

**ЩЕРБАТИЙ З.Є., ГИЛЬ М.І., КОС В.Ф., ПАВЛІВ Б.А.,  
ТРИБРАТ Р.О., БАРАНОВСЬКИЙ Д.І.**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК  
“ГЕНЕТИКА З БІОМЕТРІЄЮ”  
(Лабораторно-практичний курс)**

Міністерство аграрної політики України

Щербатий З.Є., Гиль М.І., Кос В.Ф., Павлів Б.А.,  
Трибрат Р.О., Барановський Д.І.

## **НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

### **“ГЕНЕТИКА З БІОМЕТРІЄЮ”**

**(Лабораторно-практичний курс)**

Навчальний посібник для студентів вищих навчальних  
закладів III і IV рівнів акредитації з напрямку підготовки

6.090.120 - *“Технологія виробництва і переробки  
продукції тваринництва”*

ЛЬВІВ – 2009

Автори:

**Щербатий З.Е.**, доктор сільськогосподарських наук, професор (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З.Гжицького);

**Гиль М.І.**, доктор сільськогосподарських наук, (Миколаївський державний аграрний університет);

**Кос В.Ф.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З.Гжицького);

**Павлів Б.А.**, кандидат біологічних наук, доцент (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З.Гжицького);

**Трибрат Р.О.**, кандидат сільськогосподарських наук, (Миколаївський державний аграрний університет);

**Барановський Д.І.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент (Харківська державна зооветеринарна академія)

УДК: 636.082.12.575(075)

Рекомендовано Вченою Радою Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького (Протокол №3 від 02.04.2009) та методичною комісією біолого-технологічного факультету

Рецензенти:

**Кирилів Я.І.**, завідувач кафедри технології виробництва молока і яловичини Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького, доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент;

**Федорович Є.І.**, завідувач лабораторією розведення і генетики тварин Інституту біології тварин УААН, доктор с.-г. Наук.

Комп'ютерна верстка:

**Стоцько З.В.**

У посібнику подаються матеріали для лабораторно-практичних занять з цитологічних основ спадковості; хромосомної теорії спадковості; закономірностей успадкування ознак при статевому розмноженні; генетики статі та успадкування ознак, зчеплених зі статтю; молекулярних основ спадковості; імуногенетики; генетичних основ стійкості тварин до захворювань; варіаційної статистики; генетики популяцій та інших питань генетики; завдання для самостійної роботи та питання для самоконтролю до кожної теми; список рекомендованої для вивчення наукової літератури, додатки.

## Передмова

Відповідально до положення декларації Болонського самміту перед навчальними закладами III і IV рівнів акредитації, які готують фахівців для агропромислового комплексу України, в даний час стоїть важливе завдання щодо перебудови навчального процесу з метою покращення якості їх підготовки. При цьому, в першу чергу, необхідно звернути увагу на теоретичний рівень і практичну підготовку фахівців з окремих спеціальностей. З цією метою необхідно розробляти і впроваджувати в навчальний процес нові, більш ефективні дидактичні методи, які б передбачали активне залучення студентів до самостійного вивчення дисципліни та створення під час читання лекцій і проведення лабораторно-практичних занять таких проблемних ситуацій, з якими зустрінеться майбутній фахівець на виробництві.

Вирішити це проблемне завдання можна зокрема на основі застосування кредитно-модульної системи організації навчального процесу у вищих навчальних закладах. Застосування цієї системи навчання, поряд з іншими позитивними результатами, створює сприятливі умови для стимулювання студентів до якісної аудиторної і самостійної роботи при вивченні дисципліни, підвищення мотивації до набуття певної суми знань і вмінь та, головне, об'єктивності при оцінюванні рівня набутих студентами цих знань і вмінь.

Крім того, така система навчання створює також умови, при яких студент систематично і ґрунтовно опрацьовує підручники, посібники, рекомендовану наукову літературу, конспекти лекцій, більш відповідально ставиться до виконання індивідуальних завдань під час лабораторних занять, самостійного вивчення окремих розділів дисципліни.

Щоб допомогти студенту своєчасно і ґрунтовно підготуватися до оцінки ступеня засвоєння програмного матеріалу з окремих розділів дисципліни “Генетика з біометрією” і підготовлено даний практикум. Дисципліна вивчається студентами технологічних факультетів за напрямом підготовки “Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва” протягом двох семестрів з виконанням чотирьох модульних робіт.

## Вступ

**Генетика** (від грец. genesis – походження) – наука про спадковість і мінливість організмів.

**Спадковість** – здатність живих організмів передавати особинам наступного покоління морфологічні, фізіологічні і біохімічні особливості організму, а також характерні риси становлення цих особливостей у процесі онтогенезу. Проте схожість між батьками та нащадками абсолютною не буває. Це пов'язано з **мінливістю** – здатністю живих істот, ознак і властивостей змінюватись у певних межах, у результаті чого виникають деякі відмінності між особинами і групами особин, навіть родинно близькими.

Знання закономірностей спадковості і мінливості сприяє розвитку еволюційного вчення, більш швидкому виведенню нових порід тварин, сортів рослин, штамів мікроорганізмів.

С.М. Гершензон виділяє чотири основні і найбільш актуальні проблеми, які вивчає генетика:

1. зберігання генетичної інформації;
2. передача генетичної інформації від клітини до клітини, від генерації до генерації;
3. реалізація генетичної інформації в процесі онтогенезу;
4. зміни генетичної інформації в процесі мутації.

**Предметом** генетики є вивчення спадковості, мінливості, цитологічних і молекулярних основ спадковості, закономірностей успадкування ознак при статевому способі розмноження, зчепленого успадкування ознак, успадкування ознак, зчеплених зі статтю, мутаційної мінливості, генної інженерії, генетики популяцій, імуногенетики, успадкування стійкості тварин до захворювань тощо.

Одним з основних методів вивчення спадковості вважають гібридологічний аналіз, автором якого є Йоган Грегор Мендель (1822-1884).

**Гібридологічний аналіз** – це система схрещувань у ряді генерацій і аналіз нащадків за окремими властивостями й ознаками. Основним методом наукового аналізу мінливості є метод варіаційної статистики (біометрії).

**Метою** вивчення генетики є засвоєння сучасних методів біометрії, знань з цитологічних та молекулярних основ спадковості, з'ясування закономірностей успадкування непараметричних, альтернативних і кількісних ознак в окремих видів сільськогосподарських тварин, вивчення процесів, які відбуваються в популяціях тварин та їх використання в селекційно-племінній роботі, ознайомлення із сучасними досягненнями імуногенетики та методами профілактики захворювань тварин.

Вивчення генетики, засвоєння основних положень спадковості, закономірностей успадкування ознак в окремих видів сільськогосподарських тварин і птиці, зокрема при підготовці висококваліфікованих спеціалістів з біотехнологій, у тваринництві має надзвичайно важливе значення. Це зумовлено не лише її специфікою та взаємозв'язком з іншими науками, але і значенням генетики як теоретичної основи на якій базується розведення, селекція, профілактика та лікування тварин. Вирішення проблем харчових ресурсів, охорони здоров'я людини і тварин, боротьба з спадковими хворобами, охорона навколишнього середовища великою мірою залежать від успішного розвитку генетики.

Творчому засвоєнню основних положень сучасної генетики студентами значною мірою сприяє розв'язання ними генетичних задач і аналіз успадкування ознак при різних типах схрещування та оцінка результатів схрещування. Розв'язання таких задач з оцінкою результатів схрещування дає можливість застосувати в навчальному процесі елементи моделювання, з'ясувати причини проявлення різного співвідношення фенотипів при окремих схрещуваннях та врахувати ці закономірності на практиці.

Даний посібник написано на основі програми курсу “Генетика з біометрією” і у відповідності з вимогами кредитно-модульної системи

організації навчального процесу. Він є доповненням до існуючих підручників з даної дисципліни.

При підготовці даного посібника використано літературні джерела, які подаються в кінці практикуму. Крім того, використано і опрацьовано й іншу літературу з загальної та медичної генетики, а також методичні розробки кафедри генетики і розведення тварин Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, положення про кредитно-модульну систему організації навчального процесу.



# 1. Цитологічні основи спадковості

*(Семінарське заняття)*

**Мета заняття.** Вивчити та освоїти будову клітини та роль окремих структур клітини в зберіганні та реалізації спадкової інформації, мітотичний цикл клітини, мейоз та його генетичну суть.

**Теоретичне обґрунтування.** Організм тварини складається з мільярдів клітин, які ведуть свій початок від двох статевих клітин – батьківського сперматозоїда і материнської яйцеклітини. При злитті цих клітин (явище сингамії) через певний час (залежно від виду) народжується потомство. У деяких видів вищих еукаріот спостерігаються випадки розвитку індивідуума із однієї статевої клітини, тобто розвиток шляхом партеногенезу.

Спадкова інформація клітини має матеріальну основу. Її можна пізнати і вивчити спеціальними методами. Так, при об'єднанні цитології (наука про клітину, її будову і функції окремих компонентів) з генетикою виник новий напрямок – цитогенетика – наука, яка вивчає зв'язок кількісної і якісної мінливості спадкових структур клітин з біологічними та господарськими ознаками тварин. Для проведення цитогенетичного аналізу необхідно знати будову клітини, ділення соматичних клітин – мітоз і амітоз, процес утворення статевих клітин – мейоз. Особливе значення має вивчення структур клітин, що містять у собі спадкову інформацію.

## **Тематика семінарського заняття:**

1. Клітина, як генетична система, будова клітини. Роль окремих структур клітини в передачі, зберіганні і реалізації спадкової інформації.
2. Будова і хімічний склад хромосом. Роль ДНК в спадковості. Поняття про геном і каріотип та його видову специфічність, диплоїдний та гаплоїдний набори хромосом. Каріотипи основних видів свійських тварин.

3. Передача спадкової інформації при нестатевому способі розмноження. Мітотичний цикл клітини. Фази мітозу. Генетична суть мітозу.
4. Мейоз та його фази. Генетична суть мейозу. Три ефекти мейозу. Кон'югація і перехрест хромосом. Значення мейозу як редуційного поділу і як основи комбінативної мінливості.
5. Гаметогенез, процес запліднення. Партеногенез, гіногенез, андрогенез. Моноспермія і поліспермія, вибірність запліднення.

### **Питання для самоконтролю:**

1. Наведіть сучасні дані про будову клітини.
2. Що Ви розумієте під генетичною системою клітини?
3. Назвіть основні органоїди цитоплазми клітини.
4. Назвіть основні структури ядра клітини. Яка роль ядра в спадковості?
5. Які структури клітини несуть спадкову інформацію?
6. Які процеси відбуваються у мітохондріях і рибосомах? Їх будова?
7. Яка роль окремих структур клітини в передачі спадкової інформації?
8. Яка морфологічна будова хромосом?
9. Який хімічний склад хромосом?
10. В яких органоїдах цитоплазми містяться ДНК?
11. Що називається каріотипом?
12. Назвіть каріотиби основних видів свійських тварин.
13. Які процеси забезпечують постійність каріотипу?
14. Який набір хромосом називається диплоїдним, який гаплоїдним?
15. Які хромосоми називаються гомологічними, гетерохромосомами або статевими хромосомами?
16. Які хромосоми називаються аутосомами?
17. Який поділ клітини називається мітозом? Назвіть фази мітозу та які процеси протікають у них? Патологія мітозу.
18. Назвіть періоди інтерфази мітозу та які процеси протікають у них?
19. Яку функцію в хромосомах відіграють білки гістони?

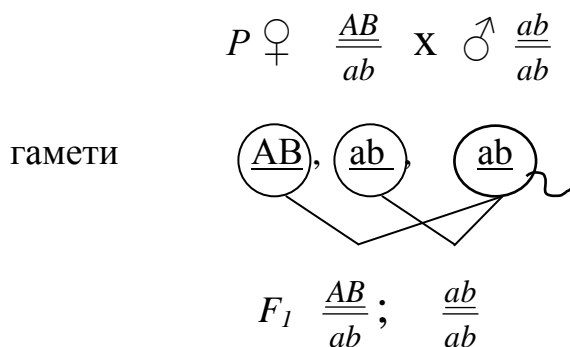
20. Який поділ клітини називається мейозом?
21. Назвіть фази редукційного поділу мейозу.
22. Коли відбувається кон'югація та перехрест хромосом? Яке генетичне значення має кросинговер?
23. Які процеси відбуваються в профазі та метафазі першого редукційного поділу?
24. Що називається гаметогенезом?
25. Що слід розуміти під заплідненням?
26. Що називається партеногенезом, гіногенезом та андрогенезом?
27. Як називаються статеві клітини, а також клітина, що утворюється в результаті запліднення?
28. Що ви розумієте під моноспермією і поліспермією?

## 2. Зчеплене успадкування ознак. Кросинговер.

**Мета заняття.** Метою заняття є вивчення успадкування повністю і неповністю зчеплених генів. На основі визначення відсотка кросинговеру навчитися будувати генетичні пари хромосом, визначати місце знаходження генів в хромосомі та віддаль між ними.

**Теоретичне обґрунтування.** Дослідженнями встановлено, що геном певних видів тварин і рослин складається із тисяч, десятків і навіть сотень тисяч генів. Проте кількість пар хромосом у різних видів порівняно невелика. Наприклад, у кукурудзи вивчено більше 500 генів, а число хромосом дорівнює 10 парам, у дрізофіли відповідно 1000 генів і тільки 4 пари хромосом, у людини 50-100 тисяч генів, а пар хромосом всього 23. Отже, в кожній хромосомі знаходяться від декілька сот до декількох тисяч генів. Гени, що знаходяться в одній хромосомі називаються зчепленими і створюють групу зчеплення. Груп зчеплення завжди стільки, скільки пар хромосом має відповідний вид, тобто кількість груп зчеплення відповідає гаплоїдному набору хромосом конкретного виду тварин чи рослин, або геному. Зчеплені гени успадковуються групами і не у відповідності з третім законом Г. Менделя, який ґрунтується на незалежному комбінуванні генів. Якщо гени зчеплені повністю, то вони успадковуються за типом моногібридного схрещування. А під поняттям повного зчеплення розуміють відсутність можливості до переміщення генів із однієї хромосоми в іншу.

Наприклад, при аналізуючому дигібридному схрещуванні у випадку повного зчепленого успадкування буде одержано:

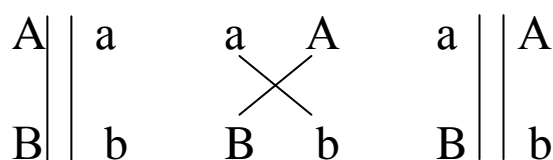


У  $F_1$  одержимо два фенотипових класи організмів. Як видно з наведеної схеми, така закономірність пояснюється тим, що ген “А” успадковується разом, зчеплено з геном “В”, оскільки вони знаходяться в одній хромосомі.

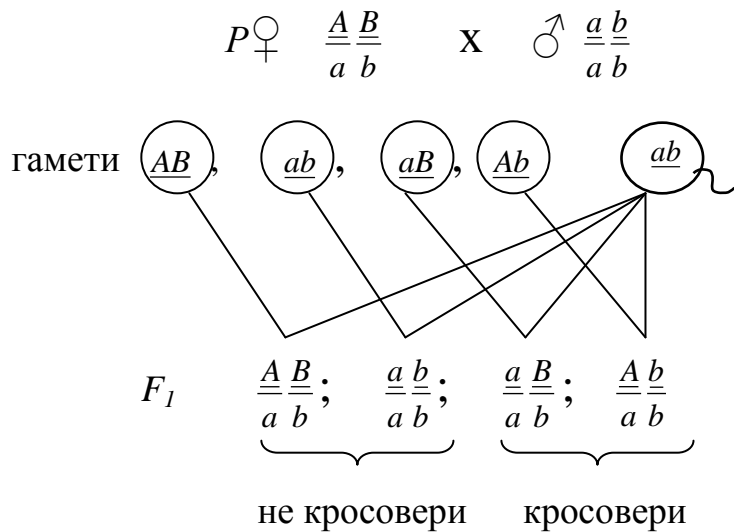
У переважній більшості видів гени зчеплені неповністю, тому що цьому заважає кросинговер, який мов би “тасує” гени в межах кожної пари гомологічних хромосом. Це призводить до утворення в другому поколінні не двох фенотипових класів, як при повному зчепленні, а чотирьох, як при звичайному дигібридному схрещуванні.

Щоб відрізнити успадкування зчеплених генів від незчеплених і навпаки складають схему аналізуючого дигібридного схрещування.

При цьому успадкуванні дигетерозигота  $AaBb$  під час мейозу буде утворювати кросоверні гамети з новою комбінацією генів. Явище кросинговеру можна зобразити схемою:



Отже, в результаті кросинговеру виникли нові комбінації генів і тому батьківська особина – дигетерозигота, крім двох звичайних типів гамет  $AB$  і  $ab$ , буде давати ще два типи кросинговерних гамет –  $Ab$  і  $aB$ . Тому при неповному зчепленні генів успадкування буде проходити так:



Отже, якщо в  $F_1$  матиме місце рівномірне розщеплення (1 : 1 : 1 : 1), то це свідчить про незчеплені гени, тобто свідчить про те, що гени даних ознак знаходяться в різних парах хромосом. Нерівномірне розщеплення при аналізуючому схрещуванні свідчить про те, що гени досліджуваних ознак знаходяться в одній парі хромосом, тобто зчеплені, але має місце кросинговер.

Розщеплення за фенотипом залежить від кількості різних сортів гамет, які утворюються у батьків. Оскільки кількість некросоверних гамет двох сортів завжди утворюється значно більше, а кросоверних менше, то і потомства з відповідними фенотипами буде народжуватися відповідно двох фенотипів (некросоверних) більше, а інших двох (кросоверних) менше. Щоб визначити відсоток кросинговеру між двома неалельними генами ( $A$  і  $B$ ) одержану суму кросоверних нащадків ділять на загальну кількість одержаних нащадків і множать на 100. Кожний відсоток кросинговеру переводять в морганіду і використовують для складання генетичних карт хромосом. Т. Морган та його учні показали, що величина кросинговеру залежить від відстані між генами і вона досить постійна. Тому після з'ясування кросинговеру можна розставити гени в хромосомі в такому порядку, в якому вони знаходяться – тобто, скласти хромосомні карти.

Складання хромосомних карт для різних тварин і рослин має велике теоретичне і практичне значення, пов'язане з можливістю проведення спрямованого індукованого мутагенезу.

### Самостійна робота студентів.

**Задача 1.** У дрозофіли короткі крила і чорне тіло – рецесивні ознаки, довгі крила і сіре тіло – домінантні. При схрещуванні гетерозиготної самки з самцем, який має рецесивні ознаки, одержано 42% мух з сірим тілом і довгими крилами, 41% – з чорним тілом і короткими крилами, 9% – з сірим тілом і короткими крилами, 8% - з чорним тілом і довгими крилами. Зчеплені ці гени, чи ні?

**Задача 2.** У статевих клітинах дрозофіли 4 хромосоми, у голуба – 40, у курей – 39, у великої рогатої худоби – 30, у кроликів – 22, у свиней – 19, у овець – 27. Визначте, яка кількість груп зчеплення може бути в цих організмів?

**Задача 3.** Гени *A*, *B*, *C* знаходяться в одній групі зчеплення. Між генами *A* і *B* кросинговер проходить з частотою 7,4%, а між *B* і *C* – 2,9%. Складіть карту хромосом, якщо відомо, що віддаль між генами *A* і *C* дорівнює 10,3%.

**Задача 4.** Кучерявість пір'я у курей домінує над гладким пір'ям, а біле забарвлення над темним. Курки з кучерявим і темного забарвлення пір'ям схрещувались з півнем, який мав гладке і білого забарвлення пір'я. В  $F_1$  одержано нащадків, які мали кучеряве білого забарвлення пір'я. Самок  $F_1$  схрещували з півнем, який мав гладке пір'я темного забарвлення. В  $F_2$  одержано таких нащадків: 64 кучерявих і темного забарвлення пір'я, 63 гладких і білого забарвлення пір'я, 18 кучерявих і білого забарвлення пір'я і 13 некучерявих з темним забарвленням пір'я. Визначте, як успадковуються ці ознаки та який процент кросинговеру між генами кучерявості і забарвленням пір'я?

**Задача 5.** Гени *M*, *D*, *G* знаходяться в одній групі зчеплення. Визначте віддаль між генами *M* і *G*, якщо вона між генами *M-D* дорівнює 8,5% і між генами *D* і *G* – 2,5%.

**Задача 6.** Гени *A*, *D*, *K* знаходяться в одній групі зчеплення. Між генами *A* і *D* кросинговер дорівнює 7,4%, між генами *D* і *K* – 2,5%, а між генами *A* і *K* – 9,9%. Визначте послідовність розміщення генів в хромосомі.

**Задача 7.** У кроликів біла плямистість домінує над суцільним забарвленням, а коротка або довга шерсть – над довгою ангорською. При схрещуванні плямистих короткошерстих кроликів з суцільно забарвленими ангорськими самками в  $F_1$ , одержано всіх кроленят плямистих з нормальною шерстю. Від схрещування самок  $F_1$  з суцільно забарвленими ангорськими самцями в  $F_2$  одержано 26 плямистих ангорських кроленят, 144 суцільно забарвлених, ангорських кроленят, 157 плямистих з нормальною шерстю і 23 суцільно забарвлених з нормальною шерстю кроленят. Як успадковується плямистість і довжина шерсті у кроликів? Який процент кросинговеру?

**Задача 8.** У кроликів гени, які детермінують довжину шерсті і підшкірне забарвлення жиру, знаходяться в одній хромосомі. Нормальна шерсть домінує над ангорською, а біле забарвлення жиру – над жовтим. При схрещуванні ангорських з жовтим забарвленням жиру самок з гетерозиготними самцями одержано таких нащадків: 164 з нормальною шерстю і білим забарвленням жиру, 162 ангорських з жовтим забарвленням жиру, 18 з нормальною шерстю і жовтим забарвленням жиру, 16 ангорських з білим забарвленням жиру. Складіть генетичну схему схрещування і визначте відсоток кросинговеру та віддаль між генами, які детермінують нормальну шерсть і біле забарвлення жиру.

**Задача 9.** У курей коротконогість домінує над нормальними ногами, трояндоподібна форма гребеня – над листовидною. Схрещували курей з нормальними ногами і листовидної форми гребеня з дигетерозиготним коротконогим з трояндоподібною формою гребеня півнем. Серед курей, одержаних в результаті цього схрещування, було коротконогих з трояндоподібною формою гребеня – 112, коротконогих з листовидної форми гребеня – 12, з нормальними ногами і трояндоподібним гребнем – 9, з нормальними ногами і листовидною формою гребеня – 81. Визначте, як успадковуються ці ознаки та яка віддаль між генами коротконогості і трояндоподібною форми гребеня в хромосомах?



**Задача 10.** В умовах віварія схрещували дві лінії мишей. В одній з них тварини мали кучеряву шерсть нормальної довжини, а в другій – довгу пряму шерсть. При аналізуючому схрещуванні в  $F_2$  отримали таке розчеплення: 27 мишенят з нормальною прямою шерстю, 99 – з нормальною кучерявою, 98 – з довгою прямою і 24 – довгою і кучерявою шерстю. Чи успадковуються ці дві пари ознак зчеплено? Якщо так, який процент кросинговеру між генами, що їх детермінують? Покажіть це на прикладі генетичних схем схрещування.

**Задача 11.** У курей ген  $S$  викликає сріблясту пігментацію пір'я, а  $DW$  – нормальні розміри тіла. Ген  $s$  викликає золотисте забарвлення пір'я,  $dw$  – карликовість. При аналізуючому схрещуванні одержано таких нащадків: 12 сріблястих нормальних, 13 золотистих карликових, 194 золотистих нормальних, 185 сріблястих карликових. Складіть генетичну схему цього схрещування та визначте процент кросинговеру.

**Задача 12.** У дрозофіли рецесивний ген чорного кольору тіла і ген, який детермінує пурпурний колір очей, розташовані в другій хромосомі (аутосомі) у локусах 48,5 і 54,5. Їх нормальні алелі – домінантні гени сірого тіла і червоного кольору очей. Схрестили самку з чорним тілом і червоними очима з самцем, який має сіре тіло і пурпурні очі. Гібридні самки були схрещені з самцем, який має обидві ознаки рецесивні. Яке потомство слід чекати від цього схрещування?

**Задача 13.** У пацюків темний колір очей зумовлений домінантним геном ( $A$ ), а ясний – рецесивним ( $a$ ); коротка шерсть – домінантним геном ( $B$ ), а довга – рецесивним геном ( $b$ ). Темнооких гомозиготних самок з короткою шерстю було спаровано із самцями ясноокими і довгошерстими. У  $F_2$  вийшло потомство: темнооких особин з довгою шерстю – 310, темнооких з короткою шерстю – 609, яснооких з короткою шерстю – 370, яснооких з довгою шерстю – 595. Як успадковуються ознаки? Складіть схеми схрещування для одержання  $F_1, F_2$ .

**Задача 14.** У людини рецесивний ген гемофілії ( $h$ ) і рецесивний ген ( $c$ ) кольорової сліпоти (дальтонізм) локалізовані в X-хромосомі на відстані 9,8 морганіди.

1. Жінка, мати якої хворіла на дальтонізм, а батько – на гемофілію, одружилась із здоровим чоловіком. Яка ймовірність народження хворої на дальтонізм та гемофілію дитини від цього шлюбу?
2. Жінка, батько у якої хворів на гемофілію та дальтонізм, одружується із здоровим чоловіком. Визначте, які діти можуть бути від цього шлюбу.

**Задача 15.** Катаракту й багатопалість у людини викликають домінантні алелі двох генів, що містяться в одній хромосомі. Молода жінка успадкувала катаракту від батька, а багатопалість від матері. Щодо її чоловіка, то він за цими ознаками нормальний. Яка ймовірність народження дитини, що: а) матиме обидві аномалії; б) матиме лише одну з них; в) буде цілком нормальною.

**Задача 16.** Гени  $C$ ,  $D$ ,  $E$  лежать в одній хромосомі в указаному порядку. Відсоток перехресту між генами  $C$  і  $D$  - 8, а між  $D$  і  $E$  - 25 морганід. Яка віддаль між генами  $C$  і  $E$ ?

**Задача 17.** Який відсоток перехресту між двома генами, якщо перехрест відбувається з однаковою частотою у особин обох статей і схрещування двох ідентичних гетерозигот  $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$  дає чотири типи нащадків з однаковою життєздатністю? Тих, що знаходяться в меншості 1% всього покоління.

### **Питання для самоконтролю:**

1. Які основні положення хромосомної теорії спадковості Т.Моргана?
2. Як успадковуються ознаки, гени яких знаходяться в різних парах гомологічних хромосом?
3. Як будуть успадковуватися ознаки, гени яких знаходяться в одній парі гомологічних хромосом?

4. Що таке група зчеплення? Чим визначається число груп зчеплення в організмів?
5. Які ознаки успадковуються зчеплено?
6. Яке зчеплене успадкування називається повним?
7. Що таке неповне зчеплення генів і кросинговер як причина неповного зчеплення генів?
8. Яке генетичне значення має кросинговер в спадковій мінливості?
9. Які організми мають назву кросоверних або рекомбінованих?
10. Яка причина неповного зчепленого успадкування?
11. Яка можлива кількість груп зчеплення?
12. На основі чого визначають віддаль між генами в хромосомах?
13. Від чого залежить величина кросинговеру?
14. Який кросинговер називається соматичним і яке його практичне значення?
15. Що таке морганіда?
16. В яких одиницях вимірюється віддаль між генами в хромосомі?
17. Скільки типів гамет буде утворювати дигетерозигота при повному зчепленні генів?
18. Скільки типів гамет буде утворювати дигетерозигота при неповному зчепленні генів?
19. Яке біологічне значення кросинговеру?
20. Скільки фенотипових класів проявляється в  $F_2$  аналізуючого дигібридного схрещування при повному зчепленому успадкуванні?
21. Скільки фенотипових класів проявляється в  $F_2$  аналізуючого дигібридного схрещування при неповному зчепленому успадкуванні?
22. Що називається генетичною картою хромосом?
23. На основі чого будують генетичні карти хромосом?
24. Для яких організмів розроблені генетичні карти хромосом?
25. Яке практичне значення генетичних карт хромосом?
26. Як називається одиниця віддалі між генами в хромосомі?

## **3. Закономірності успадкування ознак при статевому розмноженні (менделізм).**

### **3.1. Моногібридне схрещування**

**Мета заняття.** Вивчити закономірності успадкування протилежних ознак при статевому розмноженні на основі гібридологічного аналізу при приведенні моногібридного схрещування.

**Теоретичне обґрунтування.** При статевому розмноженні нова особина розвивається із зиготи, яка утворюється внаслідок злиття жіночої (яйцеклітини) і чоловічої (сперматозоїда) статевих клітин (гамет). Статеве розмноження властиве представникам усіх видів тварин, рослин і бактеріям.

У генетичному відношенні потомок, що утворюється із зиготи в ядрах клітин свого організму має по одній хромосомі з кожної пари від матері і від батька. Тому у потомків проявляються ознаки обох батьків, або проміжні між батьківськими і материнськими, і навіть нові ознаки, які виникли внаслідок взаємодії генів.

Вивчення закономірностей успадкування ознак при статевому розмноженні має важливе теоретичне і практичне значення. Основні закономірності і закони успадкування протилежних ознак вперше встановив Г. Мендель (1865 р.), який розробив і застосував гібридологічний метод для вивчення закономірностей успадкування протилежних (альтернативних) ознак. Він же вперше використав математику в біологічних дослідженнях та застосував буквову символіку для позначення спадкових задатків (генів).

Застосувавши метод гібридологічного аналізу Г. Мендель встановив такі закономірності успадкування ознак, як: явище домінування або одноманітності першого покоління, розщеплення за фенотипом в другому поколінні моногібридного схрещування при схрещуванні гетерозиготних нащадків першого покоління між собою і явище незалежного комбінування ознак, поклавши в основу цих явищ гіпотезу чистоти гамет (це, відповідно, перший, другий і третій закони Г. Менделя).

Для розуміння гібридологічного методу аналізу закономірностей успадкування ознак при статевому способі розмноження та з'ясування особливостей успадкування ознак при взаємодії генів, зчепленому успадкуванні, успадкуванні ознак зчеплених зі статтю необхідно глибоко вивчити окремі розділи рекомендованої літератури, засвоїти такі питання як фенотип та генотип, алельність генів, знати тип домінування і взаємодії генів, оволодіти методами визначення частот генів в окремих популяціях.

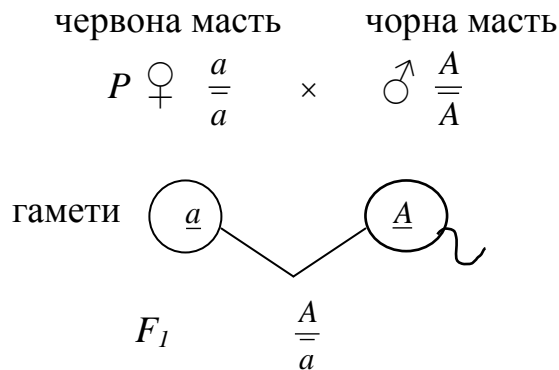
При розв'язанні генетичних задач складають схеми схрещування у відповідності з існуючою в генетиці методикою.

**Схрещування** – це спаровування двох вихідних батьківських особин, при якому відбувається злиття двох спадково різних статевих клітин або процес запліднення. Потомків, що виникають від схрещування двох генетично різних особин, називають гібридами і позначають буквою **F** з цифровим індексом, який відповідає порядковому номеру гібридного покоління **F<sub>1</sub>**, **F<sub>2</sub>**. Схрещування буває моно-, ди- або полігібридним, залежно від кількості пар альтернативних спадкових ознак, за якими відрізняються батьківські особини.

Розрізняють такі типи схрещувань: моногібридне, аналізуюче, зворотне (беккрос), кріс-крос, реципрокне тощо. При складанні схеми схрещування батьківські особини позначають латинською літерою **P** (*Parenta* - батьки), потім на першому місці записують особину жіночої статі і позначають її знаком ♀ (дзеркало Венери), а чоловічу стать – знаком ♂ (щит і спис Марса). Між ними ставлять знак множення (♀×♂). Ознаки позначають літерами алфавіту: домінантну ознаку (ген) записують завжди за головою літерою, а рецесивну (ген) – прописною. Далі на схемі виписують, які можуть утворитись у кожного з батьків гамету виходячи з суті мейозу і позначають стрілками можливі варіанти їх злиття. Потім ставлять літеру **F<sub>1</sub>** (від лат. fillii - діти) і записують генотипи потомків, засвоївши чітко такі поняття як домінування, рецесивність, алельність, генотип, фенотип.

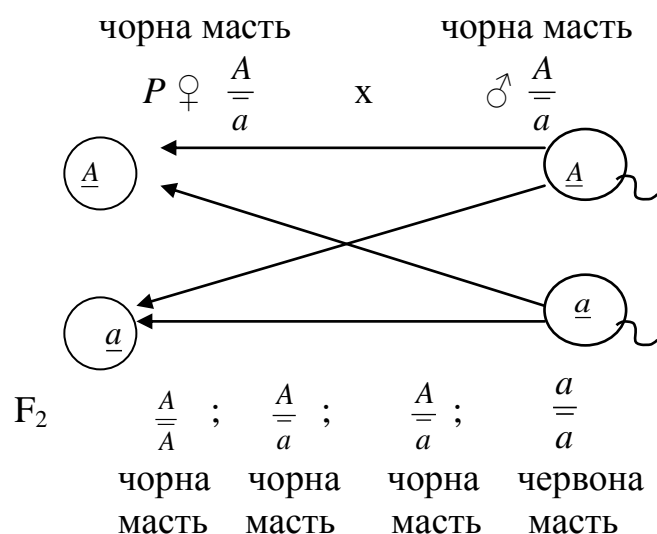
Складання схем схрещування можна показати на прикладі успадкування чорної та червоної масті у великої рогатої худоби.

Відомо, що у великої рогатої худоби чорна масть є домінуючою ознакою, а червона – рецесивною. Позначимо ген, який детермінує чорну масть, буквою “А”, а ген, який детермінує червону масть - “а”. Припустимо, що бугай гомозиготний чорної масті схрещується з коровами червонної масті. Схема схрещування складається таким чином:



За фенотипом гібриди першого покоління будуть чорної масті, а за генотипом вони будуть гетерозиготними. Отже, в гібридів першого покоління проявилась одна з пари протилежних (альтернативних) ознак – домінантна. Це явище називають домінуванням, або законом одноманітності гібридів першого покоління (перший закон Г. Менделя). Чорна масть, яка проявилась в гібридів першого покоління називається домінуючою ознакою, а червона, яка не проявилась у гібридів першого покоління ( $F_1$ ) – рецесивною ознакою. Це явище універсальне для тварин, рослин і його називають біологічним законом.

При схрещуванні гібридів першого покоління між собою одержимо наступне:



Зі схеми видно, що має місце розщеплення за фенотипом 3 : 1 ( $\frac{3}{4}$  з чорною мастю,  $\frac{1}{4}$  з червоною) і за генотипом – 1 : 2 : 1 (1AA : 2Aa : 1aa). Це явище називається розщепленням або другим законом Г. Менделя.

### **Задачі для самостійної роботи.**

**Задача 1.** У великої рогатої худоби чорна масть домінує над білою. Гомозиготний чорної масті бугай (абердино-ангуської породи) схрещувався з коровами білої масті. Яких нащадків буде одержано в  $F_1$  і  $F_2$  при схрещуванні гібридів першого покоління між собою?

**Задача 2.** У великої рогатої худоби комолість “К” (відсутність рогів) домінує над рогатістю “к”. Комолий бугай був спарований з рогатою коровою. Від цього спаровування отримали рогату теличку. Які генотипи батьків і рогатої телиці? Яких нащадків можна чекати при повторних спаровуваннях цих батьків?

**Задача 3.** У великої рогатої худоби безрогість домінує над рогатістю. Безрогий бугай схрещувався з трьома коровами. Від схрещування з рогатою коровою № 1 одержано рогате теля, від схрещування з рогатою коровою № 2 одержано безроге теля, а від схрещування з рогатою коровою № 3 одержано рогате теля. Які генотипи всіх перелічених особин та одержаних нащадків?

**Задача 4.** У великої рогатої худоби безрогість домінує над рогатістю. Яке потомство слід чекати від схрещування безрогого бугая з рогатими коровами, коли відомо, що в минулому одна з цих корів народила від цього ж бугая рогате теля?

**Задача 5.** Ген чорної масті у великої рогатої худоби домінує над геном червоної масті. При схрещуванні з одним і тим же бугаєм Азімутом чорної масті корова Зірка 27 червоної масті народила теля червоної масті, а корова Астра 29 чорної масті народила теля також червоної масті. Який генотип корів Зірки і Астри та бугая Азімута?

**Задача 6.** Безрогість у великої рогатої худоби домінує над рогатістю. Від схрещування безрогого бугая з рогатими коровами одержано 60 телят рогатих і 62 телят безрогих. Які генотипи батьківських особин і одержаних нащадків.

**Задача 7.** Складіть програму селекції, за допомогою якої від бугая чорної масті і корів білої масті шортгорнської породи можна вивести нерозщеплюючу лінію великої рогатої худоби червоної масті.

**Задача 8.** У коней гніда масть (В) домінує над каштановою (в). При використанні гнідого жеребця-плідника в косяку конематок гнідої масті було отримано 5 лошат каштанової масті. Які можливі генотипи жеребця і конематок? Скільки конематок косяка були гетерозиготними?

**Задача 9.** Біла масть у свиней домінує над чорною. При схрещуванні кнура породи ландрас білої масті зі свиноматками беркширської породи чорної масті одержано поросят білої масті ( $F_1$ ). Яких нащадків буде одержано в  $F_2$  при схрещуванні гібридів першого покоління між собою?

**Задача 10.** У свиней біла масть “А” домінує над чорною “а”. Декілька білих свиноматок було спаровано з одним і тим же білим кнуром. Свиноматка № 1, біла, народила 9 білих поросят. Свиноматка № 2, чорна, народила 6 білих та 3 чорних поросят. Свиноматка № 3, біла, народила 9 чорних поросят. Визначте генотип кнура та 3-ох свиноматок.

**Задача 11.** Дві вівці чорного забарвлення схрещувались з баранами коричневого забарвлення. Перша вівця за декілька окотів народила 9 ягнят чорного і 8 коричневого забарвлення, а друга вівця за цю ж саму кількість окотів народила 17 ягнят чорного забарвлення. Які висновки можна зробити про характер успадкування чорної і коричневої масті в овець? Які генотипи у вівцематок?

**Задача 12.** Чоловік і жінка з карими очима. Чи є вірогідність появи в них дітей з голубими очима? Рідний брат чоловіка кароокий, одружений з жінкою з голубими очима. В них народилася дитина з голубими очима. Рідний брат



жінки кароокий, одружений з кароокою жінкою. В них народилася дитина з голубими очима.

**Задача 13.** У людини вміння володіти краще правою рукою домінує над ліворукістю. Мужчина правша, мати якого була лівшею, одружується з жінкою, яка володіє правою рукою. В цієї жінки один брат і дві сестри були лівші. Визначіть генотип жінки, а також чи є вірогідність, що діти, які народяться в цій сім'ї, будуть лівшами?

**Задача 14.** У курей трояндоподібна форма гребня домінує над листовидною формою. При схрещуванні півня з трояндоподібною формою гребня з курками, які мали листовидну форму гребня одержано курок з трояндоподібною формою гребня. Яка форма гребня буде появлятися у курей, одержаних від спаровування курок  $F_1$  з півнями з трояндоподібною і листовидною формами гребня, а також при схрещуванні  $F_1$  між собою?

**Задача 15.** Від схрещування білого кролика з чорною кролематкою одержано 5 чорних і 3 білих кроленят. Чому в першому поколінні виникло розщеплення? Які генотипи батьків і одержаних кроленят?

**Задача 16.** У кролів суцільне забарвлення "П" домінує над строкатістю "п". При схрещуванні кроля з кролицею, які мали суцільне забарвлення, було отримано декілька кроленят, серед яких 2 мали строкате забарвлення. Які генотипи кроля і кролиці? Яких нащадків можна очікувати при схрещуванні даного самця з його дочками?

**Задача 17.** У лабораторних мишей домінантний ген жовтого забарвлення "У" в гомозиготному стані володіє летальною дією. Його рецесивна алель "у" викликає в гомозиготному стані чорне забарвлення. Який генотип дорослих жовтих мишей? Яку кількість жовтих мишенят буде отримано при спаровуванні жовтих мишенят між собою? Яких нащадків можна чекати при спаровуванні жовтих мишей з чорними?

**Задача 18.** Від схрещування коричневих норок з сірими  $F_1$  одержано всіх коричневих нащадків. В  $F_2$  одержано 47 голів коричневих і 15 голів сірих

норок. Яка ознака домінує? Скільки є гомозиготних тварин серед коричневих норок?

**Задача 19.** У морських свинок чорна масть домінує над білою. Яка шерсть буде у нащадків в  $F_1$ , якщо схрестити чорну гомозиготну самку з білим гомозиготним самцем? Яких нащадків одержать в  $F_2$  при схрещуванні  $F_1$  між собою, а також при схрещуванні  $F_1$  з батьківськими особинами з чорною і білою шерстю?

**Задача 20.** Стійкість до лейкозу у великої рогатої худоби є домінантною ознакою по відношенню до захворювання лейкозом. Гетерозиготний бугай спарувався зі здоровими коровами. Яких наслідків можна очікувати від цього спаровування? Складіть прогноз народження хворих тварин при умові, що бугай є носієм алелі лейкозу, а корови його не мають.

**Задача 21.** У великої рогатої худоби “заяча губа” має аутосомно-рецесивний тип успадкування. Яких нащадків можна отримати при спаровуванні між собою гомозиготних домінантних та рецесивних батьків? Чи можливо в практиці розведення великої рогатої худоби від тварин з даною патологією отримати здоровий молодняк?

**Задача 22.** У коней відсутність кінцівок має аутосомно-рецесивний тип успадкування. В косяці конематок ( $n = 60$ ) при використанні гетерозиготного плідника, було отримано лоша з даною патологією. Яка частина косяка конематок буде гомо- і гетерозиготною? Як уникнути відходу лошат?

**Задача 23.** У овець м'язова дистрофія ягнят має аутосомно-рецесивний тип успадкування і проявляється в гомозиготному стані, при якій ягнята народжуються живими, але гинуть незабаром після народження. При використанні гетерозиготного барана-плідника в стаді овець (204 вівцематки) було отримано 6 ягнят, які характеризувалися даною патологією. Скільки гетерозиготних маток може бути в даному стаді? Яку кількість ягнят з даною патологією можна чекати при спаровуванні даного плідника з своїми дочками (при відношенні самців і самок 1:1)?

**Задача 24.** У мухи дрозофіли сіре забарвлення тіла “В” домінує над чорним “в”. Сірий самець був схрещений з 3 самками. Самка № 1, сіра, принесла 120 сірих нащадків. Від самки № 2, чорної, було отримано 80 сірих нащадків. Від самки № 3, сірої, було отримано 120 сірих та 20 чорних нащадків. Які генотипи самця, трьох самок та їх нащадків?

**Задача 25.** У мухи дрозофіли ген довгокрилості “У” домінує над геном рудиментних крил “у”. Довгокрилий самець був схрещений з трьома самками. Від самки № 1, довгокрилої, було отримано 100 нащадків з довгими крилами і 135 – з рудиментними. Від самки № 2, яка мала рудиментні крила, було отримано 90 нащадків з довгими і 80 – з рудиментними крилами. Від самки № 3, яка мала довгі крила, було отримано 150 нащадків, всі довгокрилі. Які генотипи самця, трьох самок і їх нащадків?

### **Питання для самоконтролю:**

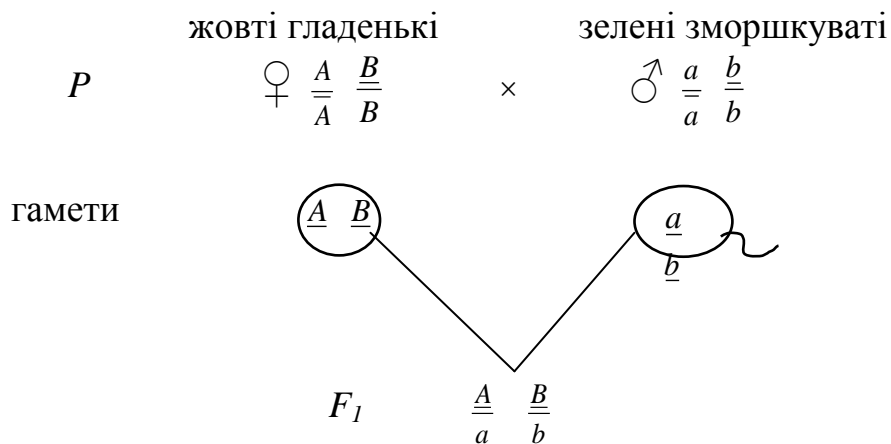
1. Які ознаки називаються протилежними або альтернативними?
2. Який вчений розробив і застосував гібридологічний (генетичний) метод дослідження?
3. Суть гібридологічного аналізу та його використання в практиці тваринництва?
4. Які закономірності успадкування протилежних ознак при статевому способі розмноження встановив Г.Мендель?
5. Яке схрещування називається моногібридним?
6. Яке схрещування називається аналізуючим?
7. Яке схрещування називається зворотним?
8. Яке схрещування називається реципрокним?
9. Яке значення в гібридологічному аналізі має аналізуюче схрещування?
10. У чому суть першого закону Г.Менделя?
11. У чому суть другого закону Г.Менделя?
12. Які існують типи домінування?
13. Що таке гомозиготні і гетерозиготні організми?

14. Що таке генотип і фенотип?
15. Чи повністю відображає фенотип особини генотипову будову організму?
16. Що таке множинний алелізм, множинні алелі?
17. Яке розщеплення за фенотипом спостерігається в  $F_2$  при моногібридному схрещуванні?
18. Яке розщеплення за генотипом спостерігається в  $F_2$  при моногібридному схрещуванні?
19. У чому суть повного і неповного домінування?
20. У чому суть явища наддомінування і кодомінування?
21. Які ознаки називаються домінантними?
22. Які ознаки називаються рецесивними?
23. Наведіть приклади домінуючих ознак у великої рогатої худоби, коней, свиней.
24. Наведіть приклади рецесивних ознак у великої рогатої худоби, коней, свиней.
25. У чому суть явища неповного домінування або проміжного успадкування ознак?
26. Які гени називаються алельними?

### 3.2. Дигібридне та полігібридне схрещування

**Мета заняття.** Ознайомлення з закономірностями успадкування ознак при дигібридному та полігібридному схрещуваннях. З'ясування третього закону Г.Менделя або закону незалежного комбінування ознак.

**Теоретичне обґрунтування.** Дигібридним називають схрещування особин, які відрізняються між собою за двома парами протилежних або альтернативних ознак. Тригібридне і полігібридне схрещування – це схрещування особин, які відрізняються між собою за трьома і більше парами протилежних або альтернативних ознак. Розкривши закономірності успадкування однієї пари ознак Г.Мендель схрестив сорт гороху з двома домінантними ознаками – жовтими і гладенькими насінинами з сортом, який мав рецесивні ознаки – зелені і зморшкуваті насінини ( $A$ - жовтий горох,  $a$  – зелений горох,  $B$  – гладенький горох,  $b$  – зморшкуватий горох), тобто провів дигібридне схрещування:



Одержані у  $F_1$  гібриди ( $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$ ) були жовті і гладкі за фенотипом і дигетерозиготні за генотипом. Отже, із наведеної схеми видно, що при дигібридному схрещуванні у першому поколінні спостерігається одноманітність потомків першого покоління за двома ознаками, тобто підтверджується перший закон Г.Менделя, закон домінування.

Якщо виходити з умови, що вказані пари неалельних генів знаходяться в різних парах гомологічних хромосом, гібридні організми під час мейозу будуть

утворювати чотири типи гамет:  $\underline{A} \underline{B}$  ;  $\underline{A} \underline{b}$  ;  $\underline{a} \underline{B}$  ;  $\underline{a} \underline{b}$ . Звідси витікає, що при заплідненні можливе утворення  $4 \times 4 = 16$  різних комбінацій.

При схрещуванні потомків  $F_1$  між собою в  $F_2$  відбудеться розщеплення за фенотипом  $9 : 3 : 3 : 1$  і за генотипом –  $1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1$ , тобто буде одержано чотири фенотипові класи і дев'ять типів різних генотипів.

Для полегшення розрахунків можливих комбінацій різних типів гамет Р. Пеннет запропонував робити запис у формі ґратки, яка ввійшла в літературу під назвою ґратка Пеннета і яка дає змогу швидко і безпомилково розрахувати 16 комбінацій гамет і з'ясувати фенотип та генотип майбутніх потомків. Для цього розміщують одні типи гамет горизонтально, а інші вертикально і заповнюють різними комбінаціями різних типів гамет ґратку. Заповнивши відповідні стовпчики ґратки Пеннета, одержимо такі комбінації:

♀ \ ♂		♂			
	AB	Ab	aB	ab	
AB	$\frac{\underline{A}}{\underline{A}} \frac{\underline{B}}{\underline{B}}$	$\frac{\underline{A}}{\underline{A}} \frac{\underline{B}}{\underline{b}}$	$\frac{\underline{A}}{\underline{a}} \frac{\underline{B}}{\underline{B}}$	$\frac{\underline{A}}{\underline{a}} \frac{\underline{B}}{\underline{b}}$	
Ab	$\frac{\underline{A}}{\underline{A}} \frac{\underline{B}}{\underline{b}}$	$\frac{\underline{A}}{\underline{b}} \frac{\underline{A}}{\underline{b}}$	$\frac{\underline{A}}{\underline{a}} \frac{\underline{B}}{\underline{b}}$	$\frac{\underline{A}}{\underline{a}} \frac{\underline{b}}{\underline{b}}$	
aB	$\frac{\underline{A}}{\underline{a}} \frac{\underline{B}}{\underline{B}}$	$\frac{\underline{A}}{\underline{a}} \frac{\underline{B}}{\underline{b}}$	$\frac{\underline{a}}{\underline{a}} \frac{\underline{B}}{\underline{B}}$	$\frac{\underline{a}}{\underline{a}} \frac{\underline{B}}{\underline{b}}$	
ab	$\frac{\underline{A}}{\underline{a}} \frac{\underline{B}}{\underline{b}}$	$\frac{\underline{A}}{\underline{a}} \frac{\underline{b}}{\underline{b}}$	$\frac{\underline{a}}{\underline{a}} \frac{\underline{B}}{\underline{b}}$	$\frac{\underline{a}}{\underline{a}} \frac{\underline{b}}{\underline{b}}$	

Розглянувши кожен з 16 квадратиків і підрахувавши кількість різних фенотипів і генотипів, одержимо такі результати: жовтих і гладких ( $AB$ ) буде  $\frac{9}{16}$ ; жовтих і зморшкуватих ( $Ab$ ) -  $\frac{3}{16}$ ; зелених і гладеньких ( $aB$ ) -  $\frac{3}{16}$ ; зелених і зморшкуватих ( $ab$ ) -  $\frac{1}{16}$ . Отже, у гібридів другого покоління з'явилися нові комбінації ознак, яких не було в батьківських особин. Поряд з горохом жовтого кольору і гладким, зеленого кольору і зморшкуватим насінням з'явилися нові комбінації: жовті зморшкуваті і зелені гладкі насінини. На підставі одержаних результатів схрещувань Г. Мендель сформулював третій

закон – закон незалежного успадкування генів (незалежного комбінування ознак), що знаходяться в різних парах хромосом, тобто кожна пара генів успадковується незалежно.

За генотипом всі 16 потомків розподілились за такою закономірністю:

$$\frac{A}{A} \frac{B}{B} - 1, \frac{A}{A} \frac{B}{b} - 2, \frac{A}{a} \frac{B}{B} - 2, \frac{A}{a} \frac{B}{b} - 4, \frac{A}{A} \frac{b}{b} - 1, \frac{A}{a} \frac{b}{b} - 2, \frac{a}{a} \frac{B}{B} - 1, \frac{a}{a} \frac{B}{b} - 2 \text{ і } \frac{a}{a} \frac{b}{b} - 1,$$

тобто співвідношення буде таким:

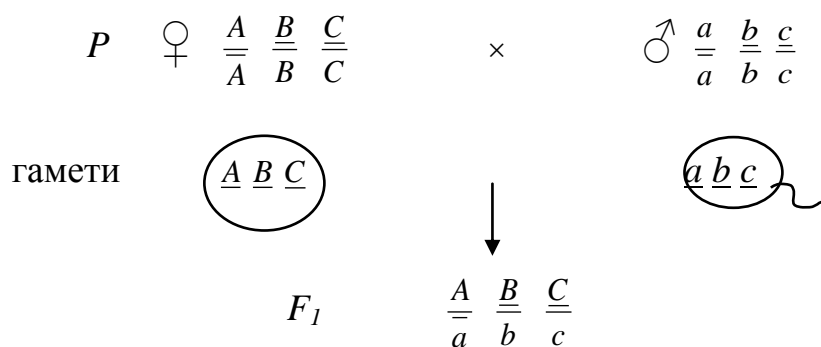
$$1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1.$$

Незалежно поводяться й інші алельні пари генів, якщо вони знаходяться в різних хромосомах. Це чітко видно аналізуючи потомків, одержаних внаслідок тригібридного схрещування, тобто схрещування батьків, які відрізняються за трьома альтернативними ознаками.

Наприклад, якщо схрестити горох з жовтими гладенькими насінинами і червоними квітками з горохом, у якого зелене, зморшкувате насіння і білі квітки, то перше покоління буде одноманітне за фенотипом і тригетерозиготне за генотипом ( $A$  – жовті насіння;  $a$  – зелене насіння;  $B$  – гладеньке насіння;  $b$  – зморшкувате насіння;  $C$  – червоні квітки;  $c$  – білі квітки):

горох жовтий,  
гладенький з червоними квітками

горох зелений,  
зморшкуватий з білими квітками



Всі нащадки ( $\frac{A}{a} \frac{B}{b} \frac{C}{c}$ ) – жовті, гладенькі насінини і червоні квіти за фенотипом та тригетерозиготні за генотипом.

Подальше схрещування гібридів  $F_1 \times F_1$  дає складне розщеплення за фенотипом, де є поєднання трьох незалежних моногібридних розщеплень:

$$(3[A] : 1[a]) \times (3[B] : 1[b]) \times (3[C] : 1[c]) = 27[ABC] : 9[ABc] : 9[AbC] : 9[aBC] : 3[abC] : 3[aBc] : 3[Abc] : 1[abc]$$

Формула полігібридного схрещування за фенотипом має такий вигляд:  $(3 : 1)^n$ , за генотипом -  $(1 : 2 : 1)^n$ , де  $n$  – кількість пар ознак, за якими відбувається розщеплення.

В цьому легко переконатись побудувавши ґратку Пеннета:

$$P \quad \text{♀} \quad \frac{A \ B \ C}{a \ b \ c} \quad \times \quad \text{♂} \quad \frac{A \ B \ C}{a \ b \ c}$$

♀ \ ♂	ABC	ABc	AbC	Abc	aBC	aBc	abC	abc
ABC	$\frac{A \ B \ C}{A \ B \ C}$	$\frac{A \ B \ c}{A \ B \ C}$	$\frac{A \ b \ C}{A \ B \ C}$	$\frac{A \ b \ c}{A \ B \ C}$	$\frac{a \ B \ C}{A \ B \ C}$	$\frac{a \ B \ c}{A \ B \ C}$	$\frac{a \ b \ C}{A \ B \ C}$	$\frac{a \ b \ c}{A \ B \ C}$
ABc	$\frac{A \ B \ C}{A \ B \ c}$	$\frac{A \ B \ c}{A \ B \ c}$	$\frac{A \ b \ C}{A \ B \ c}$	$\frac{A \ b \ c}{A \ B \ c}$	$\frac{a \ B \ C}{A \ B \ c}$	$\frac{a \ B \ c}{A \ B \ c}$	$\frac{a \ b \ C}{A \ B \ c}$	$\frac{a \ b \ c}{A \ B \ c}$
AbC	$\frac{A \ B \ C}{A \ b \ C}$	$\frac{A \ B \ c}{A \ b \ C}$	$\frac{A \ b \ C}{A \ b \ C}$	$\frac{A \ b \ c}{A \ b \ C}$	$\frac{a \ B \ C}{A \ b \ C}$	$\frac{a \ B \ c}{A \ b \ C}$	$\frac{a \ b \ C}{A \ b \ C}$	$\frac{a \ b \ c}{A \ b \ C}$
Abc	$\frac{A \ B \ C}{A \ b \ c}$	$\frac{A \ B \ c}{A \ b \ c}$	$\frac{A \ b \ C}{A \ b \ c}$	$\frac{A \ b \ c}{A \ b \ c}$	$\frac{a \ B \ C}{A \ b \ c}$	$\frac{a \ B \ c}{A \ b \ c}$	$\frac{a \ b \ C}{A \ b \ c}$	$\frac{a \ b \ c}{A \ b \ c}$
aBC	$\frac{A \ B \ C}{a \ b \ C}$	$\frac{A \ B \ c}{a \ b \ C}$	$\frac{A \ b \ C}{a \ b \ C}$	$\frac{A \ b \ c}{a \ b \ C}$	$\frac{a \ B \ C}{a \ b \ C}$	$\frac{a \ B \ c}{a \ b \ C}$	$\frac{a \ b \ C}{a \ b \ C}$	$\frac{a \ b \ c}{a \ b \ C}$
aBc	$\frac{A \ B \ C}{a \ b \ c}$	$\frac{A \ B \ c}{a \ b \ c}$	$\frac{A \ b \ C}{a \ b \ c}$	$\frac{A \ b \ c}{a \ b \ c}$	$\frac{a \ B \ C}{a \ b \ c}$	$\frac{a \ B \ c}{a \ b \ c}$	$\frac{a \ b \ C}{a \ b \ c}$	$\frac{a \ b \ c}{a \ b \ c}$
abC	$\frac{A \ B \ C}{a \ b \ C}$	$\frac{A \ B \ c}{a \ b \ C}$	$\frac{A \ b \ C}{a \ b \ C}$	$\frac{A \ b \ c}{a \ b \ C}$	$\frac{a \ B \ C}{a \ b \ C}$	$\frac{a \ B \ c}{a \ b \ C}$	$\frac{a \ b \ C}{a \ b \ C}$	$\frac{a \ b \ c}{a \ b \ C}$
abc	$\frac{A \ B \ C}{a \ b \ c}$	$\frac{A \ B \ c}{a \ b \ c}$	$\frac{A \ b \ C}{a \ b \ c}$	$\frac{A \ b \ c}{a \ b \ c}$	$\frac{a \ B \ C}{a \ b \ c}$	$\frac{a \ B \ c}{a \ b \ c}$	$\frac{a \ b \ C}{a \ b \ c}$	$\frac{a \ b \ c}{a \ b \ c}$

Отже, співвідношення фенотипів у  $F_2$  буде  $27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1$ , або одержимо 8 фенотипових класів і 27 генотипових.

### Задачі для самостійної роботи

**Задача 1.** У великої рогатої худоби безрогість ( $A$ ) домінує над рогатістю ( $a$ ), а чорна масть ( $B$ ) над червоною ( $b$ ). Абердино-ангуський безрогий плідник чорної масті спаровувався з рогатими коровами червоної масті. Яких нащадків одержано в  $F_1$ , а також в  $F_2$  при схрещуванні  $F_1$  між собою?



**Задача 2.** У великої рогатої худоби чорна масть ( $A$ ) домінує над червоною ( $a$ ), а комолість ( $B$ ) – над рогатістю ( $b$ ). Бугай-плідник червоної масті, комолий був спарований з двома коровами. Корова № 1, чорна, комола, привела 2 телят – одне червоне комоле, друге чорне рогате. Корова № 2, чорна рогата, привела чорне комоле теля. Які можливі генотипи бугая-плідника і корів?

**Задача 3.** У великої рогатої худоби суцільне забарвлення ( $S$ ) домінує над строкатістю ( $s$ ), а чорна масть ( $K$ ) – над червоною ( $k$ ). Гурт дигетерозиготних корів суцільної чорної масті було осіменено спермою бугая-плідника невідомого генотипу і фенотипу. Всі нащадки, отримані від даного схрещування, мали суцільне забарвлення як чорної, так і червоної масті. Які фенотипи та генотипи бугая-плідника та корів? Яких нащадків можна отримати від схрещування даного бугая-плідника з дочкою, яка має суцільну чорну масть?

**Задача 4.** У великої рогатої худоби абердино-ангуської породи чорна масть ( $A$ ) домінує над червоною ( $a$ ), а комолість ( $B$ ) – над рогатістю ( $b$ ). Два чорних бугаїв-плідники, один з яких був комолий, а другий – рогатий, були спаровані з трьома коровами. Корова № 1, червона комола, при спаровуванні з першим бугаєм принесла чорне комоле теля, а з другим – чорне рогате. Корова № 2, чорна комола, при спаровуванні з першим бугаєм принесла червоне комоле теля, а з другим – чорне рогате. Корова № 3, чорна рогата, при спаровуванні з першим бугаєм принесла червоне рогате теля, а з другим – чорне рогате. Які можливі генотипи бугаїв-плідників та корів?

**Задача 5.** Біла масть у свині ( $A$ ) домінує над чорною ( $a$ ), а стоячі вуха ( $B$ ) – над звислими ( $b$ ). Кнур породи ландрас білої масті зі звислими вухами схрещувався з свиноматками беркширської породи чорної масті зі стоячими вухами. Яких нащадків буде отримано в  $F_1$  та  $F_2$  при схрещуванні  $F_1$  між собою?

**Задача 6.** У свиней біла масть ( $A$ ) домінує над чорною ( $a$ ), а стоячі вуха ( $B$ ) – над звислими ( $b$ ). Кнура-плідника породи ландрас білої масті зі звислими

вухами було спаровано зі свиноматками беркширської породи чорної масті зі стоячими вухами. Яких нащадків буде одержано в  $F_1$  та  $F_2$  при схрещуванні гібридів  $F_1$  між собою? Яких нащадків буде одержано при схрещуванні батька зі своїми дочками, які мають білу масть і стоячі вуха?

**Задача 7.** У свиней чорна масть ( $C$ ) домінує над червоною ( $c$ ), а парнокопитність ( $D$ ) – над однокопитністю ( $d$ ). В результаті схрещування дигетерозиготного кнура-плідника з групою таких же свиноматок було отримано 256 поросят. Які фенотипи кнура і свиноматок? Скільки поросят в даній групі були чорними парнокопитними, чорними однокопитними, червоними парнокопитними і червоними однокопитними? Які можливі генотипи вказаних фенотипових груп?

**Задача 8.** У свиней біла масть домінує над чорною, а парнокопитність – над однокопитністю. Парнокопитний кнур білої масті спарувався з однокопитними матками чорної масті. Одержано всіх поросят білої масті, але 50% з них було парнокопитними і 50% однокопитних. Які генотипи батьківських особин і народжених поросят?

**Задача 9.** У свиней біла масть ( $A$ ) домінує над чорною ( $a$ ), а прямий профіль голови ( $B$ ) – над вигнутим ( $b$ ). Від кнура чорної масті з прямим профілем голови і такої ж свиноматки одержано за три опороси 31 поросля. З них 17 поросят чорної масті з прямим профілем, 5 поросят білої масті з прямим профілем і 2 поросят білої масті з вигнутим профілем голови. Визначте генотип батьків і одержаних нащадків.

**Задача 10.** У людей карі очі домінують над голубими, а краще володіння правою рукою – над ліворукістю. Голубоокий правша, батько якого був лівшею, одружився з карокою лівшею з родини, в якій усі члени сім'ї протягом декількох поколінь були кароокими. Які діти будуть у цих батьків?

**Задача 11.** Оперення ніг у курей домінує над неопереністю, а гороховидна форма гребня – над листовидною. Півень з опереними ногами і гороховидною формою гребня схрещувався з курками, які мали неоперені ноги

і листовидну форму гребня. Одержано всіх нащадків з опереними ногами, але половина з них була з гороховидною, а половина з листовидною формами гребня. Які генотипи батьківських особин і одержаних нащадків?

**Задача 12.** Чорне забарвлення ( $A$ ) у кролів домінує над білим ( $a$ ), нормальна шерсть ( $B$ ) – над довгою ( $b$ ). Білий довгошерстний кріль схрестився з чорними з нормальною шерстю гомозиготними кролематками. В  $F_1$  одержано всіх нащадків чорних з нормальною шерстю. Яких нащадків буде одержано в  $F_2$  при схрещуванні  $F_1$  між собою, а також при схрещуванні самок  $F_1$  з самцями, які мають генотип батька і матері?

**Задача 13.** У кролів чорне забарвлення ( $A$ ) домінує над білим ( $a$ ), а коротка шерсть ( $B$ ) над довгою ( $b$ ). При спаровуванні чорного короткошерстного кроля з такою ж кролематкою було отримано 8 кролят, 7 з яких були чорними короткошерстними, а одне біле з довгою шерстю. Які генотипи батьків і їх нащадків? Які генотипи і фенотипи можна чекати при повторенні даного варіанту схрещування?

**Задача 14.** У кролів-альбіносів відсутній пігмент у шерсті і в радужній оболонці очей. Ці дві ознаки рецисивні. Сіре забарвлення шерсті і темні очі – домінуючі ознаки. Самець породи шиншила з сірою шерстю і темними очима схрещувався з самками альбінос. В  $F_1$  одержано всіх нащадків сірих з темними очима. Який фенотип і генитоп нащадків  $F_2$ , які одержані при спаровуванні самок і самців  $F_1$  між собою?

**Задача 15.** У собак чорне забарвлення шерсті ( $B$ ) домінує над коричневим ( $b$ ), а коротка шерсть ( $K$ ) – над довгою ( $k$ ). Визначити, яких нащадків можна чекати від спаровування коричневого довгошерстного самця з гомозиготною чорною самкою з короткою шерстю? Яке розщеплення за фенотипом і генотипом буде у гібридів другого покоління при спаровуванні гібридів першого покоління між собою? Яких нащадків можна отримати від спаровування батька зі своєю дочкою, яка мала чорне забарвлення і коротку шерсть?

**Задача 16.** У морських свинок чорне забарвлення шерсті ( $C$ ) домінує над білим ( $c$ ), а гладенька шерсть ( $S$ ) – над звивистою ( $s$ ). При схрещуванні самця і 4 самок невідомого фенотипу і генотипу (самки були отримані від гомозиготних батьків) всі нащадки мали звивисту шерсть, але як чорного, так і білого забарвлення. Які генотипи і фенотипи самця і самки? Яких нащадків можна чекати від спаровування даних самок зі своїм сином, який мав чорну звивисту шерсть.

**Задача 17.** У дрозоді філі сіре забарвлення тіла ( $B$ ) домінує над чорним ( $b$ ), а нормально розвинуті крила ( $C$ ) – над рудиментними ( $c$ ). При схрещуванні сірих мух, одні з яких мали нормально розвинуті крила, а другі – рудиментні було отримано 118 нащадків, 63 з яких мали сіре забарвлення тіла і нормально розвинуті крила, 50 – сіре тіло і рудиментні крила, і 5 – чорне тіло з нормально розвинутими крилами. Які генотипи батьків? Які фенотипи можна чекати при повторенні даного схрещування?

**Задача 18.** Корови абердино-ангуської породи чорної масті безрогі і з відсутністю білоголовості схрещувалися з бугаєм герефордської породи червоної масті, рогатим і білоголовим. Яких нащадків буде одержано в  $F_1$ , а також в  $F_2$  при схрещуванні  $F_1$  між собою?

**Задача 19.** У голштинської худоби довга, вузька голова домінує над короткою і широкою, а рудиментний хвіст (довжиною 10-15 см) детермінується рецесивним геном. Визначіть розщеплення за фенотипом при схрещуванні між собою двох тригетерозигот.

**Задача 20.** Коротконоса морда у свиней є рецесивною ознакою по відношенню до нормальної форми. Наявність коралів і звислозадість є домінантними ознаками. Тригетерозиготний за цими ознаками кнур спаровувався з свиноматками, які були коротконосі, мали коралі на шиї і були гетерозиготні по гену звислозадості. Яке розщеплення за фено- і генотипом слід очікувати при цьому схрещуванні.

### Питання для самоконтролю:

1. Яке схрещування називається дигібридним?
2. Дайте визначення третього закону Г.Менделя.
3. В чому полягає суть третього закону Г.Менделя.
4. Поясніть поняття гомозиготності і гетерозиготності.
5. Поясніть поняття домінантності і рецесивності.
6. Що таке генотип, фенотип?
7. Яке схрещування називається тригібридним?
8. Яке схрещування називається полігібридним?
9. Які хромосоми називаються гомологічними?
10. Яке розщеплення за фенотипом має місце в  $F_2$  при дигібридному схрещуванні?
11. Яке розщеплення за генотипом має місце в  $F_2$  при дигібридному схрещуванні?
12. Яке розщеплення за фенотипом має місце в  $F_2$  при тригібридному схрещуванні?
13. Яке розщеплення за генотипом має місце в  $F_2$  при тригібридному схрещуванні?
14. Яке розщеплення за генотипом і фенотипом має місце при аналізуючому дигібридному схрещуванні?
15. Яке розщеплення за генотипом і фенотипом має місце при аналізуючому тригібридному схрещуванні?
16. В чому полягає суть закону чистоти гамет?
17. Що називається множинним алелізмом?
18. Назвіть основні домінантні ознаки у свійських тварин.
19. Яка кількість фено- і генотипових класів і типів гамет буде проявлятися в гібридів другого покоління при різних схрещуваннях?
20. Яке значення в гібридологічному аналізі має аналізуюче схрещування?
21. Наведіть приклади рецесивних ознак у великої рогатої худоби.
22. Наведіть приклади домінантних ознак у великої рогатої худоби.

23. Наведіть приклади домінантних ознак у свиней.
24. Наведіть приклади рецесивних ознак у свиней.
25. Яке розщеплення за фенотипом має місце в  $F_2$  дигібридного схрещування при неповному домінуванні?

### 3.3. Взаємодія генів. Типи взаємодії генів.

#### 3.3.1. Типи взаємодії алельних генів

**Мета заняття.** Ознайомитись з успадкуванням ознак при різних типах взаємодії алельних генів.

**Теоретичне обґрунтування.** Під час успадкування окремих алельних генів має місце як повне, так і не повне домінування, а також наддомінування та кодомінування. При повному домінуванні перший генопродукт білок-фермент одного алельного гена нейтралізує дію білка-фермента другого алельного гена, тому одна з альтернативних ознак проявляється у фенотипі  $F_1$ , а інша ніби зникає (не проявляється). При цьому у  $F_1$  при схрещуванні гомозиготних домінантних і рецесивних батьків всі потомки будуть одноманітні, тобто матимуть домінантну ознаку. При схрещуванні нащадків першого покоління між собою у  $F_2$  йде розщеплення за фенотипом 3 : 1 і за генотипом 1 : 2 : 1. Задачі на повне домінування наведені в попередніх заняттях.

Але в природі зустрічаються випадки, коли дві альтернативні ознаки успадковуються наполовину кожна. Наприклад, при схрещуванні чорних і білих курей породи леггорн потомки першого покоління рябі, всі гетерозиготні. При схрещуванні  $F_1$  між собою в  $F_2$  буде розщеплення за фенотипом і за генотипом у співвідношенні 1:2:1. Це і є **неповне домінування**.

У деяких випадках перевага (домінування) однієї ознаки над іншою залежить від того, хто має ці ознаки – самець чи самка. Такий тип взаємодії алельних генів називається **домінуванням**, що залежить від статі. Наприклад, барани у більшості випадків рогаті, а самки комолі. Якщо схрещувати гомозиготну комолу вівцю з гомозиготним рогатим бараном, то в  $F_1$  всі баранчики рогаті (домінантна ознака у самців), а ярочки комолі (у самок комолість домінує над рогатістю). За генотипом усі гетерозиготні.

У другому поколінні у межах кожної статі розщеплення відбувається у співвідношенні 3 : 1, тобто комолих ярочок буде  $\frac{3}{4}$  і рогатих  $\frac{1}{4}$ , рогатих баранчиків  $\frac{3}{4}$ , а комолих  $\frac{1}{4}$ .

Існують випадки, коли кожний алельний ген у гетерозиготних особин виявляє свою дію повною мірою незалежно один від одного. Такий тип взаємодії називається **кодомінуванням** і спостерігається при успадкуванні груп крові у людини. Наприклад, жінка з II групою крові (*AA*), чоловік з III групою крові (*BB*). Все потомство матиме IV групу крові (*AB*).

Іноді відбувається підсилення домінантного гена рецесивним. Такий тип взаємодії генів називається **наддомінуванням** або **облігатною гетерозиготністю**. Вважають, що наддомінування є основою гетерозису або гібридної сили. **Гетерозис** – явище підвищеної життєздатності і продуктивності гібридів (особливо *F<sub>1</sub>*) порівняно з вихідними батьківськими формами.

Виділяють ще одне явище взаємодії алельних генів – їх множинну дію, тобто коли одна і та ж сама пара алельних генів впливає на прояви кількох ознак. Це явище називається **плейотропією**. Як приклад можна навести успадкування сірої масті у каракульських овець. При схрещуванні сірих (гетерозигот) овець між собою 25% ягнят сірої масті (гомозигот) гине до 2-місячного віку. Отже, ген (*A*) сірої масті в гомозиготному стані обумовлює сіру масть ягнят і одночасно володіє летальним ефектом. Щоб запобігти таким втратам необхідно схрещувати сірих овець з чорними і ні в якому разі сірих з сірими. За таким самим принципом успадковується платинове і чорно-буре забарвлення хутра у лисиць. Платинове забарвлення проявляється у гетерозигот, а чорне буде у гомозигот рецесивних. Сірі гомозиготи гинуть ще в ембріональному періоді.

Існують також гени, що перебувають у 3, 4, 5 і більше алельних станах. Такі алелі утворюють серію **множинних алелів**. Множинні алелі існують у популяції в необмеженій кількості, але кожна особина несе тільки два алелі, а гамети – один алель. Виникають множинні алелі в результаті багаторазових мутацій одного локусу хромосоми в різних особин популяції. Чим більше



алелів у популяції, тим більше їх комбінацій в особин. Наприклад, колір шерсті у морських свинок визначається п'ятьма алелями одного гена, які в різних поєднаннях дають одинадцять варіантів кольору. У серії множинних алелів одні алелі домінують, інші – рецесивні.

Множинні алелі утворюють послідовні ряди домінування і позначаються однією літерою з різними індексами:  $A > a_1 > a_2 > a_3 \dots$ . Ген  $A$  домінує над геном  $a_1$ ,  $a_2$ , а ген  $a_1$  – над генами  $a_2$ , - над геном  $a$ . Кожний алель домінують до алеля, розташованого від нього справа, і є рецесивним до алеля, розташованого від нього зліва.

### Самостійна робота студентів.

**Задача 1.** Довгі вуха в каракульських овець неповністю домінують над безвухістю. При схрещуванні безвухих вівцематок з довговухим бараном-плідником народжувалися коротковухі ягнята. Яких нащадків буде отримано в  $F_2$  при схрещуванні  $F_1$  між собою та при схрещуванні маток  $F_1$  з коротковухими і безвухими баранами-плідниками?

**Задача 2.** Як уникнути загибелі 25% каракульських ягнят, якщо відомо, що ягнята з генотипом  $AA$  гинуть, а з генотипом  $Aa$  – сірі і  $aa$  – чорні залишаються живими?

**Задача 3.** Яким чином можна виявити в овець і лисиць рецесивні гени, які мають летальну дію? Чому не можна вивести породу каракульських овець сірої масті і нерозщеплюючу лінію платинових лисиць?

**Задача 4.** При схрещуванні безхвостих овець з довгохвостими баранами в  $F_1$  всі нащадки були короткохвостими. Яке розщеплення очікується при розведенні “в собі” одержаних гібридів? Складіть схему успадкування алелів, які детермінують розвиток розміру хвоста у овець.

**Задача 5.** При спаровуванні бугая шортгорнської породи червоної масті з коровами цієї ж породи білої масті народжуються телята чалої масті. Яка масть

буде у нащадків при спаровуванні телиць  $F_1$  з бугаями шортгорнської породи білої, червоної і чалої масті?

**Задача 6.** У великої рогатої худоби безрогість домінує над рогатістю. Яке потомство слід чекати від схрещування безрогого бугая з рогатими коровами, коли відомо, що в минулому одна з цих корів народила від цього бугая рогате теля?

**Задача 7.** У великої рогатої худоби і свиней спадкове захворювання порфірія обумовлене накопиченням у крові і деяких тканинах порфірину, що зв'язане з високою чутливістю до сонячного світла. Хвороба проявляється у виді виразки біля очей, носа та інших частин тіла, які незахищені волосняним покривом. Ген порфірії рецесивний по відношенню до своєї нормальної алелі. Яке розщеплення буде одержано: а) при схрещуванні між собою тварин здорових, але гетерозиготних по гену порфіріїв; б) при схрещуванні тварин, хворих порфірією з твариною здоровою, але гетерозиготною по гену порфірії.

**Задача 8.** При схрещуванні короткошерстних кроликів у потомстві одержано 25 крильчат з нормальною і 27 із довгою шерстю. Визначте генотипи короткошерстних кроликів.

**Задача 9.** У великої рогатої худоби чорне забарвлення шерсті домінує над рудим. Руда корова мала від того ж самого чорного бугая у перший рік руде, а на другий рік – чорне теля. Визначте генотип всіх чотирьох тварин.

**Задача 10.** У шортгорнів безрогість домінує над рогатістю, а червона масть і біла масть успадковується проміжно з проявленням чалої масті. Гомозиготний безрогий червоної масті бугай схрещувався з рогатими білої масті коровами. Яких нащадків буде одержано в  $F_1$  і  $F_2$ , а також при зворотньому схрещуванні гібридів  $F_1$  з вихідними батьківськими особинами?

**Задача 11.** Схрещування маток великої рогатої худоби безрогих і білої масті з рогатими і чалої масті плідниками завжди дає виключно безрогих телят, але половина з них чалої масті, а половина білої. Яких нащадків буде одержано при схрещуванні між собою тварин безрогих і чалої масті?

**Задача 12.** Відсутність нижньої щелепи у великої рогатої худоби – летальна рецесивна ознака. Телиці нормального розвитку червоної масті були спаровані з бугаєм чалої масті, носієм цього летального гену. Визначте співвідношення генотипів у гібридів першого покоління.

**Задача 13.** При схрещуванні червоних безрогих корів з чалим і рогатим бугаєм одержано нащадків, серед яких половина була чалої масті, а друга половина червоної масті. Яке можна очікувати розщеплення за генами, які контролюють безрогість і рогатість? Покажіть комбінаторику різних типів гамет.

**Задача 14.** У свиней однокопитність домінує над парнокопитністю. Яких нащадків буде одержано: а) якщо гетерозиготний однокопитний кнур спаровувався з однокопитною маткою; б) якщо кнур з нормальними ногами (парнокопитний) спаровувався з парнокопитною маткою?

**Задача 15.** В андалузських курей гени чорного і білого забарвлення пір'я в гетерозиготному стані дають голубе забарвлення. Яких нащадків буде одержано від андалузських курей з голубим забарвленням пір'я при схрещуванні їх з півнями, які мають чорне, біле і голубе забарвлення оперення?

**Задача 16.** В андалузських курей ген чорного оперення  $B_1$  і ген білого оперення  $B_2$  у гетерозиготному стані дають голубе забарвлення. Від схрещування голубих курей з білим півнем одержано 250 потомків. Скільки і яких за фенотипом курчат було одержано? Які потомки будуть від схрещування голубих курей з голубим та чорним півнями?

**Задача 17.** Чорне забарвлення оперення в індиків домінує над бронзовим. Який генотип батьків, якщо від них було одержано 10 чорного забарвлення і 11 бронзового забарвлення індичат?

**Задача 18.** У курей чорне забарвлення пір'я не повністю домінує над білим, а в гетерозиготних особин проявляється голубе забарвлення пір'я. Гороховидна форма гребня домінує над листовидною. Півень з чорним забарвленням пір'я і листовидним гребнем схрещувався з курками, які мали

біле забарвлення пір'я і гороховидну форму гребня. Яких нащадків буде одержано в  $F_1$ , а також при схрещуванні  $F_1$  з вихідними батьківськими особинами?

**Задача 19.** Хутро платинової норки коштує набагато дорожче, ніж хутро стандартної – коричневої. Як потрібно вести схрещування, щоб від стандартної – коричневої самки і платинового самця за короткий період одержати максимальну кількість нащадків з платиновим забарвленням? Ген платинового забарвлення є рецесивним.

**Задача 20.** Гетерозиготні за генами коричневого або стандартного ( $P$ ) і сріблясто-голубого ( $p$ ) забарвлення норки мають фенотип стандартної норки. Як потрібно проводити схрещування, щоб виділити з цих норок нерозщеплюючу лінію сріблясто-голубих норок?

**Задача 21.** У норки стандартне (коричнєве) забарвлення ( $D$ ) домінує над білим ( $d$ ). Необхідно виявити: а) яких нащадків буде одержано при спаровуванні гомозиготної стандартної (коричнєвої) самки норки з білим самцем; б) якого фенотипу і генотипу будуть нащадки при спаровуванні білого самця з стандартною (коричнєвою) самкою, яка гетерозиготна по алелі білого забарвлення.

**Задача 22.** Кохінурові норки, які мають світле забарвлення з чорним хрестом на спині, одержують при схрещуванні білих норок з темними. Яких нащадків буде одержано при схрещуванні між собою кохінурових норок?

**Задача 23.** При схрещуванні кролів агуті з чорними в  $F_1$  одержано кроликів з забарвленням агуті, а в  $F_2$  - 68 голів агуті, 17 голів чорних і 6 голубих кроленят. Як успадковується ознака агуті і чорне забарвлення шерсті у кроликів?

**Задача 24.** Рослина нічної красуні з рожевими квітами запилена пилком червоноквіткової рослини. Визначте генотипи і фенотипи гібридів від цього схрещування.

**Задача 25.** Від схрещування двох рослин нічної красуні половина гібридів мала рожеві, а половина – білі квітки. Визначте генотипи і фенотипи батьків.

**Питання для самоконтролю:**

1. Які гени називаються алельними?
2. Які гени називаються неалельними?
3. Яка різниця між алельними і неалельними генами?
4. Яке практичне значення має вивчення успадкування ознак, що детермінуються алельними і неалельними генами?
5. Які Ви знаєте основні типи взаємодії алельних генів?
6. Використовуючи конкретні приклади взаємодії генів складіть схеми схрещування.
7. Які Ви знаєте типи домінування?
8. Складіть схеми схрещування та охарактеризуйте  $F_1$  і  $F_2$  при різних типах домінування.
9. Що Ви розумієте під повним домінуванням?
10. Що Ви розумієте під неповним домінуванням?
11. Що Ви розумієте під наддомінуванням?
12. Що Ви розумієте під кодомінуванням?
13. Що Ви розумієте під домінуванням, що залежить від статі?
14. Що таке плейотропія? Наведіть приклади плейотропної дії генів у тварин.
15. Наведіть приклад повного домінування у рослин.
16. Наведіть приклад неповного домінування у рослин.
17. Які ознаки у свійських тварин успадковуються кодомінантно?
18. Що таке ефект положення гена і як впливає це явище на зміну дії гена?
19. Які алелі утворюють серію множинних алелів?
20. Внаслідок чого виникають множинні алелі?
21. Як позначаються множинні алелі?
22. За яким типом відбувається взаємодія між множинними алелями?

### 3.3.2. Типи взаємодії неалельних генів

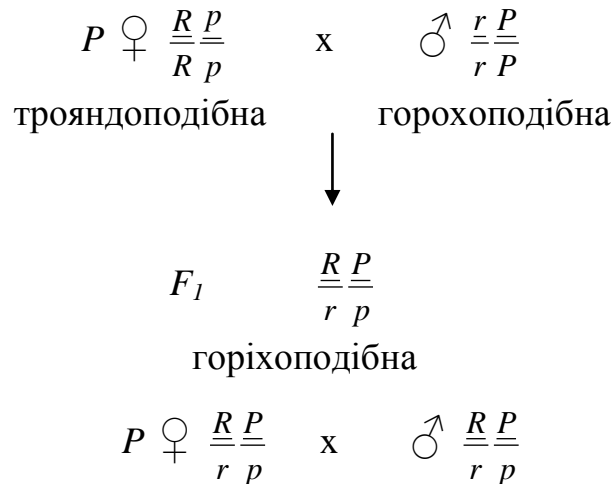
**Мета заняття.** Ознайомитись з успадкуванням ознак при різних типах взаємодії неалельних генів.

**Теоретичне обґрунтування.** Відомо, що крім явища домінування на одну і ту ж ознаку може впливати два неалельні гени або декілька пар неалельних генів. Тоді має місце більш значне відхилення від числових фенотипових класів у розщепленні. Формування ознак в такому випадку залежить від характеру взаємодії цих генів в процесі розвитку організму. В першому поколінні виникає нова ознака, якої не було у вихідних батьківських форм, і співвідношення фенотипів в  $F_2$  буде іншим.

Розрізняють такі основні типи взаємодії неалельних генів: новоутворення, комплементарна дія, епістаз, полімерія, модифікуюча дія генів, криптомерія.

**Новоутворення** – це такий тип взаємодії генів, коли два домінантні гени, кожний з яких виявляє незалежний специфічний вплив на розвиток певної ознаки, при взаємодії зумовлюють розвиток нової ознаки, тобто новий фенотип утворюється в першому і другому поколіннях. Розглянемо цей тип взаємодії неалельних (домінантних) генів на прикладі успадкування форм гребенів у курей. Різні породи курей мають різну форму гребня, а саме: просту або листоподібну ( $\frac{r}{r} \frac{P}{p}$ ), трояндоподібну ( $\frac{R}{R} \frac{P}{p}$ ), стручкоподібну або гороховидну ( $\frac{r}{r} \frac{P}{P}$ ) і горіховидну ( $\frac{R}{R} \frac{R}{P}; \frac{R}{P} \frac{P}{p}$ ). При схрещуванні курей з трояндоподібним гребнем і курей з горохоподібним гребнем потомки в  $F_1$  матимуть горіхоподібний гребінь, а в  $F_2$  відбудеться розщеплення:  $\frac{9}{16}$  ( $RP$ ) з горіхоподібним гребнем,  $\frac{3}{16}$  ( $rP$ ) – з горохоподібним,  $\frac{3}{16}$  ( $Rp$ ) – з трояндоподібним гребнем і  $\frac{1}{16}$  ( $rp$ ) – з листоподібним, тобто матимемо чотири фенотипових класів і дев'ять типів різних генотипів, або відбудеться розщеплення у співвідношенні: 9 : 3 : 3 : 1 – за фенотипом і 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1 – за генотипом.

Схема схрещування матиме такий вигляд:



♀ \ ♂	$RP$	$Rp$	$rP$	$rp$
$RP$	$\frac{R P}{R P}$	$\frac{R P}{R p}$	$\frac{r P}{R P}$	$\frac{R P}{r p}$
$Rp$	$\frac{R P}{R p}$	$\frac{R p}{R p}$	$\frac{R P}{r p}$	$\frac{R p}{r p}$
$rP$	$\frac{R P}{r P}$	$\frac{R p}{r p}$	$\frac{r P}{r P}$	$\frac{r P}{r p}$
$rp$	$\frac{R P}{r p}$	$\frac{R p}{r p}$	$\frac{r P}{r p}$	$\frac{r p}{r p}$

$9/16 - (RP)$  – горіхоподібна

$3/16 - (Rp)$  – трояндоподібна

$3/16 - (rP)$  – горохоподібна

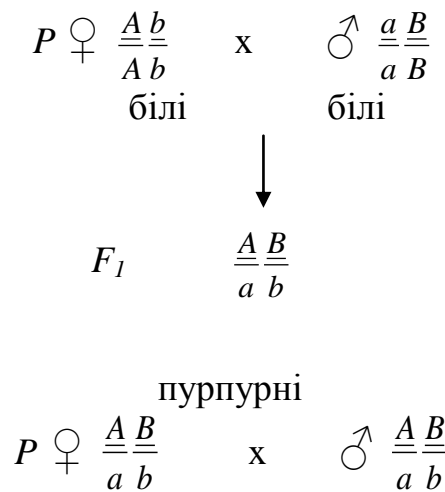
$1/16 - (rp)$  – листоподібна

**Комплементарна або доповнююча дія** – виникає тільки при наявності в генотипі двох домінантних неалельних генів, кожний з яких самостійно не проявляється, а разом утворюють новий фенотип у потомстві. При цьому потомство  $F_1$  фенотип батьків не повторяє, а набуває нового, що пов'язано з доповнюючою дією білків-ферментів домінантних генів.

Наприклад, при схрещуванні двох різних за генотипом ліній пахучого гороху з однаковим фенотипом (білими квітами) гібриди  $F_1$  пурпурні, тобто виникає новий фенотип у потомстві. При схрещуванні  $F_1$  між собою в  $F_2$

відбудеться розщеплення у співвідношенні 9 : 7 ( $\frac{9}{16}$  (AB) пурпурні, усі інші -  $\frac{7}{16}$  ( $\frac{3}{16}Ab$ ;  $\frac{3}{16}aB$  і  $\frac{1}{16}ab$ ) білі).

Схема схрещування має такий вигляд:



♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	$\frac{\underline{A} \underline{B}}{\underline{A} \underline{B}}$	$\frac{\underline{A} \underline{B}}{\underline{A} \underline{b}}$	$\frac{\underline{A} \underline{B}}{\underline{a} \underline{B}}$	$\frac{\underline{A} \underline{B}}{\underline{a} \underline{b}}$
Ab	$\frac{\underline{A} \underline{B}}{\underline{A} \underline{b}}$	$\frac{\underline{A} \underline{b}}{\underline{A} \underline{b}}$	$\frac{\underline{A} \underline{B}}{\underline{a} \underline{b}}$	$\frac{\underline{A} \underline{b}}{\underline{a} \underline{b}}$
aB	$\frac{\underline{A} \underline{B}}{\underline{a} \underline{B}}$	$\frac{\underline{A} \underline{B}}{\underline{a} \underline{b}}$	$\frac{\underline{a} \underline{B}}{\underline{a} \underline{B}}$	$\frac{\underline{a} \underline{B}}{\underline{a} \underline{b}}$
ab	$\frac{\underline{A} \underline{B}}{\underline{a} \underline{b}}$	$\frac{\underline{A} \underline{b}}{\underline{a} \underline{b}}$	$\frac{\underline{a} \underline{B}}{\underline{a} \underline{b}}$	$\frac{\underline{a} \underline{b}}{\underline{a} \underline{b}}$

$\frac{9}{16}$  (AB) – пурпурні

усі інші  $\frac{7}{16}$  (Ab, aB, ab) – білі

Різновидом комплементарної дії генів є **криптомерія** при якій гени успадковуються самостійно, проте кожний з двох домінантних неалельних генів окремо не викликає ніякого фенотипового ефекту. Так, при схрещуванні білих мишей з чорними в  $F_1$  потомки матимуть рудовато сіре забарвлення, а в  $F_2$  розщеплення відбудеться на три фенотипові класи у співвідношенні:  $\frac{9}{16}$  (AB) – рудовато сірі,  $\frac{3}{16}$  (Ab) – чорні і  $\frac{4}{16}$  (aB і ab) – альбіноси.

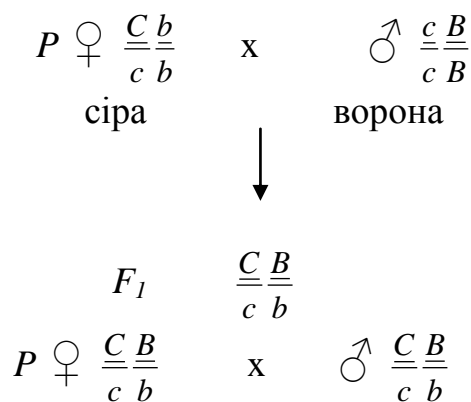
**Епістаз** – явище домінування одного домінантного гена над іншим домінантним неалельним геном. Ген, який пригнічує дію іншого домінантного



неалельного гена, називається епістатичним, а пригнічений – гіпостатичним. Причому кожний окремо ген фенотипово проявляється по-різному. Якщо природно рецесивний ген має властивості епістатичного над іншим неалельним йому геном, то в таких випадках говорять про рецесивний епістаз.

У коней сіра масть зумовлена домінантним геном  $C$ , а ворона  $B$ , причому ген “ $b$ ” контролює руду масть. При схрещуванні сірих коней з вороними в  $F_1$  всі потомки сірі, а в  $F_2$  буде три фенотипові класи, розщеплення відбудеться у співвідношенні:  $\frac{12}{16}(CB)$  – сірі,  $\frac{3}{16}(cB)$  – ворони,  $\frac{1}{16}(cb)$  – руді.

Схема схрещування має такий вигляд:



♀ \ ♂	$CB$	$Cb$	$cB$	$cb$
$CB$	$\frac{C}{C} \frac{B}{B}$ $C B$	$\frac{C}{C} \frac{B}{b}$ $C b$	$\frac{C}{c} \frac{B}{B}$ $c B$	$\frac{C}{c} \frac{B}{b}$ $c b$
$Cb$	$\frac{C}{C} \frac{B}{b}$ $C b$	$\frac{C}{c} \frac{B}{b}$ $c b$	$\frac{C}{c} \frac{B}{B}$ $c B$	$\frac{C}{c} \frac{B}{b}$ $c b$
$cB$	$\frac{C}{c} \frac{B}{B}$ $c B$	$\frac{C}{c} \frac{B}{b}$ $c b$	$\frac{c}{c} \frac{B}{B}$ $c B$	$\frac{c}{c} \frac{B}{b}$ $c B$
$cb$	$\frac{C}{c} \frac{B}{b}$ $c b$	$\frac{C}{c} \frac{B}{b}$ $c b$	$\frac{c}{c} \frac{B}{b}$ $c b$	$\frac{c}{c} \frac{b}{b}$ $c b$

$12 : 3 : 1 \quad \frac{12}{16} (9 CB \text{ і } 3 Cb) - \text{сіра}$

$\frac{3}{16} (cB) - \text{ворона}$

$\frac{1}{16} (cb) - \text{руда}$

**Полімерія** – явище, коли на прояв однієї ознаки впливає багато домінантних генів з різних неалельних локусів. Вони мають рівнозначну, адитивну, сумуючу дію. Чим більше генів впливає на розвиток якої-небудь ознаки, тим краще виражена ця ознака. Такі полімерні гени при написанні схем

схрещування позначаються заголовними і строчковими (прописними) літерами з цифровими індексами ( $A_1A_1, A_2 A_2$ , чи  $a_1 a_1 a_2 a_2$ ). За полімерним типом успадковуються, головним чином, кількісні ознаки.

**Гени-модифікатори.** Частота і ступінь прояву (експресивність і пенетрантність) генів залежить не тільки від умов зовнішнього середовища і різних взаємодій, а й від так званих генів-модифікаторів, які самі не дають фенотипового ефекту, а модифікують прояв інших неалельних “основних” генів.

### Самостійна робота студентів.

**Задача 1.** У курей забарвлення пір'я обумовлене наявністю домінантного гена ( $C$ ), рецесивна алель якого ( $c$ ) обумовлює біле забарвлення. Другий ген, незалежний від першого, в домінантному стані ( $I$ ) приглушує забарвлення, при генотипі ( $i$ ) забарвлення проявляється. Особа  $\frac{C I}{c i}$  була схрещена з особою  $\frac{c I}{c i}$ . Яке буде співвідношення різних типів забарвлення в потомстві?

**Задача 2.** У курей порід російська біла, леггорн, мінорка, плімутрок генотип  $\frac{r P}{r p}$  зумовлює розвиток листовидної форми гребня, генотип  $\frac{r P}{r P}$  – розвиток гороховидної форми гребня, генотип  $\frac{R P}{R p}$  – трояндоподібної, генотип  $\frac{R P}{R P}$  – горіховидної форми гребня. Півень з горіховидною формою гребня схрещувався з курками, які також мали горіховидну форму гребня. Які фенотипи і генотипи у нащадків від цього схрещування?

**Задача 3.** У курей фактор трояндоподібного гребня при взаємодії з фактором гороховидного гребня викликає проявлення горіховидної форми гребня. Які гребні будуть у нащадків від схрещування особин з такими генотипами:  $\frac{R P}{r p} \times \frac{R P}{r p}$ ;  $\frac{R P}{r p} \times \frac{r P}{r p}$ ;  $\frac{R P}{R p} \times \frac{r P}{r p}$  ?

**Задача 4.** У курей фактор трояндоподібного гребня при взаємодії з фактором гороховидного гребня викликає проявлення горіховидної форми гребня. Які гребні будуть у нащадків від схрещування особин з такими генотипами:  $\frac{R}{r}\frac{P}{p}x\frac{R}{r}\frac{P}{p}$ ;  $\frac{R}{r}\frac{P}{p}x\frac{R}{r}\frac{P}{p}$ ;  $\frac{r}{r}\frac{P}{p}x\frac{r}{r}\frac{P}{p}$ ; ?

**Задача 5.** У коней ген *C* зумовлює проявлення сірої масті. Цей ген є домінантним над геном рудої масті *c* і епістатичний по відношенню до гена вороної масті *B*. Схрещували конематок сірої масті з генотипом  $\frac{C}{C}\frac{B}{B}$  з жеребцем-плідником рудої масті з генотипом  $\frac{c}{c}\frac{b}{b}$ . Яка масть буде у нащадків в  $F_1$ , а також у нащадків в  $F_2$  при схрещуванні  $F_1$  між собою?

**Задача 6.** У собак породи кокер-спаніель забарвлення шерсті обумовлене двома парами генів. Різні домінантні гени обумовлюють руду або коричневу масть. При наявності в генотипі домінантних генів з обох пар собаки мають чорну масть. Якщо в генотипі немає домінантних генів – собаки світло-жовті. Чорного кокер-спаніеля було схрещено з світло-жовтим. Від цього схрещування народилось світло-жовте цуценя. Яке співвідношення цуценят слід чекати від схрещування того самого чорного спаніеля із собакою однакового з ним генотипу?

**Задача 7.** При схрещуванні собак чистої лінії коричневої масті з собаками чистої лінії білої масті все численне потомство виявилось білої масті. Серед потомства великої кількості схрещувань білих гібридів першого покоління між собою появилось 118 білих, 32 чорних, 10 коричневих. Як успадковується колір шерсті у собак?

**Задача 8.** При схрещуванні кроликів агуті з чорними в  $F_1$  одержано кроликів з забарвленням агуті, а в  $F_2$  одержано 68 голів агуті, 17 голів чорних і 6 голів голубих кроленят. Як успадковується ознака агуті і чорне забарвлення шерсті у кроликів?

**Задача 9.** При схрещуванні білих норок одержано 19 коричневих і 18 бежевих потомків. Визначте генотип білих норок.

**Задача 10.** У сріблясто-чорних лисиць внаслідок мутації виникає платинове забарвлення хутра. При схрещуванні платинових лисиць між собою 25% нащадків гине на ембріональній стадії розвитку. Яка дія генів має місце в даному випадку? Який тип схрещування слід застосовувати, щоб не допустити загибелі нащадків?

**Задача 11.** При схрещуванні чорних і білих мишей одержують нащадків з сірим диким забарвленням шерсті типу агуті. Від схрещування мишей сірих типу агуті між собою в  $F_2$  одержано 199 сірих мишей, 67 чорних і 88 білих мишей. Яка особливість цього розщеплення? Як називається цей тип взаємодії генів?

**Задача 12.** Від пари білих папуг неодноразово одержували потомство, серед якого виявилось 35 зелених, 13 голубих, 11 жовтих і 4 білих. Визначте генотипи батьків.

**Задача 13.** В пахучого горошку домінантний ген  $A$  і домінантний ген  $B$  кожний окремо не викликає фенотипового проявлення ознаки і тому рослини з генотипом  $\frac{A}{A} \frac{b}{b}$  і  $\frac{a}{a} \frac{B}{B}$  мають біле забарвлення квіток. Якщо в генотипі рослини є обидва домінантні гени проявляється яскраво-червоне забарвлення квіток. Визначте співвідношення фенотипів при схрещуванні двох гетерозигот. В якій взаємодії ці гени знаходяться?

**Задача 14.** Яким чином можна виявити в овець і лисиць рецесивні гени, які мають летальну дію? Чому не можна вивести породу каракульських овець сірої масті і нерозщеплюючу лінію платинових лисиць?

**Задача 15.** Як уникнути загибелі 25% каракульських ягнят, якщо відомо, що ягнята з генотипом  $\frac{A}{A}$  гинуть, а з генотипом  $\frac{A}{a}$  – сірі і  $\frac{a}{a}$  – чорні залишаються живими?

**Задача 16.** При схрещуванні коней сірої і рудої масті в першому поколінні всі лошата виявились сірими. В другому поколінні на кожні 16 лошат: в середньому з'являлося 12 сірих, 3 вороних і 1 руде. Визначте тип успадкування масті у коней і встановіть генотипи зазначених тварин.

**Задача 17.** Схрещували курей і півня з горіховидними гребнями і одержали курей: з горіховидним, трояндоподібним та простим гребнями. Яких ще нащадків за ознаками форми гребня можна чекати від цього схрещення? Що одержимо, якщо схрестимо особину з простим гребнем з одним з батьків?

**Задача 18.** Після схрещування півнів з гороховидним гребнем з курками з трояндоподібним гребнем одержали в  $F_1$  4 нащадків з простими гребнями, 5 нащадків з гороховидним, 13 – з трояндоподібним і 12 – з горіховидним. Які ймовірні генотипи батьків?

**Задача 19.** Схрестили собак чорної і білої масті і в  $F_1$  одержали  $\frac{1}{2}$  білих,  $\frac{3}{8}$  чорних і  $\frac{1}{8}$  коричневих. Як це можна пояснити? Які генотипи батьків і нащадків?

### Питання для самоконтролю:

1. Що Ви розумієте під взаємодією генів? Механізм взаємодії генів?
2. Чим відрізняються алельні гени від неалельних?
3. Які типи взаємодії неалельних генів Ви знаєте?
4. Який тип взаємодії генів називається новоутворенням?
5. Який тип взаємодії генів називається комплементарністю?
6. Який тип взаємодії генів називається епістазом?
7. Який тип взаємодії генів називається полімерією?
8. Що таке модифікуюча дія генів? Наведіть приклад дії генів-модифікаторів.
9. Що ви розумієте під експресивністю і пенетрантністю?
10. Що таке норма реакції організму?
11. Використовуючи конкретні приклади, складіть схему схрещування при новоутворенні.

12. Складіть схему схрещування при комплементарній взаємодії генів.
13. Складіть схему схрещування при епістатичній дії генів.
14. Складіть схему схрещування при полімерній дії генів.
15. Наведіть приклади ознак у рослин, які успадковуються за типом комплементарності.
16. Наведіть приклади ознак у коней, які успадковуються за типом епістазу.
17. Наведіть приклад успадкування ознак у тварин, які успадковуються за типом полімерії.
18. Яка ознака у великої рогатої худоби успадковується за типом модифікуючої дії генів?
19. Яка дія генів називається летальною?
20. Яке співвідношення фенотипових класів у  $F_2$  при новоутворенні?
21. Яке співвідношення фенотипових класів у  $F_2$  при комплементарності?
22. Яке співвідношення фенотипових класів у  $F_2$  при епістазі?
23. Яке співвідношення фенотипових класів у  $F_2$  при полімерії?
24. Як позначаються полімерні гени?

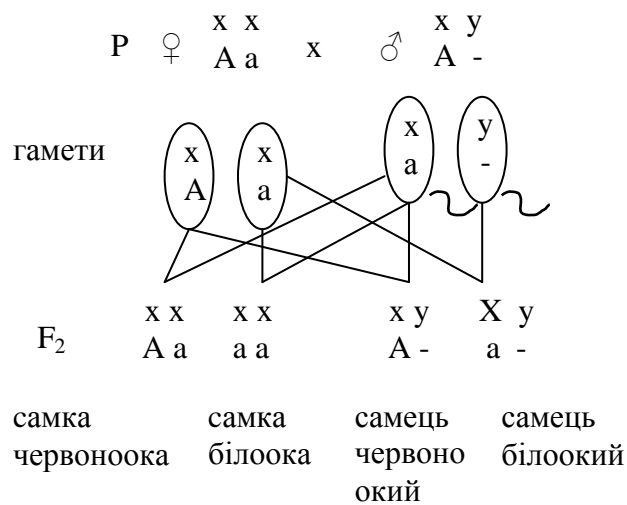
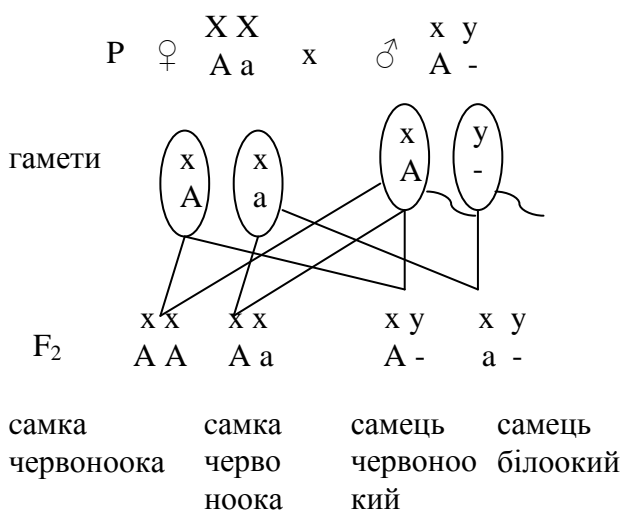
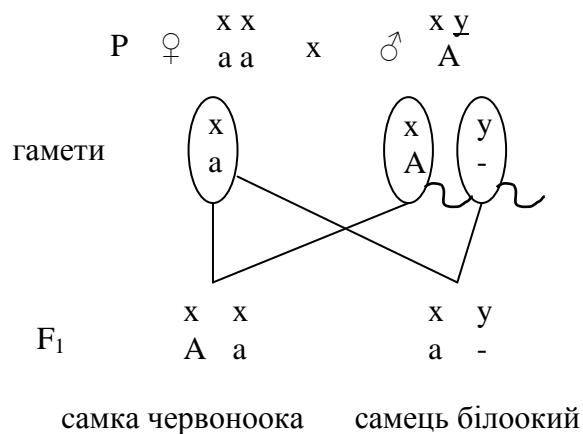
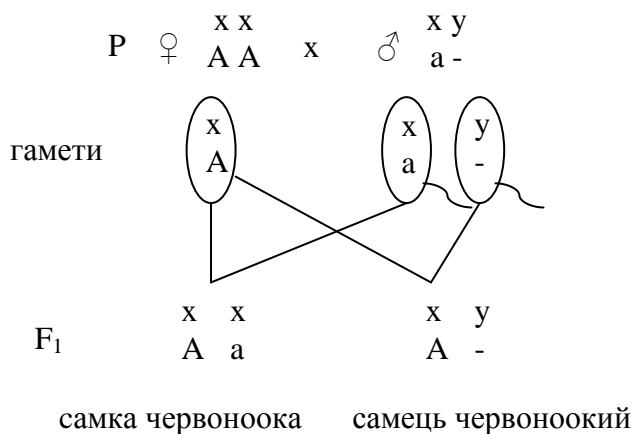
## 4. Генетика статі. Успадкування ознак, зчеплених зі статтю.

**Мета заняття.** Вивчення основних закономірностей успадкування ознак, зчеплених зі статтю, в тому числі деяких хвороб у свійських тварин.

**Теоретичне обґрунтування.** Серед усього хромосомного набору в самців і самок є деякі відмінності. У савців у самок всі хромосоми парні, у самців одну пару становлять різні за розміром і формою хромосоми. Оскільки від цієї пари залежить стать, їх назвали статевими хромосомами, а всі інші – аутосомами. Крім того, гомологічні статеві хромосоми самок савців і людини назвали ікс-хромосомами ( $xx$ ), а негомологічні хромосоми самців – ікс ( $x$ ) і ігрек ( $y$ ). У птахів, плазунів і метеликів, навпаки, самки мають  $xу$ , а самці –  $xx$  хромосоми (або  $ZW$  і  $ZZ$ ).

Крім генів, які визначають стать у статевих хромосомах, як і в аутосомах, є гени інших ознак. Такі гени й ознаки, що контролюються ними, називаються зчепленими зі статтю. Успадкування таких ознак дещо відрізняється від успадкування ознак, гени яких містяться в аутосомах. Це залежить від того, що статеві хромосоми  $x$  і  $y$  генетично нерівноцінні. Якщо  $x$ -хромосома за кількістю генів не відрізняється від аутосоми, то  $y$ -хромосома вважається генетично інертною, тобто в ній дуже мало генів і більшість з них неактивні. Це призводить до прояву рецесивного гена в чоловічій статі, коли в  $x$ -хромосомі він буде в гемізіготному стані.

Наприклад, у мухи дрозофіли червоне забарвлення очей – домінуюча ознака, а біле – рецесивна ознака. Позначимо ген, який детермінує червоне забарвлення буквою “ $A$ ”, а біле - “ $a$ ”. При рецесивних схрещуваннях одержимо такі результати:



Нині явище зчепленого зі статтю успадкування ознак (генів) використовується на практиці, особливо у птахівництві для раннього розпізнавання статі відразу після вилуплення курчат, а також враховуються й інші зчеплені зі статтю гени, зокрема, які контролюють швидкість росту оперення на крилах і хвості, забарвлення пуху і розміри тіла.

### Самостійна робота студентів.

**Задача 1.** Червоне забарвлення очей у дрозофіли домінує над білим забарвленням. Ген, який викликає біле забарвлення очей знаходиться в “X” статевих хромосомах. Білоока самка схрещувалась з червоноокиим самцем. Яких нащадків буде одержано в  $F_1$ , а також в  $F_2$  при схрещуванні  $F_1$  між собою?



**Задача 2.** Колір очей у дрозофіли – зчеплена зі статтю ознака. Червоний – домінантна, білий – рецесивна. Який колір очей матимуть нащадки першого і другого поколінь під час реципрокних схрещувань?

**Задача 3.** У деяких порід курей біле і коричневе забарвлення пір'я визначається парою генів, зчеплених зі статтю. Ген білого пір'я домінує над геном коричневого пір'я. Чи можна відрізнити за статтю курчат за їх пір'ям, якщо схрещувати коричневу курку і білого півня?

**Задача 4.** Смугасте забарвлення пір'я домінує над суцільним забарвленням. Ген, який викликає смугасте забарвлення пір'я знаходиться в статевих хромосомах. Несмугастий суцільного забарвлення півень схрещувався зі смугастими курками. Яких нащадків буде одержано в  $F_1$ , а також при схрещуванні  $F_1$  самки з своїм батьком і  $F_1$  самця з своєю матір'ю?

**Задача 5.** На птахофабриці серед бронзових індиків виявився небажаний альбінізм, який передався нащадкам. П'ять індиків, яких підозрівали, що вони несуть ген альбінізму, схрещували з нормальними бронзовими самками. Від цього схрещування одержано 229 індичат, з них 45 самок альбіносів. Яких індичат слід вибракувати зі стада, щоб позбутися гену альбінізму?

**Задача 6.** Півень гетерозиготний по зчепленому зі статтю летальному гену. Яке співвідношення статей буде у нащадків при схрещуванні цього півня з нормальними самками?

**Задача 7.** Карликовий зріст людини передається домінантно, а дальтонізм рецесивно і зчеплено зі статтю. Одружуються жінка карликового зросту і чоловік нормального зросту. Чоловік дальтонік, жінка має нормальний зір. Якими будуть їхні діти?

**Задача 8.** Рецесивний ген дальтонізму перебуває в X-хромосомі. Батько дівчини хворіє на дальтонізм, а мати і батько матері розрізняють кольори нормально. Яка ймовірність народження у подружжя хворої дитини?

**Задача 9.** Чоловік, який хворів на дальтонізм і глухоту, одружився із жінкою з нормальним зором і слухом. У них народився син глухий і дальтонік і дочка дальтонік, але з нормальним слухом. Визначте ймовірність народження і цій сім'ї дочки з обома аномаліями, якщо відомо, що дальтонізм і глухота передаються як рецесивні ознаки, але дальтонізм з  $X$ -хромосою, а глухота – аутосомна ознака.

**Задача 10.** Нормальний зір у людей є домінантною ознакою, а кольорова сліпота (дальтонізм) – рецесивною. Дівчина з нормальним зором, батько якої хворів кольоровою сліпотою одружується з чоловіком, у якого нормальний зір. Який зір буде у дітей цього подружжя?

**Задача 11.** Відсутність потових залоз передається по спадковості як рецесивна ознака, яка зчеплена з  $X$ -хромосою. Молодий чоловік, який не хворіє цим недостатком, одружується з дівчиною у батька якої були відсутні потові залози. Які діти родяться у цій сім'ї?

**Задача 12.** У людини гемофілія (кровоточивість) або незгортання крові викликається рецесивним геном ( $a$ ), який локалізований в  $X$ -хромосомі. Алель “ $A$ ” забезпечує нормальне згортання крові. Які діти народяться у батьків, якщо в батька і матері є нормальне згортання крові, але мати гетерозиготна по гену гемофілії?

**Задача 13.** Дівчина-дальтонік виходить заміж за чоловіка, який хворіє гемофілією. Які діти народяться у цих батьків?

**Задача 14.** Дальтонізм у людей – зчеплена зі статтю ознака. Який генотип батьків, якщо їх дочки були здорові, а сини дальтоніки?

**Задача 15.** Батько дівчини дальтонік, а мати, як і всі її предки, відрізняє кольори нормально. Дівчина виходить заміж за здорового хлопця. Що можна сказати про їхніх синів, дочок, а також онуків (за умови, що сини й дочки не будуть вступати в шлюб з носіями гена дальтонізму)?

**Задача 16.** У собак один із двох близнюків страждає на гемофілію (рецесивний ген, незгортання крові), другий, чоловічої статі – здоровий. Яка ймовірна стать близнюка, хворого на гемофілію? Близнюки є гомозиготними? Які генотипи обох близнюків і їх матері? Яких нащадків можна чекати, якщо схрестити самця-гемофіліка і самку – носія гена гемофілії?

**Задача 17.** Гемофілія у свиней – ознака зчеплена зі статтю. У господарстві розводять свиноматок, носіїв гену гемофілії. Як можна виявити таких особин? Складіть схему успадкування цієї хвороби у свиней.

**Задача 18.** У чеських білих свиней ознака – вивернутість передніх кінцівок – успадковується зчеплено зі статтю. Здоровий кнур спаровувався з гетерозиготними свиноматками, носіями цього дефектного гену. Яких поросят буде одержано від цього схрещування? Яких тварин слід вибраковувати зі стада, щоб позбутися цього небажаного дефекту кінцівок?

**Задача 19.** У бронзових індиків спадково обумовлене дрижання тіла (вібрація) передається через статеві хромосоми. При спаровуванні нормальних самок з самцями, в яких проявилось дрижання тіла, всі особини чоловічої статі були нормальні, а в особин жіночої статі проявлялось дрижання тіла. Визначте, яка з цих двох ознак є домінуючою і який генотип батьківських особин?

**Задача 20.** Здоровий чоловік з групою крові АВ одружився із здоровою жінкою з групою крові О, батько якої був гемофіліком. Яких нащадків можна чекати від цієї пари, які фенотипи і з якою відносною величиною?

### **Питання для самоконтролю:**

1. Що називається статтю?
2. Яке співвідношення статей у популяціях свійських тварин?
3. Які існують теорії визначення статі у тварин?
4. Який тип визначення статі називається прогамним, сингамним, епігамним?
5. Що таке аутосоми і статеві хромосоми?
6. Суть гомо- і гетерогаметності у різних видів тварин.

7. В яких організмів гетерогаметною є жіноча стать?
8. В яких організмів гетерогаметною є чоловіча стать?
9. На чому базується хромосомна теорія визначення статі?
10. На чому базується балансова теорія визначення статі?
11. Як успадковується стать у савців та мухи дрозофіли?
12. Як успадковується стать у птиці і тутового шовкопряда?
13. Які статеві хромосоми містяться в клітинах тіла самки і самця дрозофіли, курки і півня, вівці і барана?
14. Скільки типів гамет, відмінних за статевими хромосомами, утворюються при гаметогенезі у самки і самця дрозофіли, у курки і півня, у корови і бугая?
15. Як позначаються статеві хромосоми особин жіночої і чоловічої статі у савців?
16. Як позначаються статеві хромосоми у птиці?
17. Які ви знаєте методи регулювання співвідношення статі?
18. Які причини виникнення фрімартинізму у великої рогатої худоби? Про що свідчить явище фрімартинізму?
19. У чому полягає бісексуальність організмів?
20. Що собою являють інтерсекси?
21. Які особини називаються гермафродитами?
22. В яких випадках проявляється синдром трисомії у людей і які його наслідки?
23. В яких випадках проявляється синдром Тернера і які його наслідки для людини і тварин?
24. В яких випадках проявляється синдром Кляйнфельтера і які його наслідки для людини і тварин?
25. Що ви розумієте під таким різновидом розмноження як партеногенез, гіногенез, андрогенез?
26. Як слід розуміти успадкування ознак зчеплених зі статтю?
27. Які ознаки успадковуються зчеплено зі статтю у тварин, птиці, дрозофіли?
28. Які хвороби людей і тварин успадковуються зчеплено зі статтю?

29. Наведіть приклади практичного використання ознак, що успадковуються зчеплено зі статтю?
30. Наведіть приклади практичного використання ознак, що успадковуються зчеплено зі статтю у птиці, тутового шовкопряда?
31. Який набір хромосом у самок і самців бджіл (робочих бджіл і трутнів)?

## 5. Досліди зі схрещування різних ліній дрозофіли.

**Мета заняття.** Ознайомити студентів з біологічними особливостями розвитку дрозофіли, її мутаціями і використанням в генетичних дослідженнях. Засвоєння методики проведення досліджень з вивчення закономірностей успадкування ознак в дрозофіли та закріпити у студентів знання про ці закономірності. Зокрема, вивчити закономірності успадкування протилежних ознак у дрозофіли при моно- і дигібридному схрещуванні та успадкуванні ознак, зчеплених зі статтю. З'ясувати характер успадкування ознак при реципрокних схрещуваннях та підтвердити проявлення явища домінування або одноманітності гібридів першого покоління, явища розщеплення в гібридів другого покоління та явища незалежного успадкування ознак, яке проявляється в гібридів другого покоління при дигібридному схрещуванні. Вивчити характер успадкування ознак, зчеплених зі статтю. Розрахувати методом  $\chi^2$ , наскільки кількісне проявлення в досліді окремих фенотипових класів розщеплення, незалежного успадкування відповідає теоретично очікуваному. Засвоїти основні поняття і терміни, що використовуються при гібридологічному аналізі.

**Теоретичне обґрунтування.** Гібридологічний метод аналізу закономірностей успадкування протилежних ознак розробив, застосував і в 1865 році опублікував результати своїх досліджень Грегор Мендель. Головною особливістю цього методу є те, що для схрещування підбирають вихідні батьківські особини, які відрізняються обмеженою кількістю і чітко вираженими протилежними (альтернативними) ознаками. Ведеться, також, чіткий облік проявлення ознак у гібридів різних поколінь кожного гібридного організму.

Грегор Мендель, схрещуючи різні сорти гороху і вивчаючи закономірності успадкування окремих протилежних ознак, встановив закономірності успадкування 7 пар протилежних ознак. Зокрема, на основі моногібридного схрещування він встановив явище домінування та явище розщеплення у гібридів другого покоління, а на основі дигібридного

схрещування – явище незалежного успадкування ознак (незалежного комбінування генів). При проявленні цих явищ відбувається розщеплення у співвідношенні 3 : 1 за фенотипом і 1 : 2 : 1 за генотипом при моногібридному схрещуванні, а при дигібридному схрещуванні в другому покоління співвідношення фенотипів було 9 : 3 : 3 : 1, а співвідношення генотипів – 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1.

Для проведення досліджень з вивчення закономірностей успадкування ознак в лабораторних умовах незамінним об'єктом стала дрозофіла, яка має короткий цикл розвитку від яйця до дорослої мухи (10-12 днів), виключно високу плодючість, малу кількість хромосом (8), а також багато мутантних форм, які виявлені в її популяціях.

Розвиток дрозофіли проходить через чотири стадії: яйце, личинка, лялечка і доросла муха. В лабораторних умовах нормальною температурою для розвитку є 24-25°C. При цій температурі цикл розвитку триває 10 діб.

Існує відмінність в будові між самками і самцями дрозофіли. Зокрема, самки більші за самців, кінець черевця в самця округлий і має суцільну пігментацію.

В природі зустрічається дикий тип Normal (*N*) – це муха, яка має червоне забарвлення очей, жовто-сірий тулуб, крилата. Вказані ознаки є домінуючими. Забарвлення очей успадковується зчеплено зі статтю. Крім того, відомо до 150 мутантних форм дрозофіли. Окремі з них, які використовують для досліджень, є такі:

1. Vestigial (*vg*) – мутант з зачатковими крилами, ознака рецесивна, ген знаходиться в II хромосомі;

2. Ebony (*e*) – мутант з чорним забарвленням тіла, ознака рецесивна, ген знаходиться в III хромосомі;

3. White (*w*) – мутант з білим забарвленням очей, ознака рецесивна, ген знаходиться в “X” статевій хромосомі.

**Методика виконання типового завдання.** При проведенні дослідів з дрозофілою, студенти ведуть протоколи кожного досліду, а одержані

результати заносять у відповідні форми, що дає можливість швидко з'ясувати закономірності успадкування протилежних ознак. Складаючи протоколи досліджень і схеми схрещувань, використовують такі позначення:

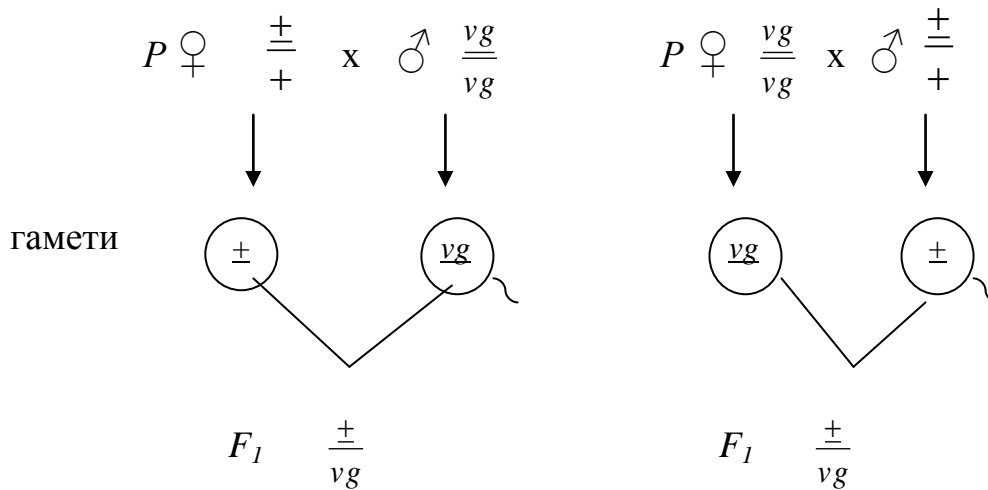
- батьківські особини позначають латинською буквою  $P$ ,
- схрещування знаком  $\times$ ,
- жіночу стать знаком  $\text{♀}$ ,
- чоловічу стать знаком  $\text{♂}$ ,
- одержаних гібридів позначають латинською буквою  $F$ , з відповідним позначенням поколінь, наприклад,  $F_1$ ,  $F_2$ ,
- домінантні гени позначають знаком  $+$ , або  $n+$  (тобто літера з символом “+”),
- а їх рецесивні алелі – прописною буквою назви цієї ознаки. Наприклад, ген, що детермінує червоний колір очей знаком  $+$ , біле забарвлення очей – буквою  $w$ , ген сірого забарвлення тулуба позначають знаком  $+$ , темного забарвлення – буквою  $e$ ,
- аутосоми та  $x$ -статеві хромосоми позначають рискою  $—$ ,  $y$ -хромосому – знаком  $\neg$ .

Дослід на моногібридне схрещування проводять за такою схемою:

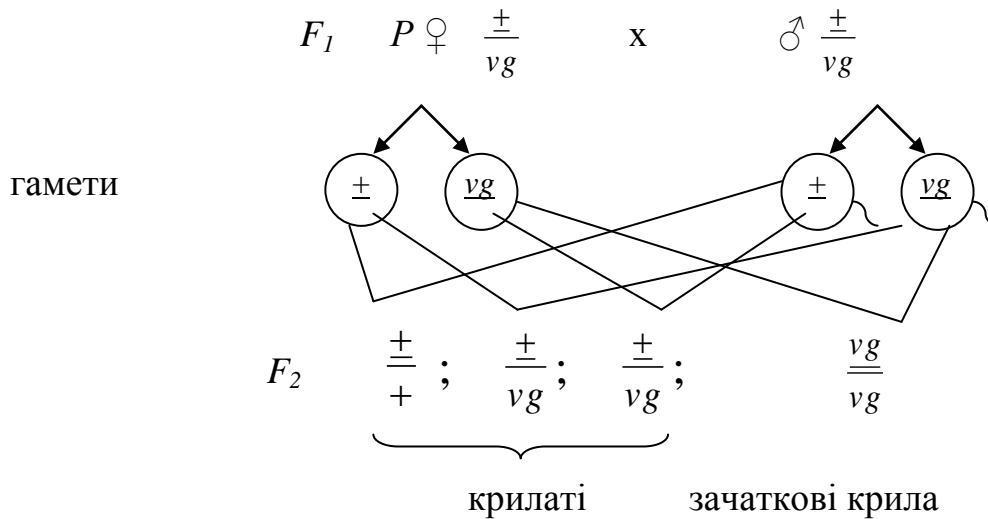
1.  $P \text{♀ Normal } (N) \times \text{♂ vestigial } (vg)$
2.  $P \text{♀ vestigial } (vg) \times \text{♂ Normal } (N)$

У цьому досліді буде вивчатися закономірність успадкування в дрозофіли таких ознак як крилатість і зачаткові крила. Вказані ознаки детермінуються аутосомними генами і знаходяться в другій парі аутосом. Успадкування цих ознак буде проходити таким шляхом:





Гібриди першого покоління  $F_1$  будуть крилаті. Отже, тут проявиться явище домінування. У другому поколінні успадкування ознак проходитиме так:



Фенотип 3 : 1

Генотип 1 : 2 : 1

У гібридів другого покоління, поряд з домінантною ознакою крилатістю, проявляються особини з зачатковими крилами, що буде свідчити про проявлення явища розщеплення.

Дослід на дигібридне схрещування проводять за такою схемою:

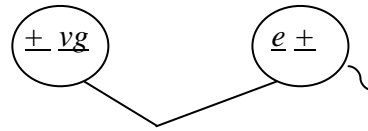
1.  $P \text{♀ } \text{vestigial } (vg) \times \text{♂ } \text{ebony } (e)$
2.  $P \text{♀ } \text{ebony } (e) \times \text{♂ } \text{vestigial } (vg)$

У цьому досліді буде вивчатися закономірність успадкування двох пар протилежних ознак. Перша пара – крилатість, зачаткові крила. Друга пара – сіре забарвлення тулуба, темне забарвлення тулуба. Алельні гени, які

детермінують пари протилежних ознак, знаходяться в різних парах гомологічних хромосом. Тому їх успадкування буде проходити на основі незалежного комбінування, що добре видно з наведеної схеми схрещувань.

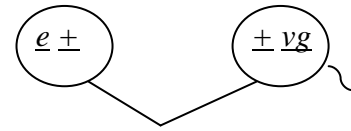
$$P \text{♀} \begin{array}{c} \underline{+} \underline{vg} \\ + \underline{vg} \end{array} \times \text{♂} \begin{array}{c} \underline{e} \underline{+} \\ e + \end{array} \qquad P \text{♀} \begin{array}{c} \underline{e} \underline{+} \\ e + \end{array} \times \text{♂} \begin{array}{c} \underline{+} \underline{vg} \\ + \underline{vg} \end{array}$$

гамети



$$F_1 \begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array}$$

сірі крилаті



$$F_1 \begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array}$$

сірі крилаті

У гібридів першого покоління  $F_1$  знову проявиться явище домінування, або одноманітність гібридів першого покоління. У другого покоління успадкування ознак буде проходити так:

$$P \text{♀} \begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array} \times \text{♂} \begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array}$$

$F_2$	♀ \diagdown ♂				
		$\underline{+} \underline{+}$	$\underline{+} \underline{vg}$	$\underline{e} \underline{+}$	$\underline{e} \underline{vg}$
	$\underline{+} \underline{+}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ + + \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ + \underline{vg} \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e + \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array}$
	$\underline{+} \underline{vg}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ + \underline{vg} \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{vg} \\ + \underline{vg} \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{vg} \\ e \underline{vg} \end{array}$
	$\underline{e} \underline{+}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e + \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{e} \underline{+} \\ e + \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{e} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array}$
	$\underline{e} \underline{vg}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{+} \underline{vg} \\ e \underline{vg} \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{e} \underline{+} \\ e \underline{vg} \end{array}$	$\begin{array}{c} \underline{e} \underline{vg} \\ e \underline{vg} \end{array}$

Отже, у  $F_2$  дигібридного схрещування співвідношення фенотипів буде 9 : 3 : 3 : 1, а співвідношення генотипів 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1. Зокрема, поряд з сірими крилатими, темними з зачатковими крилами будуть проявлятися особини сірі з зачатковими крилами і темні крилаті, що може свідчити про

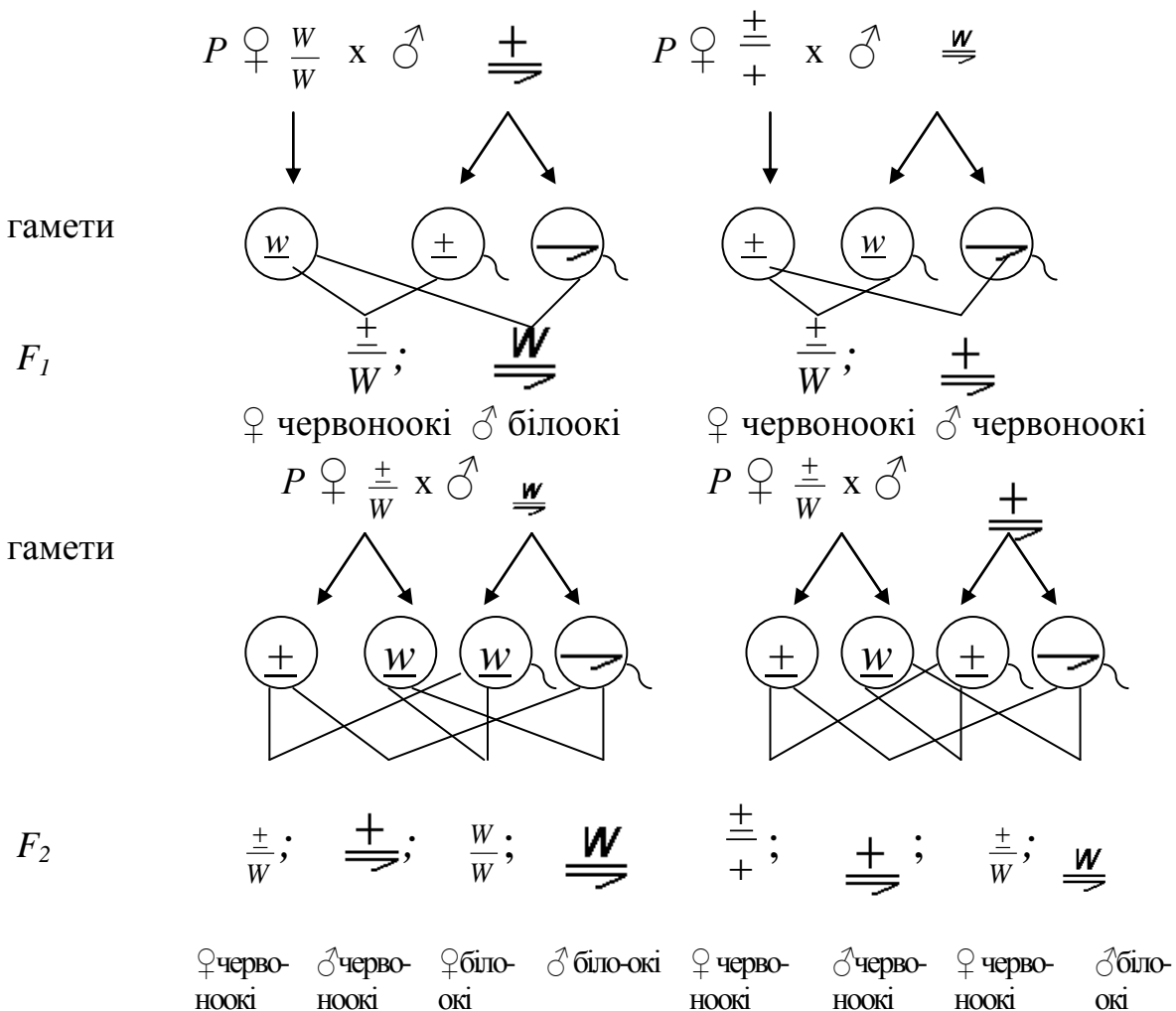
проявлення явища незалежного успадкування ознак та комбінативної мінливості.

Для з'ясування особливостей успадкування ознак, зчеплених зі статтю, проводять такі схрещування:

1.  $P \text{ ♀ white } (w) \times \text{ ♂ Normal } (N)$

2.  $P \text{ ♀ Normal } (N) \times \text{ ♂ white } (w)$

Гени, які детермінують червоне і біле забарвлення очей у дрозофіли, знаходяться в "х" статевих хромосомах. Тому успадкування вказаних ознак буде проходити зчеплено зі статтю, що видно з наведеної нижче схеми схрещувань:



Фенотип 1 : 1 : 1 : 1

Фенотип 3 : 1

## Самостійна робота студентів.

Перед проведенням досліду в кожній групі студентів (12-14 осіб) формується 3-4 підгрупи (3-4 особи), кожна з яких проводить дослід згідно з розробленими завданнями. На 5-6 день від початку досліду (посадки самок і самців) з'являються личинки і лялечки, тому в цей час необхідно викинути з пробірок батьківські особини, а на 10-11 день провести аналіз гібридів першого покоління ( $F_1$ ) і відібрати самок і самців та зробити посадку для одержання гібридів другого покоління ( $F_2$ ). На початку досліду маркують пробірки за нижче наведеною формою.

### ФОРМА

#### запису на етикетках пробірок з поживним середовищем

<i>Дослід 1</i>	<i>Дослід 2</i>	<i>Дослід 3</i>
Моногібридне схрещування $\text{♀ } N \times \text{♂ } vg$ Дата _____ Група _____ Прізвище старшого підгрупи	Дигібридне схрещування $\text{♀ } e \times \text{♂ } vg$ Дата _____ Група _____ Прізвище старшого підгрупи	Успадкування ознак, зчеплених зі статтю $\text{♀ } w \times \text{♂ } N$ Дата _____ Група _____ Прізвище старшого підгрупи
Моногібридне схрещування $\text{♀ } vg \times \text{♂ } N$ Дата _____ Група _____ Прізвище старшого підгрупи	Дигібридне схрещування $\text{♀ } vg \times \text{♂ } e$ Дата _____ Група _____ Прізвище старшого підгрупи	Успадкування ознак, зчеплених зі статтю $\text{♀ } N \times \text{♂ } w$ Дата _____ Група _____ Прізвище старшого підгрупи

**Завдання 1.** Провести дослід на моногібридне схрещування і виявити, яка ознака з пари протилежних, проявиться у гібридів першого покоління ( $F_1$ ). На основі цього з'ясувати, яка ознака є домінантною, а яка рецесивною. З'ясувати також характер успадкування ознак у гібридів другого покоління ( $F_2$ ) та вирахувати числове співвідношення фенотипів. Дослід та одержані результати досліджень оформити протоколом № 1.

**Протокол № 1 дослід на моногібридне схрещування**

Дата	Опис схрещування, покоління	Результати дослід		
		Всього	з них	
			крилаті	з зачатковими крилами
	$P \text{ ♀ } N \times \text{♂ } vg$ $P \text{ ♀ } vg \times \text{♂ } N$ $F_1$ $F_1 \times F_2$ $F_2$			

Співвідношення фенотипів

Висновок

**Завдання 2.** Провести дослід на дигібридне схрещування та виявити, які ознаки з двох протилежних проявляються у гібридів першого покоління ( $F_1$ ). З'ясувати характер успадкування ознак у гібридів другого покоління ( $F_2$ ). Визначити кількісне співвідношення фенотипів та виявити нові комбінації ознак та проявлення на її основі комбінативної мінливості. Дослід та одержані результати досліджень оформити протоколом № 2.

### Протокол № 2 дослід на дигібридне схрещування

Дата	Опис схрещування, покоління	Результати дослід				
		Всього	з них			
			Сірі крилаті	Сірі з зачатковими крилами	Темні крилаті	Темні з зачатковими крилами
	$P \text{♀ } vg \text{ x } \text{♂ } e$ $P \text{♀ } e \text{ x } \text{♂ } vg$ $F_1$ $F_1 \text{ x } F_2$ $F_2$					

Співвідношення фенотипів

Висновок

**Завдання 3.** Провести дослід на успадкування ознак, зчеплених зі статтю. З'ясувати характер успадкування ознак, зчеплених зі статтю при реципрокних схрещуваннях. Дослід та отримані результати оформити протоколом № 3.

### Протокол № 3 дослід на дигібридне схрещування

Дата	Опис схрещування, покоління	Результати дослід				
		Всього	червоноокі		білоокі	
			♀	♂	♀	♂
	$P \text{♀ } N \text{ x } \text{♂ } w$ $F_1$ $F_1 \text{ x } F_2$ $F_2$					

Співвідношення фенотипів

Висновок

**Завдання 4.** Використовуючи метод визначення критерію відповідності хі-квадрат ( $\chi^2$ ), визначити, наскільки одержані в досліді співвідношення

фенотипів відповідає теоретично очікуваному. На основі одержаних результатів оцінки заповнити таблиці 1, 2, 3.

**1. Результати оцінки відповідності одержаного в досліді розщеплення в  $F_2$  моногібридного схрещування теоретично очікуваному**

Фено- типові класи	Одержано в досліді ( $O$ )	Теоретично очікуване ( $E$ )	$(O - E)$	$(O - E)^2$	$\frac{(O - E)^2}{E}$
Крилаті					
Зачаткові крила					
Разом					
	$\chi^2 =$			$P =$	
Висновок					

**2. Результати оцінки відповідності одержаного в досліді співвідношення в  $F_2$  дигібридного схрещування теоретично очікуваному**

Фенотипові класи	Одержано в досліді ( $O$ )	Теоретично очікуване ( $E$ )	$(O - E)$	$(O - E)^2$	$\frac{(O - E)^2}{E}$
Сірі крилаті					
Сірі з зачатковими крилами					
Темні крилаті					
Темні з зачатковими крилами					
Разом					
	$\chi^2 =$			$P =$	
Висновок					

**3. Результати оцінки відповідності одержаного в досліді співвідношення в  $F_2$  успадкування ознак, зчеплених зі статтю, теоретично очікуваному**

Фенотипові класи	Одержано в досліді ( $O$ )	Теоретично очікуване ( $E$ )	$(O - E)$	$(O - E)^2$	$\frac{(O - E)^2}{E}$
Червоноокі		♀ $w$ x ♂ $N$			
Білоокі					
Разом					
	$\chi^2 =$			$P =$	
Висновок					
Червоноокі		♀ $N$ x ♂ $w$			
Білоокі					
Разом					
	$\chi^2 =$			$P =$	
Висновок					

**Питання для самоконтролю:**

1. Суть генетичного аналізу та його використання при розведенні домашніх тварин.
2. Коли і ким були відкриті основні закономірності успадкування протилежних ознак при статевому розмноженні?
3. Яку генетичну символіку використовують при проведенні схрещувань?
4. Якими символами позначаються алельні гени у дрозофіли?
5. Які гени називаються алельними і неалельними?
6. Чим відрізняється символічний запис генотипу особини, в якій гени знаходяться в різних парах хромосом?
7. Чим відрізняється гемізіготна особина від гомозиготної і гетерозиготної?
8. Чим відрізняється успадкування ознак, зчеплених зі статтю, від моногенного аутосомного успадкування?
9. Які ознаки називають домінантними, а які рецесивними?



10. Які схрещування називаються реципрокними та з якою метою їх застосовують?
11. Дайте визначення явища домінування, розщеплення і незалежного успадкування ознак.
12. Дайте визначення поняття генотип, фенотип, гомозиготність, гетерозиготність.
13. Яке значення явища незалежного успадкування ознак для розведення і селекції домашніх тварин?

## 6. Молекулярні основи спадковості

*(Семінарське заняття)*

**Мета заняття.** Вивчити матеріальні основи спадковості на молекулярному рівні та з'ясувати особливості будови спадкового матеріалу, шляхи реалізації спадкової інформації, функцію генів, генний контроль біосинтезу білка, а також одержати розуміння генотипу організму, як системи взаємозв'язаних функціональних одиниць спадкової інформації.

**Теоретичне обґрунтування.** Відтоді, як стало відомо, що генетична інформація знаходиться в ядрі клітини, а більш конкретно – в хромосомах, постали питання про хімічну будову хромосом і про те, яка хімічна сполука є носієм спадкової інформації. В результаті численних досліджень було встановлено, що хромосома складається з дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК), сполученої з білками – гістонами у вигляді дезоксинуклеопротеїду, структурного білка і рибонуклеїнової кислоти (РНК). Генетична інформація зосереджена саме в нуклеїнових кислотах. Спадковість в розвитку організмів і їх життєдіяльність реалізуються в процесі біосинтезу білка. Всі основні властивості живих істот визначаються структурою і функцією білкових молекул. Найбільш важливими білками є ферменти, які відзначаються високою спеціалізацією.

Безпосереднім носієм спадкової інформації є ДНК, хоча в деяких вірусів носієм спадкової інформації є РНК.

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

Просторово молекула ДНК складається з двох ланцюгів у формі правої гвинтової спіралі. Ланцюги з'єднані між собою водневими зв'язками. Вона має здатність до самовідтворення, або реплікації.

Крім того вона є матрицею, на якій синтезується подібна до неї рибонуклеїнова кислота – РНК. Процес реплікації здійснюється під впливом ферментів рибонуклеази і ДНК - полімерази.

Рибонуклеїнова кислота за будовою є одноланцюговою. Існує три типи РНК: матрична, або інформаційна (м-РНК, і-РНК), транспортна (т-РНК) і рибосомальна (р-РНК).

Вивчення генетичного матеріалу клітини, що складає матеріальну основу спадковості здійснюється на молекулярному рівні. Це дозволяє виявити структурні і функціональні особливості, які визначають основні властивості спадковості, розширити уяву про генотип організму як систему взаємозв'язаних функціональних одиниць спадкової інформації.

### **Тематика семінарського заняття:**

1. Нуклеїнові кислоти: ДНК, РНК – матеріальні носії спадковості. Структура ДНК та її реплікація. Компліментарність пуринових і піримідинових основ.
2. Будова і типи РНК. Роль інформаційної, транспортної, рибосомної РНК в біосинтезі білка.
3. Генетичний код та його властивості: триплетність, неперекриваємість, виродженість, універсальність. Термінальні кодогени.
4. Біосинтез білка. Передача спадкової інформації в системі ДНК-РНК- білок: транскрипція, сплайсінг РНК, трансляція. Зворотна транскрипція, її теоретичне та практичне значення.
5. Будова генетичного матеріалу у бактерій і вірусів. Трансформація у бактерій і вірусів, трансдукція і кон'югація у бактерій.

### **Питання для самоконтролю:**

1. Які дослідження підтвердили роль нуклеїнових кислот у спадковості?
2. Які існують типи нуклеїнових кислот?
3. Яка будова ДНК і РНК ? Їх функція?
4. Що таке нуклеотид?

5. Що ви розумієте під реплікацією?
6. Поясніть правила Чаргаффа і видову специфічність ДНК?
7. У чому полягає компліментарність азотистих основ?
8. Які існують типи РНК та їх роль в процесі біосинтезу білка?
9. Що таке транскрипція, трансляція, трансдукція, колінеарність?
10. У чому полягає сплайсінг проінформаційної РНК?
11. Що таке кодоген, кодон і антикодон?
12. Яке значення зворотної транскрипції?
13. Що називається генетичним кодом і яка його особливість?
14. Наведіть сучасні дані про будову гена. Екзони, інтрони.
15. Які триплети або кодони не кодують жодної амінокислоти?
16. В чому полягає триплетність, виродженість, універсальність, неперекриваємість генетичного коду?
17. В яких органідах цитоплазми клітини відбувається біосинтез білка ?
18. Що називається триплетом або кодоном?
19. Скільки кодонів включає генетичний код?
20. Дайте визначення термінів “ініціація”, “елонгація”, “термінація”.
21. Що називається геномом?
22. Дайте визначення явища трансформації у бактерій та вірусів.
23. Дайте визначення явища трансдукції у бактерій.
24. Дайте визначення явища кон’югації у бактерій.
25. Що ви розумієте під явищем лізогенії?

## 7. Імуногенетика. Групи крові і біохімічний поліморфізм білків та їх успадкування.

**Мета заняття.** Ознайомитись з поняттям про поліморфізм і поліморфні системи білків, з методикою визначення груп крові, біохімічного поліморфізму білків та особливостями їх успадкування.

**Теоретичне обґрунтування.** Імуногенетика – розділ генетики, що вивчає генетичну зумовленість факторів імунітету, внутрішньовидову, міжвидову та індивідуальну різноманітність антигенів, які складають основу сумісності і несумісності тканин. Імуногенетичні методи засновані на вивченні еритроцитарних антигенів (групи крові), антигенів клітин організму тварин і людини, та вивченні спадкового поліморфізму білків.

Використання цих методів має теоретичне і практичне значення у медицині і тваринництві для здійснення генетичної експертизи, достовірності походження тварин в онтогенетичному і філогенетичному плані, характеристики генетичної структури популяцій, встановлення зв'язку імуногенетичних показників зі стійкістю до деяких хвороб, продуктивністю тварин.

Імуногенетична символіка груп крові для різних видів тварин має свої особливості у написанні. Антигени позначають літерами латинського алфавіту (*A, B, C, D, ...*) з різними цифровими або літерними індексами (*A<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>, D<sub>5</sub>, ...*). Генотип тварини записують через косу вертикальну лінію (*A/A*).

Біохімічні поліморфні типи білків позначають також буквенною символікою. Кожна група білка має в генотипі свій локус, де повторні мутації утворюють серію множинних алелів. Наприклад, у локусі трансферину виявлено такі його типи: *A, B, C, D, E*. Алелі трансферинового локусу позначають так: *Tf<sup>A</sup>, Tf<sup>B</sup>, Tb<sup>E</sup>, Tf<sup>C</sup>*, а генотипи так: *Tf<sup>A</sup> / Tf<sup>A</sup>; Tf<sup>B</sup> / Tf<sup>B</sup>; Tb<sup>A</sup> / Tb<sup>B</sup>*.

**Групи крові** – це сукупність еритроцитарних антигенів організму в межах конкретної генетичної системи.

**Генетична система групи крові** – це серія еритроцитарних антигенів, яка у різних особин одного і того ж виду контролюється одним і тим самим локусом, тобто – це серія мутантних алелів одного гена (локусу).

**Тип крові** – це сума груп крові всіх генетичних систем однієї особини.

Характерними особливостями успадкування груп крові є те, що кожна особина (нащадок) успадковує по одному із двох алелів від матері і батька в кожній генетичній системі. Особина з антигенами, яких немає хоча б у одного з батьків, не може бути нащадком такої батьківської пари.

### **Біохімічні поліморфні системи білків і ферментів крові та білків молока сільськогосподарських тварин**

Системи	Символ локусу	Велика рогата худоба	Свині	Вівці	Коні
		К-сть алелей			
Гемоглобін	Hb	10	-	5	2
Альбумін	Alb	9	3	7	3
Преальбумін	Pr	-	2	-	-
Постальбумін	Pa	2	-	-	-
Гаптоглобулін	Hp	-	4	-	-
Трансферин	Tf	12	5	13	10
Церулоплазмін	Cp	3	2	-	-
Амілаза	Am	4	3	-	-
Лужна фосфатаза	F	2	-	2	-
Карбоангідраза	Ca	2	-	2	-
В-лактоглобін	B-Lq	4	-	-	-
В-казеїн	B-Cn	6	-	-	-

Одне з головних завдань практичного використання груп крові і поліморфних систем білків – це контроль походження тварин, який є найбільш поширеним у світовій практиці методом генетичної експертизи походження. Проводити генетичну експертизу достовірності походження тварин на основі груп крові і біохімічного поліморфізму можна за одним або за багатьма локусами. Однак найкращі результати одержують тоді, коли генетичну експертизу проводять одночасно з урахуванням груп крові і біохімічних поліморфних систем.

### **Самостійна робота студентів.**

**Задача 1.** У матері перша група крові, а у батька третя. Чи можуть діти успадкувати групу крові своєї матері?

**Задача 2.** У хлопчика перша група крові, а у його сестри третя. Яка група крові у їх батьків?

**Задача 3.** У матері третя група крові, а у батька четверта. Визначте можливі групи крові дітей, якщо відомо, що алель  $A$  і  $B$  домінує над алелем  $O$ , а тип  $AB$  успадковується по типу кодомінування?

**Задача 4.** Батьки мають другу і третю групи крові. Які групи крові можуть бути в їх дітей?

**Задача 5.** Визначте групу крові дитини, якщо батьки мають першу і другу групи крові?

**Задача 6.** У батька четверта група крові і негативний резус-фактор, мати має третю групу крові і позитивний резус-фактор. Батько матері – резус негативний з першою групою крові. В даній сім'ї є двоє дітей, одна дитина є резус негативна з третьою групою крові, друга – резус позитивна з третьою групою крові. Який генотип цих дітей?

**Задача 7.** Батько кароокий з третьою групою крові, мати кароока з другою групою крові. Батьки гетерозиготні за обома ознаками. Визначте

вірогідність народження в цих батьків дитини з першою групою крові і карими очима, з першою групою крові і голубими очима.

**Задача 8.** У хлопчика *O* група крові, а в його сестри *AB*. Визначте групу крові і генотип батьків.

**Задача 9.** Від двох баранів каракульської породи першого з генотипом  $AmA/B$ , другого –  $AmC/C$  одержано 150 нащадків з генотипами  $AmA/B$  – 15,  $AmA/B$  – 9,  $AmB/B$  – 27,  $AmB/C$  – 66,  $AmC/C$  – 30. Чи можна визначити нащадків цих баранів?

**Задача 10.** У свиней система групи крові *B* представлена двома кодомінантними алелями. Алель  $Va$  обумовлює утворення антигену  $Va$ , а алель  $Vb$  – антигену  $Vb$ . Виявіть генотип і фенотип нащадків першого покоління, якщо генотип батьків був  $Vb/Vb \times Va/Vc$ . Яке буде розщеплення в  $F_2$  за фенотипом при схрещуванні гібридів  $F_1$  між собою?

**Задача 11.** Від шлюбу чоловіка з групою крові *AB* і жінки з групою крові *A* народилося троє дітей з групами крові: *BO*, *AB* і *AO*. Визначте за групами крові генотип батьків і їхніх дітей.

**Задача 12.** Синтез білка трансферину в європейських порід свиней детермінується двома алелями  $Tf^A$  і  $Tf^B$  гаптоглобіну чотирма алелями –  $Hr$ ,  $Hr^1$ ,  $Hr^2$ ,  $Hr^3$ . Визначте генотип за цими поліморфними білками нащадків при таких схрещуваннях:

$$1. Tf^A / Tf^B Hr/Hr^1 \times Tf^B / Tf^A Hr^2 / Hr^2$$

$$2. Tf^A / Tf^A Hr/Hr^2 \times Tf^A / Tf^B Hr^2 / Hr^2$$

**Задача 13.** Білок трансферин у свиней детермінується двома кодомінантними генами  $Tf^A$  і  $Tf^B$ . Які типи цього білка будуть у гібридів першого покоління при схрещуванні батьківських особин з такими типами трансферину:

$$1. Tf^A / Tf^A \times Tf^A / Tf^B$$

$$2. Tf^A / Tf^B \times Tf^A / Tf^B$$



**Задача 14.** Змішаною спермою двох бугаїв з типом трансферину  $Tf^E / Tf^E$ ;  $Tf^E / Tf^D$  осіменено корову з типом трансферину  $Tf^A / Tf^E$ . Від цього схрещування народилась теличка з типом трансферину  $Tf^A / Tf^D$ . Як можна встановити походження цієї телички?

#### **Питання для самоконтролю:**

1. На стику яких наук зародилася імуногенетика?
2. Що вивчає розділ генетики, який називається імуногенетикою?
3. Що називається групою крові?
4. Що називається генетичною системою групи крові?
5. Як успадковуються групи крові?
6. Назвіть вчених, які відкрили групи крові у людей.
7. Що називається антитілом?
8. Які антитіла називаються імунними?
9. Які антитіла називаються природними?
10. Що називається типом крові?
11. За яким типом домінування успадковуються групи крові?
12. Які антигени називаються специфічними і неспецифічними?
13. Чим відрізняються групи крові системи *ABO* від груп крові свійських тварин?
14. Чому групи крові і деякі поліморфні білки розглядаються як генетичні маркери?
15. Що називається феногрупою крові?
16. За якими типами білків сироватки крові виявлено поліморфізм?
17. За якими типами білків молока виявлено поліморфізм?
18. Яким методом визначають поліморфізм білків?
19. Яку сироватку крові називають моновалентною, а яку полівалентною?
20. Скільки типів трансферину виявлено в окремих видів свійських тварин?
21. Яку кількість генетичних систем і груп крові виявлено в окремих видів свійських тварин?

22. В яких хромосомах локалізовані гени, що визначають групи крові свійських тварин?
23. З якою метою використовують групи крові в селекції свійських тварин?
24. З якою метою використовують поліморфні білкові системи в селекції свійських тварин?
25. Який зв'язок груп крові зі стійкістю до окремих захворювань у свійських тварин?
26. З якою метою використовують групи крові у людей?
27. Дайте характеристику резус-фактора людини?
28. Як і в яких видів свійських тварин проявляється гемолітична хвороба молодняка та якими методами можна її попередити?

## 8. Генетичні аномалії у тварин і птиці.

**Мета заняття.** Ознайомлення студентів з аномаліями різних видів тварин і птиці, навчити їх визначати типи успадкування аномалій, їх класифікацію та роль генетичного аналізу в їх етіології, аналізувати родоводи тварин, у яких проявилася аномалія, вираховувати частоту аномальних, летальних і напівлетальних генів, які детермінують прояв окремих аномалій.

**Теоретичне обґрунтування.** Одним з найважливіших завдань ветеринарної медицини в боротьбі з хворобами тварин є своєчасне проведення профілактичних заходів, або сукупності організаційних і спеціальних ветеринарних, селекційних заходів запобігання і упередження захворювання тварин та прояву аномалій. Зокрема, знаючи закономірність успадкування схильності до окремих хвороб і прояву аномалій, можна запобігати передачі з покоління до покоління генів, які викликають ту чи іншу патологію. Звідси витікає, що фахівець з ветеринарної медицини повинен вміти шляхом поєднання ветеринарних і генетичних методів діагностувати спадкові хвороби, аномалії та розробляти і впроваджувати ефективні заходи запобігання їх прояву у тварин.

**Генетичні аномалії** – це морфофункціональні порушення в організмі тварин, які виникають в результаті генних, геномних і хромосомних мутацій. В результаті прояву аномалії порушуються функції організму в результаті відхилень у розвитку кістяка осьового і периферичного скелету, зору, нервової і відтворювальної систем, дефектів епітелію шкіри, вовнового покриву в овець, покриву пір'я у птиці, порушень в обміні речовин.

Залежно від причин виникнення аномалії у тварин поділяють на спадкові (генетичні), спадково-середовищні і середовищні (екзогенні).

Генетичні аномалії проявляються в результаті дії мутантних генів, їх рекомбінації, або в результаті збільшення чи зменшення кількості хромосом. Гени, які виникають в результаті мутації і обумовлюють прояв різних аномалій, в результаті чого організм гине, називається летальним. У більшості випадків

летальні гени, що розміщені в аутосомах, є рецесивними і проявляють свою дію тільки тоді, коли переходять у гомозиготний стан. При цьому вони відзначаються повною пенетрантністю як в самок, так і в самців. Тому в особин чоловічої і жіночої статей дефект проявляється з однаковою частотою.

Прояв генетичної аномалії у тварин у переважній більшості випадків контролюється однією парою алельних генів. Характерною особливістю успадкування аномалій є менделівський тип розподілу, що відповідає розподілу домінантних і рецесивних якісних ознак. Тварини гетерозиготні за такими генами ( $Aa$ ) фенотипово не відрізняються від нормальних особин ( $AA$ ).

Спадково-середовищні аномалії, також, проявляються під дією мутантних генів, експресія яких може відбуватися лише при певних умовах зовнішнього середовища. Вважають, що прояв таких аномалій детермінується полілокусною системою генів, або вони успадковуються полімерно. Тому ступінь прояву таких аномалій буде залежати від кількості мутантних генів та умов зовнішнього середовища.

Середовищні або екзогенні аномалії проявляються безпосередньо під впливом факторів зовнішнього середовища. Такі фактори зовнішнього середовища називаються тератогенами. Вони поділяються на фізичні, хімічні і біологічні. До фізичних тератогенів відносять рентгенівські, електронні, протонні і радіопромені. До хімічних відносять пестициди, солі важких металів, окремі лікарські препарати. І на кінець, до біологічних тератогенів відносять деякі біостимулятори, а також гормони і віруси.

Крім того, аномалії, залежно від того, де розміщені мутантні гени, що викликають їх прояв, поділяються на аутосомно-домінантні, аутосомно-рецесивні та аномалії, що успадковують зчеплено зі статтю.

Основним методом вивчення закономірностей успадкування аномалії у малоплідних тварин з великим інтервалом між поколіннями є генеалогічний метод, при застосування якого проводять аналіз родоводів.

### Самостійна робота студентів.

**Завдання 1.** Використовуючи дані, що наведені в додатках 1 і 2, опишіть фенотипові зміни та з'ясуйте тип успадкування окремих аномалій у великої рогатої худоби, свиней, овець, птиці. На основі цього заповніть таблицю за такою формою:

<b>Індекс мутантного аномального гену</b>	<b>Назва аномалій</b>	<b>Фенотиповий прояв</b>	<b>Тип успадкування</b>
Велика рогата худоба			

**Завдання 2.** Використовуючи дані, наведені в додатку 6, опишіть фенотипові зміни та з'ясуйте тип успадкування окремих аномалій у свиней.

<b>Назва аномалій</b>	<b>Фенотиповий прояв</b>	<b>Тип успадкування</b>

**Завдання 3.** Використовуючи дані, наведені в додатку 6, опишіть фенотипові зміни та з'ясуйте тип успадкування окремих аномалій у овець.

<b>Назва аномалій</b>	<b>Фенотиповий прояв</b>	<b>Тип успадкування</b>

**Завдання 4.** Використовуючи дані, наведені в додатку 6, опишіть фенотипові зміни та з'ясуйте тип успадкування окремих аномалій у птиці.

<b>Назва аномалій</b>	<b>Фенотиповий прояв</b>	<b>Тип успадкування</b>

**Завдання 5.** Використовуючи дані, наведені в додатку 7, з'ясуйте, які генетичні аномалії аналогічної форми зустрічаються в окремих видів тварин і птиці та тип їх успадкування. На основі одержаних даних заповніть таблицю за такою формою:

<b>Аномалії скелету, систем, органів, шкіри</b>	<b>Велика рогата худоба</b>	<b>Свині</b>	<b>Вівці</b>	<b>Птиця</b>
Тип успадкування				
Скелет				
Нервова система				
Внутрішні органи				
Шкіра				

Позначення типу успадкування:

д – домінуючий;

р – рецесивний;

х – нез'ясований.

**Завдання 6.** Враховуючи інформацію, наведену в задачах про прояв у тварин окремих видів спадкових аномалій, складіть схеми схрещувань, на основі яких з'ясуєте генотип тварин з проявом аномалії та тварин – носіїв аномальних мутантних генів, характер розщеплення та співвідношення фенотипів. Вирахуйте також частоту мутантних генів, що детермінують прояв окремих аномалій у стадах тварин.

**Задача 1.** Недорозвиток гонад у голштинської худоби обумовлений рецесивним геном з неповною пенетрантністю (43% для бугаїв і 57% для корів). Складіть схему схрещування та з'ясуйте характер успадкування і прояву цієї аномалії у нащадків при повній пенетрантності, якщо батьки є гомозиготні і гетерозиготні за цим рецесивним алелем.

**Задача 2.** Атрезія ануса у великої рогатої худоби і свиней успадковується як рецесивна ознака. Складіть схему схрещування і з'ясуйте можливість прояву цього захворювання у нащадків, якщо відомо, що в стаді свиней всі свиноматки і кнури-плідники є гетерозиготними, або носіями рецесивного гена атрезії ануса.

**Задача 3.** Вроджена катаракта очей у великої рогатої худоби обумовлена експресією рецесивного мутантного гена. У стаді великої рогатої худоби, яке нараховує 120 голів тварин, виявлено 6 голів гомозиготних і 5 голів гетерозиготних тварин за цією парою алельних генів. Вирахуйте частоту гену катаракти очей у даному стаді тварин.

**Задача 4.** Паракератоз – аномалія, яка виникає в результаті порушення обміну речовин в телят. У стаді великої рогатої худоби, яке нараховує 700 голів, виявлено 25 голів хворих телят. Використовуючи формулу Харді-

Вайнберга, визначте поголів'я тварин в даному стаді, які є носіями мутантного гена, що викликає прояв цього захворювання.

**Задача 5.** У овець аномалія неопущення сім'яників у мошонку (крипторхізм) характеризується автономно-рецесивним типом успадкування і проявляється при переході гену крипторхізму в гомозиготний стан. При використанні в отарі вівцематок (200 голів маток) гетерозиготного барана-плідника було отримано 5 баранчиків-крипторхів. Скільки вівцематок гетерозиготних за геном крипторхізму може бути в даній отарі?

**Задача 6.** У великої рогатої худоби мопсоподібність (вкорочення верхньої і нижньої щелепи) має аутосомний – рецесивний тип успадкування. У стаді корів, яке нараховувало 225 голів отримано 3 мопсовидних телят. Який генотип бугая-плідника і корів, від яких одержано мопсовидних телят? Яка частина корів стада є гетерозиготною за геном мопсоподібності? Скільки голів з отриманого молодняка буде носієм даного гена?

**Задача 7.** Поросята польсько-китайської породи з рецесивною летальною мутацією відсутністю кінцівок з'являються з частотою 7 голів на 1000 голів новонароджених поросят. Використовуючи формулу Харді-Вайнберга, визначте генетичну структуру стад свиней цієї породи при умові вільного схрещування.

**Задача 8.** Ознака укорочення кінцівок у курей (такі кури не розгрібають городи) домінує над довгоногістю. У гомозиготних за геном коротконогості курчат дзьоб такий малий, що вони не можуть пробити ячну шкарлупу і гинуть, не вилупившись з яйця. В господарстві, яке розводить тільки коротконогих курей, отримано 5400 курчат. Скільки серед них буде коротконогих? Як уникнути загибелі курчат?

**Задача 9.** У великої рогатої худоби неповно домінантний мутантний ген декстер "Д" зумовлює коротконогість і скорочення голови, але покращує м'ясні якості тварин. У гомозиготному стані він викликає загибель організму на 5-8 місяці утробного розвитку. В господарстві, яке розводить тільки худобу



декстер, було зареєстровано 80 викиднів. Скільки телят типу декстер і керрі (нормальна довжина кінцівок) було отримано в господарстві при умові отримання одного теляти від корови? Як уникнути відходу телят?

**Задача 10.** Безшерстість (гіпотрехія) проявляється у телят в ембріональний період розвитку і спадково обумовлена гомозиготністю рецесивного гена. Серед нащадків 2 бугаїв спостерігався такий прояв гіпотрехії: від бугая Атома 224 одержано 135 голів нормальних і 42 голови безшерстих телят, від бугая Фікуса 201 одержано 86 нормальних і 32 голови безшерстих телят. Використовуючи метод  $\chi^2$ , визначте вірогідність одержаного розщеплення.

**Задача 11.** У чорно-рябих корів голландського походження гетерозиготних за геном “ампутованості” кінцівок, виявлена висока молочна продуктивність. Яке схрещування доцільно застосувати, щоб зберегти в стаді максимальну кількість гетерозиготних тварин?

**Задача 12.** Атрезія – непрохідність повздожної кишки у великої рогатої худоби є рецесивною ознакою. Від двох бугаїв-плідників, які використовувались в одному стаді, одержано таких нащадків: від бугая Актора 45 одержано 140 телят здорових і 47 телят з атрезією, а від бугая Вірного 135 одержано 175 здорових телят. Який генотип бугаїв плідників?

**Задача 13.** У великої рогатої худоби вкорочення нижньої щелепи відзначається автономно-рецесивним типом успадкування. Від гетерозиготного бугая-плідника, що використовувався в стаді корів, одержано нащадків з нормально розвинутою нижньою щелепою. Однак, при спаровуванні його з дочками було одержано 5 телят з вкороченою нижньою щелепою. Який генотип одержаних телят? Скільки корів-дочок цього бугая були гетерозиготними?

**Задача 14.** У сріблясто-чорних лисиць внаслідок мутації виникло платинове забарвлення хутра. При схрещуванні платинових лисиць між собою 25% нащадків гине на ембріональній стадії розвитку. Яка дія генів має місце в

даному випадку? Який тип схрещування доцільно застосовувати, щоб не допустити загибелі нащадків у платинових лисиць?

### **Питання для самоконтролю:**

1. Дайте визначення поняття генетична аномалія.
2. Як поділяються аномалії в залежності від причин їх виникнення?
3. Який основний метод застосовують для діагностики аномалій у тварин?
4. Як успадковуються генетичні аномалії у тварин і птиці?
5. Які існують методи профілактики поширення аномалії?
6. Наведіть приклади аномалій у тварин і птиці з аутосомно-домінантним типом успадкування.
7. Наведіть приклади аномалій у тварин і птиці з аутосомно-рецесивним типом успадкування.
8. Наведіть приклади аномалій у тварин і птиці, які успадковуються зчеплено зі статтю.
9. Наведіть типи аномалій, які можуть зустрічатися у великої рогатої худоби, та охарактеризуйте її.
10. Наведіть типи аномалій, які можуть зустрічатися у свиней, та охарактеризуйте їх.
11. Наведіть типи аномалій, які можуть зустрічатися у овець, та охарактеризуйте їх.
12. Наведіть типи аномалій, які можуть зустрічатися у птиці, та охарактеризуйте їх.
13. Як називається тварина, на яку будують родовід?
14. Яких тварин називають монозиготними близнятами?
15. Яких тварин називають дизиготними двійнятами?
16. Яке спаровування тварин називають родинним або інбридингом?
17. Яких тварин називають сибсами і напівсибсами?
18. Чому при родинному спаровуванні у нащадків проявляється дія рецесивних генів?

19. Яка дія генів називається летальною?
20. Наведіть приклади летальних аномалій у тварин і птиці.
21. Дайте визначення поняття пенетрантності.
22. Дайте визначення поняття експресивності.
23. З якою метою використовують групи крові в селекції свійських тварин?
24. З якою метою використовують поліморфні білкові системи в селекції свійських тварин?
25. Який зв'язок груп крові зі стійкістю до окремих захворювань у свійських тварин?
26. З якою метою використовують групи крові у людей?
27. Дайте характеристику резус-фактора людини?
28. Як і в яких видів свійських тварин проявляється гемолітична хвороба молодняка та якими методами можна її попередити?

## **9. Методи профілактики поширення генетичних аномалій і підвищення спадкової стійкості тварин до хвороб. Селекція тварин на стійкість до захворювання.**

*(Семінарське заняття)*

**Мета заняття.** Засвоїти методи вивчення спадкової стійкості і схильності тварин до хвороб та їх генетичної профілактики; вивчити основні генетичні аномалії в окремих видів свійських тварин, їх класифікацію та роль генетичного аналізу в їх етіології; засвоїти методи профілактики генетичних аномалій.

**Теоретичне обґрунтування.** Боротьба з інфекційними, паразитарними та незаразними хворобами є однією з основних проблем при ефективному веденні тваринництва. Вся історія розведення тварин свідчить про те, що деякі тварини і навіть лінії, родини, породи, види можуть бути спадково стійкими або нестійкими до тих чи інших хвороб, спадково схильними або стійкими до конкретних збудників захворювань.

Стійкість кожного організму генетично зумовлена і залежить від його генотипу. Закладені в генотипі тварин гени є причинами виникнення певної хвороби. Залежно від співвідношення генетичних (спадкових), тобто ендогенних факторів і факторів зовнішнього середовища (екзогенних) усі хвороби діляться на три групи: спадкові, спадково-середовищні (ендогенно-екзогенні) і середовищні (екзогенні).

Діагностика і генетична профілактика хвороб першої групи полягає у застосуванні клініко-генеалогічного методу виявлення відповідних мутантних генів і шляхом добору витіснення їх з популяцій, родин або пригнічення їх дії шляхом підбору відповідних пар для схрещування.

Для успішної боротьби з хворобами другої найбільш чисельної групи слід, перш за все, встановити частку впливу генетичних і паратипічних факторів на проявлення цих хвороб.

Середовищні хвороби потрібно за можливістю запобігати, а в разі виникнення – лікувати відомими ортодоксальними методами.

Основним методом вивчення закономірностей успадкування аномалій у малоплідних тварин і з великим інтервалом між поколіннями є генеалогічний метод – аналіз родоводів, який дає змогу простежити появу тієї чи іншої аномалії в межах родинних зв'язків близьких і далеких родичів. Цей метод називають клініко-генетичним. Він включає складання родоводів та їх генеалогічний аналіз.

### **Тематика семінарського заняття:**

1. Спадкова стійкість до захворювань в рослин і тварин. Генетична стійкість до бактеріальних захворювань (мастит, туберкульоз, бруцельоз, лептоспіроз).
2. Генетична стійкість до гельмінтозних захворювань (фасціольоз, діктіокаульоз, стронгільоз).
3. Спадкова стійкість до вірусних інфекцій (хвороба скрепі у овець, міksomатоз кроликів). Спадкова стійкість до лейкозу. Теорія етіології лейкозу.
4. Генетична резистентність до захворювань органів дихання, шлунково-кишкового тракту.
5. Генетичні аномалії сільськогосподарських тварин, класифікація аномалій, роль генетичного аналізу в їх етіології. Хромосомні і геномні аномалії в різних видів сільськогосподарських тварин.
6. Методи підвищення спадкової стійкості сільськогосподарських тварин до захворювань та профілактика поширення аномалій. Селекція тварин на стійкість до захворювань.

### **Питання для самоконтролю:**

1. Охарактеризуйте неспецифічну і специфічну захисну функцію організму.
2. Який імунітет називається природним, неспецифічним, специфічним?
3. Які фактори обумовлюють неспецифічний імунітет тварин?
4. Що належить до гуморальних факторів неспецифічного імунітету?
5. Що належить до клітинного типу захисту?

6. Що ви розумієте під головним комплексом гістосовмісності (МНС)?
7. Назвіть хвороби великої рогатої худоби до яких існує спадкова стійкість?
8. Назвіть хвороби свиней до яких існує спадкова стійкість?
9. Назвіть хвороби овець до яких існує спадкова стійкість?
10. Охарактеризуйте генетичні методи боротьби з хворобою скрепі в овець.
11. Назвіть хвороби курей до яких існує спадкова стійкість?
12. Якими методами виводять лінії свиней, птиці, які стійкі до захворювань?
13. Охарактеризуйте вірусно-генетичну теорію етіології лейкозу у великої рогатої худоби.
14. Як успадковується стійкість до окремих захворювань у рослин і тварин?
15. Назвіть породи великої рогатої худоби, які стійкі і не стійкі до захворювань на туберкульоз.
16. Назвіть приклади спадкової стійкості до гельмінтозних захворювань в окремих видів свійських тварин.
17. Як необхідно вести селекцію худоби на стійкість проти кліщів?
18. Наведіть приклад спадкової схильності тварин до вірусних інфекцій.
19. Яким чином необхідно вести селекцію тварин на їх генетичну стійкість до вірусних інфекцій?
20. Яка роль генетичних факторів у етіології хвороб шлунково-кишкового тракту?
21. Наведіть приклад генетичної стійкості і схильності тварин (порід) до бактеріальних хвороб.
22. Яка роль спадковості в схильності тварин до хвороб кінцівок?
23. В чому полягає суть селекції тварин на їх стійкість до хвороб?
24. Назвіть методи вивчення спадкової стійкості і схильності тварин до хвороб.

## 10. Варіаційна статистика (біометрія).

### 10.1. Варіаційний ряд і його побудова

**Мета заняття.** Ознайомити студентів з біометрією — наукою, яка розробляє методи застосування математичної статистики в біології, символікою основних біометричних параметрів, поняттям генеральної і вибіркової сукупності. Навчити студента оволодіти методикою побудови варіаційного ряду і його графічного зображення.

**Теоретичне обґрунтування.** Варіаційна статистика – це наука, яка розділяє методи вивчення варіаційних ознак на масових матеріалах в різних галузях техніки, економіки, біології. Застосування методів варіаційної статистики в біології одержало назву біометрія (від грец. «bios»- життя, «metron» - міра.). Біометричний метод – основний метод вивчення мінливості ознаки. Цей метод дає можливість зробити математичну характеристику властивостей або ознак тварин, виявити ступінь генетичної різноманітності цих ознак і вплив на їх проявлення різних факторів, прогнозувати ефект селекції. Біометричне опрацювання матеріалу має важливе значення в племінній справі, при роботі з популяціями та при вивченні успадкування кількісних ознак.

Застосування біометричних методів дає можливість визначити важливі статистичні параметри, що широко використовуються в генетиці, селекції, ветеринарній медицині. До них відносяться такі:

- середні величини: середня арифметична, середня зважена, середня геометрична, середня гармонічна, середня квадратична, мода, медіана;
- показники мінливості ознаки: ліміти (lim), середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт мінливості, дисперсія, нормоване відхилення;
- показники відповідності вибірових даних параметрам генеральної сукупності;
- показник достовірності різниці між середніми арифметичним двох вибірових сукупностей;
- показники зв'язку між ознаками: коефіцієнт кореляції і регресії;

- коефіцієнт успадкованості та повторюваності.

Для позначення основних статистичних показників застосовують наступну літерну символіку:

$P$  – ймовірність,

$V$  – варіанта,

$n$  – об'єм вибірки,

$N$  – об'єм генеральної сукупності,

$p$  – частота,

$\bar{X}$  – середня арифметична,

$\bar{X}_{зв.}$  – середня зважена,

$G$  – середня геометрична,

$H$  – середня гармонічна,

$S$  – середня квадратична,

$Mo$  – мода,

$Me$  – медіана,

$A$  – умовна середня,

$lim$  – ліміти,

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення,

$C_V$  – коефіцієнт мінливості,

$r$  – коефіцієнт кореляції фенотипової,

$r_G$  – коефіцієнт кореляції генотипової,

$r_w$  – коефіцієнт повторюваності,

$R_{x/y}$  і  $R_{y/x}$  – коефіцієнт регресії при прямолінійній кореляції,

$h^2$  – коефіцієнт успадкованості,

$C_y, C_x, C_z$  – дисперсії,

$\chi^2$  – критерій відповідності – хі-квадрат,

$S_{\bar{X}}$  ( $S_r$  або  $S_w$ ) – репрезентативні помилки,

$t$  – критерій вірогідності (достовірності) ( $t_x, t_\sigma, t_{cv}, t_r$ ).



Сільськогосподарські тварини характеризуються певними господарсько-корисними ознаками. Значення цих ознак в окремих тварин, як правило, є різним. Це явище називається мінливістю, варіюванням або дисперсією, а окрема варіююча ознака – варіантною і позначається буквою (x).

**Варіюючі ознаки** є кількісні і якісні. *Кількісні* — це ознаки, які вимірюються певними одиницями виміру. Наприклад, надій молока визначається в кг, вміст жиру — в %, висота в холці тварин — в см. *Якісні* ознаки — масть тварин, форма вух, рогатість, безрогість, стать, тип поведінки тощо. Їх також називають *альтернативними* ознаками.

Для вивчення закономірності варіювання ознак в біометрії використовують масовий матеріал або вивчають ознаку на великій групі тварин, яка називається сукупністю. Генеральна сукупність – це група тварин, які складають вид, породу. Вибіркова сукупність – це частина із генеральної, в яку відібрано тварин за принципом випадковості. Наприклад, тварини певної лінії, частина стада, нащадки певного плідника.

Кожна сукупність складається з окремих одиниць або членів. Наприклад, для стада овець одиницею буде вівця. Кількість одиниць, які входять у сукупність, називаються об'ємом сукупності і позначаються буквою (n). Одиниці сукупності характеризуються певними ознаками. Наприклад, вівці – настригом вовни, корови – надоем молока, вмістом жиру, птиця – вагою яєць, кількістю знесених яєць та інше.

Метод вивчення всіх членів генеральної сукупності вимагає значного часу і затрат праці. Тому для характеристики генеральної сукупності відбирають вибірку. При характеристиці генеральної сукупності на основі вибірки неминучі помилки репрезентативності, які показують відповідність показників вибірки параметрам генеральної сукупності. Розрізняють великі вибірки з чисельністю 30 варіант і більше і малі з чисельністю менше 30 варіант. Якщо кількість варіант не перевищує 30, статистичні параметри визначають без побудови варіаційного ряду. У випадку, коли об'єм сукупності

більше 30 варіант, будують варіаційний ряд з розбивкою ознаки на класи, для чого визначають:

- 1) ліміти ( $lim$ ,  $X_{max}$ ,  $X_{min}$ ) – крайні варіанти сукупності, або найбільше і найменше значення варіюючої ознаки;
- 2) розмах мінливості ознаки ( $lim$ );
- 3) кількість класів ( $d$ ), на які розбивають варіюючу ознаку, і класовий проміжок ( $k$ ), на основі чого будують варіаційний ряд.

Класи – це градації, в які входять близькі за значенням варіанти. При побудові варіаційного ряду кількість класів беруть залежно від обсягу сукупності, згідно з такими даними:

Кількість варіантів	30-40	40-60	60-100	100-200	Понад 200
Число класів	5-6	6-8	7-10	8-12	10-15

**Варіаційний ряд** — це подвійний ряд чисел: перший ряд — числа, які називаються класи, його позначають буквою ( $w$ ). Другий ряд — це числа, що показують частоту повторюваності варіант у кожному класі. Він позначається буквою ( $f$ ).

Розглянемо приклад побудови варіаційного ряду за живою масою молодняка великої рогатої худоби симентальської породи у віці 18 місяців за такими даними вибірки:

#### Жива маса тварин, кг

464	395	358	385	366	400	370	417	410	394
420	395	350	443	396	350	443	376	407	
396	350	348	380	420	380	400	398	407	
381	372	396	385	327	370	340	344	370	
388	396	420	375	385	419	434	389	385	

Знаходимо  $X_{max}$ , який дорівнює 464 кг, і  $X_{min}$ , який дорівнює 327 кг. Визначаємо розмах мінливості –  $lim$  за формулою  $lim = X_{max} - X_{min}$ ,  $lim = 464 - 327 = 137$  кг.

При об'ємі сукупності ( $n$ ) = 46 варіант визначаємо кількість класів, яка буде дорівнювати 6. Класовий проміжок ( $k$ ) визначаємо шляхом ділення розмаху мінливості ( $lim$ ) на кількість класів.

$$k = \frac{lim}{d} = \frac{137}{6} = 22,8кг \approx 23кг$$

Будують варіаційний ряд шляхом додавання класового проміжку спочатку до найменшого значення, а потім до нових значень або одержаних величин стільки разів, скільки беруть класів, мінус 1, якщо варіанти в цілих числах, або мінус 0,1, якщо варіанти з десятими.

Розноску варіант роблять по класах варіаційного ряду, використовуючи таку систему відміток:

число кодів	$\cdot$ $\cdot \cdot$ $\cdot \cdot \cdot$ $\cdot \cdot \cdot \cdot$ $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$
відмітка при розносі	1   2   3   4   5   6   7   8   9   10

Частоту варіант у кожному класі переводять в цифри і позначають буквою “ $f$ ”. Загальну кількість варіант у всіх класах позначають буквою “ $n$ ”. Провівши такі розрахунки, одержимо варіаційний ряд.

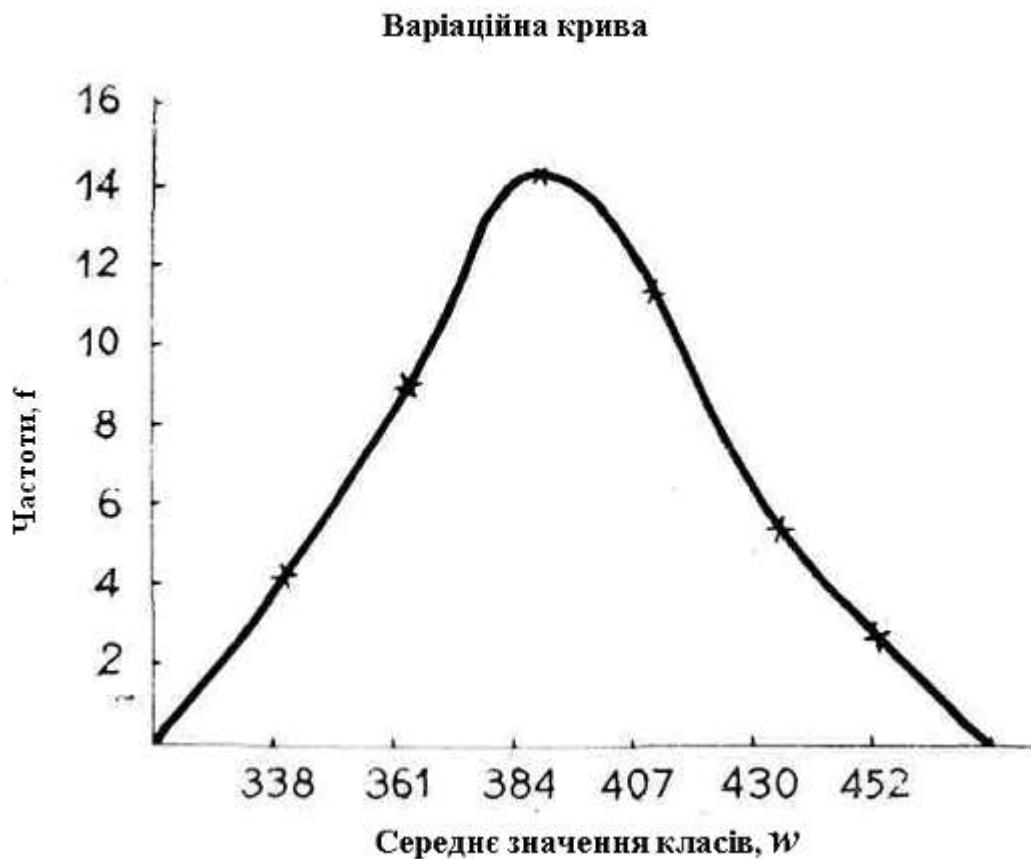
### Варіаційний ряд

Кордони класів	Середнє значення класу, $w$	Розноска	Ряд частот, $f$
327-349	338	$\cdot \cdot$	4
350-372	361	$\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$	9
373-395	384	$\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$	14
396-418	407	$\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$	11
419-441	430	$\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$	5
442-464	453	$\cdot \cdot$	3
			$n = 46$

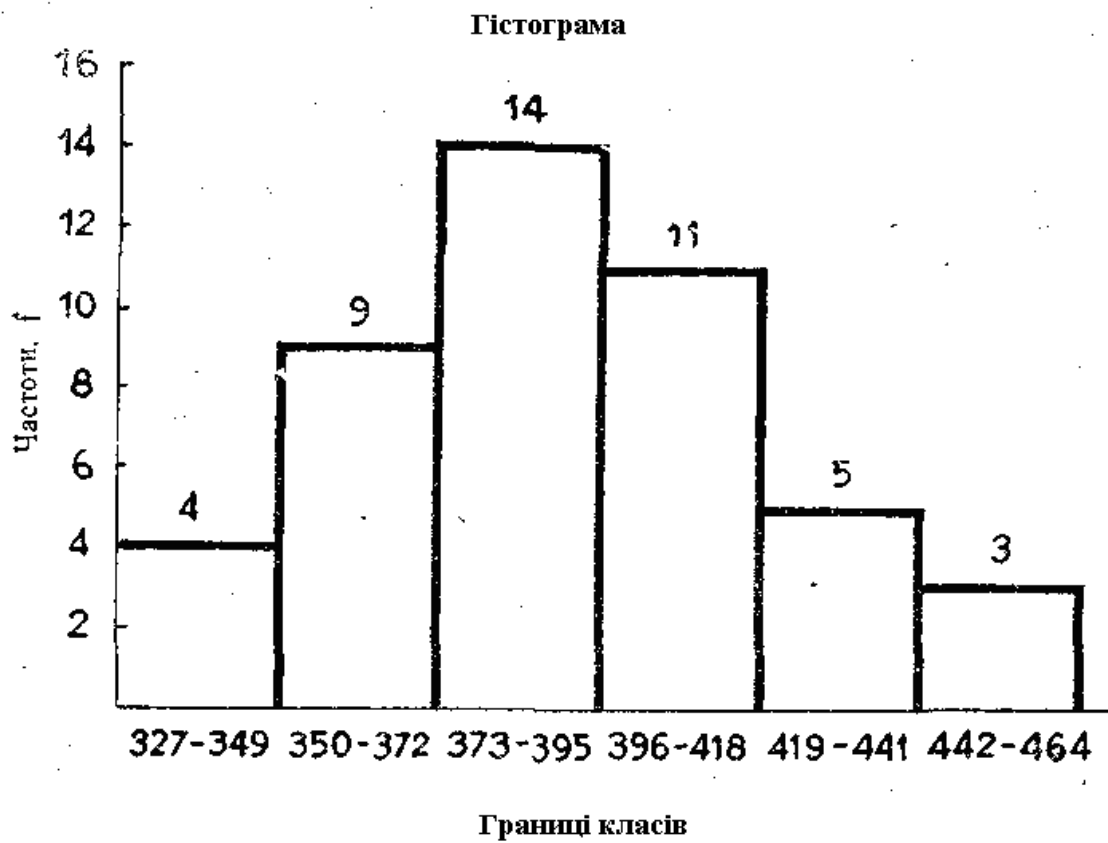
Дані варіаційного ряду показують, що варіювання живої маси зустрічається з неоднаковою кількістю разів. Частота проявлення певних значень варіюючої ознаки в сукупності називається розподіленням.

Розподілення значень варіюючої ознаки можна зобразити у вигляді варіаційної кривої або гістограми, яку будують у вигляді графіка за допомогою системи координат.

На горизонтальній осі (вісь абсцис) відкладають середнє значення границі класів, а на осі ординат — частоти.



Щоб побудувати гістограму, на осі абсцис відкладають границі класів, на осі ординат – частоту. Зобразивши частоту кожного класу у вигляді стовпчика, одержують ступневу фігуру, яку називають гістограмою.



### Самостійна робота студентів

Самостійна робота включає побудову варіаційного ряду, яку студенти виконують згідно з варіантами. Перше завдання для самостійної роботи включає побудову варіаційного ряду, друге завдання — побудову варіаційної кривої та гістограми.

**Завдання 1.** Використовуючи дані окремих варіантів, побудуйте варіаційний ряд.

**Завдання 2.** На основі одержаного варіаційного ряду побудуйте варіаційну криву і гістограму. Зробіть висновок про розподіл варіант всередині вибіркової сукупності.

**Завдання для побудови варіаційного ряду,  
варіаційної кривої і гістограми.**

**Варіант 1.** Надій молока за третю лактацію корів української чорно-рябої молочної породи, кг:

3363	6955	7494	4528	3020	2637	5221
4313	4390	6435	4860	4390	5721	3533
6490	4761	5076	3940	3830	3753	4829
5843	5521	4652	3800	3005	4241	4420
4730	5335	4270	4810	3901	4829	4241
5720	4564	4668	5346	4854	4988	5272
4752	4787	6210	5240	5155	8904	5758

**Варіант 2.** Вміст жиру в молоці за третю лактацію корів симентальської породи, %

4,13	3,88	4,37	3,80	3,80	3,44	3,50
4,00	3,66	4,08	3,64	3,85	3,70	3,44
4,59	3,73	3,93	3,80	3,84	3,83	3,50
4,27	3,60	3,00	3,74	3,77	3,59	4,20
3,99	3,83	4,00	3,82	3,85	3,83	3,75
4,18	4,40	4,34	3,79	3,84	3,94	3,61
4,01	3,40	3,63	3,83	4,10	3,29	3,54

**Варіант 3.** Добовий надій молока корів української чорно-рябої молочної породи, кг:

21,9	21,5	25,3	19,3	23,2	17,2	26,9
23,8	18,1	19,9	22,9	18,3	23,0	17,5
20,1	20,9	17,0	29,6	21,8	28,5	22,4
14,6	17,8	21,4	20,4	16,4	21,4	19,7
22,1	20,7	24,8	20,9	23,4	24,1	23,9
15,5	21,2	16,7	20,7	22,5	21,3	20,1
24,2	27,7	24,5	17,3	22,9	27,8	31,2

**Варіант 4.** Жива маса корів української чорно-рябої молочної породи після третього отелення, кг:

520	510	517	540	605	625	500
517	645	480	490	601	533	502
510	476	560	460	570	500	546
500	538	585	550	510	578	545
430	596	493	535	500	560	535
505	560	500	408	510	610	560
454	615	404	535	617	500	582

**Варіант 5.** Жива маса свиноматок великої білої породи у віці 24 місяці, кг:

225	181	320	288	250	295	295
280	176	321	282	327	320	242
220	215	226	292	244	226	182
226	205	296	305	285	253	263
217	247	240	274	322	282	268
270	189	250	226	305	290	272
225	205	274	205	346	289	253

**Варіант 6.** Довжина тулуба свиноматок великої білої породи у віці 24 місяці, см:

159	148	152	144	169	171	150
170	143	144	153	162	162	153
152	163	147	150	157	162	170
147	140	155	159	144	154	160
153	165	160	165	150	156	166
170	155	156	155	172	153	169
160	152	165	172	180	159	179

**Варіант 7. Настриг вовни овець породи прекос, кг:**

5,6	5,9	6,5	6,6	7,1	5,0	6,7
6,0	6,1	6,8	8,1	9,0	6,4	9,7
5,5	6,4	6,6	7,1	8,0	8,0	5,5
7,4	6,5	7,5	6,8	7,0	9,0	8,9
6,3	6,6	7,9	6,3	6,8	9,2	7,4
5,8	6,5	7,0	7,0	7,5	9,4	8,0
8,1	9,3	8,1	6,6	6,5	8,3	8,1

**Варіант 8. Жива маса овець породи прекос, кг:**

57	59	52	50	56	59	58
58	60	54	48	67	51	61
56	57	58	57	55	57	47
49	50	62	60	58	56	52
55	57	53	54	62	49	50

**Варіант 9. Вміст білка в молоці корів симентальської породи, %:**

3,31	3,85	3,16	3,45	3,87	3,67	3,88
3,80	3,09	3,54	3,40	4,11	3,67	3,91
3,70	3,50	3,70	3,29	3,75	3,75	4,14
3,90	3,40	3,70	3,29	3,75	3,29	3,55
4,01	3,84	3,52	3,39	3,70	3,71	3,59
3,45	3,54	3,43	3,50	3,64	3,80	3,62
3,56	3,68	3,43	3,48	3,67	3,79	3,77



**Варіант 10.** Несучість курей російської білої породи, штук:

227	234	236	255	259	214	236
205	229	239	230	237	234	222
231	254	225	231	232	234	260
218	226	247	257	240	224	241
217	231	240	237	246	225	240
212	236	213	223	247	231	242
248	236	238	246	230	204	245

**Варіант 11.** Маса яйця курей російської білої породи, г:

53,0	53,7	53,2	60,4	48,7	49,5	54,5	58,7
51,7	55,2	55,2	53,4	47,9	53,1	56,0	50,0
58,7	54,2	55,3	48,0	54,2	50,8	56,1	52,1
53,0	50,1	55,7	54,3	55,2	47,0	51,0	58,0
52,8	55,8	52,2	54,3	52,7	46,1	51,3	51,2
35,2	54,5	49,0	51,3	54,1	50,0	57,4	57,4
54,0	55,0	54,1	53,7	51,5	51,6	58,1	58,1

**Варіант 12.** Жива маса телиць української чорно-рябої молочної породи у віці 12 місяців, кг:

230	243	231	210	245	235	240
227	241	237	228	241	230	250
218	230	252	210	246	239	224
234	222	260	245	252	254	227
228	225	258	234	258	247	229
234	240	263	227	260	249	233
231	220	235	243	245	235	240

**Варіант 13.** Жива маса свинок великої білої породи у віці 5 місяців, кг:

57	59	52	50	56	49	58
58	60	48	48	67	51	61
56	57	48	57	55	57	57
53	63	52	54	60	66	53
54	50	59	58	62	56	54
51	57	59	53	56	55	53
46	57	61	54	64	52	59

## 10.2. Середні параметри і способи їх визначення

**Мета заняття.** Ознайомити студентів з середнім арифметичним, найбільш поширеним статистичним показником, який використовується для характеристики кількісних ознак. З'ясувати значення середніх величин у селекції сільськогосподарських тварин, ветеринарній медицині. Навчити студентів визначати середнє арифметичне різними методами.

**Теоретичне обґрунтування.** Основним статистичним параметром, який характеризує величину кількісної ознаки, є середнє арифметичне, яке позначається латинською буквою  $\bar{X}$ .

Середнє арифметичне як показник середніх величин кількісних ознак часто використовується в селекції сільськогосподарських тварин. Його вираховують тоді, коли потрібно, наприклад, визначити середній надій молока за лактацію в стаді корів, середній вміст жиру в молоці за лактацію, середню живу масу певної вікової групи тварин, середній настриг вовни тощо. Отже, воно є найбільш поширеним статистичним параметром середніх величин кількісних ознак.

Характерними особливостями середнього арифметичного є те, що воно знаходиться, як правило, в центрі варіаційного ряду і виражає середнє значення варіюючої ознаки. Звідси впливає важлива особливість середнього арифметичного, яка полягає в тому, що сума відхилень окремих варіант від середнього арифметичного завжди дорівнює 0. Крім того, середнє арифметичне інколи може мати абстрактне значення, якого в природі немає.

У біометрії розрізняють середнє арифметичне просте ( $\bar{X}$ ) і зважене ( $\bar{X}_{зв}$ ).

**Обчислення середнього арифметичного при малих вибірках.** Цей спосіб вирахування полягає в сумуванні всіх варіант сукупності ( $X_1+X_2+X_3$  і так далі) з наступним діленням цієї суми на число варіант сукупності ( $n$ ). Формула, за якою визначають просте середнє, така:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{n} = \frac{\Sigma X}{n}, \text{ де}$$

$X_i$  — окрема варіанта з індексом;

$\Sigma X$  — сума варіант;

$n$  — кількість варіант.

Наприклад, у групі тварин добовий надій молока окремих корів такий, кг:  
 $X_1$ — 12;  $X_2$ — 16;  $X_3$  — 20;  $X_4$  — 24;  $X_5$  — 28. Використовуючи вище наведену формулу, визначаємо середнє арифметичне:

$$\bar{X} = \frac{12 + 16 + 20 + 24 + 28}{5} = 20_{\text{кг}}$$

**Обчислення середнього арифметичного зваженого.** Середнє зважене ( $\bar{X}_{\text{зв}}$ ) є результат усереднення середніх арифметичних декількох сукупностей. Вона вираховується досить часто. Наприклад, при визначенні середнього вмісту жиру в молоці корів за лактацію, а також для одержання середнього показника кількісної ознаки тварин декількох стад, ліній і родин. Формула для визначення середнього арифметичного зваженого така:

$$\bar{X}_{\text{зв}} = \frac{\bar{X}_1 \cdot p_1 + \bar{X}_2 \cdot p_2 + \bar{X}_3 \cdot p_3 + \bar{X}_4 \cdot p_4}{p_1 + p_2 + p_3 + p_4} = \frac{\Sigma \bar{X} \cdot p}{\Sigma p}$$

Наприклад: необхідно вирахувати середній вміст жиру в молоці корови Квітки української чорно-рябої молочної породи за 6 місяців першої лактації на основі таких даних:

Місяці лактації	Середній вміст жиру в молоці, %, ( $\bar{X}$ )	Надій молока, кг, ( $p_n$ )
I	3,7	320
II	3,8	340
III	3,9	380
IV	3,9	390
V	4,0	400
VI	4,1	405

$$\bar{X}_{\text{зв}} = \frac{3,7 \cdot 320 + 3,8 \cdot 340 + 3,9 \cdot 380 + 3,9 \cdot 390 + 4,0 \cdot 400 + 4,1 \cdot 405}{320 + 340 + 380 + 390 + 400 + 405} = 3,91\%$$

**Обчислення середнього арифметичного при великих вибірках.** Якщо опрацювання матеріалу проводиться з використанням варіаційного ряду, середнє арифметичне вираховується за допомогою умовного середнього за формулою:

$$\bar{X} = A \pm b \cdot k, \text{ де}$$

$A$  — умовне середнє;

$b$  — поправка до умовного середнього;

$k$  — класовий проміжок.

За умовну середню беруть початкову межу модального класу і додають половину класового проміжку. Під модальним класом розуміють клас з найбільшою частотою варіант. Поправку до умовної середньої визначаємо за формулою:

$$b = \frac{\sum fa}{n}, \text{ де}$$

$\sum fa$  — сума добутків частот на умовне відхилення ( $f \cdot a$ );

$n$  — об'єм сукупності (кількість варіант);

$a$  — умовне відхилення.

Наприклад: необхідно вирахувати середнє арифметичне за даними на дою молока за першу лактацію корів української чорно-рябої молочної породи. Надій молока за першу лактацію окремих корів такий, кг:

2500	1690	2760	2880	2900	3060	3100	3200	3300	3400	3600
3620	2700	2810	2900	3080	3100	3200	3300	3400	2800	2950
3450	3125	3235	3344	3405	3000	2998	3115	3105	3045	2905
2346	3005	3110	3050	3345	3405	3124	2650	2790	2895	2974
2975	3155	3215	3145	3210	3195	2978	3155	3504	2590	

Складаємо варіаційний ряд:

Кордони класів	Частота, $f$	Відхилення, $a$	Добуток частоти відхилення, $fa$
2500-2659	4	-3	-12
2660-2819	6	-2	-12
2820-2979	8	-1	-8
2980-3139	16	0	0
3140-3299	9	1	9
3300-3459	8	2	16
3460-3619	3	3	9
	$n = 54$		$\sum fa = +2$

Знаходимо умовне середнє ( $A$ ), яке буде дорівнювати  $2980 \text{ кг} + 80 \text{ кг} = 3060 \text{ кг}$ . Умовне середнє одержуємо шляхом сумування початкової межі модального класу з половиною класового проміжку. Визначаємо відхилення ( $a$ ), добуток частоти відхилення ( $f \circ a$ ), — (частота  $f$  перемножена на відхилення  $a$ ), а також визначаємо  $\sum fa$ . Для цього, записавши відхилення від умовного середнього в третю графу таблиці, перемножуємо ( $f$ ) кожного класу на ( $a$ ) і одержані результати з відповідним знаком записуємо в четверту графу таблиці ( $fa$ ). На основі одержаної  $\sum fa$  визначаємо поправку до умовного середнього за

$$\text{формулою: } b = \frac{\sum fa}{n} = \frac{2,0}{54} = 0,03.$$

Класовий проміжок ( $k$ ) в даному прикладі дорівнює  $160 \text{ кг}$ . Підставляємо одержані дані у формулу середнього арифметичного:

$$\bar{X} = 3060 + 0,03 \circ 160 = 3064,8 \text{ кг}$$

Середній надій молока корів української чорно-рябої молочної породи за першу лактацію дорівнює  $3064,8 \text{ кг}$ .

**Обчислення середньої геометричної.** Середня геометрична ( $G$ ) визначається у тому випадку, коли потрібно охарактеризувати темп росту, темп

збільшення чисельності популяції і т.д., якщо ознака виражена у долях одиниці або у відсотках і змінюється в часі по періодах. Формула середньої геометричної використовується в асиметричних рядах і має такий вигляд:

$$G = \sqrt[n]{V_1 \cdot V_2 \cdot \dots \cdot V_n}, \text{ де:}$$

$V$  – значення варіанти ( $V_1 \cdot V_2 \cdot \dots \cdot V_n$  – добуток варіант),

$n$  – число спостережень.

Для обчислення  $G$  потрібно провести логарифмування цієї формули:

$$\lg G = \frac{\lg V_1 + \lg V_2 + \dots + \lg V_n}{n}.$$

**Обчислення середньої гармонічної.** Середня гармонічна ( $H$ ) використовується рідко і тільки у випадках при обчисленні середніх значень, де швидкість руху і час будуть у зворотній залежності. Наприклад, чим швидше рухається кінь, тим менше він затрачає часу на подолання шляху. Формула середньої гармонічної має такий вигляд:

$$H = \frac{n}{\sum \frac{1}{V}}.$$

**Обчислення середньої квадратичної.** Середня квадратична  $S$  обчислюється у випадках, коли ознака виражає площу кола і для її одержання вимірюють величину діаметра (середній діаметр жирових кульок, діаметр клітинного ядра, клітин крові). Формула середньої квадратичної така:

$$S = \sqrt{\frac{\sum V^2}{n}}.$$

**Мода ( $M_o$ )** – варіанта, яка найчастіше зустрічається у даній сукупності, а клас, де знаходиться ця варіанта, називається модальним. Вона розраховується за рівнянням:

$$M_o = W_o + k \left( \frac{f_2 - f_1}{2 \cdot f_2 - f_1 - f_3} \right), \text{ де:}$$

$W_o$  – нижня межа модального класу,

$k$  – величина класового проміжку,

$f_1$  – частота класу попередника модальному,

$f_2$  – частота модального класу,

$f_3$  – частота класу, наступного модальному.

**Медіана** ( $Me$ ) – це варіанта, яка ділить всі варіанти сукупності на дві рівні частини, якщо варіанти записані підряд у порядку збільшення. Медіани застосовують як для характеристики якісних, так і кількісних ознак. Формула медіани:

$$Me = W_0 + k \left( \frac{\frac{n}{2} - f_1}{f} \right), \text{ де:}$$

$W_0$  – початок класу, в якому знаходиться медіана,

$n$  – кількість варіант,

$f_1$  – сума накопичених частот попередніх класів,

$f$  – частота медіального класу,

$k$  – величина класового проміжку.

### Самостійна робота студентів.

Для самостійної роботи студентам дається два завдання. Перше завдання з визначення середньої арифметичної студенти виконують на основі даних варіаційного ряду, складеного на попередньому занятті. Друге завдання студенти виконують на основі варіантів.

**Завдання 1.** На основі даних варіаційного ряду, складеного на попередньому занятті, обчислити середнє арифметичне:

Кордони класів	Частоти, $f$	Відхилення, $a$	Добуток частоти на відхилення, $fa$

**Завдання 2.** Побудувати варіаційний ряд і обчислити середнє арифметичне за окремими ознаками, згідно з варіантами завдання.



### Завдання для обчислення середнього арифметичного.

**Варіант 1.** Надій молока за третю лактацію корів української чорно-рябої молочної породи, кг

1926	2311	2240	1550	1923	1922	1886
1647	3564	1470	1591	2676	2230	2020
2720	2905	2588	1511	3787	3752	2281
2488	2668	2155	2276	2046	1441	1866
2022	2380	2550	1720	2122	2498	3272

**Варіант 2.** Вміст жиру в молоці за третю лактацію корів української чорно-рябої молочної породи, % :

3,74	3,75	3,70	3,86	4,08	4,06	3,98
3,89	3,00	3,97	4,00	3,45	3,00	3,68
3,59	3,29	4,05	3,98	3,75	3,94	3,83
3,83	3,84	3,08	3,61	3,70	4,00	3,45
3,61	4,20	4,34	3,94	4,13	3,89	3,84

**Варіант 3.** Вихід молочного жиру в молоці за третю лактацію корів української чорно-рябої молочної породи, кг:

72,3	86,5	82,9	59,8	77,6	78,5	75,6
64,7	106,2	58,3	63,4	92,3	66,9	74,3
97,6	95,6	104,2	87,6	142,1	147,2	87,4
94,2	109,3	82,9	62,1	75,8	57,6	64,7
80,4	91,2	78,1	62,8	78,5	90,1	137,2

**Варіант 4.** Жива маса телят української чорно-рябої молочної породи при народженні, кг :

37	38	41	40	46	48	31
48	46	38	66	48	41	41
48	48	50	44	44	38	38
40	44	42	39	39	39	44
40	41	36	42	50	42	39

**Варіант 5.** Жива маса телиць української чорно-рябої молочної породи у віці 6 місяців, кг:

165	161	195	190	183	161	215
204	164	176	173	180	170	174
205	177	170	159	182	184	164
190	186	178	168	176	188	159
182	181	188	179	190	190	165

**Варіант 6.** Жива маса телиць української чорно-рябої молочної породи у віці 12 місяців, кг:

223	220	249	241	239	199	276
280	277	280	244	344	281	242
300	298	179	230	225	236	301
222	257	264	275	280	252	264
295	296	305	322	223	275	245

**Варіант 7.** Жива маса корів-первісток української чорно-рябої молочної породи, кг:

490	356	400	449	485	390	312
376	348	392	428	505	530	330
400	500	494	520	450	405	410
420	400	584	495	526	470	425
345	610	500	400	551	559	530

**Варіант 8.** Жива маса корів української чорно-рябої молочної породи після другого отелу, кг:

500	510	560	530	475	586	520
540	535	500	540	480	548	475
540	526	500	430	495	510	360
510	440	540	510	496	560	356
585	530	536	450	305	530	476

**Варіант 9.** Висота в холці телиць української чорно-рябої молочної породи у віці 18 місяців, см:

121	128	137	124	135	123	126
121	131	121	127	122	129	129
126	135	124	133	129	127	127
129	129	119	130	127	124	130
119	123	122	129	134	125	132

**Варіант 10.** Обхват грудей телиць української чорно-рябої молочної породи у віці 18, см:

170	173	191	188	196	176	165
163	180	183	179	193	186	170
170	198	167	190	180	187	180
175	182	170	161	168	170	182
172	185	178	215	176	168	187

**Варіант 11.** Жива маса свиноматок великої білої породи у віці 20 місяців, кг:

251	225	194	200	210	222	233
240	240	242	236	226	221	218
228	215	225	228	220	222	242
221	225	228	215	222	225	221
218	200	238	255	231	218	242

**Варіант 12.** Довжина тулуба свиноматок великої білої породи у віці 26 місяців, см:

161	150	154	147	160	155	162
161	152	160	164	156	151	155
154	150	162	150	145	147	154
154	161	159	156	161	155	150
153	166	162	148	147	151	160

**Варіант 13.** Обхват грудей свиноматок великої білої породи у віці 24 місяці, см:

146	136	138	127	145	145	144
145	140	155	141	142	138	139
142	140	140	139	147	145	135
135	146	142	145	148	140	139
145	146	142	135	138	142	134

**Варіант 14.** Молочність свиноматок великої білої породи, кг:

59	50	55	52	51	47	49
44	45	47	48	64	50	55
64	62	54	46	59	48	47
47	57	53	49	54	58	57
65	47	49	44	47	52	49

## 10.3. Показники мінливості.

### 10.3.1. Середнє квадратичне відхилення

**Мета заняття.** Ознайомити студентів з середнім квадратичним відхиленням, важливим біометричним параметром, що характеризує ступінь мінливості ознак. Домогтися засвоєння студентами методу обчислення середнього квадратичного відхилення при великих і малих об'ємах сукупностей і практичним його використанням. Вивчити ступінь мінливості окремих господарсько-корисних ознак у сільськогосподарських тварин.

**Теоретичне обґрунтування.** В біометрії при характеристиці сукупностей важливе значення має ступінь варіювання (мінливості) ознак. Вивчення ступеня мінливості ознак має важливе значення в селекції сільськогосподарських тварин, оскільки дає можливість виявити обумовленість ознак в групах тварин, що вирощуються в однакових умовах. За ступенем варіювання можна давати характеристику мінливості ознаки в одній або декількох групах тварин. Наприклад, два стада корів можуть мати досить близькі середньодобові надої молока, однак в одному стаді величина надою в окремих тварин може значно варіювати, а в другому стаді, навпаки, мінливість може бути незначною.

Показником мінливості ознак у сукупностях можуть до деякої міри служити ліміти, які характеризують максимальне і мінімальне значення варіюючої ознаки і вказують на амплітуду коливань. Однак, одні ліміти є недостатніми для виявлення ступеня варіювання ознак в середині сукупності, вони не відображають індивідуальних відмінностей окремих членів сукупності, розподілу частот. Досить часто бувають випадки, коли в двох сукупностях, при однаковому розмаху мінливості, ступінь варіювання ознаки в середині сукупності є різний. Для прикладу розглянемо дані про мінливість добового надою молока двох груп корів:

### Добовий надій молока, кг

Групи тварин	Добовий надій молока										$\bar{X}$
	10	21	22	23	24	24	25	26	27	38	
Перша група	10	21	22	23	24	24	25	26	27	38	24
Друга група	10	14	17	20	23	25	28	31	34	38	24

Як видно з наведених даних, при однакових лімітах (10 кг і 38 кг), а також однакових середніх арифметичних (24 кг) більш мінливим добовий надій молока виявився в другій групі корів.

Для того, щоб виявити ступінь варіювання ознаки всередині сукупності, можна визначити середнє арифметичне і, порівнюючи її з кожною варіантою, обчислити відхилення. Проте відомо, що сума відхилень всіх варіант сукупності від середньої арифметичної в сторону збільшення завжди дорівнює сумі відхилень всіх варіант від середнього арифметичного в сторону зменшення, або ця різниця дорівнює 0. Враховуючи вищесказане, відхилення від середнього арифметичного спочатку визначали без врахування алгебраїчного знаку, розділяючи загальну суму відхилень на кількість варіант.

Наприклад: необхідно дізнатися про мінливість висоти в холці двох груп корів (см):

Перша група, n = 5		Друга група, n = 5	
$x_i$	$(x_i - \bar{X})$	$x_i$	$(x_i - \bar{X})$
136	+1	137	+2
132	-3	129	-6
138	+3	141	+6
134	-1	133	-2
135	0	135	0
$\sum x_i = 675$	$\sum(x_i - \bar{X}) = 8$	$\sum x_i = 675$	$\sum(x_i - \bar{X}) = 16$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{675}{5} = 135 \text{ см};$$

$$\sum (x - \bar{X}) = 8$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{675}{5} = 135 \text{ см};$$

$$\sum (x - \bar{X}) = 16$$

Відхилення кожної варіанти від середньої арифметичної в першій групі корів становить  $(X_i - \bar{X}) = \frac{\Sigma(X - \bar{X})}{n} = \frac{8}{5} = 1,6$  см, в другій групі

$(X_i - \bar{X}) = \frac{\Sigma(X - \bar{X})}{n} = \frac{16}{5} = 3,2$  см. Отже, проведений розрахунок показує, що висота в холці є більш мінливою в другій групі тварин.

Однак, цей метод виявився досить спрощеним, оскільки він не вловлював дійсної закономірності розсіювання варіантів у сукупності. Характер розсіювання варіантів вимагав для характеристики варіювання використовувати величину другого ступеня. Тому сьогодні для характеристики варіювання використовують середнє квадратичне відхилення, яке позначається буквою ( $\sigma$ ). Воно показує, на скільки в середньому кожна варіанта сукупності відхиляється від середнього арифметичного.

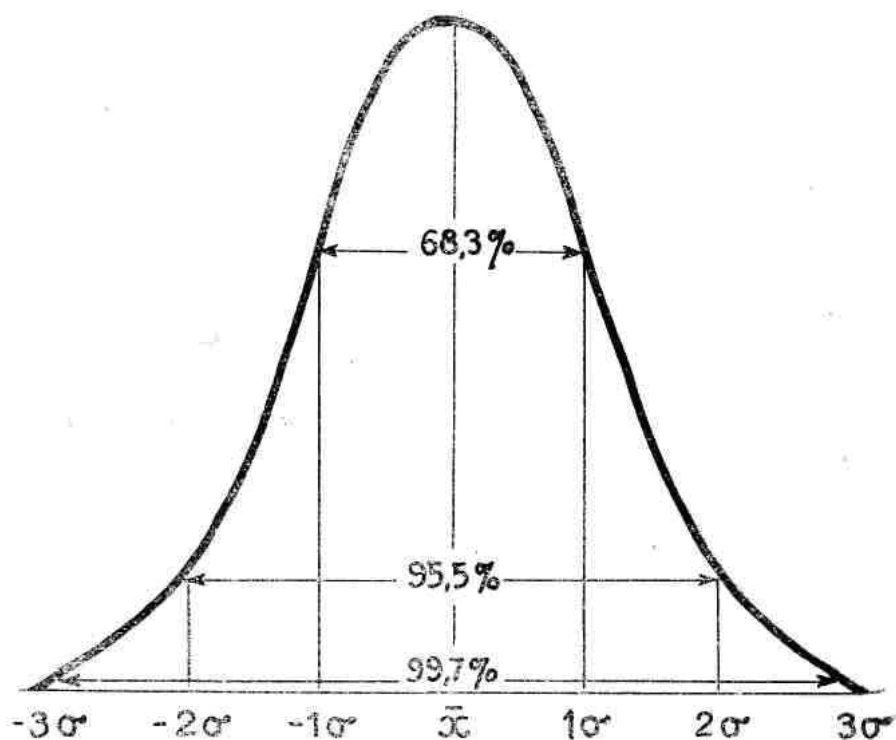
У нормальних варіаційних рядах весь розмах мінливості обмежений лімітами, які включають шестикратну величину середнього квадратичного відхилення. З цього випливає, що ступінь варіювання в сукупності може знаходитися в межах  $\pm 3 \sigma$ . При графічному зображенні цього правила одержимо:

$\bar{X} \pm 1 \sigma = 68,3\%$  варіювання всіх варіант;

$\bar{X} \pm 2 \sigma = 95,5 \%$  варіювання всіх варіант;

$\bar{X} \pm 3 \sigma = 99,7\%$  варіювання всіх варіант.





Нормальна варіаційна крива

Використовуючи цю закономірність мінливості, можна визначити в будь-якій сукупності максимальне і мінімальне значення варіюючої ознаки. Наприклад, середній надій молока за лактацію в стаді корів дорівнює 4000 кг, сігма — 550 кг. На основі цих даних можна передбачити, що найвищий надій молока за лактацію окремих корів стада становить:

$$\bar{X} + 3 \sigma = 4000 + 3 \circ 550 = 5650 \text{ кг}$$

Найнижча молочна продуктивність корів стада становить:

$$\bar{X} - 3 \sigma = 4000 - 3 \circ 550 = 2350 \text{ кг.}$$

Середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) визначають при малих і великих об'ємах вибірок. Якщо об'єм вибірки менше 30, середнє квадратичне відхилення, або “сігму” визначають за такою формулою:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}, \text{ де:}$$

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення;

$\Sigma(x_i - \bar{X})^2$  - сума відхилень всіх варіант від середнього арифметичного і піднесених до квадрату;

$n - 1$  – кількість варіант.

Наприклад, необхідно вирахувати середнє квадратичне відхилення за добовим надоем молока корів, кг:

Номери тварин	$x_i$	$(x - \bar{X})$	$(x - \bar{X})^2$
1	10,2	-1,5	2,25
2	10,7	-1,0	1,00
3	10,9	-0,8	0,64
4	11,4	-0,3	0,09
5	11,7	0	0
6	11,8	0,1	0,01
7	12,0	0,3	0,09
8	12,1	0,4	0,16
9	12,3	0,6	0,36
10	12,6	0,9	0,81
11	13,0	1,3	1,69
$n = 11$	$\Sigma x_i = 128,7$		$\Sigma(x_i - \bar{X})^2 = 7,1$

Сума варіантів дорівнює  $\Sigma x_i = 128,7$  кг,  $\Sigma(x_i - \bar{X})^2 = 7,1$ . Визначаємо середнє арифметичне, яке буде дорівнювати:

$$\bar{X} = \frac{128,7}{11} = 11,7 \text{ кг}$$

Визначаємо відхилення кожної варіанти від середнього арифметичного, переводимо їх у квадрат та одержуємо  $\Sigma(x_i - \bar{X})^2$ . Визначаємо середнє квадратичне відхилення — сігму.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{7,1}{10}} = \sqrt{0,71} = \pm 0,84$$

Отже,  $\bar{X} = 11,7$  кг;  $\sigma = \pm 0,84$  кг.

При великих об'ємах сукупності середнє квадратичне відхилення визначаємо за формулою:

$$\sigma = \pm K \cdot \sqrt{\frac{\sum fa^2}{n} - b^2}, \text{ де:}$$

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення;

$k$  - класовий проміжок;

$b^2$  - поправка до умовного середнього піднесена до квадрату;  $n$  — об'єм сукупності;

$fa^2$  — сума, яка одержана шляхом перемноження  $a$  на  $fa$ .

Користуючись наведеною формулою, вираховуємо середнє квадратичне відхилення за живою масою кролів породи шиншила на основі побудови варіаційного ряду. Визначаємо ліміти за живою масою кролів:  $X_{max}$  — 7,4 кг,  $X_{min}$  - 3,0 кг,  $lim = 7,4 - 3,0 = 4,4$  кг;

$$k = \frac{4,4}{7} = 0,61 \text{ кг} \approx 0,6 \text{ кг}$$

Будуємо варіаційний ряд за живою масою кролів породи шиншила:

Кордони класів	$f$	$a$	$fa$	$fa^2$
3,0 – 3,5	3	- 3	- 9	27
3,6 – 4,1	4	- 2	- 6	16
4,2 – 4,7	6	- 1	$\frac{-6}{-23}$	6
4,8 – 5,3	13	0	0	0
5,4 – 5,9	7	1	7	7
6,0 – 6,5	7	2	14	28
6,6 – 7,4	2	3	$\frac{6}{27}$	18
	$n = 42$		$\sum fa = 4$	$\sum fa^2 = 102$

У першу чергу визначаємо умовне середнє арифметичне ( $A$ ), для чого проводимо відповідні розрахунки:

$$A = 4,8 + 0,3 \text{ кг} = 5,1 \text{ кг}; \quad \sum fa = -23 + 27 = 4;$$

$$b = \frac{4}{42} = 0,09 \text{ кг}; \quad \bar{X} = 5,1 + 0,09 \cdot 0,6 = 5,15 \text{ кг}$$

Визначаємо ( $fa$ ) шляхом перемноження ( $a$ ) на ( $fa$ ), сумуємо і одержуємо  $fa^2$ . Середнє квадратичне відхилення буде дорівнювати:

$$\sigma = \pm 0,6 \cdot \sqrt{\frac{102}{42} - 0,008} = 0,93 \text{ кг}$$

Середня жива маса кролів породи шиншіла становить 5,15 кг, а середнє квадратичне відхилення - 0,93 кг.

### Самостійна робота студентів.

Самостійна робота студентів включає два завдання. Перше завдання передбачає обчислення середнього квадратичного відхилення на основі варіаційного ряду, що побудований при визначенні середнього арифметичного. Друге завдання студенти виконують на основі варіантів.

**Завдання 1.** Використовуючи раніше побудований варіаційний ряд, вирахувати середнє квадратичне відхилення. На основі правила  $\pm 3\sigma$  визначіть найбільше і найменше значення варіюючої ознаки.

**Завдання 2.** Обчислити середнє квадратичне відхилення без побудови варіаційного ряду на основі даних окремих варіантів. Перевірте правило  $\pm 3\sigma$ .

**Завдання для обчислення середнього  
квадратичного відхилення**

**Варіант 1.** Надій молока за третю лактацію корів української чорно-рябої молочної породи, кг:

3753	3470	4730	4481	4310	3984	4390	3830
4241	4653	4829	3533	3363	4650	3901	4058

**Варіант 2.** Вміст жиру в молоці за третю лактацію корів симентальської породи, % :

3,83	3,77	3,93	3,67	3,66	3,54	3,45	4,01
3,73	3,80	4,08	3,94	3,5	3,61	3,89	3,48

**Варіант 3.** Добовий надій молока корів української чорно-рябої молочної породи, кг:

17,2	18,5	23,8	26,9	27,8	19,8	21,2	17,6
24,1	19,1	18,2	22,1	25,3	18,7	16,9	20,4

**Варіант 4.** Жива маса корів української чорно-рябої молочної породи після третього отелення, кг:

520	295	494	532	510	570	481	530
517	601	528	554	505	505	474	512

**Варіант 5.** Жива маса свиноматок великої білої породи у віці 24 місяці, кг:

240	295	265	290	274	317	305	325
255	304	278	235	235	285	282	291

**Варіант 6.** Довжина тулуба свиноматок великої білої породи, см:

159	165	153	164	147	168	167	145
170	156	180	179	162	161	172	158

**Варіант 7.** Настриг вовни овець породи прекос, кг:

5,6	8,1	7,1	6,8	7,4	8,3	8,7	7,0
6,0	6,4	6,3	7,5	5,8	6,7	7,2	6,6

**Варіант 8.** Жива маса овець породи прекос, кг:

51	64	46	45	56	66	59	57
57	48	52	48	54	53	61	60

**Варіант 9.** Вміст білка в молоці корів симентальської породи, %:

3,31	3,37	3,80	3,70	3,52	3,66	3,24	3,48
3,29	3,55	3,32	3,67	3,78	3,40	3,50	3,59

**Варіант 10.** Жива маса курей російської білої породи, кг:

1,70	1,93	1,85	1,78	2,17	2,44	2,37	2,01
2,05	2,21	1,96	2,05	2,58	2,57	2,42	1,99

**Варіант 11.** Несучість курей російської білої породи, штук:

227	260	216	235	231	195	235	198
205	213	225	219	248	203	247	185

**Варіант 12.** Маса яєць курей російської білої породи, г:

53,0	54,5	47,9	52,2	55,2	53,7	51,5	49,7
58,7	56,0	54,2	55,8	49,5	49,4	60,4	50,0

**Варіант 13.** Жива маса телиць української чорно-рябої молочної породи у віці 12 місяців, кг:

218	260	235	230	247	240	227	264
234	234	263	249	232	254	225	241

**Варіант 14.** Молочність свиноматок великої білої породи, кг:

59	47	43	57	58	52	49	53
62	45	42	54	43	61	58	48

**Варіант 15.** Жива маса поросят у віці 2 місяці, кг:

15,6	16,1	12,1	10,9	17,6	17,5	10,5	13,5
16,4	14,8	12,9	12,4	14,1	17,6	11,2	13,7

### 10.3.2. Коефіцієнт мінливості

**Мета заняття.** Ознайомити студентів з коефіцієнтом варіювання, біометричним параметром, що характеризує ступінь мінливості ознаки. З'ясувати, в яких випадках при вивченні мінливості ознак, крім “сігми”, слід визначити коефіцієнт мінливості. Ознайомити студентів із способами визначення коефіцієнта мінливості, вивчити в порівняльному плані ступінь мінливості окремих господарсько-корисних ознак у сільськогосподарських тварин.

**Теоретичне обґрунтування.** Середнє квадратичне відхилення або “сігма” є основним біометричним параметром ступеня варіювання ознаки в середині вибіркової сукупності. Вона виражається в тих одиницях виміру, що й середнє арифметичне. Однак, середнє квадратичне відхилення може бути використане для характеристики ступеня мінливості ознак лише в таких випадках:

- а) при вивченні мінливості однієї ознаки в одній або двох групах тварин;
- б) при вивченні мінливості двох ознак, які вимірюються однаковими одиницями виміру, а середні арифметичні цих ознак істотно не відрізняються між собою.

Наприклад, добовий надій молока корів першої групи дорівнює  $\bar{X} = 20$  кг,  $\sigma = \pm 2$  кг; в другій групі —  $\bar{X} = 18$  кг,  $\sigma = \pm 5$  кг.

Отже, середні арифметичні в цих групах майже однакові, а “сігми” різні, що може свідчити про різний ступінь мінливості ознак у двох групах тварин. Як відомо, сільськогосподарські тварини характеризуються різними господарсько-корисними ознаками, які часто вимірюються різними одиницями виміру, а значення цих ознак та їх середні арифметичні є різні. В таких випадках при вивченні ступеня мінливості декількох ознак, які вимірюються різними одиницями виміру, крім “сігми”, необхідно визначити також коефіцієнт мінливості. Наприклад, для порівняння мінливості таких ознак, як надій молока за лактацію, вміст жиру в молоці, жива маса, плодючість тощо. Крім того,



визначення мінливості за допомогою коефіцієнта мінливості проводять тоді, коли необхідно виявити пластичність ознаки під впливом факторів зовнішнього середовища, а також при плануванні дослідів і визначенні величин дослідних груп тварин.

Коефіцієнт мінливості визначають за формулою:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100, \text{ де:}$$

$\sigma$  — середнє квадратичне відхилення;

$\bar{X}$  — середнє арифметичне.

З наведеної формули видно, що коефіцієнт мінливості — це відношення середнього квадратичного відхилення до середнього арифметичного, виражене у відсотках. Він показує, яку частину від середнього арифметичного становить середнє квадратичне відхилення і дає можливість виявити, яка ознака є більш, а яка менш мінливою.

Наприклад, порівняємо ступінь мінливості окремих ознак у великої рогатої худоби української чорно-рябої молочної породи за такими даними:

<b>Ознаки</b>	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Жива маса телят при народженні, кг	30,4	3,2	10,5
Жива маса дорослих корів,	515	63,5	12,3
Надій молока за першу лактацію, кг	3154	685	21,7
Вміст жиру в молоці, %	3,74	0,21	5,6
Висота в холці, см	125,4	8,3	6,6

Наведені дані показують, що ознаки відзначаються різним ступенем мінливості. Наприклад, мінливість надою молока за лактацію дорівнює 21,7%; вмісту жиру - 5,6%. Різний ступінь мінливості ознак показує, що факторами зовнішнього середовища, зокрема годівлею, легше змінити, наприклад, рівень надою молока, ніж рівень вмісту жиру в молоці.

## Самостійна робота студентів.

Для самостійної роботи студентів дається два завдання. В першому завданні студенти визначають коефіцієнт мінливості цієї ознаки, за якою визначається “сігма” на попередньому занятті. Друге завдання по визначенню коефіцієнта мінливості студенти виконують згідно розроблених варіантів. Кожний студент одержує відповідний варіант і виконує його самостійно.

**Завдання 1.** Обчислити коефіцієнт мінливості ознаки, за якою визначалося середнє квадратичне відхилення, або “сігма”, на попередньому занятті. Зробити висновок про ступінь її мінливості.

**Завдання 2.** Порівняти мінливість ознак в окремих видів сільськогосподарських тварин, згідно з варіантами.

### Завдання для обчислення коефіцієнта мінливості

**Варіант 1.** Порівняти мінливість ознак у великої рогатої худоби української чорно-рябої молочної породи за такими показниками:

Показники	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Жива маса телят при народженні, кг	35,4	3,7	
Жива маса телиць чорно-рябої породи віком 15-16 місяців, кг	315,3	38,5	
Жива маса корів чорно-рябої породи після третього отелу, кг	535,4	48,5	
Надій молока за третю лактацію, кг	4562	790	
Вміст жиру в молоці, %	3,65	0,17	

**Варіант 2.** Порівняти мінливість ознак продуктивних якостей племінних свиноматок великої білої породи за такими показниками:

Показники	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Багатоплідність, гол.	11,7	2,2	
Великоплідність, кг	1,21	0,07	
Молочність, кг	49,6	6,1	
Кількість поросят при відлученні, гол.	11,4	1,62	
Жива маса 1 голови при відлученні, кг	16,7	1,82	

**Варіант 3.** Порівняти мінливість живої маси і промірів у свиноматок великої білої породи віком 36 місяців і старших за такими показниками:

Показники	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Жива маса, кг	211,5	28,6	
Довжина тулуба, см	148,2	6,6	
Обхват грудей, см	140,6	9,1	
Висота в холці, см	81,4	4,2	
Глибина грудей, см	47,5	4,1	

**Варіант 4.** Порівняти мінливість повновікових корів української чорно-рябої молочної породи за такими показниками:

Показники	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Висота в холці, см	127,8	8,4	
Глибина грудей за лопатками, см	67,8	4,2	
Ширина грудей за лопатками, см	44,8	2,9	
Коса довжина тулуба, см	153,7	8,2	
Обхват грудей, см	191,7	16,8	
Обхват п'ястка, см	18,3	0,9	

**Варіант 5.** Порівняти мінливість м'ясних якостей свиней великої білої породи за такими показниками:

Показники	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Забійний вихід, %	74,0	8,6	
Довжина туші, см	97,5	5,6	
Ширина туші, см	36,8	3,3	
Товщина шпигу над 6-7 ребрами, см	3,4	0,3	
Площа "м'язового вічка", см <sup>2</sup>	27,4	1,2	

**Варіант 6.** Порівняти мінливість живої маси (кг) молодняка великої рогатої худоби української чорно-рябої молочної породи в окремі вікові періоди за такими показниками:

Показники	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Жива маса при народженні	28,8	3,3	
Жива маса у віці 3-х місяців	87,7	7,7	
Жива маса у віці 6 місяців	152	9,7	
Жива маса у віці 12 місяців	271,4	13,8	
Жива маса у віці 18 місяців	354,8	17,0	

**Варіант 7.** Порівняти мінливість добового надою молока (кг) у корів української чорно-рябої молочної породи з різною формою вим'я за такими показниками:

Форма вим'я	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Ванноподібна	18,4	4,6	
Чашовидна	17,3	4,9	
Округла	12,4	4,8	
Козяча	10,3	4,7	
Примітивна	8,4	4,2	

**Варіант 8.** Порівняти мінливість м'ясних якостей великої рогатої худоби симентальської породи за такими показниками:

Показники	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Жива маса, кг	498,5	56,3	
Забійна маса, кг	259,3	36,1	
Маса сала, кг	31,4	12,7	
Маса шкури, кг	28,9	4,1	
Забійний вихід, %	57,3	3,4	

**Варіант 9.** Порівняти мінливість живої маси (кг) молодняка свиней великої білої породи в окремі вікові періоди за такими даними:

Показники	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Жива маса при народженні	1,1	0,2	
Жива маса у віці 2-х місяців	17,0	1,7	
Жива маса у віці 4-х місяців	41,5	3,2	
Жива маса у віці 6-ти місяців	83,7	7,1	
Жива маса у віці 12-ти місяців	118,4	8,7	

**Варіант 10.** Порівняти мінливість промірів (см) жеребців орловської рисистої породи віком 4-х років і старше за такими показниками:

Показники	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Висота в холці	158,4	4,6	
Глибина грудей	70,5	2,4	
Ширина грудей за лопатками	37,4	3,4	
Обхват грудей	177,4	6,7	
Коса довжина тулуба	158,1	6,4	
Обхват п'ястка	20,2	1,1	

**Варіант 11.** Порівняти мінливість живої маси (кг) молодняка овець породи прекос в окремі вікові періоди за такими показниками:

<b>Показники</b>	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Жива маса при народженні	4,7	0,7	
Жива маса у віці 1-го місяця	11,4	1,6	
Жива маса у віці 3-х місяців	25,8	2,6	
Жива маса у віці 6-ти місяців	33,9	2,8	
Жива маса у віці 8-ми місяців	47,1	3,5	

**Варіант 12.** Порівняти мінливість промірів (см) вівцематок породи прекос за такими показниками:

<b>Показники</b>	$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v, \%$
Висота в холці	71,6	2,1	
Глибина грудей	33,5	2,0	
Ширина грудей за лопатками	28,3	2,1	
Коса довжина тулуба	73,3	3,1	
Обхват грудей	104,5	6,5	
Обхват п'ястка	8,4	0,5	

## 10.4. Помилка середньої арифметичної

**Мета заняття.** Ознайомлення студентів зі статистичною помилкою середньої арифметичної та способами її визначення. Показати значення помилки при характеристиці середньої арифметичної вибіркової сукупності та при знаходженні меж середньої арифметичної генеральної сукупності. Навчити студентів, використовуючи помилку середньої арифметичної, визначати ступінь достовірності одержаних даних.

**Теоретичне обґрунтування.** При проведенні наукових досліджень або опрацюванні даних племінного обліку можуть мати місце помилки різного типу:

- помилки, які виникають внаслідок розрахунків опису окремих ознак, неправильного вирахування і т. д.;
- систематичні помилки, які бувають внаслідок неточного вимірювання, зважування чи визначення величини певної ознаки.
- статистичні або репрезентативні помилки, які обумовлені самим методом. Вони виникають тоді, коли характеристика генеральної сукупності проводиться на вибірці із генеральної, у яку відібрані тварини за принципом випадковості. Оскільки частина не може повністю відображати властивості цілого, так і вибірка сукупність не може повністю відображати властивості генеральної сукупності. В результаті чого виникає статистична помилка або, так звана, помилка репрезентативності. Однією з статистичних помилок є помилка середнього арифметичного, за допомогою якої можна визначити достовірність одержаного середнього арифметичного вибіркової сукупності і межі знаходження середньої арифметичної генеральної сукупності. Помилка середнього арифметичного — це статистична помилка. Вона не має нічого спільного з помилкою точності.

Як відомо, статистичні показники вибірових сукупностей завжди мають помилки вибіровості або репрезентативності. Вони представляють середню величину розходження між середнім значенням ознаки вибірових і

генеральних сукупностей. Отже, помилка середньої показує ступінь близькості ( $\bar{X}$  і  $X_i$ ) між середньою арифметичною вибіркової і генеральної сукупностей. Розглянемо відношення між ними.

Допустимо, що середня жива маса телиць симентальської породи вибіркової сукупності у віці 5 місяців дорівнює  $\bar{X}_1 = 131$  кг. Середня жива маса телиць інших вибірок з цієї генеральної становить:  $\bar{X}_2 = 129$  кг;  $\bar{X}_3 = 128$  кг;  $\bar{X}_4 = 133$  кг;  $\bar{X}_5 = 129$  кг. Наскільки ми допустили помилку, прийнявши середню живу масу телиць за 131 кг?

Наведені дані показують, що середні арифметичні декількох вибірових сукупностей є неоднакові і варіюють на певну величину. Одні більше, а інші – менше. Однак, це варіювання завжди знаходиться близько середньої арифметичної генеральної сукупності і може бути виміряне “сігмою”. Ця “сігма” і буде називатися помилкою середнього арифметичного вибіркової сукупності.

Визначимо цю сигму:

Значення середніх	Відхилення, ( $\bar{X}_n - \bar{X}$ )	Відхилення, переведене в квадрат, ( $\bar{X}_n - \bar{X}$ ) <sup>2</sup>
$\bar{X}_1 - 131$ кг	+1	1
$\bar{X}_2 - 129$ кг	-1	1
$\bar{X}_3 - 128$ кг	-2	4
$\bar{X}_4 - 133$ кг	+3	9
$\bar{X}_5 - 129$ кг	-1	1
		<b>16</b>

$$\bar{X} = \frac{650}{5} = 130 \text{ кг} \quad \sigma = \sqrt{\frac{16}{4}} = 2,00 \text{ кг}$$

Отже, прийнявши середню живу масу телиць за 130 кг, ми допустили помилку  $\pm 2$  кг.



Враховуючи, що існує пряма залежність між варіюванням ознак в середині генеральної сукупності і варіюванням декількох середніх вибірок з однієї генеральної, помилку середньої можна визначити на основі “сігми” генеральної сукупності. Щоб її одержати, необхідно було б вивчити всю генеральну сукупність, що є неможливим. Крім того, тоді недоцільно було б визначати помилку середньої вибірки. Враховуючи, що “сігму” генеральної сукупності визначити неможливо, при вирахуванні помилки середнього арифметичного беруть “сігму” вибіркової сукупності.

Помилка середньої арифметичної позначається буквою латинського алфавіту  $S_{\bar{x}}$ , (записується з індексом середньої арифметичної) і визначається за формулами. При малій вибірковій сукупності, якщо  $n < 30$ , помилку середнього вираховують за формулою:

$$S_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$$

Якщо об'єм вибіркової сукупності переважає  $n > 30$ , то помилку середнього арифметичного вираховують за формулою:

$$S_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \text{ де:}$$

$S_{\bar{x}}$  – помилка середнього арифметичного;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення;

$n$  – кількість варіант, об'єм вибіркової сукупності.

З наведених формул видно, що помилка середнього арифметичного прямо пропорційна величині середнього квадратичного відхилення і обернено пропорційна кореню квадратному з кількості варіантів ( $n$ ). З цього випливає, що величина помилки середнього арифметичного залежить від таких факторів, як величина середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ), чим більша різноманітність ознаки, тим більша помилка і навпаки. Вона також залежить від об'єму сукупності ( $n$ ), чим більше варіантів сукупності, тим менша помилка і навпаки, чим менше варіантів у досліджуваній сукупності, тим більша помилка.

Наприклад, жива маса двох груп телиць української чорно-рябої молочної породи у віці 14-15 місяців є майже однаковою і дорівнює:

I група	II група
$\bar{X}_1 = 320$ кг	$\bar{X}_2 = 325$ кг
$\sigma_1 = \pm 31$ кг	$\sigma_2 = \pm 40$ кг
$n_1 = 100$ гол.	$n_2 = 50$ гол.

Однак об'єм цих двох вибірок є різний. Вирахуємо помилки середнього арифметичного цих двох груп тварин:

$$S_{\bar{X}_1} = \frac{31}{\sqrt{100}} = \frac{31}{10} = 3,10 \text{ кг};$$

$$S_{\bar{X}_2} = \frac{40}{\sqrt{50}} = \frac{31}{7,07} = 4,38 \text{ кг}$$

Таким чином, проведені розрахунки показали, що збільшення об'єму сукупності значно зменшує помилку середнього арифметичного, і тим самим, середнє арифметичне вибіркової сукупності більш наближається до середнього генеральної сукупності.

$$\bar{X}_1 = 320 \pm 3,10 \text{ кг};$$

$$\bar{X}_2 = 325 \pm 4,38 \text{ кг}$$

Запис величини помилки середнього арифметичного зі знаками плюс і мінус ( $\pm$ ) вказує, що величина середнього арифметичного генеральної сукупності ( $\tilde{X}$ ) буде знаходитися в таких межах від середнього арифметичного вибіркової сукупності.

Варіаційною статистикою встановлено, що середнє арифметичне генеральної сукупності ( $\tilde{X}$ ) знаходиться в межах  $\pm 3 S_{\bar{X}}$  від середнього арифметичного вибіркової сукупності ( $\bar{X}$ ). Отже,  $\tilde{X} = \bar{X} \pm t_{\bar{X}} \cdot S_{\bar{X}}$ . Для більш точного визначення меж знаходження середнього арифметичного генеральної сукупності, та визначення достовірності середньої арифметичної вибіркової сукупності вираховують критерій достовірності ( $t_x$ ) за такою формулою:

$$t_{\bar{X}} = \frac{\bar{X}}{S_{\bar{X}}}, \text{ де:}$$

$t_{\bar{X}}$  – критерій достовірності;

$\bar{X}$  - середнє арифметичне вибіркової сукупності;

$S_{\bar{X}}$  — помилка середнього арифметичного.

Отже, критерій достовірності вираховується як відношення середньої арифметичної до її помилки. Величина критерію достовірності ( $t_{\bar{X}}$ ) зв'язана з величиною достовірності або порогом ( $P$ ) достовірності, а саме, при числі ступенів вільності 70-120 поріг вірогідності дорівнює:

Критерій достовірності	Поріг достовірності
$t_{\bar{X}} = 1,96 - 2,01$ відповідає	$P = 0,95$
$t_{\bar{X}} = 2,58 - 2,63$	$P = 0,99$
$t_{\bar{X}} = 3,29 - 3,39$	$P = 0,999$

Величина  $t_{\bar{X}} = 1,96$  називається першим порогом достовірності при  $P = 0,95$ , з якого вибірка середня відображає величину середнього арифметичного генеральної сукупності. При такому порозі достовірності середнє арифметичне генеральної сукупності буде знаходитись в межах від  $\bar{X} + 1,96 S_{\bar{X}}$  до  $\bar{X} - 1,96 S_{\bar{X}}$ . Такі межі можливого знаходження середньої арифметичної генеральної сукупності називаються довірючими межами. Для спрощення розрахунків можна взяти заокруглено  $t_{\bar{X}} = 1,96 \approx 2,0$ .

Розглянемо такі дані. Надій молока за лактацію по групі 100 корів чорно-рябої породи становить  $\bar{X} = 4125$  кг,  $\sigma = 512$  кг.

Помилка середнього арифметичного за надоем молока дорівнюватиме:

$$S_{\bar{X}} = \frac{512}{\sqrt{100}} = \frac{512}{10} = 51,2 \text{ кг}$$

У нашому прикладі довірюючі межі знаходження середньої арифметичної генеральної сукупності і достовірність одержаної середньої арифметичної вибіркової сукупності за надоєм молока за лактацію є такими:

$$\tilde{X} = \bar{X} \pm t_{\bar{X}} \cdot S_{\bar{X}} = 4125 \pm 2 \cdot 51 \text{ кг; звідси}$$

$$\tilde{X} = \bar{X} - 2 \cdot S_{\bar{X}} = 4125 - 2 \cdot 51 = 4125 - 102 = 4023 \text{ кг;}$$

$$\tilde{X} = \bar{X} + 2 \cdot S_{\bar{X}} = 4125 + 2 \cdot 51 = 4125 + 102 = 4227 \text{ кг.}$$

Таким чином, для вибіркової сукупності середній надій молока дорівнює 4125 кг, а для генеральної сукупності середній надій молока знаходиться в межах 4023 - 4227 кг, що можна стверджувати з ймовірністю  $P = 0,05$  (95%) або помилка становить 5%.

Фактична величина критерію достовірності надою молока виявилась набагато вищою, ніж межа першого порогу ( $t_{\bar{X}} = 2,0$ ,  $P > 0,95$ ), а саме  $t_{\bar{X}} = \frac{4125}{51} = 80,8$ . Це свідчить, що одержане середнє арифметичне надою молока має високу достовірність.

$$\tilde{X} = \bar{X} - 3 \cdot 51 = 4125 - 153 = 3972 \text{ кг;}$$

$$\tilde{X} = \bar{X} + 3 \cdot 51 = 4125 + 153 = 4278 \text{ кг.}$$

На основі цього можна стверджувати з ймовірністю  $P > 0,999$  (99,9) або  $P > 0,001$ , що помилка становить лише 0,1%.

Якщо вираховане значення  $t_{\bar{X}}$  буде меншим ( $t_{\bar{X}} < 1,98$ ), то середнє арифметичне вибіркової сукупності буде не достовірним і не може слугувати характеристикою генеральної сукупності, а висновки на підставі таких даних не матимуть наукової і практичної цінності.

Достовірність величини  $t$  при певних її порогах з врахуванням об'єму вибіркової сукупності можна визначити також за таблицею Стюдента.

Наприклад: середня багатоплідність свиноматок  $\bar{X} = 10,5$  голів,  $\sigma = 2$  голови,  $n = 10$  голів. Помилка середнього арифметичного за багатоплідністю становить:

$$S_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{10-1}} = \frac{2}{3} = 0,66$$

Критерій достовірності дорівнює:

$$t_{\bar{X}} = \frac{\bar{X}}{S_{\bar{X}}} = \frac{10,5}{0,66} = 16$$

Знаходимо ступінь свободи:  $\nu = n - 1$ ;  $10 - 1 = 9$ .

У таблиці Стьюдента в рядку  $\nu = 9$  знаходимо значення (при трьох рівнях ймовірності: 2,36; 3,25; 4,78. Оскільки вираховане значення  $t_{\bar{X}} = 16$  або більше табличного значення  $t$  на трьох рівнях достовірності, можна стверджувати, що одержане середнє арифметичне є високодостовірним.

### Самостійна робота студентів.

Для проведення самостійної роботи студентів дається завдання з використанням середніх даних вибірових сукупностей. На основі цих даних студенти обчислюють помилку середньої арифметичної ( $S_{\bar{X}}$ ), критерій достовірності середнього арифметичного ( $t_{\bar{X}}$ ) і межі знаходження середнього арифметичного генеральної сукупності ( $\bar{X}$ ) при різних порогах достовірності, роблять відповідний висновок про їх достовірність. Самостійна робота включає два завдання. Перше завдання студенти виконують разом. Для виконання другого завдання кожний студент одержує один з варіантів і виконує свій варіант самостійно.

**Завдання 1.** Обчислити помилку середнього арифметичного ( $S_{\bar{X}}$ ), критерій достовірності на основі таких даних: середній вміст жиру в молоці 150 корів чорно-рябої породи становить  $\bar{X} = 3,75\%$ , середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) -  $0,35\%$ . Користуючись таблицею Стьюдента, визначити також поріг достовірності.

**Завдання 2.** Обчислити помилку середнього арифметичного, критерій достовірності на основі даних окремих варіантів. Визначити пороги достовірності.

**Завдання для обчислення помилки середнього арифметичного та оцінки достовірності одержаних даних**

**Варіант 1.** Надій молока за першу лактацію у корів української чорно-рябої молочної породи:

$\bar{X}_1 = 2600$ кг	$\sigma = 800$ кг	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 2600$ кг	$\sigma = 600$ кг	$n = 25$ голів
$\bar{X}_3 = 2600$ кг	$\sigma = 500$ кг	$n = 50$ голів

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 2.** Вміст жиру в молоці за першу лактацію у корів української чорно-рябої молочної породи:

$\bar{X}_1 = 3,50\%$	$\sigma = 0,90\%$	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 3,50\%$	$\sigma = 0,50\%$	$n = 25$ голів
$\bar{X}_3 = 3,50\%$	$\sigma = 0,35\%$	$n = 50$ голів

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 3.** Вміст білка в молоці за першу лактацію у корів української чорно-рябої молочної породи:

$\bar{X}_1 = 3,33\%$	$\sigma = 0,80\%$	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 3,33\%$	$\sigma = 0,50\%$	$n = 25$ голів,
$\bar{X}_3 = 3,33\%$	$\sigma = 0,35\%$	$n = 50$ голів

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 4.** Жива маса теличок української чорно-рябої молочної породи у віці 6 місяців:

$\bar{X}_1 = 151 \text{ кг}$	$\sigma = 50 \text{ кг}$	$n = 15 \text{ голів}$
$\bar{X}_2 = 151 \text{ кг}$	$\sigma = 40 \text{ кг}$	$n = 25 \text{ голів,}$
$\bar{X}_3 = 151 \text{ кг}$	$\sigma = 30 \text{ кг}$	$n = 50 \text{ голів}$

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 5.** Жива маса телиць української чорно-рябої молочної породи у віці 18 місяців:

$\bar{X}_1 = 350 \text{ кг}$	$\sigma = 100 \text{ кг}$	$n = 15 \text{ голів}$
$\bar{X}_2 = 350 \text{ кг}$	$\sigma = 70 \text{ кг}$	$n = 25 \text{ голів}$
$\bar{X}_3 = 350 \text{ кг}$	$\sigma = 50 \text{ кг}$	$n = 50 \text{ голів}$

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 6.** Жива маса корів української чорно-рябої молочної породи після третього отелення:

$\bar{X}_1 = 530 \text{ кг}$	$\sigma = 150 \text{ кг}$	$n = 15 \text{ голів}$
$\bar{X}_2 = 530 \text{ кг}$	$\sigma = 100 \text{ кг}$	$n = 23 \text{ голів}$
$\bar{X}_3 = 530 \text{ кг}$	$\sigma = 80 \text{ кг}$	$n = 50 \text{ голів}$

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 7.** Висота в холці у корів української чорно-рябої молочної породи:

$\bar{X}_1 = 130$ см,	$\sigma = 10,5$ см	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 130$ см,	$\sigma = 6,5$ см	$n = 25$ голів
$\bar{X}_3 = 130$ см,	$\sigma = 4,5$ см	$n = 50$ голів

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 8.** Обхват грудей за лопатками у корів української чорно-рябої молочної породи:

$\bar{X}_1 = 183$ см	$\sigma = 12,0$ см,	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 183$ см	$\sigma = 8,0$ см,	$n = 25$ голів
$\bar{X}_3 = 183$ см	$\sigma = 4,0$ см,	$n = 50$ голів

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 9.** Коса довжина тулуба у корів української чорно-рябої молочної породи:

$\bar{X}_1 = 150$ см	$\sigma = 15$ см	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 150$ см	$\sigma = 12$ см	$n = 23$ голів
$\bar{X}_3 = 150$ см	$\sigma = 6$ см	$n = 50$ голів

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 10.** Жива маса свиноматок великої білої породи у віці 24 місяці:

$\bar{X}_1 = 202$ кг	$\sigma = 60$ кг	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 202$ кг	$\sigma = 40$ кг	$n = 25$ голів
$\bar{X}_3 = 202$ кг	$\sigma = 25$ кг	$n = 50$ голів



Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 11.** Довжина тулуба свиноматок великої білої породи у віці 24 місяці:

$\bar{X}_1 = 153$ см	$\sigma = 30$ см	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 153$ см	$\sigma = 20$ см	$n = 25$ голів
$\bar{X}_3 = 153$ см	$\sigma = 10$ см	$n = 50$ голів

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 12.** Молочність свиноматок великої білої породи за перший опорос:

$\bar{X}_1 = 52$ кг	$\sigma = 15$ кг	$n = 15$ голів,
$\bar{X}_2 = 52$ кг	$\sigma = 10$ кг	$n = 25$ голів,
$\bar{X}_3 = 52$ кг	$\sigma = 8$ кг	$n = 50$ голів.

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 13.** Багатоплідність свиноматок великої білої породи за перший опорос:

$\bar{X}_1 = 12$ голів	$\sigma = 4$ голови	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 12$ голів	$\sigma = 3$ голови	$n = 25$ голів
$\bar{X}_3 = 12$ голів	$\sigma = 2$ голови	$n = 50$ голів

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

**Варіант 14.** Настриг вовни мериносових овець породи прекос:

$\bar{X}_1 = 4,0$ кг,	$\sigma = 1,3$ кг	$n = 15$ голів
$\bar{X}_2 = 4,0$ кг,	$\sigma = 0,8$ кг	$n = 25$ голів
$\bar{X}_3 = 4,0$ кг,	$\sigma = 0,6$ кг	$n = 50$ голів

Обчислити  $S_{\bar{X}}$ ,  $t_{\bar{X}}$ ,  $\bar{X}$ , показати, як міняється величина помилки середньої арифметичної при зміні величини  $\sigma$  і  $n$ .

## 10.5. Оцінка достовірності різниці між середніми арифметичними двох вибірових сукупностей

**Мета заняття.** Ознайомити студентів з методом оцінки достовірності різниці між середніми арифметичними двох вибірових сукупностей. З'ясувати, чому при порівнянні середніх арифметичних двох вибірових сукупностей необхідно оцінювати достовірність різниці між цими середніми.

**Зміст заняття.** В генетиці, селекції сільськогосподарських тварин, експериментальних дослідженнях важливе значення має оцінка достовірності різниці між середніми арифметичними двох вибірових сукупностей. При порівнянні середніх арифметичних двох генеральних сукупностей такої оцінки проводити недоцільно, оскільки середні арифметичні цих сукупностей завжди будуть різні.

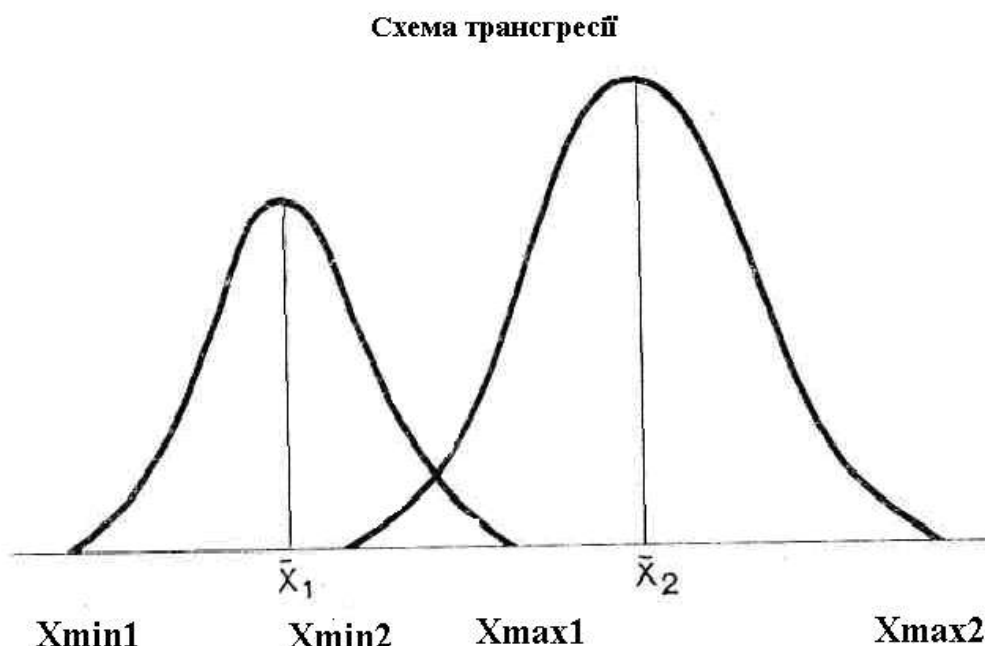
Оцінку достовірності різниці слід проводити тоді, коли порівнюють середні арифметичні вибірових сукупностей. Наприклад, коли порівнюють продуктивність двох груп тварин і вирішують питання про їх подальше використання. За різницею між показниками молочної продуктивності матерів і їх дочок визначають спадкові якості бугаїв-плідників.

На перший погляд може здаватися, що достатньо порівняти між собою середні величини двох груп тварин і визначити, яка з них є більшою. Однак ми знаємо, що середні арифметичні вибірових сукупностей з однієї генеральної проявляють явище варіювання. Крім того, середнє арифметичне вибірової сукупності може певною мірою відображати середнє арифметичне генеральної сукупності лише при умові врахування її помилки.

Якщо два варіаційні ряди або дві групи тварин дуже відрізняються між собою за певною ознакою і в цих сукупностях немає жодної варіанти з однаковим значенням, тоді можна стверджувати, що це різні середні. Проте при експериментальних дослідженнях часто зустрічаються з явищем трансгресії,

коли один варіаційний ряд заходить за другий, а значна частина варіант одного варіаційного ряду зустрічається в іншому.

Явище трансгресії можна зобразити такою схемою:



При явищі трансгресії варіаційні ряди відрізняються один від іншого лише середніми арифметичними, а крайні максимальні класи одного ряду є мінімальними класами другого. Явище трансгресії виникає тоді, коли тварини належать до одного варіаційного ряду чи вибіркової сукупності, але в один варіаційний ряд увійшли тварини з меншим, а в другий із більшим значенням варіюючої ознаки. Достовірність різниці між середніми арифметичними двох вибірових сукупностей можна визначити за допомогою помилки різниці  $Sd$ . Помилку визначають за формулою

$$Sd = \sqrt{S_{\bar{X}_1}^2 + S_{\bar{X}_2}^2} \text{ де:}$$

$S_{\bar{X}_1}^2$  – квадрат помилки середнього арифметичного першої вибіркової сукупності (варіаційного ряду);

$S_{\bar{X}_2}^2$  – квадрат помилки середнього арифметичного другої вибіркової сукупності (варіаційного ряду);

$Sd$  – помилка різниці;

$d$  – різниця між середнім арифметичним першої і середнім арифметичним другої вибіркової сукупності.

З наведеної формули видно, що помилка визначеної різниці обох середніх є квадратичний корінь з суми квадратів. Отже, вона має властивості помилки середнього арифметичного кожного ряду.

Виходячи з того, що помилка середнього арифметичного є зменшеною “сігмою” і має її властивості, вважають, що одне середнє арифметичне повинно відрізнятися від другого на  $3 Sd$ . Для того визначають ступінь достовірності різниці ( $td$ ) за формулою:

$$td = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{Sd}, \text{ де:}$$

$td$  – ступінь достовірності різниці;

$\bar{X}_1$  - середнє арифметичне перше;

$\bar{X}_2$  - середнє арифметичне друге;

$Sd$  – помилка різниці.

Отже, ступінь достовірності різниці вираховується як відношення одержаної різниці середніх арифметичних обох вибіркової групи ( $td$ ) до помилки цієї різниці ( $Sd$ ). Вважають, якщо  $td$  дорівнює  $> 3$ , різниця між середніми арифметичними є статистично достовірною. Навпаки, якщо  $td$  дорівнює  $< 3$ , різниця між обома середніми є статистично недостовірною. Ступінь достовірності різниці можна визначити також за допомогою таблиці Стюдента.

Розглянемо хід розрахунків при оцінці різниці між середніми арифметичними. Наприклад, необхідно оцінити достовірність різниці між середніми показниками молочної продуктивності корів-дочок бугаїв-плідників Фікуса 75 і Зонтика 963 за такими показниками:

Показники	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$
Надій молока за першу лактацію дочок Фікуса 75, кг	2895	140
Надій молока за першу лактацію дочок Зонтика 963, кг	2105	120

Обчислюємо помилку різниці  $Sd$ :

$$Sd = \sqrt{140^2 + 120^2} = 184 \text{ кг}$$

Обчислюємо критерій достовірності різниці  $td$ :

$$td = \frac{2895 - 2105}{184} = \frac{790}{184} = 4,2$$

Отже, різниця між середніми арифметичними перевищує помилку визначеної різниці в 4,2 рази, що свідчить про її вірогідність.

### Самостійна робота студентів.

Студенти самостійно оцінюють вірогідність різниці між середніми арифметичними згідно з розробленими варіантами.

**Завдання 1.** Провести оцінку вірогідності різниці між середніми показниками надою молока за першу лактацію дочок бугая-плідника Марта 187 та їх матерів за такими показниками:

Показники	$\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$
Надій молока за першу лактацію дочок	4807	260
Надій молока за першу лактацію матерів	4650	230

**Завдання 2.** Провести оцінку вірогідності різниці між середніми арифметичними на основі даних, наведених у варіантах.

**Завдання для оцінки вірогідності різниці  
між середніми арифметичними**

**Варіант 1.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні молочної продуктивності корів дочок бугая-плідника Класа 182 української чорно-рябої молочної породи з їх матерями за такими показниками:

Групи	Параметри	Надій молока за 305 днів першої лактації, кг	Вміст жиру, %
Дочки	$\bar{X}$	4243,5	3,78
	$S_{\bar{X}}$	126,8	0,04
Матері	$\bar{X}$	3946,9	3,73
	$S_{\bar{X}}$	119,2	0,04

**Варіант 2.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні молочної продуктивності корів різних ліній української чорно-рябої молочної породи:

Лінія	Параметри	Надій молока за 305 днів третьої лактації, кг	Вміст жиру, %
П.Астронавта	$\bar{X}$	4281,5	4,09
	$S_{\bar{X}}$	83,4	0,02
Р. Соверинга	$\bar{X}$	3969,6	3,88
	$S_{\bar{X}}$	48,4	0,02

**Варіант 3.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні вмісту білка та жиру в молоці корів, української чорно-рябої молочної і симентальської порід за такими показниками:

Порода	Параметри	Вміст білка в молоці, %	Вміст жиру в молоці, %
Українська чорно-ряба молочна	$\bar{X}$	3,36	3,48
	$S_{\bar{X}}$	0,03	0,03
Симентальська	$\bar{X}$	3,48	3,69
	$S_{\bar{X}}$	0,03	0,03

**Варіант 4.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні хімічного складу м'яса бугайців української чорно-рябої молочної та лімузинської порід за такими показниками  $n_1 = 30$ ;  $n_2 = 30$ :

Порода	Параметри	Вміст білка в м'ясі, %	Вміст жиру в м'ясі, %
Українська чорно-ряба молочна	$\bar{X}$	20,89	10,42
	$S_{\bar{X}}$	1,01	1,01
Лімузинська	$\bar{X}$	22,64	13,28
	$S_{\bar{X}}$	0,85	0,22

**Варіант 5.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні живої маси телиць української чорно-рябої молочної і симентальської порід в окремі вікові періоди за такими показниками:

Порода	Параметри	Жива маса у віці 6 місяців, кг	Жива маса у віці 12 місяців, кг
Українська чорно-ряба молочна	$\bar{X}$	160,0	346,6
	$S_{\bar{X}}$	2,4	5,1
Симентальська	$\bar{X}$	179,0	389,9
	$S_{\bar{X}}$	2,0	6,2



**Варіант 6.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні живої маси корів української чорно-рябої молочної і симентальської порід в розрізі отелів за такими показниками:

Порода	Параметри	Жива маса після першого отелення, кг	Жива маса після третього отелення, кг
Українська чорно-ряба молочна	$\bar{X}$	454,0	553,0
	$S_{\bar{X}}$	7,3	8,9
Симентальська	$\bar{X}$	478,0	584,0
	$S_{\bar{X}}$	7,6	9,7

**Варіант 7.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної і симентальської порід за такими показниками:

Порода	Параметри	Надій молока за третю лактацію, кг	Вміст жиру в молоці, %
Українська чорно-ряба молочна	$\bar{X}$	4199,0	3,61
	$S_{\bar{X}}$	62,8	0,02
Симентальська	$\bar{X}$	3947,8	3,78
	$S_{\bar{X}}$	52,8	0,04

**Варіант 8.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні наслідків забою корів української чорно-рябої молочної і симентальської порід за такими показниками:

Порода	Параметри	Маса туші, кг	Забійний вихід, %
Українська чорно-ряба молочна	$\bar{X}$	334,5	58,1
	$S_{\bar{X}}$	13,2	0,21
Симентальська	$\bar{X}$	356,0	60,0
	$S_{\bar{X}}$	11,3	0,30

**Варіант 9.** Зробіть висновок про достовірність різниці при порівнянні в окремі вікові періоди живої маси поросят нащадків кнурів-плідників Лучистого 45 і Бойкого 435 великої білої породи за такими показниками:

Нащадки	Параметри	Жива маса у віці 2 місяців, кг	Жива маса у віці 4 місяців, кг
Лучистого 45	$\bar{X}$	16,4	49,4
	$S_{\bar{X}}$	0,64	1,02
Бойкого 435	$\bar{X}$	14,9	43,9
	$S_{\bar{X}}$	0,82	1,04

**Варіант 10.** Зробіть висновок про достовірність різниці при порівнянні в окремі вікові періоди вірогідність тулуба свиноматок маточних родин Тайги 45 і Беатриси 78 великої білої породи за такими показниками:

Родина	Параметри	Довжини тулуба у віці 18 місяців, см	Довжина тулуба у віці 36 місяців, см
Тайги 45	$\bar{X}$	161,5	168,4
	$S_{\bar{X}}$	1,72	1,95
Беатриси 78	$\bar{X}$	158,4	163,7
	$S_{\bar{X}}$	1,56	1,52

**Варіант 11.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні в окремі вікові періоди живої маси свиноматок маточних родин Сої 79 і Беатриси 479 великої білої породи за такими показниками:

<b>Родина</b>	<b>Параметри</b>	<b>Жива маса свиноматок у віці 18 місяців, кг</b>	<b>Жива маса свиноматок у віці 36 місяців і старше, кг</b>
Сої 79	$\bar{X}$	201,0	255,4
	$S_{\bar{X}}$	3,72	3,72
Беатриси 479	$\bar{X}$	193,6	236,8
	$S_{\bar{X}}$	2,68	2,9

**Варіант 12.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні молочності свиноматок маточних родин Смородини 8,4 і Гвоздики 49 великої білої породи за такими показниками:

<b>Родина</b>	<b>Параметри</b>	<b>Молочність після першого опоросу, кг</b>	<b>Молочність після третього опоросу, кг</b>
Смородини 84	$\bar{X}$	58,4	67,8
	$S_{\bar{X}}$	1,74	2,08
Гвоздики 49	$\bar{X}$	51,3	59,4
	$S_{\bar{X}}$	1,56	1,9

**Варіант 13.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні настригу і довжини вовни ярок нащадків баранів-плідників №1046 і №1426 породи прекос за такими показниками:

Нащадки	Параметри	Настриг вовни, кг	Довжина вовни, см
Барана- плідника № 1046	$\bar{X}$	7,6	12,4
	$S_{\bar{X}}$	0,12	0,20
Барана- плідника № 1426	$\bar{X}$	6,9	10,5
	$S_{\bar{X}}$	0,11	0,17

**Варіант 14.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні живої маси і забійного виходу в молодняка української чорно-рябої молочної породи та їх помісей з породою шароле за такими показниками:

Порода	Параметри	Жива маса, кг	Забійний вихід, %
Українська чорно- ряба молочна	$\bar{X}$	444,0	59,1
	$S_{\bar{X}}$	12,7	0,96
Симентальська	$\bar{X}$	474,0	60,4
	$S_{\bar{X}}$	14,7	1,08

**Варіант 15.** Зробіть висновок про вірогідність різниці при порівнянні в окремі вікові періоди середньодобових приростів телиць української чорно-рябої молочної і симентальської порід за такими показниками:

<b>Порода</b>	<b>Параметри</b>	<b>Середньодобовий приріст від народження до 6 місячного віку, г</b>	<b>Середньодобовий приріст від 12 до 18 місячного віку, г</b>
Українська чорно-ряба молочна	$\bar{X}$	669,0	559,8
	$S_{\bar{X}}$	13,4	12,5
Симентальська	$\bar{X}$	711,9	608,4
	$S_{\bar{X}}$	14,5	13,8

## 10.6. Обчислення критерію відповідності.

### Метод хі-квадрат ( $\chi^2$ )

**Мета заняття.** Оволодіння студентами методу визначення хі-квадрат, використанні хі-квадрату для перевірки гіпотез шляхом порівняння фактичних даних з теоретичними, одержаних при схрещуванні (при гібридологічному аналізі), оцінці ефективності застосування лікарських препаратів, вивченні закономірностей розподілу частот у популяціях тощо.

**Теоретичне обґрунтування.** При проведенні наукових, науково-виробничих експериментів для визначення результатів схрещування, ефективності застосування біостимуляторів, мікроелементів, лікарських препаратів і таке інше завжди зустрічаються з явищем, коли фактичні дані більшою або меншою мірою відхиляються від теоретично очікуваних. Для цього К. Пірсоном у 1900 році було запропоновано використання критерію, який він назвав критерієм відповідності, або хі-квадратом ( $\chi^2$ ). Хі-квадрат ґрунтується на принципах нульової гіпотези. Він є додатною величиною і може змінюватися від нуля до безкінцевості. Якщо Хі-квадрат дорівнює 0, то в даному випадку має місце повна відповідність фактично одержаних даних теоретично очікуваним. Із збільшенням різниці між емпіричними і теоретичними частотами, збільшується величина хі-квадрату і при перевищенні її табличного значення, різниця між фактичними і теоретичними даними буде достовірною.

Критерій хі-квадрат ( $\chi^2$ ) застосовують при аналізі вибірки чисельністю 20 осіб і більше. Його недоцільно використовувати тоді, коли частоти виражаються у відносних величинах.

Критерій хі-квадрат ( $\chi^2$ ) визначають за формулою:

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

$O$  – фактична кількість осіб,

$E$  – теоретично очікувана кількість осіб.

Приклад. При схрещуванні дрозифіли, яка відрізняється за однією протилежною ознакою ( $\text{♀}N \times \text{♂}Vg$ ) в  $F_1$  проявиться явище домінування, а в  $F_2$  буде мати місце розщеплення у співвідношенні 3 : 1. Це співвідношення береться як нульова гіпотеза. Після цього перевіряється відповідність виявленого в досліді розщеплення за даними нульової гіпотези.

Як же використовується хі-квадрат у вище наведеному прикладі? При підрахунку в  $F_2$  моногібридного схрещування з загальної кількості потомства 8024 осіб, крилатих ( $N$ ) було 6023 особи, із зачатковими крилами ( $vg$ ) було 2001 особа. Теоретично очікуване розщеплення повинно бути 3 : 1. проте, як видно, співвідношення осіб з домінантною і рецесивною ознаками (6024 і 2001) не повністю відповідає очікуваному. Однак, якщо це залежить від випадкових причин, то немає підстави стверджувати, що одержані дані не узгоджуються з нульовою гіпотезою. У зв'язку з цим, необхідно визначити хі-квадрат. Для цього проводимо відповідні розрахунки. При розщепленні 3 : 1, осіб з домінантною ознакою повинно бути ( $8024 \times \frac{3}{4}$ ) – 6018, а осіб з рецесивною ознакою ( $8024 \times \frac{1}{4}$ ) – 2006. Заповнюємо таблицю:

Класи	Фактичні дані (O)	Теоретично-очікувані (E)	(O – E)	(O – E) <sup>2</sup>	$\frac{(O - E)^2}{E}$
Крилаті	6023	6018	+5	25	0,0041
З зачатковими крилами	2001	2006	-5	25	0,0124
$\Sigma$	8024	8024	-	-	0,0165

Критерій відповідності хі-квадрат дорівнює 0,0165.

При оцінці відповідності прийнято користуватися трьома порогоми достовірності:  $P = 0,05$ ;  $P = 0,01$ ;  $P = 0,001$  (див. таблицю).

Якщо вираховане значення хі-квадрату більше стандартного, що знаходиться в графі  $P = 0,01$  і тим більше в графі  $P = 0,001$ , то слід вважати, що гіпотеза не узгоджується з одержаними в досліді даними. Якщо ж вирахована величина хі-квадрату менша табличної, що знаходиться в графі  $P = 0,01$ , але

більша цієї, що знаходиться в графі  $P = 0,05$ , відповідність вважається сумнівною. Однак, це не дає підстави нехтувати нульовою гіпотезою. Якщо вирахована величина  $\chi^2$ -квадрат є менша табличної, що знаходиться в графі  $P = 0,05$ , то відповідність одержаних даних з теоретично очікуваними є доведена.

Величина  $\chi^2$ -квадрат залежить від числа ступенів свободи. У розглянутому прикладі число ступенів свободи на 1 менше числа класів. Число класів в даному прикладі дорівнює 2. Тому число ступенів свободи дорівнює  $2 - 1 = 1$ . З даних таблиці додатку видно, що при  $\nu = n - 1$  є три значення  $\chi^2$ -квадрату: 3,8,  $P = 0,05$ ; 6,6 – при  $P = 0,01$  і 10,8 – при  $P = 0,001$ . Визначене в наведеному прикладі  $\chi^2$ -квадрат є значно менше табличного. Отже, одержане в досліді розщеплення відповідає очікуваному і нульова гіпотеза є доведена.

### Стандартне значення $\chi^2$ при різних рівнях достовірності

Ступені свободи ( $\nu = n - 1$ )	Рівень достовірності, $P$		
	0,05	0,01	0,001
1	3,8	6,6	10,8
2	6,0	9,2	13,8
3	7,8	11,3	16,3
4	9,5	13,3	16,5
5	11,5	15,1	20,5
6	12,6	16,8	23,5
7	14,1	18,5	24,3
8	15,5	20,1	26,1
9	16,9	21,7	27,9
10	18,3	23,2	29,6
11	19,7	24,7	31,3
12	21,0	26,2	32,9
13	22,4	27,7	34,5
14	23,7	29,1	36,1
15	25,8	30,6	37,7



## Самостійна робота студентів

Підготувати схему, визначити співвідношення фенотипів, розрахувати хі-квадрат і дати оцінку відповідності фактичного і теоретично очікуваного розщеплення в таких варіантах схрещування.

**Варіант 1.** При схрещуванні курей з листовидною формою гребеня з гетерозиготним півнем з трояндоподібною формою гребеня одержано 106 курчат з трояндоподібною і 120 курчат з листовидною формами гребеня.

**Варіант 2.** Схрещували між собою тварин  $F_1$  шортгорнської породи чалої масті. В  $F_2$  одержано таке розщеплення: телят червоної масті – 139 голів, чалої масті – 182 голови, білої масті – 94 голови.

**Варіант 3.** При схрещуванні тварин  $F_1$  чорної масті і безрогих між собою в  $F_2$  одержано таке співвідношення генотипів: безрогих чорної масті – 164 голів, безрогих червоної масті – 65 голів, рогатих чорної масті – 38 голів і рогатих червоної масті – 18 голів.

**Варіант 4.** При схрещуванні між собою каракульських овець сірої масті одержано таке розщеплення за фенотипом: 108 голів ягнят сірої масті і 51 голова чорної масті.

**Варіант 5.** Схрещували між собою  $F_1$ , які походили від свиноматок миргородської та кнурів великої білої породи. Одержано 680 білих поросят і 204 чорно-рябих.

**Варіант 6.** Чорні барани спаровувалися з гетерозиготними сірими матками. Одержано 96 сірих і 87 чорних ягнят.

**Варіант 7.** Схрещували між собою  $F_1$ , одержаних від чорного гемпширського кнура і маток породи дюрок. Одержано 93 поросяти чорної масті і 37 червоної.

**Варіант 8.** Від схрещування гетерозиготних кур, які мали трояндоподібний гребінь, з такими ж півнями, одержано 215 курчат з трояндоподібним і 64 курчат з листовидним гребенем.

**Варіант 9.** Схрещували між собою  $F_1$  від довгошерстих ангорських кролематок і самців породи шиншила. Одержано 86 короткошерстих і 34 довгошерстих кроленят.

**Варіант 10.** Від схрещування гетерозиготних сірих кролів з білими одержано 130 сірих і 148 білих кроленят.

**Варіант 11.** Від схрещування гетерозиготних сірих кролів між собою одержано 240 сірих і 78 білих кроленят.

**Варіант 12.** При схрещуванні коней сірої масті з вороними в  $F_2$  одержано таке розщеплення за фенотипом: 141 тварина сірої масті, 38 – вороної і 14 – рудої масті.

**Варіант 13.** При схрещуванні дрозофіли  $F_1$  між собою, які одержані від крилатих самок і з зачатковими крилами самців і  $F_2$ , одержано таке розщеплення за фенотипом: крилатих 698, з зачатковими крилами 191 потомків.

**Варіант 14.** Схрещували свиноматок великої білої породи (стоячі вуха) з помісними капловухими кнурами (ландрас х велика біла). Одержано 85 поросят із стоячими вухами та 270 капловухих поросят.

**Варіант 15.** Від схрещування кохінурових норок між собою одержано 35 потомків з темним забарвленням хутра, 26 – з білим і 72 – з кохінуровим.

## **10.7. Методи вивчення зв'язку між органами.**

### **10.7.1. Обчислення коефіцієнта кореляції**

**Мета заняття.** Набути практичних навичок розрахунку коефіцієнта кореляції – основного біометричного показника, який дозволяє визначати наявність, ступінь і напрямок зв'язку між ознаками. Показати практичне значення корелятивних зв'язків в селекції сільськогосподарських тварин, їх відмінність від функціональних зв'язків. Ознайомити студентів з методикою обчислення коефіцієнта кореляції.

**Теоретичне обґрунтування.** Явище зв'язку між різними ознаками значно поширене в природі. За своїми властивостями зв'язок може поділятися на функціональний (постійний) і кореляційний.

Для функціонального зв'язку характерно те, що при зміні одного показника на певну величину другий з ним зв'язаний показник, приймає завжди одне певне значення. Функціональний зв'язок поширений там, де використовуються параметри точних наук (в математиці, фізиці, хімії).

Кореляційні зв'язки характерні для об'єктів і процесів, що проходять в живій природі. Вони відзначаються тим, що при зміні ознаки інша ознака, зв'язана з нею, може мати варіюючі величини у особин даної сукупності. Так, підвищення поживності раціону групи корів на 1 кормову одиницю буде супроводжуватися у одних особин збільшенням надоїв на 1,5 кг, у інших – на 0,5 кг, а надої деяких корів групи можуть навіть зменшуватися. Отже, біометрія дає можливість вивчити зв'язок між варіюючими ознаками, встановити його величину і напрямок (додатній чи від'ємний).

За напрямком кореляційний зв'язок може бути прямолінійний – це коли напрямок зв'язку не змінюється протягом всього періоду спостереження або життя тварини. Так, із збільшенням висоти тварин у холці збільшується і їх жива маса і ця закономірність спостерігається впродовж життя тварини.

Криволінійний – коли напрямок зв'язку між ознаками періодично змінюється. Наприклад, зв'язок між віком корів та надоем молока. Надій з віком корів (з першої до 5-6 лактацій) зростає, а в наступному – поступово знижується.

Величина коефіцієнта кореляції може коливатися в межах від 0 до  $\pm 1$ . Чим ближче показник до одиниці, тим більш тісний зв'язок між корелюючими ознаками. Наявність знака плюс або мінус означає, що між ознаками існує негативна або позитивна кореляція. Коли із збільшенням однієї ознаки ( $x$ ) у особин сукупності друга ознака ( $y$ ) також збільшується (зростає), або ж при зменшенні однієї ознаки друга ознака також зменшується (знижується), то має місце пряма позитивна (додатна) кореляція, тобто зміна ознак відбувається в одному напрямку. Якщо ж збільшення однієї ознаки супроводжується зниженням другої (або навпаки), то говорять про зворотну, від'ємну (негативну) кореляцію.

Коли коефіцієнт кореляції близький до нуля, то зміна однієї ознаки відбувається незалежно від зміни другої. Якщо коефіцієнт кореляції нижче 0,3, то зв'язок вважається слабким. При величині коефіцієнта кореляції рівній 0,3-0,7 зв'язок середній. Якщо коефіцієнт кореляції рівний 0,7 і вище – зв'язок тісний.

Звичайно, найоб'єктивніші дані про зв'язок між ознаками коефіцієнт кореляції показує тоді, коли мова йде про прямолінійну форму зв'язку.

Робочі формули коефіцієнта кореляції використовують з врахуванням того, з якою вибіркою (великою чи малою) і з яким значенням варіант (однозначними, багатозначними чи дробними) маємо справу.

### ***Обчислення фенотипового коефіцієнта кореляції ( $r$ )***

#### ***при малих вибірках***

При малих вибірках і при малозначних показниках варіант зручніше користуватися такою формулою:

$$r = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n}}{\sqrt{C_x \cdot C_y}}, \quad \text{де:}$$

$$C_x = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}, \quad C_y = \Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}$$

$x$  – варіанти однієї ознаки;

$y$  – варіанти другої ознаки;

$n$  – число спостережень у вибірці.

Наприклад: встановити наявність, напрямок і величину кореляційного зв'язку між багатоплідністю 10 свиноматок материнської групи і багатоплідністю їх дочок.

Представимо у вигляді варіаційного ряду показники багатоплідності кожної свиноматки, записуючи парно ці дані (мати – дочка) і проведемо вирахування таких показників як  $xy$ ,  $x^2$ ,  $y^2$ .

Багатоплідність матерів, $x$	Багатоплідність дочок, $y$	$xy$	$x^2$	$y^2$
10	11	110	100	121
9	10	90	81	100
12	12	144	144	144
10	12	120	100	144
8	9	72	64	81
10	8	80	100	64
9	9	81	81	81
7	8	56	49	64
15	10	150	225	100
10	10	100	100	100
$\Sigma x = 100$	$\Sigma y = 99$	$\Sigma xy = 1003$	$\Sigma x^2 = 1044$	$\Sigma y^2 = 999$

Підставимо одержані суми  $\sum x$ ,  $\sum x^2$ ,  $\sum y$ ,  $\sum y^2$ ,  $\sum xy$  у формулу:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{C_x \cdot C_y}}$$

і вирахуємо значення  $C_x$  і  $C_y$ :

$$C_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 1044 - \frac{100^2}{10} = 1044 - 1000 = 44;$$

$$C_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = 999 - \frac{99^2}{10} = 999 - 980,1 = 18,9$$

Обчислюємо коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{C_x \cdot C_y}} = \frac{1003 - \frac{100 \cdot 99}{10}}{\sqrt{44 \cdot 18,9}} = \frac{1003 - 990}{\sqrt{831,6}} = \frac{13}{28,8} = +0,551$$

**Помилку коефіцієнта кореляції** в малочисельній вибірці обчислюють за формулою:

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

Для вище розрахованого коефіцієнта кореляції вона становитиме:

$$S_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 2}} = \frac{1 - 0,551^2}{\sqrt{10 - 2}} = \frac{0,698}{2,84} = 0,240$$

Для обчислення **критерія достовірності** коефіцієнта кореляції використовується формула:

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

В нашому прикладі  $t_r$  становитиме:

$$t_r = \frac{r}{S_r} = \frac{0,551}{0,240} = 2,35$$

Число ступенів вільності становитиме:

$$v = n - 2 = 10 - 2 = 8$$

За таблицю Стьюдента стандартного значення критерію  $t$  (додаток 1) при 8 ступенях свободи, знаходимо і записуємо  $t = 2,3; 3,4; 5,0$ , які знаходяться в колонках, що відповідають рівням імовірності:  $P = 0,95; P = 0,99; P = 0,999$ .

Порівнюючи розрахований  $t_r$  з табличним бачимо, що його значення більше від табличної величини. Це означає, що коефіцієнт кореляції достовірний з імовірністю  $P > 0,95$ .

Таким чином робимо висновок, що зв'язок між багатоплідністю свиноматок та їх дочок існує, він позитивний і слабкий за ступенем. Тобто чим вища багатоплідність матерів, тим вища багатоплідність їх дочок.

### ***Обчислення фенотипового коефіцієнта кореляції при великих вибірках***

Для великої вибірки обчислення коефіцієнта кореляції проводиться за такою формулою:

$$r = \frac{\sum a_x a_y \cdot \beta_x \cdot \beta_y}{n \cdot S_x \cdot S_y}, \text{ або } r = \frac{\frac{\sum a_x a_y}{n} - \beta_x \beta_y}{n \cdot S_x \cdot S_y}$$

Упорядкування первинних даних для вирахування  $r$  для великої вибірки здійснюють за допомогою кореляційної ґратки, в якій верхню строку і ліву бічну графу заповнюють класами корелюючих ознак ( $x$  і  $y$ ). В клітки, які утворилися внаслідок пересічення граф і строк, розносять члени сукупності з врахуванням обох ознак, в результаті чого утворюється частота ( $f$ ). Залежно від ступеня кореляції розподіл частот в клітках кореляційної ґратки може бути різним.

Якщо кореляція між ознаками додатна і тісна, то спостерігається нагромадження частот діагонально з верхнього лівого до нижнього правого кутка ґратки. При від'ємній кореляції частоти розподіляються по протилежній діагоналі. Якщо кореляція між ознаками незначна, то частоти розподіляються по більшій частині кліток, тобто розсіяні по всій ґратці.

Обробляти дані кореляційної ґратки можна методом добутоків і методом сум.

## Метод добутоків.

Наприклад: необхідно визначити наявність, величину і напрямок зв'язку між живою масою повновікових корів і їх надоем молока за лактацію, якщо в обробку увійшли дані про молочну продуктивність по 100 коровах.

Починаємо обробку з складання класів по кожній ознаці. Для цього знаходимо  $lim$ . (максимальне і мінімальне значення) за живою масою і надоем.

Допустимо, що у цій групі корів максимальне і мінімальне значення ознаки матимуть такі величини:

Параметри	Жива маса, кг ( $x$ )	Надій, кг ( $y$ )
$X_{max}$ .	600	5000
$X_{min}$ .	400	3000

Розмах мінливості (різниця між  $X_{max}$ . і  $X_{min}$ .) буде складати за живою масою:  $dx = 600 - 400 = 200$  (кг), за надоем:  $dy = 5000 - 3000 = 2000$  (кг)

Визначаємо кількість класів ( $N$ ), на які розбиватимемо варіюючу ознаку і класовий проміжок ( $k$ ), на основі чого будують варіаційний ряд. Кількість класів беруть залежно від об'єму сукупності ( $n$ ), згідно з такими даними:

Кількість варіант	Число класів
30 - 40	5 - 6
40 - 60	6 - 8
60 - 100	7 - 10
100 - 200	8 - 12
понад 200	10 - 15

У нашому прикладі ( $n = 100$ ) кількість класів 10.

Класовий проміжок (інтервал між класами  $k$ ) для кожної ознаки визначають шляхом ділення розмаху мінливості ( $d$ ) на кількість класів ( $N$ ):

$$k_x = \frac{\lim_x}{N} = \frac{200}{10} = 20 \text{ кг}; \quad k_y = \frac{\lim_y}{N} = \frac{2000}{10} = 200 \text{ кг}$$



Будуємо варіаційні ряди за ознаками  $x$  і  $y$  на кореляційній ґратці на основі величини  $k$ , а потім дані про кожну тварину розносимо по клітках ґратки з врахуванням величини обох ознак.

Розноска даних по 100 коровах заповнила клітки ґратки частотами  $f$ . Доповнюємо ґратку графами за ознакою “ $x$ ” (жива маса):  $f_x, a_x, f_x a_x, f_x a_x^2$  і рядками за ознакою “ $y$ ”:  $f_y, a_y, f_y a_y, f_y a_y^2$ . Графа  $f_x$  і рядок  $f_y$  заповнюються додаванням частот по кожній з ознак і утворюються за ними варіаційні ряди за живою масою ( $f_x$ ) і за надоєм ( $f_y$ ).

Кожний з цих варіаційних рядів обробляють методом добутків, для чого по кожній ознаці виділяють класи з умовним середнім ( $A$ ), які зручніше брати виходячи із центрального розміщення класу і найбільшого числа частот. В даному прикладі класи з умовним середнім ( $A$ ) будуть такі: за живою масою ( $A_x$ ) – клас в межах 500-519 кг і за надоєм ( $A_y$ ) – клас в межах 4000-4199кг.

Ці класи називаються нульовими (модальними), від них решта класів перераховують по порядку в умовних відхиленнях  $a_x$  і  $a_y$ . В бік зменшення ознаки від нульового класу відхилення йдуть зі знаком “-”, а в бік збільшення ознаки – із знаком “+”.

Значення  $\beta_x$  і  $\beta_y$  визначають звичайним прийомом обробки варіаційного ряду:

$$\beta_x = \frac{\sum f_x a_x}{n}, \quad \beta_y = \frac{\sum f_y a_y}{n}$$

В нашому прикладі

$$\beta_x = \frac{\sum f_x a_x}{n} = \frac{30}{100} = 0,3, \quad \text{а} \quad \beta_y = \frac{\sum f_y a_y}{n} = \frac{20}{100} = 0,20$$

$$b_x^2 = 0,09; \quad b_y^2 = 0,048$$

**Обробка кореляційної ґратки методом добутків при великому числі спостережень**

Класи за живою масою (x)	Класи за надоем молока (y)										$f_x$	$a_x$	$f_x a_x$	$f_x a_x^2$
	3000-3199	3200-3399	3400-3599	3600-3799	3800-3999	4000-4199	4200-4399	4400-4599	4600-4799	4800-5000				
400-419		1									1	-5	-5	25
420-439	1	1	2								4	-4	-16	64
440-459		1	1	3	2		1				8	-3	-24	72
460-479			1	2			2				5	-2	-10	20
480-499				5	3	5	2	1			16	-1	-16	16
500-519					5	6	5				16	0	0	0
520-539						15	5	5			25	1	25	25
540-559						5	1		3		9	2	18	36
560-579							3	4			7	3	21	63
580-							1		2	6	9	4	36	144

600														
$f_y$	1	3	4	10	10	31	20	10	5	6	n=100		$\sum f_x a_x = 30$	$\sum f_x a_x^2 = 465$
$a_y$	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4				
$f_y a_y$	-5	-12	-12	-20	-10	0	20	20	15	24	$\sum f_y a_y = 59 + 79 = 20$			
$f_y a_y^2$	25	48	36	40	10	0	20	40	45	96	$\sum f_y a_y^2 = 360$			

Дальше вираховуємо  $S_x$  і  $S_y$ . Але при цьому слід мати на увазі, що для формули коефіцієнта кореляції середні квадратичні відхилення і вираховуються без помноження кореня на класовий проміжок ( $k$ ), а саме:

$$S_x = \pm \sqrt{\frac{\sum_x a_x^2}{n} - \beta_x^2}; \quad S_y = \pm \sqrt{\frac{\sum_y a_y^2}{n} - \beta_y^2}$$

Підставивши дані одержимо:

$$S_x = \pm \sqrt{\frac{\sum f_x a_x^2}{n} - \beta_x^2} = \pm \sqrt{\frac{465}{100} - 0,09} = \pm \sqrt{4,65} = \pm 2,150$$

$$S_y = \pm \sqrt{\frac{\sum f_y a_y^2}{n} - \beta_y^2} = \pm \sqrt{\frac{360}{100} - 0,048} = \pm \sqrt{3,56} = \pm 1,89 \pm 0,190$$

Вираз  $\sum f a_x a_y$  отримується шляхом помноження кожного значення частот “ $f$ ” по клітках ґратки на умовні відхилення  $a_x$  і  $a_y$ . При цьому дія множення проводиться лише для тих частот, які розміщені в клітках за межами нульових класів, пострічково і по кожному квадрату зокрема:

I квадрат

1 стр. 1  $\odot$  - 5  $\odot$  - 4 = + 20

2 стр. 1  $\odot$  - 4  $\odot$  - 5 = + 20

2 стр. 1  $\odot$  - 4  $\odot$  - 4 = + 16

2 стр. 2  $\odot$  - 4  $\odot$  - 3 = + 24

3 стр. 1  $\odot$  - 3  $\odot$  - 4 = + 12

3 стр. 1  $\odot$  - 3  $\odot$  - 3 = + 9

3 стр. 3  $\odot$  - 3  $\odot$  - 2 = + 18

3 стр. 2  $\odot$  - 3  $\odot$  - 1 = 6

4 стр. 1  $\odot$  - 2  $\odot$  - 3 = 6

4 стр. 2  $\odot$  - 2  $\odot$  - 2 = 8

5 стр. 5  $\odot$  - 1  $\odot$  - 2 = 10

5 стр. 3  $\odot$  - 1  $\odot$  - 1 = 3

---

$\sum f a_x a_y = + 152$

II квадрат

3 стр. 1  $\odot$  - 3  $\odot$  1 = - 3

4 стр. 2  $\odot$  - 2  $\odot$  1 = - 4

5 стр. 2  $\odot$  - 1  $\odot$  1 = - 2

5 стр. 1  $\odot$  - 1  $\odot$  2 = - 2

---

$\sum f a_x a_y = - 11$

III квадрат

$$\sum fa_x a_y = 0$$

IV квадрат

$$7 \text{ стр. } 5 \circ 1 \circ 1 = 5$$

$$7 \text{ стр. } 5 \circ 1 \circ 2 = 10$$

$$8 \text{ стр. } 1 \circ 2 \circ 1 = 2$$

$$8 \text{ стр. } 3 \circ 2 \circ 3 = 18$$

$$9 \text{ стр. } 3 \circ 3 \circ 1 = 9$$

$$9 \text{ стр. } 4 \circ 3 \circ 2 = 24$$

$$10 \text{ стр. } 1 \circ 4 \circ 1 = 4$$

$$10 \text{ стр. } 2 \circ 4 \circ 3 = 24$$

$$10 \text{ стр. } 6 \circ 4 \circ 4 = 96$$

---

$$\sum fa_x a_y = 192$$

$$\sum fa_x a_y = + 152 - 11 - 0 + 192 = 333$$

Підставляючи відповідні значення у формулу вираховуємо коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{\sum fa_x a_y - n \cdot \beta_x \cdot \beta_y}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{333 - 100 \cdot 0,3 \cdot 0,22}{100 \cdot 2,15 \cdot 1,89} = \frac{333 - 6,6}{100 \cdot 4,06} = \frac{326}{406} = 0,802$$

Таким чином, зв'язок між величиною живої маси і надоем за лактацію існує. Зв'язок тісний (значний) і позитивний, тобто чим більша жива маса корів, тим в середньому вищий у них надій.

Необхідно мати на увазі, що  $r$  як і інші біометричні величини вираховується на основі вибіркової сукупності, в яку можуть попасти випадкові особини і одержаний коефіцієнт кореляції буде вказувати на наявний зв'язок між двома ознаками, хоч в дійсності зв'язку немає. Щоб уникнути неправильних висновків необхідно вирахувати **помилку коефіцієнта кореляції** ( $Sr$ ). Її вираховують за формулою:  $Sr = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$ .

**Критерій достовірності** коефіцієнта кореляції вираховують за формулою

$t_r = \frac{r}{Sr}$ . Якщо показник достовірності перевищує помилку в 3 рази і більше, то

зв'язок між ознаками вважається доказаним (статистично достовірним).

В наведеному прикладі помилка коефіцієнта кореляції становитиме:

$$Sr = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = \frac{1-0,802^2}{\sqrt{100}} = \frac{1-0,658}{\sqrt{100}} = \frac{0,341}{10} = 0,034$$

Розраховуємо критерій достовірності визначеного коефіцієнта кореляції:

$$t_r = \frac{r}{Sr} = \frac{0,802}{0,034} = 24$$

Число ступенів свободи становитиме:

$$v = n - 2 = 100 - 2 = 98$$

За таблицею стандартного значення  $t$  за Стьюдентом (додаток 1) при 98 ступенях свободи, які входять в розряд від 63 до 175 знаходимо і записуємо  $t_r = 2,0; 2,6; 3,4$ , які знаходяться в колонках, що відповідають рівням імовірності:  $P = 0,95; P = 0,99; P = 0,999$ .

Порівнюючи розрахований  $tr$  з табличним бачимо, що його значення більше від будь-якої табличної величини. Це означає, що коефіцієнт кореляції достовірний з імовірністю  $P > 0,999$ , тобто якби ми дане дослідження повторили 1000 разів, то в 999 випадках спостерігалася б ця закономірність.

## 10.7.2. Регресійний аналіз.

### Обчислення коефіцієнта регресії

**Мета заняття.** Ознайомити студентів з регресійним аналізом і регресією ознак. Засвоєння ними методів визначення регресії, обчислення коефіцієнта регресії та побудови емпіричної лінії регресії. З'ясування можливості використання коефіцієнта регресії в селекційно-племінній роботі для прогнозування ефективності добору.

**Теоретичне обґрунтування.** Коефіцієнт кореляції свідчить тільки про наявність, напрямок та ступінь зв'язку між двома ознаками. Однак на основі коефіцієнта кореляції ми не можемо судити про те, як конкретно, на яку величину змінюється одна ознака ( $x$ ) при зміні на певну величину другої ознаки ( $y$ ), чи навпаки. Відповідь на це питання (при прямолінійній і статистично вірогідній кореляції) можна одержати, врахувавши коефіцієнт регресії ( $R_{x/y}$ ), який також належить до показників зв'язку між ознаками. Термін *регресія* походить від латинського слова *regresso*, що означає рух назад. Регресією називають зміни функції в залежності від зміни аргументу. Функція – це величина залежних ознак (надій молока у корів, вміст жиру в молоці, жива маса, настриг вовни у овець і ін.). Аргумент – це фактори, від яких залежить мінливість ознак (вік, рівень годівлі, екстер'єрні проміри і ін.).

Регресійний метод дає можливість вивчити в кількісному виразі динаміку взаємодії залежності між двома величинами, зокрема динаміку зв'язку, яка існує між ознаками ( $x$  і  $y$ ) і не має прямого відношення до розвитку в часі або в залежності від інших факторів. Тобто коефіцієнт регресії показує, на скільки в середньому змінюється одна ознака при зміні іншої і взаємозв'язаної з нею ознаки на одиницю виміру (на певну величину). Знаючи коефіцієнт регресії однієї ознаки щодо другої, взаємозв'язаної з нею, можна прогнозувати розвиток величини цієї ознаки, безпосередньо її не вивчаючи. Коефіцієнт регресії вираховується в тих одиницях виміру, що й ознаки.

Коефіцієнт регресії в кожній конкретній вибірці має два значення:  $R_{x/y}$  та  $R_{y/x}$  і обчислюється за формулами:

$$R_{x/y} = r \frac{\sigma_x}{\sigma_y}; R_{y/x} = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}.$$

Якщо одна ознака розміщені в ряді « $x$ », а друга в ряді « $y$ » і нас цікавить зміна першої ознаки ( $x$ ) в зв'язку зі зміною другої ознаки ( $y$ ) на одиницю, то  $R$  обчислюється за формулою:

$$R_{x/y} = r \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$$

Якщо необхідно дізнатися про зміну другої ознаки ( $y$ ) у зв'язку зі зміною першої ( $x$ ), то  $R$  обчислюється за формулою:

$$R_{y/x} = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}.$$

Як видно з наведених формул, коефіцієнт регресії залежить від величини коефіцієнта кореляції між двома ознаками і ступеня їх мінливості, яка вимірюється середнім квадратичним відхиленням.

Знак регресії відповідає значенню кореляції. Якщо із збільшенням однієї ознаки друга зменшується – регресія негативна. Якщо із збільшенням (зменшенням) однієї ознаки друга ознака також збільшується (зменшується) – регресія позитивна.

При розрахунку  $R$  береться повна “сігма” ( $\sigma$ ), з врахуванням класового проміжку ( $k$ ), тому “сігму”, одержану при розрахунку коефіцієнта кореляції, необхідно помножити на величину класового проміжку.

Використовуючи дані завдання з попередньої теми, коефіцієнт регресії між живою масою і надоем корів за лактацію буде рівний:

$$R_{x/y} = 0,802 \frac{43,12}{380,2} = 0,09 \text{ кг}$$

$$R_{y/x} = 0,802 \frac{380,2}{43,12} = 7,3 \text{ кг}$$



Отже, при зміні живої маси корів на 1 кг їх надої зростуть (зміняться) в середньому на 7,3 кг, а при зміні надоїв на 1 кг жива маса тварин зросте (зміниться) на 0,09 кг.

Одержані коефіцієнти регресії свідчать про позитивну регресійну залежність між живою масою і надоєм у корів української чорно-рябої молочної породи, а також про те, що з метою підвищення результативності добору тварин в даному стаді, його доцільніше проводити за живою масою, тому що проводячи добір за цією ознакою, можна одержати більш істотне зростання їх надоїв.

Як і інші біометричні параметри, коефіцієнт регресії вираховують на основі вибіркової сукупності. Тому при регресійному аналізі, коли обчислюють коефіцієнти регресії, завжди необхідно вираховувати їх помилку.

**Помилку коефіцієнта регресії** вираховують за такими формулами:

$$S_{R_{x/y}} = Sr \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \quad \text{і} \quad S_{R_{y/x}} = Sr \frac{\sigma_y}{\sigma_x}, \text{ де:}$$

$Sr$  – помилка коефіцієнта кореляції;

$\sigma_x$  і  $\sigma_y$  – середнє квадратичне відхилення за ознаками  $x$  та  $y$ .

Для визначення вірогідності коефіцієнта регресії вибіркової сукупності вираховують критерій вірогідності ( $t_{R_{x/y}}$ ) за формулою:

$$t_{R_{x/y}} = \frac{R_{x/y}}{S_{R_{x/y}}} \quad \text{і} \quad t_{R_{y/x}} = \frac{R_{y/x}}{S_{R_{y/x}}}$$

Використовуючи таблицю критерію вірогідності Стьюдента, на основі одержаного критерію визначають поріг вірогідності ( $P$ ).

Відповідну (первинну) інформацію про тип зв'язку між ознаками дає, також, графічне зображення емпіричної лінії регресії. При побудові емпіричної лінії регресії на вісі ординат наносять дані аргументу, а на вісі абсцис – функції. Характер лінії регресії майже ніколи не буває плавним і на графіку це виглядає ломаною лінією. Ломаний характер емпіричних ліній регресії відображає нерівномірність загальних умов розвитку функції на різних ділянках аргументу.

Аналіз емпіричних ліній регресії завжди дає цінну інформацію про обставини, що зв'язані з залежністю функції, яка досліджується, від вибраного аргументу.

### Самостійна робота студентів.

Для самостійної роботи студенти одержують індивідуальні завдання, які наведені нижче. Кожний студент, на основі наведених нижче даних, виконує один із варіантів і розраховує  $r$ ,  $S_r$ ,  $t_r$ ,  $R_{x/y}$ ,  $S_{Rx/y}$ ,  $t_{Rx/y}$  та робить відповідні висновки про характер зв'язку, його достовірність і можливість використання одержаних результатів в практичній діяльності.

Коефіцієнт регресії обчислюється за тими ж даними і тим варіантом, за яким розраховано коефіцієнт кореляції.

#### *Завдання для обчислення фенотипових коефіцієнтів кореляції та регресії між кількісними ознаками для малих вибірок ( $n < 30$ )*

**Варіант 1.** Жива маса повновікових корів, кг – Надій молока за лактацію, кг.

Жива маса тварин, $x$	Надій за лактацію, $y$	Жива маса тварин, $x$	Надій за лактацію, $y$
380	3150	390	2650
445	2870	650	4950
475	3740	510	4000
515	3030	600	5750
420	3060	545	4120
450	3600	540	4250
390	3100	500	3650
385	3440		

**Варіант 2.** Надій молока за лактацію повновікових корів, кг – Вміст жиру

в молоці, %

<b>Надій молока за лактацію, х</b>	<b>Вміст жиру в молоці, у</b>	<b>Надій молока за лактацію, х</b>	<b>Вміст жиру в молоці, у</b>
4400	3,45	4300	3,50
2840	3,95	5560	3,65
4900	3,70	4400	3,40
5700	3,55	3300	3,45
3500	3,65	4475	3,55
3630	4,10	3560	3,67
3320	4,00	2650	3,95
2600	3,98		

**Варіант 3.** Жива маса телят при народженні, кг – Жива маса телят в 12

місячному віці, кг

<b>Жива маса при народженні, х</b>	<b>Жива маса в 12 міс., у</b>	<b>Жива маса при народженні, х</b>	<b>Жива маса в 12 міс., у</b>
37	265	37	260
31	236	30	228
35	245	33	233
26	210	40	255
39	260	35	238
36	245	28	210
25	215	32	230
29	215		

**Варіант 4.** Кількість в 1 мл крові великої рогатої худоби еритроцитів, млн. – Кількість в 1 мл крові лейкоцитів, тис.

<b>Кількість в 1 мл крові еритроцитів, x</b>	<b>Кількість в 1 мл крові лейкоцитів, y</b>	<b>Кількість в 1 мл крові еритроцитів, x</b>	<b>Кількість в 1 мл крові лейкоцитів, y</b>
6,66	8,70	7,45	7,60
7,40	8,40	6,60	9,20
6,65	10,00	6,42	9,10
7,30	9,55	6,00	9,20
6,65	7,65	8,40	9,05
6,62	7,02	7,10	9,70
7,04	4,40	7,35	8,45
6,40	10,80		

**Варіант 5.** Кількість в 1 мл крові великої рогатої худоби еритроцитів, мл – Кількість в 1 мл крові великої рогатої худоби гемоглобіну, од. Салі

<b>Кількість в 1 мл крові еритроцитів, x</b>	<b>Кількість в 1 мл крові гемоглобіну, y</b>	<b>Кількість в 1 мл крові еритроцитів, x</b>	<b>Кількість в 1 мл крові гемоглобіну, y</b>
6,70	64,7	7,45	76,8
7,30	70,2	6,60	63,2
6,65	65,7	6,42	60,6
7,45	68,7	6,05	63,2
7,70	64,9	8,40	60,5
6,60	60,5	7,10	70,3
7,02	70,3	7,35	75,5
6,40	65,6		

**Варіант 6.** Добовий надій молока у корів, кг – Надій молока за лактацію,

кг

<b>Добовий надій молока, х</b>	<b>Надій молока за лактацію, у</b>	<b>Добовий надій молока, х</b>	<b>Надій молока за лактацію, у</b>
11,0	2400	24,5	3960
25,0	4050	13,0	3350
21,5	4550	12,5	2650
10,5	2250	15,0	2870
22,0	4340	12,0	2400
22,0	3370	17,5	3500
20,0	3570	10,0	2250
12,5	2330		

**Варіант 7.** Вік досягнення живої маси 100 кг у свиней, дн. – Вихід м'яса свиней, %

<b>Вік досягнення живої маси 100 кг, дн., х</b>	<b>Вихід м'яса, у</b>	<b>Вік досягнення живої маси 100 кг, дн., х</b>	<b>Вихід м'яса, у</b>
190	54,5	177	54,5
195	30,6	177	51,0
210	56,2	163	48,7
275	53,7	189	61,8
205	63,5	165	56,5
192	27,4	178	55,5
190	54,2	182	50,5
192	53,6		

**Варіант 8.** Рівень загального білка в плазмі крові свиней, г % - Вміст гемоглобіну в крові свиней, од. Салі

<b>Рівень загального білка в плазмі крові, х</b>	<b>Вміст гемоглобіну в крові, у</b>	<b>Рівень загального білка в плазмі крові, х</b>	<b>Вміст гемоглобіну в крові, у</b>
8,5	62	8,2	57
8,4	54	9,6	55
9,4	75	8,3	52
7,8	72	9,0	58
8,2	60	9,5	79
8,7	62	7,5	75
7,3	72	8,3	71
9,4	73		

**Варіант 9.** Рівень загального білка в плазмі крові свиней, г % - Вихід м'яса свиней, %

<b>Рівень Загального білка в плазмі крові, х</b>	<b>Вихід м'яса , у</b>	<b>Рівень загального білка в плазмі крові, х</b>	<b>Вихід м'яса, у</b>
7,8	62,3	8,2	54,7
8,4	55,6	9,6	62,0
8,5	54,5	8,4	50,0
9,4	58,4	9,0	48,5
8,2	57,6	9,5	56,5
8,7	54,3	7,6	55,0
7,2	63,4	8,2	50,6
9,4	51,6		

**Варіант 10.** Жива маса свиноматок, кг – Довжини тулуба свиноматок, см

<b>Жива маса, х</b>	<b>Довжини тулуба, у</b>	<b>Жива маса, х</b>	<b>Довжини тулуба, у</b>
220	165	300	175
205	145	185	153
180	150	190	150
250	165	185	145
190	155	270	165
200	155	250	160
300	150	235	155
240	155		

**Варіант 11.** Жива маса свиноматок, кг – Багатоплідність свиноматок, гол.

<b>Жива маса, х</b>	<b>Багатоплідність, у</b>	<b>Жива маса, х</b>	<b>Багатоплідність, у</b>
260	13	290	13
275	14	285	14
210	9	185	10
225	11	175	9
210	9	240	12
225	11	260	13
180	10	220	11
235	12		



**Варіант 12.** Число еритроцитів в крові овець, млн. – Вміст гемоглобіну в крові овець, г %

<b>Число еритроцитів в крові, <math>x</math></b>	<b>Вміст гемоглобіну в крові, <math>y</math></b>
7,4	11,0
8,6	12,2
7,2	10,1
7,7	10,5
6,2	9,6
5,8	10,0
8,0	13,3
8,3	11,6
6,0	9,5
9,8	13,0

**Варіант 13.** Жива маса свиноматок, кг – Висота в холці свиноматок, см

<b>Жива маса, <math>x</math></b>	<b>Висота в холці, <math>y</math></b>
200	78
790	75
230	82
210	79
225	81
235	80
242	83
222	80
251	82
263	81

**Варіант 14.** Несучість курей, шт. – Маса яйця, г

<b>Несучість курей, х</b>	<b>Маса яйця, у</b>	<b>Несучість курей, х</b>	<b>Маса яйця, у</b>
118	48,5	150	52,2
137	58,0	136	53,5
122	54,0	139	55,0
118	52,5	125	55,5
148	54,0	147	55,3
130	51,5	140	52,5
138	54,0	115	48,0
166	53,0		

**Варіант 15.** Жива маса овець, кг – Настриг вовни овець, кг

<b>Жива маса, х</b>	<b>Настриг вовни, у</b>	<b>Жива маса, х</b>	<b>Настриг вовни, у</b>
50	5,7	50	5,0
62	8,5	48	4,5
55	6,0	67	8,6
53	6,0	70	9,0
46	5,5	47	5,0
64	8,2	44	4,5
49	5,3	47	4,5
52	5,5		

**Завдання для визначення коефіцієнтів фенотипової кореляції та регресії  
між кількісними ознаками для великих вибірок ( $n > 30$ )**

**Варіант 1.** Жива маса повновікових корів, кг – Надій молока за лактацію,

кг

<b>Жива маса, <math>x</math></b>	<b>Надій молока за лактацію, <math>y</math></b>	<b>Жива маса, <math>x</math></b>	<b>Надій молока за лактацію, <math>y</math></b>
450	2900	460	3300
390	3200	480	3100
540	4250	460	3100
475	4100	490	3350
520	3100	450	4500
650	4950	550	3850
420	3100	430	2650
500	2200	410	3100
150	4050	500	3750
500	3650	430	3950
450	3750	475	3050
510	4000	390	3840
440	3000	475	3350
500	4000	540	3750
520	3150	530	4000
525	4800	520	3500
530	3300	600	4250
450	3750	480	3400
425	2650	600	5850
500	4250	500	4300
530	4370	510	3500
520	3900	520	23900
450	4050	390	3200
410	3700	400	3600
390	3000	420	3950
400	2650	475	4800
480	2950	520	4100
400	2500		

**Варіант 2.** Надій молока за лактацію повновікових корів, кг – Вміст жиру

в молоці, %

<b>Надій молока, х</b>	<b>Вміст жиру, у</b>	<b>Надій молока, х</b>	<b>Вміст жиру, у</b>
5600	3,90	3600	4,55
4400	3,45	2850	4,05
2840	3,95	3300	3,83
4900	3,80	2800	4,10
5700	3,85	4950	3,95
3500	3,65	3500	3,90
3700	4,10	3750	3,05
3320	4,00	2600	3,95
2600	3,96	3850	3,80
4300	3,50	3500	3,75
5560	3,65	4950	3,70
4400	3,50	2800	3,85
4200	3,40	4950	4,00
3300	3,45	3300	3,90
4800	3,40	3450	3,95
3700	3,65	3000	3,90
4400	3,60	4400	3,85
3560	3,60	2850	3,70
3200	3,55	3800	3,80
5000	3,85	4450	3,70
6580	3,40	3000	4,20
2650	3,80	2900	3,88
3400	3,95	3100	4,00
5110	4,20	3900	3,95
2850	3,90	5100	3,60
2600	3,85	2500	4,30
7730	4,00	4100	3,75
3250	3,75	4350	4,00
3200	4,20	5000	3,45

**Варіант 3.** Вміст жиру в молоці повновікових корів, % - Вихід молочного жиру за лактацію, кг

<b>Вміст жиру в молоці за лактацію, x</b>	<b>Вихід молочного жиру за лактацію, y</b>	<b>Вміст жиру в молоці за лактацію, x</b>	<b>Вихід молочного жиру за лактацію, y</b>
3,90	160	3,80	105
3,60	120	3,60	120
3,80	110	3,80	105
3,65	85	3,75	130
4,00	105	3,55	155
3,80	105	3,70	175
4,00	130	3,40	80
3,75	135	3,65	105
4,05	185	3,50	160
3,75	200	3,70	125
4,00	155	3,60	160
3,60	175	3,85	195
3,80	205	3,80	150
3,70	130	4,00	205
3,65	105	3,90	110
3,50	160	3,60	95
3,60	95	3,50	75
3,70	175	3,55	70
3,80	115	3,60	100
3,65	160	3,90	140

**Варіант 4.** Вміст жиру в молоці за третю лактацію у корів, % - Вміст білка в молоці за третю лактацію, %

<b>Вміст жиру в молоці за III лактацію, x</b>	<b>Вміст білка в молоці за III лактацію, y</b>	<b>Вміст жиру в молоці за III лактацію, x</b>	<b>Вміст білка в молоці за III лактацію,y</b>
3,75	3,41	4,05	3,40
3,80	3,50	3,80	3,55
3,95	3,65	3,78	3,40
4,05	3,90	4,20	3,50
4,15	3,95	4,00	3,55
4,45	4,15	3,90	3,65
3,60	3,35	3,80	3,50
3,75	3,25	3,80	3,35
3,70	3,10	3,75	3,35
3,90	3,25	3,75	3,33
3,85	3,20	3,70	3,34
3,55	3,55	3,75	3,30
3,55	3,25	4,50	3,42
3,70	3,40	4,40	3,45
3,85	3,30	4,00	3,55
4,30	3,45	3,84	3,22

**Варіант 5.** Надій молока за лактацію корів-первісток, кг – Надій молока за третю лактацію повновікових корів, кг

<b>Надій молока за лактацію корів-первісток, <math>x</math></b>	<b>Надій молока за III лактацію повновікових корів, <math>y</math></b>	<b>Надій молока за лактацію корів-первісток, <math>x</math></b>	<b>Надій молока за III лактацію повновікових корів, <math>y</math></b>
2480	3550	3880	4960
2830	4100	3790	3600
2540	3550	3080	4200
2750	3840	3560	3910
3670	4110	4560	6320
2930	3620	2100	2640
2610	3050	4070	3350
2100	3300	3860	3100
2630	2960	3210	3580
2720	4120	3000	2810
2670	3380	3630	2840
3440	4910	2670	3370
2900	3180	3670	3660
3510	6370	2600	2600
2560	4000	3460	4950
3680	6430	3180	3360

**Варіант 6.** Екстер'ерна оцінка повновікових корів, бал – Надій молока за лактацію, кг

<b>Екстер'ерна оцінка, x</b>	<b>Надій молока за лактацію, y</b>	<b>Екстер'ерна оцінка, x</b>	<b>Надій молока за лактацію, y</b>
72	2900	80	5000
68	2850	81	2210
76	3200	88	5300
74	2800	76	3850
78	3050	90	5400
79	3700	87	4600
83	5200	75	3000
80	5050	60	2300
69	2900	66	2200
72	3100	84	5100
86	5100	85	5250
82	5150	77	4000



**Варіант 7.** Жива маса телиць при народженні, кг – Жива маса телиць у віці 12 місяців, кг

<b>Жива маса при народженні, x</b>	<b>Жива маса у віці 12 місяців, y</b>	<b>Жива маса при народженні, x</b>	<b>Жива маса у віці 12 місяців, y</b>
32	225	28	220
28	210	32	240
35	240	37	262
40	255	34	255
33	230	40	265
30	228	38	260
37	260	33	225
29	215	25	218
25	215	30	245
36	245	27	214
40	260	39	260
26	210	36	256
35	245	32	237
31	236	34	248
38	265	35	230
36	258	33	240

**Варіант 8.** Жива маса телиць у віці 6 місяців, кг – Жива маса телиць у віці 12 місяців, кг

<b>Жива маса у віці 6 місяців, х</b>	<b>Жива маса у віці 12 місяців, у</b>	<b>Жива маса у віці 6 місяців, х</b>	<b>Жива маса у віці 12 місяців, у</b>
185	245	168	195
178	224	160	194
170	215	173	230
175	230	190	310
195	290	184	265
160	182	180	268
165	180	182	285
175	228	176	225
180	220	190	290
173	225	190	287
186	250	188	277
180	243	185	275
183	262	170	226
190	295	162	188
205	291	215	315
205	305	176	233
165	190	165	190
180	270	160	192

**Варіант 9. Висота в холці повновікових корів, см - Коса довжина тулуба**

корів, см

<b>Висота в холці, х</b>	<b>Коса довжина тулуба, у</b>	<b>Висота в холці, х</b>	<b>Коса довжина тулуба, у</b>
126	144	126	155
137	155	132	150
127	152	129	158
131	154	128	166
128	147	127	148
125	152	129	154
142	172	130	170
133	156	130	162
132	154	129	168
126	162	131	152
124	143	122	149
135	159	128	152
129	162	127	156
136	167	127	155
131	169	128	149
127	138	129	160
142	167	123	151
128	154	125	150
125	150	124	155
130	165	130	162
122	151	125	152

**Варіант 10.** Жива маса свиноматок, кг – Багатоплідність свиноматок, гол.

<b>Жива маса, x</b>	<b>Багатоплідність, y</b>	<b>Жива маса, x</b>	<b>Багатоплідність, y</b>
225	15	250	10
240	14	175	12
220	12	185	11
220	12	230	10
235	14	215	11
225	11	220	10
230	13	250	12
225	12	220	11
285	14	220	13
230	11	230	14
225	11	295	13
240	12	185	12
225	11	230	15
250	10	240	12
290	13	235	13
225	12	220	12

### 10.7.3. Дисперсійний аналіз

**Мета заняття.** Опанувати методи визначення частки впливу різних факторів, в тому числі і генетичних, на мінливість ознак. Навчити студентів застосовувати однофакторний дисперсійний аналіз при оцінці порід, плідників, типів годівлі та методів утримання сільськогосподарських тварин.

**Теоретичне обґрунтування.** Суть дисперсійного аналізу полягає у визначенні ролі окремих факторів у мінливості ознаки. Він дає змогу визначити силу (частку) впливу різних факторів на мінливість ознак, що вивчають. При цьому одночасно можна вивчати вплив одного, двох і більше факторів на мінливість ознак, а тому для цього будують однофакторний, двофакторний і більше комплексів.

Слово „дисперсія” означає розсіювання. На мінливість будь-якої ознаки впливає багато факторів, тобто загальна мінливість залежить від мінливостей, що виникають під дією конкретних факторів. Тому загальну дисперсію  $C_y$  можна розкласти на дисперсію фактора, що вивчають так звану факторіальну дисперсію  $C_x$  і дисперсію неврахованих факторів, так звану залишкову  $C_z$ , звідси  $C_y = C_x + C_z$ .

Факторіальну дисперсію  $C_x$  можна поділити на дисперсії кожного фактора, що вивчається (віку, статі, живої маси, годівлі, тобто  $C_A, C_B, C_C, C_D$ .

**Обчислення дисперсії однофакторного комплексу при малочисельній вибірці.** Потрібно, наприклад, визначити ступінь впливу віку матерів на живу масу телят при народженні. Для цього будують однофакторний комплекс, куди вносимо вихідні дані і обробляємо їх (за Л.К.Солоченко).

Вживані позначення:

$N$  – загальна кількість особин в досліді,

$m$  – кількість груп,

$n$  – кількість повторностей в групі,

$\eta^2$  – ступінь (частка) впливу різних факторів на мінливість.

ПРИКЛАД 1.

**Вплив віку матерів на живу масу  
телят при народженні**

Показники	Корови віком понад 36 міс.	Корови віком 31-36 міс.	Корови віком 25-30 міс.	
Жива маса телят при народженні, кг ( $V$ )	35, 36, 40, 38, 43, 42	38, 32, 40, 34, 35, 31	35, 37, 30, 31, 32	$\Sigma V=609$
$V^2$	1225, 1296, 1600, 1444, 1849, 1764	1444, 1024, 1600, 1156, 1225, 961	1225, 1369, 900, 961, 1024	$\Sigma V^2=22067$
$n$	6	6	5	$n=17$
$\Sigma V$	35+36+40+38+ 43+42=234	38+32+40+34+ 35+31=210	35+37+30+31+32 =165	$\Sigma V=609$
$(\Sigma V)^2$	$234^2=54756$	$210^2=44100$	$165^2=27225$	-
$\Sigma h_x = \frac{(\Sigma V)^2}{n}$	$\frac{54756}{6} = 9126$	$\frac{44100}{6} = 7350$	$\frac{27225}{5} = 5445$	$\Sigma h=21921$
$M \frac{\Sigma V}{n}$	$\frac{234}{6} = 39,0$	$\frac{210}{6} = 35,0$	$\frac{165}{5} = 33$	$M_2 = \frac{609}{17} = 35,8$

Визначають проміжну величину:

$$H = \frac{(\Sigma V)^2}{n} = \frac{609^2}{17} = 21817$$

і складають підсумкову таблицю.

### Підсумкова таблиця

Проміжні величини	$y$	$x$	$z$	Перевірка
Дисперсії $C$	$C_y = \Sigma V^2 -$ $H = 22067 -$ $21817 = 250$	$C_x = \Sigma h - H = 21921 -$ $21817 = 104$	$C_z = \Sigma \gamma^2 -$ $\Sigma h_x = 22067 -$ $21921 = 146$	$C_y = C_x +$ $C_z = 250 = 10$ $4 + 146$
Ступінь (частка впливу) різних факторів на мінливість ознаки	$\eta_y^2 = \eta_x^2 + \eta_z^2 = 1$ або 100%	$\eta_x^2 =$ $\frac{C_x}{C_y} = \frac{104}{250} = 0,415$ або 41,5%	$\eta_z^2 =$ $\frac{C_z}{C_y} = \frac{146}{250} = 0,585$ або 58,5%	-
Число ступенів свободи $v$	$v_y = n - 1 = 17 -$ $1 = 16$	$v_z = l - 1 = 3 - 1 = 2$ $l$ – кількість класів матерів	$v_z = n - l$ $17 - 3 = 14$	-
Коректована дисперсія (девіата) $\sigma^2$		$\sigma_x^2 = \frac{C_x}{v_x} = \frac{104}{2} = 57$	$\sigma_z^2 = \frac{C_z}{v_z} = \frac{146}{14} = 10,4$	-
Критерій Коефіцієнт вірогідності Фішера ( $F$ )	Табличні значення $P = 0,95 - 3,7$ $P = 0,99 - 6,5$ $P = 0,999 - 11,8$	$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_z^2} = \frac{57}{10,4} = 5,5$		-

**ВИСНОВОК:** Порівнюючи одержаний критерій вірогідності  $F = 5,5$  зі стандартними значеннями ( $F_{st}$ ) таблиці Фішера, бачимо, що він виходить в першу вірогідну межу ймовірності  $P = 0,95$ , тобто вік матерів суттєво впливає на живу масу телят при народженні.

ПРИКЛАД 2. Однофакторний дослід. Різна чисельність вибірки, розподіл повторюваності по варіантах досліді випадковий. В досліді вивчався вплив методу утримання свиней на величину середньодобових приростів (табл. 1).

**1. Середньодобові прирости поросят у віці 2-4 місяців  
при різних способах їх утримання, (г)**

Метод утримання	Повторюваність					Сума	Середнє значення
	1	2	3	4	5		
1	302	270	321	303	289	1485	297,0
2	316	325	319			960	320,0
3	331	290	340	349		1310	327,5
Сума	949	885	980	652	289	3755= $\Sigma x$	312,9

**2. Відхилення від умовного початку, ( $a = 300$ )**

Метод утримання	Повторюваність					Сума
	1	2	3	4	5	
1	2	- 30	21	3	- 11	- 15
2	16	25	19			60
3	31	- 10	40	49		110
Сума	49	- 15	80	52	- 11	155 = $\Sigma y$

Проводимо перевірку правильності обчислень:

$$\Sigma x = \Sigma y + a \cdot N = 155 + 300 \cdot 12 = 3755$$

В нашому випадку обчислення проведені правильно (див. табл. 1).

Показники таблиці 2 підносимо до квадрата (табл. 3).



### 3. Квадрати відхилень від умовного початку

Метод утримання	Повторюваність					Сума	Середнє значення
	1	2	3	4	5		
1	4	900	441	9	121	1475	$225 \circ A_1^2$
2	256	625	361			1242	$3600 \circ A_2^2$
3	961	100	1600	2401		5062	$12100 \circ A_3^2$
Сума	1221	1625	2402	2410	121	$7779 = \Sigma y^2$	$X$

В даному випадку ми маємо справу з двома джерелами варіації, методом утримання і внутрігруповою варіацією.

Загальна сума квадратів відхилень:

$$W_o = \Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{N} = 7779 - \frac{(155)^2}{12} = 5776,92$$

Групова варіація:

$$W_{gp} = \frac{A_1^2}{n_1} + \frac{A_2^2}{n_2} + \frac{A_3^2}{n_3} - \frac{(\Sigma y)^2}{N} = \frac{225}{5} + \frac{3600}{3} + \frac{12100}{4} - \frac{(155)^2}{12} = 2267,92.$$

Залишкова варіація:

$$W_{зал} = W_o - W_{gp} = 5776,92 - 2267,92 = 3509,00.$$

#### 1. Аналіз дисперсій

Джерела варіації	Сума квадратів відхилень	Ступені свободи	Дисперсія	Відношення дисперсій	
				$F_{факт.}$	$F_{табл.}$ $\alpha=0,05$
Варіанти (методи утримання)	2267,92	2	1133,96	2,91	4,26
Залишкова	3509,00	9	389,89	$X(1)$	$X$
Загальна	5776,92	11	$X$	$X$	$X$

На підставі даних таблиці 4 можна зробити висновок, що різниці в приростах між групами свиней з різним утриманням недостовірні. Отже, спосіб утримання не вплинув суттєво на величину середньодобових приростів.

### Самостійна робота студентів

Ознайомитись з умовою задачі, визначити тип дисперсійного комплексу і обчислити показник сили впливу фактора ( $\eta_x^2$ ), критерій достовірності ( $F$ ) та рівень ймовірності ( $P$ ).

**Варіант 1.** На чотирьох групах свиноматок, по 5 голів у кожній, вивчали вплив вмісту перетравного протеїну в раціоні на їх багатоплідність, гол.:

1 група, норма	- 8, 9, 10, 9, 8 поросят;
2 група, норма + 5%	- 7, 11, 11, 9, 10 поросят;
3 група, норма + 10%	- 9, 10, 11, 10, 12 поросят;
4 група, норма + 15%	- 9, 9, 12, 12, 13 поросят.

Визначити частку впливу білкової добавки на багатоплідність свиноматок.

**Варіант 2.** При опроміненні мишей рентгенівськими променями одержали такі дані про їх плодючість, гол.:

контроль	- 10, 11, 12, 10, 12;
доза 100R	- 9, 9, 10, 8, 9;
доза 200R	- 6, 7, 4, 9, 5.

Чи впливає опромінення на плодючість мишей?

**Варіант 3.** Вивчали багатоплідність поросят у свиноматок різного віку, кг?

1 опорос	- 0,9 1,1 1,0 1,0 1,0;
2 опорос	1,1 1,1 1,3 1,2 1,1
3 опорос	1,0 1,3 1,4 1,2 1,3.

Визначити частку впливу віку свиноматок на багатоплідність поросят.

**Варіант 4.** Для лікування свиней від полісерозиту застосовували різні дози левоміцетину і стан здоров'я тварин контролювали за даними середньодобових приростів, г:

Контроль	340	310	280	305	240
1 доза	360	380	410	370	410
2 доза	520	580	620	490	500
3 доза	490	510	480	560	530
4 доза	475	530	470	520	510

Чи впливає лікування левоміцетином на стан здоров'я свиней?

**Варіант 5.** Вивчали вплив віку корів на живу масу телят при народженні, кг:

Вік матерів 25-30 міс.	37	30	32	35	31	33
Вік матерів 31-36 міс.	34	40	38	31	32	35
Повновікові матері	38	40	35	42	36	43

Чи впливає вік матерів на живу масу телят при народженні?

**Варіант 6.** Від трьох бугаїв герефордської породи одержали по 10 телиць, жива маса яких у віці 6 міс. становила, кг:

Клевер 879	178	186	174	162	216	230	165	187	164	162
Жемчуг 191	146	185	192	166	176	179	177	178	186	168
Гром 325	199	210	187	199	175	200	205	207	198	176

Визначити частку впливу бугаїв на живу масу їх дочок у віці 6 міс.

**Варіант 7.** Те саме у віці 15 міс.

Клевер 879	394	398	397	410	408	380	357	373	352	356
Жемчуг 191	350	368	372	363	356	345	356	367	344	367
Гром 325	399	420	397	400	415	415	418	403	413	

**Варіант 8.** Маса плоду на 60-й день ембріонального періоду у чистопородних свиней ландрас та їх помісей з великою білою породою становила, г:

Ландрас	124,0	117,9	138,5	127,5	135,0	122,2
Помісі	146,0	142,5	135,2	150,0	155,0	137,2

Чи впливає порода на масу плодів?

**Варіант 9.** Те саме на розвиток нирок у плодів, г:

Ландрас	2,91	2,05	2,52	2,72	2,27	3,21
Помісі	1,70	1,70	2,33	2,12	2,28	1,90

**Варіант 10.** Вивчити вплив добавки у раціон трав'яного борошна на багатоплідність свиноматок великої білої породи, гол.:

- 1 група - раціон без трав'яного борошна 9, 12, 10 поросят;  
 2 група - 15% трав'яного борошна у структурі раціону 10, 13, 11 поросят;  
 3 група - 25% трав'яного борошна у структурі раціону 12, 11, 13 поросят.

**Варіант 11.** У стаді корів використовували 5 бугаїв-плідників. Продуктивність їх дочок характеризується відповідною мінливістю. Необхідно визначити, чи вплинули ці бугаї на продуктивність своїх дочок, чи ця ознака більшою мірою обумовлена іншими факторами? Надій молока дочок, кг:

1	2115	2295	2238	2147	2202
2	2462	2381	2236	2327	2561
3	2430	2375	2402	2405	2605
4	2504	2471	2394	2407	2640
5	2732	2940	2506	2840	3091

**Варіант 12.** Визначити силу та достовірність впливу рівня протеїну в раціонах підсисних свиноматок породи ландрас на їх молочність (визначається за живою масою приплоду у 21-денному віці, кг):

1 група - норма	70, 72, 74, 80, 64, 71, 65, 82, 74, 68
2 група - нижче норми на 15%	70, 64, 60, 76, 58, 54, 65, 62, 70, 67
3 група - вище норми на 15%	81, 70, 72, 74, 71, 80, 68, 65, 86, 75

**Варіант 13.** Визначити частку впливу породи свиней на живу масу поросят при відлученні, кг:

Велика біла	16,7	17,5	18,3	17,4	18,6
Ландрас	17,8	19,5	21,0	18,4	20,9
Уельськ	18,3	18,7	19,3	20,6	21,2
Дюрок	14,5	15,0	16,2	15,1	14,9

**Варіант 14.** Визначити частку впливу добавки вітаміну Е в раціон бугаїв на об'єм еякуляту, мл:

Контрольна група	3,5	3,0	3,9	3,6	2,9
Дослідна група	3,7	4,8	5,3	4,7	5,0

**Варіант 15.** Вивчали тривалість ембріонального розвитку козенят, які народилися одинцями, двійнятами та трійнятами, дн.:

Одинці	148	152	151	151	153	150	150	152	151	149	150
	148	154	151	152	152	151	152	149	151	150	151
	152	150									
Двійнята	154	152	151	148	152	150	151	151	151	151	152
	153	152	152	150	149	151	151	152	148	152	149
	151	150	149	151							
Трійнята	150	147	152	148	149	150	153	149	151	152	148
	149	150	148	148	149	149	148				

Чи впливає кількість козенят при народженні на тривалість ембріонального розвитку?

**Варіант 16.** Потомство гібридних щурів вирощувалось під самками різних генотипів (лінії А, В, С, Д) і у віці 28 днів мало такі показники живої маси, г:

Лінія А	62	68	64	65	60	60	52	49	48	37	36	68	59	58	54
Лінія В	55	42	60	51	65	62	64	62	56	70	67	60	53	56	61
Лінія С	53	62	50	53	57	59	47	53	40	46	61	55	56	45	57
Лінія Д	42	54	61	48	40	51	41	50	44	55	45	52	53	42	54

Який вплив генотипових особливостей самок-годувальниць на ріст щуренят?

**Варіант 17.** Вивчали тривалість розвитку ембріонів кроленят різних порід, дн.:

Шиншила	30	35	36	32	31	31	30	33	34	33	32	35	34	31
	32	33	33	32	32	33								
Сірий велетень	30	30	31	30	29	31	30	30	29	30	30	30	29	31
	31	30	29	31	30	30								
Новозеландська	30	30	29	31	30	29	31	32	30	31	30	31	30	30
	31	31	31	31	31	31								
Каліфорнійська	31	30	32	32	30	31	34	32	32	30	31	31	30	33
	31	32	30	32	31	33								

Чи впливає порода на тривалість розвитку ембріонів у крові?

**Варіант 18.** Річні надої корів різних отелень, кг:

1 отел	2920	3065	3146	2740	3095	2970
2 отел	3250	3150	3215	2901	3605	2801
3 отел	3400	3400	3965	3605	3904	3211
4 отел	3805	3720	4209	4215	4209	3916
5 отел	4280	3960	4640	4235	4742	4113

Чи впливає кількість отелень на річні надої корів?

**Варіант 19.** Вивчали вплив синестролу в різних формах застосування на масу яйцепроводів п'ятидобових курчат, мг:

Масляний розчин	125	160	200	141	254	113
Кристали	23	40	130	122	44	120
Контроль	5	6	7	9	11	8

Визначити частку впливу застосування різних форм синестролу на масу яйцепроводів.

## 10.7.4. Коефіцієнт успадкованості та способи його вирахування

**Мета заняття.** Засвоєння студентами таких понять як спадковість, успадковування, успадковуваність, фенотипова, генотипова мінливість. З'ясування значення типів мінливості при доборі тварин, а також вивчення методів вирахування коефіцієнта успадкованості ознак у тварин та визначення, які ознаки в окремих видів тварин відзначаються високим, а які низьким ступенем успадкованості.

**Теоретичне обґрунтування.** У селекційно-племінній роботі з окремими породами свійських тварин не завжди можна відібрати генетично кращих тварин тільки на основі оцінки їх фенотипу, тому що фенотипові ознаки піддаються значному впливові умов зовнішнього середовища і обумовлені генотиповою або генетичною різноманітністю. Фактори зовнішнього середовища називають ще паратиповими факторами.

В селекційній роботі важливо знати від чого значною мірою залежить мінливість ознаки: чи від різних генотипів, чи від умов зовнішнього середовища. Для селекції важливе значення має генотипова різноманітність, або та частина загальної фенотипової різноманітності, яка зумовлена різницею генотипів. На даний час розроблені генетично-математичні методи, які дають можливість врахувати в загальній фенотиповій мінливості ознаки ту частку, яка викликана генотиповою мінливістю або спадковістю.

Для визначення частки генотипової різноманітності в загальній фенотиповій мінливості вираховують коефіцієнт успадкованості, який позначають символом  $h^2$ .

Існує два методи вирахування коефіцієнта успадкованості:

7. Вирахування коефіцієнта успадкованості на основі кореляції і регресії між показниками продуктивності батьків та їх нащадків.
8. Вирахування коефіцієнта успадкованості на основі дисперсійного аналізу впливу батьків на потомство.

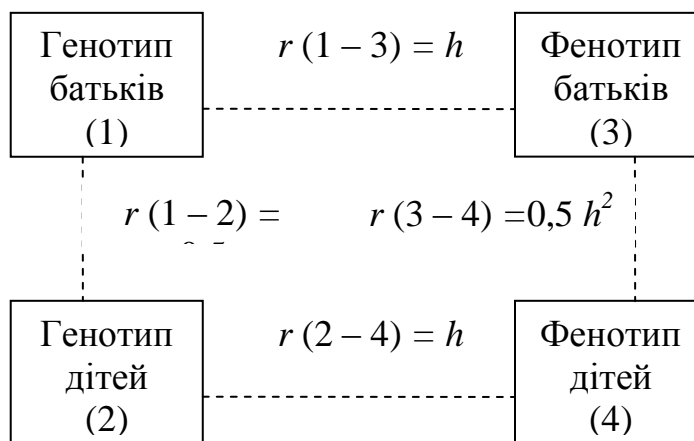


При вирахування коефіцієнта успадкованості на основі кореляції береться подвоєний коефіцієнт кореляції між показниками продуктивності батьків і їх нащадків, наприклад, матерів і їх дочок:

$$h^2 = 2 r^{o/n} \quad \text{або} \quad h^2 = 2 r^{m/d}$$

В основу цього методу покладено відому схему С.Райта, що з'єднує коефіцієнтами кореляційних зв'язків чотири спадкові групи: 1) генотип батьків, 2) генотип дітей, 3) фенотип батьків, 4) фенотип дітей.

Вказані зв'язки можна відобразити схемою:



З наведеної схеми видно, що визначення кореляційних зв'язків можливе лише між фенотипом батьків і їх нащадків –  $r(3-4)$ . У відношенні інших кореляційних зв'язків бралось до уваги, що кореляція між генотипами батьків і дітей дорівнює половині:  $r(1-2) = 0,5$ , а кореляція між генотипами і фенотипами ( $h$ ) у батьків і дітей дорівнює  $r(1-3) = r(2-4) = h$ .

Коефіцієнт кореляції між фенотипом батьків і дітей вважався рівним добутку всіх проміжних коефіцієнтів шляху від (3) до (4):

$$r(3-4) = h \circ 0,5 \circ h = 0,5 h^2$$

Величина квадрата коефіцієнта між генотипами і фенотипами буде:

$$h^2 = 2 r(\text{батьки} - \text{діти})$$

Чим вищий коефіцієнт успадкованості, тим значною мірою відбір тварин за фенотипом гарантує одержання від кращих батьків кращих нащадків і

навпаки. Очевидно, при низькому значенні коефіцієнта успадкованості оцінку тварин за фенотипом необхідно перевіряти за якістю нащадків.

При різній інтенсивності добору батьків і нащадків вони різко відрізняються за ступенем мінливості ознак. У таких випадках доцільніше вираховувати коефіцієнт успадкованості на основі коефіцієнта регресії, користуючись такими формулами:

$$h^2 = 2 R^{D/M}; \quad h^2 = 2 R^{H/G}$$

При визначенні коефіцієнта успадкованості на основі дисперсійного аналізу його вираховують як відношення показника дисперсії, викликаной 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 високою ( $h^2 = > 0,7$ ), середньою ( $h^2 = 0,3 - 0,7$ ) і низькою ( $h^2 = < 0,3$ ). Величина коефіцієнта успадкованості залежить від таких факторів:

1. Природи ознаки – різні ознаки у тварин відзначаються різним ступенем успадкованості.
2. Генетичної різноманітності популяції, стада тварин. При високій генетичній різноманітності величина коефіцієнта успадкованості висока, а при низькій вона знижується. Генетична різноманітність популяцій окремих стад знижується в результаті застосування інбридингу.
3. На величину коефіцієнта успадкованості впливають такі фактори як рівень годівлі тварин, умови утримання, сезон та вік тварин.

## Самостійна робота студентів.

Обчислити коефіцієнт успадкованості ознак у тварин. З'ясувати, яка частка в загальній фенотиповій мінливості обумовлена генотиповою різномірністю і впливом паратипових факторів.

**Варіант 1.** Коефіцієнт кореляції між надоєм за третю лактацію корів-матерів української чорно-рябої молочної породи та їх дочок дорівнює 0,445, середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) надою молока у корів-матерів складає 585 кг, їх дочок – 415 кг. Вирахувати коефіцієнт успадкованості надою. З'ясувати, яка частка в загальній фенотиповій мінливості надою корів зумовлена генотиповою мінливістю і впливом паратипових факторів.

**Варіант 2.** Коефіцієнт кореляції між надоєм молока за третю лактацію корів-матерів симентальської породи та їх дочок дорівнює 0,442, середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) надою молока корів-матерів складає 595 кг, корів-дочок – 540 кг. Вирахувати коефіцієнт успадкованості надою молока та з'ясувати, яка частка в загальній фенотиповій мінливості надою молока корів зумовлена генотиповою різномірністю і впливом паратипових факторів.

**Варіант 3.** Вирахувати коефіцієнт успадкованості схильності до захворювання на мастит великої рогатої худоби української чорно-рябої молочної породи, якщо від 43 хворих на мастит корів отримано 27 хворих і 16 здорових дочок, а від 457 здорових матерів отримано 53 хворих і 304 здорових дочок.

**Варіант 4.** Вирахувати коефіцієнт успадкованості схильності до захворювання на фасціольоз великої рогатої худоби волинської м'ясної породи з дефіцитом клітинного імунітету, якщо від 80 хворих корів отримано 60 хворих і 20 здорових дочок, а від 340 здорових корів – 40 хворих і 300 здорових дочок.

**Варіант 5.** Коефіцієнт кореляції між молочністю свиноматок-матерів та їх дочок дорівнює 0,175, середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) молочності

свиноматок складає 12 кг, їх дочок - 8,5 кг. Вирахувати коефіцієнт успадкованості молочності свиноматок-матерів та з'ясувати, яка частка в загальній фенотиповій мінливості молочності свиноматок зумовлена генотиповою різноманітністю і впливом паратипових факторів.

**Варіант 6.** Вирахувати коефіцієнт успадкованості настригу вовни у овець за такими даними (кг):

$x$  – настриг вовни вівцематок-матерів,

$y$  – настриг вовни вівцематок-дочок.

$x$	5,5	3,7	4,0	3,7	6,8	4,0	4,6	3,5	4,4
$y$	4,5	5,6	4,8	4,9	5,3	5,0	6,2	4,7	6,5

**Варіант 7.** Визначити коефіцієнт успадкованості живої маси у корів української чорно-рябої молочної породи за такими даними (кг):

$x$  – жива маса корів-матерів після першого отелення,

$y$  – жива маса корів-дочок після першого отелення.

$x$	475	490	385	405	410	395	425	415	400	390	420	475	430	380	400
$y$	450	477	390	415	400	420	395	405	375	410	400	460	403	395	385

**Варіант 8.** Визначити коефіцієнт успадкованості надою молока корів симентальської породи за такими даними (кг):

$x$  – надій молока корів-матерів,

$y$  – надій молока корів-дочок.

$x$	$y$	$x$	$y$
4540	4220	5330	5460
5720	4950	6150	6000
4230	4700	5425	5365
6310	6400	4770	4700
5440	5550	5010	5740
4100	4040	4890	5000
4075	4275	6050	5850
6680	6230	5740	5470
5035	5155	3910	4010
4055	3990	4755	4850
4280	4300	5060	5100
4410	4350	5375	5430
4315	4175		

**Варіант 9.** Визначити коефіцієнт успадкованості живої маси повновікових корів симентальської породи за такими даними (кг):

$x$  – жива маса корів-матерів,

$y$  – жива маса корів-дочок.

$x$	$y$	$x$	$y$
515	540	475	514
525	530	485	495
495	545	515	500
535	660	515	350
495	585	545	555
510	520	471	455
525	545	485	500
520	540	505	575
525	530	520	560
490	520	545	615
515	535	580	500
520	500	490	550
500	475	610	605

**Варіант 10.** Визначити коефіцієнт успадкованості кількості молочного жиру в молоці корів української чорно-рябої молочної породи за такими даними (кг):

$x$  – кількість молочного жиру в молоці корів-матерів,

$y$  – кількість молочного жиру в молоці їх дочок.

$x$	180	193	204	291	208	215	270	200	242	225	241	283
$y$	171	201	201	280	189	292	273	163	249	214	236	280

**Варіант 11.** Коефіцієнт кореляції між вмістом жиру в молоці корів-матерів української чорно-рябої молочної породи та їх дочок становить 0,675, середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) вмісту жиру в молоці корів-матерів складає 0,715%, в корів-дочок – 0,555%. Розрахувати коефіцієнт успадкованості вмісту жиру в молоці та з'ясувати, яка частка в загальній фенотиповій мінливості вмісту жиру в молоці корів зумовлена генотиповою мінливістю і впливом паратипових факторів.

### **Питання для самоконтролю:**

1. Що вивчає наука “Генетика”? Назвіть основні етапи її розвитку.
2. Дайте визначення явища спадковості.
3. Яка спадковість називається ядерною і цитоплазматичною?
4. Дайте визначення явища мінливості.
5. Назвіть типи мінливості.
6. Яка мінливість називається мутаційною?
7. Яка мінливість називається комбінативною?
8. Яка мінливість називається корелятивною?
9. Яка мінливість називається модифікаційною?
10. Що називається тривалою модифікацією?
11. Які типи мінливості відносяться до спадкових і які до неспадкових?
12. Що вивчає варіаційна статистика?
13. Що вивчає біометрія? Значення біометрії в селекції свійських тварин.
14. Назвіть основні біометричні параметри. Якими символами вони позначаються?
15. Які ознаки у тварин називаються кількісними і якісними?
16. Що називається сукупністю? Приклади сукупності.
17. Чим відрізняється вибіркова сукупність від генеральної?
18. Які вибірки називаються великими і малими?
19. Що називається варіаційним рядом, варіантою?
20. Що називається варіаційною кривою і гістограмою?

21. Які основні елементи варіаційного ряду?
22. Які принципи побудови варіаційного ряду?
23. З чого виходять при визначенні кількості класів варіаційного ряду?
24. Що називається лімітами, розмахом мінливості?
25. Як визначають класовий проміжок?
26. Якими символами позначають окремі біометричні параметри?
27. З чого виходять при визначенні центрального класу варіаційного ряду?
28. Як визначають умовну середню арифметичну?
29. Для чого визначають середню арифметичну?
30. Якими властивостями наділена середня арифметична?
31. За якими формулами визначають середню арифметичну при малих і великих вибірках?
32. Що таке середня арифметична зважена і за якою формулою її визначають?
33. Які біометричні параметри характеризують ступінь мінливості ознак?
34. Про що свідчить середнє квадратичне відхилення?
35. За якою формулою визначають середнє квадратичне відхилення при малих вибірках?
36. За якою формулою визначають середнє квадратичне відхилення при великих вибірках?
37. На чому базується правило трьох “сігм”?
38. За якою формулою і в яких одиницях визначають коефіцієнт мінливості?
39. В яких випадках при вивченні мінливості, крім сігми, потрібно визначити коефіцієнт мінливості?
40. Чому виникають помилки середньої арифметичної?
41. За якими формулами визначають помилку середньої арифметичної при малих і великих вибірках?
42. Як визначають критерій вірогідності? Які існують пороги вірогідності і про що вони свідчать?



43. Коли різниця між середніми арифметичними є вірогідною? Як визначити вірогідність різниці між середніми арифметичними?
44. Які існують пороги вірогідності і про що вони свідчать?
45. Що таке критерій відповідності (Хі-квадрат) і як він використовується в генетичних дослідженнях?
46. У яких випадках застосовують метод Хі -квадрат? Хто і коли запропонував цей метод?
47. Як ви розумієте принцип “нульової гіпотези”? На основі чого її залишають в силі чи спростовують?
48. Яка мінімально допустима чисельність сукупності і в яких одиницях повинна бути виміряна ознака при застосуванні методу  $\chi^2$ ?
49. За якою формулою і який порядок обчислення критерію Пірсона?
50. Як обчислюють число ступенів свободи при різних способах застосування  $\chi^2$ ?
51. Які типи зв'язків називаються функціональними, а які корелятивними і для яких явищ вони характерні?
52. Які бувають типи зв'язку між ознаками за формою?
53. Які бувають типи зв'язку між ознаками за напрямком?
54. Які бувають типи зв'язку за силою?
55. Який показник характеризує ступені зв'язку між ознаками?
56. На що вказує коефіцієнт кореляції?
57. В яких межах може коливатися кореляційний зв'язок між ознаками?
58. Що таке кореляційна гратка і як вона складається?
59. За якою формулою і в якій послідовності розраховується коефіцієнт кореляції для малих вибірок?
60. За якою формулою і в якій послідовності розраховується коефіцієнт кореляції для великих вибірок?
61. Чим відрізняється  $\sigma$  (сігма) варіаційного ряду від  $\sigma$  кореляційних граток?
62. На що вказує знак ( $\pm$ ) при коефіцієнті кореляції і про що свідчить його абсолютна величина?

63. За якою формулою визначається помилка коефіцієнта кореляції?
64. Що характеризує коефіцієнт регресії?
65. За якою формулою визначають коефіцієнт регресії?
66. Які можливості застосування коефіцієнта регресії у ветеринарній та селекційній практиці?
67. За якою формулою визначають помилку коефіцієнта регресії?
68. Як визначають критерій вірогідності коефіцієнтів кореляції та регресії?
69. Що вивчають методом дисперсійного аналізу? Яка мета дисперсійного аналізу?
70. Що таке дисперсія та на які види вона розподіляється?
71. Що таке дисперсійний комплекс? Які види комплексів бувають?
72. Що таке градація? Які комплекси бувають в залежності від розмірів градацій?
73. За якою формулою визначається показник сили впливу фактора, дія якого вивчається?
74. Як визначити достовірність обчисленого показника сили впливу фактора?
75. Як обчислюється число ступенів свободи ( $\nu_1$   $\nu_2$ ) при визначенні достовірності показника сили впливу?
76. У яких одиницях виражається показник сили впливу і в яких межах він може коливатися?
77. Що називається загальною, груповою, залишковою дисперсією? За якими формулами їх визначають?
78. Дайте визначення таким поняттям як спадковість, успадкування, успадковуваність?
79. За якою метою визначають коефіцієнт успадкованості і яким символом його позначають?
80. Про що свідчить значення коефіцієнта успадкованості?
81. Які існують методи визначення коефіцієнта успадкованості?
82. За якими формулами визначають коефіцієнт успадкованості?

83. При яких умовах можна визначити коефіцієнт успадкованості на основі подвоєного коефіцієнта кореляції між продуктивністю батьків та їх нащадків?
84. Назвіть величину значення  $h^2$  основних селекційних ознак великої рогатої худоби, свиней, овець, коней, птиці, кролів.
85. Які фактори впливають на значення коефіцієнта успадкованості?  
Яка ознака – надій молока чи жирномолочність – є більш селективною?

## 11. Генетика популяцій

**Мета заняття.** Ознайомитись з поняттями популяція і чиста лінія. Оволодіти методом генетичного аналізу структури популяцій, визначення співвідношень генотипів, частот домінантних і рецесивних генів та регулювання співвідношення генотипів в популяціях у бажаному напрямку.

**Теоретичне обґрунтування і методичні вказівки.** Поняття “популяція” і “чиста лінія” запропоновані В.Йогансенем у 1907 р.

**Популяція** – це сукупність тварин одного виду, породи, які вільно спаровуються між собою і населяють певну територію (займають певний ареал) та достатньо ізольована від інших груп даного виду.

Популяцією можна вважати кожне стадо однієї породи, якщо тварин цього стада розводять без схрещування з тваринами інших стад, порід.

**Чиста лінія** – це потомство однієї самозалежної гомозиготної особини. Звичайно, потомство це гомозиготне. У тварин чистих ліній не буває, бо близькоспоріднене спаровування хоч і веде до збільшення гомозиготності, проте вона стовідсотковою не буває.

Метою популяційної генетики є вивчення закономірностей розподілу співвідношень генотипів ( $AA$ ,  $Aa$ ,  $aa$ ) оскільки біологічне і господарсько-корисне значення їх різне. Вважають, що найкращими є гетерозиготні форми серед яких може виникати гетерозис як результат наддомінування. На другому місці – гомозиготні домінантні і на останньому – гомозиготні рецесивні, як найменш пристосовані до умов зовнішнього середовища і часто мають низьку життєздатність. Для роботи з тваринами потрібно знати з якими масивами тварин маємо справу і відповідно направляти роботу на покращення бажаних співвідношень генотипів, тобто вирішувати практичні задачі користуючись при цьому формулою Харді-Вайнберга:

$$p^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa) = 1, \text{ де}$$

$p(A)$  – пропорція в популяції гамет з геном “ $A$ ”

$q(a)$  – пропорція в популяції гамет з геном “ $a$ ”

Оскільки кожна гамета самця чи самки несе або ген “*A*” або ген “*a*”, то

$$P(A) + q(a) = 1$$

Приклад. У стаді великої рогатої худоби (1000 гол.) є 16% корів з рецесивною червоною мастю і 84% - з домінуючою чорною мастю. Необхідно вирахувати співвідношення генотипів і частоту генів чорної (*A*) і червоної (*a*) мастей. Зробимо відповідні розрахунки:

$$q^2 = 0,16; \quad q = \sqrt{0,16} = 0,40$$

Якщо  $p(A) + q(a) = 1$ , то  $p(A) = 1 - 0,40 = 0,60$

Отже, в даній популяції число гомозиготних осіб з домінантною чорною мастю повинна бути:  $p^2(AA) = 0,60^2 = 0,36$ , а гетерозиготних:  $2pq(Aa) = 2 \times 0,40 \times 0,60 = 0,48$

Звідси можна зробити висновок, що в даній популяції є таке співвідношення генотипів: 36%*AA* + 48%*Aa* + 16%*aa*

Частота генів “*A*” і “*a*” буде такою: сума всіх генів дорівнює 2000 (1000 гол.  $\times$  2N = 2000)

Частота гена “*A*” :  $360 \times 2 = 720$ ;  $480 \times 1 = 480$ ;

**разом = 1200**

$$1200:2000 = 0,600$$

Частота гена “*a*”:  $160 \times 2 = 320$ ;  $480 \times 1 = 480$ ;

**разом = 800**

$$800:2000 = 0,400$$

Отже, частота гена “*A*” (чорна масть) – 0,600; частота гена “*a*” (біла масть) – 0,400

### Самостійна робота студентів.

**Задача 1.** У популяції морських свинок ген, який викликає скуйовдження шерсті (рецесивна ознака), зустрічається з частотою 0,36, його домінантна алель, яка детермінує гладку шерсть, зустрічається з частотою 0,64. Визначте

співвідношення генотипів у популяції овець і частоту генів  $A$  і  $a$ ? Популяція нараховує 1000 голів.

**Задача 2.** У стаді (популяції) великої рогатої худоби (1000 гол.) є 16% корів червоної масті і 84% - з домінуючою чорною мастю. Вирахуйте співвідношення генотипів і частоту генів чорної ( $A$ ) і червоної ( $a$ ) мастей.

**Задача 3.** У стаді великої рогатої худоби (1800 гол.) 21% корів рогатих і 79% безрогих. Вирахуйте співвідношення генотипів і частоту генів безрогості ( $A$ ) і рогатості ( $a$ ).

**Задача 4.** Водянка головного мозку (гідроцефалія) зустрічається в телят приблизно у співвідношенні 33 голови на 10 тис. голів. Народження телят з водянкою можливе лише при спаровуванні гетерозиготних тварин. Необхідно визначити їх кількість у стаді.

**Задача 5.** У великої рогатої худоби карликовість (ахондроплазія) обумовлена домінантним аутосомним геном, його рецесивна алель контролює нормальний розвиток. У стаді української чорно-рябої молочної худоби з 820 голів новонароджених телят 2 були карликовими. Яка частота гену карликовості? Яка кількість гетерозиготних тварин у стаді?

**Задача 6.** Паракератоз – порушення обміну цинку в організмі телят (на шкірі утворюються луска і струпи) – рецесивне захворювання. У стаді великої рогатої худоби (7000 гол.) виявлено 23 хворих телят. Визначте, яка кількість телят стада гетерозиготні за цим рецесивним геном.

**Задача 7.** У господарстві, де розводять велику рогату худобу української чорно-рябої молочної породи, при використанні 3 бугаїв голштинської породи, серед новонароджених телят була така кількість з пуповинною грижею (гол.):

Кличка і номер бугая	Одержано телят	З них з пуповинною грижею
Блок 104	30	13
Азімут 95	28	4
Марс 196	26	-

Який добір доцільно проводити в стаді, щоб елімінувати появу в стаді цього захворювання? Яка частота гена пуповинної грижі у нащадків окремих бугаїв?

**Задача 8.** В популяції великої рогатої худоби алелі  $A$  – комолості і  $a$  – рогатості зустрічаються з частотою 0,2 і 0,8. Яке співвідношення генотипів в такій популяції при вільному спаровуванні?

**Задача 9.** На відгодівельному комплексі молодняка великої рогатої худоби тварин бурої масті було 700 голів, сірої масті – 300 голів і сіро-бурих – 350 голів. Визначте частоту генів, якщо тут має місце неповне домінування гену бурої масті над геном сірої масті.

**Задача 10.** В одному господарстві із 45% телят, що народились з нормальними ногами, виявлено троє коротконогих телят. Вирахуйте частоту гену коротконогості, якщо відомо, що він є рецесивним.

**Задача 11.** У великої рогатої худоби шортгорнської породи тварини з генотипом  $AA$  – червоної масті,  $Aa$  – чалої і  $aa$  – білої. В цій породі зареєстровано 4169 тварин червоної масті, 3780 голів – чалої і 756 голів – білої масті. Визначте частоту алелів  $A$  і  $a$ .

**Задача 12.** У великої рогатої худоби найбільш часто зустрічаються два типи ферменту амілази, які детермінуються двома кодомінантними генами  $Am^B$  і  $Am^C$ . У стаді великої рогатої худоби було виявлено такий розподіл цього ферменту по типах: 58 голів за типом  $BB$ , 216 –  $BC$  і 186 –  $CC$ . Визначте концентрацію в стаді алелів  $Am^B$  і  $Am^C$ .

**Задача 13.** В популяції каракульських овець на основі вивчення поширення безвухості було встановлено таке співвідношення генотипів: 729 голів з генотипом  $AA$ , 111 голів з генотипом  $Aa$  і 4 гол. з генотипом  $aa$ . Визначте, чи відповідає це співвідношення теоретично розрахованому за формулою Харді-Вайнберга.

**Задача 14.** При дослідженні крові 407 гол. овець породи меринос розподіл їх за типами гемоглобіну був такий: гемоглобін типу А виявлено в 14 овець, типу В – в 268 овець і гемоглобін типу АВ – в 125 овець. Визначте частоту алелів гемоглобінного локусу.

**Задача 15.** На кролефермі серед молодняка кролів породи шиншила появилася альбінізм. Серед 5437 голів молодняка кроликів виявлено 19 голів альбіносів. Визначте співвідношення генотипів і частоту альбінізму в стаді кролів.

**Задача 16.** У вільно розмножуючій популяції частка особин з генотипом  $AA$  дорівнює 0,8. Використовуючи формулу Харді-Вайнберга, визначте, яка доля особин повинна бути гетерозиготна ( $Aa$ ).

**Задача 17.** У лисиці коротка шерсть ( $A$ ) домінує над довгою ( $a$ ). В угіддях мисливського господарства чисельність популяції лисиць складала 240 голів. З них 18 голів мали довгу шерсть. Яка частота домінантного і рецесивного алелів гена в цій популяції лисиць? Яка частка популяції лисиць є гетерозиготною?

**Задача 18.** У мишей ген жовтого забарвлення ( $J$ ) домінує над геном чорного забарвлення ( $j$ ), але в гомозиготному стані ( $JJ$ ) викликає загибель мишей у молодому віці, тому дорослі жовті миші гетерозиготні. В популяції, яка нараховує 750 дорослих мишей, 250 особин чорного забарвлення. Яка частота домінантного і рецесивного алелів гена в даній популяції мишей?

**Задача 19.** В популяції людей кароокі особи складають 51%, голубоокі – 49%. Відомо, що карі очі домінують над голубими. Використовуючи формулу Харді-Вайнберга визначте співвідношення генотипів.

**Задача 20.** У популяції лисиць за кольором хутра зустрічаються червоні, чорно-бурі й сиводушки. В одній популяції, що складається з 176 особин, виявлено 86,4% червоних особин. Визначте відсоток чорно-бурих лисиць і сиводушок.



**Задача 21.** У популяції зайців на 1000 сірих зустрічається 10 білих особин. Визначте частоту алелів  $A$  (сіре забарвлення) і  $a$  (біле забарвлення), а також кількість гомозиготних і гетерозиготних особин.

**Задача 22.** Популяція складається з 60% особин з генотипом  $MM$  і 40% - з генотипом  $mm$ . Визначте в долях одиниці частоти генотипів  $MM$ ,  $Mm$  і  $mm$ .

### Питання для самоконтролю:

1. Назвіть ведучі фактори еволюції тварин.
2. Дайте визначення поняття “популяція”.
3. Яка популяція називається панміктичною? При яких умовах вона формується?
4. Які популяції називаються природними і штучними?
5. Чим відрізняється панміктична (ідеальна) популяція від популяцій сільськогосподарських тварин?
6. Дайте визначення поняття “чиста лінія”.
7. Наведіть приклади використання чистих ліній в селекції рослин.
8. Чому неможна вивести чистих ліній у тварин?
9. Яка ефективність добору в популяціях і чистих лініях?
10. Хто почав вивчати ефективність добору в популяціях і чистих лініях?
11. Наведіть формулу Харді-Вайнберга, яка характеризує співвідношення генотипів у популяціях, де встановилась генетична рівновага.
12. Яке практичне значення формули Харді-Вайнберга?
13. В чому полягає сутність закону Харді-Вайнберга? До яких популяцій його застосовують?
14. Що називається генофондом популяції?
15. Як визначається співвідношення генотипів в популяції?
16. Як визначається частота домінантного і рецесивного алелів гена в популяції?
17. Яке схрещування називається стабілізуючим?
18. Яка ефективність добору домінантних і рецесивних ознак?
19. Які фактори впливають на генетичну структуру популяції?

20. Що називається генетичним гомеостазом?
21. Який добір називається рушійним?
22. Який добір називається стабілізуючим?
23. Який добір називається дизруптивним?
24. Як впливає на генетичну структуру популяції інбридинг?
25. Як впливає на генетичну структуру популяції схрещування?
26. Як впливає на генетичну структуру популяції мутаційний процес?
27. Назвіть прізвища вчених, які вивчали генетичну структуру популяції.
28. З якою метою використовують у тваринництві популяційну генетику?

## Література

1. Абрамова З.В., Карпинский О.А. Практикум по генетике. – Л.: Колос, 1979.
2. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика. Т. 1-3. – М.: Мир, 1987.
3. Визнер Э., Виллер З. Ветеринарная патогенетика. – М.: Колос, 1979. – 424 с.
4. Гершензон С.М. Основы современной генетики. – К.: Наукова думка, 1983.
5. Гофман-Кадошников П.В, Ларцева С.Х. Руководство по практическим занятиям по генетике. – М.: Колос, 1975.
6. Гуляев Г.В. Задачник по генетике. – М.: Колос, 1980.
7. Жебровский Л.С., Митютько В.Е. Использование полиморфных белковых систем в селекции. – Л.: Колос, 1979.
8. Жигачев А.И. Уродства и врожденные аномалии сельскохозяйственных животных. – М., 1989.
9. Эрнст Л.К., Жигачев А.И. Профилактика генетических аномалий крупного рогатого скота. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 240 с.
- 10.Иванова О.А. Генетика. – М.: Колос, 1974.
- 11.Коновалов В.С, Коваленко В.П., Недвига М.М. і ін. Генетика сільськогосподарських тварин. – К.: Урожай, 1996.
- 12.Лесли Дж.Ф. Генетические основы селекции сельскохозяйственных животных. – М.: Высшая школа, 1985. –390 с.
- 13.Лисицын А.П. Методическое руководство к практическим занятиям по курсу “Генетика”. – М., 1976.

14. Литвиненко О.І., Артаментова Л.О. Генетика. Збірник задач. – К.: Вища школа, 1987.
15. Лобашов М.Е. Генетика. – Л.: издательство Ленинградского с-х института, 1967.
16. Марченко Г.Г., Ефименко Л.П. Учебно-методическое пособие к лабораторным занятиям по ветеринарной генетике с основами вариационной статистики. – Саратов, СЗВИ, 1984.
17. Мацевский Я., Земба Ю. Генетика и методы разведения животных. – М.: Высшая школа, 1968. – 448 с.
18. Меркурьева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н. Генетика с основами биометрии. – М.: Колос, 1983.
19. Меркурьева Е.К., Абрамова З.В., Бакай А.В. Генетика. – М.: Агропромиздат, 1991.
20. Муксинов М.К. Задачник по генетике и методы генетического анализа. – Фрунзе, 1984.
21. Павлів Б.А. Біометрія. Методична розробка для самостійної роботи студентам зооінженерного і ветеринарного факультетів. – Львів, 1988. – 51 с.
22. Павлів Б.А. Задачі з генетики. Методична розробка для студентів зооінженерного і ветеринарного факультетів. – Львів, 1989. – 50 с.
23. Патров В.С., Недвига М.М., Павлів Б.А., Халак В.І. Основи варіаційної статистики. Біометрія. – Дніпропетровськ: Січ, 2000. – 192 с.
24. Петухов В.А., Жигачев А.И., Назарова Г.А. Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики. – М.: Агропромиздат, 1985.
25. Петухов В.А., Эрнст Л.К., И.И. Гудилин и др. Генетические основы селекции животных. – М.: Агропромиздат, 1989. – 326 с.

- 26.Проценко М.Ю. Генетика. – К.: Вища школа, 1994.
- 27.Проценко М.Ю., Недвига М.М., Халак В.І., Недвига О.М., Павлів Б.А. Практикум з генетики тварин з основами ветеринарної генетики. – Дніпропетровськ, “ІМА-прес”, 2002.
- 28.Саляк Н.О., Панкевич М.С. Навчальний посібник з медичної генетики. – К.: Медицина, 2008.
- 29.Стрельчук С.І., Демідов С.В., Бердишев Г.Д., Голда Д.М. Генетика з основами селекції. – Київ: Фітосоціоцентр, 2000. – 291 с.
- 30.Тоцький В.М. Генетика. – Одеса: Астропринт, 2001. – 693 с.
- 31.Федорченко О.М., Белоконь Н.С. Задания по генетике для самостоятельной работы студентов. – Харьков, 1990.
- 32.Хатт Ф. Генетика животных. – М.: Мир, 1969.
- 33.Щербатий З.Є., Кос В.Ф. Методичні розробки лабораторних занять з дисципліни “Генетика у ветеринарній медицині”. – Львів, 2007. – 110 с.
- 34.Щербатий З.Є., Кос В.Ф., Павлів Б.А. Практикум з ветеринарної генетики. – Львів, 2008. – 229 с.

## ДОДАТКИ

### *Додаток 1*

**Значення критерію достовірності за Стьюдентом при трьох порогів достовірності (P) і різному числі ступенів вільності (v)**

Число ступенів вільності	Рівень достовірності (P)			Число ступенів вільності	Рівень достовірності (P)		
	0,95	0,99	0,999		0,95	0,99	0,999
	Значення t				Значення t		
1.	12,71	63,66	637,00	18.	2,10	2,88	3,92
2.	4,30	9,92	31,60	19.	2,09	2,86	3,88
3.	3,18	5,84	12,94	20.	2,09	2,85	3,85
4.	2,78	4,60	8,61	21.	2,08	2,83	3,82
5.	2,57	4,03	6,86	22.	2,07	2,82	3,79
6.	2,45	3,71	5,96	23.	2,07	2,81	3,77
7.	2,37	3,50	5,41	24.	2,06	2,80	3,75
8.	2,31	3,36	5,04	25.	2,06	2,79	3,75
9.	2,26	3,25	4,78	26.	2,06	2,78	3,71
10.	2,23	3,17	4,59	27.	2,05	2,77	3,69
11.	2,20	3,11	4,44	28.	2,05	2,76	3,67
12.	2,18	3,06	4,32	29.	2,05	2,76	3,66
13.	2,16	3,01	4,22	30.	2,04	2,75	3,65
14.	2,15	2,98	4,14	35-39.	2,03	2,72	3,59
15.	2,13	2,95	4,07	40-44.	2,02	2,70	3,55
16.	2,12	2,92	4,02	45-60.	2,01	2,66	3,50
17.	2,11	2,90	4,02	70-100.	1,98	2,63	3,39
				120.	1>1,96	2,58	3,29

Повний словник генетичного коду для амінокислот

Перша літера	Друга літера				Третя літера
	У	Ц	А	Г	
У	УУУ } Феніл- УУЦ } аланін УУА } Лейцин УУГ <sup>1</sup> }	УЦУ } УЦЦ } Серин УЦА } УЦГ }	УАУ } Тиро- УАЦ } зин УАА } Кінець УАГ } синтезу	УГУ } Цис- УГЦ } тин УГА } Кінець УГГ } синтезу Триптофан	У Ц А Г
Ц	ЦУУ } ЦУЦ } Лейцин ЦУА } ЦУГ }	ЦУУ } ЦЦЦ } Пролін ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ } Гісти- ЦАЦ } дин ЦАА } Глута- ЦАГ } мін	ЦГУ } ЦГЦ } Аргінін ЦГА } ЦГГ }	У Ц А Г
А	АУУ } Ізолей- АУЦ } цин АУА } АУГ <sup>1</sup> } Метіонін	АЦУ } АЦЦ } Треонін АЦА } АЦГ }	ААУ } Аспа- ААЦ } рагін ААА } Лізин ААГ }	АГУ } Серин АГЦ } АГА } Аргінін АГГ }	У Ц А Г
Г	АУУ } АУЦ } Валін АУА } АУГ <sup>1</sup> }	ГЦУ } ГЦЦ } Аланін ГЦА } ГЦГ }	ГАУ } Аспара- ГЦА } гінова кислота ГАА } Глута- ГАГ } мінова кислота	ГГУ } ГГЦ } Гліцин ГГА } ГГГ }	У Ц А Г

**Успадкування альтернативних ознак.  
Успадкування ознак в людини.**

*Домінантна ознака*

*Рецесивна ознака*

**Шкіра, волосся, зуби**

Плямиста шкіра	Нормальна шкіра
Смуглява шкіра	Біла шкіра
Груба шкіра	Тонка шкіра
Веснянки	Відсутність веснянок
Темне волосся	Світле волосся
Не руде волосся	Руде волосся
Посивіння у віці 25 років	Посивіння після 40 років
Кучеряве волосся	Пряме волосся
Раннє облісіння (у чоловіків)	Нормальний строк облісіння
Ріст волосся по середній лінії лоба	Відсутність росту волосся
Значна волохатість тіла	Незначна волохатість
Виступаючі зуби і щелепа	Невиступаючі зуби і щелепа
Щілина між різцями	Відсутня щілина

**Очі**

Карі очі	Голубі або сірі очі
Світло-карі або зелені очі	Голубі або сірі очі
Великі очі	Малі очі
Блиькозорість	Нормальний зір
Далекозорість	Нормальний зір
Розріз очей прямий	Розріз очей косий
Вроджене зміщення кришталика	Нормальне око

**Риси обличчя**

Товсті губи	Тонкі губи
Довгі вії	Короткі вії
Кругле обличчя	Продовгувате обличчя
Ямки на щоках	Відсутність ямок
Ніс випуклий з горбиком	Прямий
Ніс гострий виступаючий вперед	Широкий
Вушні мочки свобідні	Вушні мочки прирощені



## Кістяк і м'язи

Крихкість кістяка	Нормальний кістяк
Зрощеність пальців	Нормальні пальці
Полідактилія (більше п'яти пальців)	Нормальне число пальців
Товстий і короткий великий палець	Нормальна будова пальця
Короткопалість (брахідактилія)	Нормальна будова пальця
Нормальні м'язи	М'язева дистрофія
Заяча губа, "вовча паща"	Нормальний стан
Володіння правою рукою	Володіння лівою рукою
Схильність до ожиріння	Відсутність схильності

## Інші ознаки

Групи крові А, В, АВ	Група крові О
Наявність резус-фактора	Відсутність резус-фактора
Нормальне згортання крові	Гемофілія
Гіпертонія	Нормальний кров'яний тиск
Нормальний стан крові	Серповидна клітинна анемія
Здатність звертати язик жолобком	Нездатність звертати язик жолобком
Нормальний стан	Діабет цукровий
Нормальний стан	Шизофренія
Нормальний стан	Фенілкетонурія
Здатність розрізняти запах фенілтіосечовини	Нездатність розрізняти запах фенілтіосечовини
Мігрень (біль голови)	Нормальний стан
Голос "бас" у мужчин	Голос "тенор" у мужчин
Голос "сопрано" у жінок	Голос "альт" у жінок

**Успадкування ознак у сільськогосподарських тварин.  
Повне домінування.**

*Домінантна ознака*

*Рецесивна ознака*

**Велика рогата худоба**

Безрогість	Рогатість
Чорна масть	Червона масть
Білоголовість	Суцільне забарвлення
Ряба масть	Суцільне забарвлення
Темне носове дзеркало	Світле носове дзеркало
Складки на вухах	Гладкі вуха
Сім'яники, яєчники в нормі	Недорозвиненість (гіпоплазія)
Вкорочення кінцівок	Нормальні кінцівки
Шкіра тварин вкрита шерстю	Безшерстність
Кучерявий волос	Гладкий волос
Нормальна верхня щелепа	Вкорочена верхня щелепа
Нормальна нижня щелепа	Вкорочена нижня щелепа

**Свині**

Біла масть	Чорна масть
Чорна масть	Червона масть
Стоячі вуха	Висячі вуха
Коротке вухо	Довге вухо
Прямий профіль голови	Кирпатість
Коралі на шиї	Відсутність коралів
Нормальний розвиток нижньої щелепи	Вкорочення нижньої щелепи
Багатопалість (полідактилія)	Нормальне число пальців
Нормальне згортання крові	Гемофілія
Нормальна голова	“Вовча паща”
Нормальні кінцівки	Клишоногість
Зрислопалість ніг	Нормальні ноги

**Коні**

Руда масть	Альбінізм
Ворона масть	Руда масть
Сіра масть	Не сіра
Нормальна спина	М'яка спина
Звислий круп	Нормальний круп
Нормальна шия	Крива шия
Інохідь	Інші алюри
Рись	Інші алюри

## Вівці

Біла масть мериносів  
Сіра масть каракульських овець  
Рогатість (окремі породи)  
Сережки на шиї  
Нормальні кінцівки  
Нормальний розвиток сім'яників  
Додаткові дійки  
Звитість вовни мериносів

Чорна масть північних короткохвостих  
Чорна масть каракульських овець  
Безрогість  
Відсутність сережок  
Коротконогість  
Крипторхізм  
Відсутність додаткових дійок  
Незвита вовна

## Кролі

Темний колір очей  
Сіре забарвлення шерсті  
Чорне забарвлення шерсті  
Нормальна шерсть  
Нормальна шерсть  
Мохнатий волос

Червоний колір очей  
Чорне забарвлення шерсті  
Біле забарвлення шерсті  
Ангорська шерсть  
Коротка шерсть  
Гладкий волос

## Кури

Трояндоподібний гребінь  
Гороховидний гребінь  
Біле забарвлення шкіри  
Коричневий колір яйця  
Біле оперення леггорна  
Чорне оперення австралорпа,  
віандотів, мінорки  
Нормальне оперення  
Оперення ніг

Листовидний гребінь  
Листовидний гребінь  
Жовте забарвлення шкіри  
Білий колір яйця  
Небіле оперення інших порід  
Червоне оперення род-айлендів,  
нюгемпширів  
Неопереність  
Неопереність, голі ноги

## Лисиця

Платинове забарвлення  
Чорне забарвлення

Сріблясто-чорне забарвлення  
Біле забарвлення

## Норка

Коричневе забарвлення  
Коричневе забарвлення

Платинове, сіро-голубе забарвлення  
Біле забарвлення

## Дрозофіла (плодова мушка)

Червоне забарвлення очей  
Сіре забарвлення тіла  
Сіре забарвлення тіла  
Нормальні крила  
Прямі крила  
Вирізані крила  
Нормальні крила  
Наявність щетинок

Кіноварне (вишневе) забарвлення очей  
Темне забарвлення тіла  
Чорне забарвлення тіла  
Зачаткові крила  
Зігнуті крила  
Суцільні крила  
Вузькі, широкі крила  
Відсутність щетинок

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

*Ознаки гомозиготних особин*

*Ознаки гетерозиготних особин*

*домінантна*

*рецесивна*

*проміжна*

**Велика рогата худоба**

Червона масть  
шортгорців

Біла масть шортгорнів

Чала масть

**Вівці**

Довгі вуха  
Довгохвостість

Безвухість  
Безхвостість

Коротковухість  
Короткохвостість

**Ознаки, які успадковуються зчеплено зі статтю  
(проявляються під дією генів, що знаходяться в  
Х-хромосомах)**

*Домінантна ознака*

*Рецесивна ознака*

**Людина**

Нормальне згортання крові

Гемофілія

Нормальний зір

Дальтонізм

Нормальний розвиток потових залоз

Відсутність потових залоз

**Дрозофіла**

Червоний колір очей

Білий колір очей

Сіре забарвлення

Жовте забарвлення

**Тутовий шовкопряд**

Біле забарвлення яєць

Чорне забарвлення яєць

**Кури**

Смугасте забарвлення пір'я

Суцільне забарвлення пір'я

**Свині**

Нормальні передні кінцівки чеських  
білих свиней

Вивернутість передніх кінцівок

## Успадкування груп крові у людей

Групи крові батьків	Можливі групи крові дітей	Неможливі групи крові дітей при цьому шлюбі
O x O	O	A, B, AB
O x A	O, A	B, AB
A x A	O, A	B, AB
B x B	O, B	A, AB
A x B	O, A, B, AB	-
O x AB	A, B	O, AB
O x B	O, B	A, AB
A x AB	A, B, AB	O
B x AB	A, B, AB	O
AB x AB	A, B, AB	O

## Генетичні системи груп крові сільськогосподарських тварин

Вид тварин	Системи груп крові	Антигени еритроцитів
Велика рогата худоба	12	100
Свині	16	83
Вівці	8	38
Коні	8	23
Кролі	5	12
Кури	14	23

## Фенотиповий прояв аномалій у окремих видів тварин і птиці

Назва аномалії	Фенотиповий прояв
<i>Велика рогата худоба</i>	
1	2
Бульдогоподібна карликовість (ахондроплазія)	Бульдогоподібні телята мають мопсоподібну голову, вкорочені кінцівки
Бараняча голова (пробатоцелафія)	Аномалія проявляється в результаті утворення дугоподібного профілю носовою кісткою, укороченням нижньої щелепи. Голова теляти схожа на з головою барана
Багатопалість (полідактилія)	У тварин збільшується кількість пальців (фаланг) до 3-4 на одній, або на всіх кінцівках. Народжуються телята з 5 і більше кінцівками
Сліпота у телят	У телят відсутня реакція на яскравий колір і чутлива реакція на сторонні звуки. В порожнині очей є жовта плівка, що закриває задню поверхню кришталика
Міжратичні потовщення	Дефект проявляється у вигляді поліпів у передній частині ратичної щілини на передніх, задніх, або на всіх кінцівках. Поверхня їх шороховата, вкрита лускатим рогом
Двохстороння непрохідність носа	У телят є зарощення ніздрів і тому вони гинуть після народження
Дисплазія і гіперплазія суглобів	У телят виникає дисплазія ліктьових і кульшових суглобів, гіперплазія колінних суглобів, в результаті чого вони не можуть вставати
Ампутація кінцівок (акротеріаз)	Кінцівки новонароджених телят закінчуються обрубками в зап'ястних та плечових суглобах
Укорочення верхньої щелепи (мікроцефалія)	Укорочення носової кістки, спрямоване вгору носове дзеркало, випукла форма нижньої щелепи
Водянка головного мозку (гідроцефалія)	Збільшення кількості і ненормальний розподіл спинномозкової рідини. Відхилення від норми будови черепа, що супроводжується накопиченням спинномозкової рідини до 3-5 літрів у головному мозку
Нерухомість передніх кінцівок (артрогрипоз)	Кінцівки викривлені в середину або на зовні. Повне або часткове порушення згинально-розгинальної функції суглобів. Телята не можуть стояти на кінцівках



1	2
Гіпоплазія гонад	Аномалія відтворювальної системи самців і самок, розповсюджується на генеративну тканину і внаслідок цього сім'яники та яєчники не продукують статевих клітин
Муміфікація плоду	Зморщення плоду і плідних оболонок. Муміфікований плід відмирає за останню третину тільності. Отелення проходить з великими труднощами
Укорочення нижньої щелепи (брахігнатія)	Укорочення нижньої щелепи зареєстровано у тварин чорно-рябої худоби
Подовженість строків тільності у корів	Тривалість тільності збільшується на 40-50 днів
Пупкові грижі	Поширені серед тварин голштинської породи
Спастичний парез	Тваринам важко вставати, помітна храмота однієї або двох задніх ніг
Паракератоз	В результаті порушення обміну цинку в телят у віці 4-6 тижнів на шкірі утворюється луска і струпи
Політеля	У корів на вимені розміщено 6 маленьких тонких дійок
Безхвостість	Аномалія хвостового відділу хребта. Повна відсутність хвоста
Параліч задніх кінцівок	Зустрічається у тварин червоної датської і червоно-рябої шведської порід. Аномалія летальна
Безшерстність (гіпотрехія)	Аномалія найчастіше зустрічається серед тварин німецького відріддя чорно-рябої худоби. Телята не життєздатні
Викривлення і дефекти передніх кінцівок, нерухомість в зап'ястних суглобах	У бичків спостерігається викривлення у зап'ястних суглобах кінцівок
Гіпоплазія емалі, зубів і шкіри	У самок в ембріональний період є недорозвиток тканин і органів, зменшення їх об'єму, витончення емалі. У самців аномалія летальна
Однокопитність (синдактилія)	У телят відбувається повне, або часткове зрощення копитаць. Внаслідок зменшення площі опори виникає біль під час руху та нерухомість
<i>Свині</i>	
Жовтуха новонароджених поросят	Несумісність еритроцитів материнського організму і новонароджених. Поросята гинуть на 3 добу після народження
Відсутність кінцівок (амелія, паратеріаз)	Повна відсутність усіх 4 кінцівок

1	2
Кратерність сосків	Верхівки ввігнуті, що ускладнює виділення молока
Пупкова грижа	Проявленням цієї аномалії є незрощення м'язів пупкового кільця, внаслідок чого залишається грижовий вихід, через який можуть випадати внутрішні органи
Порфірія	Червоно-коричневе забарвлення зубів і кісток внаслідок патологічних концентрацій порфірину
Вроджена вивернутість передніх кінцівок	Кінцівки висунуті вперед, або розставлені в сторону під кутом 45-90° по відношенню до тіла. Поросята не здатні стояти або рухатися
Відсутність анального отвору (атрезія)	Захворювання анального отвору. Кнурці гинуть через 2-3 дні після народження, свинки інколи виживають
Параліч задніх кінцівок	Поросята з цією аномалією гинуть через кілька днів після народження
Товстоногість	Надмірне потовщення шкіри і підшкірної клітковини. Хронічний набряк насамперед передніх кінцівок
Мозкова грижа (гідроцефалія)	Поросята з водяною головною мозку народжуються мертвими, або гинуть після народження
Недорозвиток вушних раковин, відсутність вух, глухота	Часто аномалія проявляється в поєднанні з розчепленням піднебіння. Поросята народжуються мертвими, або гинуть невдовзі після народження
Деформація рила (латерофлексія)	Верхня щелепа не співпадає з нижньою. Мають місце гнійні виділення з носа, свині пчихають, поросята відстають в рості
Розщеплення піднебіння (вовча паца)	Поросята народжуються живими, але не можуть смоктати молока
Гідроцефалія (водянка голови)	Збільшується кількість і відбувається нерівномірний розподіл спинномозкової рідини
Мозкова грижа	У верхній частині мозку утворюються щілини, які наповнюються спинномозковою рідиною
Укорочення нижньої щелепи	Аномалія проявляється в поєднанні з аномаліями задніх кінцівок
<i>Вівці</i>	
Летальне сіре забарвлення	Гомозиготні за геном сірого забарвлення каракульські ягнята гинуть в утробі матері, або через декілька тижнів після народження внаслідок захворювання тимпанією
Крипторхизм	При цій аномалії не відбувається опущення сім'яників через паховий канал у мошонку, що приводить до непліддя самців

1	2
Коротконогість	У овець цигайської породи народжуються ягнята з укороченими ногами
Контрактура м'язів	Спостерігається у ягнят при народженні і виявляється у значній зігнутості кінцівок і нерухомості їх в суглобах
Світлочутливість, червоно-коричневе забарвлення кісток і зубів	Причиною прояву аномалії є висока концентрація в організмі порфірину
Недорозвинутість раковини вуха, відсутність вуха	Ягнята народжуються живими
<i>Птиця</i>	
Коротконогість курей	У гетерозигот спостерігається укорочення кінцівок, а гомозиготи гинуть на шосту добу інкубації
Перехрещений дзьоб	Аномалія характеризується відхиленням верхньої і нижньої частини дзьоба вправо або вліво
Нездатність до вилуплення	У результаті укорочення дзьоба ембріони курей не можуть пробити шкарлупу і гинуть в останній тиждень інкубації
Безхвостість	У курей породи леггорн зустрічається природжена безхвостість
Безперість в курей та індиків	Пір'я не може пробитися з фолікул. Аномалія не має повної летальної дії. Половина безперих курочок та індичок виживає
Голість	Затримка розвитку оперення і майже повна відсутність пуху. Біля 60% курочок гинуть протягом перших 14 днів життя

**Генетичні аномалії, які зустрічаються в аналогічні форми в різних  
видів тварин і птиці  
(за Хаттом, 1969; Мейєром, 1973)**

<b>Аномалії систем органів</b>	<b>Коні</b>	<b>Велика рогата худоба</b>	<b>Свині</b>	<b>Вівці</b>	<b>Кури</b>
<i>Шкіра:</i>					
дефекти епітелію	р	р	р		
відсутність шерсті або пір'я		р	д		р
іхтіоз		р	р		
<i>Скелет:</i>					
карликовість		р	х		р
бульдогоподібність		д	х		
укорочення хребта		р	р		
укорочення кінцівок	р	р	р	х	р
укорочення щелепи	р	др	р	х	р
розщеплення піднебіння		р	р	х	
заяча губа		р	р		
<i>Нервова система:</i>					
атаксія	р	х	р		р
параліч задніх кінцівок		р	р	р	
контрактура м'язів		р	р	р	
водянка голови		р	р		
мозкова грижа		р	р		
<i>Внутрішні органи</i>					
крипторхізм	р		р	р	
порфірія		р	р		

Позначення:

д – домінантний тип успадкування

р – рецесивний тип успадкування

х – тип успадкування нез'ясований

## Аномалії, зчеплені зі статевими хромосомами

Вид тварин	Назва аномалії	Фенотиповий прояв
1	2	3
Велика рогата худоба	Антимаску-лярний летальний фактор $A_{21}$ (знижена частота отелень бичками)	У деяких родинах ангельської породи встановлений значно більший міжотельний період, ніж в інших, і дуже виражене зсунення співвідношення в жіночу сторону. Знижена частота отелень бичками є причиною спадкового летального гена, зв'язаного зі статтю і діючого рецесивно. Чоловічі ембріони відмирають.
Велика рогата худоба	Вроджена деформація передніх кінцівок у бичків в поєднанні з анкілозом кісток у суглобах	У бичків чорно-рябої і сичовської порід від інбредних батьків виявлено викривлення в зап'ястових суглобах кінцівок. Ступінь прояву аномалії варіював від слабкої, яка з віком ставала менш помітною, до сильної. Рухомість кінцівок обмежена. У перші дні після народження аномальні телята не можуть вставати. Далі вони піднімаються, але пересуваються важко. Передача ознаки йде через матерів.
Велика рогата худоба	Анадонтія $A_{33}$ – відсутність зубів у поєднанні з гіпотрихією (безволосістю)	У телят, які народились від схрещування корів фризької породи з бугаями голштинської і герефордської порід, зовсім не буває зубів і відсутній волосяний покрив. Недорозвинення волосяного покриву може проявлятися в алопеції, тобто, в поступовому облісінні. У теличок-напівсестер аномалії не проявлялись. Матері бичків мали одну бабку. Аномалія спостерігається тільки в бичків.
Велика рогата худоба	Зональна (смуриста) безшерстність $A_{28}$	Волосяний покрив на тулубі в корів голштинської породи, у вигляді смуг, які розповсюджуються вертикально до спини. Співвідношення нормальних до аномальних тварин, які народились від гетерозиготних матерів, становить 1 : 1. Співвідношення статей у приплоді аномальних корів – 2 : 1. Носіями дефекту є тільки жіночі особини.

1	2	3
Свині	Вроджена вивернутість кінцівок	Нездатність стояти або рухатись після народження. Внаслідок м'язової слабкості кінцівки висунуті вперед або розставлені в сторони під кутом 45-90° по відношенню до тіла. Серед кнурців у 2 рази більше випадків аномалій, ніж у свинок. На 14-18 день проявлення дефекту знижується і поросята можуть вставати на ноги.
Кури	Голість	Аномалія проявляється у різному-нітному затриманні розвитку оперення – від майже повної відсутності до нормального розвитку пір'я. Гола спина в жіночих особин-гібридів – род – айленд смугастий плімутрок. Відсутність оперення в голих курей обумовлена рецесивним летальним фактором, зчепленим зі статтю. Майже половина неоперених курочок гине в останні 2-3 дні інкубації, а з вилуплених курчат – ще половина в перші 6 тижнів життя.
Кури	Безперість	Пір'я не може пробитися з фолікулів. Половина безперих курочок вилуплюється, але тільки половина з них виживає. Дефект зачіпає не тільки оперення, але шпори та пальцеві м'якуші.
Кури	Сонливість	В'ялість і сонливість, задишка та судороги проявляються виключно в курочок.
Кури	Летальне чорне забарвлення	Уражаються гібридні курочки плімутрок х червоний род-айленд. Чорні курчата не мають пуху в ділянці крижів.
Кури	Параксизм	Кінцівки і пальці витягнуті, голова вивернута назад, летальна дія.

1	2	3
Коні, велика рогата худоба	Гемофілія (тип А)	Незгортання крові, яке пов'язане з відсутністю фактора VIII згортання крові, що бере участь в утворенні плазматичного тромбопластика в особин чоловічої статі.
Коні, велика рогата худоба	Гіпоплазія емалі зубів і шкіри	Недорозвинення тканин і органів в ембріональному період у самок, яке супроводжується зменшенням їх об'єму в порівнянні з нормою і витонченням емалі. У самців летальна дія.
Коні, велика рогата худоба	Гіперкетароз	Підвищений ступінь ороговіння шкірного епідермісу, характеризується потовщенням та стягненням шкіри в самок. Захворювання пов'язане з порушенням обміну фосфору та ліпідів.
Коні, велика рогата худоба	Рахіт, резистентний до вітаміну Д (фосфат-діабет)	Клінічна картина подібна до рахіту. Характерне викривлення довгих трубчастих кісток, відмічена низька концентрація неорганічного фосфору в крові. Хворіють самки. В анамнезі можуть бути спонтанні аборти та мертворождені самці.
Коні, велика рогата худоба	Атрофія м'язів кінцівок (міопатія)	Прогресивна атрофія м'язів. У теличок гнучкі, податливі кінцівки
Людина	Гіпертрихоз	Успадковується як зчеплена із Y- хромосоною ознака. Проявляється у виростанні волосся на краю вушної раковини в чоловіків.
Людина	Дальтонізм (ахроматонія)	Часткова кольорова сліпота в чоловіків на червоний колір – протанопія, на зелений колір – дейтеранопія.

**Тип успадкування генетичних аномалій  
у тварин і птиці та індекс летального гена.**

**Генетично зумовлені аномалії у великої рогатої худоби**

<i>Назва аномалії</i>	<i>Індекс летального гена</i>
<i>Аутосомно-домінантний тип успадкування</i>	
1. Бульдогоподібна карликовість (ахондроплазія)	A <sub>1</sub>
2. Бараняча голова (пробатоцефалія)	A <sub>40</sub>
3. Сліпота у телят	
4. Укорочена верхньої щелепи (мікроцефалія)	
5. Пупкова грижа	
6. Вовча паща, заяча паща	
7. Полідактилія (багатоплідність)	
<i>Аутосомно-рецесивний тип успадкування</i>	
1. Безшерстість (гіпотріхія)	A <sub>4</sub>
2. Параліч задніх кінцівок	A <sub>7</sub>
3. Укорочення нижньої щелепи (брахігнатія)	A <sub>19</sub>
4. Нерухомість грудних кінцівок, м'язова контрактура (артрогрипоз)	A <sub>17</sub>
5. Водянка головного мозку (гідроцефалія)	A <sub>24</sub>
6. Ампутація (акротеріаз)	A <sub>5</sub>
7. Порфірія (підвищена світлочутливість)	A <sub>30</sub>
8. Паракератоз	A <sub>46</sub>
9. Однокопитність (синдактилія)	
10. Муміфікація плоду	A <sub>6</sub>
11. Коротконогість	
12. Безхвостість, аномалія прямої кишки	
13. Міжратичні потовщення	
14. Подовженість строків тільності корів	A <sub>26</sub>
15. Гіпоплазія гонад	
16. Двохстороння непрохідність носа	A <sub>22</sub>
17. Дисплазія і гіперплазія суглобів	
18. Ампутація кінцівок	
19. Політелія у корів	
20. Спастичний парез	
21. Альбінізм	
22. Зменшення розмірів очного яблука	
23. Нерухомість (анкілоз)	
24. Відсутність задніх кінцівок	
25. Відсутність очних яблук	
26. Редукція число хребців	
27. Епілепсія	



*Успадкування, зчеплене зі статевою хромосомою*

1. Викривлення і дефекти передніх кінцівок, нерухомість в зап'ястних суглобах
2. Гіпоплазія емалі зубів і шкіри

**Генетично зумовлені аномалії у свиней**

<i>Назва аномалії</i>	<i>Індекс летального гена</i>
<i>Аутосомно-домінантний тип успадкування</i>	
1. Розщеплення піднебіння (вовча паша)	C <sub>4</sub>
2. Жовтуха новонароджених поросят	C <sub>14</sub>
<i>Аутосомно-рецесивний тип успадкування</i>	
1. Мозкова грижа	C <sub>1</sub>
2. Деформація риля (латерофлексія)	
3. Параліч задніх кінцівок	C <sub>2</sub>
4. Відсутність анального отвору (атрезія)	C <sub>3</sub>
5. Відсутність кінцівок (акротеріаз)	C <sub>9</sub>
6. Водянка голови	C <sub>8</sub>
7. Порфірія	C <sub>11</sub>
8. Пупкова грижа	C <sub>13</sub>
9. Грубоногість	C <sub>18</sub>
10. Вкорочення верхньої щелепи	
11. Вкорочення нижньої щелепи	
12. Атаксія	C <sub>7</sub>
13. Недорозвиток, відсутність вух, глухота	
14. Відсутність нижньої щелепи	
15. Крипторхізм (неопущення сім'яників у мошонку)	
16. Кратерність сосків	
17. Гіперкератоз	
18. Епілепсія і судороги	
19. Альбінізм	

*Успадкування, зчеплене з X-статевою хромосомою*

1. Гемофілія C<sub>15</sub>
2. Вивернутість передніх кінцівок

**Генетично зумовлені аномалії у овець**

<i>Назва аномалії</i>	<i>Індекс летального гена</i>
<i>Автосомно-домінантний тип успадкування</i>	
1. Смертність сірих ягнят	D <sub>6</sub>
2. Недорозвиток, відсутність вух, глухота	D <sub>2</sub>
3. Ватність, відсутність ості	
<i>Автосомно-рецесивний тип успадкування</i>	
1. Світлочутливість, червоно-коричневе забарвлення	D <sub>8</sub>
2. Відсутність анального отвору (атрезія)	D <sub>13</sub>

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 3. Коротконогість                                       |                 |
| 4. Крипторхізм (неопущення сім'яників у мошонку)        |                 |
| 5. Укорочення щелеп                                     |                 |
| 6. Контрактура м'язів                                   |                 |
| 7. Розщеплення піднебіння (вовча паща)                  |                 |
| 8. Відсутність нижньої щелепи, непрохідність стравоходу | Д <sub>10</sub> |
| 9. Вроджена водянка                                     | Д <sub>14</sub> |
| 10. Продовженість кітності                              |                 |
| 11. Безшерстість  |                 |
| 12. Пупкова грижа                                       |                 |
| 13. Однокопитність, злиття копитного рогу               |                 |
| 14. Параліч тазових кінцівок                            | Д <sub>3</sub>  |
| 15. Випадання шерсті                                    |                 |

### **Генетично зумовлені аномалії у птиці**

<i>Назва аномалії</i>	<i>Індекс летального гена</i>
<i>Автосомно-домінантний тип успадкування</i>	
1. Коротконогість	Е <sub>6</sub>
<i>Автосомно-рецесивний тип успадкування</i>	
1. Атаксія курчат (курчата не стоять на ногах)	Е <sub>2</sub>
2. Вкорочення дзьоба (ахондродистрофія)	Е <sub>12</sub>
3. Перехрещений дзьоб	Е <sub>14</sub>
4. Відсутність кінцівок (актротеріаз)	
5. Безхвостість	
<i>Успадкування, зчеплене з Х-статевою хромосоною</i>	
1. Голість (відсутність оперення)	Е <sub>11</sub>
2. Безкрилість, з відсутністю кінцівок	Е <sub>44</sub>

## Словник основних генетичних термінів

**Аберация** – розрив хромосоми або хроматиди і наступне з'єднання її частин у нових сполученнях.

**Аутополіплоїд** – організм, який містить більше двох гаплоїдних наборів хромосом, які він дістав від одного і того ж самого виду.

**Аdditивні гени** – взаємодіючі гени, які не проявляють домінантності (якщо алельні) або епістазу (якщо не алельні).

**Акроцентрична хромосома** – хромосома, у якій центромер знаходиться біля одного з її кінців, при якому одне з плечей хромосоми довге, а друге – коротке.

**Алелі множинні** – різні мутантні стани одного і того самого гена, який займає певний локус у хромосомі.

**Алельні гени** – гени, які займають ідентичні локуси в парі гомологічних хромосом. Кожен член цієї пари називається алелем. У гаплоїдних організмах гамети містять по одному алелю з кожної пари, у диплоїдних – по два, у триплоїдних – по три і т.д.

**Алеломорфні ознаки** – ознаки, які обумовлені дією різних алелів одного і того ж гена.

**Анеуплоїди** – організми, у яких порушений диплоїдний набір хромосом: додана або втрачена одна-дві, як правило, різні хромосоми.

**Аналізуюче схрещування** – схрещування гібрида першого покоління з рецесивною батьківською формою.

**Андрогенез** – чоловічий партеногенез; після запліднення яйцеклітини материнське ядро елімінується і виникає гаплоїдний організм з гаплоїдним набором батька. Такі гаплоїди мало життєздатні.

**Анафаза** – стадія мітозу і мейозу, протягом якої хромосоми (або хроматиди), до того з'єднані в пари, розходяться до різних полюсів.

**Антикодон** – триплет нуклеотидів на одній з кінцевих ділянок транспортної РНК, комплементарний певному кодону і-РНК.

**Аутосома** – не статевая хромосома.

**Бластомери** – великі клітини на ранніх стадіях поділу зиготи.

**Бластула** – ембріон тварин на початковій стадії свого розвитку. Являє собою порожнисте тіло, яке складається з шару в кілька тисяч недиференційованих клітин, що виникають після поділу зиготи. Порожнина бластули заповнена рідиною.

**Веретено поділу** – фігура, утворена в процесі поділу ядра в мета- і анафазі мітозу і мейозу. Нитки веретена складаються з білкових тяжів, роль яких зводиться до переміщення хромосом з екватора до полюсів.

**Взаємодія генів** – розвиток ознаки під спільним впливом двох або кількох генів. Розрізняють взаємодію алельних генів (домінування, неповне домінування, кодомінування) і неалельних – комплементарність, епістаз, полімерія, модифікуюча дія.

**Гамета** – статевая клітина.

**Гаплоїд** – клітина з одинарним набором хромосом. Кожна хромосома представлена без свого гомолога, а ген – без свого алеля.

**Гастрола** – наступна після бластули стадія розвитку тварин. Гастрола складається з трьох шарів клітин: зовнішнього шару – ектодерми, внутрішнього – ентодерми і проміжного – мезодерми.

**Гемізіготність** – випадок, коли ген або вся хромосома, представлені в ядрі без своїх гомологів (алелів). В гемізіготному стані можуть знаходитися не лише статеві хромосоми, а й аутосоми у випадку втрати фрагмента в одній з хромосом (хроматид). Гени, які містяться проти втраченого фрагмента, будуть гемізіготні.

**Ген** – дискретна одиниця спадковості, ділянка молекули ДНК, що контролює синтез певного білка, формування і розвиток певної ознаки організму.

**Генеалогія** – схема, що характеризує родинні зв'язки групи особин.

**Генетика** – наука, яка вивчає явище спадковості та мінливості організму.

**Генетичний код** – система запису спадкової інформації в молекулах нуклеїнових кислот.

**Генетичний аналіз** – сукупність методів вивчення спадкових властивостей організму.

**Гени комплементарні** – неалельні гени, які, знаходячись в одному генотипі в гомо- або гетерозиготному стані, зумовлюють розвиток нової ознаки.

**Гени-модифікатори** – гени, які змінюють прояв ознаки, що контролюється іншим неалельним йому геном. Вони не мають самостійного прояву, а лише посилюють або послаблюють дію структурного гена.

**Гени полімерні** – неалельні гени однакової дії, що зумовлюють розвиток однієї ознаки. Вони контролюють багато кількісних ознак, а іноді і якісних.

**Геном** – сукупність генів у гаплоїдному наборі хромосом. У гаметах гаплоїдних організмів є один геном, а в соматичних – по два геноми.

**Генотип** – сума всіх генів організму, його спадкова конституція.

**Генофонд** – генетична різноманітність (генетична інформація) популяції або виду.

**Гетерозиготність** – генетична особливість організму, який виник від злиття гамет з різними алелями. Гетерозиготний організм продукує гамети двох сортів за даною ознакою.

**Гетерозис** – підвищення продуктивності гібридів порівняно з батьківськими формами. Гетерозис виявляється в  $F_1$ , а в наступних поколіннях різко падає.

**Гінандроморфізм** – аномальний розвиток комах, який виявляється в будові їхнього тіла – різному сполученні частин, властивих чоловічій і жіночій статям.

**Гістони** – низькомолекулярні висококонсервативні ядерні білки у еукаріот, об'єднані з ДНК у нуклеосоми; останні складають хроматин ядра.

**Голандричні гени** – гени, локалізовані в Y-хромосомі, які не мають гомологів і X-хромосомі. Передача таких генів завжди відбувається від батька до сина.

**Гомозигота** – диплоїдний організм, в гомологічних хромосомах якого знаходяться ідентичні пари алелів даного гену.

**Гомогаметна стаття** – стаття, яка має однаковий набір статевих хромосом і утворює по цих хромосомах один тип гамет.

**Гомологічні хромосоми** – хромосоми з різних геномів алополіплоїда, які мають часткову схожість і можуть вступати в неповну кон'югацію під час мейозу.

**Група зчеплення** – сукупність усіх генів, локалізованих в одній хромосомі.

**Групи крові** – класифікація еритроцитів за їх здатністю до аглютинації (злипання) при змішуванні несумісних груп.

**Делеція** – втрата (випадання) середньої ділянки хромосоми.

**Дигібрид** – гібридний організм, гетерозиготний за двома парами алелів.

**Диплотена** – стадія першого поділу профазы мейозу, наступна за пахітеною.

**Діакінез** – остання стадія профазы мейозу перед зникненням ядерної оболонки.

**ДНК** – дезоксирибонуклеїнова кислота – спадковий матеріал організму.

**Домінування** – перевага в гетерозиготі дії одного алельного гена над другим.

**Дуплікація** – структурна зміна хромосом, за якою одна з ділянок представлена двічі в одній і тій самій хромосомі.

**Екзони** – послідовності структурних генів еукаріот, які представлені в молекулі і-РНК і кодують структуру кінцевого продукту гена.

**Експресивність** – ступінь фенотипового прояву ознаки, що контролюється даним геном.

**Епісома** – плазміда, здатна інтегруватися в хромосомну ДНК бактерії, а також автономно існувати в них.

**Епістаз** – тип взаємодії генів, при якому домінантний ген однієї алельної пари пригнічує дію домінантного гену другої алельної пари.

**Еуплоїдія** – кратне гаплоїдному збільшення кількості хромосом.

**Зворотне схрещування (беккрос)** – схрещування гібрида з батьківською формою.

**Зигота** – клітина, яка утворилася від злиття двох гамет, перша клітина нового організму.

**Зиготена** – стадія першої профазы мейозу, під якої гомологічні хромосоми зближуються і починають кон'югувати.

**Імуноглобуліни** – складні білки, здатні зв'язуватися з чужорідними речовинами – антигенами.

**Інбридинг** – спаровування родинних особин між собою, у рослин – самозапилення.

**Інверсія** – зміна положення фрагмента хромосоми внаслідок двох розривів, поворот фрагмента на  $180^\circ$  і наступне з'єднання розірваних кінців.

**Інтерфаза** – стадія спокою клітини між діленнями.

**Інтерференція** – явище пригнічення наступного кросинговеру в найближчих ділянках від здійсненого. Виявляється тим сильніше, чим ближче в хромосомі відбуваються кросинговери.

**Інтрони** – послідовності нуклеотидів у генів еукаріот, що транскриптуються в про- і РНК, а потім вирізаються і елімінуються в ядрі.

**Інформаційна РНК, і-РНК** – рибонуклеїнова кислота, яка знімає генетичну інформацію з ДНК і переносить її рибосомі, де відбувається біосинтез білка.

**Каріогамія** – злиття ядер чоловічої і жіночої гамет в ядро зиготи.

**Каріотип** – сукупність особливостей хромосомного набору соматичної клітини організму типове для даного виду рослин або тварин.

**Кодомінантність** – прояв у гетерозиготного організму ознак обох алельних генів.

**Кодон** – послідовність трьох нуклеотидів, які визначають включення в поліпептидний ланцюг білка певної амінокислоти.

**Комбінативна здатність** – властивість ліній і сортів при схрещуванні між собою давати різні ступені прояву гетерозису.

**Комплементарні гени** – два або більше домінантних неалельних генів, фенотипові проявлення яких необхідне для формування однієї ознаки організму.

**Кон'югація хромосом** – з'єднання гомологічних хромосом, яка частіше має місце під час мейозу.

**Кросинговер** – обмін ділянками хромосом при їх кон'югації під час редукційного ділення мейозу.

**Лептотена** – початкова стадія в першій профазі мейозу, протягом якої хромосоми починають спіралізуватися, але ще мають вигляд окремих ниток.

**Летальний ген** – ген, наявність якого (особливо в гомозиготному стані) призводить до загибелі організму.

**Лізогенія** – присутність в хромосомі бактеріальної клітини одного або кількох бактеріофагів (профагів) але при цьому не ініціюється синтез фагового продукту, а профаги репродукуються разом з хромосомами господаря, переходячи в дочерні клітини.

**Лocus** – місце в хромосомі, де міститься ген.

**Мейоз** – поділ клітинного ядра, який передуює утворенню статевих клітин-гамет.

Процес мейозу складається з двох поділів: редукційного і екваційного.

**Мітохондрії** – органоїди цитоплазми, які забезпечують клітину енергією і мають свою систему синтезу білка, в тому числі ДНК.

**Модифікації тривалі** – зміна ознаки під впливом умов зовнішнього середовища, не пов'язана зі зміною генотипу.

**Моногібрид** – гібрид, гетерозиготний за однією парою алелів.

**Мутагени** – фактори, які викликають мутації.

**Мутація** – раптова зміна спадкового матеріалу.

**Мутон** – найменший структурний елемент гена, зміна якого може викликати мутацію в організмі.

**Нуклеоїд** – еквівалент ядра у бактерії.

**Оперон** – блок генів, що складають разом функціональну одиницю, яка забезпечує послідовність етапів синтезу певної речовини.

**Партеногенез** – розвиток зародка з незаплідненої клітини.

**Пахітена** – третя стадія першої профазі мейозу, протягом якої хромосоми ще більш вкорочуються і кожна з них розділяється на дві хроматиди, які з'єднані центромерами.

**Пенетрантність** – частота фенотипового прояву гена в популяції. Пенетрантність виражається у відсотках і може бути повною, якщо ген



виявляється у всіх особин популяції, і неповною, якщо не всі особини, які несуть даний ген, мають його фенотиповий вияв.

**Плазмід** – спадковий матеріал, що знаходиться в цитоплазмі.

**Плейотронія** – вплив одного гена на проявлення декількох ознак.

**Полімерія** - тип взаємодії генів, при якому на розвиток ознаки впливає декілька генів.

**Поліплоїдія** – кратне гаплоїдному збільшення кількості хромосом у клітині або організмі.

**Популяція** – група особин одного виду, яка заселяє відповідну територію і розмножується ізольовано від інших груп.

**Редуція** – зменшення вдвічі кількості хромосом у першому поділі мейозу.

**Рекон** – одиниця рекомбінації, найменший структурний елемент гена (цистрона), який в процесі кросинговеру поводить себе як неподільне ціле. В молекулі ДНК реконом є нуклеотид.

**Репарація** – самовідновлення первинної структури ДНК після пошкодження її мутагенами.

**Репресор** – ген, що пригнічує дію іншого гена.

**Рецесивний ген** – ген, який не впливає на розвиток ознаки у гібридів першого покоління, гетерозигот.

**Рибоза** – цукор пентоза у складі нуклеотидів РНК.

**Рибосома** – округлі тільця, які вільно переміщуються і цитоплазмі клітини.

**РНК** – рибонуклеїнова кислота, яка синтезується на ДНК і має один ланцюг або спіраль.

**Сайт** – найменша ділянка гена, яка функціонує як єдине ціле при кросинговері.

**Сперматиди** – продукт мейозу в самців тварин.

**Схрещування** – спаровування особин, що відрізняються протилежними ознаками.

**Схрещування моногібридне** – схрещування особин, які відрізняються між собою за однією протилежною ознакою.

**Схрещування аналізуюче** – схрещування гібридів першого покоління з рецесивною батьківською формою.

**Телофаза** – фаза мітозу і мейозу наступна за анафазою, остання стадія поділу клітин, під час якої хромосоми зосереджуються на полюсах, деспіралізуються і набувають вигляду, який вони мали на початку профазі.

**Телоцентрична хромосома** – хромосома з центромером на самому кінці свого тіла.

**Трансгресія** – поява в  $F_2$  генотипів, які за ступенем розвитку однієї або більше ознак перевищують кожну з батьківських форм.

**Трансдукція** – передавання генетичної інформації від однієї бактерії до іншої за допомогою бактеріофага.

**Транскрипція** – перенесення (переписування) генетичної інформації з ДНК на інформаційну РНК, за участю фермента РНК – полімерази.

**Транслокація** – перенесення генетичного матеріалу з однієї хромосоми до іншої, не гомологічної їй.

**Трансляція** – переведення генетичної інформації з і-РНК в структуру білків згідно з генетичною інформацією, закодованою в ДНК.

**Транспортна РНК** – рибонуклеїнова кислота, яка переносить відповідні амінокислоти до певних ділянок інформаційної РНК, на якій проходить синтез білкової молекули.

**Трансформація** – генотипові мінливість бактерій одного штаму, викликана введенням ДНК від іншого штаму.

**Тригібрид** – організм, гетерозиготний за трьома парами алелів.

**Триплет** – набір трьох нуклеотидів (синонім *кодона*).

**Урацил** – азотиста основа, входить до складу РНК, комплементарний йому аденін. У молекулі ДНК замість урацилу міститься тимін.

**Успадковуваність** – частка генотипово зумовленої мінливості в загальній фенотиповій мінливості.

**Фенотип** – сукупність ознак і властивостей організму на певній стадії розвитку.

**Хроматида** – одна з двох ниток, які складають хромосому.

**Хроматин** – речовина ядра, з якої складаються хромосоми.

**Центром ера (або кінетохор)** – місце з'єднання двох хроматид на певних стадіях мітозу і мейозу.

**Цистрон** – одиниця біохімічної мутації гена, відповідає терміну “ген” в його класичному розумінні.

**Цитогенетика** – розділ генетики, який вивчає будову клітини і її органодів та зміну їх при виникненні мутацій.

**Цитоплазматична чоловіча стерильність** – стерильність пилку, зумовлена спадковими факторами цитоплазми. Успадковується за материнським типом.

**Чиста лінія** – потомство однієї гомозиготної особини, яка розмножується шляхом самозапилення у рослин або спорідненого спаровування у тварин.

**Штам** – генетично однорідна культура окремого виду мікроорганізмів з певними особливими властивостями.

## Зміст

Передмова	4
Вступ	5
1. Цитологічні основи спадковості	8
2. Зчеплене успадкування ознак. Кросинговер	11
3. Закономірності успадкування ознак при статевому розмноженні (менделізм)	19
3.1 Моногібридне схрещування	19
3.2 Дигібридне та полігібридне схрещування	28
3.3. Взаємодія генів. Типи взаємодії генів	38
3.3.1 Типи взаємодії алельних генів	38
3.3.2 Типи взаємодії неалельних генів	45
4. Генетика статі. Успадкування ознак, зчеплених зі статтю	54
5. Досліди зі схрещування різних ліній дрозофіли	61
6. Молекулярні основи спадковості	73
7. Імуногенетика. Групи крові і біохімічний поліморфізм білків та їх успадкування	76
8. Генетичні аномалії у тварин і птиці	82
9. Методи профілактики поширення генетичних аномалій і підвищення спадкової стійкості тварин до хвороб. Селекція тварин на стійкість до захворювань	91
10. Варіаційна статистика (біометрія)	94
10.1 Варіаційний ряд та його побудова	94
10.2 Середнє арифметичне та способи його визначення	106
10.3 Показники мінливості	117
10.3.1 Середнє квадратичне відхилення	117
10.3.2 Коефіцієнт мінливості	127
10.4 Помилка середньої арифметичної	134
10.5 Оцінка достовірності різниці між середніми арифметичними двох вибірових сукупностей	146

10.6	Обчислення критерію відповідності. Метод Хі-квадрат ( $\chi^2$ )	157
10.7	Методи вивчення зв'язку між ознаками	162
10.7.1	Обчислення коефіцієнта кореляції	162
10.7.2	Регресійний аналіз. Обчислення коефіцієнта регресії	173
10.7.3	Дисперсійний аналіз	195
10.7.4	Коефіцієнт успадкованості та способи його вираження	206
11.	Генетика популяцій	218
	Література	225
	Додатки	228
	Словник основних генетичних термінів	249

Щербатий Зеновій Євгенович

Гиль Микола Іванович

Кос Василь Федорович

Павлів Богдан Андрійович

Трибрат Руслан Олексійович

Барановський Дмитро Іванович

## **Генетика з біометрією**