

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра генетики, розведення та селекції тварин

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ і РОБОЧИЙ ЗОШИТ**

**для практичних занять студентів екологічного факультету, за напрямом 1303 –  
водні біоресурси з дисципліни «Генетика риб з основами біометрії»**

БІЛА ЦЕРКВА  
2019

Укладачі: **І.С. Старостенко**, канд. с.-г. наук;  
**Р.В. Ставецька**, доктор. с.-г. наук;  
**М.В.Буштрук**, канд. с.-г. наук;  
**О.І. Бабенко**, канд. с.-г. наук;  
**Н.І.Клопенко**, канд. с.-г. наук;

**Генетика риб з основами біометрії: методичні вказівки і робочий зошит для практичних занять студентів екологічного факультету, за напрямом 1303 – водні біоресурси/ І.С.Старостенко, Р.В. Ставецька, М.В.Буштрук, О.І. Бабенко, – Біла Церква, 2019. – 68 с.**

В основу робочого зошита покладено вимоги освітньо-кваліфікаційної характеристики бакалавра, типової і навчальної робочих програм з дисципліни «Генетика риб».

Методичні вказівки та робочий зошит розроблено з метою підвищення ефективності опрацювання студентами матеріалу під час аудиторних та практичних занять. Студенти матимуть змогу виконати групові та індивідуальні завдання, підготувати відповіді на контрольні питання, рівень засвоєння матеріалу перевірити шляхом тестування. Розроблено згідно з кредитно-модульною системою організації навчального процесу як засіб підвищення якості вищої освіти відповідно до Болонської декларації.

Рецензенти: **Олешко О.А.** канд. с.-г. наук, доцент

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дисципліна «Генетика риб з основами біометрії» входить до блоку нормативних дисциплін циклу професійної та практичної підготовки фахівців за напрямом підготовки 1303 «Водні біоресурси» за спеціальністю 6090201 «Водні біоресурси та аквакультура» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр».

Мета цього курсу полягає у формуванні теоретичних знань і практичних навиків у студентів для оволодіння принципами, методами та завданнями генетики риб, що полягають у вивченні цитологічних та молекулярно-біохімічних основ спадковості, успадкування ознак при статевому розмноженні, особливостей формування статі у риб, структури популяцій тварин, мутацій та рекомбінації генів, основ створення нових селекційних форм риб.

**Генетикариб** – це розділ генетики тварин, що вивчає генетичні закономірності спадковості і мінливості ознак у риб. Генетика риб з основами біометрії служить науковою основою селекції, сприяє успішному вирішенню завдань розведення та селекції риб на промисловій основі.

Типовим і робочим навчальними планами на вивчення дисципліни «Генетика риб з основами біометрії» відведено 113 годин, що становить 3,7 кредитів, з них лекційних – 18, практичних – 58, самостійна робота – 37 годин. Кредитно-модульна організація навчання передбачає поділ змісту дисципліни на 2 модулі: I. Біометричні методи аналізу у рибництві та закономірності успадкування ознак. II. Спадковість та мінливість.

Оцінка навчальних досягнень студентів проводиться за кредитно-модульною системою з використанням 100-бальної шкали:

За шкалою ECTS	За національною шкалою		Рейтингова оцінка за шкалою навчального закладу (абсолютна кількість балів за дисципліну)	
	іспит	залік	іспит	залік
A	5 – відмінно	зараховано	90–100	65–100
BC	4 – добре		75–89	
DE	3 – задовільно		60–74	
FX	2 – незадовільно, з можливістю повторного складання	не зараховано	35–59	<65
F	2 – незадовільно, з обов'язковим повторним курсом навчання		1–34	

**Самостійна робота** – основний спосіб засвоєння студентом навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять, без участі викладача. Зміст самостійної роботи з навчальної дисципліни визначається робочою програмою та методичними рекомендаціями викладача, який визначає обсяг і зміст самостійної роботи, узгоджує її з іншими видами навчальної діяльності, забезпечує необхідними навчально-методичними засобами, переліком літератури та засобами самоконтролю засвоєння знань. Самостійна робота є однією з форм підготовки до лабораторно-практичних занять з використанням відповідного лекційного матеріалу.

**Порядок самостійного опрацювання тематичного матеріалу.** Студенти, ознайомившись з методичними вказівками і змістом завдання, самостійно вивчають зазначену тему, аналізують і систематизують здобуту інформацію у вигляді конспекту або реферату. Самостійно опрацьований матеріал включається до потокового, модульного, підсумкового, семестрового контролю разом з аудиторною роботою.

**Місце проведення самостійної роботи:** бібліотека, ресурсний центр, домашні умови.

**Місце та час отримання консультацій:** кафедра генетики, розведення та селекції тварин згідно з графіком, затвердженим на засіданні кафедри.

**Контроль.** Поточний контроль знань, навичок та умінь проводиться у формі усного опитування, письмових контрольних робіт, тестових завдань, рефератів, індивідуальних завдань. Підсумковий контроль передбачає складання заліку з даної дисципліни. Результати заліку

фіксуються у відомості та заліковій книжці. Оцінка результатів опанування студентом навчального матеріалу відбувається з урахуванням продемонстрованих знань і здійснюється диференційовано за чотирибальною системою: **"відмінно"** – студент вільно володіє матеріалом дисципліни, правильно добирає для відповіді факти, висловлює власне ставлення до навчального матеріалу; відповідь чітка і завершена; **"добре"** – студент має незначні ускладнення в процесі використання визначених програмою знань і умінь; під час добору фактів припускається незначних помилок, власна думка висловлюється, але в аргументації допускаються окремі неточності; **"задовільно"** – студент користується лише окремими знаннями і вміннями, порушує логіку викладення, відповідь недостатньо самостійна, аргументація слабка, є суттєві помилки у знанні фактичного матеріалу та формулюванні висновків; **"незадовільно"** – студент не володіє необхідними знаннями і вміннями, фактичного матеріалу не знає. Студенти, які впродовж семестру успішно працювали, і за результатами потокового і підсумкового модульного контролю набрали 60 і більше балів, одержують екзаменаційну оцінку автоматично, згідно з набраною кількістю балів, як це передбачає "Положення про кредитно-модульну систему викладання та оцінки знань студентів".

### **Техніка безпеки під час занять в аудиторіях**

Необхідно строго дотримуватись правил техніки безпеки на заняттях. Порушення правил техніки безпеки може призвести до нанесення шкоди самому студенту, іншим студентам, обладнанню, тощо. Студентам забороняється без дозволу вмикати технічні засоби і електроприлади до електромережі, торкатись металевими предметами електропроводів, розеток тощо, залишати працюючі прилади без нагляду, користуватись відкритим вогнем.

До практичних занять у виробничих умовах допускаються студенти, які пройшли на кафедрі "ввідний" інструктаж з техніки безпеки.

На практичних заняттях студенти повинні працювати у халатах. Забороняється самовільно залишати місце занять. Підходити до сільськогосподарських тварин і працювати з ними слід збоку, обличчям до задньої частини тіла, тримаючи у полі зору задню кінцівку.

За безприв'язного утримання тварин у загін, стійло чи клітку можна заходити тільки з дозволу викладача.

У разі вилучення тварин зі стада, слід бути обережним, не заходити в середину, а якщо стадо рухається – не стояти у нього на шляху. Особливо слід остерігатись агресивних тварин, самок з приплодом, некастрованих самців та ін. Наближатись до плідників можна лише з дозволу викладача та обслуговуючого персоналу після перевірки надійності його утримання. На пасовищах, де використовується електропастух, не дозволяється торкатись до дроту, який перебуває під напругою, особливо у вологу погоду чи мокрими руками; у разі необхідності слід використовувати гумові рукавиці.

Дата \_\_\_\_\_

Підпис студента \_\_\_\_\_

# ТЕМА 1: БІОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ У ГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

## Заняття 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

**Зміст заняття.***Біометрія* - це розділ варіаційної статистики, який вивчає методи математичної обробки варіюючих величин стосовно живих організмів.

Теоретичною основою біометрії є теорія ймовірності та закон великих чисел. В біометрії найчастіше зустрічаються з такими термінами і поняттями:

**Ознака** - якась певна особливість або властивість організму (надій, жива маса, масть, клінічні чи гематологічні показники тощо). У залежності від природи успадкування, ознаки поділяють на кількісні та якісні.

**Кількісні показники ознак** – це такі властивості й особливості організму, величина яких може бути виміряна і має цифрове вираження в певних одиницях системи мір (надій – кг, середньодобовий приріст – г, вміст гемоглобіну в крові – мг %), або можуть бути пораховані (несучість, плодючість, кількість лейкоцитів у крові в  $1 \text{ мм}^3$  – шт.).

Ознаки поділяють на лічильні та мірні.

**Лічильні ознаки** змінюються або варіюють переривчасто (дискретно), їх фіксують шляхом підрахунку і виражають тільки цілими числами.

**Мірні ознаки** мають не переривчастий характер вираження і можуть фіксуватися цілими і пробними числами.

**Якісні показники ознак**, їх ще називають альтернативними – протилежними (чорний або білий, солодкий чи гіркий), не можуть бути виміряні або пораховані, а мають лише словесне описання (масть тварин, тип конституції, схильність до захворювання, патогенність збудника хвороби).

Кількісні та якісні показники ознак мають свої особливості успадкування.

Кількісні ознаки, як правило полігенні і успадковуються за типом складної взаємодії багатьох генів, тому про характер їх успадкування найчастіше судять за значенням коефіцієнта успадкованості.

Якісні ознаки за своєю природою успадкування відносять до менделюючих ознак, вони детерміновані одною парою алельних генів, або взаємодією декількох пар неалельних генів. При їх біометричній обробці застосовується метод рангового ряду. Варто відзначити, що абсолютної межі між кількісними та якісними ознаками робити не можна, будь-яку якісну ознаку при застосуванні точних лабораторних методів можна перевести в ознаку кількісну. Так, масть тварини можна виразити через кількість пігменту в волоссі, смак чи запах продукту – через кількість тої чи іншої речовини, яка їх обумовлює, резистентність до захворювання – через титр відповідних імунних тіл.

**Варіювання** – це різноманітність особин за тією чи іншою ознакою в межах однорідної за основними показниками групи, яка обумовлена дією різноманітних факторів. Варіювання ознаки в групі має відповідну закономірність: кількість особин з крайніми виразами ознак (максимальними і мінімальними) буде завжди меншою, ніж особин з рівнем ознаки, близьким до середнього значення.

**Варіанта** – це зафіксоване значення якоїсь ознаки у конкретної особини (X або V).

Найширше в генетиці, зоотехнії та ветеринарії біометричними методами розраховують такі статистичні показники:

– середні величини варіюючих ознак – середня арифметична, середня гармонічна, середня зважена, мода, медіана;

– показники мінливості, або варіювання ознак – ліміти, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, нормоване відхилення;

– показники зв'язку між двома або кількома ознаками – коефіцієнти фенотипової та генотипової кореляції, ранговий коефіцієнт кореляції, кореляційне відношення, коефіцієнт кореляції для альтернативних ознак, коефіцієнт регресії;

– показники репрезентативності, або відповідності, вибіркового параметрів щодо генеральної сукупності - статистичні помилки, достовірність статистичних показників;

– показники частки варіювання під впливом різних факторів – дисперсійний аналіз.

Для позначення основних статистичних показників у біометрії найширше застосовується дана літерна символіка:

X або V – значення варіанти;

n – об'єм вибірки;

N – об'єм генеральної сукупності;

X – середня арифметична вибірки;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення;

$C_v$  – коефіцієнт варіації;

lim – ліміти;

r – коефіцієнт кореляції;

m -,  $m_\sigma$ ,  $m^\wedge$ ,  $m_r$ ,  $m_R$  – статистичні

помилки;

t – показник достовірності

статистичної величини;

$t_d$  – критерій достовірності різниці;

$X^2$  – критерій відповідності ( $\chi^2$  - квадрат);

$h^2$  – коефіцієнт успадкованості;

P – імовірність.

При розрахунку статистичних величин бажано дотримуватись такого порядку чисел:

– середня арифметична вибіркової сукупності розраховується на один порядок вище точності виміру ознаки;

– середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації розраховуються на один порядок вище точності розрахунку відповідної середньої арифметичної;

– помилки статистичних величин розраховують на один порядок вище точності розрахунку відповідного їм показника.

Статистичну обробку великої вибірки (більше 30 варіант) без застосування ЕОМ починають зі складання варіаційного ряду.

**Генеральна сукупність** – великий масив тварин або інших біологічних об'єктів, які є предметом досліджень.

**Вибірка** – це група особин генеральної сукупності, відібрана за принципом випадковості. Вона може бути великою або малою.

Великими називають вибірки, об'єм яких 30 і більше варіант, а малими – менше 30 варіант. Для великої і малої вибірок існують свої методи розрахунку біометричних величин. При наявності лічильно-обчислювальної техніки поділ вибірок на великі та малі не проводять. У таких випадках розрахунок біометричних величин проводиться за спеціально складеними програмами відповідно типу чи марки ЕОМ.

**Заняття 2. Вивчення мінливості кількісних показників ознак методом варіаційної статистики. Обчислення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ) і коефіцієнта мінливості варіації ( $C_v$ ) та помилок середніх величин  $m_{\bar{X}}$ ,  $m_\sigma$ ,  $m_{C_v}$ ,  $t_{дп}$  при малих вибірках ( $n < 30$ ).**

**Мета** – навчитися обчислювати зазначені статистичні показники методом малих вибірок. Ознайомитися з методом та набути практичних навиків розрахунку критерію вірогідності різниці між двома середніми арифметичними і його ймовірності.

**Зміст заняття: Середня величина** - значення будь-якої ознаки є найбільш поширеною характеристикою сукупності. Наприклад, під час стійлового утримання тварин для контролю стану їх здоров'я, необхідно мати дані про вміст у крові гемоглобіну, Са, Р, кількості еритроцитів та лейкоцитів тощо. Про здоров'я тварин стада можна судити за даними середніх значень тих показників, які вивчаються.

**Середня арифметична ( $\bar{X}$ )** - це показник середньої величини ознаки у відібраної групи особин, який характеризує середню варіацію цієї ознаки. Тому середня арифметична є узагальнюючим статистичним параметром середнього рівня варіюючої ознаки. Основна властивість середньої арифметичної полягає в тому, що сума відхилень кожної варіанти від середньої арифметичної досліджуваної вибірки завжди дорівнює нулю.

Для обчислення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ) при роботі з малою вибіркою варіаційний ряд не складається. Середнє арифметичне розраховують методом сум, тобто одержують суму всіх варіант і ділять її на їх кількість (n):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n}$$

де  $\Sigma$  – знак суми;  $x$  – варіанта;  $X$  – індивідуальні значення варіант;  $n$  – об'єм вибірки.

**Середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ )** - це основний найпоширеніший показник мінливості, який показує, наскільки в середньому відхиляється кожна варіанта від середньої арифметичної даної вибірки.

Середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) при малому числі членів вибірки визначається за формулою:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

де  $x$  – варіанта;  $\bar{X}$  – середня арифметична;  $n$  – об'єм вибірки;

**Коефіцієнт мінливості (варіації) ( $C_v$ )**, як і середнє квадратичне відхилення, також характеризує ступінь мінливості ознак. Його використовують для порівняння ступеня мінливості різноманітних ознак. Чим більша величина  $C_v$ , тим більш мінлива ознака. В залежності від цифрового значення  $C_v$  виділяють мінливість сильну ( $C_v \geq 15\%$ ), середню ( $5\% < C_v < 15\%$ ) та слабку ( $C_v < 5\%$ ). Коефіцієнт мінливості (варіації) ( $C_v$ ) при малому числі членів вибірки визначається за формулою:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\%$$

де  $\sigma$  - середнє квадратичне відхилення;  $\bar{X}$  – середня арифметична;

#### **Обчислення помилок середніх величин**

Статистична помилка ( $m$ ) обчислюється у тому випадку, коли необхідно дати характеристику генеральної сукупності по вибірці. Варіаційний статистикою встановлено, що середня арифметична генеральній сукупності лежить в кордонах  $\pm 3m$  від середньої арифметичної (теж для  $\sigma$ ,  $C_v$ ) вибіркового дослідження.

$\bar{X}$  ген. сук. =  $\bar{X}$  вибірки  $\pm 3m$  вибірки

Помилка середньою арифметичною ( $m_x$ ) при малих вибірках обчислюється за формулою:

$$m_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n - 1}}$$

де  $m_x$  – помилка середньої арифметичної;  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення;  $n$  – кількість варіант.

Помилка середнього квадратичного відхилення ( $m_\sigma$ ) обчислюється за формулою:

$$m_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$$

Помилка коефіцієнта мінливості ( $m_{Cv}$ ) обчислюється за формулою:

$$m_{Cv} = \frac{C_v}{\sqrt{2n}}$$

де  $C_v$  – коефіцієнт мінливості (варіації).

Для правильної думки про різницю ( $d$ ) між двома середніми арифметичними ( $X_1$ ,  $X_2$ ) необхідно обчислювати помилку вибіркової різниці ( $td$ ). Помилка вибіркової різниці дозволяє встановити наскільки достовірною є різниця між середніми арифметичними. Критерій достовірності різниць обчислюється за формулою:

$$td = \frac{d}{md}, \text{ або } td = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2}};$$

**Імовірність (вірогідність)** – це об'єктивна можливість появи якоїсь події із загальної кількості всіх можливих рівноцінних випадків. Події розділяють на *достовірні* (обов'язково виникають при відповідних умовах), *випадкові* (можуть виникати, але можуть і не виникати) та *неможливі* (не можуть виникати). Імовірність достовірної події дорівнює одиниці, неможливої – нулю. Імовірність альтернативних (протилежних) подій  $p$  та  $y$  також дорівнює одиниці ( $p + y = 1$ ). Імовірність випадкової події може варіювати від 0 до 1.

Є три рівні імовірності (вірогідності)  $P = 0,95$ ,  $P = 0,99$ ,  $P = 0,999$ ;

Достовірність різниці визначається по таблиці Стьюдента, в якій приведені значення  $v$  і  $t$  для різного рівня достовірності. Величина  $t$  (достовірність) залежить від величини  $n$ , і тому рівень достовірності визначається з урахуванням величини числа ступенів свободи  $v$  рівним. Число ступенів свободи обчислюється за формулою:

$$v = n_1 + n_2 - 2;$$

За мінімальний поріг достовірності в переважній більшості досліджень застосовується перший поріг. Якщо критерій достовірності різниці рівний або перевищує перший поріг, то це означає, що достовірність встановлена з вірогідністю не менше 0,95. Якщо критерій рівний або перевищує другий або третій пороги, то вірогідність рівна:  $p \geq 0,99$  і  $p \geq 0,999$ .

Стандартні значення критерію Стьюдента

n	P>0,95	P>0,99	P>0,999	n	P>0,95	P>0,99	P>0,999
1	12,7	63,7	637,2	13	2,2	3,0	4,1
2	4,3	9,9	31,6	14-15	2,1	3,0	4,1
3	3,2	5,8	12,9	16-17	2,1	2,9	4,0
4	2,8	4,6	8,6	18-20	2,1	2,9	3,9
5	2,6	4,0	6,9	21-24	2,1	2,8	3,9
6	2,4	3,7	6,0	25-28	2,1	2,8	3,7
7	2,4	3,5	5,3	29-30	2,0	2,8	3,7
8	2,3	3,4	5,0	31-34	2,0	2,7	3,7
9	2,3	3,3	4,8	35-42	2,0	2,7	3,6
10	2,2	3,2	4,6	43-62	2,0	2,7	3,5
11	2,2	3,1	4,4	63-175	2,0	2,6	3,4
12	2,2	3,1	4,2	176-∞	2,0	2,6	3,3

**Завдання 1.** Розрахувати  $\bar{X}$ ,  $\sigma$ ,  $S_v$ ,  $td$ , для малих вибірок для контрольної та дослідної груп за вмістом жиру в м'язах камбали (одиниці виміру – г, %),  $n=10$ .

**Методика виконання типового завдання**

**1. Розрахувати середні арифметичні для двох груп:**

Щоб розрахувати середні арифметичні для двох груп, необхідно вирахувати  $\Sigma X_1$  та  $\Sigma X_2$  (розрахункові дані беруться з таблиці).

Дослідна група  $\bar{X}_1 = \frac{\Sigma X_1}{n_1};$

Контрольна група  $\bar{X}_2 = \frac{\Sigma X_2}{n_2};$



$n_1$	Дослідна група $X_1$	$X_1 - \bar{X}_1$	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	$n_2$	Контрольна група $X_2$	$X_2 - \bar{X}_2$	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
	$\Sigma X_1 =$		$\Sigma(X_1 - \bar{X}_1)^2$		$\Sigma X_2 =$		$\Sigma(X_2 - \bar{X}_2)^2$

**2. Розрахувати середнє квадратичне відхилення для двох груп:**

$$G_1 = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} =$$

$$G_2 = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} =$$

**3. Розрахувати коефіцієнт мінливості (варіації) ( $C_v$ ) для двох груп:**

$$Cv_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{X}_1} \times 100\% =$$

$$Cv_2 = \frac{\sigma_2}{\bar{X}_2} \times 100\% =$$

**4. З метою порівняння двох груп вибірки обчислюються помилки середніх величин.**

– Помилка середньою арифметичною ( $m_x$ ):

$$m_{x_1} = \frac{\sigma_1}{\sqrt{n_1 - 1}} =$$

$$m_{x_2} = \frac{\sigma_2}{\sqrt{n_2 - 1}} =$$

– Помилка середнього квадратичного відхилення ( $m_\sigma$ ):

$$m_{\sigma_1} = \frac{\sigma_1}{\sqrt{2n}} =$$

$$m_{\sigma_2} = \frac{\sigma_2}{\sqrt{2n}} =$$

– Помилка коефіцієнту мінливості ( $m_{cv}$ ):

$$m_{cv_1} = \frac{Cv_1}{\sqrt{2n}} =$$

$$m_{cv_2} = \frac{Cv_2}{\sqrt{2n}} =$$

– Обчислення критерію достовірності різниць:

$$td = \frac{d}{md}, \text{ або } td = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2}} =$$

Обчислення число ступенів свободи:

$$v = n_1 + n_2 - 2 =$$

**Висновок:**

**Завдання 2:** Згідно індивідуального завдання розрахувати  $\bar{X}$ ,  $\sigma$ ,  $C_v$ ,  $td$ , для малих вибірок.

Варіант № \_\_\_\_\_

$n_1$	Дослідна група $X_1$	$X_1 - \bar{X}_1$	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	$n_2$	Контрольна група $X_2$	$X_2 - \bar{X}_2$	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
	$\Sigma X_1 =$		$\Sigma(X_1 - \bar{X}_1)^2$		$\Sigma X_2 =$		$\Sigma(X_2 - \bar{X}_2)^2$

1).  

$$\bar{X}_1 = \frac{\Sigma X_1}{n_1};$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\Sigma X_2}{n_2}$$

2).

$$G_1 = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} =$$

$$G_2 = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} =$$

3).

$$Cv_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{X}_1} \times 100\% =$$

$$Cv_2 = \frac{\sigma_2}{\bar{X}_2} \times 100\% =$$

4).

$$m_{x_1} = \frac{\sigma_1}{\sqrt{n_1 - 1}} =$$

$$m_{\sigma_1} = \frac{\sigma_1}{\sqrt{2n}} =$$

$$m_{Cv_1} = \frac{Cv_1}{\sqrt{2n}} =$$

$$m_{x_2} = \frac{\sigma_2}{\sqrt{n_2 - 1}} =$$

$$m_{\sigma_2} = \frac{\sigma_2}{\sqrt{2n}} =$$

$$m_{Cv_2} = \frac{Cv_2}{\sqrt{2n}} =$$

$$5). td = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2}} =$$

$$v = n_1 + n_2 - 2;$$

**Висновок:**

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### Контрольні питання

- 1.Що вивчає біометрія, коли і де її застосовують?
2. Що таке ознака, які ознаки бувають?
- 3.Який характер успадкування якісних та кількісних ознак?
4. Які вибірки називають великими і малими?

5. Що таке середня арифметична?  
 6. Як і для чого обчислюють критерій вірогідності?

**Заняття 3. Обчислення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ) і коефіцієнта мінливості (варіації  $C_v$ ) при великих вибірках ( $n > 30$ ).**

**Мета:** освоєння методів обчислення середніх величин, показників мінливості і вірогідності цих показників при роботі з великими вибірками

**Зміст заняття:** Для обчислення середньої арифметичної, середнього квадратичного відхилення і коефіцієнта мінливості (варіації) при великих вибірках ( $n > 30$ ) обчислення проводять не прямим способом, а за допомогою варіаційного ряду.

**Варіаційний ряд** – це два ряди або колонки цифр, які характеризують розподіл варіант ( $x$ ) по класах ( $w$ ) та їх частоти ( $f$ ). Він включає в себе весь первинний матеріал і дає уявлення про впорядкований реальний розподіл особин у групі за величиною досліджуваної ознаки.

При нормальному розподілі варіант варіаційний ряд характеризується такими особливостями:

- в міру наближення до середини варіаційного ряду кількість частот у класах зростає;
- крайні класи мають найменшу кількість частот;
- всередині варіаційного ряду або близько до неї є клас з найбільшою кількістю частот і його називають *модальним*.

**Завдання 1.** Методом великих вибірок розрахувати середню арифметичну ( $\bar{X}$ ), середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ), коефіцієнта мінливості (варіації  $C_v$ ), їх помилки ( $m_{\bar{X}}$ ,  $m_{\sigma}$ ,  $m_{C_v}$ ), критерій достовірності ( $t_x$ ,  $t_{\sigma}$ ,  $t_{C_v}$ ) та зробити відповідні висновки про характер розподілу варіант у вибірці та достовірність одержаних статистичних величин.  $n=40$ .


**Послідовність розрахунків при складанні варіаційного ряду.**

1. Визначити об'єм вибірки -  $n$ , тобто кількість варіант, що її складають.
2. Знайти ліміти вибірки: **Ліміти** ( $lim$ ) – це найбільше і найменше значення, тобто числове вираження якоїсь ознаки (в нашому завданні це пульс тварин) максимальне значення варіанти –  $X_{max}$ , та мінімальне –  $X_{min}$ , тобто

$$lim = X_{max} - X_{min}$$

$$X_{max} =$$

$$X_{min} =$$

$$lim =$$

3. Розрахувати величину класового проміжки ( $K$ ), користуючись формулою

$$lim$$

$$K = \frac{lim}{n}; K = \frac{lim}{n} =$$

$$n \text{ (число класів)}$$

Число класів залежить від об'єму вибірки і звичайно становить при  $n$  з об'ємом:

30-60 варіант – 6-8 класів;

61-100 варіант – 7-10 класів;

101-200 варіант – 9-12 класів;

201-500 варіант -12-17 класів.

Одержану величину класового проміжку бажано заокруглити (0,082 - до 0,1; 0,39 - до 0,4; 1,84 - до 2; 58,6 - до 60; 94,3 - до 100; 487,6 - до 500; 897,9 - до 1000).

4. Встановити межі класів. Початком першого класу може бути число, яке задовольняє такі вимоги:

- близьке до мінімуму або дорівнює йому, але не більше мінімуму;
- повинно бути цілим або зручним для обчислень;
- бажано, щоб воно ділилось на величину класового проміжку без залишку.

Закінчується перший клас числом, яке повинно бути на одиницю точності виміру ознаки менше від початку наступного класу.

Класи	Розноска	Частоти f	Відхилення частот (a)	fa	fa <sup>2</sup>
Σ		Σ		Σfa =	Σfa <sup>2</sup> =

5. Побудувати варіаційний ряд та записати класи (w). Максимум повинен увійти в останній клас. Фактична кількість класів у варіаційному ряді може на 1-2 відрізнятись від обраної в залежності від того, наскільки та в якому напрямку провели заокруглення розрахованої величини класового проміжку.

Визначити частоту варіацій (f) для кожного класу. Якщо рознесення варіант по класах зроблене правильно, то сума частот повинна дорівнювати об'єму вибірки ( $\sum f = n$ ).

6. Знайти та виділити у варіаційному ряді модальний клас (клас із найбільшою кількістю частот), який при нормальному розподілі варіант знаходиться посередині варіаційного ряду або близько до нього.

7. Знаходимо відхилення кожного класу від модального (a). Відхилення a для модального класу дорівнює 0, в бік зменшення воно дорівнює -1,-2,-3,..., а в бік збільшення відповідно 1,2,3....

8. Для наступних розрахунків необхідних статистичних показників записуємо до варіаційного ряду значення fa, fa<sup>2</sup> для кожного класу і розраховуємо їх суму ( $\sum fa$ ,  $\sum fa^2$ ).

Складання варіаційного ряду Після обробки варіаційного ряду, підставляючи у формулу дані, одержують необхідні показники.

**9. Визначення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ )** при великому числі членів вибірки розраховується за формулою:

$$X = A + b \cdot k,$$

де A – середнє значення умовного модального класу; k – класовий проміжок;

b – поправка, яка обчислюється за формулою:

$$b = \frac{\sum fa}{n},$$

де  $n$  – об'єм вибірки ;

$b =$

$\bar{X} =$

**10. Середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ )** при великому числі членів вибірки визначається за формулою:

$$\sigma = \pm k \sqrt{\frac{\sum fa^2}{n} - b^2};$$

$\sigma =$

**11. Коефіцієнт мінливості (варіації) ( $C_v$ )** при великому числі членів вибірки визначається за формулою:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\% ;$$

$C_v =$

**12. Помилки середніх величин ( $m_x$ ,  $m_\sigma$ ,  $m_{cv}$ )** при великих вибірках обчислюються за формулами:

– для середньої арифметичної  $m_x = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} ;$

– для середнього квадратичного відхилення  $m_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} ;$

– для коефіцієнта мінливості  $m_{cv} = \frac{C_v}{\sqrt{2n}} ;$

$m_x =$

$m_\sigma =$

$m_{cv} =$

**13. Обчислення критерію вірогідності для середніх величин ( $t_x$ ,  $t_\sigma$ ,  $t_{cv}$ )** при великих вибірках обчислюються за формулами:

– для середньої арифметичної  $t_x = \frac{X}{m_x} ;$

– для середнього квадратичного відхилення  $t_{\sigma} = \frac{\sigma}{m_{\sigma}}$ ;

– для коефіцієнта мінливості  $t_{Cv} = \frac{Cv}{m_{Cv}}$ ;

$t_x =$

$t_{\sigma} =$

$t_{Cv} =$

Висновок:

**Завдання:** Згідно індивідуального завдання, методом великих вибірок розрахувати  $\bar{X}$ ,  $\sigma$ ,  $Cv$ , їх помилки ( $m_{\bar{X}}$ ,  $m_{\sigma}$ ,  $m_{Cv}$ ), критерій достовірності ( $t_x$ ,  $t_{\sigma}$ ,  $t_{Cv}$ ) та зробити відповідні висновки.

Варіант № \_\_\_\_\_

Класи	Розноска	Частоти f	Відхилення частот (a)	fa	fa <sup>2</sup>
$\Sigma$		$\Sigma$		$\Sigma fa =$	$\Sigma fa^2 =$

1).  $K =$

2).  $\bar{X} =$

$b =$

3).  $\sigma =$

4).  $C_v =$

$m_x =$

$t_x =$

$m_\sigma =$

$t_\sigma =$

$m_{cv} =$

$t_{cv} =$

Висновок:

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### Контрольні питання.

1. Чому виникає помилка середньої арифметичної, середнього квадратичного відхилення коефіцієнта мінливості?
2. Як визначить достовірність різниці середніх арифметичних вивчаючих груп особин при великій і малій їх кількості в групі?
3. Яке практичне застосування має розрахунок помилок середніх величин?
4. Яка залежність величини  $m$  від  $\sigma$ ,  $n$ ?



5. Які основні біометричні показники ви знаєте?

#### З а н я т т я 4. Обчислення коефіцієнту кореляції методом малих вибірок.

**Мета** – оволодіти методами обчислення показників зв'язку між ознаками.

**Зміст заняття:** Всі біологічні ознаки істот певним чином взаємопов'язані. Сила зв'язку між цими ознаками не постійна, крім цього кожна ознака по різному реагує на зміну факторів, що її зумовлюють.

Неповний тип зв'язку, коли певному числовому значенню однієї ознаки відповідає не одне, а декілька значень іншої ознаки, що варіює навколо своєї середньої величини, називається - **кореляцією**.

Мірилом зв'язку між ознаками є коефіцієнт кореляції, значення якого знаходиться в межах від 0 до 1.

За силою кореляція буває:

сильна	$r > 0,75;$
середня	$r = 0,25 \dots 0,75 ;$
слабка	$r < 0,25.$

За напрямком кореляція буває:

**прямою** - коли числові значення ознак „X” і „Y” змінюються в одному напрямі (збільшуються або зменшуються).

**зворотною**- коли значення однієї ознаки збільшуються, а іншої зменшується.

Кореляційний зв'язок буває **прямолінійний**, якщо його напрямок не змінюється протягом усього періоду спостереження (зв'язок між висотою, живою масою прямий і незмінний протягом усього життя тварини), і **криволінійний**, якщо напрямок зв'язку змінюється і зв'язок стає зворотним.

Знання величин і напрямків кореляції має велике значення в практичній роботі рибоводів. Забезпечуючи добір за однією ознакою, він повинен враховувати можливі зміни і наслідки які будуть за іншою ознакою.

Наприклад з підвищенням однієї ознаки, інша знижується - **зворотна кореляція**. Селекція тварин тільки за однією ознакою без врахування стану здоров'я втрачає сенс.

**Завдання 1.** Розрахувати  $r$ ,  $m_r$ ,  $t_r$  за показниками живої маси,  $g(x)$  та зоологічною довжиною тіла, см -  $(y)$  дворічного лускатого коропа.

№ п/п	x	y	$a_x$	$a_y$	$a_x * a_y$	$a_x^2$	$a_y^2$
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

$n=15$			-	-			
$\Sigma$			-	-			

### Послідовність проведення розрахунку коефіцієнта кореляції.

1. Визначаємо суму ( $\Sigma$ ) для показників живої маси ( $X$ ) та зоологічної довжиною тіла ( $Y$ ).
2. Розраховуємо середню арифметичну для показників живої маси ( $X$ ) та зоологічної довжиною тіла ( $Y$ ).

$$\bar{X}_x = \frac{\Sigma X_x}{n} =$$

$$\bar{X}_y = \frac{\Sigma X_y}{n} =$$

3. Розраховуємо значення  $a_x$  та  $a_y$ , та переносимо їх у таблицю.

$$a_x = X - \bar{X}_x$$

$$a_y = Y - \bar{X}_y$$

4. Розраховуємо по таблиці добутки  $a_x * a_y$ , та їх суму.
5. Визначаємо  $a_x^2$ ,  $a_y^2$  та їх суми, дані вносимо у таблицю.
6. Визначаємо середнє квадратичне відхилення для обох ознак.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\Sigma a_x^2}{n-1}} =$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\Sigma a_y^2}{n-1}} =$$

7. Одержані табличні дані використовуємо для розрахунку коефіцієнта кореляції.

$$r = \frac{\Sigma a_x * a_y}{\sigma_x * \sigma_y * n} =$$

8. Визначаємо помилку коефіцієнта кореляції.

$$m_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} =$$

9. Визначаємо показник критерію достовірності коефіцієнта кореляції.

$$t_r = \frac{r}{m_r} =$$

10. Визначаємо число ступенів свободи.

$$\vartheta = n - 2 =$$

**Висновок:**

**Завдання:** Згідно індивідуального завдання, методом малих вибірок розрахувати  $r$ ,  $m_r$ ,  $t_r$ , їх помилкита зробити відповідні висновки.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**Контрольні питання.**

1. Дайте визначення коефіцієнта кореляції.
2. На що вказує коефіцієнт кореляції?
3. За якими формулами і в якій послідовності розраховується коефіцієнт кореляції для малих вибірок?
4. У чому особливість методики розрахунку коефіцієнта кореляції для малих вибірок?
5. Як визначити критерій достовірності коефіцієнта кореляції?

### Заняття 5. Обчислення коефіцієнту кореляції ( $r$ ) методом великих вибірок.

**Мета** – набути практичних навичок розрахунку коефіцієнтів кореляції між ознаками для великих вибірок.

**Зміст заняття:** При роботі з великою вибіркою для розрахунку коефіцієнту кореляції будують кореляційні ґратки, які є не що інше, як два варіаційні ряди за ознаками  $X$  та  $Y$ , розташовані перпендикулярно один до одного.

**Техніка розрахунку коефіцієнту кореляції згідно завдання.**

**Завдання1.** Визначити  $r$ ,  $m_r$ ,  $t_r$ ,  $V$ ,  $P$  за показниками живої маси ( $r$ ) –  $X$  та зоологічною довжиною чорного амура (см),  $Y$ , ( $n = 42$ ).

**Розраховуючи коефіцієнт кореляції використовують таку послідовність проведення окремих операцій.**

1. Визначаємо об'єм вибірки. ( $n = 42$ );

$y$ $x$								$f_x$	$a_x$	$f_x a_x$	$f_x a_x^2$
$f_y$											
$a_y$											
$f_y a_y$											
$f_y a_y^2$											

1. Визначаємо ліміти для частоти пульсу та температури тіла.

X – жива маса, (г)

У – зоологічна довжина, (см)

Max –

Max –

Min –

Min –

2. Визначаємо класовий проміжок :

$$K = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{n} \quad (n \text{ (кількість класів)})$$

- Класовий проміжок за живою масою (г):

$$K_x =$$

- Класовий проміжок за зоологічною довжиною чорного амура (см):

$$K_y =$$

**Визначаємо за кожною ознакою кількість класів, та встановлюємо їх межі**, кількість класів може різнитись між собою на 1-2, це залежить від лімітів мінливості та взятої величини класового проміжку.

Кількість класів встановлюють залежно від об'єму вибірки (ст. 10 білий посібник), якщо об'єм вибірки ( $n$ ) в межах від 30 до 60 варіант, то їх розділяють на 6-7 класів,  
при  $n$  від 61 до 100 – 8-9 класів,  
при  $n$  101 і більше – 10-17 класів.

Для складання варіаційного ряду потрібно визначити кордони класів, нижньою межею 1-го класу  $x$  є мінімальне чи близьке значення вибірки, що добре ділилося на частоту класового проміжку, щоб знайти верхню межу необхідно до нижньої межі додати величину класового проміжку, а одержане значення зменшити на 1 (чи 0,1, 0,01 в залежності від точності виміру ознаки). Початок наступного класу буде на 1 чи 0,1, 0,01 більшим за верхню межу першого класу. Межі наступних класів визначаємо шляхом додавання до попередніх величини класового проміжку, в останній клас повинен ввійти максимальний ліміт.

3. За даними будуємо кореляційні решітку, яка являє собою два варіаційні ряди, розміщені один вертикально, а другий горизонтально і потім розносять частоти:
4. **Методом конверта проводимо рознесення пар ознак по комірках кореляційної решітки.**  
Дані рознесення пар ознак проставляють у лівій частині комірок, потім розшифровують конверти і записують частоти цифрами в нижню частину правої сторони комірки.
5. **Визначення частот варіацій ( $f_x, f_y$ ) за X та Y ознаками проводять спочатку для кожного класу.**
6. **Визначають суму  $\Sigma f_x, f_y$  всіх класів.**  
В даному випадку  $\Sigma f_x$ , та  $\Sigma f_y = 42$ , що свідчить про правильне рознесення пар ознак по комірках кореляційної решітки, оскільки  $n=42$ .
7. **Виділяємо у варіаційному ряду модальний клас.**  
Контурними лініями виділяємо модальні класи за  $x$  та  $y$  ознаками і тим самим розбиваємо кореляційну решітку на квадрати: I, II, III, IV.
8. **Знаходимо відхилення кожного класу від модального ( $a_x, a_y$ ), в сторону зменшення від модального буде клас з мінусом, в сторону збільшення – з плюсом (розносимо в таблицю).**
9. **Розраховуємо значення  $f_x a_x$  та  $f_y a_y$  та їх суму (вносимо дані в таблицю).**
10. **Розраховуємо значення  $f_x a_x^2$  та  $f_y a_y^2$  та їх суму (вносимо дані в таблицю). Ці суми будуть використані для розрахунку окремих елементів формули коефіцієнту кореляції.**
11. **Визначаємо величину  $f a_{x a_y}$ , які виписують окремо і підсумовують по кожному квадрату.**

**Значення  $f a_{x a_y}$  для I квадрату становить :**

**Значення  $f a_{x a_y}$  для II квадрату становить:**

**Значення  $f_{xa_y}$  для III квадрату становить:**

**Значення  $f_{xa_y}$  для IV квадрату становить:**

**Отже,  $\Sigma f_{xa_y} =$**

**Користуючись формулами розраховуємо інші елементи формули коефіцієнта кореляції:**

При визначенні не враховують класовий проміжок.

$$b_x = \frac{\Sigma f_x a_x}{n} =$$

$$b_y = \frac{\Sigma f_y a_y}{n} =$$

$$\sigma^* = \pm \sqrt{\frac{\Sigma f_x a_x^2}{n} - b^2} =$$

**12. Одержані значення підставляємо у формулу для розрахунку коефіцієнту кореляції (  $r$  ).**

$$r = \frac{\Sigma f a_x a_y - b_x * b_y * n}{\sigma_x * \sigma_y * n} =$$

**13. Визначаємо помилку коефіцієнту кореляції (  $m_r$  ).**

$$m_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}$$

**14. Розраховуємо критерій вірогідності обчисленого коефіцієнту кореляції (  $t_r$  )**

$$t_r = \frac{r}{m_r}$$

**15. Визначаємо число ступенів свободи**

$$\vartheta = n - 2 =$$

**Висновок:**

**Завдання:** Згідно індивідуального завдання, методом великих вибірок розрахувати  $r$ ,  $m_r$ ,  $t_r$  та зробити відповідні висновки.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## Контрольні питання.

1. В яких одиницях вимірюється коефіцієнт кореляції?
2. Який може бути коефіцієнт кореляції за силою?
3. За якими формулами і в якій послідовності розраховується коефіцієнт кореляції для великих вибірок?
4. У чому особливість методики розрахунку коефіцієнта кореляції для великих вибірок?
5. За якою формулою розраховується помилка коефіцієнту кореляції?

## Заняття 6. Визначення коефіцієнта успадкованості ( $h^2$ ) і повторюваності, регресії ознак і способи їх визначення.

**Мета** – засвоєння студентами понять, таких як спадковість, успадкування, успадкованість, фенотипова, генотипова мінливість, коефіцієнт повторюваності, коефіцієнт регресії. З'ясування значення типів мінливості при доборі тварин. Вивчення методів вирахування коефіцієнта успадкованості і повторюваності ознак у тварин. З'ясувати, які ознаки в окремих видів тварин відзначаються високим, а які низьким ступенем успадкованості.

**Зміст заняття:** У селекційно-племінній роботі з окремими породами свійських тварин, яка спрямована на зміну властивостей популяції у бажаному напрямі, добір тварин на плем'я та для спарування проводиться, як правило, на основі оцінки їх фенотипу. Однак, як відомо, на основі фенотипової оцінки не завжди можна добирати генетичне кращих тварин. Це пов'язано з тим, що кількісні ознаки тварин проявляють мінливість, її часто називають фенотиповою. У свійських тварин фенотипова мінливість ознак зумовлена двома причинами: генотиповою різноманітністю або генетичною різноманітністю тварин певного стада, популяції та впливом факторів зовнішнього середовища, які також називають паратиповими факторами.

Як з'ясувалося, частка впливу генотипових і паратипових факторів на ступінь фенотипового проявлення ознак у тварин різна. Деякі з них формуються і проявляються у більшій мірі під впливом генотипових факторів, інші, навпаки, під впливом факторів зовнішнього середовища. Звідси випливає, що при проведенні добору тварин за певною ознакою необхідно знати, від чого залежить ступінь фенотипової мінливості - від

генетичної різноманітності тварин стада з одного боку і впливу зовнішнього середовища з іншого. Для цього необхідно визначити відносну частку впливу спадковості і факторів зовнішнього середовища на ступінь фенотипової мінливості ознаки в окремому стаді або популяції тварин.

Взаємозв'язок між фенотипом і середовищем можна представити рівнянням  $\Phi = \Gamma + \Pi$ .

Отже, наведене рівняння показує, що загальну фенотипову мінливість ознаки в стаді тварин можна розділити на дві частини. Перша - це частка фенотипової мінливості, яка зумовлена генотиповою різноманітністю або генетичною мінливістю тварин. І друга, яка зумовлена факторами зовнішнього середовища, або паратиповими факторами, що становить паратипову мінливість. Однак потрібно пам'ятати, що такий поділ є дуже умовним, бо в природі не існує відокремленого впливу генотипу і середовища на прояв ознаки. Як правило, вони завжди взаємодіють між собою.

**Спадковість** - це здатність батьків передавати свої ознаки і властивості нащадкам, або це функція гена реалізувати певну інформацію, яка забезпечує прояв відповідної ознаки.

**Успадкування** - це процес передачі спадкової інформації або генів у процесі розмноження. Він забезпечується діленням соматичних клітин або мітозом при нестатевому способі розмноження, а при статевому способі розмноження генетична інформація передається через статеві клітини, або гамети, які утворюються шляхом мейозу.

**Успадкованість** - це показник, який виражає частку генетичної різноманітності в загальній фенотиповій мінливості ознаки в групі, стаді, популяції тварин. Він використовується для прогнозування ефективності селекції за фенотиповими показниками ознаки. Розрізняють коефіцієнт успадкованості в широкому і вузькому розумінні цього слова.



**Коефіцієнт успадкованості** у широкому розумінні враховує вплив всієї генетичної різноманітності, зумовленої як адитивною дією генів, так і впливом домінування, наддомінування, епістазу та плейотропії. Коефіцієнт успадкованості у вузькому розумінні враховує цю генетичну різноманітність, яка зумовлена адитивною дією генів.

Методи визначення коефіцієнта успадкованості, які використовуються сьогодні, можна поділити на дві групи:

1. Вирахування коефіцієнта успадкованості на основі прямолінійної генетичної кореляції або регресії між продуктивністю батьків і їх нащадків.

2. Вирахування коефіцієнта успадкованості на основі дисперсійного аналізу впливу батьків на їх нащадків.

При визначенні коефіцієнта успадкованості спочатку найбільш поширеним був метод, що базується на прямолінійних кореляційних зв'язках між показниками продуктивності батьків і їх нащадків або показниками продуктивності матерів та їх дочок.

Величину  $h^2$  С. Райт назвав детермінацією ознаки спадковості і використовував як показник кореляції між генотипом і фенотипом. Згодом символ  $h^2$  був прийнятий для визначення успадкованості кількісних ознак у тварин. Коефіцієнт успадкованості при цьому методі визначали за формулами

$$h^2 = 2r_{M/D}; \quad h^2 = 2r_{B/N}.$$

З наведених формул видно, що коефіцієнт успадкованості дорівнює подвоєному коефіцієнту генетичної кореляції між продуктивністю матерів та їх дочок (м/д), або продуктивністю батьків і їх нащадків (б/н). Однак при цьому методі об'єктивні дані про ступінь успадкованості ознак можна одержати лише за умови, коли популяція тварин є великою за об'ємом, між тваринами відбувається вільне схрещування, внаслідок чого вона знаходиться в стані генетичної рівноваги, а проявлення кількісних ознак зумовлене лише адитивною дією генів.

При різній інтенсивності добору серед батьків і нащадків вони дуже відрізняються за ступенем мінливості ознаки. У таких випадках доцільніше вираховувати коефіцієнт успадкованості на основі коефіцієнта регресії, користуючись формулами

$$h^2 = 2R_{D/M}; \quad h^2 = 2R_{N/B}.$$

Отже, коефіцієнт успадкованості дорівнює подвоєному коефіцієнту регресії продуктивності дочок за продуктивністю матерів (д/м), або регресії продуктивності нащадків за регресією продуктивності батьків (н/б).

При визначенні коефіцієнта успадкованості на основі дисперсійного аналізу його вираховують як відношення показника дисперсії, породженої генетичними факторами ( $C_x$ ), до загальної фенотипової дисперсії ознаки ( $C_y$ ). Це відношення можна виразити формулою

$$h^2 = \frac{C_x}{C_y}.$$

Коефіцієнт успадкованості може виражатися в частках одиниці (від 0 до 1) або у відсотках (від 0 до 100). Ступінь успадкованості ознаки може бути високим ( $h^2 \geq 0.4$ ), середнім ( $h^2 = 0.2-0.4$ ) і низьким ( $h^2 \leq 0.2$ ). Величина коефіцієнта успадкованості залежить від таких факторів:

1. Природи ознаки, зокрема різні ознаки у тварин відзначаються різним ступенем успадкованості. Наприклад, коефіцієнт успадкованості вмісту жиру в молоці корів становить 0,60, надою молока - 0,30, а плодючості - 0,20.

2. Генетичної різноманітності популяції, стада тварин. При високій генетичній різноманітності величина коефіцієнта успадкованості висока, а при зниженні вона знижується.

Генетична різноманітність популяцій окремих стад знижується в результаті застосування тривалого інбридингу

3. На величину коефіцієнта успадкованості мають значний вплив рівень годівлі тварин, умови утримання, сезон, вік тварин. Низький рівень годівлі не лише знижує величину коефіцієнта успадкованості, але й збільшує частку паратипової мінливості. Це призводить до того, що тварини з різними генотипами по-різному реагують на умови зовнішнього середовища.

Величина  $h^2$  залежить від характеру (інбридинг протягом довгого періоду) структури популяції, коливання зовнішніх умов (рівень годівлі, умови утримання, сезон року, вік тварини тощо).

Ознака	Вид риб	Коефіцієнт успадкованості
Маса тіла	Короп, райдужна форель, каналний сомик	0,1-0,5
Життєздатність	Райдужна форель, пелядь	0,1-0,2
Вміст жиру у м'ясі	Короп, райдужна форель, каналний сомик	0,2-0,5
Відносна плодовитість	Райдужна форель, пелядь	0,2
Число лусочок в бічній лінії	Короп	0,4
Число гіллястих променів в анальному плавнику	Короп	0,4
Загальне число хребців	Райдужна форель, пелядь, короп	0,7-0,9
Число тичинок на першій зяберній дузі	Короп	0,8-0,9

До ознак з високою успадкованістю (0,6-0,9) відносяться підрахункові ознаки (число хребців, променів тощо). Середній рівень успадкованості (0,2-0,5) мають деякі екстер'єрні ознаки. Генетична мінливість за ними звичайно висока. Однак, усі вони сильно підлягають впливу умов середовища. Невисоку успадкованість мають ознаки продуктивності (темпи росту, життєздатність). Це пов'язують з проведенням відбору за цими ознаками і з сильним впливом навколишнього середовища. Однак, в стадах, які не підлягали селекції успадкованість ознак продуктивності також невеликі.

### **КОЕФІЦІЄНТ ПОВТОРЮВАНОСТІ**

**Коефіцієнт повторюваності** показує ступінь повторюваності однієї ознаки у одних і тих же тварин у різні вікові періоди. За повторюваністю показників можна оцінювати стабільність розвитку ознак у різні відрізки часу.

Коефіцієнт повторюваності визначають шляхом обчислення коефіцієнта кореляції показників тієї чи іншої ознаки у одних і тих же тварин в різні періоди життя, наприклад, між продуктивністю корів по першому і другому отеленню, другому і третьому і подальшими отеленнями.

Ця кореляція свідчить про більшу чи меншу зумовленість розвитку ознак по групі тварин генетичними факторами або умовами генетичного середовища. Чим вищий показник повторюваності тим більшою мірою розвиток ознаки визначається генотипом тварини. Низький показник повторюваності може бути сигналом значних коливань факторів середовища, можливою точністю у контролі продуктивності.

Про форму, напрямок та силу зв'язку судять за значенням величини та знаку коефіцієнта повторюваності ( $r_p$ ), який може коливатись в межах від 0 до  $\pm 1$ . Зв'язок між ознаками вважається сильним або тісним, коли досягає значення 0,6 і вище. Середній або задовільній силі зв'язку відповідає значення  $r_p$  від 0,4 до 0,5. Слабким зв'язком вважається тоді, коли  $r_p$  не перевищує значення 0,3. Коефіцієнт кореляції, близький до нуля, свідчить про відсутність зв'язку між ознаками, які досліджуються.

Так, якщо  $r_p$  – високий це свідчить про можливість відбору тварин у молодому віці. Коли  $r_p$  низький, потрібно підтвердити цей показник у дорослому віці і тоді проводити відбір.

## ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА РЕГРЕСІЇ

**Коефіцієнт прямолінійною регресії**  $R$  вказує наскільки в середньому змінюється одна з ознак при зміні іншого на одиницю. У великих вибірках цей показник розраховується за формулами:

$$R_{x/y} = r \frac{\sigma_x}{\sigma_y}; \quad R_{y/x} = r \frac{\delta y}{\delta x},$$

в малих вибірках за формулою:

$$R_{x/y} = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n}}{\Sigma y^2 - \left(\frac{\Sigma y}{n}\right)^2}; \quad R_{y/x} = \frac{\Sigma x - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n}}{\Sigma x^2 - \left(\frac{\Sigma x}{n}\right)^2};$$

де:  $R$  – коефіцієнт регресії;

$\sigma_x \sigma_y$  - середнє квадратичне відхилення в першій і другій ознаці;

$r$  – коефіцієнт кореляції між ознаками.

Помилка коефіцієнта регресії дорівнює помилки коефіцієнта кореляції, помноженій на відношення

сигми, розраховується за формулою: 
$$M_R = m_r \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1}.$$

Критерій достовірності коефіцієнта регресії визначають за формулою:

$$t_r = \frac{R}{mR}.$$

**Завдання:** Згідно індивідуального завдання розрахувати коефіцієнт успадкованості та зробити відповідні висновки

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## Контрольні питання.

1. Що таке коефіцієнт успадкованості?
2. Дайте визначення таким поняттям, як успадкованість, успадкування, спадковість
3. Які формули використовують для розрахунку коефіцієнта успадкованості?
4. На що вказує коефіцієнт прямолінійною регресії R?
5. Що показує коефіцієнт повторюваності?
6. Назвіть значення<sup>2</sup> з основних селекційних ознак риб.

## ТЕМА 2. ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ

### Заняття 7. Клітина як матеріальна основа спадковості

**Мета заняття** – розширити і поглибити знання студентів про клітину як основу спадковості, роль окремих її частин та органоїдів у явищах спадковості та мінливості, особливості розподілу генетичного матеріалу при поділі клітин та утворенні гамет.

**Зміст заняття.** Усі живі істоти, які населяють землю, крім вірусів, складаються з клітин. Всі прояви життєздатності організму (ріст, розмноження, обмін речовин) пов'язані з утворенням нових клітин. Наука, яка вивчає будову, хімічний склад, процеси життєздатності і розмноження клітин називається *цитологією*. Цитогенетика вивчає явища спадковості і мінливості, пов'язані з будовою та розвитком клітини.

**Клітина** – це основна структурна одиниця живих організмів.

Клітина еукаріот має відокремлене від цитоплазми ядро, на відміну від клітини прокариот (бактерії, синьо-зелені водорості), які не мають справжнього ядра (замість нього нуклеоїд).

Клітина еукаріот складається з ядра, цитоплазми і клітинної мембрани (оболонки). Ядро клітини складається з ядерного соку (каріоплазми), ядерця, ядерної оболонки та хромосом. Завдяки останнім та наявності в них нуклеїнових кислот (ДНК, РНК) забезпечується збереження і передача спадкової інформації.

**Завдання 1.** Оформіть схему клітини й дайте пояснення її будови.

1. Клітинна мембрана
2. Ядерна оболонка
3. Ендоплазматична сітка
4. Рибосоми
5. Мітохондрії
6. Лізосома
7. Піноцитозний міхурець
8. Центросома з двома центріолями
9. Ядро клітини
10. Ядерце
11. Каріоплазма
12. Хромосоми

**2. Органоїди цитоплазми, їх функції в життєдіяльності клітини та явищах спадковості і мінливості.**

Внутрішній вміст клітини (протоплазма) поділяється на цитоплазму і ядро.

**Цитоплазма** – це основна за об'ємом частина клітини. За фізичними властивостями це напіврідка маса колоїдної структури, в якій знаходяться органоїди клітини. Органоїди клітини виконують певні функції, що забезпечують життєздатність клітини.

**Рибосома** – це органоїд клітини, що виконує функцію біосинтезу білка. Синтез білка в рибосомах проходить за допомогою різних типів РНК. Частина рибосом сполучена з мембранами ендоплазматичної сітки, інша – розташовується в цитоплазмі.

**Мітохондрія** – це енергетичний центр клітини, який завдяки синтезу АТФ забезпечує клітину необхідною їй енергією. Мітохондрії – це єдиний органоїд клітини, який має власну ДНК.

**Ендоплазматична сітка** (ендоплазматичний ретикулум) виконує в клітині транспортну функцію щодо перенесення поживних речовин та взаємозв'язку між ядром і цитоплазмою.

**Комплекс Гольджі** – основна функція виведення синтезованих у клітині речовин.

**Лізосоми** – дрібні органоїди (1 мкм), які вкриті щільною мембраною і містять до 40 різних ферментів, здатних розщеплювати білки, жири і вуглеводи. Тому основна функція лізосом полягає у перетравленні речовин, що потрапили у клітину при фагоцитозі чи піноцитозі. Це відбувається внаслідок руйнування оболонки лізосом та вивільнення ферментів.

**Центросома** – клітинний центр, що виконує динамічну функцію при поділі клітини. Складається з двох центріолей, які при поділі клітини утворюють веретено поділу та забезпечують рівномірний розподіл хромосом (генетичної інформації).

**Функції клітинної оболонки:**

- зв'язок із зовнішнім середовищем та іншими клітинами;
- надає клітині певної форми;
- регулює цикл клітинного поділу;
- захисна функція.

## **Будова хромосом, аналіз хромосом сільськогосподарських тварин**

**Каріотип** – набір хромосом, соматичної клітини організму, типовою для даного виду. В каріотипі хромосоми парні. Подвійний набір хромосом називається **диплоїдним**. Хромосоми, які відносяться до одної пари називаються гомологічними. Вони однакові за розміром, формі та за іншими властивостями.

**Каріограма** – розміщення гомологічних пар хромосом зліва на право у міру зменшення їх довжини, статеві хромосоми розміщують в кінці каріограми.

Основні стадії вивчення морфології хромосом – метафаза, анафаза. Так як, на цих стадіях поділу клітин хромосоми розміщені окремо одна від одної, спаралізовані і найбільш чітко видимі. *Метафазні пластинки* – це препарати, які виготовлені з кісткового мозку, лейкоцитів, та інш.

Аналіз каріотипу у клітинах тварин і рослин різних видів дає змогу з'ясувати:

1. Уточнити кількість хромосом в наборі;
2. Виявити спадкові захворювання, які пов'язані з будовою хромосом;
3. Установити мутації (поліплоїдія, гетероплоїдія);
4. Визначити гомогаметність або гетерогаметність чоловічої або жіночої статі, також встановити порушення в успадкуванні статі.

В каріотипі закладена генетична інформація особини, зміна якої спричиняє зміну ознак і функцій організму даної особини чи її нащадків. Своєчасне виявлення таких генетичних порушень дає змогу запобігти подальшому їх розповсюдженню в популяції.

Кожна окрема хромосома має свою індивідуальну будову, разом з тим всі хромосоми мають спільні морфологічні ознаки. Кінцеві ділянки хромосом називаються – **тіломірами**. Вони запобігають злипанню хромосом однієї з одною і мають особливу структуру. Хромосоми по своїй осі неоднорідні, тобто вони складаються з двох тонких ниток – **хроматид**, які з'єднані між собою в одній точці – **центромірі**. Центроміра розділяє хромосому на дві частини, що називаються **плечами хромосом**.

**Завдання 1.** Відобразіть різні типи хромосом, залежно від розміщення на них центроміри:

Нині каріотиби вивчені приблизно у 2000 видів риб, що складає близько 10 % загальної кількості відомих представників світової іхтіофауни. Риби відрізняються великим різноманіттям каріотипів. Диплоїдний набір хромосом у різних видів коливається від 12 до 250, біля 70 % видів риб мають 45-50 хромосом. Вважається, що такі каріотиби були характерні для предків сучасних риб. Велика мінливість видів за каріотипами пояснюється тим, що риби становлять гетерогенну групу тварин, еволюція яких складає декілька сотень мільйонів років.

**Завдання 2. Запишіть каріотиби найбільш розповсюджених видів риб:**

Родина, вид	Диплоїдний набір хромосом (2n)	Родина, вид	Диплоїдний набір хромосом (2n)

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**Контрольні питання.**

1. Від чого залежить форма хромосом?
2. Яку функцію виконують основні органели клітини?
3. Зазначте каріотиби найбільш розповсюджених видів риб.
4. Провідна роль носія спадкової інформації в клітині належить?

## Заняття 8. Розподіл генетичного матеріалу при поділі клітини мітозом

**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 її 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 внаслідок 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*. В інтерфазі, підготовчій до поділу фазі, відбуваються дуже важливі процеси.

Умовно період інтерфазі розділяють на 3 періоди:

- передсинтетичний G<sub>1</sub>-період,
- синтетичний S-період,
- післясинтетичний G<sub>2</sub>-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 післясинтетичному 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 веретено поділу. 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 центромерами, 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 не відомі. 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 органолідів між новими клітинами проходить нерівномірно, проте з часом, завдяки

генетичній програмі, кількість їх у кожній клітині відновлюється. В кожній новій клітині утворюються ядерна оболонка, ядерця, а хромосоми частково деспіралізуються. Отже, послідовність процесів телофази *обернена* профазі.

Новоутворені клітини вступають у період свого активного функціонування.

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

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### **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?



## Заняття 9: Мейоз, його генетика і біологічна суть. Генетичні особливості гаметогенезу та запліднення

**Мета заняття** – вивчити мейоз та гаметогенез. Оформити і вивчити схему фаз мейозу та усвідомити суть основних процесів мейозу. Порівняти схему розвитку чоловічих і жіночих статевих клітин.

**Зміст заняття.** Мейоз – це складний непрямий поділ незрілих генеративних статевих клітин, внаслідок якого утворюються статеві клітини-гамети. Це особливий спосіб поділу клітин, в результаті якого відбувається редукція (зменшення) кількості хромосом і перехід диплоїдного набору в гаплоїдний.

Статеві клітини мають гаплоїдний набір хромосом, внаслідок чого новий організм отримує половину генетичної інформації від батька, а іншу половину від – матері.

Мейоз складається з двох послідовних етапів:

1. Редукційного поділу, внаслідок якого кількість хромосом в утворених клітинах зменшується вдвічі.

2. Еквацийний поділ – утворюються нові клітини з таким самим половинним набором хромосом, це робить схожим еквацийний поділ з мітозом.

Фази редукційного і еквацийного поділу мають однакові назви, тільки фази редукційного поділу нумерують римською цифрою I, а еквацийного – цифрою II.

**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. *pachus* – 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 у процесі еволюції.

*Діакінез* (від грец. *diakines* – рухаю) – завершується процес спіралізації хромосом. Вони є найкоротшими і найтовщими, а тримаються парами, утворюючи на кінцях іксоподібні фігури – *хіазми*.

Крім описаних явищ кон'югації гомологічних хромосом з утворенням бівалентів, кросинговеру, 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. Профазі I завжди передує інтерфаза.

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.

**Інтеркінез** – перерва між редукційним і наступним еквацийним поділом. У більшості випадків у 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 поздовжній поділ хромосом.

У **телофазі III** – цитокінез.

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

**Завдання 1.** Замалуйте схему мейозу і поясніть біологічну і генетичну суть даного процесу.

**Гаметогенез** – це процес розвитку статевих клітин – гамет.

Розрізняють *сперматогенез* – утворення сперматозоїдів і *овогенез* – утворення яйцеклітин.

Гаметогенез умовно поділяють на період розмноження мітотичним поділом первинних генеративних клітин (овогоній і сперматогоній); 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 та овотид і сперматид; формування, дозрівання гамет з утворенням хвостиків у сперматозоїдів і корони в яйцеклітині.

**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, ділячись редукційним способом, і перетворюються в сперматоцити другого порядку, а останні, ділячись екваційним способом, перетворюються у сперматиди. Під час формування у них утворюються хвостики, і вони перетворюються на сперматозоїди.

**Овогенез** відбувається у жіночих статевих залозах – яєчниках з настанням статевої зрілості. Спочатку в результаті мітотичного поділу, овогоній (період розмноження) і росту утворюються овогонії першого порядку. Перший редукційний поділ дає один овоцит другого порядку і маленьке полярне гільце, а другий – екваційний поділ – з овоцита другого порядку, дає одну овотиду і друге полярне гільце, а перше полярне гільце дає два інших полярних гільця.

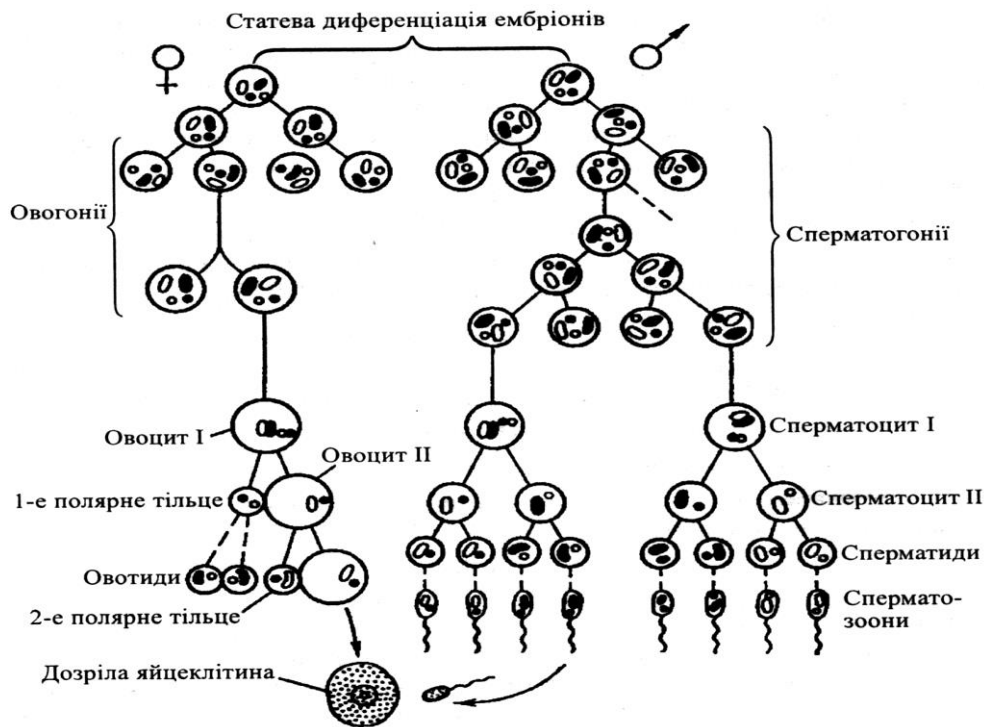


Рис. 1. Порівняльна схема оогенезу і сперматогенезу

Оогенез відрізняється від сперматогенезу у риб тим, що жіночі статеві клітини до початку мейотичного поділу досягають великих розмірів за рахунок накопичення резервних речовин у вигляді жовтка. Жіночі статеві клітини, які вступають в мейоз називаються ооцитами. Процес розвитку ооцитів поділяється на чотири періоди: синаптемальний шлях, протоплазматичний, трофоплазматичний ріст і дозрівання. Терміном «синаптемальний шлях» визначають складні перетворення хромосом ооцитів, які пов'язані з кон'югацією і кросинговером на початку профазі редукційного поділу мейозу. Так у *лептотені* тонкі хромосомні нитки заповнюють все ядро. В *зіготені* проходить кон'югація гомологічних хромосом з утворенням бівалентів і розташуванням хромосом у вигляді «букету» на одній із ділянок ядра. В кінці *зіготені* спостерігається стиснення хромосом і утворення щільного синаптемального клубка.

На початку *пахітени* починається розгортання гомологічні хромосоми, які з'єднані в біваленти, переплітаються між собою, ще більше спіралізуються і вкорочуються.

На початку *диплотени* період псинаптемального шляху в розвитку ооцитів закінчується, мейотичні процеси блокуються і жіночі статеві клітини починають інтенсивно рости. В процесі прото- і трофоплазматичного росту в ооцитах проходить накопичення поживних речовин за рахунок збільшення цитоплазми і жовтка. У більшості риб в ооцитах при завершенні трофоплазматичного росту ядро зміщується до анімального полюсу де розміщене мікропіле. Період росту продовжується в продовж багатьох років, в залежності від строків настання статевої зрілості. Ооцити, які завершують трофоплазматичний ріст знаходяться на пізній диплотені профазі I. При початку дозрівання в статевих жіночих клітинах продовжується мейотичний поділ, які блокувались на початку періоду росту. В *діакінезі* у риб проходять всі процеси, як і у всіх інших істот. Після закінчення редукційного поділу проходить екваційний, який продовжується до стадії метафази II. На цьому етапі мейоз блокується і ооцити оволюють в порожнину яєчників, ділення мейозу завершується в процесі запліднення. Дозрівання ооцитів проходить дуже швидко. В залежності від застосування гіпофізарної ін'єкції за 12-24 години.

Сперматогенез проходить аналогічно всім біологічним видам.

**Запліднення** – це процес злиття ядер сперматозоїда і яйцеклітини, внаслідок якого формується зигота з диплоїдним набором хромосом. Утворення зиготи відбувається після проникнення сперматозоїда в яйцеклітину за допомогою спеціальних ферментів (гіалуронізада),

що розрихляють оболонку яйцеклітини. Як правило, проникає один спермій, після чого оболонка яйцеклітини знову стає непроникною.

Запліднення може бути *зовнішнє* і *внутрішнє*:

- зовнішнє запліднення характерне для більшості тварин, що живуть у воді. Яйцеклітини (ікра) та сперма виділяються у воду, де й відбувається запліднення.
- внутрішнє запліднення характерне для більшості наземних тварин.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### **Контрольні питання.**

1. Що таке мейоз ?
2. З яких етапів поділу складається мейоз?
3. Назвіть п'ять стадій профазі мейозу?
4. В якій із стадій профазі I відбувається кроссинговер?
5. Як називається процес розвитку статевих клітин?
6. На які періоди умовно поділяють гаметогенез?
7. Дайте пояснення «синаптемальний шлях».
9. Визначте особливості проходження оогенезу риб.
10. На які чотири періоди поділяється процес розвитку ооцитів?.

### ТЕМА 3. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ.

#### Заняття 10. Структурне моделювання генетико – молекулярних процесів в організмі.

**Мета заняття:** З'ясувати структурні і функціональні властивості. Навчитися складати графічні моделі молекул ДНК і РНК та процесів транскрипції і трансляції.

**Зміст заняття:** З того часу, як стало відомо, що генетична інформація знаходиться в ядрі клітини, а потім більш конкретно в хромосомах, постало питання про те, яка хімічна сполука є носієм спадкової інформації і лише в 1944 р. Евері, Мак-Леод і Мак-Карті довели, що основним носієм спадкової інформації якраз виступає ДНК – дезоксирибо-нуклеїнова кислота.

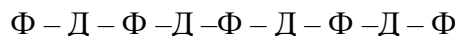
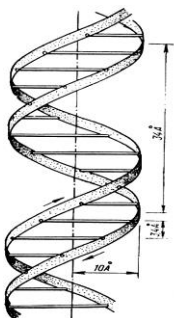
У 1953 р. Уотсоном і Кріком було остаточно доведено роль ДНК і запропоновано дволанцюгову модель її будови.

Існує два типи нуклеїнових кислот – **дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)** і **рибонуклеїнова кислота (РНК)**.

**ДНК** в основному знаходиться у хромосомах ядра клітини, а РНК – як в ядрі, так і в цитоплазмі. У всіх живих істот основним носієм спадкової інформації є ДНК, її біологічна роль полягає у збереженні, реалізації, розмноженні і передачі спадкової інформації від материнських клітин до дочірніх, від батьків до потомків, а РНК бере участь у її реалізації, лише у деяких вірусів носієм спадкової інформації є РНК.

**ДНК** (дезоксирибонуклеїнова) являє собою біополімер, який складається з великої кількості **нуклеотидів**.

**Нуклеотид** – це окрема частина ланцюгануклеїнової кислоти, що складається з цукру Д (дезоксирибози, звідси виникла назва кислоти – дезоксирибонуклеїнова), залишку фосфорної кислоти (Ф), та однієї азотистої основи, що діляться на: **пуринові** – аденін (А) та гуанін (Г), та **піримідинові** – цитозин (Ц), тимін (Т), що являють собою цеглини з яких будуються молекули ДНК.

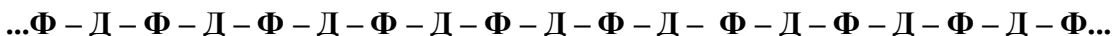
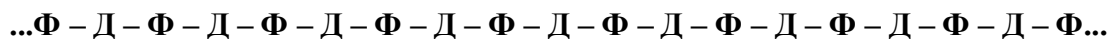


Аденін      гуанін      тимін      цитозин  
Пуринові      Піримідинові  
основи      основи

Молекула ДНК складається з 200 000 і більше нуклеотидів.

Просторова модель ДНК складається з двох полінуклеотидних (що включає багато нуклеотидів) антипаралельних ниток, які сполучені між собою за допомогою водневих зв'язків і закручені у вигляді спіралі. У цій спіралі азотисті основи кожного із складових нуклеотидів обернені в середину і сполучені один з одним водневими зв'язками у строго визначеному поєднанні, за так званим принципом компліментарності, аденін завжди тільки з тиміном (А – Т), а цитозин тільки з гуаніном (Ц – Г).

Графічна модель ДНК має таку будову:



Азотисті основи протилежних ланцюгів молекули ДНК з'єднуються між собою за принципом компліментарності.

Чаргафф досконало вивчив хімічний склад і будову нуклеїнових кислот і встановив певні закономірності та сформував свої 3 правила.



Синтез РНК відбувається на обмежених ділянках матричного ланцюга молекули ДНК за участю спеціального ферменту РНК-полімерази. Синтез молекули РНК відбувається в передсинтетичному (G<sub>1</sub>)-періоді інтерфази мітозу, цей процес називається **транскрипцією**.

Залежно від функцій, які виконує РНК в процесі синтезу білка розрізняють **3 типи РНК**:

- **і-РНК (інформаційна або матрична)** – її функція полягає у перенесенні генетичної інформації про послідовність нуклеотидів ДНК ядра до рибосом, де відбувається синтез білка;
- **т-РНК (транспортна)** – основна функція полягає у транспортуванні (перенесенні) амінокислот до рибосом, де вони включаються в первинну структуру білкової молекули;
- **р-РНК (рибосомальна)** – виступає своєрідним островом (скелетом) у процесі синтезу білка в рибосомах.

## Біосинтез білка

**Білок** – полімер, який складається з амінокислот (АМК).

Синтез білка складається з двох етапів:

1. Транскрипція.
2. Трансляція.

**Транскрипція** (від лат. *transcription* – переписування) – це процес переписування (перенесення) генетичної інформації про послідовність нуклеотидів молекули ДНК як матриці на молекулу і-РНК.

**Трансляція** (від лат. *translation* – перенесення) – це процес перенесення генетичної інформації про послідовність нуклеотидів до рибосом та її реалізації у вигляді синтезу білкових молекул.

Синтез білка відбувається в рибосомах цитоплазми клітини. Посередником між ДНК ядра та рибосомами є і-РНК. Функцію доставки АМК до рибосом беруть на себе т-РНК.

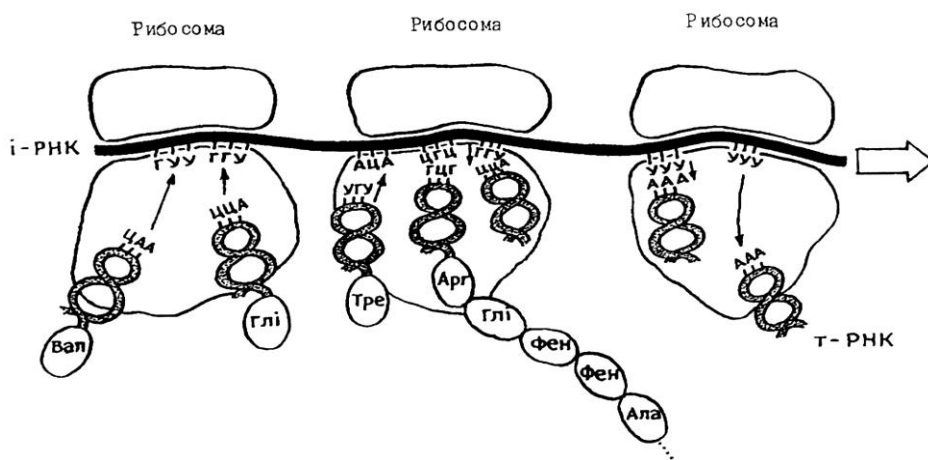


Рис.3.2. Схема біосинтезу білка

У процесі трансляції розрізняють певні періоди:

- ініціація;
- елонгація;
- термінація.

**Ініціація** – процес з'єднання і-РНК зі стартовим кодоном АУГ, при цьому метіонін в молекулу білка не включається.

**Елонгація** – це процес нарощування довжини молекули білка.

**Термінація** – це процес припинення збирання молекули білка. Відбувається при попаданні в рибосому стоп-кодів (УАА, УАГ, УГА), після чого поліпептидний ланцюг білка відділяється від рибосоми.

**Завдання 1.** Відрізок молекули ДНК має таку послідовність нуклеотидів:

Г - Т - А -	А - Т - А -	А - Ц - Ц -	Т - Т - Т -	Т - Г - Т -	Ц - Г - А -	А - Ц - А -	Ц - Г - А -	Т - Г - Т -

1. Побудуйте матричний ланцюг молекули ДНК. Скільки нуклеотидів, які містять аденін, буде у матричному ланцюгу?
2. Побудуйте м-РНК на даному ланцюгу ДНК. Скільки нуклеотидів, що містять урацил буде в м-РНК?
3. Побудуйте ділянку білкової молекули, кодовану даною ДНК. Користуючись таблицею генетичного коду випишіть амінокислоти, які кодуються даною ділянкою ДНК?
4. Скільки молекул тирозина міститься у даній молекулі білка?
5. Скільки типів т-РНК буде приймати участь у синтезі білкової молекули, кодованої даним ланцюгом ДНК?

**Відповідь:** 1).                      2).                      3).                      4).                      5).

### Словник генетичного коду для амінокислот

Перший нуклетид кодону РНК	Другий нуклетид кодону РНК								Третій нуклетид кодону РНК
	У		Ц		А		Г		
У	УУУ	Феніл аланін	УЦУ	Серин	УАУ	Тирозин	УГУ	Цистин	У
	УУЦ		УЦЦ		УАЦ		УГЦ		Ц
	УУА	Лейцин	УЦА		УАА	Stop – кодон	УГА	Stop – кодон	А
	УУГ		УЦГ		УАГ		УГГ	Триптофан	Г
Ц	ЦУУ	Лейцин	ЦЦУ	Пролін	ЦАУ	Гістидин	ЦГУ	Аргінін	У
	ЦУЦ		ЦЦЦ		ЦАЦ		ЦГЦ		Ц
	ЦУА		ЦЦА		ЦАА	Глутамін	ЦГА		А
	ЦУГ		ЦЦГ		ЦАГ		ЦГГ		Г
А	АУУ	Ізолейцин	АЦУ	Треонін	ААУ	Аспарагін	АГУ	Серин	У
	АУЦ		АЦЦ		ААЦ		АГЦ		Ц
	АУА		АЦА		ААА	Лізін	АГА	А	
	АУГ	АЦГ	ААГ		АГГ		Аргінін	Г	
Г	ГУУ	Валін	ГЦУ	Аланін	ГАУ	Аспаргінова кислота	ГГУ	Гліцин	У
	ГУЦ		ГЦЦ		ГАЦ		ГГЦ		Ц
	ГУА		ГЦА		ГАА	Глутамінова кислота	ГГА		А
	ГУГ		ГЦГ		ГАГ		ГГГ		Г



**Завдання 1.** Написати схему біосинтезу білка згідно індивідуального завдання.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### **Контрольні питання**

1. Яка основна властивість ДНК як носія спадкової інформації?
2. Які азотисті основи входять до складу ДНК?
3. Які азотисті основи входять до складу РНК, яка забезпечує передачу генетичної інформації від ДНК до рибосом, де відбувається синтез білка?
4. В якому із періодів інтерфази відбувається синтез ДНК- клітини?
5. Які з азотистих основ комплементарні між собою?
6. Які функції виконують різні типи РНК?
7. Як називається синтез РНК на ДНК як матриці?
8. При генетичному контролі біосинтезу білка розрізняють два основних етапи. Вкажіть їх назву в послідовності їх проходження:

## ТЕМА 4: ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ СТАТЕВОМУ РОЗМНОЖЕННІ (ОСНОВИ МЕНДЕЛІЗМУ)

### Заняття 11. 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 -  $\times$ . Батьки позначаються латинською літерою P (Parents – батьки), поруч записують їх генотипи. Жіноча стать позначається символом ♀ (люстерко Венери), чоловіча – ♂ (щит і спис Марса). Між батьками ставлять знак “х”, який означає схрещування. Символ і генотип матері пишуть на першому місці, а батька на другому.

Нащадки 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 F<sub>1</sub>; якщо гібридні особини злучаються між собою, то їх діти позначатимуться F<sub>2</sub>, наступні покоління - F<sub>3</sub> 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 F<sub>1</sub>.

II-й – закон розщеплення ознак у F<sub>2</sub>.

**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 recessus – 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 домінантну 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 доміантною, 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  $F_1$  проявляється лише ознака одного з батьків (домінантна). У  $F_2$  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

**Наддомінування** – 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 вивчити 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 потомка 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 вивчити 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 напередчасну 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 плейотропною 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:

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**Контрольні питання**

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

## **Заняття 12. Успадкування ознак при дигібридному схрещуванні та взаємодія неалельних генів.**

**Мета** – вивчити закономірності успадкування якісних ознак при дигібридному схрещуванні, на основі третього закону Г. Менделята 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  $F_1$  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 фенотици у співвідношенні 9:3:3:1 та 9 різних генотипів у співвідношенні 1:1:2:2:4:2:2:1:1. Всі потомки  $F_1$  є дигетерозиготами, утворюють 4 типи гамет, які у  $F_2$  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 доміантних неалельних генів, кожний 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 доміантних 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<sub>bb</sub>, 3 aaB<sub>bb</sub>, 1 aabb). Таке розщеплення пояснюється тим, що синтез пігменту обумовлюються ферментами, що кодуються неалельними генами A і B. Тільки гетерозигота A<sub>bb</sub> здатна синтезувати пігмент. Самі по собі гени A і B не мають самостійного зовнішнього прояву

**Новоутворення** – різновид комплементарної дії генів. Новий фенотип утворюється у F<sub>1</sub> і F<sub>2</sub>. 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 доміантного гена над іншим доміантним неалельним геном. Пригнічення можуть викликати як доміантні, так і рецесивні гени (A>B, a>B, B>A, B>A), і залежно від цього розрізняють епістаз доміантний і рецесивний. Ген, який пригнічує дію іншого неалельного доміантного 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 доміантному, 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 доміантних генів. Ці гени мають рівнозначну, рівноцінну, сумуючу дію. Полімерні гени прийнято позначати однією буквою латинського алфавіту з цифровими індексами (A<sub>1</sub>A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>A<sub>2</sub>a<sub>3</sub>a<sub>3</sub>). 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 доміантної і рецесивної дигомозигот, тобто забарвленої форми (A<sub>1</sub> A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>A<sub>2</sub>) з незабарвленою (a<sub>1</sub>a<sub>1</sub>a<sub>2</sub>a<sub>2</sub>) в F<sub>2</sub> всі рослини дають забарвлення насіння, хоча воно більш світліше, ніж батьківський екземпляр, який мав червоне насіння. В F<sub>2</sub> при родинному схрещуванні особин першого покоління виявляється розщеплення за фенотипом у відношенні 15:1, так як безколірними є лише рецесивні дигомозиготні форми (a<sub>1</sub>a<sub>1</sub>a<sub>2</sub>a<sub>2</sub>). 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 рибки зумовлене відсутністю в покриві шкіри меланофорів. Процес депігментації контролюється двома доміантними генами Dp<sub>1</sub> і Dp<sub>2</sub>. Рецесивні гени dp<sub>1</sub> і dp<sub>2</sub> 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.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**Контрольні питання:**

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

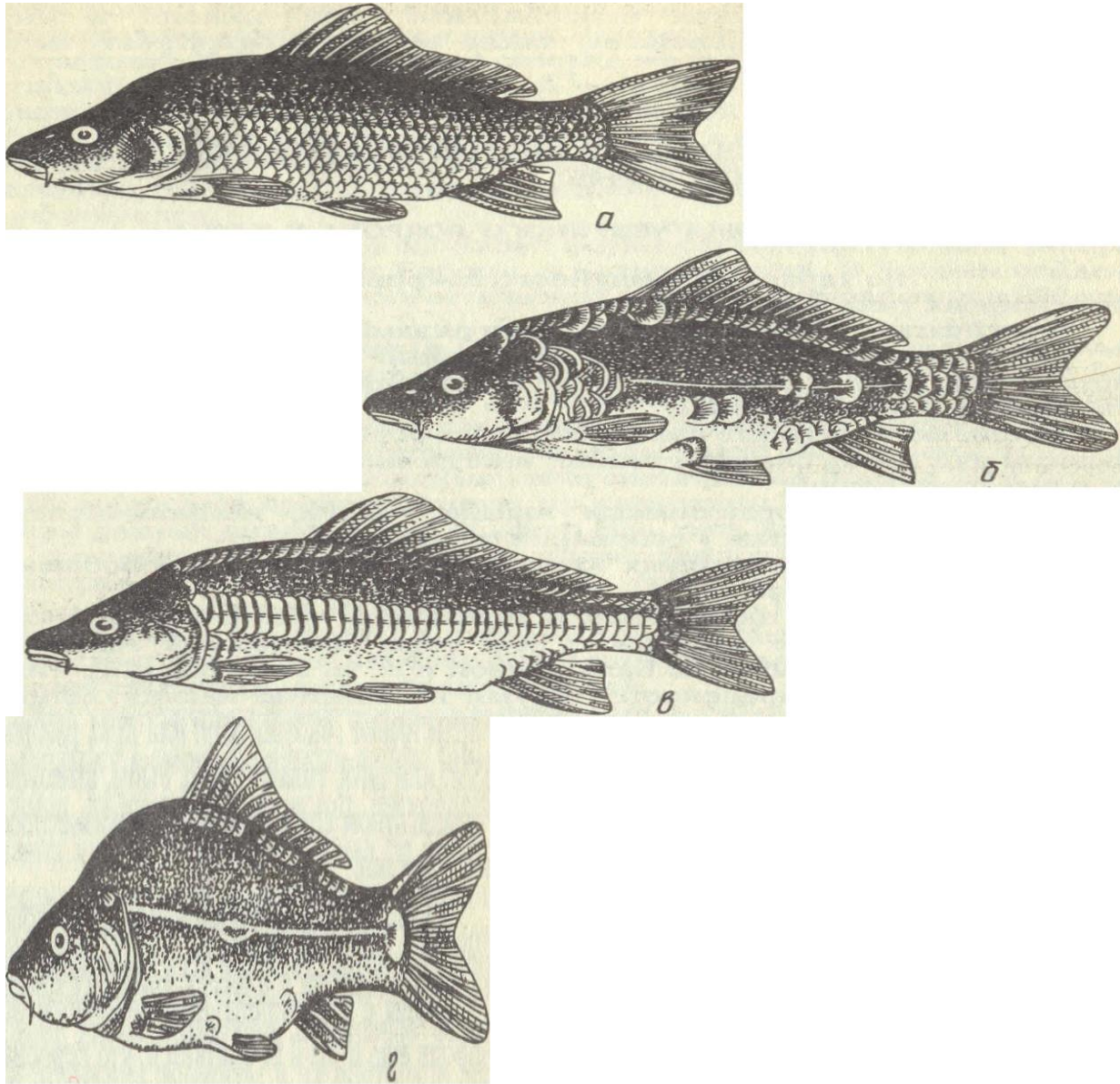
**ТЕМА 5: УСПАДКУВАННЯ ЯКІСНИХ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК У РИБ**  
**Заняття 13. Закономірності успадкування лускатого покриву і забарвлення у риб**

**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. Кирпичниковим 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**). і ділять на чотири основні типи:

- **лускаті** – 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**.



**Рис.5.1. Фенотипи коропа з різними типами лускатого покритву, де а- лускаті, б- розкидані, в-лінійні, г-голі.**

Розкидані та лінійні коропа іноді називають узагальненим терміном – дзеркальні. Коропа з редукованим лусковим покритвом були відомі в Європі ще у 17 столітті. Вважається, що спочатку в результаті мутації S-s з'явилися розкидані коропа. Незалежна мутація n і N призвела до виникнення лінійних і голих риб. Гени лускового покритву мають широку плейотропну дію. Лінійні і голі коропа (дія алеляN) відрізняються сповільненим ростом і пониженою життєздатністю. Ці відмінності посилюються в несприятливих умовах. Ембріони з генотипами SSNN, SsNNіssNNє 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 Nв гомозиготному стані є летальним.

Як гени N in, так і гени S і смають 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). АлеліS і su 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 генів, 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	<i>rr</i>
звичайне забарвлення	<i>R</i>

Успадкування світло-жовтого малюнка на голові у коропів:

Ознака	Ген
наявність рисунка на голові	<i>D</i>
без рисунка	<i>d</i>

Успадкування світлого забарвлення

Ознака	Ген
світле забарвлення	<i>L</i>
летальна дія	<i>LL</i>
звичайне забарвлення	

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

Ознака	Ген
помаранчовий	$V_1V_1V_2V_2$
звичайний колір	$V_1V_1V_2V_2$

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.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**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, пала мінового забарвлення у риб?

**Тема 6: ГЕНЕТИКА СТАТІ**

**Заняття 14. Особливість успадкування статі у риб**

**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). Самці 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 *го.мога.метна*, чоловіча - як *гетерога.метна*.

$$\begin{array}{l} P \text{ ♀ } XX \quad X \quad \text{♂ } XY \\ G \quad X \quad \quad X;Y \\ F1 \text{ ♂ } 1XY : \text{♀ } 1XX \end{array}$$

### 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.

$$\begin{array}{l} P \text{ ♀ } XX \quad X \quad \text{♂ } XO \\ G \quad X \quad \quad X;O \\ F1 \text{ ♂ } 1XO : \text{♀ } 1XX \end{array}$$

### 3-й тип.

Гетерогаметність властива жіночим особинам, а гомогаметність - чоловічим. Цей тип першочергово був відкритий у метелика (*Abraaxas 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

$$\begin{array}{l} P \text{ ♀ } ZO \quad X \quad \text{♂ } ZZ \\ G \quad Z;O \quad \quad Z \\ F1 \text{ ♂ } 1ZZ : \text{♀ } 1ZO \end{array}$$

б) самиці ZO, самці ZZ

$$P \text{ ♀ } ZW \quad X \quad \text{♂ } ZZ$$

G Z;W Z

F1 ♂1ZZ : ♀1WZ

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 естрогену 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

F<sub>1</sub> 100% ♀ (XX)

P ♂ ZW (перетворений) x ♀ ZW

G Z, W Z, W

F<sub>1</sub> 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 ♂YY = ♀ WY : ♂YY (1:1)

♀ WX X ♂YY = ♀ WY : ♂XY (1:1)

♀ WY X ♂XY = ♀ WY : ♀ WX : ♂YY : ♂XY (1:1)

♀ WX X ♂XY = ♀ WX : ♀ WY : ♀ XX : ♂XY (3:1)

♀ XX X ♂YY = ♂XY (100%)

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

У риб знайдені одностатеві-жіночі форми, які розмножуються шляхом гінотригібридогенезу.

**Гіногенез** (гіно – самка, генез – походження) – форма статевих 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 корошових, пецилієвих, атеринових. У них поряд з диплоїдними формами існують одностатеві-жіночі, звичайно поліплоїдні, гіногенетичні гібридні 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 окремий 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 -  $U^{Ma}$   
 $\text{♀ XX} \quad \times \quad \text{♂ XU}^{Ma}$   
 $G \quad X \quad \quad X, U^{Ma}$   
 $F_1 \quad \text{♀ XX}, \quad \text{♂ XU}^{Ma}$

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:

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

Це пов'язане з тим, що син успадковує У-хромосому від батька, а єдину Х-хромосому від матері. Гени, розташовані в цій Х-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 Х-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 схрещувань для генів, локалізованих в Z-хромосомі, будуть такими, як і для Х-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. Самець 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 можливістю 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 елементу 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.

:

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**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?

## Тема 7: Генетична організація хромосом

### Заняття 15. Зчеплене успадкування і кросинговер

**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).

$$\text{Частота кросинговеру} = \frac{P_1}{P} \times 100,$$

де,  $P_1$  - число кросоверних осіб;  $P$  – 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.

## 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 фізичні 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.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**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 Морганна?

**Тема 8: ІМУНОГЕНЕТИКА І БІОХІМІЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ.**

**Заняття 16. Успадкування груп крові та поліморфних систем білків.**

**Мета:** Ознайомитись з закономірностями успадкування груп крові та поліморфних систем білків.

**Зміст заняття.** Імуногенетика - це наука, яка вивчає спадковий поліморфізм білків і ферментів та антигенний склад клітин крові, слини та інших рідин організму людини і тварини. Групи крові – один з важливих розділів цієї науки.

У межах виду особини розрізняються за рядом біохімічних генетично детермінованих ознак, які можуть бути виявлені у вигляді систем антигенів.

**Антигени** – генетично сторонні, чужорідні тіла, які при парентеральному введенні в організм викликають утворення антитіл.

**Антитіла** - речовини білкового походження, що утворюються в організмі у відповідь на

введення антигенів.

Серія еритроцитарних антигенів, що контролюються одним локусом, називається - **генетичною системою груп крові.**

Сукупність еритроцитарних антигенів організму в межах конкретної генетичної системи називається **групою крові.**

Метод аглютинації еритроцитів, який заснований на склеювання їх під дією специфічних антитіл – аглютинін, дозволяє стверджувати наявність індивідуальної різноманітності за еритроцитарними антигенами більше ніж у 100 видів риб. Антигенна мінливість еритроцитів риб визначається наявністю генетичних локусів з двома або більшим числом алелів, кожний із яких відповідає за створення специфічного антигену. Групи крові, які залежать від алелів одного локусу, становлять одну систему, таких систем в кожного виду риб може бути декілька. Часто серії алельних генів нагадують за характером успадкування і взаємодії їх продуктів синтезу *ABO* людини. До такої системи входять три алелі, з яких один називається нульовим. Нульовий гомозиготний алель не дає ніякого антигену, а в гетерозиготі за нульовим алелем створюється тільки один еритроцитарний антиген, який кодується діючим алелем. Тому риби з генотипами *aa* і *oo* мають один антиген «*A*», риби *vv* і *vo* – антиген «*B*», гетерозиготи *av* – два антигени (*A* і *B*), а гомозиготи за нульовим алелем *OO* позбавлені антигенів *A* і *B*.

Група крові у риб визначається за використанням специфічних імунних антисировоток. Сироватка антигена *A* буде аглютиновувати еритроцити риб *aa*, *ao*, і *av*; антигену *B* – еритроцити риб *vv*, *vo* і *vo*; за генотипом *OO* аглютинація не буде виявлятися. Таким чином, кожний алель детермінує утворення специфічного антигена. **Успадковуються групи крові як за типом домінування одних алелів над іншими, так і за типом кодомінування.** В межах виду окремі популяції відрізняються від інших за концентрацією груп крові, як тихоокеанські тунці, близькі морфологічно, а за генами груп крові належать до південної, північної або західної популяцій. У популяціях камбали виявлено залежність груп крові від віку.

**Імуногенетика використовується у тваринництві при вирішенні наступних питань:**

- контроль за походженням тварин, походженням та еволюцією популяцій у філогенезі;
- характеристики генетичної структури популяції сільськогосподарських тварин;
- встановлення зв'язку груп крові з стійкістю до хвороб та стресів, з продуктивністю та відтворювальними якостями тварин.

Однією з головних областей практичного використання груп крові - це контроль походження тварин. Тварини які мають невірний запис у родоводі представляють брак в племінній справі і можуть спричинити велику економічну шкоду.

Процес контролю походження, проводять шляхом порівняння типів крові нащадків і їх батьків. При встановленні батьківства за антигеном складом крові враховують наступне:

1. Антигени, які є у матері не можуть бути використані для з'ясування батьків нащадка.
2. Антигени, які є у припущених батьків також не можуть служити показниками походження нащадків.
3. Висновок про походження певного нащадка роблять на підставі тих антигенів, що залишились після виключення згідно пунктів 1 та 2 і стільки в одного із припущених батьків.

## **БІОХІМІЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ І ПРОЦЕСИ МІКРОЕВОЛЮЦІЇ У РИБ**

У кінці п'ятдесятих – початку шести десятих років було показано, що у більшості тварин і рослин в популяціях є поліморфними 30-50% і більше генів, що кодують білки, а середній рівень гетерозиготності складає 7-15%. У риб, американського гольця *Salvelinus fontinalis* поліморфних білкових локусів виявлено 38%, у кети поліморфними є 11-

18% генів, а гетерозиготність дорівнює 1,9-3,2%. Знижену мінливість пов'язують у даному випадку з поліплоїдністю лососевих риб тоді як у сельві поліморфізм наближається до 45%, а гетерозиготність до 10,6%.

Мінливість у риб притаманна глобулярним білкам типу міогенів, гемоглобіну і білкам сироватки крові, майже всім ферментам, що містяться у крові та в окремих органах риб.

Гемоглобіни у більшості риб мають декілька форм. Поліморфізм виявлено у шпрот, сига, лина, восьми видів тріскових риб, вугра та інших. Частіш за все алельна серія складеться з двох форм і окремих рідких алелів, що успадковуються за кодомінантним типом, «гібридний» продукт у більшості випадків не виявляється. Мономорфні за гемоглобіновим локусом лососеві, коропа, теляпії та інші. Завдячуючи мономорфізму гемоглобінів у лососевих і багатьох інших риб вони можуть бути успішно використані у роботі з систематики риб, в першу чергу для дослідження родинних зв'язків окремих видів і родів риб у межах сімейства(родини).

Трансферини сироватки крові риб, які транспортують іони заліза, достатньо мінливі. Поліморфізм має спадковий характер. Кількість алелів в одній популяції частіше три або чотири, але може бути 8-10 і 15. Виявлено поліморфізм більш ніж у 30 видів риб: тунців, тріскових і лососевих риб, камбали коропа. Успадкування за типом кодомінування і пов'язане з одним локусом. У далекосхідного сазана спостерігається висока концентрація алелю Tfd ( $q=0,64$ ), тоді як у європейських популяціях сазана і коропа цей алель не часто зустрічається.

#### **Методичні засади виявлення генетичної мінливості.**

Генетичну мінливість певної групи організмів визначають за наявністю поліморфізму генетико-біохімічних систем різних біологічних тканин. Відібрані зразки зберігають у поліетиленових ампулах або пробірках в замороженому стані без консервантів при низьких температурах. Більшість ферментів зберігає активність приблизно протягом декількох місяців. Різні тканини риб, окрім фракцій крові, перед розподіленням гомогенізують з рівним об'ємом охолодженого дистилату і центрифугують до отримання прозорого супернатанту.

Вперше це показав і 30-х роках ХХ ст. А.Тизеліус у роботах по розділенню на фракції глобулінів сироватки крові методом електрофорезу. Електрофоретичні методи аналізу білків унікальні за чутливістю і специфічністю, мають велику розподільну здатність. Розподілення білкових молекул ґрунтується на здатності суміші молекул під впливом електричного поля розподілятися на низку фракцій, в залежності від заряду, молекулярної ваги чи розміру білків. Принцип електрофорезу побудовано на здатності біологічних молекул мати у розчині певний заряд (+) у катіонів (-) у аніонів, окрім того за однакового заряду молекули можуть різнитись за молекулярною вагою і відношенням заряду до маси. Для білкової молекули головним постачальником заряду є амінокислоти, що мають лужні останки, або, навпаки, здатні віддавати протон. Тобто, електрофоретична рухливість молекул зразку залежить від заряду (значення заряду від рН, тому, що амінокислоти мають як лужні, так і кислотні властивості); від розміру молекул (більші за розміром мають меншу рухливість – підвищується тертя і взаємодія з носієм) та їхньої форми; від типу і розміру носія (ефект молекулярного решета – великі молекули у носії рухаються повільніше, за менших розмірів шпаринок, які визначаються кількістю поперекових зшивок) та іонною силою буферу.

Важливо враховувати і рН буферу, бо в залежності від рН змінюється значення заряду і напрямок руху сполук. Розподілення білків та ферментів здійснюють у пористих носіях – агаровому, крохмально-агаровому, крохмальному або поліакриламідному гелях.

Зафарбування – головний метод для цитологічного, гістологічного і електрофоретичного аналізу. Умови пофарбування і використаний барвник визначають частку груп, які прореагували з барвником. Для пофарбування фореграм на загальний білок використовують такі барвники як амідно-чорний, бром феноловий синій, кумасі, проціоновий яскраво-блакитний RS, жовтий 4RS. За взаємодії барвника з макромолекулами бажано утворення стійких комплексів і обов'язково зафарбовані зони мають бути нерозчинними.

Для виявлення ферментів в складній суміші білків після електрофорезу використовують реакції, які каталізують ці ферменти. Специфічні реакції, за перебігу яких утворюються



зафарбовані продукти в зонах відповідних ферментів. Заправило, інкубацію гелю у відповідному розчині проводять за температури 37 °С і у темряві.

**Завдання 1.** Розв'язати задачу згідно індивідуального завдання.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**Контрольні питання:**

1. Що вивчає розділ генетики, який називається імуногенетикою?
2. Що таке антитіла і які вони бувають?
3. Що таке антиген, і які їх види Вам відомі?
4. Як успадковуються групи крові?
5. Яке значення імуногенетики у тваринництві?

## **Тема 9. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦІЙ**

### **Заняття 17. Розподіл генів у популяціях згідно закону Харді-Вайнберга.**

**Мета заняття** – навчитися визначати закономірності генетичних процесів в популяції. Провести аналіз і прогнозування структури популяції та ймовірність появи нових генотипів в тому числі носіїв шкідливих генів.

**Зміст заняття.** Поняття „популяція” і „чиста лінія” запропоновані В. Іогансенем у 1907 р.

**Популяція** - сукупність тварин одного виду, породи, які вільно схрещуються між собою, що населяє конкретну територію і достатньо ізольована від інших груп.

Утваринництві під популяцією розуміють групу тварин одного виду, штучно створена людиною і яка має відмінність від іншої групи за екстер'єрними, інтер'єрними і продуктивними ознаками.

**Чиста лінія** - це нащадки однієї гомозиготної самозапильної рослини, що також гомозиготні. Однак гомозиготність навіть чистих ліній відносна і в тваринництві таких ліній не буває.

Популяція, яка не схильна до дії добору, міграції і мутації, а її генетична структура не змінюється і знаходиться в стані рівноваги, називається панміксією (*panmixis*-випадкове схрещування). Кожна популяція характеризується своїм притаманним генофондом. Разом з тим, генетична популяція - це сукупність тварин з різними генотипами.

Популяція має свою структуру - співвідношення генотипів, і для її характеристики вдаються до вивчення частоти фенотипів, генотипів і окремих алельних генів. Генетика популяцій вивчає закономірності розподілу співвідношень генотипів (AA, Aa, aa) у популяціях, визначення концентрації домінантних і рецесивних генів.

Співвідношення генотипів у кожній популяції має бути на характерному для неї рівні. Таким чином, кожна популяція перебуває у певній рівновазі за алельними генами у вивчаємому локусі.

Генетична рівновага популяції виражається формулою ХАРДІ ВАЙНБЕРГА:

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

Метод дозволяє з'ясувати, чи відповідає фактичний розподіл фенотипів і генотипів певної популяції теоретично очікуваному. Як можна змінити співвідношення генотипів і фенотипів в популяції, якщо вести певний добір.

Частота фенотипу - це відношення (%) кількості тварин з певною ознакою до кількості тварин популяції

$$A = \frac{n}{N} \times 100(\%)$$

Частота алеля - це відношення домінантного або рецесивного алеля гена в популяції.

При двохалельній системі частоту алеля розраховують за формулами:

Частота домінантного алеля

$$pA = \frac{2n_1 + n_2}{2N}; \quad \left( pA = \frac{D + \frac{1}{2}H}{N} \right)$$

Частота рецесивного алеля  $qa = \frac{2n_2 + n_3}{2N};$

$$\left( qa = \frac{R + \frac{1}{2}H}{N} \right)$$

Частота алеля  $qa = \sqrt{q^2} =$

Частота алеля  $pA = 1 - q =$

**Приклад розрахунку.**

**Завдання 1.** Розв'язати задачу згідно індивідуального завдання.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### **Контрольні питання**

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

## ЗМІСТ

ТЕМА 1: БІОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ У ГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ	
Заняття 1. Теоретичні положення.....	5
Заняття 2. Вивчення мінливості кількісних показників ознак методом варіаційної статистики. Обчислення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ) і коефіцієнта мінливості варіації ( $C_v$ ) та помилок середніх величин $m_{\bar{x}}$ , $m_{\sigma}$ , $m_{C_v}$ , $t_{\text{при малих вибірках}} (n < 30)$ .....	6
Заняття 3. Обчислення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ) і коефіцієнта мінливості (варіації $C_v$ ) при великих вибірках ( $n > 30$ ).....	12
Заняття 4. Обчислення коефіцієнту кореляції методом малих вибірок.....	17
Заняття 5. Обчислення коефіцієнту кореляції ( $r$ ) методом великих вибірок.....	20
Заняття 6. Визначення коефіцієнта успадкованості ( $h^2$ ) і повторюваності, регресії ознак і способи їх визначення.....	24
ТЕМА 2. ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ	
Заняття 7. Клітина як матеріальна основа спадковості.....	28
Заняття 8. Розподіл генетичного матеріалу при поділі клітини мітозом.....	31
Заняття 9: Мейоз, його генетика і біологічна суть. Генетичні особливості гаметогенезу та запліднення.....	33
ТЕМА 3. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ.	
Заняття 10. Структурне моделювання генетико – молекулярних процесів в організмі....	37
ТЕМА 4: ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ СТАТЕВОМУ РОЗМНОЖЕННІ (ОСНОВИ МЕНДЕЛІЗМУ)	
Заняття 11. Закономірності успадкування якісних ознак при моно гібридному схрещуванні.....	42
Заняття 12. Успадкування ознак при дигібридному схрещуванні та взаємодія неалельних генів.....	46
ТЕМА 5: УСПАДКУВАННЯ ЯКІСНИХ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК У РИБ	
Заняття 13. Закономірності успадкування лускатого покриву і забарвлення у риб.....	49
Тема 6: ГЕНЕТИКА СТАТІ	
Заняття 14. Особливість успадкування статі у риб.....	53
Тема 7: Генетична організація хромосом	
Заняття 15. Зчеплене успадкування і кросинговер.....	60
Тема 8: ІМУНОГЕНЕТИКА І БІОХІМІЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ.	
Заняття 16. Успадкування груп крові та поліморфних систем білків.....	62
Тема 9. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦІЙ	
Заняття 17. Розподіл генів у популяціях згідно закону Харді-Вайнберга.....	65