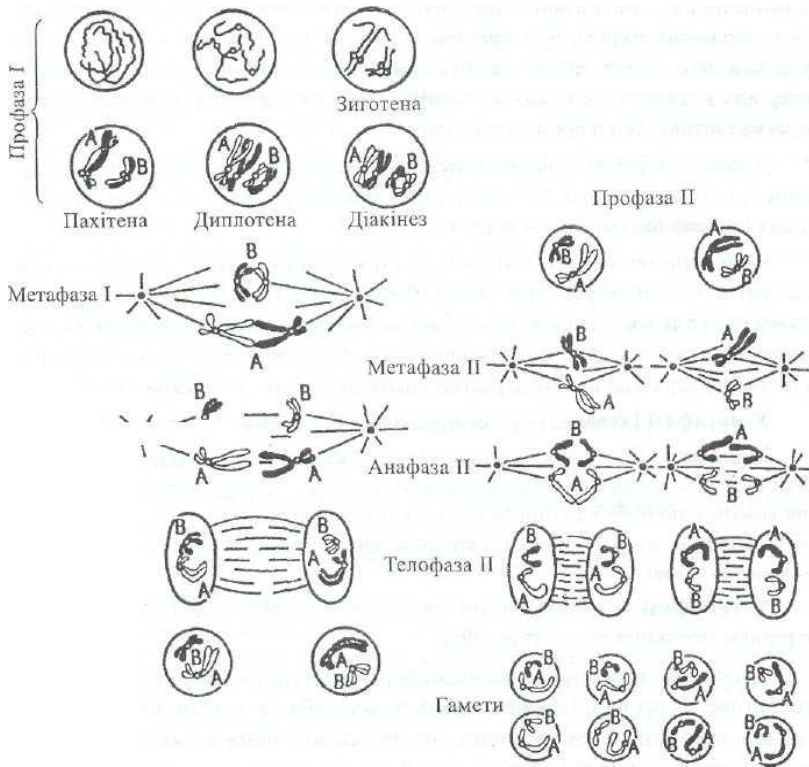
### **Тема: Мейоз, гаметогенез у риб.**

#### **Вивчення схем овогенезу і сперматогенезу у риби.**

Мейоз - складний непрямий поділ незрілих генеративних клітин, внаслідок якого утворюються статеві клітини - гамети. Він складається з двох послідовних етапів: першого - редукційного поділу, внаслідок якого кількість хромосом в утворених клітинах зменшується удвоє, і другого - екваційного, внаслідок якого утворюються нові клітини з таким самим набором хромосом, що був у клітині до цього, тобто екваційний поділ - це мітоз.

Фази редукційного і екваційного поділу мають однакові назви, тільки фази редукційного поділу нумерують римською цифрою I, а екваційного - цифрою II (рис. 1).





**Рисунок 1. Схема мейозу**

**Профаза I.** Складна, її умовно поділяють на п'ять стадій: лептотену, зіготену, пахітену, диплотену, діакінез.

Лептотена (від лат. *Leptos* - тонкий, *Taenia* - нитка) - стадія тонких ниток. Початок спіралізації хромосом, які мають вигляд тонких ниток.

Зіготена ( від лат. *zygeo* – з'єднувати) - кон'югація гомологічних хромосом з утворенням бівалентів.

Пахітена (від лат. *rachys* - товстий) - гомологічні хромосоми, з'єднані в біваленти переплітаються між собою, ще більше спіралізуються і вкорочуються.

Диплотена (від лат. *diploos* - подвійний) - відштовхування гомологічних хромосом і обмін ділянками між ними. Явище скручування (переплетення)

гомологічних хромосом і обмін ділянками між ними під час відштовхування називається кросинговером. У генетичному відношенні це дуже важливе явище, завдяки якому відбувається комбінаторика спадкового матеріалу з утворенням нових асоціацій генів, а це дає велику різноманітність форм і властивостей в процесі еволюції.

Діакінез (від грец. *diakines* - рухаю) - завершується процес спіралізації хромосом. Вони найкоротші і найтовщі, а тримаються парами, утворюючи на кінцях іксоподібні фігури - хіазми.

Крім описаних явищ кон'югації гомологічних хромосом з утворення бівалентів, кросиноверу, в цій фазі відбуваються всі процеси, характерні для кожної профазі, тобто спіралізація хромосом, зникнення ядерця і ядерної оболонки, поділ центросоми і розходження центріолей до протилежних полюсів клітини і утворення веретена поділу. Профази I завжди передують інтерфазі.

**У метафазі I** біваленти розміщуються в екваторіальній площині.

**В анафазі I** біваленти діляться. При цьому одна хромосома кожної пари пересувається до одного полюса клітини, а друга - до протилежного. Отже, біля кожного полюса клітини буде однакова кількість хромосом, тобто по одному гаплоїдному набору, якщо клітина, що вступила в редукційний поділ, була диплоїдною.

**У телофазі I** проходить цитокінез, тобто поділ цитоплазми, який закріплює редукцію числа хромосом.

Крім уже відміченої комбінаторики спадкового матеріалу при кросинговері в профазі I і послідуємих фазах відбувається комбінаторика пов'язана з перерозподілом колишніх материнських і батьківських хромосом в різних співвідношеннях і комбінаціях.

Цю комбінаторику потрібно розглядати з кількісного і якісного аспектів.

Кількість можливих варіантів співвідношень материнських і батьківських хромосом у гаметах завжди відповідає формулі  $I + I$ , тобто гаплоїдному набору конкретного виду плюс  $I$ . Наприклад, у коропа гаплоїдний набір хромосом дорівнює  $1_n = 50$ , то кількість варіантів буде  $50+1=51$ . Це залежить від розташування бівалентів на екваторі клітини у метафазі  $I$ . Тобто, до якого полюсу клітини будуть зорієнтовані материнські і батьківські хромосоми кожного біваленту. При цьому за набором колишніх материнських і батьківських хромосом можуть бути такі гамети  $30_m, 29_m+1_b, 28_m+2_b, 27_m+3_b \dots 30_b$ . В якісному відношенні кожна гамета матиме відповідну кількість варіантів. Наприклад, гамета, в якій було  $29_m+1_b$  по відсутній  $I$  материнській, матимемо 30 варіантів, та плюс 30 варіантів по одній присутній батьківській хромосомі. А всього варіантів якісного співвідношення  $30+30=60$ . Справа в тому, що кожна хромосома має свої відповідні гени, тобто хромосоми генетично різні. Тому кількість можливих варіантів типів гамет з урахуванням кількісної і якісної сторін комбінаторики буде рівнятися  $2^n$ , де  $n$  - кількість пар хромосом у каріотипі конкретного виду тварин,  $2$  - кількість варіантів гамет, яку може мати одна генеративна клітина. Наприклад, у коропа  $2^{50} = \dots$  різних типів гамет і т. д.

**Інтеркінез** - перерва між редуційним і наступним екваційним поділом. У більшості випадків в цей період не відбувається ніяких видимих змін у клітинах, але в деяких відбувається деспіралізація хромосом.

**Профаза II** характерна утворенням веретена поділу, якщо в інтеркінезі в клітині не відбувались процеси деспіралізації.

У **метафазі II** хромосоми розміщуються на умовному екваторі.

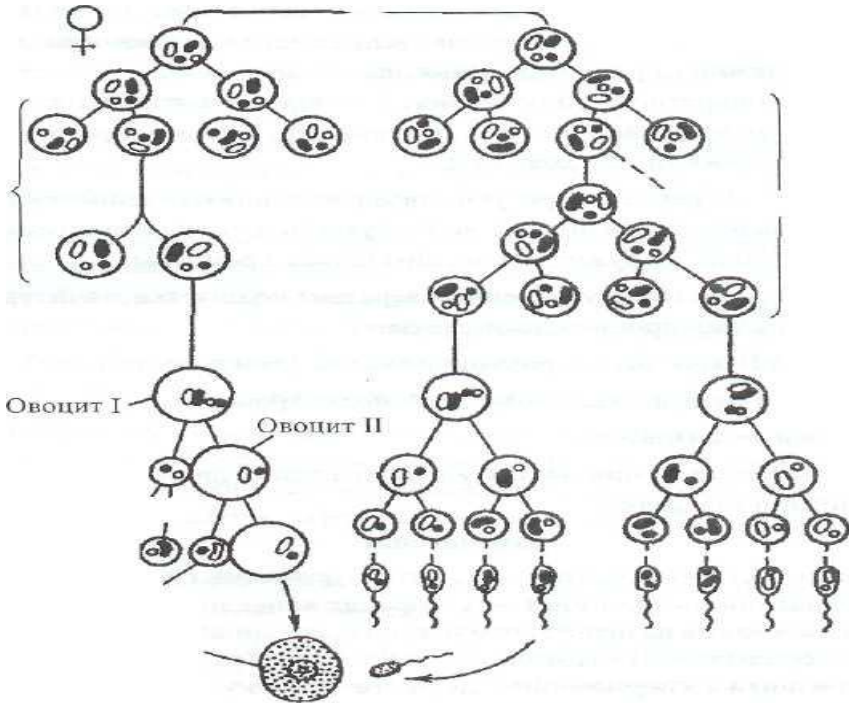
У **анафазі II** відбувається подовжній поділ хромосом.

**У телофазі - цитокінез.**

В результаті двох етапів поділу у мейозі з однієї диплоїдної клітини утворюється чотири гаплоїдні.

### Гаметогенез

Це розвиток статевих клітин - гамет. Розрізняють сперматогенез - утворення сперматозоїдів і овогенез - утворення яйцеклітин (рис. 2).



**Рисунок 2. Схема сперматогенезу і овогенез**

Гаметогенез умовно поділяють на період розмноження первинних генеративних клітин (овогоній і сперматогоній) мітотичним поділом; період росту і перетворення останніх у овоцити і сперматоцити першого порядку; дозрівання, шляхом швидкого двохетапного (редукційного і

екваційного) поділу з утворенням овоцитів і сперматоцитів другого порядку, і овоїдів і сперматид; формування, дозрівання гамет з утворенням хвостиків у сперматозоїдів і корони у яйцеклітини.

**Сперматогенез** відбувається у чоловічих статевих залозах - сім'яниках з настанням статевої зрілості. Спочатку сперматогонії декілька разів (2 - 3) поділяються мітотично - це період розмноження. Потім, в період росту, сперматогонії перетворюються на сперматоцити першого порядку і вступають в період дозрівання, поділяючись редуційним способом, і перетворюються в сперматоцити другого порядку, а останні, поділяючись екваційним способом, перетворюються у сперматиди. Під час формування у них утворюються хвостики, і вони перетворюються на сперматозоїди.

Отже, з кожного диплоїдного сперматоцита першого порядку утворюється чотири сперматозоїди з гаплоїдним набором хромосом. Два з них мають по одній статевої Х-хромосомі, а два по одній У-хромосомі.

**Овогенез** відбувається у жіночих статевих залозах - яєчниках з настанням статевої зрілості. Спочатку, в результаті мітотичного поділу, овогонії (період розмноження) і росту утворюються овогонії першого порядку. Перший редуційний поділ дає один сперматоцит другого порядку і маленьке полярне тільце, а другий - екваційний поділ з овоцита другого порядку, дає одну овоїду і друге полярне тільце, а перше полярне тільце дає два других полярних тільця.

Отже, внаслідок двох етапів мейозу з одного овоцита першого порядку утворюється чотири клітини, серед яких після періоду формування буде одна яйцеклітина і три полярних тільця.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 (2 год.)

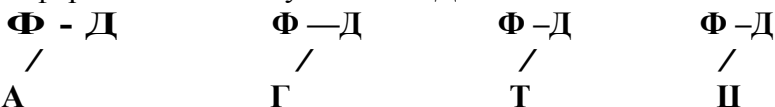
*Тема: Молекулярні основи спадковості.*

### **Структури ДНК та РНК.**

*Мета заняття:* Вивчити матеріальні основи спадковості на молекулярному рівні. Це дасть можливість з'ясувати особливості будови спадкового матеріалу — нуклеїнових кислот, шляхи реалізації спадкової інформації, функцію генів, генний контроль біосинтезу білка. В результаті цього розширюється поняття про генотип організму, як систему взаємозв'язаних функціональних одиниць спадкової інформації.

Існує два тили нуклеїнових кислот — дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК), яка знаходиться в основному у хромосомах, і рибонуклеїнова кислота (РНК), яка знаходиться як в ядрі, так і в цитоплазмі клітини. У всіх живих істот ДНК є носієм спадкової інформації, хоча в деяких; вірусів носієм спадкової інформації є РНК.

До складу нуклеотидів входить чотири азотистих основи: пуринові — аденін (А) і гуанін (Г), піримідинові — тимін (Т) і цитозин (Ц), цукор дезоксирибоза і залишок фосфорної кислоти. Нуклеотиди ДНК є такі:

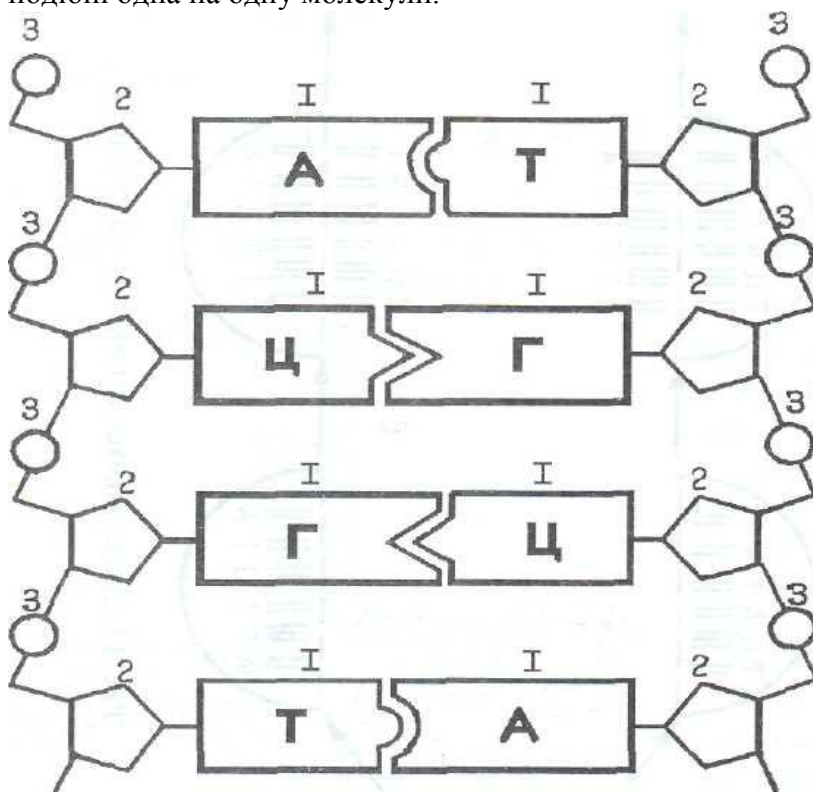


**Аденіновий    Гуаніновий    Тиміновий    Цитозиновий**

Просторова молекула ДНК складається з двох ланцюгів у формі правої спіралі, діаметром  $20 \text{ \AA}$ , ланцюги з'єднані між собою водневими зв'язками. Вона має здатність до самовідтворення, або реплікації. Крім того, вона є матрицею, на якій синтезується подібна до неї рибонуклеїнова кислота — РНК. Процес реплікації здійснюється під впливом ферментів ДНК-рибонуклеази і ДНК-полімерази.

Реплікація, або авторепродукція молекули ДНК,

проходить в 5-періоді інтерфази мітозу перед початком ділення клітини. В її основі лежить принцип комплементарності азотистих основ (рис. 1). Тому моделювання цього процесу дає можливість чітко з'ясувати, чому при авторепродукції молекула ДНК дає дві подібні одна на одну молекули.



**Рис. 1. Комплементарність азотистих основ молекули ДНК.**

*1. Азотиста основа нуклєотидів; 2. Дезоксирибоза; 3. Фосфорний залишок.*

Рибонуклеїнова кислота — РНК за будовою є одноланцюговою. Крім того, вона відрізняється від ДНК тим, що одна азотиста основа тимін (Т) замінена

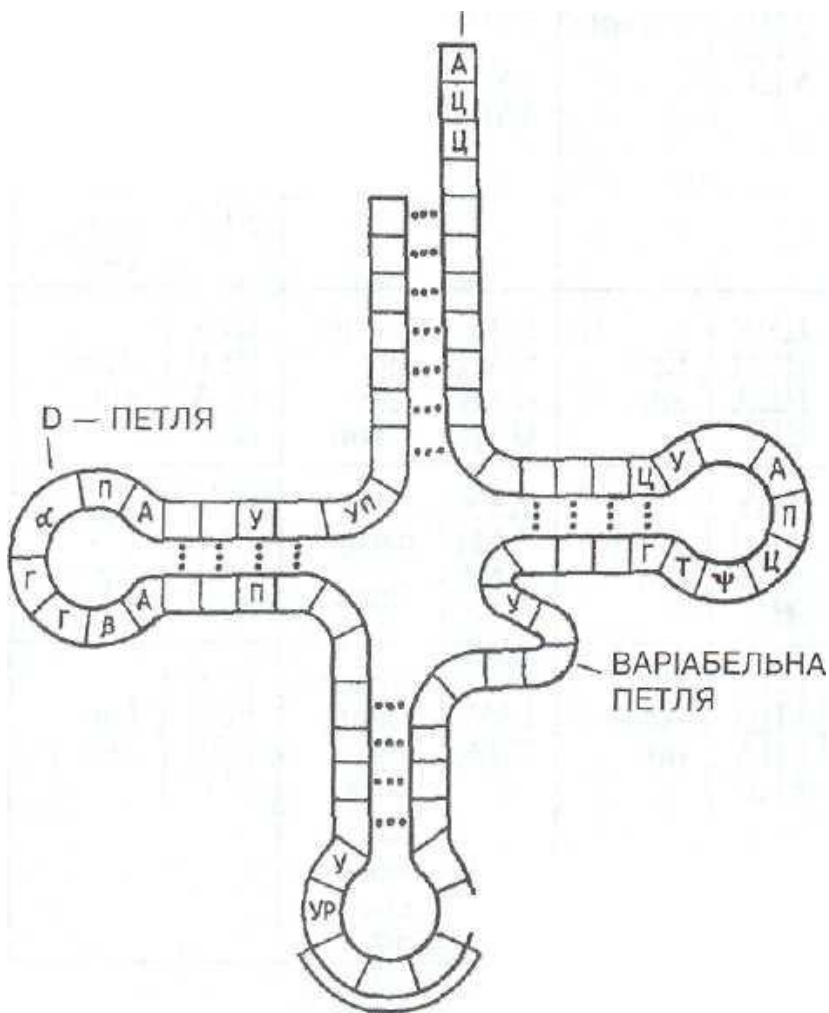
на (У) урацил, а цукор дезоксирибоза — рибозою. Існує три типи РНК: матрична, або інформаційна (м-РНК, і-РНК), транспортна (т-РНК) і рибосомальна (р-РНК).

<b>Нуклеотиди РНК</b>			
<b>Ф - Р</b>	<b>Ф — Р</b>	<b>Ф – Р</b>	<b>Ф –Р</b>
/	/	/	/
<b>А</b>	<b>Г</b>	<b>У</b>	<b>Ц</b>
<b>Аденіновий</b>	<b>Гуаніновий</b>	<b>Урациловий</b>	<b>Цитозиновий</b>

З'ясовано будову транспортних РНК (рис.2). За своєю конфігурацією вони нагадують листок конюшини, який включає акцепторну ділянку, антикодон і дві петлі. Кожна амінокислота має свою транспортну РНК. Розшифровано будову деяких транспортних РНК, вони складаються з 76-85 нук-леотидів.

Синтез і-РНК (транскрипція) проходить в ядрі клітини на ДНК і є по суті переписуванням послідовності азотистих основ молекули ДНК на послідовність азотистих основ молекули і-РНК — білок. Все це відбувається на основі комплементарності азотистих основ і колінеарності — відповідності послідовності амінокислот в молекулі білка послідовності кодигенів у гені. Синтез і - РНК відбувається лише на матричному ланцюжку молекули ДНК.





**Рис. 2. Структура транспортних РНК.**

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 (2 год.)

### **Тема: Будова гену. Основні механізми реалізації спадкової інформації.**

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, «зміїні 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 двоспіральної ДНК (після їх роз'єднання) синтезується комплементарний ланцюг нової ДНК. Реплікація має напівконсервативний, матричний характер. У кожній двоспіральній молекулі міститься і материнський (старий), і дочірній (новий) ланцюг нуклеотидів.

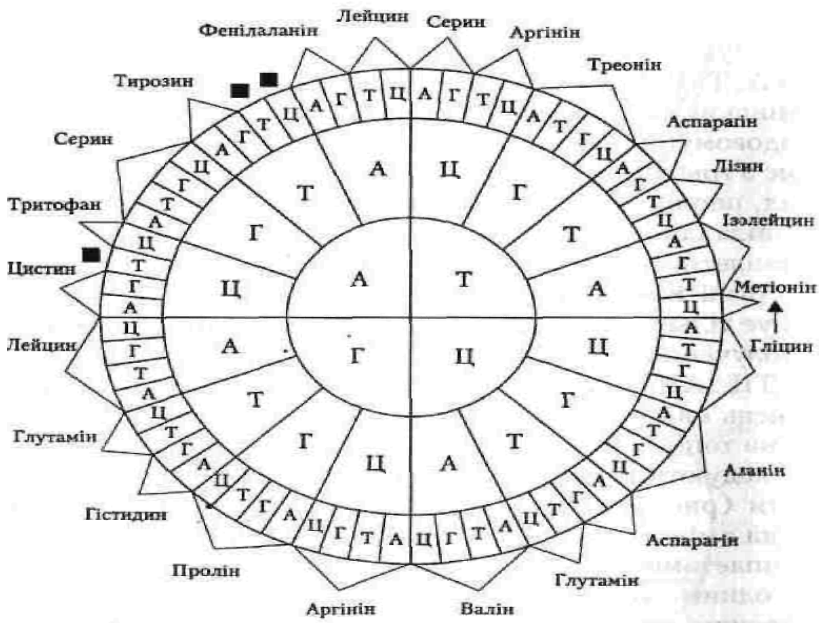
На рівні одноклітинних організмів немає смерті від

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 (AAA) 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.

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.



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

Код – триплетний, уніфікований, вироджений, не перекривається;

– термінуючі кодони,



– ініціюючі кодон.



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. Востанні 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 кодуючі 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.
- **Неперекриваемость** - 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 кодують 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)
- **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 замін нуклеотидів, не призводять до зміни класу кодованої амінокислоти, називають **консервативними**; мутації замін 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), глютаміну (ГЛН), глютамінової 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).

**Таблиця генетичного коду**

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

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.

### **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...**

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

**ЦЦГАЦЦТАГТЦ...**

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:*

- послідовність амінокислот в поліпептиді буде:

**ПРО – ТИР – ЛЕЙ – ВАЛ...**

- 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 даному фрагменті, а також довжину і масу даної 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 даному 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.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

#### **ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 5 (2 год.)**

***Тема: Види і закони спадковості.***

***Спадкова і неспадкова мінливість.***

**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 доміантною та рецесивною ознаками виявляється тільки доміантна 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 домінантну 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 домінантний 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 Аа.

Гетерозиготи з рівною ймовірністю формують гамети, що містять гени А і а. Їх злиття носить випадковий характер, тому в F<sub>2</sub> будуть зустрічатися тварини з генотипами АА (25%), Аа (50%) і аа (25%), тобто особини з домінантною ознакою становитимуть приблизно 75%.

Схема схрещування:

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

*Відповідь:*

При схрещуванні чистопородного чорного бика з червоними коровами все потомство буде чорного кольору. При схрещуванні між собою гібридів F<sub>1</sub> в їх потомстві (F<sub>2</sub>) 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:**

A - кучерява вовна, a - гладка вовна,

**2 ознака:**

B - короткої шерсті, b - довгої шерсті,

**3 ознака:**

C - чорне забарвлення, c - біле забарвлення. F1 - ?

**Розв'язання:**

Складаємо решітку Пеннета.

♂	ABC	AbC	ABc	aBC	abC	aBc	Abc	abc
ABC	AABVCC	AABbCC	AABVCC	AaBVCC	AaBbCC	AaBVCC	AABbCc	AaBbCc
AbC	AABVCC	AAbbCC	AABbCc	AaBbCC	AabbCC	AaBbCc	AAbbCc	AabbCc
ABc	AABVCC	AABbCc	AABVcc	AaBVCC	AaBbCc	AABVcc	AABbcc	AaBbcc
aBC	AaBVCC	AaBbCC	AaBVCC	aaBVCC	aaBbCC	aaBVCC	AaBbCc	aaBbCc
abC	AaBVCC	AabbCC	AaBbCc	aaBbCC	aabbCC	aaBbCc	AabbCc	aabbCc
aBc	AaBVCC	AaBbCc	AaBVcc	aaBVCC	aaBbCc	aaBVcc	AaBbcc	aaBbcc
Abc	AABbCc	AAbbCc	AABbcc	AaBbCc	AabbCc	AaBbcc	AAbbcc	Aabbcc
abc	AaBbCc	AabbCc	AaBbcc	aaBbCc	aabbCc	aaBbcc	Aabbcc	aabbcc

*Відповідь:*

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

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

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



9 aaB\_C\_ - чорних з гладкою короткою шерстю;  
3 A\_bbcc - білих з довгою кучерявою шерстю;  
3 aaB\_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.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### **ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6 (2 год.)**

**Тема: Закономірності успадкування ознак у риб:  
лускового покриття, забарвлення, та інших  
особливостей.**

**Мета** – вивчити закономірності успадкування  
морфологічних ознак у риб.

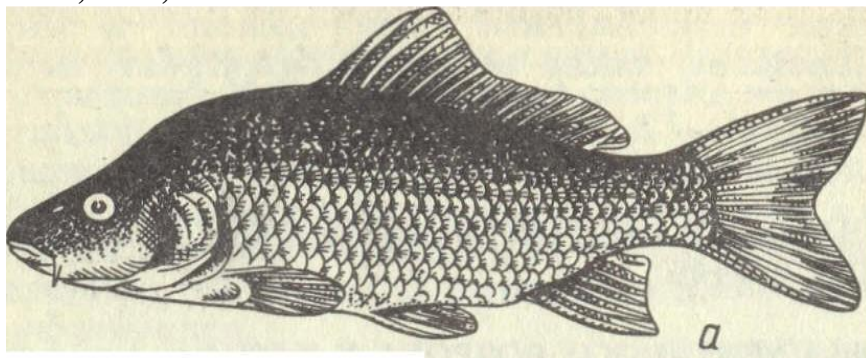
#### **Зміст заняття.**

Із якісних морфологічних ознак альтернативного характеру у промислових риб, найдетальніше вивчено

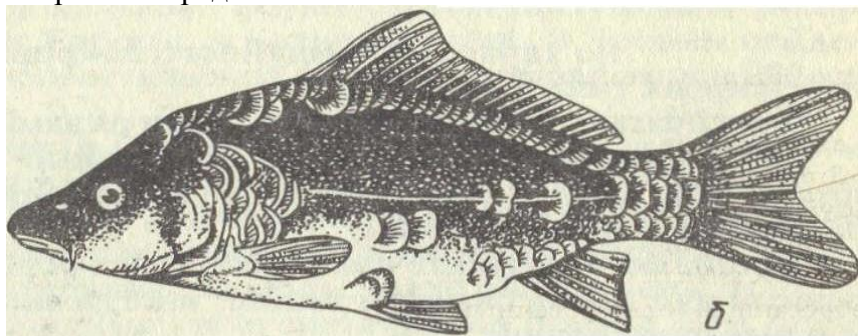
успадкування лускатого покриву та забарвлення.

Дослідженнями, проведеними в 30-х роках ХХ століття В.С. Кирпичніковим зі співробітниками, було встановлено, що у коропів можна виділити чотири основних типи лускатого покриву. Ці типи лускового покриву коропів визначаються двома незалежними генами, кожний з яких має по два алелі (**S, s** і **N, n**). Їх ділять на чотири основні типи:

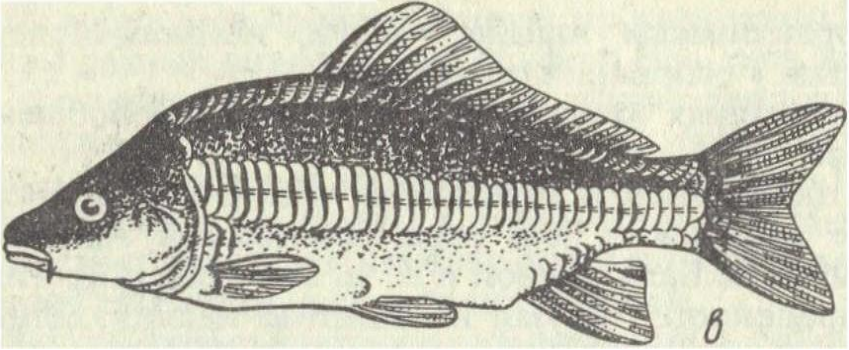
- **лускати** – луска правильними рядами покриває тіло – **SSnn, Ssnn**;



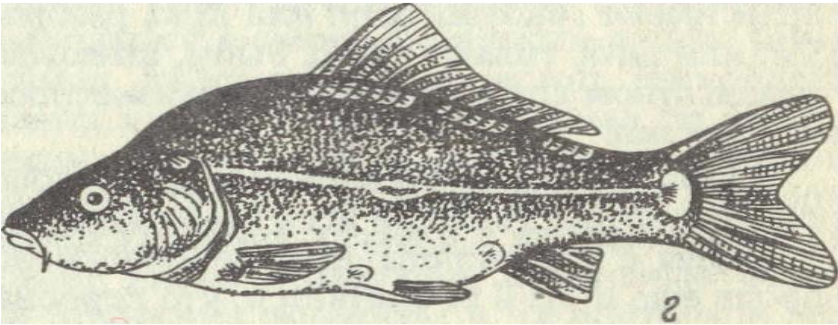
- **розкидані** – великі “дзеркальні” луски розкидані по всьому тілу, іноді утворюють правильні чи неправильні ряди – **ssnn**.



- **лінійні** – великі луски утворюють рівний, як правило, неперервний ряд вздовж бічної лінії, іноді можуть проявлятися додаткові ряди лусочок – **SSNn, SsNn**.



- **голі** – тіло практично позбавлене лусочок, незначна кількість лусочок може знаходитися у основи плавників - **ssNn**.



Розкидані та лінійні коропи іноді називають узагальненим терміном – дзеркальні. Коропи з редукованим лусковим покривом були відомі в Європі ще у 17 столітті. Вважається, що спочатку в результаті мутації S-s з'явилися розкидані коропи. Незалежна мутація n і N призвела до виникнення лінійних і голих до риби. Гени лускового покриву мають широку плейотропну дію. Лінійні і голи коропи (дія алеля N) відрізняються сповільненим ростом і пониженою життєздатністю. Ці відмінності посилюються в несприятливих умовах. Ембріони з генотипами **SSNN**, **SsNN** і **ssNn** нежиттєздатними і гинуть на завершальних

стадіях ембріогенезу. Так при схрещуванні голих коропів в собі  $ssNN$ , зародки, які одержували гени  $ssNN$ , гинуть (25%), тому розщеплення за фенотипом буде 2 голих ( $ssNn$ ) і один розкиданий ( $ssnn$ ). Таким чином, ген  $N$  в гомозиготному стані є летальним.

Як гени  $N$  in, так і гени  $S$  і  $s$  мають плейотропну дію і впливають на багато інших ознак (зменшення кількості променів в спинному, анальному та черевних плавцях, кількість зябрових тичинок, число глоткових зубів, здатність до регенерації плавців після пошкодження, стійкість до високих температур та інші). Алелі  $S$  і  $s$  у племінних рибних господарствах використовують як генетичні маркери в організації дволінійного розведення.

Крім типів лускатого покриву, описана велика генетична різноманітність за забарвленням тіла у риб, зумовлена мутаціями гунів, які контролюють синтез пігментів. Нині встановлено успадкування **голубого** забарвлення коропів, яке контролюється рецесивним геном  $rr$  в гомозиготному стані. При схрещуванні звичайного коропа  $RR$  з голубим  $rr$ , у  $F_1$  усі нащадки мають нормальне забарвлення, а в  $F_2$  проходить розщеплення 3:1.

Ознака	Ген
голубе забарвлення	$rr$
звичайне забарвлення	$R$

Успадкування світло-жовтого малюнка на голові у коропів:

Ознака	Ген
наявність рисунка на голові	$D$
без рисунка	$d$

Успадкування світлого забарвлення

Ознака	Ген
світле забарвлення летальна дія	$L$
звичайне забарвлення	$LL$

Успадкування помаранчевого забарвлення у коропів, яке обумовлене наявністю хоч одного гена в:

Ознака	Ген
помаранчевий звичайний колір	v1v1v2v2 V1V1V2V2

Успадкування паламінового забарвлення у коропів:

Ознака	Ген
звичайні	gg
золотисті	GG
паламінові	Gg

Успадкування альбінізму у райдужної форелі:

Ознака	Ген
альбінізм	a
звичайне забарвлення	A

**Завдання 1.** Згідно індивідуального завдання написати форму схрещування, щодо успадкування забарвлення риб.

**Контрольні питання:**

1. Які якісні ознаки вивчені у промислових риб?
2. Які гени впливають на формування лускатого покриву у риб?
3. Які гени використовують як генетичні маркери в племінних рибних господарствах?
4. Які гени впливають на формування голубого, паламінового забарвлення у риб?

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 7 (2 год.)

**Тема: Вивчення особливостей прояву алельних і неалельних генів при успадкуванні ознак у риб.**

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

**Мета** – вивчити закономірності успадкування якісних ознак при моногібридному схрещуванні, типи взаємодії генів і зміни які виникають у співвідношеннях генотипів і фенотипів.

#### **Зміст заняття.**

Закономірності успадкування якісних ознак при статевому розмноженні вперше були встановлені Грегором Іоганом Менделем за допомогою запропонованого ним методу генетичного (гібридологічного) аналізу.

Перш ніж перейти до опису моно-, ди- та полігібридних схрещувань і спадковості ознак, необхідно визначити поняття “ознака” і “властивість”.

Ознака - це окрема якість організму, по якій можна відрізнити один організм від іншого (чорне або біле забарвлення, високе або низьке зростання, гарячий або спокійний темперамент і т. д.).

#### **Генетична символіка і правила написання схем схрещувань.**

Для генетичного аналізу спадковості або інших якісних ознак при статевому розмноженні звичайно проводять схрещування двох особин різних статей. Схрещування (спаровування) позначають в генетиці знаком множення -  $\square$ . Батьки позначаються латинською літерою P (Parents – батьки), поруч записують їх генотипи. Жіноча стать позначається символом  $\text{♀}$  (люстерко Венери), чоловіча –  $\text{♂}$  (щит і спис Марса). Між батьками ставлять знак “x”, який означає схрещування. Символ і генотип матері

пишуть на першому місці, а батька на другому.

Нашадки від спаровування двох особин з різною спадковістю називають гібридним і позначають буквою **F** (перша буква латинських слів *filia* - дочка, *filius* - син, *filii* - діти) з додаванням цифри, відповідної порядковому номеру гібридного покоління. Так, перше покоління буде **F1**; якщо гібридні особини злучаються між собою, то їх діти позначатимуться **F2**, наступні покоління - **F3** і т. д.

**Моногібридним** називають схрещування особин, в якому батьківські пари різняться між собою за однією парою альтернативних (контрастних) ознак. Всі інші відмінності між батьківськими формами, якщо вони є, до уваги не беруться. На основі моногібридного схрещування Г. Мендель довів два закони успадкування ознак:

I-й – закон домінування або одноманітності F1.

II-й – закон розщеплення ознак у F2.

**Домінування** - це явище переважання однієї ознаки над іншою. Ознака батьків, яка проявляється у гібридів першого покоління, називається **домінантною** і позначається прописною літерою латинського алфавіту (A, B, C і т. д.)

Ознака батьків, яка не проявляється у гібридів першого покоління, називається **рецесивною** (від латинського слова *recessis* – який подавляється) і позначається рядковими літерами алфавіту (a, b, c і т.д.)

Два гени, які знаходяться в одних і тих же (гомологічних) точках (локусах) гомологічних хромосом і які відповідають за одну і ту ж ознаку, називаються **алельними**, а один ген цієї пари - **алелем**.

Особини, які мають у соматичних клітинах два домінантних або два рецесивних гена даної алельної пари, AA і aa, які в подальших поколіннях не дають розщеплювання називаються **гомозиготними**, а форми Aa, що дають розщеплювання – **гетерозиготними**.



Під *генотипом* розуміють сукупність генів у хромосомах, які одержав потомок від своїх батьків.

*Фенотип* – сукупність ознак та властивостей організму, що сформувалися у процесі онтогенезу при взаємодії генотипу та умов середовища. Частіше мова йде про генотип і фенотип особини за однією чи декількома ознаками.

На основі аналізу результатів схрещування Г. Мендель сформулював закони спадковості.

**Перший закон** – названий законом домінування або законом одноманітності гібридів першого покоління: при схрещуванні форм, які відрізняються між собою за однією ознакою, усе потомство першого покоління одноманітне і успадковує домінуючу ознаку незалежно від того, чи була вона у материнського чи батьківського організму.

**Розбір задачі:**

**Другий закон** - названий законом розщеплення: при схрещуванні гібридів першого покоління між собою ( $Aa \times Aa$ ) в другому поколінні гібридів появляються особини як з домінуючою, так із рецесивною ознакою у співвідношенні за фенотипом 3:1, а за генотипом буде складати 1:2:1.

**Розбір задачі:**

### **Правило чистоти гамет.**

Мендель припустив, що при утворенні гібридів спадкові чинники не змішуються, а зберігаються в незмінному вигляді. Розщеплювання потомства при схрещуванні гетерозиготних особин Мендель пояснив тим, що гамети генетично чисті, тобто можуть нести тільки один ген з алельної пари. Правило чистоти гамет можна сформулювати таким чином: при утворенні статевих клітин у кожен гамету потрапляє тільки один ген із алельної пари генів і вони не склеюються не змішуються а існують в чистому вигляді. Чому і як це відбувається? Відомо, що в кожній клітині організму є абсолютно однаковий диплоїдний набір хромосом. Дві гомологічні хромосоми містять два однакові гени. Генетично «чисті» гамети утворюються таким чином: половину хромосом зигота одержує від батьківського організму, половину — від материнського.

Алельні гени можуть взаємодіяти між собою і змінювати характер успадкування ознак.

**Розрізняють такі типи взаємодії алельних генів:** повне домінування, неповне домінування, наддомінування (гетерозис), домінування, що залежить від статі і кодомінування.

**Повне домінування** – у F1 проявляється лише ознака одного з батьків (домінантна). У F2 розщеплення: за фенотипом у співвідношенні 3:4, за генотипом – 1:2:1.

**Неповним домінуванням** називається така взаємодія генів, за якої дві альтернативні ознаки успадковуються кожна наполовину

**Надомінування** – явище, коли потомки першого покоління переважають батьківські форми за ознаками. Вважають, що це пов'язано з підсиленням прояву домінантного гена рецесивним. Це явище лежить в основі гетерозису ( $Aa > AA$ ).

**Домінування, що залежить від статі.** У деяких випадках домінування однієї ознаки над іншою залежить від того, хто несе ці ознаки: самець чи самка.

**Кодомінування** – явище, коли у гетерозигот спостерігається фенотиповий прояв обох алельних генів. За цим типом успадковуються групи крові та поліморфні системи білків і ферментів.

**Гібридологічний аналіз включає такі схрещування: аналізуючи, зворотне, реципрокне.**

**Аналізуючим** називають схрещування, яке ставить за мету в'ясувати гомозиготність чи гетерозиготність особини за певною ознакою. Для цього аналізуючу особину схрещують з групою особин, які мають рецесивну ознаку.

1. Якщо всі потомки мають ознаку аналізуючої особини, то вона (аналізуюча особина) є гомозиготною.

2. Якщо половина особин мають ознаку аналізуючої особини, а половина – рецесивну, то вона гетерозиготна.

3. У нечисленних експериментах одержання хоч одного нащадка з рецесивною ознакою свідчить про гетерозиготність аналізуючої особини.

**Зворотне** схрещування гібридів першого покоління з домінантною батьківською формою для збільшення кількості домінантних генів.

**Реципрокним** називають схрещування, метою якого є в'ясувати відносну силу материнської і батьківської спадковості на прояв ознаки у потомства.

### **Летальна дія генів**

**Летальними** називають гени, які викликають смерть організму (смертність 90-100 %). Напівлетальні гени викликають на передчасну смерть (смертність 50-90 %). Летальні і напівлетальні гени проявляють свою дію

при переході в гомозиготний стан. Але існує думка, що домінантні гени, які в гомозиготному стані викликають загибель організму, характеризуються плеiotропною дією за домінантним типом – на основну ознаку, за рецесивною дією – на ту чи іншу патологію.

**Завдання 1.** Розв'язати задачі з використанням першого, другого законів Г. Менделя і летальну дію генів:

### **Контрольні питання**

1. Сформулювати перший і другий закони Менделя.
2. Поняття: ген, генотип, фенотип, гомозигота, гетерозигота, домінантність, рецесивність.
3. Яке схрещування називається моногібридним?
4. Суть аналізу чого схрещування та його використання в селекційній роботі?

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### **Успадкування ознак при дигібридному схрещуванні та взаємодія неалельних генів.**

**Мета** – вивчити закономірності успадкування якісних ознак при дигібридному схрещуванні, на основі третього закону Г. Менделя та взаємодія неалельних генів.

#### **Зміст заняття.**

**Дигібридним** називають схрещування, при якому батьківські форми відрізняються між собою за двома парами альтернативних ознак, наприклад по масті та рогатості у великої рогатої худоби, по оперенню та формі гребеня у курей та інших.

**Тригібридним** – називається схрещування особин, які відрізняються за трьома парами альтернативних ознак, якщо ж батьки відрізняються між собою за більшою кількістю ознак, то таке схрещування називають **полігібридним**.

Гени, які знаходяться в різних локусах гомологічних хромосом або в різних хромосомах і зумовлюють розвиток різних ознак, називаються **неалельними**.

Якщо неалельні гени локалізуються в одній парі гомологічних хромосом, то вони успадковуються зчеплено, передаються від покоління до покоління групою, але якщо вони знаходяться в різних парах хромосом, то вони успадковуються незалежно один від одного.

**Третій закон – закон незалежного успадкування ознак.**

Цей закон характерний для ознак, гени яких знаходяться на різних парах гомологічних хромосом.

При дигібридному схрещуванні у F<sub>1</sub> спостерігається одноманітність особин як за генотипом (дигетерозиготні), так і за фенотипом (прояв домінантних ознак), а в другому поколінні, при схрещуванні гібридів першого покоління між собою, відбувається незалежне комбінування генів, в результаті чого утворюються 4 фенотипи у співвідношенні 9:3:3:1 та 9 різних генотипів у співвідношенні 1:1:2:2:4:2:2:1:1. Всі потомки F<sub>1</sub> є дигетерозиготами, утворюють 4 типи гамет, які у F<sub>2</sub> дають 16 різних варіантів поєднання.

**Розбір рішення задачі:**

**Висновок:**

**Завдання 1.** Розв'язати задачі на дигібридне схрещування:

**Варіант №**

### **Взаємодія неалельних генів.**

Розрізняють такі типи взаємодії неалельних генів: **новоутворення, комплементарність, епістаз, полімерія і модифікуюча дія генів.**

**Комплементарність** – це явище, коли потомки першого покоління набувають новий фенотип, не повторюючи батьківський. Виникає за наявності в генотипі двох домінантних неалельних генів, кожен з яких самостійно не проявляється, а разом утворюють новий фенотип у потомстві.

Прикладом може бути забарвлення духмяного горошку. У запашного горошку колір віночка квітки зумовлений наявністю двох домінантних генів (A і B), за відсутності одного з них – квітки білі. Тому при схрещуванні рослин з генотипами AAbb і aaBB, які мають білі віночки, у першому поколінні рослини мають забарвлення, а у другому поколінні розщеплення відбувається у співвідношенні 9 забарвлених до 7 незабарвлених (3A\_bb, 3 aaB\_, 1 aabb). Таке розщеплення пояснюється тим, що синтез пігменту обумовлюються ферментами, що кодуються неалельними генами A і B. Тільки гетерозигота A\_B\_ здатна синтезувати пігмент. Самі по собі гени A і B не мають самостійного зовнішнього прояву

**Новоутворення** – різновид комплементарної дії генів. Новий фенотип утворюється у F1 і F2. При цьому обидва комплементарні гени самостійно можуть проявляти свою дію.

Приклад: при схрещуванні курки з розоподібним гребенем (A) з півнем горохоподібною формою гребеня (B), всі потомки першого покоління мають горіхоподібний гребінь (A... B...).

**Епістаз** – це явище домінування одного домінантного гена над іншим домінантним неалельним геном.

Пригнічення можуть викликати як домінантні, так і рецесивні гени ( $A > B$ ,  $a > B$ ,  $B > A$ ,  $B > A$ ), і залежно від цього розрізняють епістаз домінантний і рецесивний. Ген, який пригнічує дію іншого неалельного домінантного гена, називається *епістатичним*, а ген, який пригнічується – *гіпостатичним*. Кожний із цих генів фенотипово проявляється по-різному. Явище епістазу відкрите при аналізі успадкування масті коней.

Іноді зустрічається і **рецесивний епістаз** – це явище, коли рецесивний ген однієї пари, в гомозиготному стані, не дає можливість проявитися домінантному, або рецесивному генам інших пар. Цей різновид епістазу називають ще **криптомерією**.

**Полімерія** – явище, коли на прояв однієї ознаки діє не одна пара алельних генів, а декілька пар неалельних домінантних генів. Ці гени мають рівнозначну, рівноцінну, сумуючу дію. Полімерні гени прийнято позначати однією буквою латинського алфавіту з цифровими індексами ( $A_1A_1A_2A_2a_3a_3$ ). Ознаки, які визначаються полімерними генами, називаються полігенними. Полімерні фактори були відкриті шведським генетиком Г. Нільсоном-Еле у 1908 році при вивченні успадкування забарвлення насіння у пшениці. Встановлено, що ця ознака залежить від двох однакових факторів (неалельні гени), тому при схрещуванні домінантної і рецесивної дигомозигот, тобто забарвленої форми ( $A_1 A_1A_2A_2$ ) з незабарвленою ( $a_1a_1a_2a_2$ ) в  $F_2$  всі рослини дають забарвлення насіння, хоча воно більш світліше, ніж батьківський екземпляр, який мав червоне насіння. В  $F_2$  при родинному схрещуванні особин першого покоління виявляється розщеплення за фенотипом у відношенні 15:1, так як безколірними є лише рецесивні дигомозиготні форми ( $a_1a_1a_2a_2$ ). У пігментованих екземплярів колір залежить від числа

отриманих ними доміантних алелей цих генів.

**Розрізняють кумулятивну і не кумулятивну полімерію.** При кумулятивній полімерії ступінь прояву ознаки залежить від кількості доміантних генів. При цьому спостерігається безперервний ряд мінливості ознаки. Так червоне забарвлення у золотої риби зумовлене відсутністю в покриві шкіри меланофорів. Процес депігментації контролюється двома доміантними генами  $Dp1$  і  $Dp2$ . Рецесивні гени  $dp1$  і  $dp2$  обумовлюють чорний колір забарвлення. Депігментація (червоне забарвлення) залежить від кількості доміантних генів, рецесивні алелі цих генів зумовлюють усі породи з більш темним забарвленням.

У випадку **не кумулятивної полімерії** розвиток ознаки зумовлюється наявністю у генотипі будь-якої кількості відповідних доміантних алелів полімерних генів.

**Гени-модифікатори.** Здатність і ступінь прояву (**пенетрантність та експресивність**) генів залежить не тільки від умов середовища різних взаємодій і ефекту положення генів, але від так званих **генів-модифікаторів**, які самі не дають фенотипового ефекту, а модифікують (підсилюють, або послаблюють) прояв інших неалельних генів.

#### **Контрольні питання:**

1. Сформулювати третій закон Менделя.
2. Поняття неалельні гени.
3. Визначте типи взаємодії неалельних генів.
4. Поясніть терміни пенетрантність та експресивність генів.

Підпис викладача \_\_\_\_\_



## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 8 (2 год.)

**Тема: Обчислення середніх величин у малих і великих вибірках, визначення вірогідності різниці між двома середніми величинами.**

**Визначення середніх величин методом малих вибірок. Показники мінливості та типи варіацій кількісних і якісних ознак.**

**Мета заняття:** засвоєння методик розрахунку середніх величин; показників мінливості в селекції тварин. Ознайомлення з різними типами розподілу ознак, біометричною символікою.

**Матеріали і обладнання:**

**Завдання 1.** Записати в таблицю значення біометричних символів.

Символ	Значення	Символ	Значення
M		lim	
$\sigma$		K	
$C_v$		N	
T		N	
R		$t_x$	
$M_{\text{мін}}$		$t_{\square}$	
$M_{\text{мак}}$		$t_w$	
V		$t_r$	
$\square$		$\square$	
$S_{\square}$		$t_{\square}$	
$E_s$		$S_{\square}$	
$T_s$		$x_2$	
		$h_2$	

**Завдання 2.** Дайте визначення понять:  
Біометрія –

Генеральна сукупність -

Вибірка -

Велика, мала вибірка -

Варіанта -

Кількісні ознаки -

Якісні ознаки -

Варіаційний ряд -

Мінливість -

Ліміти -

Середнє арифметичне значення -

Середньо квадратичне відхилення -

Коефіцієнт мінливості -

Коефіцієнт достовірності -

Ймовірність -

Помилки репрезентативності -

**Завдання 3.** Поясніть яким вимогам повинна відповідати вибірка ?

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**Тема:** Визначення середніх величин методом великих вибірок.

**Мета заняття:** Засвоєння методики розрахунку середніх величин показників мінливості для великих вибірок.

**Матеріали і обладнання:**

**Завдання 1.** За даними великої вибірки (за завданням викладача) складіть варіаційний ряд, розрахуйте середнє арифметичне значення, показники мінливості, помилки репрезентативності, критерії достовірності та ймовірність, отриманих результатів.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
п/п													
v													
п/п	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
v													
п/п	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39

N \_\_\_\_\_

n \_\_\_\_\_

1. Визначте ліміти:

$\lim_{\min}$  \_\_\_\_\_

$\lim_{\max}$  \_\_\_\_\_

2. Визначте розмах варіювання  $P_v = \lim_{\max} - \lim_{\min}$

3. Визначте кількість класів варіаційного ряду К.К. \_\_\_\_\_

4. Визначте класовий проміжок К ( $P_v/K.K.$ )

Складіть варіаційний ряд

П/н	Класи за надоєм	P	a	$p^a$	$p^{a^2}$
1					
2					
3					
4					
5					
$\Sigma$					

5. Визначте частоти P, тобто кількість тварин, яких залежно від величини варіанти розмістіть у відповідні класи.
6. Визначте умовний середній клас та середнє значення A.
7. Визначте відхилення a кожного класу від умовно середнього.
8. Визначте добуток частот на відхилення  $P_a$  та загальну суму  $\square p^a$ .
9. Визначте добуток частот та квадрат відхилень  $p^a$ , та загальну суму
10. Визначте середнє арифметичне значення  $M = A + K_v$ , де  
A – середнє значення умовного середнього класу;  
K – класовий проміжок;  
v – поправка, яка визначається за формулою:
11. Визначте середнє квадратичне відхилення
12. Визначте коефіцієнт варіації
13. Визначте помилки репрезентативності

14. Визначте критерій достовірності
15. Порівняйте отриманий критерій достовірності із стандартними наченнями.
16. Зробіть висновки:

**Висновки:**

---

---

---

---

---

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 9 (2 год.)**

**Тема: Основні положення хромосомної теорії спадковості.**

Хромосомна теорія спадковості - вчення про локалізацію спадкових чинників у хромосомах клітин. Стверджує, що спадкоємність властивостей організмів у низці поколінь визначається спадкоємністю їх хромосом. Вперше була обґрунтована Т. Бовері (1902-07) і У. Сеттоном (1902-03). Детально розроблена Т. Х. Морганом і його співробітниками на початку ХХ ст. і знайшла підтвердження при вивченні генетичного

механізму визначення статі у тварин, в основі якого лежить поділ статевих хромосом серед нащадків. Основні положення теорії спадковості полягають в наступному:

1. Гени розташовані в хромосомах лінійно у визначених локусах (ділянках). Алельні гени займають однакові локуси в гомологічних хромосомах. Кожна з гомологічних хромосом містить свій унікальний набір генів.

2. Гени однієї хромосоми утворюють групу зчеплення; завдяки чому відбувається зчеплене успадкування деяких ознак, сила зчеплення між двома генами обернено пропорційна відстані між ними. Число зчеплень дорівнює гаплоїдному набору хромосом.

3. Між гомологічними хромосомами можливий обмін алельними генами (кросинговер). Частоти кросинговеру між генами пропорційні фізичній відстані між ними.

4. Відстань між генами пропорційна відсотку кросинговеру між ними і виражається в морганідах (1 морганіда дорівнює 1% кросинговеру).

**Завдання 1.** Згідно індивідуального завдання побудувати генетичні карти хромосом через рішення задач.

**Завдання 2.** Розв'язати задачу згідно індивідуального завдання.

**Контрольні питання:**

1. Повне і неповне зчеплення генів, поняття про групи зчеплення.
2. Які особливості успадкування ознак у нащадків при повному і неповному зчепленню?
3. Що таке кросинговер і яка його генетична суть?
4. Що таке морганіда?
5. Які основні положення теорії Моргана?

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 10 (2 год.)**

**Тема: Кросинговер та складання генетичних карт.**

**Мета:** вивчення успадкування повністю і неповністю зчеплених генів. На основі визначення проценту кросинговеру навчитись будувати генетичні карти хромосом.



### Зміст заняття.

Дослідниками доведено, що геном відповідних видів тварин складається із десятків і навіть сотень тисяч генів. Але кількість пар хромосом у різних видів порівняно невелика. Звідси випливає, що в кожній хромосомі знаходиться від кількох сот до декілька тисяч генів. Гени, що знаходяться в одній хромосомі називаються **зчепленими**, вони не підкоряються третьому правилу Менделя. Гени, що знаходяться в одній хромосомі називаються **зчепленими і створюють одну групу зчеплень**. Груп зчеплення завжди стільки, скільки містить гаплоїдний набір хромосом відповідного виду. Зчеплення буває повним і неповним. Повне зчеплення буває рідко. Так у самців дрозофіли і самок тутового шовкопряда спостерігається повне зчеплення, що пояснюється відсутністю кросинговеру. Але у самок дрозофіли і самців тутового шовкопряда кросинговер відбувається і в них гени зчеплені не повністю.

У переважній більшості видів гени зчеплені не повністю, тому що заважає кросинговер, який відбувається у профазі I мейотичного поділу.

**Кросинговер** - це обмін ділянками між гомологічними хромосомами, або перехрест хромосом, супроводжується порушенням груп зчеплення. Наявність повного та неповного зчеплення визначається на основі аналізуючого схрещування з рецесивною формою-аналізатором.

**При неповному зчепленні** при схрещуванні серед нащадків з'являються особи з новим ознаками, які були відсутні у батьківських осіб, які виникли в результаті кросинговеру. Ці особи називаються кросоверними або рекомбінантними, а саме явище - генетичною рекомбінацією. Чим далі розташовані гени один від одного, тим менше сила зчеплення і тим частіше

проходить між ними кросинговер.

**При повному зчепленні генів** утворюються некросоверні гамети, а у нащадків повторюються ознаки їх батьків.

Частота кросинговеру визначається у відсотках і показує відстань між генами. Відстань між генами пропорційна відсотку кросинговеру між ними і виражається в морганидах (1 морганида дорівнює 1% кросинговеру).

**Частота кросинговеру =  $\frac{П1}{П} \times 100$ , де,**

П1 - число кросоверних осіб;

П – загальне число нащадків.

Гени в хромосомах розміщені лінійно, тому можна підрахувати процент кросинговеру між генами А і В, В і Д, А і Д. Згідно з законом адитивності Моргана, відстань між крайніми генами повинна рівнятись сумі відстаней між окремими парами генів, тобто  $AD = AB + BD$ . Цифри на карті вказують відстань між різними генами в морганідах, яке починається від гену, що займає нульове положення на лівому кінці кожної хромосоми.

**Інтерференція** – пригнічення кросинговеру на ділянках, які безпосередньо прилягають до точки обміну, який відбувся.

Складання генетичних карт хромосом має дуже важливе значення для проведення цілеспрямованого індукованого мутагенезу. Для того, щоб побудувати генетичну карту кожної хромосоми, тобто розставити гени в кожній хромосомі згідно обчислених відстаней (у морганідах) між генами, потрібно зробити манкіровку кожної хромосоми і провести дуже багато аналізуючи схрещувань.

### **Контрольні питання:**

1. Повне і неповне зчеплення генів, поняття про групи зчеплення.
2. Які особливості успадкування ознак у нащадків при повному і неповному зчепленню?
3. Що таке кросинговер і яка його генетична суть?
4. Що таке морганіда?
5. Які основні положення теорії Моргана?

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### **ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 11 (2 год.)**

*Тема: Генетика визначення статі у риб.*

#### **Андрогенез і штучний гінтогенез у коропа.**

**Мета:** познайомитися з основними закономірностями успадкування генів, розташованих в статевих хромосомах та механізмах генетичного визначення статі.

#### **Зміст заняття.**

Стать – сукупність ознак організму, що забезпечують його участь у процесі розмноженні. Існує три основних типи визначення статі: до запліднення (прогамний), в момент запліднення (сингамний) та після запліднення (епігамний).

У людини, як і в більшості хребетних, комах та деяких інших організмів стать визначається за сингамним типом та зумовлена відмінностями в хромосомних наборах особин різної статі. У генетичній детермінації статі важлива роль належить хромосомному апарату. Хромосоми, за якими розпізнають особини чоловічої і

жіночої статі називаються статевими, інші – ауто сомами. Особливість статевих хромосом полягає в тому, що в X - хромосомах генів різних ознак багато, і вони можуть виявляти свою дію фенотипові, в Y – хромосомах гени також є, але вони фенотипові не проявляються. Тому Y – хромосому вважають генетично інертною, що і приводить до відмінностей в успадкуванні ознак зчеплених зі статтю.

Стать, якій властиві дві X - хромосоми (інколи Z) є гомогаметною і формує один тип гамет – X або Z, а інша, що містить морфологічно відмінні хромосоми X і Y (інколи Z і W), є гетерогаметною і формує два типи гамет за статевими хромосомами X і Y або Z і W. Виключенням є бджоли та деякі інші тварини у яких стать визначається числом хромосом. Жіночі й чоловічі організми можуть мати гомогаметну та гетерогаметну стать. У всіх ссавців, людини і мухи дрозофіли гомогаметною є жіноча стать, а гетерогаметною — чоловіча. У птахів і метеликів, навпаки, гомогаметна чоловіча стать, а жіноча — гетерогаметна. У деяких комах жіноча стать містить дві X-хромосоми (XX), а чоловіча — одну (XO), тобто в каріотипі самців відсутня Y-хромосома. У риб гомогаметною може бути як самка, і тоді статеві хромосом позначають ♀XX і ♂XY, так і самець, тоді позначають ♀ZW♂ZZ.

Виділяють три основні типи *хромосомного визначення статі*, названі за тими видами тварин, у яких даний тип був вперше описаний.

### **1-й тип.**

До цього типу належить велика кількість видів риб (райдужна форель, короп, білий амур, білий товстолобик, кижуч), ссавці (в тому ж числі людина). Самиці утворюють один тип гамет (A+X). Самці мають дві непарні статеві хромосомиє три пари аутосом (A) і дві

непарні (гетероморфні) хромосоми X і Y. Від їхнього сполучення залежить стать тварини. Жіноча стать розглядається як *гомогаметна*, чоловіча - як *гетерогаметна*.

♀ XX X ♂ XY G X X;Y F 1 ♂ 1XY :  
♀ 1XX

### 2-й тип.

Зустрічається у деяких видів риб (*Sternoptyx diaphana*, *Galaxias platei*, *Lampanyctus ritteri*, *Fundulus diaphanous*, *F. Parvipinnis*), комах (лускокрилих), у морського хробака анциракантуса та інших. В соматичних клітинах самиць є 14 хромосом, а у самців - 13. Непарна хромосома у самців - X-хромосома. Самки є гомогаметною статтю і продукують один тип гамет (A+ X); самці - гетерогаметна стать, що дає два типи гамет: з X-хромосомою (A+X) і без X-хромосоми (A+O). 0 ніби синонім відсутньої Y-хромосоми в XY-системі визначення статі.

♀ XX X ♂ XO G X X;O F 1 ♂ 1XO :  
♀ 1XX

### 3-й тип.

Гетерогаметність властива жіночим особинам, а гомогаметність - чоловічим. Цей тип першочергово був відкритий у метелика (*Abraxas grossulariata*). Описаний він у деяких видів риб. Птахів (курей, індиків та інших), земноводних, квіткових рослин. У випадку гетерогаметності жіночої статі для статевих хромосом прийняті інші позначення: Z замість X-хромосом і W замість Y-хромосом.

а) самиці ZW; самці ZZ P ♀ ZO X ♂ ZZ  
G Z;O Z F 1 ♂ 1ZZ : ♀ 1ZO

б) самиці ZO, самці ZZ P ♀ ZW X ♂ ZZ

G Z;W Z F 1 ♂ 1Z Z : ♀ 1W Z

Статеві хромосоми (гоносоми) у багатьох організмів гетероморфні, тобто розрізняються між собою за формою і розмірами. Завдяки цьому за допомогою каріологічного аналізу можна виявляти статеві хромосоми. Але лише у 50 із 2000 каріологічно досліджених видів були ідентифіковані статеві хромосоми. Тип гетерогаметності виду можна визначити за допомогою штучного перевизначення статі.

**Перевизначення статі** у риб можливе за використання температурного шоку, додавання у воду чи в корм гормонів. Так, під дією тестостерону самиці перетворюються на самців, а під впливом еструну самці перетворюються на самиць.

**За гомогаметності самиць** після перетворення їх на самців (під дією тестостерону) схрещування таких самців з самками дає у потомстві лише самок. Якщо ж **самиці гетерогаметні**, в потомстві будуть і самці і самиці:

P ♂ XX (перетворений) x ♀ XX G X  
X F1 100% ♀ (XX)

P ♂ ZW (перетворений) x ♀ ZW G Z, W  
Z, W

F1 25% ♀ (ZZ), 75% ♂ (ZW, ZW, WW)

Досліди, поставлені на золотій рибці, білому амурі свідчать про те, що у цих видів гетерогаметні самці і гомогаметні самиці.

У деяких видів, зокрема пецилії є три типи статевих хромосом X, Y, W: ♀ XX X♂XY = ♀ XX : ♂XY (1:1)  
 ♀WY X ♂UY = ♀ WY : ♂UY (1:1) ♀WX X ♂UY =  
 ♀ WY : ♂XY (1:1)  
 ♀WY X ♂XY = ♀ WY : ♀ WX : ♂UY : ♂XY (1:1) ♀WX  
 X ♂XY = ♀ WX : ♀ WY : ♀ XX : ♂XY (3:1) ♀XX X  
 ♂UY = ♂XY (100%)

Таким чином, у пецилії самиці можуть мати наступні набори хромосом: XX, WY, WX, а самці: XY, UY.

У риб знайдені одностатеві-жіночі форми, які розмножуються шляхом гіно- та гібридогенезу.

**Гіногенез** (гіно – самка, генез – походження) – форма статевого розмноження, при якій після осіменіння чоловічі статеві хромосоми інактивуються і подальший розвиток відбувається під контролем лише жіночих хромосом. При цьому способі розмноження не відбувається каріогамія – злиття ядер. Гіногенез характерний для триплоїдної форми срібного карася ( $3n=150$ ) та представників родини коропових, пецилієвих, атеринових. У них поряд з диплоїдними формами існують одностатеві-жіночі, звичайно поліплоїдні, гіногенетичнігібридні форми. У гіногенетичних самок не відбувається редукція числа хромосом в жіночих статевих клітинах. Перший поділ мейозу не відбувається і перше полярне тільце не відділяється. Ооцити після овуляції знаходяться на метафазі другого мейотичного поділу і мають не редуковане число хромосом. Після осіменіння головка спермія елімінується. Полярне тільце відділяється і завершує мейоз в яйцеклітині. Таким чином, у самок триплоїдної форми срібного карася весь мейотичний процес редукований до одного поділу, подібного до звичайного мітозу. Наявність двох форм срібного карася призводить до того, що співвідношення статей може

сильно варіювати.

**Гібридогенез** знайдений у риб роду *Poeciliopsis*. Гібридогенні форми представлені лише самками, які розмножуються з самцями близьких видів. Соматичні клітини таких самок диплоїдні і містять гаплоїдні набори хромосом різних видів. В статевих клітинах на ранніх етапах оогенезу усі хромосоми батьківського походження елімінуються і в яйцеклітині потрапляє тільки гаплоїдний набір материнських хромосом. Процес запліднення відбувається нормально і в результаті злиття ядер гамет знов утворюються гібридні особини. Такий процес елімінації батьківських хромосом і їх повторне потрапляння відбуваються при гібридогенезі в кожному новому поколінні.

Риби у відношенні механізмів визначення статі є надзвичайно гетерогенною групою організмів. Довгий час дослідники не знаходили у них гетерохромосом. У риб зустрічаються як хромосомний, так і нехромосомний типи визначення статі.

1. До **нехромосомного типу** визначення статі належить **синхронний гермафродитизм**. Він зустрічається серед сучасних костистих риб, зокрема, морських окунів (*Serranidae*), *Rivulus marmoratus* (*Cyprinontidae*). Синхронний гермафродитизм часто заміняється **послідовним**. В цьому випадку статева залоза спочатку працює як яєчник, а потім з'являються ділянки з чоловічими статевими клітинами. У видів, що в нормі характеризуються чітким розподілом статей, зустрічаються окремі гермафродитні особини, зокрема, у сигів, гупі, коропів.

2. **Полігенне успадкування статі** – проміжний еволюційний етап у механізмі визначення статі між нехромосомним і хромосомним. В цьому випадку



«чоловічі» та «жіночі» гени знаходяться в багатьох хромосомах і розвиток у чоловічому або жіночому напрямках залежить від балансу між цими генами. Полігенне успадкування статі властиве меченостям (*Xiphophorus helleri*), лімії (*Limia vittata*, *L. caudofasciata*). Кожний окремих ген, який впливає на розвиток гонад, залежить від генотипового оточення і умов утримання.

**Гени, розташовані в статевих хромосомах називаються зчепленими зі статтю, а ознаки, які вони кодуєть успадковуються зчеплено зі статтю.** Гени, які локалізовані в аутосомах, але фенотипово проявляються виключно, або переважно у особин однієї статі - успадковуються як обмежені статтю. За таким принципом успадковуються у тварин: надій, несучість, багатоплідність.

Якщо ген розташований в **У-хромосомі**, він буде успадковуватися по чоловічій лінії від батька до сина (голандричний тип визначення стані). У гупії знайдено більше 17 генів забарвлення, постійно зв'язаних з У-хромосою і 15 генів, зчеплених як з Х і з У – хромосомами.

Ma – ген наявності чорної плями на спинному плавці, розташований в У-хромосомі:

Позначаємо - уMa

♀ XX    x    ♂ XY Ma G X        X, уMa

F1 ♀ XX ,    ♂ XY Ma

Гени, розташовані в Х хромосомі за гетерогаметності чоловічої статі успадковуються кріс-крос (навхрест) від матері до сина і від батька до доньки у тому випадку, якщо мати була гомозиготною за рецесивними алелями:

$P \text{ } \text{♀} \text{ } X^a X^a \text{ } \times \text{ } \text{♂} \text{ } X^A Y \text{ } G \text{ } X^a$ 
 $X^A; y \text{ } F_1$   
 $\text{♂} X^a y, \text{♀} X^A X^a$

Це пов'язане з тим, що син успадковує Y-хромосому від батька, а єдину X-хромосому від матері. Гени, розташовані в цій X-хромосомі успадковані від матері. За таким типом успадковуються хвороби, обумовлені рецесивними зчепленими зі статтю генами (у людей -гемофілія, дальтонізм, м'язова дистрофія). Доньки успадковують одну X-хромосому від матері, а другу від батька. У наведеному прикладі усі доньки гетерозиготні і несуть ген а, прояв буде мати ген А за умови повного домінування. У видів с гетерогаметністю жіночої статі результати схещувань для генів, локалізованих в Z-хромосомі, будуть такими, як і для X-хромосомних генів у типів *Ligaeus* і *Protenor*.

### **Роль середовища у визначенні статі риб.**

Найбільш яскравим прикладом впливу середовища на визначення статі слугує визначення статі у морського хробака (*Bonellia viridis*). Самці і самки цієї тварини різко різняться. Самиця має розмір сливки і міє роздвоєний хоботок, який досягає іноді 4 см довжини. Самець у порівнянні з нею у десятки разів менше. Личинки *Bonellia* не диференційовані за статтю. У випадку потрапляння на хоботок самиці вони, паразитують в її тілі, перетворюються на самців. З вільно живучих личинок розвиваються самиці. Якщо ж відділити від хоботка самиці личинку, з якої вже почав розвиватися самець, то вона стає інтерсексом. Цей приклад вказує на те, що клітини обох статей *Bonellia* мають гени, які контролюються можливість розвитку як самця, так і самиці. Однак, вибір напрямку розвитку залежить від

зовнішнього середовища.

### **Типи розмноження**

Загалом, для риб характерні три типи розмноження: двостатеве, гермафродитне та партеногенетичне.

#### **Двостатеве розмноження.**

Нерест американської струмкової форелі. Двостатеве розмноження є найбільш звичайною та широко розповсюдженою його формою. При цьому способі репродукції статі всередині виду є чітко відокремленими. При цьому деякі види можуть демонструвати дуже яскраво виражені вторинні статеві ознаки, або статевий диморфізм. Ці характеристики вторинних статевих ознак звичайно виявляються тільки однією статтю (в більшості випадків – чоловічою), не виявляються до статевого дозрівання, можуть інтенсифікуватись на протязі шлюбного сезону, і, звичайно, не сприяють індивідуальному виживанню. Вторинні статеві ознаки можуть виявлятися у вигляді різниці в розмірах тіла, частин тіла (наприклад, видовжені плавці або частини плавців), будови тіла (наприклад, виступи на голові), розташуванні зубів, забарвленні, а також зустрічаються і в різниці між акустичними, хімічними, електричними і т. ін. характеристиками статей. Двостатевий спосіб розмноження може включати в себе моногамію, полігамію та проміскуїтет.

#### **Гермафродитизм**

Другий спосіб розмноження риб включає в якості елемента зміну статей особами одного виду, коли риби можуть функціонувати то як чоловіча, то як жіноча особина випадково або послідовно. Послідовне функціонування виявляється у вигляді функціонування як самців протягом однієї частини життя, і як самок – протягом іншої. Існують дві форми послідовної зміни статей – **протандрія** та **протогінія**. Протандричні

гермафродити – це особини, що на початку свого життя є самцями, а пізніше зазнають кардинальних перебудов статевої системи і стають повністю функціональними самками. Така форма перетворення статей широко розповсюджена в родині морських окунів (Serranidae). Всі губани (родина Labridae) є протогінічними гермафродитами, коли всі самці є перетвореними з віком самками. В цій родині на зміну статі можуть впливати як фактори довкілля, так і соціальні відношення в популяції. Соціальна структура губанів полягає в наявності гаремів, що складаються з самок та одного великого самця. Всередині група структурована за розміром, з самцем на верхівці ієрархії. Якщо вилучити з групи самку, інші самки (нижчі за рангом) змінюватимуть своє ієрархічне положення, звичайно зсуваючись на одну позицію вгору. Якщо ж вилучити з групи самця, найбільша самка гарему намагається зайняти місце самця, агресивно відганяючи самців, що контролюють інші гареми. Якщо їй це вдається, і нікому з навколишніх самців не вдається приєднати цей гарем до власного, найбільша самка починає демонструвати поведінку самця, і після близько 14 днів її статева система повністю змінюється, починаючи продукувати чоловічі статеві клітини.

В таксонах, де статева приналежність обумовлена соціальною структурою, процес зміни статі широко варіює, і одна і та сама особина може змінювати стать кілька разів на протязі життя. З іншого боку, існують таксони (наприклад, смугасті окуні, жовтий окунь, більшість груперів) де статева приналежність особин чергується, але не зазнає впливу соціальної структури.

Випадкові гермафродити можуть продукувати як яйцеклітини, так і сперматозоїди – отже, вони потенційно мають можливість самозапліднення. Але наразі відомі лише три види з ряду

Карпозубоподібні, що функціонують як само запліднюючі гермафродити: два види роду *Cynolebias* та вид *Rivulus marmoratus*. При цьому самозапліднення у *Rivulus marmoratus* є внутрішнім, і в результаті призводить до появи гомозиготних, генетично ідентичних нащадків. Більш звичайна форма випадкового гермафродитизму спостерігається в родах *Hypoplectrus* та *Serranus* родини Окуневих. Хоча ці риби спроможні продукувати сперматозоїди та яйцеклітини одночасно, на протязі одного нересту вони функціонують як представники тільки однієї статі. З огляду на те, що один акт нересту може тривати кілька годин, риби однієї пари можуть обмінюватись статевими ролями, і продукувати по черзі яйцеклітини (ікру) або сперматозоїди (молоки).

### **Партеногенез**

Незважаючи на рідкісність цього типу розмноження серед хребетних, кілька видів риб вдаються і до нього. За визначенням, партеногенез полягає в розвитку яйця без запліднення сперматозоїдом цього ж виду. У риб існує варіант цього типу розмноження, при якому необхідним є спільний нерест з самцями того самого виду або інших видів. При цьому роль самців полягає в продукуванні сперматозоїдів, котрі контактують з ікринками, але не в змозі проникнути через їхню зовнішню мембрану (хоріон). Контакт з сперматозоїдами виконує роль стимулу, що спонукає яйце почати розвиток. При цьому сперматозоїди не вносять в яйце свого генетичного матеріалу, тобто всі потомки при такому розмноженні будуть самками, генетично ідентичними з материнською особиною. Класичним прикладом такого гермафродитизму є гольяни (рід *Poeciliopsis*).

**Завдання 1.** Записати п'ять типів хромосомного визначення статі.

**Завдання 2.** Згідно індивідуального завдання написати форму схрещування, щодо визначення статі риб.

**Контрольні питання:**

1. Які хромосоми називають статевими, аутосомними?
2. Які типи гамет утворюються у гетерогаметної особи і гомогаметної?
3. Які три типи розмноження характерні для риб?
4. Які гени називаються зчепленими зі статтю?
5. Які типи визначення статі у риб ви знаєте?

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 12 (2 год.)**

**Тема: Основні типи мутацій. Використання штучного мутагенезу в селекції риб.**

***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 іншухромосому;
- генні (зачіпання структури гена - мутону - ділянки, щоскладається 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**

№ з/п	Особливості мутацій	Особливості модифікацій
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 гаплоїдного 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, перевівши її в гомо- чигемізиготність 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 відрізанні хвостового плавника) або з серця. Луску на місці взяття крові злущують скальпелем, шкіру витирають від слизу і дезинфікують 70% -м спиртом. Кров набирають 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 гуанідинтіюціонатом, 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 розчиненою 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 розчиненою 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?

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 13 - 14 (4 год.)

*Тема: Особливості генетики популяцій риб.  
Популяційна структура видів риб.  
Закон Харді - Вайнберга.*

### **ОСОБЛИВОСТІ ПОПУЛЯЦІЙНОЇ ГЕНЕТИКИ**

Популяційна генетика або генетика популяцій – розділ генетики, який вивчає генетичну структуру і динаміку популяцій, розподіл частот алелей і їх зміну під тиском рушійних сил еволюції: мутагенезу, природного відбору, дрейфу генів і міграції. Беруться до уваги також субпопуляційні структури і просторова структура популяції. Популяційна генетика намагається пояснити адаптацію і спеціалізацію. Вона є однією з основних складових синтетичної теорії еволюції. До формування популяційної генетики долучились такі вчені як С. Райт, Дж. Холдейн, Р. Фішер, С. С. Четверіков та інші. Ключові закономірності, що визначають частоти алелей у популяціях сформовані Г. Харді і В. Вайнбергом.

#### **Характеристика популяції**

***Популяція*** – це сукупність особин одного виду, які тривалий час мешкають на певній території, вільно схрещуються між собою, мають загальне походження, певну генетичну структуру і, в тій чи іншій мірі, ізольовані від інших таких сукупностей цього виду.

Популяція не лише одиниця виду, форма його існування, але й одиниця еволюції.

В основі мікроеволюційних процесів, що завершуються видоутворенням, лежать генетичні перетворення в популяціях. З генетичної точки зору, популяція є відкритою системою, а вид – закритою. У загальній формі процес видоутворення зводиться до

перетворення генетично відкритої системи в генетично закриту.

Кожна популяція має певний генофонд і генетичну структуру.

**Генофонд** популяції – сукупність генотипів усіх особин популяції.

**Генетична структура** популяції – співвідношення в ній різних генотипів і алелей.

Одними з основних понять популяційної генетики є частота генотипу і частота алеля. Під частотою генотипу (чи алеля) розуміють його частку, віднесену до загальної кількості генотипів (чи алелей) в популяції. Частота генотипу, або алеля, визначається або у відсотках, або в частках одиниці.

Наприклад, якщо ген має дві алельні форми і частка рецесивного алеля *a* складає  $\frac{3}{4}$  (або 75%), то частка домінантного алеля *A* буде рівна  $\frac{1}{4}$  (або 25% загальної кількості алелей цього гена в популяції).

Популяції самозапильних і перехреснозапильних рослин істотно відрізняються одна від одної.

Вперше дослідження генетичної структури популяції було зроблено В. Йогансенем у 1903 р. В якості об'єктів дослідження було обрано популяції самозапильних рослин. Досліджуючи впродовж декількох поколінь масу насіння квасолі, він виявив, що у самозапильників популяція складається з генетично різнорідних груп, так званих чистих ліній, представлених гомозиготними особинами. Окрім того, з покоління в покоління в такій популяції зберігається рівне співвідношення гомозиготних домінантних і гомозиготних рецесивних генотипів. Їх частка у кожному поколінні збільшуватиметься, тоді як кількість гетерозиготних генотипів зменшуватиметься. Таким чином, у популяціях самозапильних рослин



спостерігається процес гомозиготизації, або розкладання на лінії з різними генотипами.

### **ГЕНЕТИЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ**

**Генетичний поліморфізм**, або генетичне різноманіття – різноманітність популяцій за генетичними ознаками, або маркерами. Це – один з видів біорізноманіття. Генетичне різноманіття є важливим компонентом генетичної характеристики популяції, групи популяцій або виду.

#### ***Параметри генетичного поліморфізму:***

1. Середня гетерозиготність.
2. Кількість алелей на локус.
3. Генетична відстань (для оцінки міжпопуляційного генетичного різноманіття)

***Середня гетерозиготність*** характеризує частку гетерозиготних за досліджуваними маркерами особин у популяції, визначає середній показник за кількістю використаних маркерів.

***Кількість алелей на локус*** – цей параметр використовується для оцінки генетичного різноманіття за маркерами, які мають більше двох алельних станів.

***Генетична відстань*** характеризує рівень відмінності і різноманіття між популяціями за наявністю або відсутністю та частотами алелей використаних маркерів.

#### **Біологічне значення генетичного поліморфізму**

Генетична мінливість у популяції забезпечує вихідний матеріал для дії природного добору і генетичного дрейфу, тобто, є необхідним елементом для мікроеволюційних процесів. З іншого боку, генетична мінливість є продуктом дії факторів мікроеволюції. Генетичний поліморфізм має велике значення для екологічної пластичності популяції. Наявність кількох алелей у популяції дозволяє адаптуватися до мінливих

умов, тому особини з різними алелями мають перевагу. Наприклад, два широко розповсюджених у *Drosophila melanogaster* варіанта гена алкогольдегідрогенази проявляють у гомозиготному стані альтернативно корисну або шкідливу дію, залежно від температури середовища.

### **ДОБІР У ПОПУЛЯЦІЯХ**

**Природний добір** – процес, за допомогою якого в популяції збільшується кількість особин, що мають максимальну пристосованість, тоді як кількість особин з несприятливими ознаками зменшується. Природний добір є головною причиною розвитку адаптацій і видоутворення. Природний відбір – єдина відома причина адаптацій, але не єдина причина еволюції. До неадаптивних причин належать генетичний дрейф, потік генів і мутації.

У процесі природного відбору закріплюються мутації, що збільшують пристосованість організмів.

Природний добір має такі характеристики:

- організми утворюють нащадків більше, ніж може вижити;
- у популяції цих організмів існує спадкова мінливість;
- організми, що мають різні генетичні риси, характеризуються різною життєздатністю і здатністю розмножуватися.

Такі умови створюють конкуренцію поміж організмами у виживанні і розмноженні і є мінімально необхідними умовами для еволюції за допомогою природного добору.

**Пристосованість** – це здатність організму до виживання і розмноження, яка визначає розмір його генетичного внеску в наступне покоління. Проте головним у визначенні пристосованості є не загальна кількість нащадків, а кількість нащадків з цим генотипом (відносна пристосованість). Наприклад, якщо нащадки особини, яка

успішного і швидко розмножується, слабкі та погано розмножуються, то генетичний вклад і, відповідно, пристосованість цього організму будуть низькими.

Якщо будь-яка алель збільшує пристосованість організму більше, аніж інші алелі цього гена, то з кожним поколінням частка цієї алелі в популяції буде зростати. Тобто, відбір відбувається на користь цієї алелі. І навпаки, для менш вигідних або шкідливих алелей – їх частка в популяціях знижуватиметься, тобто відбір діятиме проти визначених алелей. Важливо відмітити, що вплив певних алелей на пристосованість організму не є постійним. При зміні умов докілька шкідливі або нейтральні алелі можуть стати корисними, а корисні шкідливими.

Природний добір для рис, які можуть змінюватися в деякому діапазоні значень, можна розділити на **три типи**: спрямований (рушійний); дизруптивний та стабілізуючий.

Добір може діяти на різних рівнях організації, таких як гени, клітини, окремі організми, групи організмів і види. Причому добір може одночасно діяти за різними рівнями.

**Рушійний добір** – форма природного добору, яка діє при спрямованій зміні умов зовнішнього середовища. Описали Дарвін і Уоллес. У цьому випадку особини з ознаками, які відхиляються в певну сторону від середнього значення, отримують перевагу. У результаті в популяції з покоління до покоління відбувається зміщення середньої величини ознаки в певному напрямі.

Прикладом дії рушійного добору є "індустріальний меланізм" у комах. "Індустріальний меланізм" є різким підвищенням частки меланістичних (з темним забарвленням) особин у тих популяціях комах (наприклад, метеликів), які мешкають у промислових районах. За промислової дії стовбур дерев значно темнішає, гинуть світлі лишайники, тому світлі метелики краще вирізняються для птахів, а темні – маскуються. У ХХ

столітті у низці районів частка темних метеликів у деяких добре вивчених популяціях березового п'ядуна (*Morfa carbonaria*) в Англії сягала 95%, тоді як уперше темний метелик було відловлено в 1848 році.

Рушійний відбір здійснюється при зміні довкілля або пристосуванні до нових умов при розширенні ареалу. При цьому спадкові зміни зберігаються, переміщуючи, відповідно, і норму реакції. Наприклад, при освоєнні ґрунту, як місця існування у різних неспоріднених груп тварин, кінцівки перетворилися на риучі.

**Стабілізуючий добір** – форма природного відбору, при якій його дія спрямована проти особин, що мають крайні відхилення від середньої норми, на користь особин з середнім вираженням ознаки. Поняття стабілізуючого відбору ввів у науку і проаналізував І. І. Шмальгаузен.

Описано безліч прикладів дії стабілізуючого добору в природі. Наприклад, на перший погляд здається, що найбільший внесок у генофонд наступного покоління повинні вносити особини з максимальною плодючістю. Проте спостереження над природними популяціями птахів і ссавців вказують на протилежне. Чим більше пташенят у гнізді, тим важче їх прогодувати, вони менші та слабкіші. У результаті пристосованішими є особини із середньою плодючістю.

**Дизруптивний** (що розриває) добір – форма природного добору, при якому умови сприяють двом або кільком крайнім варіантам (напрямок) мінливості, але не сприяють проміжному, середньому стану ознаки. У результаті може з'явитися кілька нових форм з однієї початкової. Дизруптивний відбір сприяє виникненню і підтримці поліморфізму популяцій, а в деяких випадках може слугувати причиною видоутворення.

Одна з можливих у природі ситуацій, в якій вступає в дію дизруптивний добір, – коли поліморфна популяція

займає неоднорідне місце розташування. При цьому різні форми пристосовуються до різних екологічних ніш або субніш.

**Статевий добір** – окремий випадок природного відбору, основою якого є будь-яка ознака, яка підвищує ймовірність спаровування за рахунок збільшення привабливості особини для потенційних партнерів. Риси, які еволюціонували за рахунок статевого добору, особливо помітні у чоловічих особин деяких видів тварин. Такі ознаки, як великі роги, яскраве забарвлення, з одного боку можуть приваблювати хижаків і знижувати виживання самців, а з іншого, це урівноважується репродуктивним успіхом самців з подібними яскраво вираженими ознаками.

**Форми природного добору** за механізмом дії поділяються на позитивний і відсікаючий (негативний) добір.

**Позитивний добір** збільшує в популяції кількість особин з корисними ознаками, які підвищують життєздатність виду в цілому.

**Відсікаючий добір** вибраковує з популяції переважну більшість особин з ознаками, що різко знижують життєздатність за визначених умов середовища. За допомогою відсікаючого відбору з популяції видаляються надшкідливі алелі. Відсікаючому відбору можуть підлягати особини з хромосомними перебудовами і набором хромосом, що різко порушує сталу роботу генетичного апарату.

### **ЗАКОН ХАРДІ-ВАЙНБЕРГА**

Більшість рослин і тварин у популяціях розмножуються статевим шляхом при вільному схрещуванні, що забезпечує рівну ймовірність комбінації гамет. Рівну ймовірність злиття гамет при вільному схрещуванні називають **панміксією**, а таку популяцію – панміктичною.

Годфрі Харді і Вільгельм Вайнберг, узагальнюючи дані про частку генотипів, що утворюються в результаті рівної ймовірності комбінації гамет, вивели формулу частоти генотипів у панміктичній популяції:

$$AA + 2Aa + aa = 1$$
$$P^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

де: P – домінантні алелі; q – рецесивні алелі.

Користуючись цією формулою, можна розрахувати частку алелей і генотипів у конкретній панміктичній популяції.

***Умови виконання закону Харді-Вайнберга:***

- необмежено велика чисельність популяції, що забезпечує вільне схрещування особин одна з одною;
- усі генотипи однаково життєздатні, плідні і не піддаються добору;
- прямі і зворотні мутації виникають з однаковою частотою або настільки рідко, що ними можна нехтувати;
- відтік або надходження нових генотипів у популяцію відсутній.

У реально існуючих популяціях виконання цих умов неможливе, тому закон справедливий тільки для ідеальної популяції.

Незважаючи на це, закон Харді-Вайнберга є основою для аналізу окремих генетичних явищ, що відбуваються в природних популяціях.

Наприклад, якщо відомо, що фенілкетонурія (порушення обміну речовин) зустрічається з частотою 1:10000 і спадкується за аутосомно-рецесивним типом, то можна порахувати частку гетерозигот і домінантних гомозигот у популяції.

Хворі фенілкетонурією мають генотип

$$q^2(aa) = 0,0001$$

Звідси  $q = 0,01$

$P = 1 - 0,01 = 0,99$

Частка гетерозигот складає  $2pq$ :

$2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,0198$  або  $= 1,98\%$ .

Частка гомозигот за домінантною та рецесивною ознаками:

$AA = p^2 = 0,99^2 = 0,9801 = 98,01\%$ ;

$Aa = q^2 = 0,01^2 = 0,0001 = 0,01\%$ .

Закон Харді-Вайнберга – це закон популяційної генетики – в популяції нескінченно великого розміру, в якій не діє відбір, не йде мутаційний процес, відсутній обмін особинами з іншими популяціями, не відбувається дрейф генів, усі схрещування випадкові – частки генотипів за будь-яким геном (у випадку якщо в популяції є два алеля визначеного гена) підтримуватимуться сталими з покоління в покоління.

### ***Рівновага Харді-Вайнберга в реальних популяціях***

На реальні популяції діють чинники, несприятливі для підтримки рівноваги Харді-Вайнберга за будь-якими генетичними маркерами. У популяціях багатьох видів рослин або тварин поширені такі явища як інбридинг і самозапліднення. У таких випадках відбувається зменшення частки або повне зникнення класу гетерозигот. У разі наддомінування навпаки, частки класів гомозигот будуть меншими за розрахункові.

### ***Практичне значення закону Харді-Вайнберга***

У медичній генетиці закон Харді-Вайнберга дозволяє оцінити популяційний ризик генетично обумовлених захворювань, оскільки кожна популяція має власний алелофонд і, відповідно, різні частоти негативних алелей. Знаючи частку народження дітей із спадковими захворюваннями, можна розрахувати структуру алелофонду. У той же час, знаючи частку негативних

алелей, можна передбачити ризики народження хворої дитини.

У *селекції* можна виявити генетичний потенціал вихідного матеріалу (природних популяцій, а також сортів і порід народної селекції), оскільки різні сорти і породи характеризуються власними алелофондами, які можуть бути розраховані за допомогою закону Харді-Вайнберга. Якщо у вихідному матеріалі виявлено високу частку необхідного алеля, то можна чекати швидкого отримання бажаного результату при доборі. Якщо ж частка необхідного алеля низька, то потрібно відшукувати інший вихідний матеріал, або вводити необхідний алель з інших популяцій (сортів і порід).

В *екології* можна виявити вплив найрізноманітніших чинників на популяції. Річ у тому, що, залишаючись фенотипово однорідною, популяція може істотно змінювати свою генетичну структуру під впливом іонізуючого випромінювання, електромагнітних полів та інших несприятливих чинників. За відхиленнями фактичної частки генотипів від розрахункової можна встановити ефект дії екологічних чинників.

***Мікроеволюція – зміна генетичної структури популяції*** – зміна рівноваги генотипів і алелей у панміктичній популяції відбувається під впливом постійно діючих чинників, до яких відносяться мутаційний процес, популяційні хвилі, ізоляція, природний добір, дрейф генів тощо.

Саме завдяки цим явищам виникає елементарне еволюційне явище – зміна генетичного складу популяції, що є початковим етапом процесу видоутворення.

***Храповик Меллера*** (за ім'ям американського генетика Г. Меллера і механічного пристрою – храповика) – процес безповоротного накопичення в генофонді нездатних до статевого процесу популяцій, шкідливих



мутацій, що призводять до зниження рівня адаптації і вимирання виду.

Меллер запропонував цей механізм в якості однієї з теорій, що пояснюють шлях еволюції від безстатевого розмноження до статевого.

При безстатевому розмноженні геном організму передається у спадок як неподільний блок. При появі в геномі мутації можна чекати на її прояв і в наступних поколіннях, оскільки процес зворотної мутації маловірогідний. У разі статевого розмноження (при генетичній рекомбінації) геном потомства відрізнятиметься від батьківського. Зокрема, геном з меншою кількістю мутацій може бути отриманий з батьківських геномів зі значною їх кількістю. З часом у генотипі безстатевих організмів шкідливі мутації можуть накопичуватися. При випадковій елімінації особин, що містять мінімальну в популяції кількість шкідливих мутацій, загальновидовий генотип погіршиться. Таким чином, механізм дії Храповика Меллера протилежний до механізму природного добору, при якому в генотипі закріплюються тільки позитивні мутації, і визначається генетичним дрейфом мутацій. Генофонд безстатевих популяцій може позбавитися від шкідливих мутацій тільки шляхом відмирання особин, які несуть ці мутації.

Серед найпростіших і прокариотів існує безліч нібито безстатевих організмів. Проте доведено, що у більшості з них може за рахунок різних механізмів відбуватися обмін генетичною інформацією.

Сам термін "Храповик Меллера" ввів в 1974 році Дж. Фельзенштейн, а стаття, що описує даний механізм, опублікована Меллером у 1932 році.

**Панміксія** (від гр. *пан* – все і *мікс* – змішення) – вільне схрещування різностатевих особин в популяції.

**Ізоляція** – виключення або ускладнення вільного схрещування між особинами одного виду. Ізоляція є елементарним еволюційним чинником, що діє на мікроеволюційному рівні і призводить до видоутворення.

За характером ізолюючих бар'єрів класифікують географічну і репродуктивну (біологічну) ізоляцію.

**Географічна ізоляція** – це відособлення певної популяції від інших популяцій того ж виду будь-якою географічною перешкодою. Географічна ізоляція – один з важливих чинників видоутворення, оскільки вона перешкоджає схрещуванню і, тим самим, обміну генетичною інформацією між відокремленими популяціями.

**Репродуктивна (біологічна) ізоляція** призводить до порушення вільного схрещування або утворення стерильного потомства. Розрізняють (класифікують) екологічну, етологічну, тимчасову, анатомо-морфо-фізіологічну і генетичну репродуктивну ізоляцію.

При *етологічній* ізоляції для особин різних популяцій знижується вірогідність запліднення зважаючи на відмінності способу життя і поведінки. Наприклад, у різних видів птахів відрізняються ритуали залицяння і шлюбні пісні.

При *екологічній* ізоляції розрізняються умови життя живих організмів. Наприклад, популяції риб нерестяться в різних місцях.

При *тимчасовій* ізоляції відрізняються терміни розмноження.

При *анатомо-морфо-фізіологічній* репродуктивній ізоляції у живих організмів виникають відмінності у будові, розмірах окремих органів статеві системи, або виникають відмінності у біохімічних аспектах репродуктивної функції.

При *генетичному* характері репродуктивної ізоляції виникають несумісні гамети або з'являються гібриди зі зниженою життєздатністю.

Перераховані форми репродуктивної ізоляції виникають незалежно одна від одної і можуть поєднуватися у будь-яких комбінаціях. Проте, саме генетичну ізоляцію вважають однією з найважливіших форм репродуктивної ізоляції. Виникненню репродуктивної ізоляції сприяє тривала географічна ізоляція.

***Ефект пляшкового горличка*** – скорочення генетичної різноманітності популяції, яке призводить до зміни відносних і абсолютних часток алелей генів. Є одним з чинників еволюції.

Спочатку популяція має велику генетичну різноманітність, внаслідок своєї чисельності, сприятливих умов довкілля і широкого ареалу розповсюдження.

Популяція вимирає, її чисельність скорочується до декількох особин. Генофонд бідніє. Зниження чисельності популяції може відбуватися періодично (у зв'язку з щорічним настанням сезону, несприятливого для підтримки чисельності популяції) або одноразово (у результаті катастроф).

Чисельність популяції знову зростає, але генетична різноманітність не відновлюється. Створюються умови для випадкового варіювання частот алелей у популяції – дрейфу генів. Малі популяції схильні до інбридингу.

Назва "ефект пляшкового горличка" наочно демонструє один із способів відображення чисельності популяції. Якщо схематично зображувати чисельність популяції в певний час у вигляді горизонтальної смужки або еліпса, а чисельність у наступні моменти – так само, але на пропорційну величину вище над першим зображенням, то випадки різкого зниження чисельності

виглядатимуть, як звуження малюнка у верхній частині, тобто, подібно до горличка пляшки.

Проходження через "пляшкове горличко" характерно для популяцій багатьох видів комах, що різко скорочують чисельність у осінньо-весняний період. Зокрема, популяції дрозofiли різко скорочують чисельність взимку і щорічно відновлюють її в літній період. Такі скорочення чисельності призводять до істотних зрушень часток генетичних маркерів. У разі відновлення чисельності видів, що знаходилися на межі вимирання, також відбувається зниження генетичної різноманітності, обумовлене ефектом пляшкового горличка.

Класичним прикладом дії ефекту пляшкового горличка є популяція гепардів. З використанням сучасних методів генетичного аналізу було встановлено, що гепарди характеризуються надмалою генетичною різноманітністю. Передбачається, що в результаті якоїсь катастрофи вижила лише одна пара особин. Нестача генетичної різноманітності поставила цей вид на межу вимирання. Нині чисельність гепардів продовжує падати і налічує менше 20 тисяч особин. Ефект пляшкового горличка позначився на життєздатності усього виду: у гепардів підвищена чутливість до хвороб і різні відхилення, що призводять до зниження плодючості.

## **ВИСНОВКИ**

Популяція – це сукупність особин одного виду, що тривалий час займають певну територію, вільно схрещується, мають загальне походження, певну генетичну структуру і, в тій чи іншій мірі, ізольовані від інших таких сукупностей особин цього виду.

• Генофонд популяції – сукупність генотипів усіх особин популяції.

- Елементарний еволюційний матеріал – мутації.
- Елементарна еволюційна одиниця – популяція.
- Елементарне еволюційне явище – зміна генофонду популяції.

- Генетична структура популяції – співвідношення в ній різних генотипів і алелей.

- Ідеальна популяція – це популяція, в якій виконуються чотири умови:

- 1) необмежено велика чисельність популяції, що забезпечує вільне схрещування особин один з одним;
- 2) відсутні мутації, або прямі і зворотні мутації виникають з однаковою часткою або настільки рідко, що ними можна нехтувати;
- 3) відсутні міграції, відтік або надходження нових генотипів у популяцію;
- 4) відсутній добір.

- Популяція – відкрита структура (можливе схрещування між особинами різних популяцій), а вид – замкнута (схрещування між особинами різних видів неможливе).

- Закон Харді-Вайнберга не застосовується для самозапильників, оскільки у них спостерігається процес гомозиготизації, або розкладання на лінії з різними генотипами.

- Панміктична популяція – це популяція, в якій забезпечується рівно- ймовірна комбінація гамет при вільному схрещуванні (панміксія).

## ПРИКЛАДИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ

**Задача 1.** У жита озимого антоціанове забарвлення сходів визначається домінантним алелем  $A$ , зелене – рецесивним  $a$ . На ділянці площею  $1000 \text{ м}^2$  росте 300 тис. рослин, з них 75 тис. мають зелене забарвлення сходів. Яка частота алелей і генотипів у цій популяції?

**Розв'язок:**

Частка рослин з рецесивною ознакою:

$$q^2 (aa) = 75000 / 300000 = 0,25 \text{ або } 25\%;$$

Частка рецесивного алеля становитиме

$$q = 0,5.$$

Тоді частка домінантного алеля складатиме

$$p = 1 - 0,5 = 0,5$$

Частка гетерозиготних особин  $Aa$ :  $2 \times p \times q$

$$2 \times 0,5 \times 0,5 = 0,5 \text{ або } 50\%$$

Частка домінантних гомозигот  $AA$ :  $p^2 = 0,25$ , або 25 %.

**Задача 2.** У соняшника наявність панцирного шару в сім'янці домінує над відсутністю його і успадковується моногенно. При інспектуванні встановлено, що 4% сім'янок не мають панцирного шару. Яка частота домінантною алеля в популяції?

**Розв'язок:**

Спочатку визнаємо частку рецесивного алеля. Для цього необхідно встановити частку безпанцирних сім'янок у долях одиниці.

Кількість рослин з рецесивною ознакою становить

$$q^2 (aa) 4\% = 0,04$$

Звідси частка рецесивного алеля становитиме

$$q = 0,2$$

Частота домінантною алеля в цій популяції:

$$p = 1 - 0,2 = 0,8 \text{ або } 80\%.$$

**Задача 3.** Фенілкетонурія (порушення обміну речовин) зустрічається з частотою 1:10000 і спадкується по аутосомно-рецесивному типу. Підрахувати частоту гетерозигот и гомозигот за домінантною ознакою.

**Розв'язок:**

Хворі на фенілкетонурію мають генотип

$$q^2 (aa) = 0,0001.$$

Отже  $q = 0,01$ .

$$p = 1 - 0,01 = 0,99.$$

Частота гетерозигот становить  $2pq$ :

$$2 \times 0,99 \times 0,01 \approx 0,02 \text{ або } \approx 2\%.$$

Частота гомозигот за домінантною і рецесивною ознаками:

$$AA = p^2 = 0,99^2 = 0,9801 \approx 98\%,$$

$$aa = q^2 = 0,01^2 = 0,0001 = 0,01\%.$$

## ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗКУ

**Задача 1.** Ген в популяції має дві алельні форми і частка рецесивного алеля  $a$  складає  $\frac{3}{4}$  (або 75%). Яка частота кожного генотипу в цій популяції?

**Задача 2.** У жита озимого антоціанове забарвлення сходів визначається домінантним алелем  $A$ , зелене – рецесивним  $a$ . На ділянці площею 1000 м<sup>2</sup> росте 300 тис. рослин, з них 75 тис. мають зелене забарвлення сходів. Яка частота алеля  $a$  в цій популяції?

**Задача 3.** Яка частка в популяції рецесивного алеля  $a$ , якщо частка в цій популяції домінантного алеля  $A$  становить: 1) 0,36; 2) 0,44; 3) 0,62; 4) 0,13?

**Задача 4.** Яка частка в популяції домінантного і рецесивного алелей гена, якщо вона складається з особин з генотипом  $Cc$ , кількість яких :  
1) 186; 2) 254; 3) 360; 4) 787?

**Задача 5.** Обстежена група особин складається з 45 гетерозигот. Яку частку має нормальна ( $A$ ) і мутантна ( $a$ ) алелі гена у відсотках і долях одиниці від загальної кількості алелей в цій групі?

**Задача 6.** Вирахуйте частку доміантного алеля ( $p$ ) і частоту ( $q$ ) рецесивного алеля в популяції, яка складається з :

- 1) 400 особин  $CC$  і 100 особин  $cc$ ;
- 2) 700 особин  $CC$  і 300 особин  $cc$ ;
- 3) 180 особин  $CC$  і 20 особин  $cc$ ;
- 4) 150 особин  $CC$  і 250 особин  $cc$ ;
- 5) 60 особин  $Cc$  і 40 особин  $cc$ ;
- 6) 200 особин  $Cc$  і 200 особин  $cc$ ;
- 7) 360 особин  $Cc$  і 140 особин  $cc$ ;
- 8) 440 особин  $Cc$  і 60 особин  $cc$ ;
- 9) 200 особин  $CC$  і 200 особин  $Cc$ ;
- 10) 220 особин  $CC$  і 80 особин  $Cc$ ;
- 11) 320 особин  $CC$  і 280 особин  $Cc$ ;
- 12) 620 особин  $CC$  і 280 особин  $Cc$ .

**Задача 7.** У жита озимого сорту Вятка 2 антоціанове (червоно-фіолетове) забарвлення сходів визначається доміантним алелем  $A$ , зелене – рецесивним  $a$ . На ділянці площею 0,25 га росте 1000000 рослин. При аналізі рослин на метрових майданчиках було встановлено, що 75% рослин мають антоціанові сходи, інші – зелені. Яка частка доміантного алеля  $A$  в цій популяції?

**Задача 8.** У соняшника наявність панцирного шару в сім'янці домінує над відсутністю його і успадковується моногенно. При інспектуванні встановлено, що 4% сім'янок не мають панцирного шару. Яка частка доміантною алеля в популяції?

**Задача 9.** У дикорослої суниці червоне забарвлення ягід домінує над рожевим. У популяції суниці з 1230 рослин 36 мають рожеве забарвлення ягід. Яка частка рецесивного алеля в цій панміктичній популяції?



**Задача 10.** У кукурудзи ген *C* обумовлює розвиток забарвленого алейрону, ген *c* - незабарвленого. У вихідній популяції міститься 1% особин з рецесивними ознаками. Чому дорівнює частка рецесивного алеля?

**Задача 11.** У жита сорту Тулунске зеленозерне в досліджуваній популяції разом із зеленозерними рослинами містяться жовтозерні. Відомо, що жовте забарвлення зернівки є домінантним відносно зеленого. При проведенні інспектування було встановлено, що в цій панміктичній популяції 81 рослина зеленозерна, інші – жовтозерні. Яка частка домінантних гомозигот в популяції?

**Задача 12.** У гречки яскраво-червоне забарвлення рослин неповністю домінує над зеленим. Гетерозиготи за цими генами мають рожеве забарвлення. У панміктичній популяції, що складається з 840 рослин, містилося 42 червоних. Яка частка гомозиготних рослин?

**Задача 13.** У жита опушення соломини під колосом домінує над відсутністю опушення. У популяції сорту Вятка при аналізі інспектованого снопа виявлено чотири рослини з 500, у яких було відсутнє опушення під колосом. Яка частка гетерозиготних рослин у даній популяції?

**Задача 14.** У курей чорне оперення неповно домінує над білим. Гетерозиготні особини мають блакитне оперення. З 2400 курей птахоферми 384 мали чорне оперення, 1152 – блакитне, інші – біле.

1. Яка частка домінантного алеля гена?
2. Яка частка рецесивною алеля гена?
3. Яка частка білих курей?

4. Яка частка чорних курей?
5. Яка частка курей з блакитним оперенням?

**Задача 15.** Альбінізм (відсутність забарвлення) успадковується як аутосомно-рецесивна ознака. Частка гена альбінізму в країнах Західної Європи 1: 20000. Визначте частку альбіносів у популяціях Західної Європи.

### **Контрольні питання**

1. Що таке популяція?
2. Чим відрізняється панміктична популяція від популяцій сільськогосподарських тварин?
3. Як порахувати частоту генотипу і фенотипу?
4. Як порахувати частоти алелей?
5. В чому полягає сутність закону Харді-Вайнберга?
6. Яке значення закону Харді-Вайнберга?
7. В чому полягає генетична рівновага популяції?

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## **ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 15 (2 год.)**

**Тема: Інбридинг і гетерозис при розведенні риб.  
Особливості гібридизації різних видів риб.**

### **ГЕТЕРОЗИС ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В РИБНИЦТВІ**

**Мета заняття.** Вивчити суть явища гетерозису та методи підбору, за яких він проявляється. Засвоїти методи визначення ефекту гетерозису.

За неспорідненого підбору створюють нові гетерозиготні генотипи, які в певних поєднаннях проявляють ефект гетерозису. Гетерозис - це явище при якому потомки першого покоління, отримані в результаті схрещування за певних методів підбору, переважають батьківські форми за окремими господарськими ознаками. Біологічною передумовою прояву ефекту гетерозису є підвищення рівня розвитку ряду ознак у помісей, одержаних присхрещуванні.

В селекційній практиці виділяють такі основні форми прояву гетерозису:

- *справжній гетерозис* (Гс) проявляється тоді, коли продуктивність помісей (Пп) вірогідно перевищує кращу батьківську форму (Пк) або лінію:

$$Гс = Пп : Пк \times 100;$$

- *зоотехнічний гетерозис* (Гз) - це явище, коли продуктивність потомків вірогідно перевищує середньоарифметичну продуктивність батьків (Пб - продуктивність батьківської форми. Пм - продуктивність материнської форми):

$$Гз = Пп : 0,5 \times (Пб + Пм) \times 100;$$

- *гіпотетичний гетерозис* (Гг) проявляється тоді, коли продуктивність помісей перевищує тільки показники гіршої (Пг) батьківської форми (частіше материнської породи або лінії):

$$Гг = Пп : Пг \times 100.$$

Явище гетерозису проявляється лише у помісей I покоління при схрещуванні добре поєднаних порід за низькоуспадкоуваними ознаками і не проявляється за сумою ознак. Залежно від того, за якими ознаками проявляється гетерозис, виділяють основні види

гетерозису у рибицтві:

- репродуктивний - проявляється у збільшенні плодючості;
- соматичний - проявляється за відгодівельними і м'ясними якостями;
- адаптивний - проявляється у пристосованості до умов навколишнього середовища і стійкості до захворювань.

**Завдання 1.** Визначити наявність гетерозису та його форми за ре- зультатами схрещування різних порід і видів риби на основі індивідуального завдання і заповнити таблицю.

**Таблиця 20 - Жива маса помісей (дволіток) в результаті  
схрещування різних порід і видів риб**

Вихідні породи та види риб і гібриди їх схрещення	Жива маса дволіток за варіантами			
Варіанти	I	II	III	IV
Жива маса вихідних порід				
1	2	3	4	5
Український лускатий короп	3000	2990	3100	2900
Ропшинський короп	800	920	850	1200
Український рамчастий короп	2900	3100	2850	3000
Срібний карась	310	300	330	325
Райдужна форель	780	765	795	800
Сталеголовий лосось	980	960	980	1000
Сазан амурський	520	500	495	510
Білий товстолобик	875	870	850	845
Строкатий товстолобик	1355	1360	1325	1310
Білуга	850	1000	800	780
Стерлядь	375	380	360	370
Жива мас дволіток за різними варіантами схрещування				
Гібрид коропо-карась	410	395	425	400
Гібрид райдужна форель-сталеголовий лосось	840	800	860	920
Українські лускаті коропо-сазанові гібриди	2900	2800	3000	2750
Українські лускато-ропшинські помісі коропа	1950	2000	2750	2850
Гібрид товстолобиків	1290	1375	1270	1300
Бестер Бурцевський	700	850	690	710
Рамчасто-ропшинські помісі коропа	2850	3150	2900	2850

**Таблиця 21- Продуктивність помісей, отриманих за різних варіантів схрещування**

Гібрид	Жива маса плідників вихідних порід	Жива маса гібридів	Ефект гетерозису, %	Форма гетерозису

### Контрольні питання

1. Що таке гетерозис?
2. Основні закономірності прояву явища гетерозису.
3. Які с форми гетерозису?
4. За якими ознаками проявляється гетерозис?
5. Наведіть приклади прояву гетерозису у гібридів за різних варіації» схрещування порід і видів риб.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## ГІБРИДИЗАЦІЯ В РИБНИЦТВІ

**Мета заняття.** Освоїти різні методи гібридизації та вивчити біологічні особливості отриманих гібридів різних порід і видів риб.

Гібридизація в рибицтві - це отримання потомства від схрещування особин різних видів і віддалених систематичних груп. Основна мета гібридизації полягає у

виведенні нових порід із стійкою спадковістю за основними господарсько корисними ознаками характерними для вихідних видів тварин, а також для отримання промислових тварин. За гібридизації використовують такі ж методи і схеми як при міжпорідному схрещуванні.

Потомство отримане від гібридизації називається гібридами. Біологічні особливості гібридів і міжпородних помісей у рибицтві багато в чому подібні, але у гібридів вони чіткіші. Спадковість гібридів першого покоління порівняно з вихідними формами зазнає ще більших змін, ніж спадковість помісей.

У рибицтві існує декілька видів гібридизації:

- міжвидова - отримання гібридів від схрещування особин різних видів;
- внутривидова - отримання гібридів від схрещування особин одного виду;
- міжродова - отримання гібридів від схрещування особин різних родів;
- міжпородна - отримання гібридів від схрещування особин різних порід;
- міжлінійна - отримання гібридів від схрещування особин різних ліній однієї породи.

У рибицтві відомі приклади успішної гібридизації нових порід і гібридних форм, які мають низку бажаних якостей. Схрещування коропа з амурським сазаном стало основою для виведення ропшинського коропа, який поєднує високу життєздатність із зимостійкістю, притаманною сазану, і добрий темп росту, характерний для коропа.

Значний інтерес являє собою гібрид між коропом і карасем, який успадкував від золотого карася невибагливість до вмісту кисню у воді, але за темпом росту дещо поступаються коропу.

Добре зарекомендували себе гібриди сигових риб. Так, гібрид стерляді із сунським і самозерськими сигаами показав високі теми росту, широкий спектр живлення і високу життєздатність.

В останні роки проводяться дослідження з гібридизації рослиноїдних риб. Під час схрещування білого і строкатого товстолобиків отримані гібриди, які відрізняються від вихідних форм будовою фільтраційного апарату. Гібриди мають і більш високу виживаність.

Добрі результати дає гібридизація при розведенні тилапії. Гібриди переважають за темпом росту і виживаністю вихідних видів.

Явище гетерозису спостерігається при гібридизації сталевоголового лосося і озерної форелі. Отриманий гібрид росте в декілька разів швидше вихідних форм.

Прикладом успішної селекційної роботи з віддаленими гібридами є одержання гібридної форми осетрових риб, серед яких найбільш відомим є бестер (гібрид білуги і стерляді).

**Завдання 1.** Скласти схеми гібридизації та визначити частку спадковості при виведенні бестера Бурцевського (гібрид білуги із стерляддю), бестера Асканійського (зворотний гібрид від схрещування стерляді з бестером) і бестера Вніровського (зворотний гібрид від схрещування білуги з бестером). Зазначити біологічні особливості різних видів бестерів.

### **Контрольні питання**

1. Гібридизація в риборівництві та її мета.
2. Навести приклади різних гібридів риби і зазначити їх основні біологічні особливості.

Підпис викладача \_\_\_\_\_



## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 16 (2 год.)

*Тема: Основні досягнення біотехнології у рибництві.*

Людство вже давно використовує різноманітні бактерії, дріжджі та інші мікроорганізми для створення генетично модифікованих організмів (кефір, пиво тощо), проведені різноманітні схрещування тварин і рослин.

На відміну від старих біотехнологічних виробництв, сучасний (геотехнологічний) період характеризується розробкою інтенсивних процесів на основі спрямованих фундаментальних досліджень одержання суперпродуцентів, які несуть в собі нову генетичну інформацію.

У зв'язку з цим створена нова галузь прикладної біології - біотехнологія, яка вивчає, розробляє та використовує хіміко-біологічні процеси й агенти мікроорганізмів, культур клітин і тканин рослинного та тваринного походження, ферментативних препаратів і біологічно активних речовин для вирішення потреб людини.

Біотехнологія передбачає створення незвичайних організмів, раніше не відомих у природі. Наприклад, неclubенькові рослини, що несуть азотбактерії, які відповідають за фіксацію молекулярного азоту з повітря; розробка й упровадження економічно чистих і за можливістю безвідхідних технологій, зменшення шкідливих антропогенних впливів на навколишнє середовище.

Нині розрізняють два види сучасної біотехнології:

- традиційну, що включає технічну мікробіологію, технічну біохімію та ферментологію;
- нову, яка містить насамперед генну та клітинну інженерію.

Нова біотехнологія сформувалася на базі молекулярної біології, а за останні роки значний вклад у її розвиток внесли молекулярна генетика та вірусологія.

Методи удосконалення сортів і порід, адаптованих до несприятливих біотичних і абіотичних чинників довкілля, нині пов'язані зі зміною генома та збільшенням частоти тих генів, які контролюють необхідні ознаки. Ідентифікація генів, що визначають той чи інший розвиток кількісних ознак (головні гени кількісних ознак - QTL - Quantitative Trait Loci), а також їх мутацій, пошук молекулярно-генетичних маркерів, які тісно зчеплені з ними, є нині предметом інтенсивних наукових пошуків біотехнології у сільськогосподарських видів. Вивчення успадкування та мінливості ознак організмів, що пов'язані з джерелами добробуту та здоров'я людства, проводиться більше, ніж за 1200 напрямками.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### Базова

1. Базалій В. В., Шерман І. М., Пилипенко Ю. В. Генетика риб з основами біометрії. навч. посіб. Херсон : Олди-плюс. – 2007.
2. Найдіч О. В., Залогіна-Киркелан М. А. Генетика риб з основами біометрії. Конспект лекцій. – Одеса: Екологія, 2012. – 158 с.
3. Гуттман Б., Гриффитс Э., Сузуки Д. Генетика – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004. – 448с.

### Допоміжна

1. Тоцький В. М. Генетика: Підручник / 3-тє вид., випр. та доп. – Одеса: Астропринт. 2008. – 712 с.
2. Базалій В. В., Шерман І. М., Пилипенко Ю. В. Основи рибогосподарської генетики: Навч. посібник. – Херсон: Олди-плюс, – 2007. – 279 с.
3. Популяционная генетика и управление рыбным хозяйством. Ред. Н. Риман, Ф. Атгер. М.: Наука, 1987.