

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

**БІОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
*Кафедра генетики, розведення та селекції тварин*



**ГЕНЕТИКА З БІОМЕТРІЄЮ**

**Методичні вказівки і робочий зошит  
для лабораторно-практичних і практичних занять  
для студентів біолого-технологічного факультету  
за кредитно-трансферною системою організації навчального процесу  
освітньо-кваліфікаційного рівня: 6.130201 – бакалавр  
зі спеціальності «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»**

Студент \_\_\_\_\_

Група \_\_\_\_\_

Затверджено методичною комісією  
біолого-технологічного факультету  
(Протокол № 2 від 09 жовтня 2019 року)

Укладачі: **Р.В. Ставецька** д-р. с.-г. наук; **О.І. Бабенко, М.В. Буштрук, І.С. Старостенко, Клопенко Н.І.** кандидати с.-г. наук. **С.В. Ткаченко**, канд. біол. наук;

**Генетика:** методичні вказівки і робочий зошит для лабораторно-практичних і практичних занять для студентів біолого-технологічного факультету за кредитно-модульною системою організації навчального процесу освітньо-кваліфікаційного рівня: 6.130201 – бакалавр зі спеціальності «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» /Р.В. Ставецька, О.І. Бабенко, М.В. Буштрук, І.С. Старостенко та ін. – Біла Церква, 2019. – 70 с.

В основу методичних вказівок покладено вимоги освітньо-кваліфікаційної характеристики бакалавра, типової і навчальної робочих програм з дисципліни «Генетика з біометрією».

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, перевірити рівень засвоєння матеріалу шляхом тестування. Розроблено згідно з кредитно-трансферною системою організації навчального процесу як засіб підвищення якості вищої освіти відповідно до Болонської декларації.

Рецензенти: **Ніщименко М.П.**, д-р с.-г. наук, професор  
**Кузьменко О.А.**, канд. с.-г. наук, доцент

© БНАУ, 2019

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дисципліна «Генетика з біометрією» входить до блоку нормативних дисциплін циклу професійної та практичної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня 6.130201 – бакалавр зі спеціальності – «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва».

Мета цього курсу полягає у формуванні теоретичних знань і практичних навиків у студентів для оволодіння принципами, методами та завданнями ветеринарної генетики, що полягають у вивченні генетичної структури популяцій тварин, спадкових аномалій, хвороб, генетики імунітету; генетичному моніторингу розповсюдження шкідливих генів у популяціях та зменшення їх негативного прояву; розробці методів ранньої діагностики стійкості та схильності до хвороб зі спадковою обумовленістю.

**Генетика** – це розділ генетики тварин, що вивчає генетичні відмінності тварин і роль спадковості у виникненні й механізмі розвитку різних аномалій, хвороб та стійкості до них.

Генетика належить до лідерів сучасного природознавства як за темпами нагромадження наукової інформації, важливістю та глибиною наукових відкриттів, так і за тим впливом, який має ця наука на життя людства. Підходи та методи генетики все більше проникають в інші біологічні науки. Досягнення генетики мають важливе значення для розвитку медицини, сільського господарства та слугують основою сучасної біотехнології.

Типовим і робочим навчальними планами на вивчення дисципліни «Генетика з біометрією» відведено 216 годин, що становить 6 кредитів, з них лекційних – 80, практичних – 80, самостійна робота – 56 годин. Кредитно-трансферна організація навчання передбачає поділ змісту дисципліни на 4 модулі: I. Біометричні методи в генетичних дослідженнях. II. Цитологічні та молекулярні основи спадковості. III. Закономірності успадкування ознак за статевого розмноження. IV. Спеціальна генетика. Імуногенетика.

Оцінка навчальних досягнень студентів проводиться за кредитно-трансферною 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 тазасобами 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 із 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 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 ввімкнені 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 мають 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 всередину, 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 здобувача вищої освіти \_\_\_\_\_

## ТЕМА 1. БІОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ У ГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

### Заняття 1. Вивчення мінливості кількісних показників ознак методом варіаційної статистики

**Мета** – ознайомити студентів із загальними положеннями біометричного методу у генетичних дослідженнях.

**Зміст заняття. Біометрія** –

**Ознака** –

**Кількісні показники ознак** –

Ознаки поділяють на лічильні та мірні.

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

**Мірні ознаки** мають непереривчастий характер вираження і можуть фіксуватися цілими і дробовими числами.

**Якісні показники ознак**, їх ще називають альтернативними – протилежними (чорний або білий, солодкий чи гіркий), не можуть бути виміряні або порашовані, а мають лише словесний опис (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. У їх біометричній обробці застосовується метод рангованого ряду. Варто зазначити, що абсолютної межі між кількісними та якісними ознаками робити не можна, будь-яку якісну ознаку із застосуванням 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** –

**Варіанта** –

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, вибірових 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 така літерна символіка:

X або V – значення варіанти;	$m$ , $m_d$ , $m^{\wedge}$ , $m_r$ , $m_R$ – статистичні помилки;
n – об'єм вибірки;	t – показник достовірності статистичної величини;
N – об'єм генеральної сукупності;	$t_d$ – критерій достовірності різниці;
X – середня арифметична вибірки;	$X^2$ – критерій відповідності ( $\chi^2$ - квадрат);
$\sigma$ – середнє квадратичне відхилення;	$h^2$ – коефіцієнт успадкованості;
$C_v$ – коефіцієнт варіації;	P – імовірність.
lim – ліміти;	
г – коефіцієнт кореляції;	

У 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 варіантів) без застосування ЕОМ починають зі складання варіаційного ряду.

## **Заняття 2. Обчислення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ) і коефіцієнта мінливості (варіації $C_v$ ) та помилок середніх величин $m_{\bar{X}}$ , $m_{\sigma}$ , $m_{C_v}$ , $t_d$ за малих вибірок ( $n < 30$ )**

**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 –**

**Середня арифметична ( $\bar{X}$ ) –**

Для обчислення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ) у 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 ( $\sigma$ ) –

Середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) за малого числа 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) ( $C_v$ ) -

Коефіцієнт мінливості (варіації) ( $C_v$ ) за малого числа 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. Варіаційною статистикою встановлено, що середня арифметична генеральної сукупності лежить в кордонах  $\pm 3m$  від середньої арифметичної (теж для  $\sigma$ ,  $C_v$ ) вибіркового дослідження.

$$\bar{X}_{\text{ген. сук.}} = \bar{X}_{\text{вибірки}} \pm 3 m_{\text{вибірки}}$$

Помилка середньої арифметичною ( $m_x$ ) за малих вибірок 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 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) –**

Достовірність різниці визначається за таблицею Стюдента, 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. Числоступенів 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  $p \geq 0,999$ .

**Завдання 1.** Розрахувати  $\bar{X}$ ,  $S_v$ ,  $td$  для малих вибірок за показниками лейкоцитів у крові тварин хворих лейкозом і здорових (одиниці виміру – тис. шт./мл).

**Методика виконання типового завдання**

$n_1$	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	10			1	6		
2	20			2	8		
3	15			3	7		
4	15			4	9		
5	10			5	5		
	$\Sigma X_1 =$		$\Sigma(X_1 - \bar{X}_1)^2$		$\Sigma X_2 =$		$\Sigma(X_2 - \bar{X}_2)^2$

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



2. Розрахувати середнє квадратичне відхилення для двох груп.

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

4.3 метою порівняння двох груп вибірки обчислюються помилки середніх величин.

– Помилка середньою арифметичною ( $m_x$ ):

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

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

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

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

– Обчислення критерію достовірності різниць:

Обчислення числа ступенів свободи:

**Висновок:**

**Завдання 2.** Відповідно до індивідуального завдання розрахувати  $\bar{X}$ ,  $\sigma$ ,  $C_v$ ,  $t_d$  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)

3)

4)

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

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

5)

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

**Висновок:**

**З а н я т т я 3 . Обчислення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ) і коефіцієнта мінливості (варіації  $C_v$ ) за великих вибірок ( $n > 30$ )**

**Мета** – освоєння методів обчислення середніх величин, показників мінливості і вірогідності цих показників у роботі з великими вибірками.

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

**Варіаційний ряд –**

**Генеральна сукупність**

**Вибірка –**

**Завдання 1.** Методом великих вибірок розрахувати середню арифметичну ( $\bar{X}$ ), середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ), коефіцієнта мінливості (варіації  $C_v$ ), їх помилки ( $m_x$ ,  $m_\sigma$ ,  $m_{C_v}$ ), критерій достовірності ( $t_x$ ,  $t_\sigma$ ,  $t_{C_v}$ ) та зробити відповідні висновки про характер розподілу варіант у вибірці та достовірність одержаних статистичних величин за даними частоти пульсу у великої рогатої худоби (вд./хв)  $n = 50$ .

42	48	55	66	72	75	50	50	58	64
73	48	54	55	56	60	75	52	54	60
68	69	62	56	54	65	69	72	80	70
50	69	64	70	79	63	64	70	65	65
65	65	51	66	71	75	74	71	63	62

**Послідовність розрахунків за складання варіаційного ряду.**

1. Визначити об'єм вибірки –  $n$ , тобто кількість варіант, що її складають.
2. Знайти ліміти вибірки.

**Ліміти ( $lim$ ) –**

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

$$X_{\max} =$$

$$X_{\min} =$$

$$\lim =$$

3. Розрахувати величину класового проміжку (K), користуючись формулою:  
$$K = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{n}$$
 (число класів)

$$K = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{n}; K = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{n} =$$

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;

- має бути цілим або зручним для обчислень;

- бажано, щоб воно ділилось на величину класового проміжку без залишку.

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

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

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

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

6. Знайти та виділити у варіаційному ряді модальний клас (клас із найбільшою кількістю частот), який за нормального розподілу 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  $-1, -2, -3, \dots$ , а в бік збільшення відповідно  $1, 2, 3, \dots$

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

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

9. Визначення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ) за великого числа 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 ( $\sigma$ ) за великого числа членів вибірки визначається за формулою:

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

$\sigma =$

11. Коефіцієнт мінливості (варіації) ( $C_v$ ) за великого числа членів вибірки визначається за формулою:

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

$C_v =$

12. Помилки середніх величин ( $m_x, m_\sigma, m_{C_v}$ ) за великих вибірок обчислюються за формулами:

– для середньої арифметичної:

;

– для середнього квадратичного відхилення:

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

– для коефіцієнта мінливості:

;

$m_x =$

$m_{\sigma} =$

$m_{cv} =$

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

– для середньої арифметичної:

;

– для середнього квадратичного відхилення:

$$t_{\sigma} = \frac{\sigma}{m_{\sigma}};$$

– для коефіцієнта мінливості:

$t_x =$

$t_{\sigma} =$

$t_{cv} =$

14. Будуємо варіаційну криву.  
**Варіаційна крива –**

У побудові графіка віраційної кривої використовують систему координат. На горизональній осі (вісь абсцис) відкладають значення класів, а на вертикальній (вісь ординат) – частоти. На місці перетину ліній класів та відповідних їм частот ставлять крапки, з'єднавши які, одержуємо ламану, що називають *варіаційною*.

Площу, обмежену варіаційною кривою, називають полігоном розподілу.

Залежно від характеру розподілу варіант варіаційні криві можуть бути: нормальні, біноміальні, асиметричні, пуасоновські, ексцесивні, плосковершинні, двовершинні, трансгресивні.

Частоти  $f$

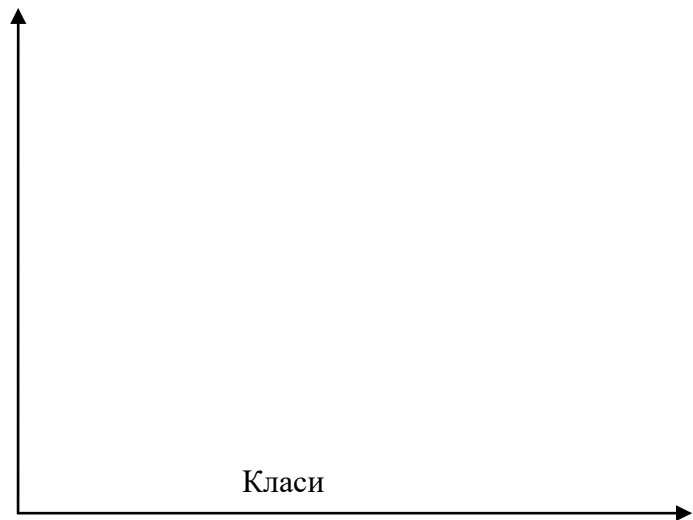


Рис. 18.1. Варіаційна крива.

**Висновок:**

**Завдання 2.** Відповідно до індивідуального завдання, методом великих вибірок розрахувати  $\bar{X}$ ,  $\sigma$ ,  $S_v$  їх помилки ( $m_x$ ,  $m_\sigma$ ,  $m_{S_v}$ ), критерій достовірності ( $t_x$ ,  $t_\sigma$ ,  $t_{S_v}$ ) та зробити відповідні висновки.

Варіант №

Класи	Розноска	Частоти $f$	Відхилення частот ( $a$ )	$fa$	$fa^2$
-------	----------	----------------	------------------------------	------	--------

$\Sigma$		$\Sigma$		$\Sigma fa =$	$\Sigma fa^2 =$

1)  $K =$   
 $b =$

2)  $\bar{X} =$

3)  $\sigma =$

4)  $C_v =$

$m_x =$

$t_x =$

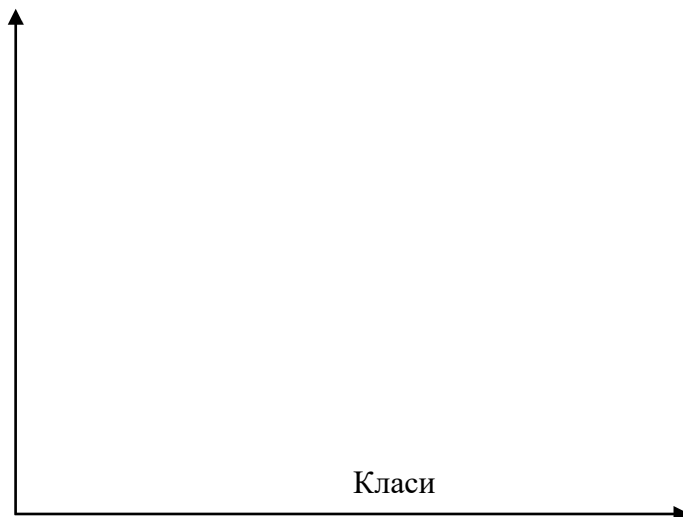
$m_\sigma =$

$t_\sigma =$

$m_{Cv} =$

$t_{Cv} =$

Частоти f



**Висновок:**



### З а н я т т я 4 . Обчислення коефіцієнта 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.

**Кореляцією** називається

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** –

**зворотною** –

Кореляційний зв'язок буває **прямолінійний** -

**Криволінійний** –

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

Наприклад з підвищенням надою у корів їх резистентність знижується – **зворотна кореляція**. Селекція тварин тільки за ознакою надою без врахування стану здоров'я втрачає сенс.

**Завдання 1.** Розрахувати  $r$ ,  $m_r$ ,  $t_r$  між живою масою ( $x$ ) та висотою в холці ( $y$ ) у свиноматок.

№ п/п	$x$	$y$	$a_x$	$a_y$	$a_x \cdot a_y$	$a_x^2$	$a_y^2$
1							
2							

3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
n=10			–	–			
Σ			–				

### Послідовність проведення розрахунку коефіцієнта кореляції

1. Визначаємо суму ( $\Sigma$ ) для показників живої маси ( $X$ ) та висоти у холці ( $Y$ ).
2. Розраховуємо середню арифметичну для показників живої маси ( $X$ ) та висоти у холці ( $Y$ ).

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

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

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 до таблиці добуток  $a_x \cdot a_y$  та їх суму.
5. Визначаємо  $a_x^2$  та  $a_y^2$  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.

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

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 1.** Розрахувати  $r$ ,  $m_r$ ,  $t_r$  відповідно до індивідуального завдання.

Варіант № \_\_\_\_\_

№ п/п	x	y	$a_x$	$a_y$	$a_x \cdot a_y$	$a_x^2$	$a_y^2$
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
$n = 10$			—	—			
$\Sigma$			—				

$$\bar{X}_x =$$

$$\bar{X}_y =$$

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

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

$$v = n - 2 =$$

**Висновок:**

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### **З а н я т т я 5 . Обчислення коефіцієнта кореляції (r) методом великих вибірок.**

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

**Зміст заняття.** У роботі з великою вибіркою для розрахунку коефіцієнта 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 коефіцієнта кореляції відповідно до завдання**

**Завдання 1.** Визначити r,  $m_r$ ,  $t_r$ , V, P між частотою пульсу і температурою тіла у великої рогатої худоби ( $n = 50$ ); X – пульс, уд/хв; Y – температура °C.

Розраховуючи коефіцієнт кореляції, використовують таку послідовність проведення окремих операцій:

1. Визначаємо об'єм вибірки ( $n = 50$ ).
2. Визначаємо ліміти для частоти пульсу та температури тіла.

X – пульс	Y – температура °C
-----------	--------------------

Max – 85 уд/хв	Max – 40 °C
----------------	-------------

Min – 40 уд/хв	Min – 37 °C
----------------	-------------

3. Визначаємо класовий проміжок.

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

Класовий проміжок за частотою пульсу:

$$K_x =$$

Класовий проміжок за температурою тіла :

$$K_y =$$

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

5. За даними будуємо кореляційні решітку, яка є двома варіаційними рядами, розміщеними один вертикально, а другий горизонтально і потім розносять частоти:

x	y							$f_x$	$a_x$	$f_x a_x$	$f_x a_x^2$
$f_y$								$\Sigma \downarrow$ $\rightarrow$		$\Sigma f_x a_x$	$\Sigma f_x a_x^2$
$a_y$											
$f_y a_y$								$\Sigma f_y a_y$			
$f_y a_y^2$								$\Sigma f_y a_y^2$			

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 (40 уд/хв), щоб знайти верхню межу, необхідно до нижньої межі додати величину класового проміжку, а одержане значення зменшити на 1 (чи 0,1, 0,01 залежно від точності виміру ознаки):  $40+8-1 = 47$ . Початок наступного класу буде на 1 чи 0,1, 0,01 більшим за верхню межу першого класу. Межі наступних класів визначаємо додаванням до попередніх величини класового проміжку, в останній клас має ввійти максимальний ліміт.

6. Методом конверта проводимо рознесення пар ознак по комірках кореляційної решітки.

Перша пара ознак 55–38,6, попадає в комірку на перетині класу 48-55 за частотою пульсу і 38,5–38,9 за температурою, де ставиться крапка. Друга пара ознак 51–38,7 відповідно на перетині класів 48–55 і 38,7–38,9 і т.д. Такі рознесення пар ознак проставляють у лівій частині комірок, потім розшифровують конверти і записують частоти цифрами в нижню частину правої сторони комірки.

7. Визначення частот варіацій ( $f_x, f_y$ ) за  $X$  та  $Y$  ознаками проводять спочатку для кожного класу.

За частотою пульсу  $f_x$  для класу 40–47, становитиме:  $1+1+1+3 = 6$ ; для другого класу 48–55  $f_x$  становитиме:  $1+6+7+3 = 17$ .

За температурою тіла  $f_y$  для класу 37,0–37,4 становитиме:  $1+1 = 2$ , для другого класу становитиме:  $1+6+2+1 = 10$ .

8. Визначають суму  $\Sigma f_x, f_y$  всіх класів.

У даному випадку  $\Sigma f_x$ , та  $\Sigma f_y = 50$ , що свідчить про правильне рознесення пар ознак по комірках кореляційної решітки, оскільки  $n = 50$ .

9. Виділяємо у варіаційному ряду модальний клас.

За частотою пульсу ( $x$ ) 2-й клас з межами 48–55, в який увійшло 17 варіант; за температурою тіла ( $y$ ) 3-й клас з межами 38,0–38,4, частота варіацій якого становить 18. Контурними лініями виділяємо модальні класи за  $x$  та  $y$  ознаками і тим самим розбиваємо кореляційну решітку на квадрати: I, II, III, IV.

10. Знаходимо відхилення кожного класу від модального ( $a_x, a_y$ ).

В сторону зменшення від модального буде клас із мінусом, в сторону збільшення – з плюсом (розносимо в таблицю).

11. Розраховуємо значення  $f_x a_x$  та  $f_y a_y$  та їх суму. Вносимо дані в таблицю.

12. Розраховуємо значення  $f a_x^2$  та  $f a_y^2$  та їх суму (вносимо дані в таблицю). Ці суми будуть використані для розрахунку окремих елементів формули коефіцієнту кореляції.

13. Визначаємо величину  $f a_x a_y$ . Їх виписують окремо і підсумовують по кожному квадрату.

Значення  $f a_x a_y$  для I квадрата становить :

Значення  $f a_x a_y$  для II квадрата становить :

Значення  $f a_x a_y$  для III квадрата становить :

Значення  $f a_x a_y$  для IV квадрата становить :

Отже,  $\Sigma f a_x a_y =$

14. Користуючись формулами, розраховуємо інші елементи формули коефіцієнта кореляції. У визначенні не враховують класовий проміжок.

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

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

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

15. Одержані значення підставляємо у формулу для розрахунку коефіцієнта кореляції ( $r$ ).

16. Визначаємо помилку коефіцієнта кореляції ( $m_r$ ).

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

17. Розраховуємо критерій вірогідності обчисленого коефіцієнта кореляції ( $t_r$ ).

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

18. Визначаємо число ступенів свободи.

$$\vartheta = n - 2 =$$

**Висновок:**

**Завдання 1.** Обчислити коефіцієнт кореляції ( $r$ ) методом великих вибірок згідно з індивідуальним завданням.

Max –

Max –

Min –

Min –

Kx =

Ky =

$x$	$y$							$f_x$	$a_x$	$f_x a_x$	$f_x a_x^2$	
								$\Sigma$	$\downarrow$		$\Sigma f_x a_x$	$\Sigma f_x a_x^2$
								$\rightarrow$				
$f_y$												
$a_y$												
$f_y a_y$								$\Sigma f_y a_y$				
$f_y a_y^2$								$\Sigma f_y a_y^2$				

Значення  $f_{x a_y}$  для I квадрата становить:

Значення  $f_{x a_y}$  для II квадрата становить:

Значення  $f_{xay}$  для III квадрата становить:

Значення  $f_{xay}$  для IV квадрата становить:

$$\Sigma f_{xay} =$$

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

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

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

$$m_r =$$

$$t_r =$$

$$v =$$

**Висновок:**

Підпис викладача \_\_\_\_\_

### **З а н я т т я 6 . О б ч и с л е н н я т а з а с т о с у в а н н я к р и т е р і ю $\chi^2$**

**Мета** – оволодіти методом  $\chi^2$  для вирішення генетичних, селекційних та експериментальних



проблем.

**Зміст заняття.** Метод  $\chi^2$  полягає

Метод  $\chi^2$  запропоновано К. Пірсоном у 1890 році. Його основано за принципом «нульової гіпотези», суть якої в тому, що допускають відсутність достовірних відмінностей між порівнюваними групами, а потім на основі математичних розрахунків підтверджують цю гіпотезу чи спростовують її.

Якщо величина  $\chi^2$  підтверджує достовірність різниці показників порівнюваних сукупностей, то тоді вона відкидається. За відсутності достовірних відмінностей між групами «нульова гіпотеза» зберігається. Це свідчить про те, що порівнювані за частотами вибірки належать до однієї генеральної сукупності. Значення  $\chi^2$  виражається будь-яким позитивним числом від 0 до  $\infty$  і розраховується для сукупностей з числом варіант не менше 20, коли ознака виражена в абсолютних, а не у відносних (частки одиниці, відсотки) величинах.

**Критерій  $\chi^2$  розраховують за формулою:**

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E},$$

де **O** – фактична кількість особин; **E** – теоретично очікувана кількість особин.

Для достовірного судження про відповідність чи невідповідність фактично отриманих величин з теоретично очікуваними, отримане значення  $\chi^2$  порівнюють з табличним з урахуванням числа ступенів свободи.

Число ступенів свободи ( $\nu$ ) для різних способів застосування  $\chi^2$  має особливості розрахунку. Під час складання чотири- або багатопільних ґраток для визначення числа ступенів свободи користуються формулою:

$$\nu = (l_x - 1)(l_y - 1),$$

де  $l_x$  – число горизонтальних рядків;  $l_y$  – число вертикальних стовпчиків.

У ветеринарній медицині часто у вирішенні питання про доцільність застосування тих чи інших лікувальних препаратів для запобігання захворювань тварин або нових санітарно-гігієнічних прийомів утримання необхідно дати оцінку ефективності їх застосування. Для цього формують за принципом аналогів або груп аналогів дві групи тварин. На одну групу діє фактор, який вивчається (дослідна група). Друга група є контрольною, тобто на ній дія фактора не випробовується.

Тут також все будується за принципом «нульової гіпотези», яка допускає відсутність відмінностей між дослідною та контрольною групами. Результати розрахунку  $\chi^2$  на основі цих досліджень підтверджують цю гіпотезу або, спростовують її.

**Завдання 1.** З метою профілактики міксоматозу кролям робили щеплення гетерогенною вакциною. Серед вакцинованих тварин захворіло і загинуло від міксоматозу 11 голів, а 49 голів залишилось здоровими. У контрольній групі, де вакцину не застосовували, захворіло і загинуло 21 особина, здоровими залишилось 19 голів.

Необхідно визначити ефективність застосування гетерогенної вакцини для профілактики захворювання кролів на міксоматоз. На це питання можна відповісти тільки після того, як розрахуємо величину критерію  $\chi^2$ . Для цього будемо таблицю запису даних експерименту і

необхідних розрахунків.

### Форма запису розрахунку $\chi^2$ за порівняння груп.

Група тварин	Число тварин у групі, гол.	Число захворілих		Число здорових	
		Фактичне (O)	Очікуване (E)	Фактичне (O)	Очікуване (E)
Дослідна (вакцинована)		(O <sub>1</sub> )	(E <sub>1</sub> )	(O <sub>2</sub> )	(E <sub>2</sub> )
Контрольна (невакцинована)		(O <sub>3</sub> )	(E <sub>3</sub> )	(O <sub>4</sub> )	(E <sub>4</sub> )
Всього					

Теоретично очікуване число захворілих та здорових тварин (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>4</sub>) розраховуємо за пропорцією.

$$E_1) \quad 100 - 32 \quad E_1 = \quad 60 - E_1$$

$$E_3) \quad 100 - 32 \quad E_3 = \quad 40 - E_3$$

$$E_2) \quad 100 - 68 \quad E_2 = \quad 60 - E_2$$

$$E_4) \quad 100 - 68 \quad E_4 = \quad 40 - E_4$$

Якщо  $(E_1 + E_2 + E_3 + E_4) = (O_1 + O_2 + O_3 + O_4)$ , то це свідчить, що розрахунки зроблено правильно.

Теоретично очікуване число можна розрахувати і через частку захворілих та здорових тварин у дослідній та контрольній групах:

хворі тварини =

здорові тварини =

Загальне число тварин у дослідній та контрольній групах множимо на частку захворілих та здорових тварин і одержуємо такі значення:

$$E_1 =$$

$$E_2 =$$

$$E_3 =$$

$$E_4 =$$

Якщо  $(E_1 + E_2 + E_3 + E_4) = (O_1 + O_2 + O_3 + O_4)$ , то це свідчить, що розрахунки зроблено правильно.

Теоретично очікуване число захворілих та здорових тварин, розраховане обома способами, збігається.

Після цього розраховуємо величину  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} =$$

Число ступенів свободи за складання чотирипільних ґраток розраховуємо за формулою:

$$v = (l_x - 1) \times (l_y - 1)$$

P =

**Висновок:**

**Завдання 2.** Згідно з індивідуальним завданням застосувати метод  $\chi^2$ ...

**Варіант №** \_\_\_\_\_

		Фактичне (O)	Очікуване (E)	Фактичне (O)	Очікуване (E)
Всього					

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} =$$

$$v = (l_x - 1) \times (l_y - 1)$$

P =

**Висновок:**

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## **Заняття 7. Коефіцієнт успадкованості ( $h^2$ ) ознак і способи його визначення**

**Мета** – засвоєння студентами понять, таких як спадковість, успадкування, успадкованість, фенотипова, генотипова мінливість. З'ясування значення типів мінливості у доборі тварин. Вивчення методів вирахування коефіцієнта успадкованості 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 генетично 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 більшою мірою під впливом генотипових факторів, інші, навпаки, під впливом факторів зовнішнього середовища. Звідси випливає, що у проведенні добору тварин за певною ознакою необхідно знати, від чого залежить ступінь фенотипової мінливості – відгенетичної 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  $\Phi = \Gamma + \Pi$ .

**Спадковість** –

**Успадкування** –

**Успадкованість** –

**Коефіцієнт успадкованості** –

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.

У 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:

$$h^2 = 2\gamma \text{ М/Д};$$

$$h^2 = 2\gamma \text{ Б/Н}.$$

З наведених формул видно, що коефіцієнт успадкованості дорівнює подвоєному коефіцієнту генетичної кореляції між продуктивністю матерів та їх дочок (м/д) або батьків і їх нащадків (б/н). Однак за такого методу 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.

За різної 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:

$$h^2 = 2R \text{ Д/М};$$

$$h^2 = 2R \text{ Н/Б}.$$

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

У 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 ( $h^2 > 0,4$ ), середнім ( $h^2 = 0,2-0,4$ ) і низьким ( $h^2 < 0,2$ ). 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. За високої генетичної різноманітності величина коефіцієнта успадкованості висока, а за зниження 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.

### Коефіцієнти успадкованості основних селекційних ознак с.-г. тварин

Назва ознаки	$h^2$
<b>Велика рогата худоба</b>	
Надій за 305 днів лактації	0,25
Масова частка жиру в молоці	0,45
Кількість молочного жиру	0,35
Жива маса	0,35
Форма вимені	0,15
Проміри тулуба	0,45
Плодючість корів	0,10
Жива маса в 12 місяців	0,35
Середньодобовий приріст	0,50
Забійний вихід	0,65
Оплата корму	0,35
<b>Свині</b>	
Плодючість	0,15
Молочність	0,30
Скороспілість	0,10
Забійний вихід	0,35
Середньодобовий приріст	0,45
<b>Вівці</b>	
Настриг вовни	0,30
Маса чистої вовни	0,40
Густина вовни	0,50
<b>Кури</b>	
Несучість	0,25
Маса яйця	0,50
Виводимість	0,15
Жива маса бройлерів у віці 6 тижнів	0,35

## А 2. ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ

### Заняття 8. 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 за поділу клітин та утворення 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 та мінливості, пов'язані з будовою та розвитком клітини.

**Клітина** –

**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

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

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

**Цитоплазма** –

**Рибосома** –

**Мітохондрія –**

**Ендоплазматична сітка**

**Комплекс Гольджі –**

**Лізосоми –**

**Центросома –**

**Функції клітинної оболонки:**

### **Заняття 9. Будова хромосом, аналіз хромосом сільськогосподарських тварин**

**Мета** – систематизувати знання про особливості будови і функціонування хромосом, вивчити класифікацію хромосом, ідентифікувати види хромосом.

**Зміст заняття. Каріотип –**

**Каріограма –**



Основні стадії вивчення морфології хромосом – метафаза, анафаза. Оскільки, на цих стадіях поділу клітин хромосоми розміщені окремо одна від одної, то вони спіралізовані і найбільш чітко видимі.

**Метафазні пластинки –**

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

1. Кількість хромосом в наборі;
2. Спадкові захворювання, які пов'язані з будовою хромосом;
3. Мутації (поліплоїдія, гетероплоїдія);
4. Гомогаметність або гетерогаметність чоловічої або жіночої статі, також встановити порушення в успадкуванні статі.

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

Кожна окрема хромосома має 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 центромери:

Ідентифікацію хромосом проводять шляхом визначення наступних показників:

1. Абсолютна довжина кожної хромосоми, **L**

$$L = \frac{\text{Довжина хромосоми на фото}}{\text{Кратність збільшення}}$$

2. Відносна довжина кожної хромосоми, **L<sup>K</sup>, %**

$$L^K = \frac{\text{Довжина даної хромосоми}}{\text{Довжина всіх хромосом разом}} \times 100$$

3. Плечовий індекс, **I<sup>B</sup>**

$$I^B = \frac{\text{Довжина довгого плеча}}{\text{Довжина короткого плеча}}$$

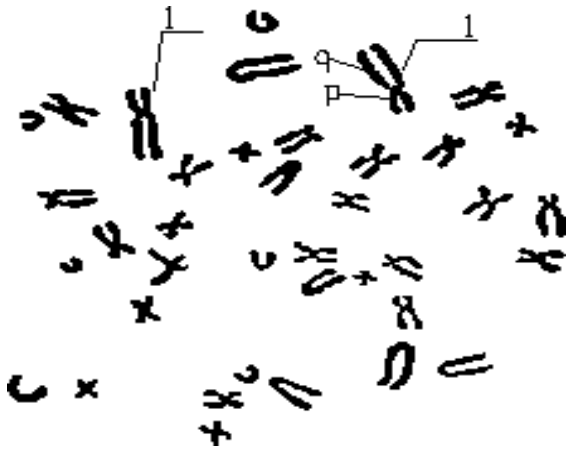
4. Центромірний індекс, **I<sup>C</sup>, %**

$$I^C = \frac{\text{Довжина короткого плеча хромосоми}}{\text{Довжина всієї хромосоми}} \times 100$$

Для вірності морфометричного аналізу роблять декілька фотографій з різних метафазних пластинок одного мазка і визначають індекс спіралізації (I).

$$I = \frac{\text{Сумарна довжина двох коротких хромосом}}{\text{Сумарна довжина двох довгих хромосом}}$$

Для проведення морфометричного аналізу використовують мікрофотографії метафазних пластинок. Об'єктив-мікрометром мікроскопа замірюють фактичну довжину найбільшої примітної хромосоми (хромосома-тестер позначена на рис. 2.1).



1 – хромосома-тестер;  
 p – коротке плече;  
 q – довге плече.

Рис. 2.1. Метафазна пластинка каріотипу свині.

На фотографії метафазної пластинки хромосома-тестер вимірюється лінійкою. Потім розраховується її збільшення відносно фактичної довжини. Фактичну довжину інших хромосом встановлюють перерахунком з використанням величини їх збільшення. Наприклад: хромосома-тестер замірена об'єктив-мікрометром має довжину 14 мкм ( $q = 9$  мкм,  $p = 5$  мкм,  $L = 9+5=14$  мкм). На фотографії її довжина становить 12 мм. Таким чином кратність збільшення розраховується  $\frac{12 \times 1000}{14} = 857$ , всі хромосоми на метафазній пластині збільшені відносно своєї фактичної довжини у 857 разів. Тому абсолютна довжина кожної з хромосом визначається так:  $\frac{\text{довжина} \times \text{хром ми на фото}}{\text{кратність збільшення}}$

## Заняття 10. Розподіл генетичного матеріалу за поділу 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 розмноженням (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** –

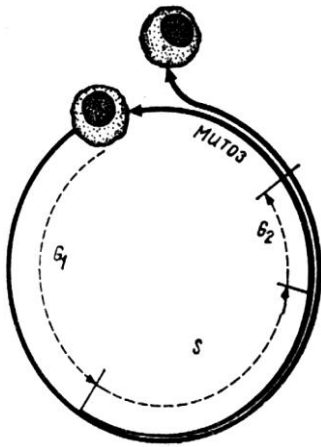
Найчастіше поділ клітини відбувається за допомогою мітозу – універсального способу, що дає можливість одержати точні копії генетичного матеріалу під час поділу.

**Мітоз** –

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  $G_1$ -період,
- синтетичний S-період,
- післясинтетичний  $G_2$ -період(рис. 3.1).



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 наступає власне мітоз.

Рис. 3.1. Схема мітотичного циклу.

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

У профазі:

У метафазі:

**В анафазі:**

**У телофазі:**

Новоутворені клітини вступають у період свого активного функціонування.

**Завдання 1.** Замалюйте схему мітозута дайте пояснення цьому біологічному процесу.

## Заняття 11. 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** –

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:**

**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 передують 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 екваційним 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 II** – 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 цього процесу.

## ***Гаметогенез –***

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 -**

## Овогенез –

## Запліднення –

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.

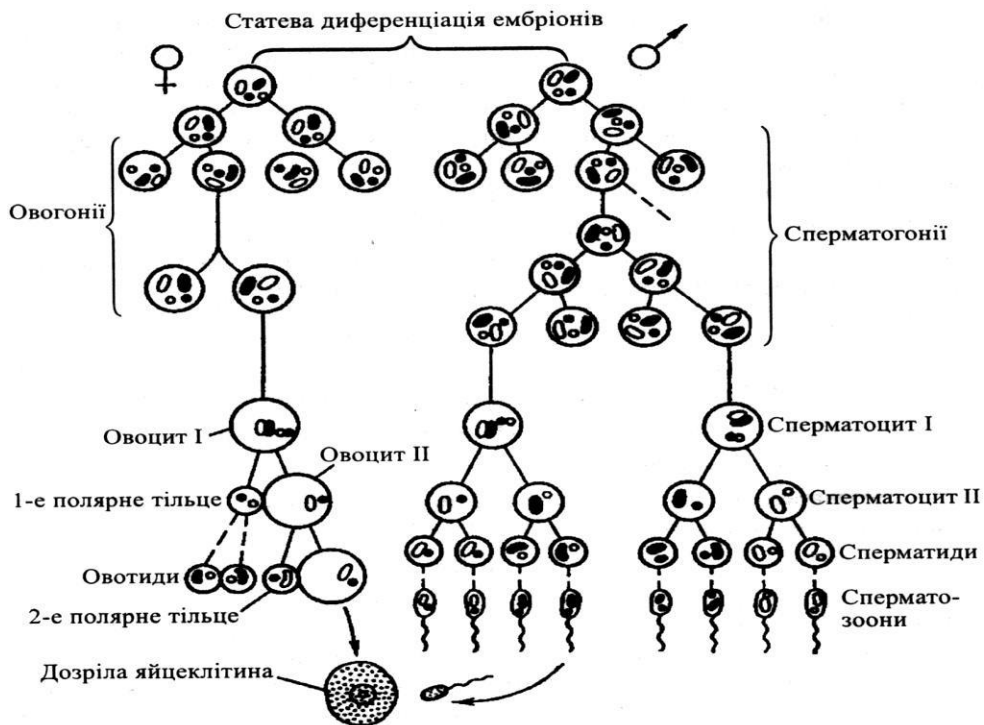


Рис. 4.1. Порівняльна схема овогенезу і сперматогенезу.

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## Контрольні питання

1. Кому належить провідна роль носія спадкової інформації в клітині?
2. Яку функцію в клітині виконують мітохондрії?
3. Яку функцію в клітині виконують рибосоми?
4. Яку функцію в клітині виконує ендоплазматичний ретикулум?
5. Який найбільш зручний період для вивчення каріотипу клітинного циклу?
6. Що таке мітоз?
7. Які є фази мітозу? Розташуйте їх у порядку проходження.
8. Розташуйте в порядку проходження періоди інтерфази клітинного циклу?
9. Які процеси в клітині відбуваються у профазі мітозу?
10. Які процеси в клітині відбуваються у метафазі мітозу?
11. Які процеси в клітині відбуваються у анафазі мітозу?
12. Які процеси в клітині відбуваються у телофазі мітозу?
13. Яка біологічна і генетична суть мітозу?
14. Що таке мейоз?
15. З яких етапів поділу складається мейоз?
16. Назвіть п'ять стадій профазі мейозу?
17. У якій зі стадій профазі I відбувається кросинговер?
18. Як називається процес розвитку статевих клітин?
19. На які періоди умовно поділяють гаметогенез?
20. Розгляньте схему овогенезу і сперматогенезу, дайте відповідь на поставлені нижче запитання:
  - а) Скільки з кожного диплоїдного сперматоцита першого порядку утвориться клітин з гаплоїдним набором хромосом?
  - б) Яку назву мають ці статеві клітини?
  - в) Скільки з них мають по одній статевій X-хромосомі та по одній Y-хромосомі?
  - г) Скільки з одного овоцита першого порядку після періоду формування утворюється яйцеклітин?
21. Яка біологічна і генетична суть процесу запліднення?

## ТЕМА 3. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ

### Заняття 12. Структурне моделювання генетико-молекулярних процесів в організмі

**Мета** – з'ясувати структурні та 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 – дезоксирибонуклеїнова кислота.

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

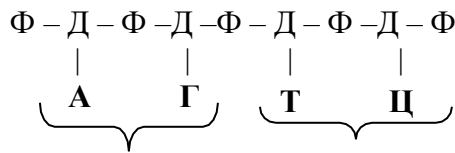
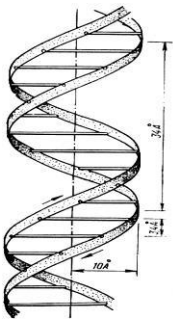
Існує два типи нуклеїнових кислот – **дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)** і **рибонуклеїнова кислота (РНК)**.

**ДНК-**



**ДНК** – біополімер, який складається з великої кількості **нуклеотидів**.

**Нуклеотид** –



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 зі 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.

**Перше правило Чаргаффа:** сума пуринових основ (**А + Г**) дорівнює сумі піримідинових основ (**Т + Ц**):

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

**Друге правило:** кількість **А** дорівнює кількості **Т** (**А = Т**),  
кількість **Г** дорівнює кількості **Ц** (**Г = Ц**).

**Третє правило:** співвідношення комплементарних пар у ДНК різних видів тварин своє, стале і завжди різне:

$$A + T / G + C.$$

Для ДНК вищих тварин і рослин це співвідношення більше за 1 (АТ-тип ДНК), а для більшості мікроорганізмів, бактерій і грибів – менше за 1 (ГЦ-тип ДНК).

Молекула ДНК на відміну від інших хімічних сполук має здатність до автосинтезу, тобто самокопіювання. Цей процес ще називається **реплікацією ДНК**.

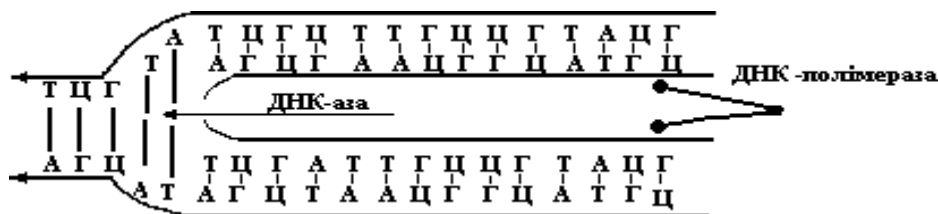


Рис. 5.1. Схема напівконсервативного способу реплікації молекули ДНК.

Синтез ДНК відбувається протягом S-періоду (синтетичного), інтерфази мітозу перед початком ділення клітини.

Процес **реплікації (синтез)** відбувається в 2 етапи:

Перший етап – за допомогою спеціального ферменту *дезоксирибонуклеазирозщеплюються* водневі зв'язки, і молекула ДНК розходиться на 2 ланцюги.

Другий етап – за допомогою ферменту *ДНК-полімерази* біля кожної такої нитки з нуклеотидів(з використанням енергії і ферментів, що містяться в каріоплазмі), починають будуватися додаткові комплементарні їм нові нитки. Внаслідок цього з однієї дволанцюгової молекули ДНК утворюються дві дволанцюгові, що є копіями вихідної материнської молекули.

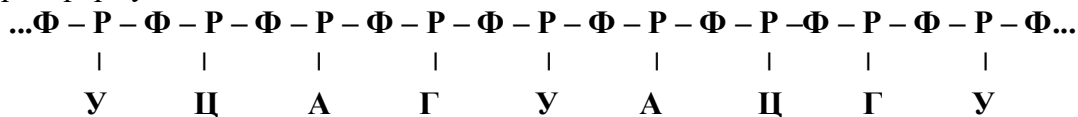
Отже, синтез або **реплікація ДНК** – це процес самовідтворення молекул ДНК, що забезпечує точне копіювання генетичної інформації та передачу її з покоління в покоління.

## РНК, її будова, хімічний склад

### Типи РНК та їх функції в процесі біосинтезу білка

У процесі реалізації генетичної інформації бере участь друга нуклеїнова кислота. РНК, на відміну від ДНК, має одноланцюгову будову. РНК складається із залишку **фосфорної кислоти, цукру рибози та азотистих основ**: аденіну(А), гуаніну(Г), цитозину (Ц)і урацилу (У). Тимін у РНК відсутній і замість нього є інша азотиста основа – **урацил**.

Структурна формула РНК:



Усі види РНК синтезуються в ядрі клітини на молекулах ДНК, вони є немовби зліпком певної ділянки однієї з ниток ДНК і мають відповідне їй (комплементарне) чергування нуклеотидів.

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**:

– **i-РНК (інформаційна або матрична)** – її функція полягає у перенесенні генетичної інформації про послідовність нуклеотидів ДНК ядра до рибосом, де відбувається синтез білка;

– **t-РНК (транспортна)** – основна функція полягає у транспортуванні (перенесенні) амінокислот до рибосом, де вони включаються в первинну структуру білкової молекули;

– **p-РНК (рибосомальна)** – виступає своєрідним островом (скелетом) у процесі синтезу білка в рибосомах.

## Біосинтез білка

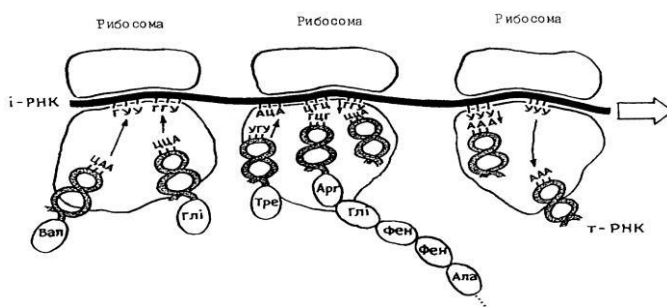
**Білок** –

Синтез білка складається з двох етапів: транскрипція, трансляція.

**Транскрипція** (від лат. *transcription* – переписування) –

**Трансляція**(від лат. *translation* – перенесення) –

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.



У процесі трансляції розрізняють певні періоди:

- ініціація;
- елонгація;
- термінація.

Рис. 5.2. Схема біосинтезу білка.

**Ініціація** –

**Елонгація** –

**Термінація** –

## 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	Серін	УАУ	Тирозин	УГУ	Цистеїн	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	Аспаргін	АГУ	Серін	У
	АУЦ		АЦЦ		ААЦ		АГЦ		Ц
	АУА	Метіонін	АЦА		ААА	Лізін	АГА	Аргінін	А
	АУГ		АЦГ		ААГ		АГГ		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.** 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 ланцюзі?
2. Побудуйте м-РНК на цьому ланцюзі ДНК. Скільки нуклеотидів, що містять урацил, буде в м-РНК?
3. Побудуйте ділянку білкової молекули, кодовану цією ДНК. Користуючись таблицею генетичного коду, випишіть амінокислоти, які кодуються цією ділянкою ДНК?
4. Скільки молекул тирозина міститься у цій молекулі білка?
5. Скільки типів т-РНК буде брати участь у синтезі білкової молекули, кодованої цим ланцюгом ДНК?

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

## Контрольні питання

1. Які вчені вперше довели роль ДНК як носія спадкової інформації?
2. Який вчений сформулював у 1927 році гіпотезу про білкову природу гена?
3. Який вчений вперше описав ДНК як хімічну сполуку?
4. Яка основна властивість ДНК як носія спадкової інформації?
5. Які азотисті основи входять до складу ДНК?
6. Хто довів модель дволанцюгової молекули ДНК, здатної до реплікації?
7. Які азотисті основи входять до складу РНК, яка забезпечує передачу генетичної інформації від ДНК до рибосом, де відбувається синтез білка?
8. У якому із періодів інтерфази відбувається синтез ДНК клітини?
9. Які з азотистих основ комплементарні між собою?
10. Які функції виконують різні типи РНК?
11. Як називається синтез РНК на ДНК як матриці?
12. За генетичного контролю біосинтезу білка розрізняють два основних етапи. Вкажіть їх назву в послідовності їх проходження?
13. Хто з вчених у 1964 році розшифрував генетичний код?
14. Яку із функцій під час синтезу молекули білка виконує кодон АУГ, якщо він знаходиться на початку ланцюжка і-РНК?
15. Як називається ділянка молекули ДНК, яка забезпечує контроль синтезу певного поліпептидного ланцюга білка?

## ТЕМА 4. ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ЗА СТАТЕВОМУ РОЗМНОЖЕННЯ (ОСНОВИ МЕНДЕЛІЗМУ)

### Заняття 13. Закономірності успадкування якісних ознак за моногібридного схрещування

**Мета** – вивчити закономірності успадкування якісних ознак за моногібридного схрещування, типи взаємодії генів і зміни, які виникають у співвідношеннях генотипів і фенотипів.

**Зміст заняття.** Закономірності успадкування якісних ознак за статевим розмноженням 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, за якою 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 за статевим розмноженням 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 генотиби. 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 гібридними 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** -

На основі моногібридного схрещування Г. Мендель довів два закони успадкування ознак:

I-й – закон домінування або одноманітності  $F_1$ .

II-й – закон розщеплення ознак у  $F_2$ .

**Домінування –**

Ознака батьків, яка не проявляється у гібридів першого покоління, називається **рецесивною** (від латинського слова *recessis* – який подавляється) і позначається рядковими літерами алфавіту (а, в, с 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 цієї алельної пари, AA і aa, які в подальших поколіннях не дають розщеплювання, називаються **гомозиготними**, а форми Aa, що дають розщеплювання, – **гетерозиготними**.

**Генотип –**

**Фенотип –**

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

**Перший закон** (названий законом домінування або законом одноманітності гібридів першого

покоління):

**Розбір задачі:** Яким виявиться потомство першого покоління від схрещування білощетиної свиноматки (біла масть доміантна – AA) з чорнощетинним кнуром – плідником (чорна масть рецесивна – aa).

**Другий закон** (названий законом розщеплення):

**Розбір задачі:** За схрещування білощетинних гібридів першого покоління між собою, з'ясувати якими будуть за генотипом і фенотипом потомки F<sub>2</sub> ?

**Завдання 1.** Розв'язати задачі з використанням першого та другого законів Г. Менделя.



## Заняття 14. Типи взаємодії алельних генів

**Мета** – ознайомитися з успадкуванням ознак за різних типів взаємодії алельних генів.

**Зміст заняття.** Алельні гени можуть взаємодіяти між собою і змінювати характер успадкування ознак. Розрізняють такі типи взаємодії: повне домінування, неповне домінування, кодомінування, наддомінування (гетерозис) і домінування, що залежить від статі.

**Повне домінування** –

### Перелік ознак сільськогосподарських тварин і птиці, які успадковуються за типом повного домінування

Домінантна ознака	Рецесивна ознака
<b>Велика рогата худоба</b>	
Безрогість	Рогатість
Чорна масть	Червона масть
Білоголовість	Суцільне забарвлення
Ряба масть	Суцільне забарвлення
Темне носове дзеркало	Світле носове дзеркало
<b>Свині</b>	
Біла масть	Чорна масть
Чорна масть	Червона масть
Стоячі вуха	Висячі вуха
Прямий профіль голови	Кирпатість
<b>Коні</b>	
Руда масть	Альбінізм
Ворона масть	Руда масть
Сіра масть	Не сіра масть
Нормальна спина	М'яка спина
Завислий круп	Нормальний круп
Нормальна шия	Крива шия
<b>Вівці</b>	
Біла масть мериносів	Чорна масть північних короткохвостих
Сіра масть	Чорна масть каракульських овець
Рогатість (окремі породи)	Безрогість
Сережки на шиї	Бідсутність сережок
Нормальні кінцівки	Коротконогість
Нормальний розвиток сім'яників	Крипторхізм
Додаткові дійки	Відсутність додаткових дійок
<b>Кури</b>	
Трояндоподібний гребінь	Листовидний гребінь
Гороховидний гребінь	Листовидний гребінь
Біле забарвлення шкіри	Жовте забарвлення шкіри
Коричневий колір яйця	Білий колір яйця
Оперення ніг	Неопереність, голі ноги

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

**Перелік ознак сільськогосподарських тварин і птиці, які успадковуються за типом неповного домінування**

Ознаки гомозиготних особин		Ознаки гетерозиготних особин
домінантна	рецесивна	проміжна
<b>Велика рогата худоба</b>		
Червона масть шортгорнів	Біла масть шортгорнів	Чала масть
<b>Вівці</b>		
Довгі вуха	Безвухість	Коротковухість
Довгохвостість	Безхвостість	Короткохвостість
<b>Норки</b>		
Темне забарвлення шерсті	Біле забарвлення шерсті	Кохінурове забарвлення (світле забарвлення з чорним хрестом на спині)
<b>Кури андалузькі</b>		
Чорне оперення	Біле оперення	Голубе оперення
Кучерявість оперення	Гладке оперення	Слабка кучерявість оперення

**Розбір задачі:** За схрещування довговухих овець з безвухими визначити, якими будуть потомки  $F_1$ ? Якими будуть потомки  $F_2$  від схрещування  $F_1$  між собою?

Ознака	Ген

**Плейотропія** – це явище, коли одна пара алельних генів впливає на прояв декількох ознак, тобто діє множинно.

**Розбір задачі:** За схрещування сірих каракульських овець між собою 25 % сірих ягнят гине від темпанії у 2 місячному віці. В гетерозиготному стані Аа доміnantний ген А визначає сіре забарвлення шерсті, в гомозиготний генотип аа визначає чорне забарвлення шерсті, а в гомозиготному АА впливає на зниження життєздатності потомків. Поясніть причину загибелі такої кількості ягнят? Як запобігти цій втраті?

Ознака	Ген

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

**Розбір задачі:** У овець рогатість – домінантна ознака у самців і рецесивна у самок, а комолість навпаки – рецесивна у самців і домінантна у самок. Якими за фенотипом і генотипом будуть потомки  $F_1$  і  $F_2$ ?

Ознака	Ген
Рогатість у самців, домінантна	$A_1$
Рогатість у самок, рецесивна	$A_1$
Комолість у самців, рецесивна	$A_2$
Еомолість у самок, доінантна	$A_2$

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

**Розбір задачі:** У великої рогатої худоби білок-гемоглобін може бути трьох типів AA, BB і AB. Визначити, якими за генотипом і фенотипом будуть потомки від схрещування гомозиготних особин з типом гемоглобіну A і B. Якими будуть гібриди  $F_2$ ?

**Надомінування –**

**Аналізуючим** називають

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.

**1-й варіант.** Якщо за схрещування особини з домінантною ознакою з рецесивною гомозиготною особиною усе потомство виявиться одноманітне, то аналізована особина з домінантною ознакою гомозиготна.

**2-й варіант.** Якщо за схрещування особини з домінантною ознакою з рецесивною гомозиготою отримане потомство дає розщеплення 1:1, то досліджувана особина з домінантною ознакою гетерозиготна.

За отримання одноманітного покоління кожна батьківська особина утворює тільки один тип гамет. Отже, особина з домінантною ознакою гомозиготна за генотипом.

У випадку розщеплення особина з домінантною ознакою має утворювати 2 типи гамет А, а. Отже, вона гетерозиготна за генотипом.

**Розбір задачі:** У дрозофіли нормальні за довжиною крила домінують над зачатковими. Від схрещування гомозиготних мух з нормальними крилами з мухами, які мають зачаткові крила, було одержано 72 мухи  $F_1$ , а в аналізуючому схрещуванні було отримано 96 мух  $F_2$ .

1. Скільки мух  $F_2$  мали зачаткові крила?

2. Скільки мух  $F_2$  могли бути гомозиготними?

3. Від зворотнього схрещування самок  $F_1$  з домінантним самцем було отримано 96 мух, скільки з них можуть мати нормальні крила?

**Реципрокним** називають

Схеми реципрокних схрещувань:

### **Летальна дія генів**

**Летальними** називають

Аналізуюче схрещування жовтих і нежовтих мишей давало розщеплення у співвідношенні 1:1. Отже, жовті миші були гетерозиготами за геном жовтого забарвлення. Пізніше було доведено, що гомозиготи за геном жовтого забарвлення гинули ще на ранніх стадіях ембріонального розвитку.

Аналогічна ситуація спостерігається за схрещування між собою платинових лисиць, великої рогатої худоби типу «декстер х дектер», сірих каракульських овець тощо. Особини, носії цих ознак, у дорослому стані є гетерозиготи і не дають очікуваного згідно з правилом Менделя розщеплення у співвідношенні 3:1, тому що гомозиготи гинуть.

У більшості випадків летальні гени проявляють свою дію за рецесивним типом за переходу 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.

### **Заняття 15. Успадкування ознак за дигібридного схрещування**

**Мета** – вивчити закономірності успадкування якісних ознак за дигібридного схрещування, на основі третього закону Г. Менделя.

**Зміст заняття.** Дигібридним називають

**Тригібридним** називається

**Полігібридним-**

## 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 успадковуються незалежно один від одного.

## Третій закон –

**Розбір рішення задачі:** Який фенотип і генотип будуть мати потомки  $F_1$  від схрещування гомозиготних чорних і комолих корів з червоним і рогатим бугаєм? Якими будуть потомки  $F_2$  від схрещування  $F_1$  між собою? Чорна масть і комолість – ознаки домінантні, червона масть і рогатість – рецесивні.

Ознака	Ген
Масть: чорна	A
червона	a
Рогатість: комолі	B
рогаті	b

Для запису  $F_2$  будують решітку Пеннета:

**Висновок:**


**Завдання 1.** Розв'язати задачі на дигібридне схрещування.  
**Варіант №**


## Заняття 16. Типи взаємодії неалельних генів

**Мета** – ознайомитися з успадкуванням ознак за різних типів взаємодії неалельних генів.

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

**Комплементарність** –

**Розбір задачі:** У духмяного горошку рожеве забарвлення квіток проявляється тільки за наявності двох доміnantних генів А та В. Якщо в генотипі наявний лише один доміnantний ген, то забарвлення не розвивається. Яке потомство F1 та F2 отримають від схрещування рослин з генотипами **AAbb та aaBB?**

$F_1 \times F_1$


$F_2$

**Висновок:**

**Новоутворення** –

**Розбір задачі:** У разі схрещування курки з розоподібним гребенем (А) з півнем з горохоподібною формою гребеня (В), всі потомки першого покоління мають горіхоподібний гребінь (А... В...). Яке за генотипом і фенотипом отримають потомство від схрещування  $F_1 \times F_1$  між собою?

$F_1 \times F_1$




$F_2$



**Висновок:**

**Епістаз –**

**Розбір задачі:** У коней ген сірої масті (А) – епістатичний відносно гена вороної масті (В), їх рецесиви контролюють рижу (гніду) масть. Схрещували сірих коней з вороними. Яке за генотипом і фенотипом отримають потомство F<sub>1</sub> та F<sub>2</sub>?

F<sub>1</sub> × F<sub>1</sub>


F<sub>2</sub>

**Висновок:**

**Рецесивний епістаз –**

**Криптомерією –**

**Розбір задачі:** За схрещування чорних мишей з генотипом ААвв з білимимишами, що мають генотип ааВВ, всі особини F<sub>1</sub> – сірі-агуті. Скільки генотипів і фенотипів буде у F<sub>2</sub> ?

$F_1 \times F_1$


$F_2$

**Висновок:**

**Полімерія –**

**Завдання.** Червоне забарвлення зерен пшениці визначається двома парами неалельних незчеплених генів:  $A_1$  та  $A_2$ . Кожен з доміантних алелей визначає червоне забарвлення, а рецесивні – біле. Один доміантний ген дає слабкозабарвлені зерна, а за наявності двох доміантних генів зерна забарвлені інтенсивніше. Визначити розщеплення по фенотипу у потомстві від схрещування дигетерозиготних рослин.

$F_1 \times F_1$


$F_2$

**Висновок:**

## Гени-модифікатори –

**Розбір задачі:** У каракульських овець з генотипом ДДоо чорне забарвлення шерсті (арабі), а з генотипом ддОо – коричневе (камбар). Якими за генотипом і фенотипом будуть потомки F<sub>1</sub> і F<sub>2</sub> ?

Ознака	Ген
Масть: чорна	Д
коричнева	д
Модифікатор домінантного гена Д	О
Рецесивний, не має дії	о

**Висновок:**

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## ТЕМА 5. ГЕНЕТИЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ ХРОМОСОМ

### Заняття 17. Успадкування ознак, зчеплених зі статтю

**Мета заняття** – вивчити еволюційні шляхи формування статі, типи хромосомного визначення статі, успадкування статі та ознак, зчеплених зі статтю, їх використання у практиці тваринництва, рідкісні різновиди статевого розмноження та різні порушення розвитку статі. Показати особливості успадкування ознак, які обмежуються і контролюються статтю.

**Зміст заняття. Стаття** –

Весь хромосомний комплекс ділять на дві групи хромосом – статеві хромосоми і аутосоми.  
**Статевими** –

**Аутосоми** –

Гомологічні хромосоми самок ссавців, людини, мухи дрозофіли і деяких інших видів назвали *ікс-хромосомами* (XX), а негомологічні хромосоми самців – ікс (X) та ігрек (Y) хромосомами. У птахів, метеликів, плазунів і деяких риб, навпаки, самки мають ZW-, а самці ZZ-хромосоми.

**Гомогаметна стать** –

**Гетерогаметна стать** –

Особина, яка має одинарну дозу генів, що локалізовані у статевій «X»-хромосомі при відсутності алельних локусів у «Y»- хромосомі, називається *гемізіготною*.

**Виділяють п'ять типів хромосомного визначення статі**

Людина, ссавці, дрозофіла і більшість інших видів	♀ 2A + XX	A + x	гомогаметна стать
		A + x	
	♂ 2A + XY	A + x	гетерогаметна стать
		A + Y	
Птахи, метелики, деякі види риб і плазунів	♀ 2A + ZW	A + Z	гетерогаметна стать
		A + W	
	♂ 2A + ZZ	A + Z	гомогаметна стать
		A + Z	
Коники, блошиці	♀ 2A + XX	A + x	гомогаметна стать

		A + x	
	♂ 2A + XO	A + o	гетерогаметна стать
		A + o	
Міль	♀ 2A + XO	A + x	гетерогаметна стать
		A + o	
	♂ 2A + XX	A + x	гомогаметна стать
		A + x	
Бджоли, оси	♀ 2A	Самці (трутні) утворюються з незаплідненої яйцеклітини (партеногенетично).	
	♂ A		

Гени, які контролюють будь-які ознаки, але локалізовані в статевій «X»-хромосомі, успадковуються зчеплено зі статтю. До таких ознак належать: масть у кішок, оперення у курей, гемофілія у людини, коней, собак, дальтонізм, іхтіоз, анадонтія у телят, крипторхізм (у свиней, овець) та інше.

Гени, які локалізовані в аутосомах, але фенотипічно проявляються виключно або переважно у особин однієї статі, успадковуються як обмежені статтю. За таким принципом успадковуються у тварин: надій, несучість, багатоплідність.

**Розбір задачі:** У людей домінантний ген норми і рецисивний ген дальтонізму зчеплені зі статтю і знаходяться в X-хромосомі. Якими за генотипом і фенотипом можуть народитися діти F<sub>1</sub> і F<sub>2</sub>, якщо мати гомозиготна за генами норми, а батько дальтонік? Який результат буде за реципрокних схрещувань?

**Розбір задачі:** Пара алелей R і r, що обумовлюють забарвлення тіла, локалізована в обох статевих хромосомах. Червоний колір домінантним, а білий рецисивний. Від спарювання червоної гомозиготної самки із білим самцем було отримано 20 рибок, з яких 8 рибок були самцями. Від схрещування білої самки із самцем F<sub>1</sub> було отримано 36 рибок, з них було 20 самок.

1. Скільки рибок F<sub>1</sub> мали червоне забарвлення?
2. Скільки різних генотипів буде у F<sub>2</sub>?

3. Скільки самців  $F_2$  матимуть червоне забарвлення?
4. Скільки всього червоних рибок буде у  $F_2$ ?
5. Скільки самок  $F_2$  будуть матимуть біле забарвлення?

**Завдання1.** Розв'язати задачі з успадкування ознак, зчеплених зі статтю відповідно до індивідуального завдання.

Варіант № \_\_\_\_\_

Підпис викладача \_\_\_\_\_

## **ТЕМА 6. ОСНОВИ ПАТОГЕНЕТИКИ**

### **Заняття 18. Вивчення успадкування аутосомно-домінантної патології, що зумовлені летальними та напівлетальними генами**

**Мета заняття** – ознайомитися з доміантним типом успадкування аномалій у різних видів тварин.

**Зміст заняття.** У повсякденній роботі кожен нерідко зустрічається з природженими хворобами. До природжених хвороб належать усі хвороби, з якими народжується особина. Вони можуть бути обумовлені як спадковістю, так і різними екзогенними (середовищними) факторами.

Спадкова патологія знижує вихід тваринницької продукції, призводить до стерилізації самців і самок, до народження нежиттєздатного приплоду. Тому знання факторів, що обумовлюють виникнення спадкової патології і оволодіння методами її профілактики, – важлива ланка ветеринарної генетики.

***Генетична аномалія –***

***Летальними генами називаються***

Дія летальних генів може проявитися на будь-якому етапі онтогенезу, але частіше вона проявляється або в ембріональний період, або одразу після народження.

Для вивчення успадкування аномалій використовують такі методи: *генеалогічний, цитогенетичний, біохімічний, цитологічний та метод зчеплених генів.*

***Генеалогічний метод –***

Технічно клініко-генеалогічний метод складається з двох основних етапів: складання родоводів і генетичного аналізу.

Клініко-генеалогічний метод використовують для:

- а) встановлення спадкового типу характеру ознаки;
- б) визначення типу успадкування;
- в) оцінки пенетрантності і експресивності гену;
- г) аналізу зчеплення генів і картування хромосом;
- д) вивчення інтенсивності мутаційного процесу;
- є) розшифровки механізмів взаємодії генів.

Під час складання родоводу користуються загальноприйнятою міжнародною системою умовних позначень у тварин і людини. Особин з аномаліями позначають зачорненими символами, а у вивченні декількох аномалій по одному родоводу використовують і інші символи.

Першою задачею у аналізі родоводу є встановлення спадкового характеру ознаки. Якщо в родоводі зустрічається одна й та ж ознака (хвороба), то можна припустити її спадкову природу.

Після того, як виявлений спадковий характер хвороби, встановлюють тип успадкування. Для тварин і людини характерні такі **типи успадкування**:

За **аутосомно-домінантного** типу успадкування мутантний ген реалізується в ознаку в гетерозиготному стані, тобто для розвитку хвороби досить успадкувати мутантний алель від одного з батьків. Для цього типу успадкування характерна рівна ймовірність народження цієї ознаки як у чоловічої, так і у жіночої статі. За такого типу успадкування, гомозиготи, як правило нежиттєздатні, а більшість хвороб цього типу за прояву у гетерозигот не завдають серйозного збитку здоров'ю тварин. Ймовірність виникнення хвороб за аутосомно-домінантного типу успадкування 50 %.

За аутосомно-домінантного типу успадкування для аномалій характерні такі особливості:

1. Патологічна ознака проявляється у кожному поколінні у гетерозиготних особин – носіїв гену.

2. Частота прояву патологічного гену – **пенетрантність** може бути різною, тобто спостерігається не завжди на 100 %. Тому у деяких гетерозигот хвороба може не проявлятися. Таким чином, під час аналізу успадкування домінантних аномалій можуть виявлятися так названі **пропускаючі** покоління.

3. Для особин із однаковим генотипом характерний різний ступінь виявлення клінічних проявів – різна **експресивність**. Широка варіація експресивності домінантних генів має братися до уваги у складанні програми обстеження стада тварин.

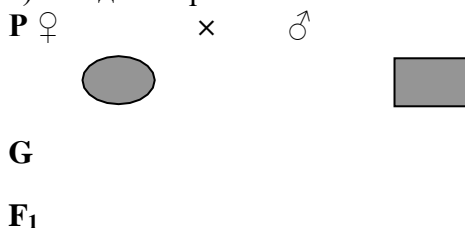
4. У популяції рідко зустрічаються домінантні летальні аномалії. Це пов'язано з тим, що тварини з летальним дефектом не залишають нащадків, тому постійно відбувається елімінація домінантних летальних генів.

**Розбір схем схрещувань успадкування аутосомно-домінантних аномалій за умов, що:**

1) обоє батьків хворі; 2) один з батьків здоровий, другий – хворий; 3) обоє батьків здорові.

### 1. Обоє батьків хворі (А):

а) Обидві тварини гомозиготні:



Висновок:

б) мати – гомозиготна,  
батько – гетерозиготний:





**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

в) Обидві тварини гетерозиготні:



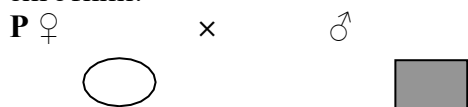
**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

**2. Один з батьків хворий (A):**

а) мати – хвора, батько – здоровий гомозиготний:



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

**3. Обоє батьків здорові (a):**

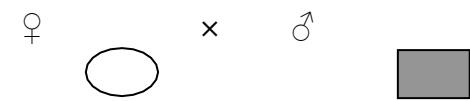


**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

б) мати – здорова, батько – хворий гетерозиготний:

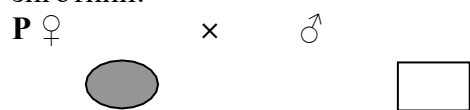


**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

в) мати – хвора, батько – здоровий гетерозиготний:



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

**Спадкові аномалії різних видів тварин з аутосомно-домінантним типом успадкування**

Назва аномалії	Фенотип
<b>Вівці</b>	
Летальне сіре забарвлення	
<b>Велика рогата худоба</b>	
Полідактилія	

Міжратичні потовщення	
Сліпота у телят	
Ахондроплазія (бульдогоподібна непропорційна карликовість)	
Звивистість шерсті	
Пробатоцефалія (бараняча голова)	
Двостороння непрохідність носа	
Дисплазія і гіперплазія суглобів	
<b>Свині</b>	
Гемолітична хвороба молодняка	
<b>Кури</b>	
Коротконогість	
Голість	
Вроджене тремтіння	

Безхвостість	
<b>Коти</b>	
Безхвостість	
<b>Кози</b>	
Безвухість	
<b>Лисиці, норки</b>	
Освітлення пігментації	

### Заняття 19. Вивчення характеру успадкування аутосомно-рецесивних аномалій

**Мета** –ознайомитися з аутосомно-рецесивним типом успадкування аномалій у різних видів сільськогосподарських тварин.

**Зміст заняття.** *За аутосомно-рецесивного* типу успадкування мутантний ген реалізується в ознаку в гомозиготному стані. Гетерозиготи клінічно не відрізняються від здорових осіб. У фенотипово здорових батьків, які мають рецесивний ген патологічної ознаки, ймовірність народження хворих дітей складе 25 %, ще 25 % будуть здорові і фенотипово, і генетично, а інша половина виявиться гетерозиготними носіями патологічної ознаки, як і їхні батьки. Вірогідність захворювання серед чоловічої і жіночої статі однакова.

У родоводі за аутосомно-рецесивного типу успадкування захворювання може проявлятися через одне або декілька поколінь. Частота виникнення хвороб, успадкованих за аутосомно-рецесивним типом залежить від концентрації рецесивного гена в популяції і знаходиться в прямій залежності від ступеня поширення мутантного гена.

Найбільш типовими хворобами з аутосомно-рецесивним типом успадкування є муковісцидоз, фенілкетонурія, галактоземія, адреногенітальний синдром, мукополісахаридози.

Рецесивні мутації проявляють свою дію тільки в гомозиготному рецесивному стані **aa**, а в гомозиготному домінантному **AA** і гетерозиготному стані **Aa** аномалії відсутні.

Розбір можливих варіантів схрещування за аутосомно-рецесивного типу успадкування аномалій за умов, що: 1) обоє батьків хворі; 2) один з батьків – хворий, другий – здоровий; 3) обоє батьків здорові.

#### 1. Обоє батьків хворі (а):



Висновок:

#### 2. Один з батьків хворий (а):

а) мати – хвора, батько – здоровий гомозиготний:



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

б) мати – хвора, батько – здоровий гетерозиготний:

аналізуюче схрещування

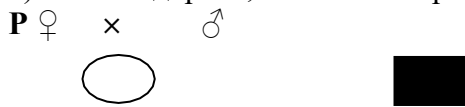


**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

в) мати – здорова, батько – хворий:



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

**3. Обоє батьків здорові (A):**

а) мати і батько – гомозиготні:



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

б) мати – гетерозиготна, батько – гомозиготний:



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

в) мати – гомозиготна, батько – гетерозиготний:



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

г) мати і батько – гетерозиготні:

2 закон Менделя



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

**Спадкові аномалії різних видів тварин з аутосомно-рецесивним типом успадкування**

Назва аномалії	Фенотип
<b>Велика рогата худоба</b>	
Однокопитність (синдактилія)	

Ампутація кінцівок (акротеріаз)	
Дисхондроплазія	
Уроджений артрогрипоз передніх кінцівок (Ведмедячі бабки)	
Вкорочення верхньої щелепи (мікроцефалія)	
Вроджена водянка головного мозку (гідроцефалія)	
Вроджена загальна водянка ембріону (гідратація)	
Вроджена катаракта	
Вроджений іхтіоз	
Муміфікація плоду	
Вроджена гіпоплазія гонад	
<b>Свині</b>	
Перомелія	
Амелія	
Вроджена пуповинна грижа	
Кратерність сосків	
Атаксія (мозочкова гіпо- плазія, безпорадність)	
Гідрофтальмія (вроджена водянка ока)	

<b>Вівці</b>	
Карликовість	
Крипторхізм	
Атаксія (мозочкова гіпоплазія, безпорадність)	
Параліч тазових кінцівок	
<b>Індички</b>	
Безперість	
<b>Кури</b>	
Повільний ріст пір'я	
Шовковистість пір'я	
Зношене пір'я	
Відсутність пухового пера	
Мікрофтальм	
Нездатність до вилуплення	
Ектродактілія	
«Сонячне» оперення	
Безкрилість	
<b>Коні</b>	
Анофтальм	
Атаксія (мозочкова гіпоплазія, безпорадність)	

### **Заняття 20. Вивчення характеру успадкування патологій, зчеплених зі статтю**

**Мета** – вивчити закономірності успадкування аномалій, зчеплених зі статтю.

**Зміст заняття.** Зчепленими зі статтю аномаліями є аномалії, гени яких знаходяться у статевих хромосомах.

1. Якщо у хромосомі X локалізується **домінантний ген**, такий тип успадкування називається **X-зчепленим доміантним**. Він притаманний небагатьом формам патології, наприклад, вітамін Д – резистентному рахіту. Фенотипічний прояв захворювання мають як гемізиготи, так і гетерозиготи. Для X - зчепленого доміантного типу характерні такі особливості успадкування патології:

Хворі нащадки будуть тільки у тому випадку, якщо хворий один з батьків.

Якщо хворий батько, то всі його дочки будуть гетерозиготними, причому фенотипічно хворими, а всі сини – здоровими, так як від батька їм може бути передана лише У-хромосома. Такою особливістю цей тип передачі відрізняється від *аутосомно-домінантного* типу, за якого співвідношення хворих і здорових *субсів* складає 1:1 і є однаковим для дітей обох статей ( $Aa \times aa = Aa; Aa; aa; aa$ ).

Якщо хвора мати, то імовірність народження хворої дитини дорівнює 50 % незалежно від статі.

Захворювання простежується у кожному поколінні.

Хворіють особи як чоловічої, так і жіночої статі, але у цілому жіночі організми хворіють в 2 рази більше, ніж чоловічі.

У здорових батьків всі діти будуть здорові.

Оскільки чоловічі особи *гемізіготні* (гени існують тільки в Х хромосомі), то будь-які рецесивні гени у них проявляються фенотипово. Якщо мутація гену рецесивна летальна, то у ссавців чоловічі особи гинуть і не можуть передати цей ген нащадкам. Жіночі особи у цьому випадку є тільки носіями летального рецесивного гену.

У птахів із-за гемізіготності не чоловічої, а жіночої статі картина успадкування ознаки зворотна, причому пряме і реципрокне схрещування дає різні результати.

2. За локалізації у Х хромосомі рецесивного гену тип успадкування називається *Х-зчепленим рецесивним*, для якого характерні такі особливості:

2.1 Хворіють здебільшого особи чоловічої статі, в тому числі родичі пробанда по материнській лінії. У них патологічний ген проявляє свою дію у гемізіготному стані.

Син ніколи не успадковує хвороби батька, так як буде відсутня передача ознаки від батька до сина по чоловічій лінії.

Якщо пробанд самиця, то й батько обов'язково хворий, а також хворі всі її сини.

2.4 За спарювання хворого самця і *фенотипічно* здорової гомозиготної самиці всі діти будуть здоровими, але у дочок можуть бути хворі сини.

2.5. За спарювання здорового самця і гетерозиготної самиці імовірність народження хворого нащадка складає 50 % для особин чоловічої статі (співвідношення здорових і хворих самців при цьому дорівнює 1:1), 50 % хворих особин жіночої статі. Отже, всі гетерозиготні доньки будуть носіями аномального гена, їхнє співвідношення з доньками, вільними від носійства цього гена, буде складати 1:1. Означені особливості, характерні для рецесивного типу успадкування, зчепленого зі статтю. Припускається, гени, які визначають чоловічу стать, синдактилію, гіпертрихоз, ріст, диференціацію сім'яників, розмір зубів локалізовані у короткому плечі У хромосоми. Ознаки і властивості, що визначаються цими генами, успадковуються за голандричним типом.

3. Для голандричного типу характерні такі особливості успадкування патології:

Хворіють тільки самиці.

Дефекти передаються виключно по чоловічій лінії без пропусків.

Остаточо проблема патологічних генів у У хромосомі не вивчена.

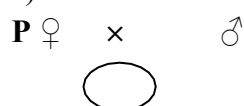
4. Окрім спадкових захворювань, зчеплених зі статтю, існує ряд захворювань, обмежених статтю. Вони зумовлені генами, розташованими в аутосомах, але гормони тієї чи іншої статі регулюють їх пенетрантність або експресивність (*«хвороба білих телиць»*).

Ознаки, *«обмежені статтю»*, – це ті, що проявляються у особин тільки однієї статі. Наприклад, молочна і яєчна продуктивність, крипторхізм (сім'яники у ссавців не опускаються у мошонку, внаслідок чого самці стають стерильними; якщо хоча б один сім'яник опуститься у мошонку – самець буде фертильним, і крипторхізм проявиться лише частково).

Розбір можливих варіантів схрещування за успадкування патологій, зчеплених зі статтю за умов, що: 1) обоє батьків – здорові; 2) один з батьків – здоровий, другий – хворий; 3) обоє батьків – хворі.

### 1. Обоє батьків здорові (А):

а) мати – гомозиготна і батько – гемізіготний:



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

б) мати – гетерозиготна, батько – гемізіготний:

**P** ♀ × ♂



**2. Один з батьків хворий (а)**

а) мати – здорова гетерозиготна, батько – здоровий гемізіготний:

**P** ♀ × ♂



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

б) мати – хвора, батько – здоровий гемізіготний:

**P** ♀ × ♂



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

в) мати – здорова гомозиготна, батько – хворий гемізіготний:

**P** ♀ × ♂



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

**3. Обоє батьків – хворі (а):**

**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:

**P** ♀ × ♂



**G**

**F<sub>1</sub>**

Висновок:



**Спадкові аномалії різних видів тварин зчеплені зі статевими хромосомами.**

<b>Назва аномалії</b>	<b>Фенотип</b>
<b>Велика рогата худоба</b>	
Антимаскулярний летальний фактор $A_{21}$	
Вроджена деформація передніх кінцівок у бичків у поєднанні з анкілозом кісток у суглобах	
Анадонтія $A_{33}$ – відсутність зубів у поєднанні з гіпотрихією (безволосістю)	
Зональна (смугаста) безшерстність $A_{28}$	
<b>Коні, велика рогата худоба</b>	
Гемофілія (тип А)	
Гіпоплазія емалі зубів і шкіри	
Гіперкератоз	
Рахіт, резистентний до вітаміну Д (фосфат-діабет)	
Атрофія м'язів кінцівок (міопатія)	
<b>Свині</b>	
Вроджена вивернутість кінцівок	
<b>Кури</b>	
Голість	
Безперість	
Сонливість	
Летальне чорне забарвлення	
Параксизм	

### **Контрольні питання**

1. Які особливості успадкування аутосомно-домінантних аномалій?
2. Які особливості успадкування аутосомно-рецесивних аномалій?
3. Які особливості успадкування генетичних аномалій, зв'язаних зі статтю?
4. Які методи досліджень використовують у ветеринарній патогенетиці?
5. Що вивчає ветеринарна патогенетика?
6. Які методи профілактики поширення генетичних аномалій?
7. Які характерні особливості для Х-зчепленого рецесивного типу успадкування?

## **ТЕМА 7. ІМУНОГЕНЕТИКА І БІОХІМІЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ**

### **Заняття 21. Визначення походження потомків**

**Мета** – навчитися проводити генетичну експертизу походження тварин.

**Зміст заняття. Імуногенетика** –

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

**Антигени** -

**Антитіла** –

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

**Групою крові називається..**

Імуногенетика використовується у тваринництві у вирішенні наступних питань:

- контроль за походженням тварин, походженням та еволюцією популяцій у філогенезі;
- характеристика 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 є 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 порівнянням типів крові нащадків і їх батьків. У встановленні батьківства за антигеном складом крові враховують наступне:

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

#### Методика виконання типового завдання

Свиноматка № 352 була спарована в одну охоту з двома кнурами № 125 і № 625. Використовуючи дані імуногенетичного тесту батьків і нащадків, що наведені в таблиці, потрібно з'ясувати батька кожного поросяти. В таблиці знаком «+» позначені антигени, що виявлені у тварин, а знаком «-» їх відсутність.

#### Результати імуногенетичного тесту батьків і нащадків свиней

№ тварин	Антигени											
	Ac	Ea	Ee	Eg	Eh	Ef	Fa	Gb	Ha	Hb	Ka	Kb
♀352	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
♂125	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+
♂625	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-
F1 1001	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-
1002	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-
1003	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-
1004	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+
1005	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
1006	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-

**Висновок:**

**Завдання 1.** Визначити батьківство нащадків, походження яких викликає сумнів.

Задача № \_\_\_\_\_

№ тварин	Антигени											
♀												
♂												
♂												
<b>F1:</b>												

**Висновок:**

Підпис викладача \_\_\_\_\_

**Контрольні питання**

1. Що вивчає розділ генетики, який називається імуногенетикою?
2. Що таке антитіла, які вони бувають?
3. Що таке антиген, які їх види відомі?
4. Як успадковуються групи крові?
5. Яке значення імуногенетики у тваринництві?
6. Яке головне завдання контролю достовірності походження тварин?
7. Яка методика використовується для визначення батьківства за антигенними факторами?

**ТЕМА 8. АНАЛІЗ ГЕНЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПОПУЛЯЦІЯХ**

**Заняття 22. Розподіл генів у популяціях відповідно до закону Харді–Вайнберга**

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

**Зміст заняття.** Поняття «популяція» і «чиста лінія» запропоновані В. Іогансеном у 1907 р.

**Популяція** –

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

**Чиста лінія –**

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.

**Генетична популяція –**

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

### Методика виконання завдання

#### 1. Визначення частот фенотипів, генотипів і алелей.

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

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

**Приклад.** Серед гурту корів симентальської породи учгоспу «Прогрес» 112 корів червоно-рябої масті і 388 – палево-рябої. Потрібно вирахувати частоту фенотипів корів за цими ознаками.

$$\text{Частота червоно-рябих } A = \frac{n}{N} \times 100$$

$$\text{Частота палево-рябих } A = \frac{n}{N} \times 100$$

Частота генотипу – це відносне число особин з відповідними генами.

$$AA = \frac{n_1}{N} \times 100 \quad Aa = \frac{n_2}{N} \times 100 \quad aa = \frac{n_3}{N} \times 100$$

**Завдання 1.** У великої рогатої худоби шортгорнської породи червона масть зумовлена генами «AA», біла – «aa» і чала – «Aa». У гурті з N = 1610 голів, виявлено 640 червоних, 860 чалих і 110 білих тварин. Звідси:

$$\begin{aligned} \text{частота генотипів: } AA &= \\ Aa &= \\ aa &= \end{aligned}$$

Частота алеля – це відношення домінантного або рецесивного алеля гена в популяції. У двоалельній системі частоту алеля розраховують за формулами:

$$\text{Частота домінантного алеля } pA = \frac{2n_{12} + n_{21}}{2N}; \quad \left( pA = \frac{D + \frac{1}{2}H}{N} \right)$$

$$\text{Частота рецесивного алеля } qa = \frac{2n_{23} + n_{32}}{2N}; \quad \left( qa = \frac{R + \frac{1}{2}H}{N} \right)$$

де D – кількість особин з домінантними генами, R – рецесивними, H – гетерозиготними.  
Звідси:

$$pA =$$

$$qa =$$

У випадках, коли гетерозиготи Aa фенотипічно не відрізняються від гомозигот AA, частоту генотипів розраховують за формулою Харді–Вайнберга:

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

**Завдання 2.** У кролів генотипи «AA» і «Aa» за ознакою сірої масті, а «aa» – білої. В популяції із 200 голів 50 кролів були білими. Звідси:

$$\text{Частота генотипу } aa = \frac{n}{N} \times 100 =$$

$$\text{Частота алеля } a \quad q = \sqrt{q^2} =$$

$$\text{Частота алеля } A \quad p = 1 - q =$$

$$\text{Частота генотипу } AA \quad p^2 =$$

$$\text{Частота генотипу } Aa \quad 2pq =$$

**Висновок:** популяція за генотипом складається із...

## 2. Генетична рівновага популяції.

Як свідчать вищезазначені розрахунки, співвідношення генотипів у кожній популяції має бути на характерному для неї рівні. Таким чином, кожна популяція перебуває у певній рівновазі за алельними генами у локусі, що вивчається.

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 у популяції, якщо вести певний добір?

**Приклад.** У коней чистокровної верхової породи носова кровотеча зумовлена рецесивним геном «a». На кінному заводі серед 5400 голів 17 коней хворіли носовою кровотечею і загинули після змагань. Потрібно встановити, скільки тварин у популяції є носіями цього гена, і яка ймовірність

появи коней з носовою кровотечею в наступних поколіннях за вільного спарування фенотипічно здорових тварин?

$$\text{Частота генотипу } q^2 aa = \frac{n}{N} =$$

$$\text{Частота алеля } qa = \sqrt{q^2} =$$

$$\text{Частота алеля } pA = 1 - q =$$

$$\text{Частота генотипа } p^2 AA =$$

$$\text{Частота генотипа } 2pqAa =$$

Таким чином, у \_\_\_\_\_% тварин (генотип AA) відсутній ген носової кровотечі (\_\_\_\_\_ голів), \_\_\_\_\_% тварин (генотип Aa) є носіями цього гену (\_\_\_\_\_ голів) і \_\_\_\_\_% тварин (генотип aa) будуть хворими (\_\_\_\_\_ голів).

Якщо проводити елімінацію тварин з генотипом «aa», то структура популяції зміниться.

Частоти генів «A» і «a» становитимуть:

$$pA = \frac{2n_1 + n_3}{2N} =$$

$$qa = \frac{2n_2 + n_3}{2N} =$$

Звідси поява тварин з носовою кровотечею (генотип aa) становитиме \_\_\_\_\_ або \_\_\_\_\_%, що на \_\_\_\_\_% нижче, ніж у попередньому поколінні. Кількість тварин-носіїв летального гену також знизиться до \_\_\_\_\_% проти \_\_\_\_\_%.

### Контрольні питання

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

Для нотаток



## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
ТЕМА 1. БІОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ У ГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ.....	5
Заняття 1. Вивчення мінливості кількісних показників ознак методом варіаційної статистики .....	5
Заняття 2. Обчислення середньої арифметичної ( $\bar{X}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ) і коефіцієнта мінливості (варіації $C_v$ ) та помилок середніх величин $m_x$ , $m_\sigma$ , $m_{C_v}$ , $t_d$ 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 ( $n > 30$ ).....	11
Заняття 4. Обчислення коефіцієнту кореляції методом малих вибірок .....	17
Заняття 5. Обчислення коефіцієнту кореляції ( $r$ ) методом великих вибірок.....	20
Заняття 6. Обчислення та застосування критерію $\chi^2$ .....	25
Заняття 7. Коефіцієнт успадкованості ( $h^2$ ) ознак і способи його визначення.....	28
2. ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ.....	32
Заняття 8. Клітина як матеріальна основа спадковості.....	32
Заняття 9. Будова хромосом, аналіз хромосом сільськогосподарських тварин.....	33
Заняття 10. Розподіл генетичного матеріалу при поділі клітини мітозом.....	35
Заняття 11. Мейоз, його генетика і біологічна суть. Генетичні особливості гаметогенезу та запліднення.....	38
ТЕМА 3. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ.....	41
Заняття 12. Структурне моделювання генетико – молекулярних процесів в організмі.....	41
ТЕМА 4. ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ СТАТЕВОМУ РОЗМНОЖЕННІ (ОСНОВИ МЕНДЕЛІЗМУ).....	46
Заняття 13. Закономірності успадкування якісних ознак при моногібридному схрещуванні.....	46
Заняття 14. Типи взаємодії алельних генів.....	50
Заняття 15. Успадкування ознак при дигібридному схрещуванні.....	54
Заняття 16. Типи взаємодії неалельних генів.....	57
ТЕМА 5. ГЕНЕТИЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ ХРОМОСОМ.....	61
Заняття 17. Успадкування ознак зчеплених зі статтю.....	61
ТЕМА 6. ОСНОВИ ПАТОГЕНЕТИКИ.....	64
Заняття 18. Вивчення успадкування аутосомно - домінантної патології, що зумовлені летальними та напівлетальними генами.....	64
Заняття 19. Вивчення характеру успадкування аутосомно- рецесивних аномалій.....	68
Заняття 20. Вивчення характеру успадкування патологій зчеплених зі статтю.....	72
ТЕМА 7. ІМУНОГЕНЕТИКА І БІОХІМІЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ.....	75
Заняття 21. Визначення походження потомків.....	75
ТЕМА 8. АНАЛІЗ ГЕНЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПОПУЛЯЦІЯХ.....	77
Заняття 22. Розподіл генів у популяціях згідно закону Харді-Вайнберга.....	77